



ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

ARTVİN ÇORUH UNIVERSITY
JOURNAL OF FORESTRY FACULTY

YIL: 2022 CİLT: 23 SAYI:1 YEAR: 2022 VOL:23 NUMBER: 1
ISSN: 2146-1880 e-ISSN:2146-698X



PRODUCTION INFORMATION

ÜRÜN BİLGİSİ

Publisher

Artvin Coruh University Faculty of Forestry

Yayıncı

Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi

Owner (on behalf of ACU Faculty of Forestry)

Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Sahibi (AÇÜ Orman Fakültesi adına)

Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

In Charge of Publication Unit

Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Yayın Birimi Sorumlusu

Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

Date of Publication

May, 2022

Basım Tarihi

Mayıs, 2022

Language

Turkish / English

Yayın Dili

Türkçe / İngilizce

Frequency

Published two times a year

Yayın Aralığı

Yılda iki kez yayımlanır

Type of Publication

Widely distributed periodical

Yayın Türü

Yaygın süreli yayın

Indexed in

Tarandığı İndeksler



AÇÜ Orman Fakültesi Dergisi, 08000 Artvin / Türkiye

+90 466 215 10 35

+90 466 215 10 34

editorofd@artvin.edu.tr

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Telefon / Telephone

Belgegeçer / Fax

e-mektup / e-mail

BAŞ EDITÖR

Editor-in-Chief

Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU

YARDIMCI EDITÖRLER

Co-Editors

Doç. Dr. Aşkın GÖKTÜRK

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRALAY

Doç. Dr. Derya SARI

Dr. Öğr. Üyesi Davut BAKIR

SORUMLU YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ

Managing Editor

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet DEMİRALAY

KONU EDITÖRLERİ

Topical Editors

Prof. Dr. William CONNER

Prof. Dr. Zeki KAYA

Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ

Prof. Dr. Göksel TOZLU

Doç. Dr. Jiří REMEŠ

Prof. Dr. Said LAARIBYA

Prof. Dr. Sevda KIRBAĞ

Dr. Vladimir JANECEK

Prof. Dr. Öner DEMİREL

Prof. Dr. Dani SARSEKOVA

YABANCI DİL EDITÖRÜ

Foreign Language Editor

Doç. Dr. Mustafa TÜFEKÇİOĞLU

MİZANPAJ

Compositor

Arş. Gör. Mustafa ACAR

Arş. Gör. Burak KILIÇ

Arş. Gör. Enis KÜÇÜK

Clemson University, ABD
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye
Atatürk Üniversitesi, Türkiye
Atatürk Üniversitesi, Türkiye
Czech University of Life Sciences, Çek Cumhuriyeti
Ibn Zohr University, Fas
Fırat Üniversitesi, Türkiye
Czech University of Life Sciences, Çek Cumhuriyeti
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye
S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Kazakistan

Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye

Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye
Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye
Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye

Cilt	23
Sayı	1
Yıl	2022

Volume	23
Number	1
Year	2022

Araştırma Makalesi / Research Article

Acıçay (Çankırı) Riparian Zonunda zamansal ve mekânsal değişimin analizi.....	1-10
<i>Analysis of temporal and spatial change in Acıçay (Çankırı) Riparian Zone</i> Semih EDİŞ, Gamze TUTTU, İbrahim AYTAŞ, Uğur TUTTU, Ali Uğur ÖZCAN	
Mechanical, rheological and aging properties of nano-fibrillated cellulose/EPDM composites.....	11-22
<i>Nano-fibrillenmiş selüloz / EPDM kompozitlerin mekanik, reolojik ve yaşlanma özellikleri</i> Sibel DİKMEN KÜÇÜK, Ayhan TOZLUOĞLU, Yusuf GÜNER, Recai ARSLAN, Selva SERTKAYA	
Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı sedimentlerinde solunum oranlarının belirlenmesi.....	23-34
<i>Determination of sediment respiration ratios of Çoruh River, Melet River and Harşit Stream</i> Murat KODAT, Yalçın TEPE	
The propagation of forage kochia cutting in different IBA concentrations and at holding times.....	35-43
<i>Farklı IBA konsantrasyonları ve bekleme sürelerinde bozkır otu çeliklerinin çoğaltılması</i> Nur KOÇ KOYUN, Ramazan ACAR	
Atık gazete kağıdı liflerinin biyokompozit üretiminde kullanılabilirliği.....	44-50
<i>The usability of old newspaper fibers in the production of biocomposite</i> Emrah PEŞMAN, Sevdâ BORAN TORUN, Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR, Hüseyin Emrah YILDIZ	
Isparta Çünür Mahallesi park ve konut bahçelerinin peyzaj tasarımı açısından incelenmesi.....	51-64
<i>Investigation of park and house gardens in Çünür Neighborhood, Isparta in terms of landscape design</i> Sibel AKTEN, Cengiz YÜCEDAĞ	
CCA ile emprenyeli sarıçam planya artıklarından üretilen çimentolu yongalevhaların bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi.....	65-73
<i>Investigation of some technological properties of cement-bonded particleboards manufactured from planer shavings of CCA-treated scotch pine woods</i> Uğur ARAS, Hüsnü YEL, Hülya KALAYCIOĞLU, Süleyman KUŞTAŞ	
Tuz stresi altındaki mısır fidelerine aseton o-(4 klorofenilsülfonil) oksim ön uygulamasının biyokimyasal parametreler üzerine etkilerinin araştırılması.....	74-83
<i>Investigation of the effects of acetone o-(4 chlorophenylsulfonil) oxime pre-application on biochemical parameters of maize seedlings under salt stress</i> Fuat YETİŞİN, Aylin KARAKAYA	
Mardin ili yabancı ot sorununun ve kimyasal mücadele durumunun belirlenmesi.....	84-93
<i>Determination of weed problem and chemical control status of Mardin province</i> Harun ALPTEKİN, Ramazan GÜRBÜZ, Abdullah ÖZKAN, Ayşe USANMAZ BOZHÜYÜK	
A research on health problems of working in forest fire workers.....	94-101
<i>Orman yangınlarında çalışan işçilerin sağlık sorunları üzerine bir araştırma</i> Nevin BACI, Erhan ÇALIŞKAN	
Hane halkının orman ürünleri sektöründe yeşil pazarlamaya dair tutum ve davranışlarının incelenmesi: Kastamonu örneği....	102-112
<i>Investigating the attitudes and behaviors of households towards green marketing in forest products industry: A case study of Kastamonu</i> Bahadır Cagrı BAYRAM, Tutku ÜÇÜNCÜ	
Doğu Karadeniz göknarı (Abies nordmanniana (Stev.) Spach. subsp. nordmanniana) meşcerelerinin verim gücü ile bazı yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler: Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü örneği.....	113-126
<i>The relationships between some site characteristics and site index of Caucasian fir (Abies nordmanniana (Stev.) Spach. subsp. nordmanniana) stands: A case study from Şavşat Forest Enterprise Directorate</i> İsmet YENER, Ahmet DUMAN	
Insecticidal activities of some plant essential oils on Rhyzopertha dominica (F.) and Sitophilus granarius L. (Coleoptera: Bostrichidae and Curculionidae) adults.....	127-134
<i>Bazı bitki uçucu yağlarının Rhyzopertha dominica (F.) ve Sitophilus granarius L. (Coleoptera: Bostrichidae ve Curculionidae) erginleri üzerindeki insektisidal aktiviteleri</i> Şaban KORDALI, Memiş KESDEK, Ümrân AKKAN, Ayşe USANMAZ BOZHÜYÜK	
Kent peyzajının yeşil altyapı yaklaşımı ile değerlendirilmesi: Çankaya / Ankara örneği.....	135-143
<i>Evaluation of urban landscape with green infrastructure approach: the case of Çankaya / Ankara</i> Muhittin Alpaslan DURU, Ferhat HOŞ, Ebru ERSOY TONYALOĞLU	
Fibonacci and Lucas numbers of some taxa naturally distributed in North East Anatolia.....	144-153
<i>Kuzeydoğu Anadolu'da doğal olarak yayılış gösteren bazı taksonların Fibonacci ve Lucas sayıları</i> İbrahim GÖKCAN, Melahat ÖZCAN	

Cilt	23	Volume	23
Sayı	1	Number	1
Yıl	2022	Year	2022

Araştırma Makalesi / Research Article

Kurşun ile kontamine edilen <i>Achroia grisella</i> Fabr. (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının protein, lipid ve karbohidrat kompozisyonundaki değişiklikler.....	154-159
<i>Changes in the protein, lipid and carbohydrate composition of <i>Achroia grisella</i> Fabr. (Lepidoptera: Pyralidae) larvae contaminated with lead</i>	
Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ, Yeliz YILMAZ	
Mineral dolgu maddelerinin fındıkkağıdı/polimetilmetakrilat kompozitlerin ses yutma katsayısına etkileri.....	160-168
<i>Effects of mineral fillers on sound absorption coefficient of nutshell/polymethylmethacrylate composites</i>	
Kenan BÜYÜKKAYA	
Anaokullarında bulunan çocuk oyun alanlarının tasarım ilkeleri açısından incelenmesi: Aydın kenti örneği.....	169-179
<i>Investigation of children's playgrounds in kindergartens in terms of design principles: the case of Aydın city</i>	
Ozgur KAMER AKSOY, Burçin ÇİLENGER, Sude EKİNCİEL	
Odun kömürü ve odun yakıtları alanında Türkiye'nin dünya rekabetindeki konumu.....	180-189
<i>Turkey's position in the world competition in the field of charcoal and wood fuels</i>	
Kadri Cemil AKYÜZ, Nadir ERSEN, İlker AKYÜZ	

Derleme Makale / Review Article

<i>Zelus renardii</i> (Kolenati, 1857) (Heteroptera, Reduviidae)'nin tohum zararlısı <i>Leptoglossus occidentalis</i> (Heidemann, 1910)'e karşı biyolojik mücadelede kullanılabilirliği.....	190-201
<i><i>Zelus renardii</i> (Kolenati, 1857) (Heteroptera, Reduviidae) can be used in biological control against seed pest <i>Leptoglossus occidentalis</i> (Heidemann, 1910)</i>	
Salih PARLAK	

Cilt	23	Volume	23
Sayı	1	Number	1
Yıl	2022	Year	2022

Acıçay (Çankırı) Riparian Zonunda zamansal ve mekânsal değişimin analizi

Analysis of temporal and spatial change in Acıçay (Çankırı) Riparian Zone

Semih EDİŞ¹  Gamze TUTTU¹  İbrahim AYTAŞ²  Uğur TUTTU³  Ali Uğur ÖZCAN²⁻³ 

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18200, Çankırı

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 18200, Çankırı

³ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yaban Hayatı ABD, 18200, Çankırı

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1002341

Sorumlu yazar / Corresponding author

Semih EDİŞ

e-mail: semihedis@gmail.com

Geliş tarihi / Received

29.09.2021

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

08.12.2021

Kabul Tarihi / Accepted

23.12.2021

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Dere kıyısı

Uzaktan algılama

Arazi kullanım türü

Yarı kurak

Anadolu

Keywords:

Streambank

Remote sensing

Land use type

Semi-arid

Anatolia

Özet

Akarsu kıyı bölgeleri sahip; oldukları bitki örtüsü nedeniyle mecrâ erozyonunu önleme, kıyı stabilizasyonunu sağlama, yaban hayvanları için beslenme ve barınma, habitatlar arasında göç yolları ve durak noktaları olarak hizmet etmektedir. Riparian zondaki antropojenik etkiler, yukarı havzalardan alt havzalara kadar topoğrafyada ve arazi kullanma türünde önemli değişikliğe neden olmaktadır. Bu çalışmada Çankırı'da yer alan Acıçay'ın üç farklı dere kıyısı zonunda (0-60m-Zon 1, 60-120m-Zon 2, 120-180m- Zon 3) meydana gelen zamansal ve mekânsal arazi kullanım değişimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla 2008-2021 yılları arasında kapsayan çalışmada Sentinel 2 uydu görüntüsü ve orto foto görüntüleri kullanılmış ve arazi gözlem noktalarında bitki türleri tespit edilmiştir. Çalışma alanında akarsu koridoru boyunca en çok tespit edilen odunsu türler *Tamarix smyrnensis* Bunge ve *Elaeagnus angustifolia* L. olarak belirlenmiştir. Coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla ortaya çıkan arazi kullanma türü değişikliği sonuçlarına göre, birinci zonda akarsu yatağı alanlarında 6.2'ha, akarsu kenarı vejetasyonu alanlarında 9.9 ha, mera alanlarında 1.5 ha azalma saptanmıştır. Buna karşılık tarım, yerleşim ve diğer alanlarda artış belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre akarsu kenarı vejetasyonu alanlarının en çok 0-60m'lik zonda tahribata uğradığı belirlenmiştir.

Abstract

Due to the vegetation they have, the riverine coastal areas serve as preventing channel erosion, providing coastal stabilization, feeding and sheltering for wild animals, migration routes, and stopping points between habitats. Anthropogenic effects in the riparian zone cause significant changes in the topography and land use types from the upper watersheds to the lower watersheds. This study, it is aimed to reveal the temporal and spatial land-use changes that occur in three different riparian zones (0-60m-Zone 1, 60-120m- Zone 2, 120-180m- Zone 3) of Acıçay located in Çankırı. For this purpose, Sentinel 2 satellite images and ortho photo images were used in the study covering the years 2008-2021 and plant species were determined at the field observation points. The most common woody species along the river corridor in the study area were *Tamarix smyrnensis* Bunge and *Elaeagnus angustifolia* L.. According to the results of the land use type change that emerged with the help of geographic information systems, a decrease of 6.2 ha in the river bed areas, 9.9 ha in the riparian vegetation areas, and 1.5 ha in the pasture areas in the first zone. On the other hand, an increase was determined in agriculture, settlement, and other areas. According to the results obtained, it was determined that the riparian vegetation areas were mostly damaged in the 0-60m zone.

GİRİŞ

Riparian zonlar veya akarsu kıyı bölgeleri, havzalardaki mekansal konumları nedeniyle önemli bir peyzaj ögesi (Marti ve ark. 2000) ve de karmaşık fiziksel ve biyolojik sistemlerdir. Zon, karasal ve sucül ekosistemler arasında yer aldığı için (Sweeney ve ark. 2004) enerji ve madde enerji akışında hem kaynak hem de yutak olarak hizmet edebilmektedir (Décamps 1996, Harms ve Grimm 2008). Akarsu kıyısındaki bitki örtüsü yüzeysel akışın hızını azaltarak ve kök yapıları ile birlikte nehir kıyısının

toprağını stabilize ederek, su kalitesini ve toprağın korunmasına katkı sağlamaktadır (Monteiro ve ark. 2016, Tabacchi ve ark. 2000). Birçok ekosistem hizmeti dışında riparian zonlar, yaban hayatı için önemli habitatlardır (Grebner ve ark. 2013). Yaban hayvanlarına hem barınma hem de ekzon özelliği sayesinde besin yönünden zengin alanlar oluşturmaktadır Bu bölgeler, yaban hayvanlarının iki çekirdek alan arasında korunaklı şekilde hareket etmesini sağlamaktadır (Burbrink ve ark. 1998). Akarsu kıyısında yer alan riparian zonlar alansal olarak peyzajın sadece %1-3'ünü oluştururken, hidrolojik olarak geri

kalan peyzajın tamamıyla bağlantısı bulunmaktadır (Naiman ve Decamps 1990). Bu ekosistemler, genellikle dar bölge bantları olmasına rağmen, daha geniş, bitişik habitatların biyolojik çeşitliliğini korumak için hayati öneme sahiptir (Patten 1998). O yüzden, bu zonda meydana gelen değişiklikler diğer habitatlarda yer alan canlı çeşitliliğini de önemli derecede değiştirebilmektedir (Özbucak ve Kutbay 2008, Risser 1990). Türkiye’de Porsuk Çayı (Özdeniz ve ark. 2017), Akcaova Deresi (Bayrak-Özbucak ve ark. 2016) ve Melet Çayı’nın (Özbucak ve Kutbay 2008) riparian zonunda makrofit veya hidrofit türler özelinde çalışmalar yapılsa da yeterli çalışma bulunmamaktadır. Riparian zon sadece vejetasyon yönünden değil yaban hayatı yönünden de zengindir. Kurak bölgelerdeki hayvan türlerinin yüksek bir yüzdesi, yaşam döngülerinin bir aşaması için nehir kıyısındaki habitatlara ihtiyaç duymaktadır (Brinson ve ark. 1981). Örneğin Ankara-Çankırı Karayolu’nda meydana gelen yaban hayatı araç çarpışmalarının en fazla olduğu yer Terme Çayı ve Acıçay’ın karayolu ile kesiştiği alanlardır (Özcan ve Özkazanç 2020).

Riparian zondaki en önemli baskılar başta arazi kullanım değişimleri olmakla birlikte ağaçların kesimi, otlatma, yangın, kum ocağı ve ulaşım ağlarının yapımı ve bunların sürekliliğidir (Patten 1998). Riparian zon eğimin düzlüğü, derin toprak tabakasına sahip olması, sulama için uygun koşulların bulunmasından dolayı tarımsal uygulamalar için önemli alanlardır. Ayrıca Riparian zon, yerleşimlerin akarsu kenarlarına kurulu olması, genişleme yönüne uygun olması, estetik değeri gibi özellikleri sebebi ile yerleşimler için hep değerli alanlar olmuştur. Bu sebeple tarih boyunca medeniyetlerin neredeyse tamamı bu bölgelere kurulmuştur. Fu ve ark. (2017) Songhua Nehrinin (Jilin/Çin) riparian zonunun 1986 yılından 2012 yılına kadar yılda ortalama %1.03 artışla tarım alanlarına dönüştüğünü belirtmiştir. Benzer şekilde, Karakuş (2020) altı farklı alanda Kızılırmak kıyısındaki 30 metrelik tampon bölgede 1999-2015 yılları arasında yaklaşık olarak yılda %0.7 ile 1.58 arasındaki çıplak alanın başta tarım ve yerleşim olmak üzere diğer arazi kullanımlarına dönüştürüldüğünü, Akay ve ark. (2014) ise Firniz Irmağı (Kahramanmaraş) riparian zonunda 1989-2010 yılları

arasında yer alan verimli ormanların azaldığını, bozulmuş ormanların ve orman açıklıklarının arttığını tespit etmiştir.

Riparian zonların parçalanması ve sonrasında yok olması, sunduğu hizmetlerde sorunların oluşmasına neden olmaktadır. Riparian zondaki ağaç ve çalılarının alandan uzaklaştırılması ile ışık mevcudiyeti ve su sıcaklığı artarken, partiküler ve çözünmüş organik karbon girişleri azalmaktadır (Gucker ve ark. 2009). Bu alanların tarım alanlarına dönüştürülmesi ile su çekilmesi, akarsu deşarjının azalması (Pimentel ve ark. 2007), kıyı erozyonunun artışı ile birlikte jeomorfolojik değişimlere (Gooseff ve ark. 2007) yol açabilmektedir. Ayrıca tarımsal alanlardan akarsuya besin ve pestisit girdilerde tamponlama olmayacağı için bir artış meydana gelmektedir (Gilliom ve ark. 2006).

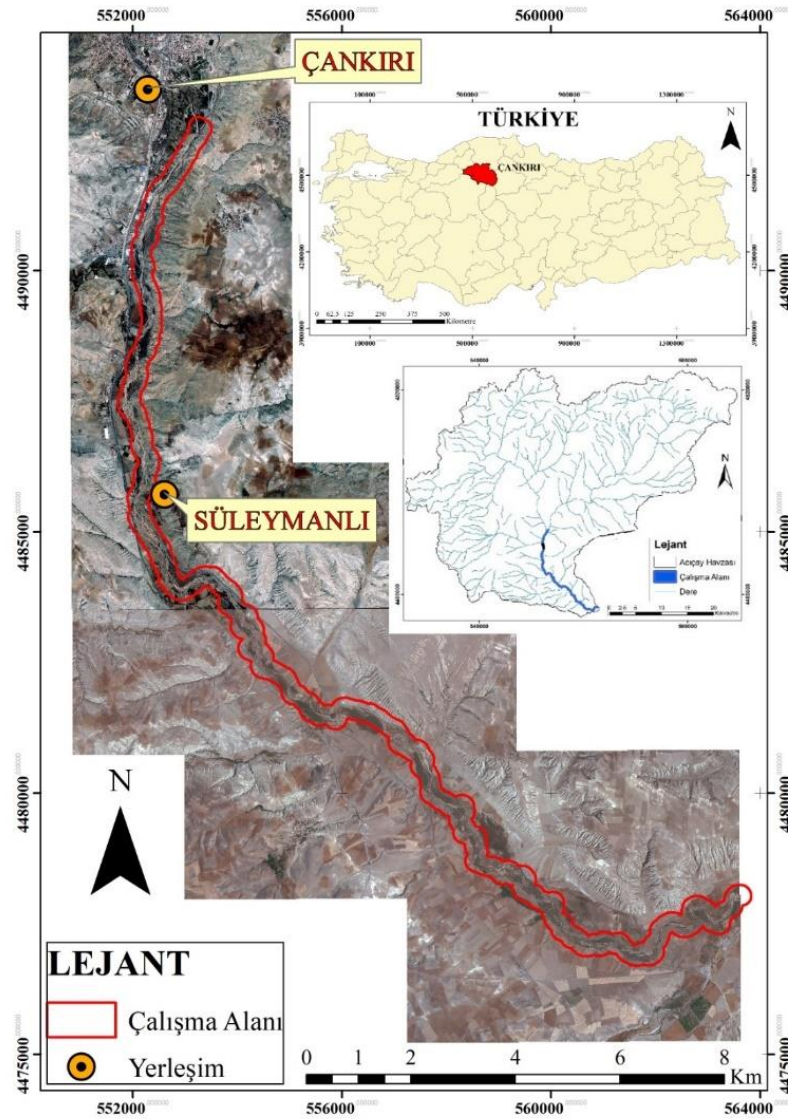
Çankırı ilinin merkezinden geçip Kızılırmak’a dökülen Acıçay’ın Çankırı çıkışı ile Terme çayına karıştığı noktaya kadar olan 20 km’lik kısmının çalışma alanı olarak belirlendiği bu çalışmada, riparian zonlu oluşturan vejetasyon hakkında bilgiler verilerek, uzaktan algılama ve CBS teknikleri yardımıyla riparian zonda meydana gelen zamansal ve mekânsal arazi kullanım değişimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak, kaynağını Yapraklı ilçesinin oluşturduğu Acıçay’ın Çankırı kent merkezinin güneyinde Tatlıçay ile birleşme noktasından (40°34’57.43”K; 33°37’46.08”D) başlayarak Terme Çayı ile birleştiği noktada (40°26’42.25”K; 33°44’43.54”D) son bulan yaklaşık 20 km uzunluğundaki kısmı seçilmiştir (Şekil 1). Çalışma alanının su toplama havzası yaklaşık olarak 1753.8 km² olup Acıçay’ın birleşme noktalarındaki yükseklikleri 710 metre ile 605 metre ve ortalama eğimi %0.5’tir.

Çankırı Meteoroloji İstasyonu verilerine göre ortalama yıllık yağışı 427 mm, sıcaklığı 11.9 °C’dir (Anonim 2021). Thorntwaite iklim sınıflandırmasına göre C1B1db2 yani kurak-yarı nemli, birinci dereceden mezotermal, su noksanı olmayan veya az olan, hafif denizel iklim hakimdir



Şekil 1. Çalışma alanı

(Yılmaz ve Çiçek 2016). Çalışma alanının jeolojik yapısını alüvyal topraklar oluşturmaktadır. Fakat hem suyun hem de toprağın tuzlu olmasında ana etken çalışma alanı çevreleyen jipsli anakayadır. Jipsli kayaçların oluşturduğu bir toprak yapısı hakimdir. Jipsler ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) genellikle kil ve marnlarla ardışıklı olarak bulunmaktadır (Tuttu ve Akkemik 2017). Dölerslan ve Göl (2008) Acıçay'da yapmış oldukları çalışmada riparian zonun bulunduğu taban arazilerde toprak tuzluluk değerini (EC) maksimumunda 72.88 dSm⁻¹ bulmuştur.

Fitocoğrafik açıdan İran-Turan bölgesi içerisinde bulunan alan, Davis'in (1965) Grid sistemine göre A4 karesi içerisinde yer almaktadır. Riparian zonun ağaççık ve çalı katmanını *Elaeagnus angustifolia* (İğde), *Tamarix*

Smyrnenensis (Ilgin), *Salix alba* (Aksöğüt), *S. amplexicaulis* (Karşılıklı Yapraklı Söğüt), *Populus* spp. (Kavak) oluşturmakta, nemcil ve tuzlu topraklara dayanıklı olan bitki türleri bu bölgelerde yayılış göstermektedir (Dölarslan ve Göl 2008).

Alanda büyük ve küçük bir çok memeli türü yaşamaktadır. Bunların başlıcaları, *Martes foina* (Sansar), *Vulpes vulpes* (Tilki), *Lepus europaeus* (Tavşan), *Meles meles* (Porsuk), *Sus scrofa* (Yaban domuzu), *Lutra lutra* (Su samuru), *Erinaceus concolor* (Kirpi) ve *Canis lupus* (Kurt)'dur. Alanda sucul yaşam bakımından; *Ciconia ciconia* (Leylek), *Ciconia nigra* (Kara leylek), *Ardea cinerea* (Gri balıkçıl), *Egretta garzetta* (Küçük ak balıkçıl) gibi kuş türleri sıkça görülmektedir.

Yöntem

Çalışmanın amacı doğrultusunda öncelikli olarak çalışılması gereken alan belirlenmiştir. Araştırma için seçilen nehir parçasında zon genişliklerinin belirlenebilmesi için literatürden yararlanılmıştır. Belirlenen zon genişliklerindeki arazi kullanım türünün değişimini ortaya koymak için 2008 yılına ait ortofotolar ve 2021 yılına ait uydu görüntüsü (Sentinel-2) kullanılmıştır.

Riparian zon, akarsu jeomorfolojisine göre, ilk terastan su kenarına kadar olan dar bir arazi şeridi olarak tanımlanmıştır (Zaimes 2007). Çalışma alanının başlangıcı olan Acıçay ve Tatlıçay birleşim noktasında vadi taban genişliği yaklaşık 400 metre iken Terme çayına karıştığı noktada yaklaşık olarak 1 km'yi bulmaktadır. Büyük ve küçük akarsu boyutlarının her iki tarafındaki akarsu kıyısı bölgelerinin ortalama genişlikleri sırasıyla 100 ve 50m olarak önerilse de (Akay ve ark. 2014) Strahlerin dere sınıflama metodolojisine göre 1. derece için 15m, 2. ve 3. derece için 35m, 4. ve daha büyük derecelerde ise zon genişliğinin en az 70m olması gerektiği bildirilmiştir (Li ve Nigh 2011). Çalışma alanındaki nehir Strahler yöntemine göre 7. dereceden bir dere olarak belirlenmiştir. Araştırmada riparian zonlar literatürde yaygın olarak kullanılan 120 m ve 180 m ve daha detaylı değerlendirme için 60 m olan 3 farklı zonda incelenmiştir (Salo ve ark. 2016). 0-60m Zon 1, 60-120m Zon 2 ve 120-180m Zon 3 olarak ifade edilmiştir.

Geometrik düzeltmeleri yapılmış olan 2008 yılına ait Ortofoto görüntüsünden arazi kullanımlarının elde edilmesinde sekiz farklı arazi kullanımı (akarsu yüzeyi, akarsu yatağı, akarsu kenarı vejetasyonu, mera, bağ-bahçe, tarım, yerleşim, diğer alanlar) tanımlanmıştır. Arazi kullanımları ArcGIS 10.3 yazılımı ile manuel olarak oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında 2021 yılına ait arazi kullanımlarının belirlenmesi için ise USGS web sitesinden (USGS 2020) bulutluluk oranları göz önünde bulundurularak Haziran 2021 yılına ait 10 metre çözünürlüğe sahip Sentinel 2 uydu görüntüsü elde edilmiştir. Sentinel 2 uydu görüntüsünden NDVI hesaplamak için kullanılan görünür (bant 4 Kırmızı) ve yakın kızılötesi bantlar (bant 8 NIR) 10 metre çözünürlüğe

sahiptir. NDVI, Eşitlik (1) yardımıyla ArcGIS 10.x yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$NDVI = \left(\frac{N - R}{N + R} \right)$$

Eşitlik (1)'de R, spektrumun görünür ($\lambda \sim 0.6 \mu m$) ve N, yakın kızılötesi (NIR) ($\lambda \sim 0.8 \mu m$) bölgeleri üzerinden ortalama yüzey yansımalarını temsil eder (Carlos ve Ripley 1997). NDVI değeri -1 ile 1 arasında değişir ve yeşil biyokütle miktarı ile pozitif olarak ilişkilidir. Geometrik düzeltmeleri yapılan görüntüler için, kontrollü sınıflandırma yapılarak maksimum benzerlik metodu ile sekiz sınıfa ayrılmıştır. Çalışma alanında GPS yardımıyla 90 adet yer gözlem noktası alınarak doğruluk analizleri yapılmıştır. Doğruluk analizine göre sınıflandırma başarıları %91 ve kappa değeri 0.93 bulunmuştur.

Ayrıca uydu görüntüsünün kontrollü sınıflandırılması işlemi için arazide yapılan doğrulama işlemleri sırasında riparian vejetasyonuna ait bitki örnekleri de toplanmıştır. Araziden toplanan bitki örnekleri herbaryumda kurutularak teşhise hazır hale getirilmiştir. Bitkilerin teşhisi Flora of Turkey ve The East Aegean Islands (Davis 1965-1988) adlı eserden yararlanılarak yapılmıştır. Son olarak farklı yıllara göre oluşturulan arazi kullanım haritalarından ArcGIS yazılımı yardımıyla çalışma alanına ait mekânsal dağılımlar hesaplanmıştır.

BULGULAR

Yarı kurak ve tuzlu alanlar da yaygın olarak yetişebilen *Tamarix smyrnensis* Bunge ve *Elaeagnus angustifolia* L. çalışma alanında akarsu koridoru boyunca en çok tespit edilen odunsu türlerdir (Şekil 2). Azonal karaktere sahip dere kıyısı vejetasyonu genellikle topluluk kompozisyonu etkisine sahiptir. Riparian zonunun ağaç, ağaççık ve çalı karışımı Tatlıçay ile birleşim noktasından itibaren Terme Çayı birleşimine kadar olan kısımda değişiklik göstermektedir. Tatlıçay'ın birleşim noktasından itibaren karışımda ağırlıklı tür iğde, karışımda çok sayıda kavak ve söğüt gibi ağaç türlerine rastlanılmaktadır. İlginç daha çok akarsuyun sediment bıraktığı adacıklarda görülmektedir. Bu bölgede kapalılık daha yoğun, ağaç ve ağaççıkların



Şekil 2. Riparian zonda baskın olan odunsu türler a) *Tamarix* spp b) *Eleagnus* spp

boyları 4 metreyi bulmaktadır. Terme çayına yaklaştıkça riparian zondaki hakimiyet ağaçlık formatında tek tek ve çoğunlukla çalı formatındaki ilgına geçmektedir. Kavak ve söğüt karışımında hiç bulunmazken iğdeler kümeler halinde tarla sınırlarında yoğunlaşmaktadır. Tepe kapallılığının düşük olduğu bu alanlarda çalıların boyları yaklaşık 1 metreye kadar düşmektedir.

Çiçekli bitkilerin en büyük familyası olan Compositae familyası alanda en fazla türle temsil edilmektedir. Compositae familyasını Leguminosae ve Poaceae

familyaları takip etmektedir. Alanda *Sarcocornia fruticosa* (L.) A.J.Scott (kocageren), *Atriplex laevis* Ledeb. (yufka unluca), ve endemik olan *Gypsophila eriocalyx* Boiss. (bozkır çöveni) başta olmak üzere jipsli ve tuzlu alanların karakteristik bitkilerine rastlanmıştır.

Çalışma alanında bulunan doğal alan vasfındaki akarsu yatağı, akarsu kenarı vejetasyonu ve mera alanlarında 60'ar metrelik üç zonun tamamındaki kayıpların yıllık ortalaması yaklaşık olarak 3 hektar ve %0.36'dır. Bu kayıpların çok büyük bir kısmı (%4.49) Zon 1'de (0-60m)

görülmektedir. Alanın tamamında 14 yılda yaklaşık olarak %5'lik bir yapay peyzaj artışı yaşanırken, bunda en büyük paya sahip kullanım tipleri ise diğer alanlar (hafriyat alanları, sanayi tesisleri, taş-kum ocakları, karayolları ve demiryolları) (%3) ve tarım alanlarıdır (%1.86) (Şekil 3). Peyzajda büyük bozulmalara ve çevresel tahribata yol açan sanayi-yol yapım-üretim faaliyetleri ve buradan çıkan hafriyat ve atıklar, doğal yapıdaki Zon 1'i önemli düzeyde (%1.88'lik artış) değiştirmiştir. Zondaki bu artış, diğer zonlara kıyasla en büyük paya sahiptir. Ayrıca, Zon 2'de (60-120m) tarım alanlarında da önemli düzeyde (%0.81) artış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Akarsu kıyı bölgesinde yer alan özellikle çalı ve ağaççıkların bulunduğu alanlarda yoğun vejetasyonun olması ve vejetasyonun kök yapıları sayesinde toprağı korumaktadır. Çalışma alanında özellikle akarsu kıyı bölgesinin tamamen ortadan kaldırıldığı ve tarlaların kıyı çizgisine kadar uzandığı alanlarda kıyı erozyonu oldukça etkilidir. 2008 yılında akarsu kıyısı bölgesine sahip alanlar, zamanla akarsu kıyısına kadar yok edilerek tarım alanına dönüştürülmüştür. Riparian zonun genişliği 2008 yılında (a-d) 190 metre iken, bu alanın 65 metrelik kısmı (b-d) yok edilerek tarım alanına dönüştürülmüştür. Zonun yok edilmesi ile akarsu, tarım alanlarının içlerine doğru (b-c) menderes oluşturmuştur (Şekil 4). Ayrıca, Zon 3'te akarsu yatağının diğer zonlardaki toplam değişime (%2.68) göre

daha düşük oranda (%0.48) daralma göstermesi akarsu rejimine olan yapay müdahale düzeyinin boyutlarını da ortaya koymaktadır. Akarsu yataklarına yapılan müdahaleler daha fazla menderes oluşumuna yol açarak toprak kayıplarının artmasına neden olabilmektedir. Yazıcı ve İnan (2020)'de Sütçüler-Çandır Köyü havzasında yaptıkları çalışmada;1986-2016 yılları arasında tarım alanlarının ciddi oranda artış gösterdiğini, bunun aksine ormanlık alanların azaldığını belirlemişlerdir. Bu durum sahada erozyon probleminin artmasına neden olmuştur.

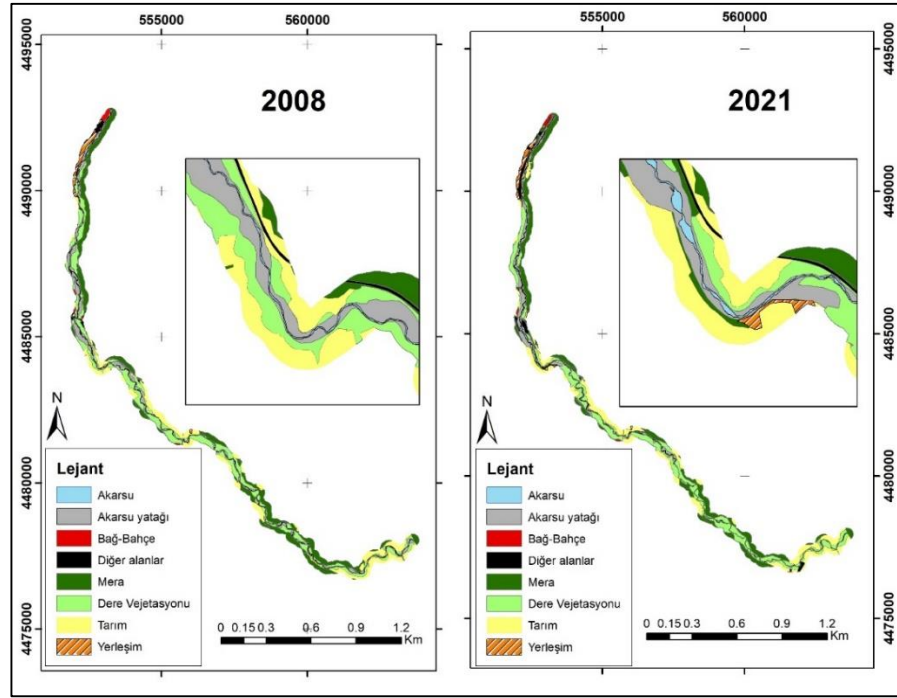
TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışma alanının başlangıcı olan Tatlıçay ile akarsu kavşağının son noktası olan Terme Çayı birleşimine kadar olan riparian zonunu oluşturan ağaç-ağaççık ve çalı katında tür baskınlığı, tür çeşitliliği, kapalılık ve boyanmalarda farklılıklar bulunmaktadır. Bundaki en büyük etkinin tuz olduğu açıktır. Tatlıçay karışım noktasında tür baskınlığı olarak kavak, söğüt ve iğdenin egemenliğini görürken aşağıya doğru daha fazla tuza dayanıklı ılgının egemenliği fazladır. Biyocoğrafik ve iklimsel alt Akdeniz koşullarına sahip Porsuk Çayı'nın riparian zonunda odunsu alüvyon bitki örtüsü *Salicetum albae* Issler 1926, *Populetum albae* Br.-Bl. ex Tchou 1948, *Elymo-Rubetum caesii* Dengler 1997 birliktelikleri gözlemlenebilmektedir (Özdeniz ve ark. 2017).

Çizelge 1. Zonlara göre arazi kullanım değişimi (2008-2021)

Arazi Kullanımı	2008 Alan (ha)			2021 Alan (ha)			Fark Alan (ha)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Akarsu (A.)	22.3	3.3	0.9	30.5	0.1	0.0	8.2	-3.2	-0.9
A. yatağı	127.6	31.2	7.0	121.4	18.1	3.5	-6.2	-13.1	-3.5
A.kenarı vejetastonu.	171.3	110.4	48.2	161.4	113.3	48.7	-9.9	2.8	0.5
Mera	42.7	105.2	142.0	41.3	100.4	135.1	-1.5	-4.8	-6.9
Bağ-Bahçe	1.0	2.7	6.6	0.6	2.4	5.1	-0.5	-0.4	-1.5
Tarım	20.4	70.1	97.8	22.4	77.8	107.6	2.0	7.7	9.9
Yerleşim	1.2	8.7	16.4	1.6	8.9	16.2	0.4	0.2	-0.2
Diğer alanlar	3.8	11.1	17.9	11.2	18.1	9.6	7.4	10.8	2.7

1: 0-60 metre arası zon bölgesi, 2: 60-120 metre arası zon bölgesi; 3: 120-180 m arası zon bölgesi



Şekil 3. Yıllara göre (2008-2021) arazi kullanım değişiklikleri



Şekil 4. Riparian zonda tarım alanlarının baskısı

Çalışma alanında 28 familyaya ait 73 bitki türüne rastlanmıştır. Dölarslan ve Göl (2008) Acıçay'da vadi kesitlerinde, 26 familyaya ait 70 cins ve 110 takson (tür ve alt türler dahil) belirlemiştir. En zengin familyalar Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae, Poaceae ve Chenopodiaceae'dir. Hem familyalardaki farklılık hem de riparian zondaki (180 metre) bitki tür sayısının fazlalığı floristik açıdan riparian zonun zenginliğini ortaya koymaktadır

Acıçay akarsu kenarı vejetasyonundaki kayıpların en sık görüldüğü zon, 71.13 hektar ile zon 1'dir. Bunu sırasıyla zon 2 (27.47 ha) ve zon 3 (14.47 ha) takip etmektedir. Özellikle 60-120m zonundaki doğal akarsu vejetasyonunun yapay özellikteki diğer alanlara (%7.46) ve tarım alanlarına (%7.06) dönüşmesi dikkat çekicidir. Beklenenin aksine, sonuçlara göre akarsu yatağından uzaklaştıkça vejetasyondaki bu yıkıcı değişimin azaldığı görülmüştür. Bu da akarsu koridoruna olan çevresel zararların ne kadar şiddetli biçimde 180 metrelik zonun en içlerine doğru ilerlediğini ortaya koymaktadır. Çin'de bulunan Songhua Nehri'nin riparian zonunda 26 yıl sonunda tarım alanlarının yılda ortalama %1.03 arttığı bildirilmiştir (Fu ve ark. 2017). Türkiye'nin en uzun nehri olan Kızılırmak'ın kıyısındaki 30 metrelik tampon bölgede 1999-2015 yılları arasında yaklaşık olarak yılda %0.7 ile 1.58 arasındaki çıplak alan ve kıyı vejetasyonu başta tarım ve yerleşim olmak üzere diğer arazi kullanımlarına dönüştürülmüştür (Karakuş 2020). Çalışma alanımızdaki değişime benzerlik gösteren bu araştırmalar sonucunda da antropojenik baskı (Méndez-Toribio ve ark. 2014) akarsu ekosistemi için kritik öneme sahip olan zon 1 ve zon 2'de sürekli artan tahribatlara neden olmaktadır. Akarsu kıyısındaki bitki örtüsünün genişliği ve yoğunluğu, suyla taşınan toprak miktarını azaltabilmekte, toprağın agregatlaşma yapısını ve içerdiği organik karbon miktarını değiştirebilmektedir (Ricker ve ark. 2012, Qian ve ark. 2018).

Akarsu kıyı bölgeleri barındırdığı vejetasyon tiplerinden dolayı yaban hayatının dağılması ve hareket etmesini kolaylaştıran koridorlardır. Çevrelerine göre daha fazla yaban hayvanına habitat oluşturabilir. Bu alan içerisinde birçok memeli, kuş, sürüngen ve amfibi yaşamaktadır. Akarsu koridorları, doğal yaşam alanlarının kalıntılarını

yeniden bağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu tür koridorlar genellikle yüksek oranda parçalanmış ve bozulmuştur, bu da dağılma kanalları olarak işlevlerini sorgulamaktadır (Bueno ve ark. 1995). Çalışma alanındaki riparian zondaki zamanla oluşan parçalanmalar gerek yaban hayvanlarının yaşam alanları üzerinde gerekse akarsu koridoru üzerinde büyük peyzaj dirençleri oluşturmuştur.

Akarsu kıyı bölgesinde ve vadi tabanında yeni karayolu ve köy yollarının miktarında artış bulunmaktadır. Yolların yoğunluğu ile sulak alanlardaki yaban hayvanı ve bitki tür çeşitliliği arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır (Richard ve ark. 2000). Bununla birlikte artan araç hacmi bu bölgelerde yol etki zonunu arttırmaktadır. Örneğin bu etki zonu herpitiller için 200 m'den başlayıp 1000 m'ye kadar ulaşmaktadır (Fahrig ve ark. 1995). Diğer negatif bir etkide yaban hayvanlarına araç çarpmasıdır. Özcan (2018) Ankara-Çankırı Karayolu'nda yaban hayvanlarına araç çarpmasının önemli noktalarından birisi olarak karayollarının Acıçay ile birleştiği ve paralel olduğu alanları belirlemiştir.

Birçok ekosistem hizmeti dışında riparian zonlar, yaban hayatı için önemli habitatlardır (Grebner ve ark. 2013). Yaban hayvanlarına hem barınma hem de ekzon özelliği sayesinde besin yönünden zengin alanlar oluşturarak yaban hayvanlarının çeşitliliğini arttırmaktadır. Bu bölgeler, yaban hayvanların iki çekirdek alan arasında korunaklı şekilde hareket etmesini sağlamaktadır (Burbrink ve ark. 1998, Özcan 2018).

Akarsu kıyısı ekosistemleri dünyada en fazla dönüştürülmüş ve bozulmuş ekosistemler (Perry ve ark. 2012) arasında yer almakla birlikte, iklim değişikliğine karşı hassas alanlar olarak tanımlanmıştır (Naiman ve ark. 2007). Bu bölgelerin ekosistem yapısını ve işlevini kontrol eden ana etken hidrolojik rejimlerdir (Poff ve Zimmerman 2010). Yağıştaki değişiklikler ve yüksek evapotranspirasyon nedeniyle yüzey ve akarsu akışı daha fazla etkilenebilir (Türkeş ve ark. 2020, Uzuner ve Dengiz 2020). Türkiye'de yarı kurak alan olan İç Anadolu'nun çölleşme açısından yüksek riskli olduğunu, Gül ve Erşahin (2019) Acıçay havzasının üst kesimlerinin çölleşmeye duyarlılık açısından yüksek risk içerdiğini belirtmiştir.

Benzer durumlar çalışma alanı için de söz konusudur. Bu çalışmada ele alınan riparian zonunun hassasiyetinin bir diğer önemli sebebi ise hem karasal hem de sucul ekosistemleri içermesi açısından karasal ve sucul ortamda meydana gelebilecek değişiklikler nedeniyle daha fazla etkiye maruz kalabilme ihtimalidir (Olden ve Naiman 2010).

Akarsu kıyı bölgelerinin mülkiyet yönünden en çok problemli alanları olduğu açıktır. Bunun ana sebeplerinden birincisi tanımlanmış tek bir mülkiyet yoktur. Çalışma alanında süreklilik arz etmesine rağmen mülkiyet olarak, mera, tarım, bahçe ve mülkiyet dışı olarak birçok vasa sahiptir. İkinci olarak bu alanlardan hangi kurum/kurumların sorumlu olduğu açık değildir.

Akarsu kenarı vejetasyonu, tarım alanlarından kaynaklanan kirliliği azaltmakta ve parçalanmış kalıntı habitatları birbirine bağlamaktadır. Fakat bu tür koridorlardaki peyzaj parçalanması ve bozulmalar genellikle yüksek oranlardadır. Bu nedenle, akarsu kıyı zonunun onarılması veya restorasyonu konusu, çeşitli yönleriyle önemli görülmektedir. Akarsu vejetasyonundaki alansal kayıplar, aynı zamanda ekosistem hizmetleri bakımından peyzaj onarım maliyetlerini artırarak ekonomik kayıplara ve geri döndürülmesi zor durumlara yol açabilmektedir. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında ortaya konulan ve Acıçay akarsu koridorundaki doğal peyzaj yapısı üzerinde ciddi boyutlara ulaşan antropojenik baskıların gelecekte de katlanarak artması halinde, çok daha ciddi çevresel sorunlarla karşılaşılabilmesi kaçınılmaz bir durumdur. Akarsu kıyısındaki arazi kullanma türüne göre ekosistemlerin, iklim değişikliğine karşı nasıl bir direnç göstereceğini tahmin etmek oldukça zordur. Riparian ekosistemlerin direncini artırmak için bu alanlardaki uygulanacak arazi kullanma türü değişikliğine dikkat edilmelidir. Tarım arazilerinin riparian zona doğru genişletilmesine izin verilmemeli ve alandaki yaban hayvanlarının yaşam, beslenme alanlarını tahrip etmemeye özen gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

Akay AE, Sivrikaya F, Gulci S (2014) Analyzing riparian forest cover changes along the Firniz River in the Mediterranean City of

- Kahramanmaraş in Turkey. Environmental Monitoring and Assessment 186(5): 2741-2747, <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3575-7>
- Bayrak-Özbucak T, Taş B, Ergen-Akçin Ö (2016) Akçaova Deresi (Ordu) riparian zonunun makrofit florası. Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg 6(2): 1-13
- Brinson MM, Swift BL, Plantico RC, Barclay JS (1981) Riparian ecosystems: their ecology and status. Eastern Energy Land Use Team [and] National Water Resources Analysis Group, US Fish and Wildlife Service
- Bueno JA, Tsihrintzis VA, Alvarez L (1995) South Florida greenways: a conceptual framework for the ecological reconnectedness of the region. Landscape and Urban Planning 33(1-3): 247-266. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(94\)02021-7](https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)02021-7)
- Burbrink FT, Phillips CA, Heske EJ (1998) A riparian zone in southern Illinois as a potential dispersal corridor for reptiles and amphibians. Biological Conservation 86(2): 107-115. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(98\)00054-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(98)00054-8)
- Davis PH (1965) Flora of Turkey, 1st ed. Edinburgh University Press
- Davis PH (1988) Flora of Turkey and the East Aegean Islands, 1st ed. Edinburgh University Press
- Décamps H (1996) The renewal of floodplain forests along rivers: a landscape perspective. SIL Proceedings 1922-2010, 26(1): 35-59. <https://doi.org/10.1080/03680770.1995.11900692>
- Dölarslan M, Göl C (2008) An Investigation on the Relationship between Saline Soil and Halophytic Plants in Semi Arid Region (Acıçay Stream), in: International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey. Aydın, pp 83-93
- Fahrig L, Pedlar JH, Pope SE, Taylor PD, Wegner JF (1995) Effect of road traffic on amphibian density. Biological Conservation 73(3): 177-182. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(94\)00102-V](https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)00102-V)
- Fu B, Li Y, Wang Y, Campbell A, Zhang B, Yin S, Zhu H, Xing Z, Jin X (2017) Evaluation of riparian condition of Songhua River by integration of remote sensing and field measurements. Scientific Reports 7(1): 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02772-3>
- Gilliom RJ, Barbash JE, Crawford CG, Hamilton PA, Martin JD, Nakagaki N, Nowell LH, Scott JC, Stackelberg PE, Thelin GP, Wolock DM (2006) The quality of our nation's waters. Pesticides in the nation's streams and ground water, 1992-2001. USGS Circular 1291, US Geological Survey, Reston VA
- Gooseff MN, Hall RO, Tank JL (2007) Relating transient storage to channel complexity in streams of varying land use in Jackson Hole, Wyoming. Water Resources Research 43(1): 1-10. <https://doi.org/10.1029/2005WR004626>
- Grebner DL, Bettinger P, Siry JP (2013) Introduction to Forestry and Natural Resources 496 p. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-64966-2>
- Guecker B, Boechat IG, Giani A (2009) Impacts of agricultural land use on ecosystem structure and whole-stream metabolism of tropical Cerrado streams. Freshwater Biology 54(10): 2069-2085. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02069.x>
- Gül E, Erşahin S (2019) Evaluating the desertification vulnerability of a semiarid landscape under different land uses with the environmental sensitivity index. Land Degradation and Development 30(7): 811-823. <https://doi.org/10.1002/ldr.3269>
- Harms TK, Grimm NB (2008) Hot spots and hot moments of carbon and nitrogen dynamics in a semiarid riparian zone. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences 113(G1): 1-14. <https://doi.org/10.1029/2007JG000588>
- Karakuş CB (2020) Assessment of relationship between land use/cover and surface water quality trends within the riparian zone: A case study from Sivas, Turkey. Desalination and Water Treatment 182, 414-433. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25632>

- Li Y, Nigh T (2011) GIS-based prioritization of private land parcels for biodiversity conservation: A case study from the Current and Eleven Point Conservation Opportunity Areas, Missouri. *Applied Geography* 31(1): 98-107. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.02.006>
- Marti E, Fisher SG, Schade JD, Grimm NB (2000) Flood Frequency and Stream-Riparian Linkages in Arid Lands. *Streams and Ground Waters*, Academic Press, pp 111-136. <https://doi.org/10.1016/b978-012389845-6/50005-3>
- Méndez-Toribio M, Zerméño-Hernández I, Ibarra-Manríquez G (2014) Effect of land use on the structure and diversity of riparian vegetation in the Duero river watershed in Michoacán, Mexico. *Plant Ecology* 215(3): 285-296. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0297-z>
- Monteiro JAF, Kamali B, Srinivasan R, Abbaspour K, Gücker B (2016) Modelling the effect of riparian vegetation restoration on sediment transport in a human-impacted Brazilian catchment. *Ecohydrology* 9(7): 1289-1303. <https://doi.org/10.1002/eco.1726>
- Naiman RJ, Decamps H (1990) The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones, 4th ed. UNESCO, Parthenon
- Naiman J, Decamps H, McClain ME (2007) *Riparia — Ecology, Conservation and Management of Streamside Communities*, 1st ed, Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. Elsevier Academic Press, London. <https://doi.org/10.1002/aqc.777>
- Olden JD, Naiman RJ (2010) Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity. *Freshwater Biology* 55(1): 86-107
- Özbucak T, Kutbay GH (2008) The flora of lower parts of Melet River (Ordu). *Journal of Applied Biological Sciences* 2(3): 79-88
- Özcan AU (2018) Step bölgede mammalia sınıfı yaban hayvanları ile araç çarpışmalarının modellenmesi : Kırıkkale-Çankırı Karayolu örneği. *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Bartın, 119 s
- Özcan AU, Özkazanç NK (2020) Evaluation of the effect of environmental factors on wildlife roadkill in Central Turkey. *Environmental Engineering and Management Journal* 19(12): 2197-2204. <https://doi.org/10.30638/eemj.2020.207>
- Özdeniz E, Kurt L, Bergmeier E (2017) Syntaxonomical analysis of the riparian vegetation of the Porsuk River (Eskişehir-Kütahya/Turkey). *Turkish Journal of Botany* 41(6): 609-619. <https://doi.org/10.3906/bot-1704-1>
- Patten DT (1998) Riparian ecosystems of semi-arid North America: Diversity and human impacts. *Wetlands* 18(4): 498-512. <https://doi.org/10.1007/BF03161668>
- Perry LG, Andersen DC, Reynolds LV, Nelson SM, Shafroth PB (2012) Vulnerability of riparian ecosystems to elevated CO₂ and climate change in arid and semiarid western North America. *Global Change Biology* 18(3): 821-842. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02588.x>
- Pimentel D, Berger B, Filiberto D, Newton M, Wolfe B, Karabinakis E, Clark S, Poon E, Abbett E, Nandagopal S (2007) *Water resources: Agricultural and environmental issues*. Food, Energy, and Society, Third Edition, 54: 183-200. <https://doi.org/10.1201/9781420046687>
- Poff NL, Zimmerman JKH (2010) Ecological responses to altered flow regimes: A literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology* 55(1): 194-205. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02272.x>
- Qian J, Liu J, Wang P, Wang C, Hu J, Li K, Lu B, Tian X, Guan W (2018) Effects of riparian land use changes on soil aggregates and organic carbon. *Ecological Engineering* 112: 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.015>
- Richard T, Forman T, Deblinger RD (2000) The ecological road-effect zone of a Massachusetts (U.S.A.) suburban highway. *Conservation Biology* 14(1): 36-46. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99088.x>
- Ricker MC, Donohue SW, Stolt MH, Zavada MS (2012) Development and application of multi-proxy indices of land use change for riparian soils in southern New England, USA. *Ecological Applications* 22(2): 487-501. <https://doi.org/10.1890/11-1640.1>
- Risser PG (1990) The ecological importance of land - water ecotones, in: Naiman, R.J., Decamps, H. (Eds.), *The Ecology and Management of Aquatic- Terrestrial Ecotones*. UNESCO Paris, Parthenon, Parthenon, pp 7-21
- Salo JA, Theobald DM, Brown TC (2016) Evaluation of Methods for Delineating Riparian Zones in a Semi-Arid Montane Watershed. *Journal of the American Water Resources Association* 52(3): 632-647. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12414>
- Sweeney BW, Bott TL, Jackson JK, Kaplan LA, Newbold JD, Standley LJ, Hession WC, Horwitz RJ (2004) Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 101(39): 14132-14137. <https://doi.org/10.1073/pnas.0405895101>
- Tabacchi E, Lambs L, Guillo H, Planty-Tabacchi AM, Muller E, Decamps H (2000) Impacts of riparian vegetation on hydrological processes. *Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)*. *Hydrological Processes* 14: 2959-2976. [https://doi.org/10.1002/1099-1085\(200011/12\)14](https://doi.org/10.1002/1099-1085(200011/12)14)
- Türkeş M, Öztaş T, Tercan E, Erpul G, Karagöz A, Dengiz O, Doğan O, Şahin K, Avcıoğlu B (2020) Desertification vulnerability and risk assessment for Turkey via an analytical hierarchy process model. *Land Degradation and Development* 31(2): 205-214. <https://doi.org/10.1002/ldr.3441>
- Tuttu G, Akkemik Ü (2017) Çankırı-Korubaşı tepe ve civarındaki jipsli alanların florası. *Ot Sistematiği Botanik Dergisi* 24(1): 45-88
- USGS (2020) Earth Resources Observation and Science (EROS) Center USGS [WWW Document]. USGS EROS Archive-Sentinel-2. URL https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-sentinel-2?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- Uzuner Ç, Dengiz O (2020) Desertification risk assessment in Turkey based on environmentally sensitive areas. *Ecological Indicators* 114. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106295>
- Yazici N, İnan B (2020) Determination of Temporal Change in Land Use by Geographical Information Systems The Case of Çandır Village of Turkey,” *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(5), pp 3579-3593.
- Yılmaz E, Çiçek İ (2016) Thornthwaite climate classification of Turkey<p>Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. *Journal of Human Sciences* 13(3): 3973-3994. <https://doi.org/10.14687/jhs.v13i3.3994>
- Zaimes G (2007) Defining Arizona's Riparian Areas and their Importance to the Landscape, in: Zaimes, G. (Ed.), *Understanding Arizona Riparian Areas*. The University of Arizona, Arizona, pp 1-14

Mechanical, rheological and aging properties of nano-fibrillated cellulose/EPDM composites

Nano-fibrillenmiş selüloz / EPDM kompozitlerin mekanik, reolojik ve yaşlanma özellikleri

Sibel DİKMEN KÜÇÜK¹ , Ayhan TOZLUOĞLU² , Yusuf GÜNER³ , Recai ARSLAN⁴ , Selva SERTKAYA⁴ 

¹Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kompozit Malzeme Teknolojileri ABD, Konuralp, Düzce

²Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Konuralp, Düzce

³Standard Profil, Ar-Ge Merkezi, Konuralp, Düzce

⁴Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği, Konuralp, Düzce

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.934238

Sorumlu yazar / Corresponding author

Sibel DİKMEN KÜÇÜK

e-mail: sibelkucuk@duzce.edu.tr

Geliş tarihi / Received

07.05.2021

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

13.12.2021

Kabul Tarihi / Accepted

30.12.2021

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

EPDM

CNF

Nanocellulose

Bio-based fillers

Keywords:

EPDM

CNF

Nanoselüloz

Biyo-bozunur dolgular

Abstract

This work was aimed to develop green composite materials from nanocellulose / Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM) rubber. The obtained green composites were investigated in terms of chemical, thermal, mechanical, morphological, and aging properties. The results obtained in this work showed that the tensile strength and elasticity of the composites decreased with nanocellulose while permanent set values increased. Green composite materials have lower scorch values that means easier and faster vulcanization. Some cracks and staining were seen after 250h aging over 3 phr of nanocellulose whereas the surfaces were not degraded up to 100h weathering. All values are in the range of acceptable limits except for tear strength. Briefly, the study conducted reveals that nanocellulose can be used with EPDM until the concentration of 10.0 phr without any chemical degradation. Thus, sealing profiles used in automotive sector can be produced by nanocellulose/EPDM green composites instead of EPDM rubber. This can be an innovative technology in order to replace petroleum-based materials with bio-degradable materials.

Özet

Bu çalışmanın amacı nanoselüloz / Etilen Propilen Dien Monomer (EPDM) kauçuktan yeşil kompozit malzemeler geliştirmektir. Elde edilen yeşil kompozitler kimyasal, termal, mekanik, morfolojik ve yaşlanma özellikleri açısından incelenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, nanoselülozun eklenmesi ile kompozitlerin çekme dayanımı ve elastikiyetleri azalırken, kalıcı deformasyon değerlerinin arttığını göstermektedir. Yeşil kompozit malzemeler daha düşük scorch değerlerine sahiptir, bu da daha kolay ve daha hızlı vulkanize olmaları anlamına gelir. EPDM plakaların yüzeyleri 100 saatlik yaşlanmaya kadar bozulmazken, 250 saat yaşlandırdıktan sonra 3 phr üzerinde nanoselüloz eklenen plakaların yüzeyinde bazı çatlaklar ve lekelenmeler gözlenmiştir. Yırtılma mukavemeti dışında tüm değerler kabul edilebilir sınırlar aralığındadır. Kısaca yapılan çalışma, nanoselülozun herhangi bir kimyasal bozulma olmaksızın 10.0 phr konsantrasyonuna kadar EPDM ile kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Böylelikle otomotiv sektöründe kullanılan sızdırmazlık profilleri EPDM kauçuk yerine nanoselüloz / EPDM yeşil kompozitler ile üretilmektedir. Bu, petrol bazlı malzemeleri biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerle değiştirmek için yenilikçi bir teknoloji olması açısından önemlidir.

INTRODUCTION

Today, composites are widely used in many industrial applications from automotive to electronic devices (Jayamol et al. 2004). Therefore, there are lots of studies in literature about obtaining new high performance composites in order to extent its application range (Ghosh et al. 2007).

One of the most used polymer types for using in automotive sealing profiles, building systems and electrical cables is ethylene propylene diene terpolymer (EPDM) which formed by a combination of ethylene (45%-

80%), propylene (20%-40%) and unsaturated diene (1%-12%) monomers due to the fact that having high mechanical property, water-proof structure and excellent resistance to ozone, heat, UV and oxygen (Arayapranee and Rempel 2008, Obrecht et al. 2012).

A variety of EPDM based polymer blends has been prepared to obtain new polymer having improved characteristics. The first attempt related to EPDM based polymer blend was conducted by Allen (Allen 1972). After that, the most used polymer which incorporated in EPDM was polypropylen (PP) (Antunes et al. 2011, Wang et al. 2011). Butadiene (BR), polyetyhlene (PE), maleic

anhydride (MA), natural rubber (NR), polyamide-12 and polystyrene (PS) are another polymer used with EPDM along with the propylene (PP) (Jung et al. 2015, Stelescu et al. 2013, Lourenço and Felisberti 2006, Go and Ha 1996, Kim et al. 1996).

Another type in polymers has been carried out with fillers, divided two categories as organic and inorganic as additive; to increase prospective mechanical properties and improve molding cycled (Xanthos 2005). The property of matrix polymer could be affected depending on the type of filler. For example, melt viscosity could be significantly increased if filler polymer consisted of fibrous materials. Similarly, mold shrinkage and thermal expansion would be reduced when inorganic fillers were used. However, it was determined that those inorganic polymers are not compatible with the environment as structural. Therefore, usage of these materials as well as petroleum-based polymers starts to be worried about the damage of them that causes to humans and environment in many countries. For this reason, the interchangeability of these inorganic and petroleum-based materials with biodegradable materials has begun to be investigated. This has caused organic-based biodegradable fillers to attract great attention in the composite industry in recent years (Ashori 2008). Among the organic based biodegradable fibers, cellulose is the most researched one due to its renewability, abundant, sustainable, and unique mechanical properties. Especially, recently, the cellulose has been used by converting to nanofibrils such as nanofibrillated cellulose (CNF) and nanocrystalline cellulose (CNC), in order to improve mechanical properties with its increased surface area (Poyraz et al. 2019, Clarkson and Jeffrey 2018).

CNF has some advantages over CNC in terms of the long fiber structure, high tensile strength due to strength/weight ratio, transparency, safety for human consumption and easily functionalized (Ayrilmis and Ashori 2014). Thus, a number of studies have focused on new ligno-celulosic based polymer composites. Loos and Robinson carried out a study related to wood-vinyl monomer and its swelling properities (Loos and Robinson 1968). Then, Witt and Bosco investigated hardness and elasticity modulus of wood-plastic composites (Witt and

Bosco 1973). In other study, Menezes et al. prepared new cellulose whiskers reinforced polyethylene nanocomposites (Menezes et al. 2009). They observed a significant improvement in terms of elongation at break. In addition; thermoset polymers, especially resins, has been used with CNF. Lavoratti et al. studied on composites of unsaturated polyester resin and CNF (Lavoratti et al. 2016). PE-CNF composites revealed higher thermal stability and the storage modulus compared to that neat CNF. However, their glass transition temperature (T_g) was not significantly affected. In addition, better dispersion was seen in the composites produced. In other study, the use of high residual lignin containing cellulose nanofibrils (LNFCs) has been explored for first time to reinforce epoxy resins by Sandeep et al (Sandeep et al. 2017). These novel composites showed much better mechanical properties than those reported in the literature with a similar loading amount of CNFs. Farhan et al. CNF based polyester produced to reinforce an unsaturated polyester matrix (UP) without the need of coupling agents or CNF surface modification (Farhan et al. 2015).

The CNF content significantly increased the glass transition temperature (T_g). 45% CNF by volume causes an increase 3 times in the modulus and tensile strength almost and 2 times in ductility and apparent fracture toughness.

However, limited study was carried out regarding EPDM in this area. Sarkhel and Choudhury studied dynamic mechanical and thermal properties of Polyethylene (PE)-EPDM based jute fiber composites (Sarkhel and Choudhury 2008). It is detected that if the amount of fiber material and compatibilizer increased, the mechanical parameters such as modulus, tensile and impact strength, and hardness also increased. The storage and loss module of the High density polyethylene (HDPE)-EPDM/jute fiber composites were higher than those of the Low density polyethylene (LDPE)-EPDM/jute fiber composites at any amount of fiber material and compatibilizer. Similarly, the strong relation between fiber and compatibilizer amounts and the relaxation process of polymer matrix can be seen from the damping efficiency. The thermo-oxidative

stability was increased for treated composites more than untreated composites.

Another study was conducted by Xu et al. 2015. In that study, lignin was used as coupling agent in EPDM rubber. It can be detected from the mechanical test results and thermal analysis that using lignin as coupling agent improved the mechanical properties and thermal stability compared to the pure EPDM rubbers. Behind that it can be seen from SEM results the inter-phase cohesion can be occurred between the lignin molecule and EPDM particles.

The aim of this study was to investigate the effect of nano-fibrillated cellulose (CNF) on mechanical, chemical, thermal, morphological and aging properties of EPDM rubber. There is no similar study reported with nanocellulose and EPDM in the literature. From this point of view, the present study will make extra contribution to the literature and industry.

MATERIAL AND METHODS

Material

Ethylene and propylene (EPM) is mostly used in many applications. 5-ethylidene-2-norbornene (ENB) is added up to 10 wt. %, dicyclopentadiene (DCPD) is added up to 5 wt. % and 5-vinylidene-2-norbornene is added less than 1 wt.% to EPDM terpolymer. Activators and accelerators have been used with EPDM for production the rubber.

Ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) was used in this study. EPDM is a synthetic amorphous elastomer with

high mechanical properties, waterproof structure, high elasticity, high resistance to deformation, degradation, heat and ozone (Sibel et al. 2018). Nano fibrillated cellulose (CNF) which is a natural and biodegradable material with high mechanical and electrical properties is also used in certain amounts instead of EPDM. EPDM was produced by Standard Profile and formulation is given in Table 1. Compounding was done using rubber-grade chemicals. CNF is supplied by Cellulose Lab and is used as nanofibrillated cellulose instead of cellulose nano crystals (CNC) due to the fact high aspect ratio in the structure that could enable high mechanical properties.

After producing CNF based EPDM rubbers, chemical, thermal, mechanical, morphology and ageing properties investigated in detail.

Methods

Production of EPDM plates

A total of 25 different plates (five plates for each material) were prepared by adding 0, 1.0, 3.0, 5.0 and 10.0 phr nano-fibrillated cellulose (CNF) to EPDM compound instead of EPDM material (Table 1). The materials shown in Table 1 were mixed in Carter Bros 1.5L lab-scale mixer with an internal temperature changes between $23 \pm 2^\circ\text{C}$ to 100°C . The compounds were mixed 5 min. with a constant speed of 47 rpm. After the mixtures had been passed through the ESER Machine branded lab-scale cylinder, EPDM plates were prepared by pressing the mixtures 7.5 min. at 180°C with ESER Machine branded lab-scale compression press in order to carry out the analysis.

Table 1. Experimental Design of the Novel Green Composites

	EPDM (phr*)	Carbon Black+ White Filler (phr)	Process Oil (phr)	Activators (phr)	Sulphur (S) + Accelerators (phr)	CNF (phr)
EPDM	100	165	63	11	6,5	0
EPDM-C1	99	165	63	11	6,5	1
EPDM-C3	97	165	63	11	6,5	3
EPDM-C5	95	165	63	11	6,5	5
EPDM-C10	90	165	63	11	6,5	10

*phr: parts per hundred parts of rubber

Testing of EPDM plates

Fourier Transform Infrared Spectroscopy Analyze (FTIR)

Fourier transform infrared (FTIR) analysis was carried out to investigate chemical interaction by measuring the vibration frequencies of bonds in the complex matrix. For that purpose, the samples were placed in the diamond. The molecular vibration signals were in the range of 4000–600 cm^{-1} , and the resolution was 20 scans of 4 cm^{-1} . The IR spectra were taken via FT-IR with an attached ATR (attenuated total reflectance) device (Shimadzu IR Prestige-21, Shimadzu Corp.).

Thermal Properties

TGA (Thermogravimetric Analysis) was applied to the samples in a dynamic nitrogen atmosphere of 75 ml/min with a heating rate of 20 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ and at a temperature rate between 0–550 $^{\circ}\text{C}$. The test was carried out via Shimadzu DTG 60 test machine. According to the TGA measurement principle, the changes in the mass of the sample were measured with scales after heating the plates with a heating program with a constant heating rate. The change in the mass was measured via temperature.

Mechanical Properties

The mechanical properties such as tensile and tear strength, elongation at break, and hardness values were measured. The specification of the tensile strength and elongation at break test was performed according to DIN 53504 and the tear strength test specification was realized according to DIN ISO 34-1. All tests should be performed at room temperature (23 $^{\circ}\text{C}$). Tests were carried out by a universal machine called Zwick Roell Z010. The speed of machine should be 200 mm/min. The hardness (shore A) values of EPDM plates were measured by a hardness meter. The hardness test was performed according to DIN ISO 7619-1.

The rheological properties such as viscosity, scorch and moving die rheometer (MDR) values were measured according to the test specification ASTM 1646 with ALPHA MDR 2000 test machine. For the viscosity measurements,

specimens were firstly pre-heated 1 min. and then specified 4 min. at 100 $^{\circ}\text{C}$. Viscosity values showed the flow, movement and taking shape properties of rubber in extruder. Similarly, after 1 min. pre-heating scorch tests were identified by heating 20 samples 20 min. at 121 $^{\circ}\text{C}$. Scorch values were controlled to determine the properties of rubber along the extruder. For MDR tests, specimens were heated 2.5 minutes at 180 $^{\circ}\text{C}$ without pre-heating. MDR values give the vulcanization times such as ts2 and t90. The starting time of vulcanization and 90% vulcanization time of rubber can be interpreted in advance with ts2 and t90 values. The mechanical and rheological values were controlled via five samples.

Deformation Properties as Permanent Set

The permanent deformation tests were realized by 2 hours of unpressed aging after 22 hours of pressing aging at 100 $^{\circ}\text{C}$ as written in Daimler Automotive standard, DBL 5571. After aging the height of specimens were measured with a gauge called Mitutoyo, and calculated using the following equation:

$$\text{Permanent Set (\%)} = \frac{h_i - h_f}{h_i - h_0} \times 100 \quad (1)$$

where h_i is the sample height before aging, h_f is the sample height after aging and h_0 is the pressing distance. Three samples were used for permanent deformation tests.

Artificial Weathering Test

Natural weathering tests are long-term tests and caused time consuming. They are also difficult to reproduce. For this reason, artificial weathering tests were carried out with a machine called Atlas Ci4000. It is an equipment that stimulates natural weathering such as humidity, UV-radiation, temperature, etc. The samples were aged according to PV3929 standard, which stimulates the climate in Kalahari desert with 300–400 nm UV radiation at 75 W/m^2 intensity, 90 $^{\circ}\text{C}$ temperature, 20% relative humidity. The aging durations were 100 and 250 hours.

Scanning Electron Microscopy (SEM) Analysis

The surface morphology of the samples prepared by adding CNF material was characterized by SEM analysis which is taken with FEI Quanta FEG 250 optical microscope.

RESULTS AND DISCUSSION

Chemical Characterization

The FT-IR analysis results are given in Figure 1. Sulphur vulcanization of EPDM is visually performed in the presence of activators and accelerators such as sulfenamides, thiazole, dithiocarbamates, thiurams, guanidins. The mechanism of sulphur vulcanization of EPDM is seen like that of polydiene elastomers. As a result of exposure to sulfur of unstable allylic H-atoms, alkyl sulfides are formed. While ENB unsaturation continues, allylic positions are activated. In the first step, the sulfur used as a vulcanization accelerator binds to the allylic positions with a sulfur bridge, causing crosslinking. Sulphur bridges are occurred at C-3exo, C-3endo and C-9. With the formation of sulfidic species with 1 to 5 carbon atoms due to isomerism, 40% of the cross-linking is completed.

Rubbers are complex structure in terms of spectroscopic instrumental analysis due to the fact that a number of asymmetric, symmetric and bending vibrations overlapped each other. The main chain in EPDM sourced from C-H asymmetric, symmetric stretching interactions and C-H bending vibrations at 2925 cm^{-1} , 2853 cm^{-1} and 1460 cm^{-1} , 1377 cm^{-1} owing to CH_2 , CH_3 in the ethylene, propylene and diene monomers in the EPDM structure, respectively. Also, process oil and CNF are consisted C-H vibrations, as well. Therefore, those C-H vibrations had a greater intensity compared to other groups in the rest of structure. The spectra of CS_2 group revealing crosslinking C-S interaction seem mostly in $\sim 2320\text{ cm}^{-1}$ and $\sim 2180\text{ cm}^{-1}$ region. $\text{N}=\text{C}=\text{S}$ (isothiocyanate) group can be seen in the 2072 cm^{-1} and 2048 cm^{-1} (Sanches et al. 2015).

C-O-C intra- and inter molecular vibrations related to CNF are seen in the wavelengths between 1200 cm^{-1} and 1000 cm^{-1} that is $\text{C}_1\text{-O-C}_4$ glycosidic deformation (intra molecular) between the glucose units were observed at 1100 cm^{-1} - 1000 cm^{-1} whereas $\text{C}_1\text{-O-C}_5$ asymmetric bridge stretching are seen 1150 cm^{-1} - 1200 cm^{-1} . However, those vibrations are not observed as specifically due to probably overlapping. It was seen that interaction between EPDM and CNF did not caused unfavorably reaction that is degraded the matrix structure.

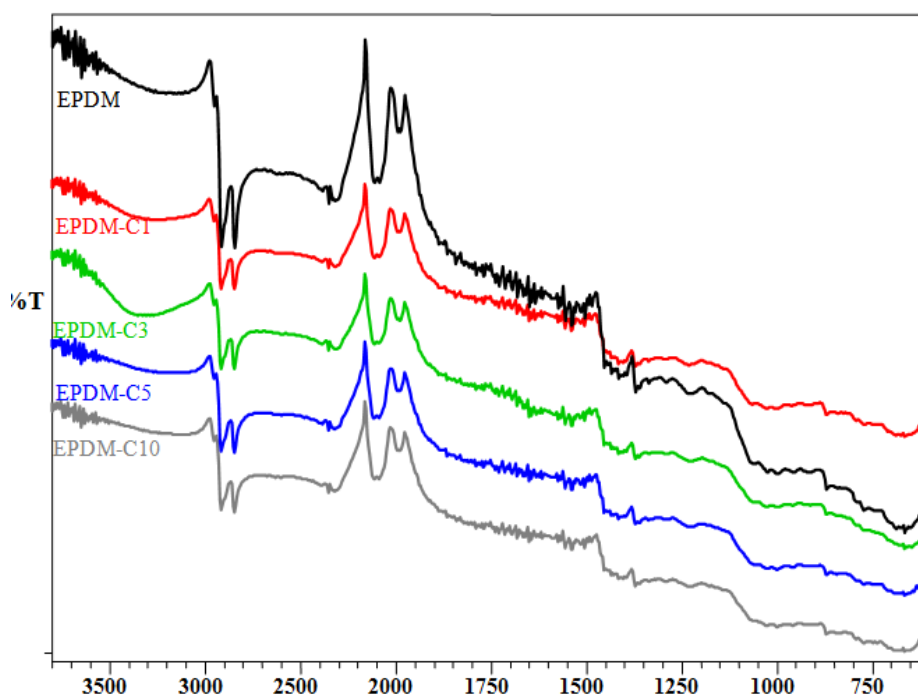


Figure 1. FTIR spectra of the EPDM, EPDM-C1, EPDM-C3, EPDM-C5, EPDM-C10

Thermal Characterization

TGA analyses of the nanocellulose reinforced EPDM rubbers were carried out and obtained thermograms were given in the Figure 2.

TGA thermograms were analyzed in three region that 300 °C-400 °C and 400 °C-500 °C, 600 °C-700 °C and rest. In the first region, CNF degraded and removed from the rubber structure. Then, in the second region, EPDM was degraded chemically and removed from the structure. In the last region, mass loss sourcing from the carbon black

degradation. After 600 C, zinc oxide and other activators are left in the structure. When thermal stability investigated, that value decreased with increasing CNF. The lowest thermal stability was seen in the EPDM-C10 rubber sample that contains highest CNF whereas the highest thermal stability was seen in the neat EPDM rubber for both in the first region and second region. This is probably due to CNF high aspect ratio that covers the gap between EPDM matrix and increased heat transfer. Therefore, CNF decreases the thermal stability of the rubbers.

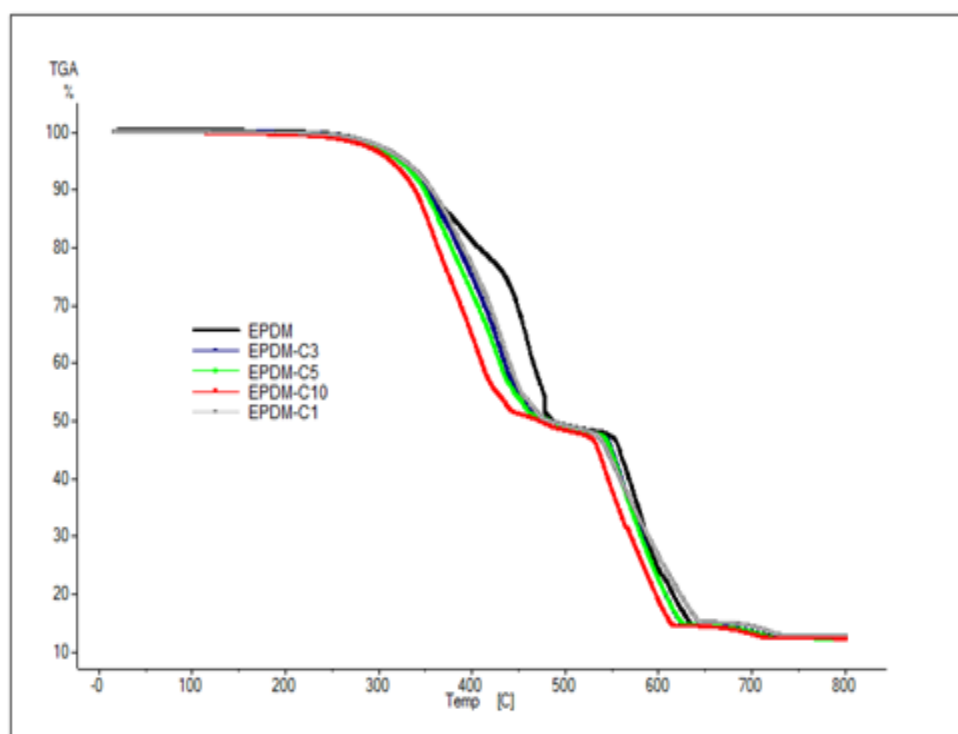


Figure 2. Thermal Properties of Nanocellulose Reinforced EPDM rubbers

Evaluation of Mechanical Properties

The effect of the nano-fibrillated cellulose (CNF) on the mechanical properties of the EPDM rubber (EPDM; EPDM-C1; EPDM-C3; EPDM-C5; EPDM-C10) plates were investigated in detail. The obtained tensile and tear strength values of those rubbers were given in the Figure 3. It can be seen from Figure 3, the tensile strength value decreased with the increasing amount of CNF. According to customer requirement standard, TL 52345, tensile strength should be the least 7 MPa. The results reveal that CNF can be used with EPDM until the concentration of 10.0 phr. After than that of amount, tensile strength

decreased to the unacceptable value. This can be explained by saturation point.

A lot of studies have been carried out in the literature. Generally EPDM/thermoplastic polymers revealed higher TS value compared to filler reinforced polymers. Siriwardena investigated EPDM + Silica/ Rice Husk (RH) that tensile stress of EPDM+RH was 8.6 MPa. Arayaprance found as 13.5 MPa of EPDM+NR+Rice Husk Ash (Siriwerdana et al. 2001). In other study, Wang Jie et al. studied EPDM+SBR+ Hemp Hurd Powder and its tensile stress was 9.8 MPa. Those results are compatible with results that we obtained (Wang et al. 2010).

As of tear strength, tear strength revealed fluctuating value with the CNF. However, all the obtained values are acceptable limits as its acceptable value should be the least 4 N/mm with respect to customer requirement standard. Addition of 10.0 phr or more of CNF exceeds the saturation point causing difficulty in tearing (Maya and Sabut 2008; Ahmad and Luyt 2012).

Similarly, exceeding the saturation point may be caused an increase in both maximum/minimum torque results and crosslink density that is presented in Figure 6.

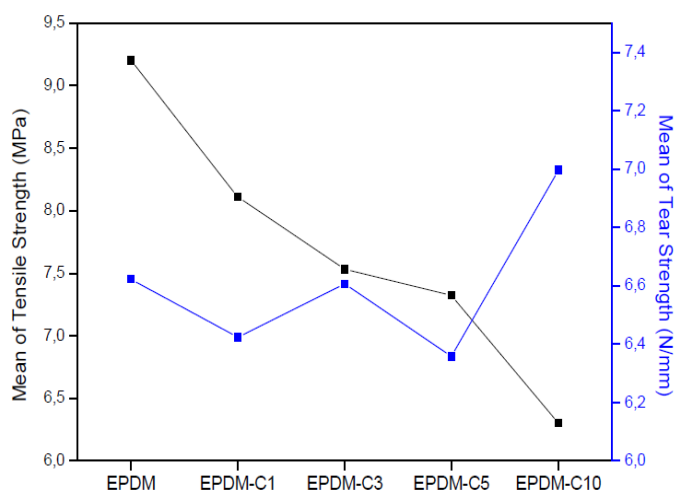


Figure 3. Effect of CNF on tensile strength and tear strength.

Elongations at break and hardness properties of EPDM rubber with CNF were investigated and the obtained results were given in the Figure 4. When checked the Figure 4, as carried out in the tensile strength, adding of up to 10.0 phr or more of CNF, caused decrease in the elongation at break value (ϵ). CNF loading increased, ϵ decreased since the obtained rubbers became more rigid which restricted polymer chain. Also this circumstance limited stretching of the rubbers and resulted in lower ductility (Afrifah 2010). It means that the elasticity of EPDM rubbers decreased by adding CNF resulting.

Evaluation of Deformation Properties as Permanent Set

Permanent set values on deformation properties are a significant property in the rubber industry. Permanent set values for the rubber are given in the Figure 5. It is detected from Figure 5 that permanent deformation values increased by the addition of CNF. According to

customer requirement standard, DBL 5571, permanent deformation should be min.35 %. It can be said that nano-fibrillated cellulose can be added until the amount of 10.0 phr instead of EPDM. However, when it is added 10.0 phr or more the permanent set exceeds the limit and reaches unacceptable value. Increasing in permanent set values means that EPDM plates lose their elasticity and deform easily.

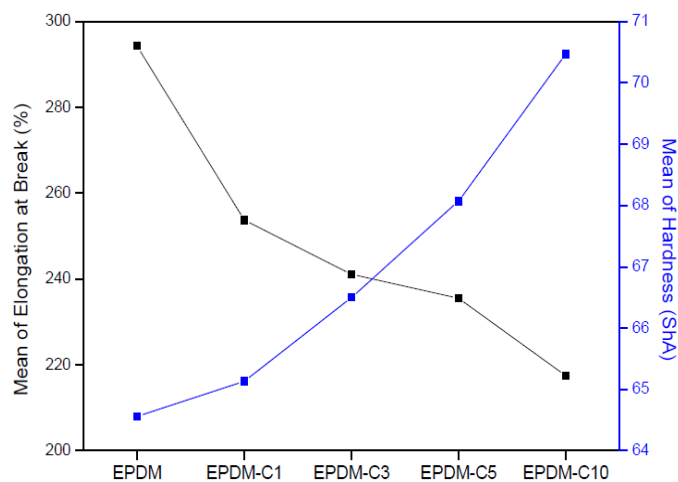


Figure 4. Effect of CNF on elongation at break and hardness of EPDM rubber.

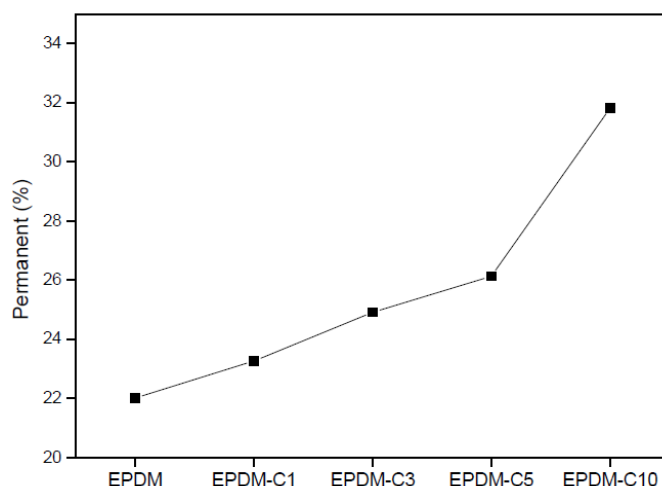


Figure 5. Effect of CNF on permanent set of EPDM rubber.

Evaluation of Rheological Properties

The effect of CNF instead of EPDM on rheological parameters are presented by the comparison of crosslinking-scorch time. The obtained results are presented in Figure 6 - 8, respectively.

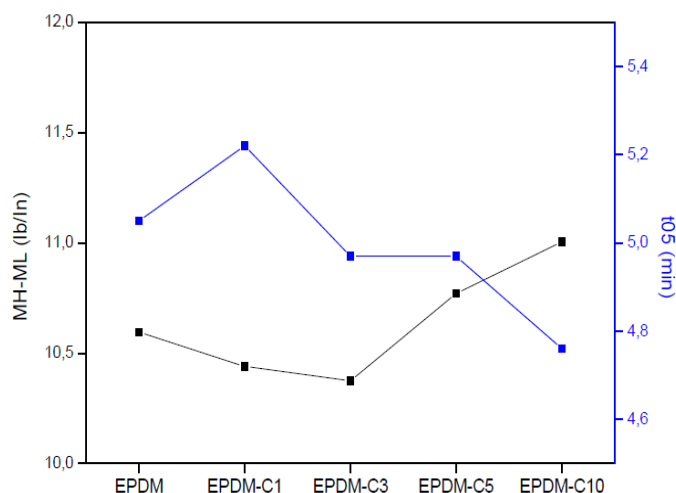


Figure 6. Effect of CNF on crosslink density and mooney scorch.

When checked the crosslink density are prone to increase after 5 phr, whereas mooney scorch decreased. It can be said that CNF biopolymers having nanofibrils interacted with rubbers as cover the gap between CNF and rubber. For that purpose, crosslinking density revealed the higher values compared to EPDM rubber.

The initial (MI) and the final (MF) viscosity values are presented as Mooney viscosity in Figure 7. Mooney viscosity value mostly increased with CNF. However, the increase is not considerable.

The vulcanisation times of EPDM plates are shown in Figure 8. As seen on Fig. 8, there is no considerable alteration in the rubbers with addition of CNF instead of EPDM. It means that no change in process conditions is required.

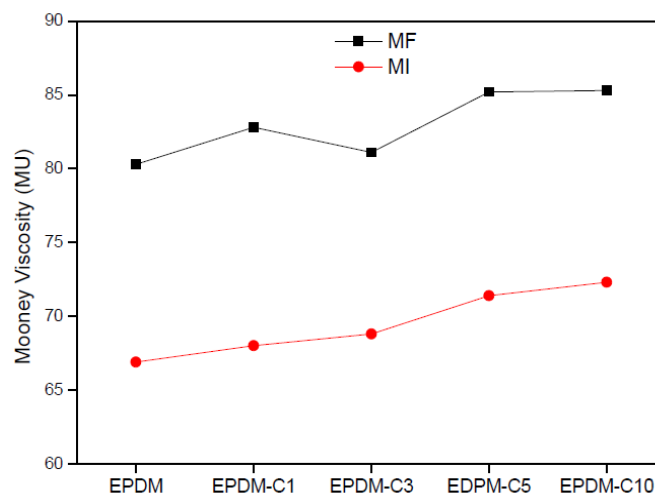


Figure 7. Effect of CNF on Mooney viscosity.

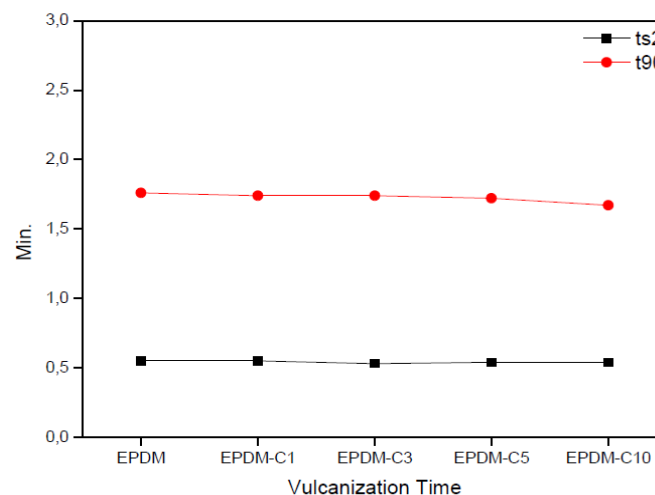


Figure 8. Effect of CNF on vulcanisation time

Artificial Weathering Test

The photos of EPDM plates surfaces were taken after aging 100 and 250 hours with Atlas Ci4000. The surface photos are presented in Figure 9. Although the surfaces were not degraded after 100h artificial Kalahari weathering, cracks and staining started to be occurred for 3th, 4th and 5th plates after 250h aging. It can be said that adding CNF instead of EPDM in an amount 3.0 phr caused minor cracks and color alterations on the surface of EPDM plates.

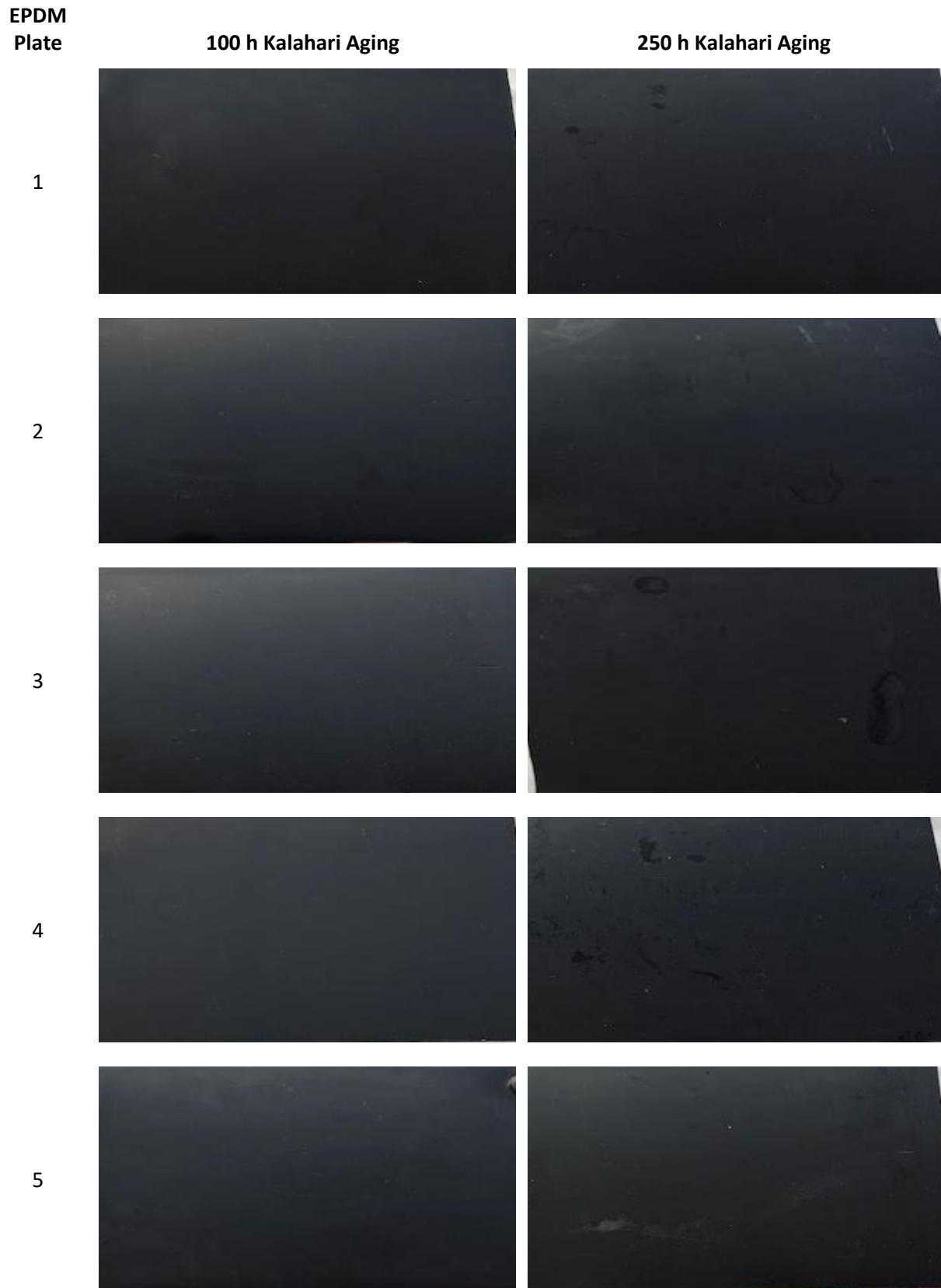


Figure 9. Visual control results of plates added 0, 1, 3, 5 and 10 phr CNF respectively after Kalahari weathering

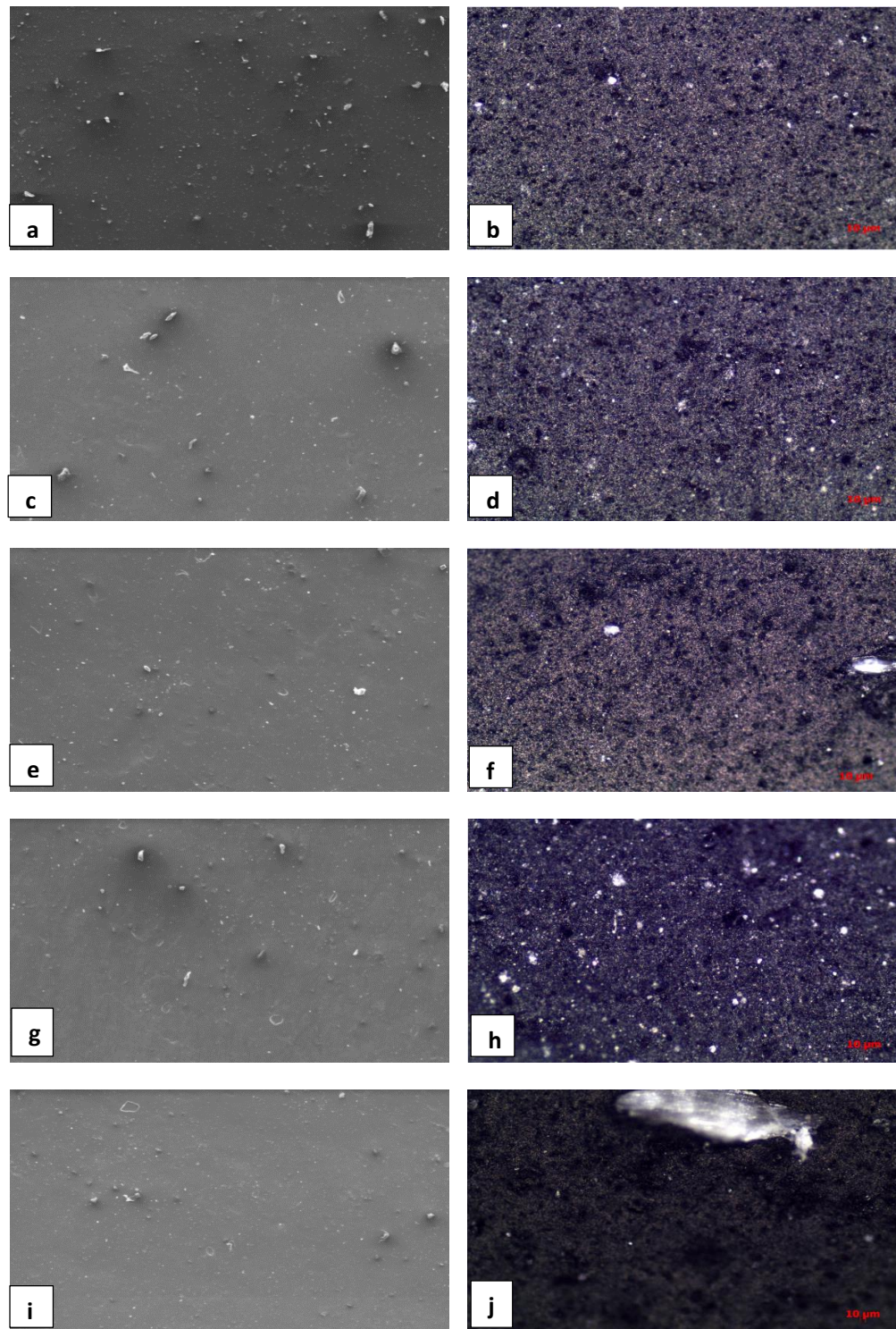


Figure 10. Photographs of (a) EPDM plate 1 SEM, (b) EPDM plate 1 micrograph, (c) EPDM plate 2 SEM, (d) EPDM plate 2 micrograph, (e) EPDM plate 3 SEM, (f) EPDM plate 3 micrograph, (g) EPDM plate 4 SEM, (h) EPDM plate 4 micrograph, (i) EPDM plate 5 SEM, (j) EPDM plate 5 micrograph

Scanning Electron Microscopy (SEM) Analysis

The SEM pictures taken from EPDM plates prepared by addition CNF are shown in Figure 10.

When investigated SEM images of the composites, CNF fillers mostly homogenously dispersed in the EPDM (Fig. 10 b;c;d;e). In addition, no considerable difference was observed although the CNF concentration increased in

the EPDM. Besides, in the images, serious agglomeration, crack, individual fibrils as well as void were not seen. It can be said that in the applied process conditions, CNF as chemically is not degraded in the EPDM matrix.

CONCLUSIONS

In recent years, automotive manufacturers have started research on the use of biodegradable materials in the interior and exterior parts of vehicles. Therefore, nanocellulose reinforced EPDM rubbers were successfully fabricated as EPDM, EPDM-C1, EPDM-C2, EPDM-C3, EPDM-C4, and EPDM-C5. Then, as mechanical, chemical, thermal, morphological and aging, the obtained EPDM-CNF green composites were investigated detailed. It was seen that tensile strength, elasticity and elongation at break values in the CNF based EPDM rubbers decreased with the CNF, whereas permanent set values increased by the addition of nanocellulose. However, all the obtained values are in the range of acceptable limits. In the rheologic parameters, crosslink density is prone to increase whereas mooney scorch decreased. In the artificial Kalahari weathering test, some cracks and staining in the surfaces were seen after 250h aging over 3 phr of CNF while the surface of those rubbers were not degraded after 100h weathering. When SEM images of the composites are investigated, it can be seen that CNF fillers dispersed homogenously in the EPDM. No alteration is required in process conditions as vulcanisation time has not been changed. Overall, it was concluded that the CNF can be blended with the EPDM matrix up to 10 phr. Nanocellulose/EPDM green composites can be used in the production of sealing profiles. By further studies, sealing profiles used in all vehicles can be a green material.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank to company Standard Profile, Turkey for their cooperative partnership and technical support.

The authors also thank to Duzce University for financial support supplied by Research Project Fund. (Project No: 2017.02.03.658 and 2018.07.05.807).

REFERENCES CITED

- Afrifah KA, Hickok RA, Matuana LM (2010) Polybutene as a matrix for wood plastic composites. *Composites Science and Technology* 70(1):167-172
- Ahmad EEM, Luyt, AS (2012) Effects of organic peroxide and polymer chain structure on morphology and thermal properties of sisal fibre reinforced polyethylene composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 43(4):703-710
- Allen PW (1972) *Natural Rubber and the Synthetics*. London Crosby Lockwood
- Antunes CF, Duin VM, Machado AV (2011) Morphology and phase inversion of EPDM/PP blends – effect of viscosity and elasticity. *Polymer Testing* 30(8):907–915
- Arayaprane W, Rempel GLA (2008) Comparative study of the cure characteristics, processibility, mechanical properties, ageing and morphology of rice husk ash, silica and carbon black filled 75:25 NR/EPDM blends. *Journal of Applied Polymer Science* 109(2):932-941
- Ashori A (2008) Wood plastic composites as promising green-composites for automotive industries. *Bioresource Technology* 99(11):4661-4667
- Ayrlimis N, Ashori A (2014) Lignocellulosic fibers and nanocellulose as reinforcing filler in thermoplastic composites. *Eurasian Journal of Forest Science* 2(2):1-6
- Clarkson CM, Jeffrey PY (2018) Dry-spinning of cellulose nanocrystal/polylactic acid composite fibers. *Green Materials* 6(1):6-14
- Farhan A, Mikael S, Lars B (2015) Nanostructured biocomposites based on unsaturated polyester resin and a cellulose nanofiber network. *Composites Science and Technology* 117:298-306
- Ghosh NN, Kiskan B, Yagci Y (2007) Polybenzoxazines-New high performance thermosetting resins: Synthesis and Properties. *Progress in Polymer Science* 32(11):1344-1391
- Go JH, Ha CS (1996) Rheology and Properties of EPDM/BR Blends with or Without a Homogenizing Agent or a Coupling Agent. *Journal of Applied Polymer Science* 62(3):509-521
- Jayamol G, Sreekala MS, Sabu T (2004) A review on interface modification and characterization of natural fiber reinforced plastic composites. *Polymer Engineering and Science* 41(9):1471–1485
- Jung HS, Choi MC, Chang YW (2015) Facile preparation of thermoplastic elastomer with high service temperature from dry selective curing of compatibilized EPDM/polyamide-12 blends. *European Polymer Journal* 66:367-375
- Kim KH, Cho WJ, Ha CS (1996) Properties of dynamically vulcanized EPDM and LLDPE blends. *Journal of Applied Polymer Science* 59(3):407-414
- Lavoratti A, Scienza LC, Zattera AJ (2016) Dynamic-mechanical and thermomechanical properties of cellulose nanofiber/polyester resin composites. *Carbohydrate Polymers* 136:955–963
- Loos WE, Robinson GL (1968) Rates of swelling of wood in vinyl monomers. *Forest Products Journal* 18(9):109–112
- Lourenço E, Felisberti MI (2006) Thermal and mechanical properties of in-situ polymerized PS/EPDM blends. *European Polymer Journal* 42(10):2632–2645
- Maya JJ, Sabut T (2008) Biofibres and biocomposites. *Carbohydrate Polymers* 71(3):343–364
- Menezes A, Siqueira G, Curvelo AS (2009) Extrusion and characterization of functionalized cellulose whiskers reinforced polyethylene nanocomposites. *Polymer* 50(19):4552-4563

- Obrecht W, Lambert JP, Happ M (2012) Rubber, 4. Emulsion Rubbers in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim Wiley-VCH
- Poyraz B, Tozluoglu A, Candan Z (2019) TEMPO-treated CNF Composites: Pulp and Matrix Effect. *Fibers and Polymers* 19(1):195-204
- Sanches NB, Cassu SN, Dutra L (2015) TG/FT-IR characterization of additives typically employed in EPDM formulations. *Polimeros* 25(3):247-255
- Sandeep SN, Pei-Yu K, Heyu C (2017) Investigating the effect of lignin on the mechanical, thermal, and barrier properties of cellulose nanofibril reinforced epoxy composite. *Industrial Crops and Products* 100:208–217
- Sarkhel G, Choudhury A (2008) Dynamic Mechanical and Thermal Properties of PE-EPDM Based Jute Fiber Composites. *Journal of Applied Polymer Science* 108(6):3442–3453
- Sibel DK, Hüsnü G, Yusuf G (2018) The effect of Flamestab®NOR 116 on EPDM-Based Automotive Sealing Profiles. *Journal of Rubber Research* 21:209-223
- Siriwerdana S, Ismail H, Ishiaku US (2001) A comparison of white rice husk ash and silica as fillers in EPDM terpolymer vulcanizates. *Polymer International* 50(6):707-713
- Stelescu DM, Airinei A, Homocianu M (2013) Structural characteristics of some high density polyethylene/EPDM blends. *Polymer Testing* 32(2):187–196
- Wang J, Wu W, Wang W (2010) Preparation and characterization of hemp hurd power filled SBR and EPDM elastomers. *Journal Polym Res* 18:1023-1032
- Wang WK, Yang W, Bao RY (2011) Effect of repetitive processing on the mechanical properties and fracture toughness of dynamically vulcanized iPP/EPDM blends. *Journal of Applied Polymer Science* 120(1):86–94
- Witt AE, Bosco LR (1973) Hardness and Hardness modulus of wood-polymer composites. *Forest Products Journal* 23(1):56-60
- Xanthos M (2005) Functional Fillers for Plastics, Part 1. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA 0.1002/3527605096:1-16
- Xu G, Yan G, Zhang J (2015) Lignin as coupling agent in EPDM rubber: thermal and mechanical properties. *Polymer Bulletin* 72:2389–2398.



Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı sedimentlerinde solunum oranlarının belirlenmesi

Determination of sediment respiration ratios of Çoruh River, Melet River and Harşit Stream

Murat KODAT¹, Yalçın TEPE¹

¹Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü 28200 Giresun

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 17474/artvinofd.935076

Sorumlu yazar / Corresponding author

Murat KODAT

e-mail: kodatmurat@hotmail.com

Geliş tarihi / Received

09.05.2021

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

21.12.2021

Kabul Tarihi / Accepted

01.01.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Sediment solunumu

Mikrobiyal aktivite

Çoruh Nehri

Melet Irmağı

Harşit Çayı

Keywords:

Sediment respiration

Microbial activity

Coruh River

Melet River

Harşit Stream

Özet

Bu çalışmada, Artvin ili Borçka ilçe merkezinden Gürcistan'a geçip Batum şehrinde Karadeniz'e dökülen Çoruh Nehri, Ordu il merkezinden Karadeniz'e dökülen Melet Irmağı ve Giresun ili Tirebolu ilçe merkezinden Karadeniz'e dökülen Harşit Çayı'nda sediment solunum oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Sediment solunumu su ortamındaki organik materyal ve kirlenici unsurların taban çamuruna çökmesiyle oluşan sedimantasyona bağlı olarak artacağından iyi bir kirlilik göstergesidir. Çalışmada örnekleme Şubat 2015 tarihinde başlanmış ve saha çalışması aynı mevsim içerisinde tamamlanmıştır. Bu çalışma anılan su kaynaklarının sediment solunum kapasitelerini değerlendirmek ve karşılaştırmak amacıyla planlanmış olup, sediment solunum çemberlerinin kullanıldığı laboratuvar çalışmalarıyla değerlendirilmiştir. Çalışma için Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı'ndan belirlenen noktalardan üst 5 cm'lik sediment tabakası örneklenmiştir. Alınan her sediment segmentindeki mikrobiyal ayrışma bir solunum çemberi içinde 25°C'de, karanlıkta kuluçka edilmiş ve 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 36. günlerdeki sediment solunumu ölçülmüştür. Ortalama sediment solunum değerleri (mg CO₂/g) Çoruh Nehri'nde 2.54, Melet Irmağı'nda 2.48 ve Harşit Çayı'nda ise 1.97 şeklinde bulunmuştur. Sediment solunum değerleri ile birlikte sediment örneklerinden pH ve organik madde miktarı tespit edilerek istatistiksel analizleri yapılmıştır. Ölçümler sonucu ortalama sediment pH değerleri Çoruh Nehri'nde 8.59; Melet Irmağı'nda 8.39 ve Harşit Çayı'nda 8.00 olarak tespit edilmiştir. Nehir sedimentlerinde ölçülen ortalama organik madde miktarları (%) sırasıyla Çoruh Nehri'nde 4.05, Melet Irmağı'nda 6.67 ve Harşit Çayı'nda 4.51 olarak tespit edilmiştir.

Abstract

In this study, the sediment respiration ratios were aimed to determine in the Coruh River flowing from the city of Artvin to Georgia and flowing into the Black Sea from Batumi, Melet River flowing into the Black Sea from the city center of Ordu and the Harşit Stream flowing into the Black Sea from Giresun province Tirebolu district center. "Sediment respiration" is a good indicator of pollution which was increased due to sedimentation caused by organic substances in the water environment and precipitation of contaminant elements in the mud floor. Sampling in the study started in February 2015 and the field study was completed in the same season. The study is planned to evaluate the respiration capacities of sediment and compare the mentioned water resources, and it was evaluated by laboratory studies using soil respiration circle. For the study, the samples from the top 5 cm of sediment layers were collected from Coruh River; Melet River and Harşit Stream. The microbial decomposition was monitored in each sediment segment by the respiratory circle incubated in the dark at 25 ° C and sediment respiration was measured in 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 36. days. The mean sediment respiration values (mg CO₂/g) were found as; 2.54 in Coruh River, 2.48 in Melet River and 1.97 in Harşit Stream. Together with sediment respiration values, the pH and amount of organic matter from sediment samples were determined and their statistical analysis was performed. As an average result of the measurements, the pH values of the sediment were 8.59 in the Coruh River, 8.39 in the Melet River and 8.00 in the Harşit Stream. The amount of organic matter (%) measured in the river sediments were found as 4.05, in Coruh River, 6.67 in Melet River; and 4.51 in Harşit Stream, respectively.

GİRİŞ

Sediment solunumu, akarsularda meydana gelen ayrışma süreçlerinin önemli bir ölçüsüdür. Ancak nehirlerdeki sediment solunum mekanizması ve özellikle solunumu etkileyen faktörler iyi anlaşılamamıştır. Sediment, sucul ekosistemlerin işlevlerini gerçekleştirebilmeleri için gerekli olan fiziksel, kimyasal, biyolojik koşullar arasındaki

uyumu sağlayan ortam olup mikroorganizmaların ve bitki köklerinin solunumu sonucunda sedimentteki CO₂ (Karbondioksit) oranı artmaktadır (Çolak 1995). Sedimentteki mikrobiyal faaliyetler çoğunlukla hetetrof mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilmekte olup, ayrıştırma amaçlı salgıladıkları enzimlerle organik besinleri mineralizasyona uğrattıkları (Kara ve Bolat 2007). Çeşitli Avrupa ülkelerinde, toprağı takip eden

çalışmalarda farklı mikrobiyal göstergeler kullanılmakta olup çoğunlukla mikrobiyal biyokütle ve sediment solunumu tercih edilmektedir (Nielsen ve Winding 2002). Sediment mikroorganizmalarının metabolik faaliyetleri ya CO_2 üretiminin ya da O_2 tüketiminin ölçülmesiyle değerlendirilir (Nielsen ve Winding 2002). Sediment solunumu mikroorganizmalar başta olmak üzere aerobik canlılar tarafından organik maddenin biyolojik oksidasyonu sonucunda CO_2 açığa çıkması şeklinde ifade edilebilir. Sediment solunumu yoluyla karbonun (C) tekrar atmosfere dönüşü sağlanır (Nielsen ve Winding 2002). Sediment solunumu döngüsel mevsim değişiklikleri ile iklim faktörlerinin etkisi altında olup mikroorganizma yoğunluğuna paralel olarak kışın minimuma düşmekte, yazın ise artmaktadır. Sediment solunumu numunelerin belirli bir süre kapalı kavanozda, kapalı petri kabında veya farklı tipte şişede inkübasyona tabi tutulmasıyla belirlenir. İnkübasyon sonucu açığa çıkan CO_2 , sodyum hidroksit (NaOH) ile yakalanır ve hidrojen klorür (HCl) ile geri titrasyona tabi edilir (Alef ve Nannipieri 1995, Kieft ve Rosacker 1991). Araştırmacılar su tabanlarındaki mikrobiyal aktiviteyi belirleyebilmek için dünya genelinde sediment solunumunu sıklıkla kullanmaktadır. Sediment solunumunun, sediment kirliliği ve bozulması gibi çeşitli çevresel süreçlerin veya bu süreçlerin en son noktasındaki durumlarının izlenmesinde kullanılan ölçülebilir gösterge olduğu belirtilmektedir. Sedimentin yapısını inorganik maddeler, ayrılmış organik maddeler, canlılar (mikroorganizmalar) ve gazlar oluşturmakta olup ortamdaki metabolik faaliyetler mikroorganizmalar tarafından yürütülmektedir. Bu faaliyetler sırasında organik bileşikler inorganik forma dönüştürülür (Kara ve Bolat 2007). Bu inorganik formlar içinde oluşan CO_2 karbonun temel yapı taşı olduğunu ve yeryüzündeki yaşam süreçlerinin temelinde yer aldığı bilinmektedir (Gregorich ve ark. 1994). Sediment kalitesi/sağlığı hakkında yapılacak çalışmalarda tek bir gösterge sağlıklı olmayacaktır (Pankhurst ve ark. 1997). Araştırmacılar tarafından sedimentteki mikrobiyal aktiviteyi belirleyebilmek için sediment solunumunu sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışılan nehirlerin sediment kirliliğinin izlenmesi üzerine daha öncesinde ağır metal ve organik madde yükünün tespiti yönünde çalışmalar mevcuttur (Ustaoglu ve ark. 2021, Ustaoglu ve Tepe 2019, Tepe ve Aydın 2018, Tepe ve ark. 2004).

Dael ve arkadaşları tarafından sediment solunumunun fosfat salınımına etkilerinin araştırıldığı 10 farklı nehir için yapılan sediment solunumu ölçümlerinde 15 gün sonucunda ($1.4\text{--}26.5 \text{ mmol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) olarak ölçülmüş olup bu çalışmada yer alan bazı nehirlerin sonuçları mevcut çalışma ile ($1.77\text{--}2.99 \text{ mg CO}_2/\text{g}$) benzerlik göstermektedir (Dael ve ark. 2020).

LUO ve XING iki farklı sulak alanın sediment solunumunun özellikleri ve bunu etkileyen faktörler üzerine yaptıkları çalışmada solunum değerlerinin Mayıs'ta $1.06 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ve Kasım'da $0.24 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ olduğu tespit etmişlerdir (LUO ve XING, 2010). Naishun Bu ve arkadaşları tarafından sulak alan ekosistemlerinde bitki istilasının sediment solunumu üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında; Yangtze Nehri ağzında Spartina alterniflora istilasının sediment solunumunu artırdığını tespit etmişlerdir (Bu ve ark. 2015). Yangtze Nehri'nde farklı bir çalışmada ise nehir ağzındaki iki farklı bitki ayırma sürecinin sediment solunumu ve karbon tutma verimliliği üzerindeki etkilerinin araştırılmış ve çalışma neticesinde düşük azot içeriği ve yüksek lignin oranına sahip ortamda düşük sediment solunumu olduğu tespit edilmiştir (Duan ve ark. 2018). CHEN Quan-Sheng ve arkadaşları tarafından Moğolistan'ın Xilin Nehir havzasındaki ortam sıcaklığı ve nemin sediment solunum hızı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada büyüme mevsimindeki kuraklığın düşük sediment solunum hızına neden olduğu belirtilmiştir (CHEN ve ark. 2003). Çin, Jiulong Nehri halindeki sulak alanı (mangrove) sediment solunumunun günlük ve mevsimsel değişimlerinin incelendiği çalışmada temmuz ayında en yüksek orana ($6,18 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ve aralık ayında ise en düşük orana ($0,36 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$) sahip olduğu görülmüştür (Liang ve ark. 2013). Yang ve arkadaşları tarafından artan tuzluluğun, sulak alanlarında sediment solunumunu nasıl etkilediği ile ilgili çalışmada, yüksek tuzluluk uygulamalarının (5‰ ve 10‰) düşük tuzluluk uygulamalarına göre (tatlı su ve 3‰) sediment solunum oranlarını %45-57 oranında azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca yine bu çalışmada ortamda bulunan Proteobacteria popülasyonu zenginliğinin negatif yönde ve Clostridia popülasyonunun pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir (Yang ve ark. 2018). Tepe ve Ateş (2004) tarafından Sazan Balığı yetiştirilen havuz sedimentleri örneklenip, solunum

çemberlerini kullanılarak yaptıkları çalışmada, sedimentlere farklı oranlarda zeolite katarak olası iyileştirme durumlarını test etmişlerdir. Zeolite miktarındaki artışa paralel olarak havuzlardaki taban sedimenti solunumunda artış olduğu belirlenmiştir. Zeolite uygulanmamış sedimentlerde ortalama solunum oranları 3.51 mg CO₂/g iken, zeolite ile 3 g/L muamele edilen sedimentlerde solunum değeri ortalama 4.44 mg CO₂/g ölçülmüştür.

Bu çalışmanın amacı, farklı havzalardan seçilen Doğu Karadeniz'in üç büyük akarsuyunda oluşan sedimentlerde solunum oranlarının tespit edilmesidir. Çoruh Nehri, Harşit Çayı ve Melet Irmağı, uzun bir akış seyri izlemekte olup geniş su toplama havzalarına ve yoğun sedimentasyon birikimine sahiptir. Sediment solunum oranlarının tespit edilmesi ile nehir havzalarından suda birikim ve çökelime giden organik madde miktarları hakkında dolaylı yoldan bilgi sahibi olunacaktır. Organik madde ve pH ölçümleri de yapılarak bölgesel farklılıklar ortaya konulması hedeflenmiştir.

MATERYAL YÖNTEM

Çalışma sahası olarak kaynaklarını Doğu Karadeniz Dağları'nın gerisinden alan Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı üzerinde 6 farklı istasyon belirlenmiştir. Bu üç akarsuyun seçilme nedenlerinin başında akış havzalarının farklı illeri içeriyor olmalarıdır. İkinci bir neden ise bu akarsulardan Çoruh'un uzunluk ve debi olarak diğer ikisinden çok daha fazla olmasıdır. Her ne kadar akarsu adlarında nehir, ırmak ve çay gibi isimlendirmeler kullanılmışsa da bu akarsu büyüklüklerinin sınıflandırılması gibi algılanmamalıdır. Bu isimlendirmeler halk arasında tercih edilen bölgesel adlandırmalar olup büyüklük ölçütü göz ardı edilerek verilmiştir. Benzer iki debi ve uzunluğa sahip Melet ve Harşit akarsularının Çoruh Nehri gibi daha uzun ve akış hızı yüksek bir akarsu ile mukayese edilmesi hedeflenmiştir. Melet ve Harşit akarsularının benzer uzunluk ve debilere sahip olmalarına rağmen farklı illerden köken almaları ve farklı güzergâhlar izleyerek neticede her üç akarsuyunda Karadeniz'e dökülmeleri çalışmamızın ilgi odağı olmuştur.

Saha Çalışması

Çoruh Nehri kaynağını Erzurum sınırları içerisindeki Mescid Dağı'nın (3255 m) batı yüzünden alıp Bayburt ili sonrasında İspir ilçesinden (Erzurum) geçtikten sonra bir yay çizerek Artvin il sınırlarına girer. Toplam uzunluğu 431 km olan Çoruh Nehri Artvin ilini geçerek Gürcistan sınırları içerisinde son 20 km. kat ederek Karadeniz'e dökülür. Çoruh'un debisi 278 m³/s, yıllık ortalama su taşıma kapasitesi 6.3 milyar m³'tür (Sucu ve Dinç 2008). Harşit Çayı, kaynağını kıyı dağlarının gerisinden, Gümüşhane'nin güneydoğusundaki Vauk Dağı çevresinden alır (Uzun 2007). Uzunluğu 160 km olup debisi 28 m³/sn 'dir. Gümüşhane İl Merkezi, Torul, Kürtün ve Doğankent'i geçip Tirebolu'nun 1,5 km doğusundan Karadeniz'e dökülür. Kalkanlı ve Gümüşhane Dağlarından beslenen kollar aracılığı ile yaklaşık olarak 3280 km²'lik bir alanın suyunu toplar. Yukarı ve özellikle Torul-Doğankent arasını kapsayan orta çığırında yer yer dar ve derin boğaz vadiler içinde akıp; 160 km kadar yol kat ettikten sonra, küçük bir delta oluşturarak denize dökülür. Giresun il merkezinin 40 km doğusunda Tirebolu ilçe merkezinde denize ulaşır (Nişancı 1990). Melet Irmağı kaynağını Sivas Koyulhisar ilçesinden alır, Ordu il merkezinden Karadeniz'e dökülür. Uzunluğu 160 km olup debisi 29 m³/sn 'dir. Melet Irmağı, Orta ve Doğu Karadeniz bölümleri arasında doğal bir sınır oluşturmaktadır. Karadeniz'e ulaştığı noktada üzerine Ordu merkezinin yerleştiği küçük deltayı oluşturur. Melet Irmağı'nın geçtiği Ordu ilinin jeolojik konumu göz önüne alındığında, maden yataklarınca zengin bir bölge olmasının yanı sıra, bölgede volkanik kayaların da yaygın olduğu bildirilmektedir. Çalışmamızdaki üç akarsu; 431 km uzunluk, 278 m³/s debiye sahip Çoruh Nehri; 160 km uzunluk, 29 m³/sn debiye sahip Melet Irmağı ve 160 km olup uzunluk, 28 m³/sn debiye sahip Harşit Çayı kaynaklarını Doğu Karadeniz Dağları'nın gerisinden almaktadırlar. Harşit Çayı ve Melet Irmağı yakın uzunluk ve debiye sahipken, Çoruh Nehri yüksek bir debiye ve uzunluğa sahiptir (Özbucak ve ark. 2018, Kontaş 2018). Sediment örneklerinin temini için seçilmiş istasyonlar toplu halde Şekil 1'de gösterilmiştir. Çoruh Nehri'nin Artvin ili Deriner Barajı girişi döküldüğü bölge İstasyon 1 ve Çoruh Nehri'nin Artvin- Borçka karayolu 9. km noktası İstasyon 2 (Şekil 2), Harşit Çayı'nın Giresun ili Doğankent çıkış bölgesi İstasyon

3 ve Harşit Çayı'nın Giresun ili Tirebolu ilçesindeki Karadeniz'e dökülen bölgesi İstasyon 4 (Şekil 3), Melet Irmağı'nın Ulubey ilçesi güney sınırında yer alan HES

santral inşaat alanı İstasyon 5 ve Melet Irmağı'nın Ordu şehir merkezi yakınındaki Karadeniz'e döküldüğü bölgesi İstasyon 6 (Şekil 4) olarak belirlenmiştir.



Şekil 1: İstasyonların genel gösterimi

Erzurum-Bayburt-İspir-Artvin güzergâhı boyunca evsel atıkların (özellikle kanalizasyon) dökülmesi ve bölgenin sık sık erozyon nedeniyle alüvyon taşınması Çoruh Nehri'nin seçilmesinde etkili olmuştur. Harşit Çayı'nın tercih edilmesinde bölgede yapılan barajlar, Doğankent-

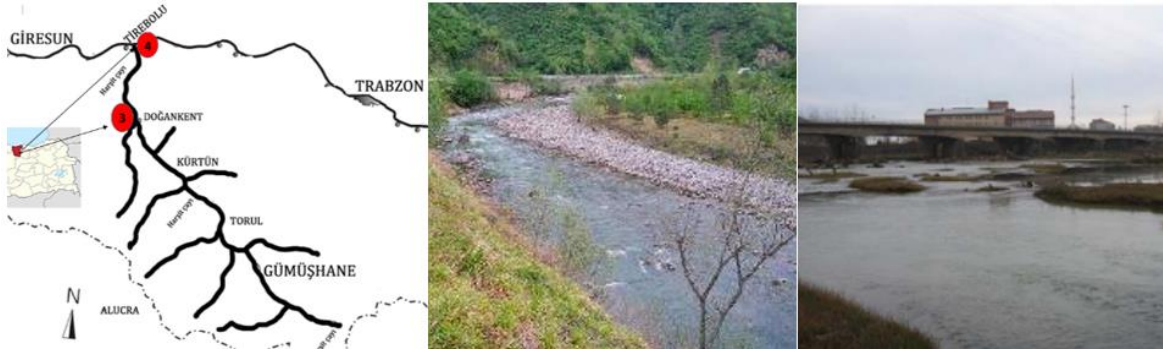
Tirebolu arasında bulunan taş ocakları, çöp döküm alanları bulunması belirleyici olurken, Melet Irmağı'nın seçiminde ise taş ocakları, evsel-endüstriyel atıkların dökülmesi belirleyici olmuştur.



Şekil 2: İstasyon 1-2, Deriner Barajı Girişi (İstasyon 1) ve Borçka Barajı Girişi (İstasyon 2)

Şekil 2 deki 1 ve 2 nolu istasyonların yer aldığı Çoruh Nehri, ülkemizin kuzeydoğusunda güneybatı-kuzeydoğu yönünde uzanmakta olup, 390 km.'lik uzunluk ile Erzurum Dağlarından doğmakta olup, Kaçkar dağlarını aşarak Doğu Karadeniz'den Gürcistan'a ulaşır, sonrasında 20 km. akıp Karadeniz'e dökülmektedir (Küçükbaşol 2015). Çoruh Nehri dünyanın en hızlı akan nehirlerinden biri olup katı

atık ve erozyon kaynaklı kirlilik çevresindeki barajları etkilemektedir (Boztuğ ve ark. 2012). Çoruh Nehri Cankurtaran Geçidi'nden gelen nemli hava ile hem Karadeniz'in etkisi altında bulunmakta hem de yüksek bir arazi yapısına sahip olduğu için sık sık yağış görmektedir (Yüksek ve Ölmez 2002).



Şekil 3: İstasyon 3-4 (solda), İstasyon 3 Doğankent (ortada) ve İstasyon 4 Tirebolu (sağda)

Şekil 3 de yer alan 3 ve 4 nolu istasyonların bulunduğu Harşit Çayı 160 km uzunluğunda olup, Trabzon ve Gümüşhane dağlarından çıkan derelerin birleşmesiyle oluşur. Giresun ili Tirebolu ilçesinin doğusundan

Karadeniz'e dökülür (Bayram ve ark. 2011, Bayram ve ark. 2010). Sanayi, kentsel ve tarımsal atıklar havzayı tehdit etmektedir. Harşit Havzası adeta organize sanayi bölgesini andırmaktadır.



Şekil 4: İstasyon 5-6 (solda), İstasyon 5 Ulubey (ortada) ve İstasyon 6 Ordu (sağda)

Şekil 4 de görülen 5 ve 6 nolu istasyonların yer aldığı Melet Irmağı Ordu ile Sivas illerinin ortak yaylalarından başlayıp Canik Dağlarını derin bir vadi ile aştıktan sonra Karadeniz'e ulaşmaktadır. Melet Irmağına atıkların düzensiz depolama yapılması ve evsel katı atıkların dökülmesi nedeniyle kirlilik yükü artmıştır (Taş ve ark. 2015).

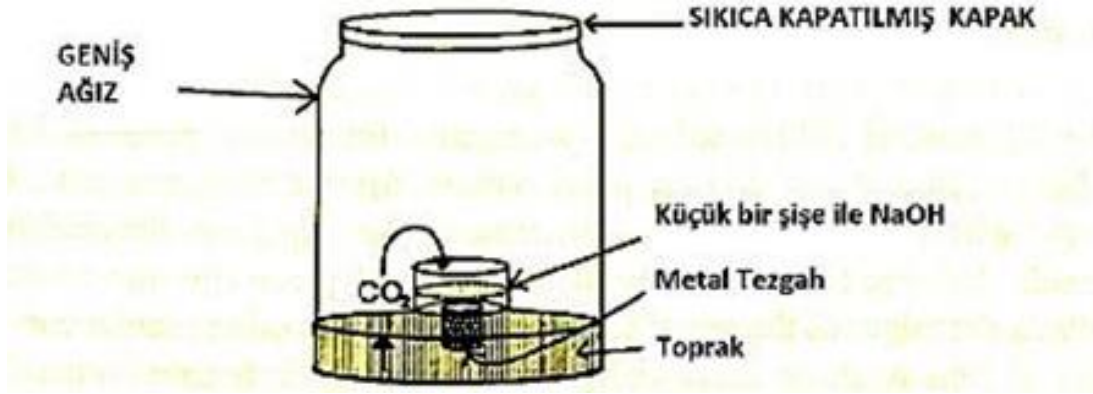
Sediment Örneklerinin Temini ve Hazırlık Süreci

Araştırmada sahaya çıkmadan bir gün önce sırası ile asit banyosu (%1-2 HCl) ve saf sudan geçirilerek kullanılan numune kapları daha sonra saf su ile çalkalanarak etüvde kurutulmaya bırakılmıştır (Boyd ve Tucker 1992). Belirtilen istasyonların farklı noktalarındaki taban çamurunun üst 5 cm'lik tabakasından alınan sediment örnekleri bir kap içinde karıştırılarak tek bir toplu örnek

elde edilmiş ve aynı gün laboratuvara getirilerek 105°C'de etüvde 24-48 saat süre tutularak kurutulmuştur. Kurutulan örnekler havanda dövülerek 40 numara elekten geçebilecek şekle getirilmiştir. Bu örnekler üzerinde 1:1 oranında saf su ve sediment örneği karışımı hazırlanıp pH metre yardımıyla sediment pH'ı ölçümü gerçekleştirilmiştir. Ayrıca % organik madde tayini 350°C de 8 saat yakma fırınında tutularak hesaplanmıştır (Boyd ve Tucker 1992).

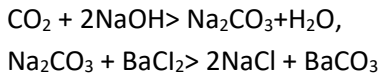
Sediment Solunumu Ölçüm Süreci

Şekil 5'te görüldüğü gibi bu metot; hava almayan kavanozlara petri kabı içinde yerleştirilmiş 1N NaOH ile sedimentte ait mikrobiyal solunumdan açığa çıkan CO₂'i tutmaya dayanmaktadır (Boyd ve Tucker 1992).



Şekil 5: Laboratuvar Ortamında Sediment Solunum Ölçümü İçin Hazırlanan Kavanoz

Sediment solunumu ve sedimentte organik madde miktarı ölçümleri standart yöntemler takip edilerek yapılmıştır (Tepe ve Boyd 2002). Toplanan sediment örnekleri denemeye tabi tutulmadan önce mikroorganizmalarca aşılması amacıyla günlük olarak karıştırılarak bir hafta havayla temasa maruz bırakılmıştır. Sediment solunum ölçümü yapılacak kavanozlara konulacak yaş sediment miktarı 25 g kuru sediment esasına göre sediment özkütlesi hesap edilerek bulunmuştur. Her solunum kavanozundaki sediment üzerine CO₂ geçişini engellememesi amacıyla delikli yapıda platform yerleştirilmiştir. Platform üzerine 10 ml NaOH içeren kap yerleştirilmiştir. Ayrıca sedimentsiz boş solunum kavanozları metot boyunca kontrol olarak taşınmıştır. 25°C'de karanlıkta inkübe edilen solunum kavanozları içerisindeki alkali solüsyon içeren kaplar cımbız ile dışarı çıkarılmıştır. Kaptaki çökelti üstünde kalan solüsyon puar yardımıyla alınıp santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Sodyum karbonat (Na₂CO₃) içeren alkali solüsyon 3 N baryum klorit (BaCl₂) ile 25 ml'lik santrifüj tüpünde çökeltmiştir. Kalan NaOH, çökeltiden 2500 rpm'de santrifüj edilerek ayrılmıştır. Artan alkali standart 1.00 N HCl ile titrasyona tabi tutulmuştur. Gerçekleşen reaksiyonlar aşağıdaki gibidir:



Sediment solunumu ile oluşan CO₂ aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\text{CO}_2 (\text{mg/g}) = (\text{B}-\text{V}) \cdot \text{N} \cdot 22 / \text{W}$$

Formülde, B=Kontrol grubu için kullanılan NaOH (ml), V=Titrasyonda kullanılan NaOH (ml), N = HCl'in normalitesi (1.00 N), 22 = CO₂'nin eşdeğer ağırlığı, W = Deneme kavanozuna konulan çamurun kuru toprağa eş ağırlığıdır (g).

İstatistiksel Hesaplamalar

Birden çok değişkenin ayrı ayrı ele alınarak analiz edilmesi durumunda değişkenler arasındaki ilişkiler dikkate alınmamaktadır. Ancak gözlemlenen çok sayıda değişken arasında az veya çok bir ilişkinin olması beklenmektedir. Bu amaçla "Çok Değişkenli Analiz Yöntemleri" geliştirilmiştir (Arslan ve Yıldırım 2011). Farklı istasyonlardan alınan sediment örneklerinin solunum değerleri için istatistiksel analiz çeşitlerinden One Way ANOVA, Faktör, Korelasyon ve Cluster analizleri yapılmıştır. Tüm ortalamaların istatistik farklılıkları Tukey post testi kullanılarak 0.05 olasılık seviyesinde incelenmiştir. Elde edilen verilerin İstatistiksel değerlendirilmesinde SPSS 22.00 paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

İstasyonlara ait Sediment Solunum Değerleri

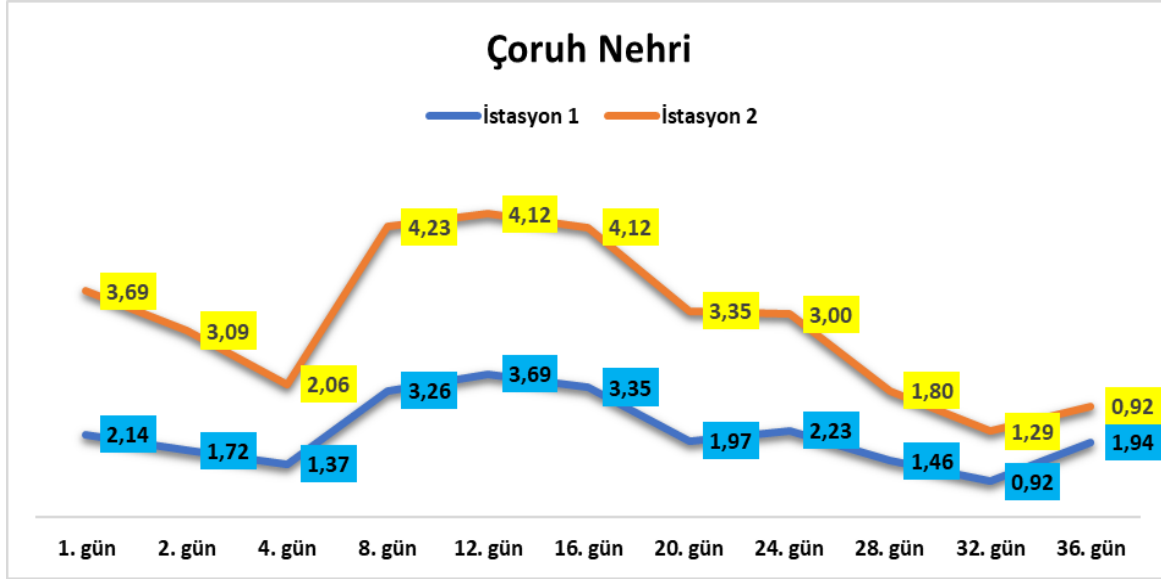
Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı için seçilen 6 farklı istasyona ait sediment solunum değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1: Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı Solunum Değerleri (mg CO₂/g)

Ölçüm	Çoruh Nehri İstasyon 1	Çoruh Nehri İstasyon 2	Harşit Çayı İstasyon 3	Harşit Çayı İstasyon 4	Melet Irmağı İstasyon 5	Melet Irmağı İstasyon 6
1. gün	2,14	3,69	2,06	3,26	2,92	2,23
2. gün	1,72	3,09	1,97	4,12	1,94	2,66
4. gün	1,37	2,06	1,37	2,40	1,03	3,17
8. gün	3,26	4,23	3,09	3,95	1,72	2,92
12. gün	3,69	4,12	2,06	5,49	2,40	2,29
16. gün	3,35	4,12	2,49	3,20	1,54	2,86
20. gün	1,97	3,35	2,06	2,63	1,29	1,03
24. gün	2,23	3,00	0,94	1,37	1,63	2,83
28. gün	1,46	1,80	2,14	1,37	1,72	0,92
32. gün	0,92	1,29	2,00	2,06	1,20	1,89
36. gün	1,94	0,92	1,54	3,09	2,06	1,03
Ortalama	2,19	2,88	1,97	2,99	1,77	2,17

Çoruh Nehri üzerinde seçilen 1 ve 2 nolu istasyonların solunum değerlerinin ilk 4 gün düşme eğilimi gösterdiği, 4. günden itibaren her iki istasyonda yükseldiği, 16. günden itibaren tekrar solunum değerlerinin düşme eğilimi gösterdiği, 1 nolu istasyonun 32. gün ve 2 nolu istasyonun 36. gün en düşük değere ulaştığı görülmektedir (Şekil 6). Çalışmanın sonunda yani 36.

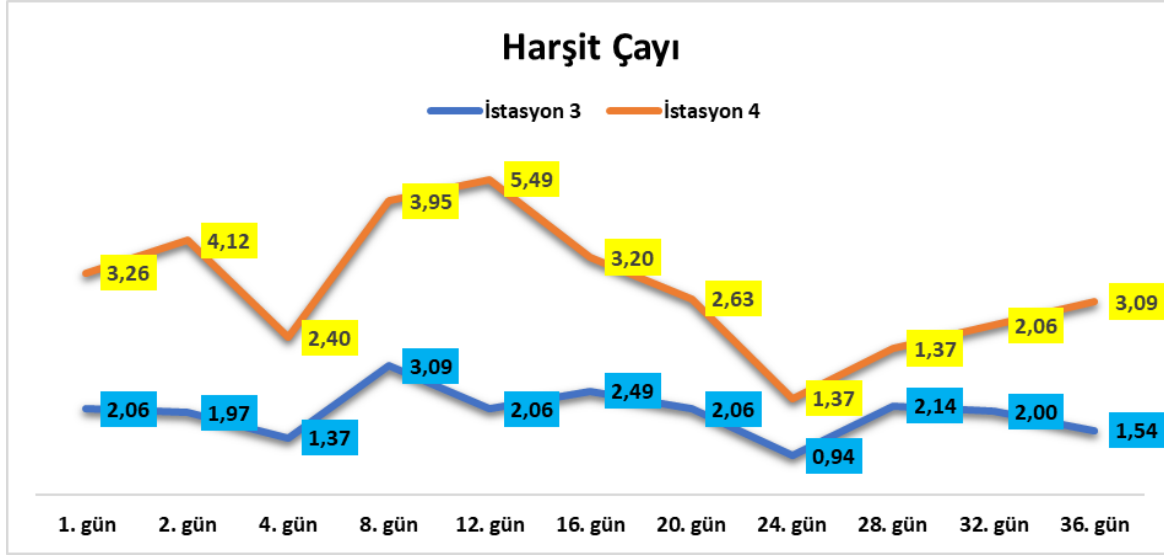
günde solunum değerleri ortalamaları karşılaştırıldığında 2 nolu istasyonun solunum değerinin %31.5 fazla olduğu görülmüştür. Bu farkın oluşmasında 1 nolu istasyonun debisinin yüksek olmasının ve 1 nolu istasyona göre 5 km geride bulunan Artvin barajının etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 6: Çoruh Nehri 1 ve 2 nolu İstasyonlarının Solunum Değerleri (mg CO₂/g)

Harşit Çayı üzerinde seçilen 3 ve 4 nolu istasyonların ilk 4 gün 3 nolu istasyonda sediment solunumunun düşme eğilimi gösterdiği ancak 4 nolu istasyonda 2. gün artış olduğu görülmüştür (Şekil 7). 4. günden itibaren her iki istasyonda yükselme eğilimi görülmektedir. 12. gün 4 nolu istasyonun sediment solunum değeri en yüksek değerine ulaşırken, 8. gün 3 nolu istasyonda en yüksek değerine ulaşmıştır. 12. günden itibaren her iki istasyonun

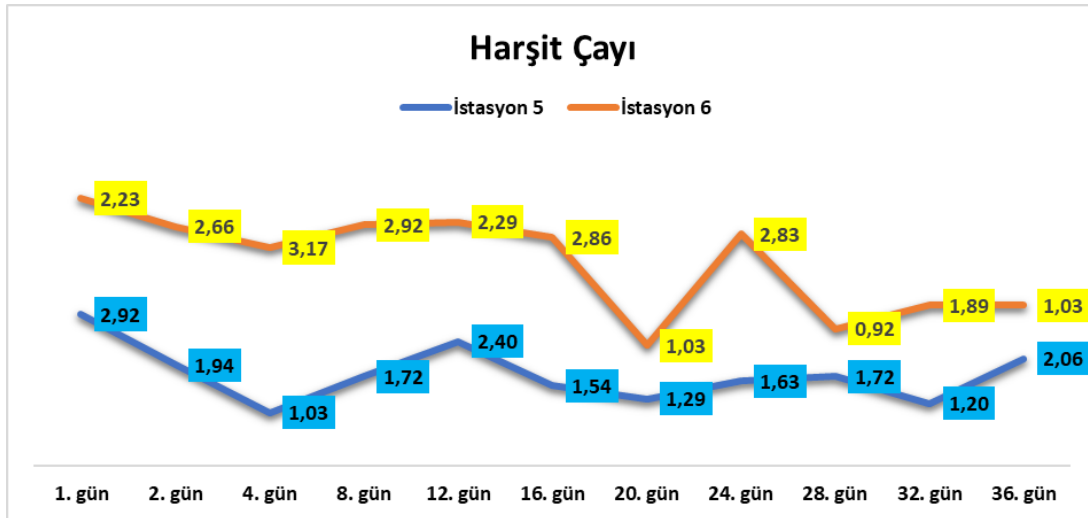
değerlerinin düşme eğilimi gösterdiği görülmektedir. Çizelge 1 incelendiğinde; 3 ve 4 nolu istasyonların 36. gün sonunda solunum değerleri ortalamaları karşılaştırıldığında 4 nolu istasyonun %51.7 fazla olduğu görülmüştür. Bu farkın 3 nolu istasyonun debisinin yüksek olmasından ve Doğankent ilçesindeki HES bölgesinin etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 7: Harşit Çayı 3 ve 4 nolu İstasyonlarının Solunum Değerleri (mg CO₂/g)

Melet Irmağı üzerinde seçilen 5 ve 6 nolu istasyonların sediment solunum değerleri ilk 4 gün incelendiğinde 5 nolu istasyonda düşme eğilimi gösterdiği ancak 6 nolu istasyonda artış gösterdiği görülmektedir (Şekil 8). 5 nolu istasyonda 12. güne kadar artış görülmekte ve daha sonraki günlerde düşme eğilimde olduğu görülmektedir. 6 nolu istasyonun 16. ve 24. günlerde sediment solunum değerlerinin artış gösterdiği, 20. ve 28. günlerde ise

düşme eğilimi gösterdiği görülmektedir. Çizelge 1 incelendiğinde; 5 ve 6 nolu istasyonların 36. gün sonunda solunum değerleri ortalamaları karşılaştırıldığında 6 nolu istasyonun solunum değerinin %22.51 fazla olduğu görülmüştür. Bu farkın oluşmasında 5 nolu istasyonun debisinin yüksek olmasının ve Mesudiye ilçesinde bulunan Topçam barajının etkili olduğu görülmüştür.



Şekil 8: Melet Irmağı 5 ve 6 nolu İstasyonlarının Solunum Değerleri (mg CO₂/g)

Sodyum nitrat uygulamasının, havuzlarda taban sedimentlerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada sediment solunumu ölçülmüştür. Ölçümlerin 25°C de, 1, 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36, 46. günlerde yapılmış olması ve laboratuvar ortamında sediment solunum

çemberlerinin kullanılması yönüyle benzerlik arz etmektedir (Tepe 2005). Bu çalışmanın sediment solunumu sonuçları 6.55 mg CO₂/g ile mevcut çalışmamızın sonuçlarından oldukça fazla çıkmıştır. Balık yetiştirme havuzlarının durağan su ortamı olması ve aşırı

yemlemeyle stoklama oranlarının artan organik madde yüküne neden olduğu değerlendirilmiştir. Nehirlerde ise su daimî akış ile yenilenmekte ve sürekli sediment taşınımına neden olmaktadır. Özellikle Karadeniz havzasında yağışın nispeten daha bol olması bölgemiz nehirlerindeki sediment taşınımını artırmaktadır.

Sediment Örneklerine Ait pH Ölçüm Sonuçları

Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı için seçilen 6 farklı istasyonlardan alınan sediment örneklerinden elde edilen pH ölçüm sonuçları Çizelge 2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2: İstasyonlara ait pH Ölçüm Sonuçları

İstasyon adı	pH
İstasyon 1 (Çoruh Nehri)	8,69
İstasyon 2 (Çoruh Nehri)	8,48
İstasyon 3 (Harşit Çayı)	8,01
İstasyon 4 (Harşit Çayı)	7,99
İstasyon 5 (Melet Irmağı)	8,46
İstasyon 6 (Melet Irmağı)	8,31

Çizelge 3: Organik Madde Miktarları (%)

İstasyon Adı	Örnek Ağırlığı(g)	Organik Madde (%)
İstasyon 1 (Artvin Deriner Barajı)	2.000	4.12
İstasyon 2 (Artvin Borçka Barajı)	2.007	3.89
İstasyon 3 (Harşit Çayı-Doğanket)	2.012	4.87
İstasyon 4 (Harşit Çayı-Tirebolu)	2.007	4.16
İstasyon 5 (Melet Irmağı-Ulubey)	2.002	6.90
İstasyon 6 (Melet Irmağı-Ordu Sahil)	2.012	6.44

Bu sonuçlar incelendiğinde 5 nolu İstasyonun organik madde değerinin en yüksek, 2 nolu İstasyonun en düşük olduğu görülmüştür. Çoruh Nehri üzerindeki debisi düşük olan istasyon 2’nin istasyon 1’e göre; Harşit Çayı üzerindeki debisi düşük olan İstasyon 4’ün İstasyon 3’e göre; Melet Irmağı üzerindeki debisi düşük olan İstasyon 6’nın İstasyon 5’e göre daha az oranda organik madde içerdiği görülmüştür.

İstatiksel Analiz Sonuçları

Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı için seçilen 6 farklı istasyonlardan alınan sediment örneklerinin solunum değerleri için istatistiksel analiz çeşitlerinden One Way ANOVA, Faktör, Korelasyon ve Kümeleme analizleri yapılmıştır. Altı farklı istasyon noktası arasında sediment solunumu değerleri arasındaki farklılıklarını belirlemek

Bu sonuçlar incelendiğinde 4 nolu istasyonun pH değerinin en düşük, 1 nolu istasyonun pH değerinin en yüksek olduğu görülmüştür. Evsel ve endüstriyel atıkların döküldüğü bölgelerden sonrasına ait olan 2, 4 ve 6 nolu istasyonların pH değerlerinin aynı bölgedeki diğer istasyona göre daha düşük olduğu görülmüştür. Sediment solunum değerlerinin yüksek görüldüğü bölgelerde pH değerinin daha düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

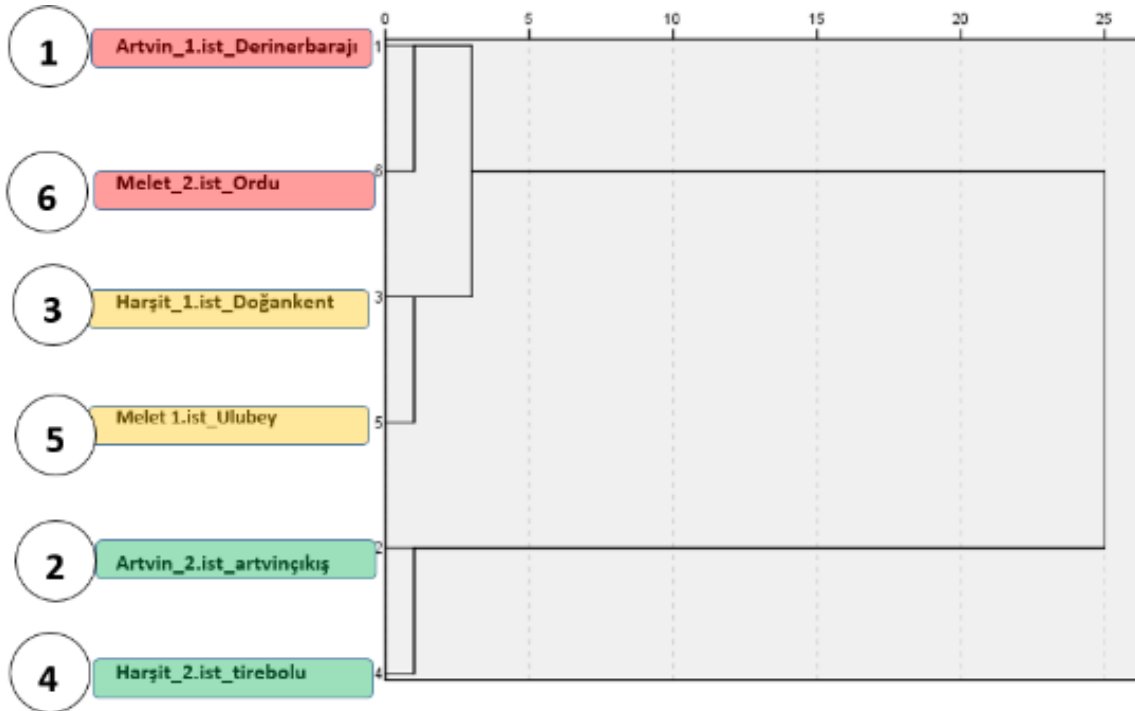
Sediment Örneklerine ait Organik Madde Analiz Sonuçları

Çoruh Nehri, Melet Irmağı ve Harşit Çayı için seçilen 6 farklı istasyonlardan alınan sediment örneklerinden elde edilen organik madde analiz sonuçları Çizelge 3’de gösterilmektedir.

amacıyla yapılan One Way Anova analizine göre %95 güven aralığında 4. istasyon ile 5. istasyon noktalarında $p < 0.05$ olduğu için istatistiksel olarak homojen bir dağılım gösterilmediği ve anlamlı bir farkın olduğu anlaşılmıştır. Bu farkın ortaya çıkmasında Melet Irmağı 5 nolu istasyon olan Ulubey’den alınan örneğin bölgenin debisinin yüksek olması ve Mesudiye ilçesi Topçam Barajındaki sediment oluşumu nedeniyle düşük olduğu düşünülmektedir. 2., 4. ve 6. istasyonlar yoğun miktarda organik atık içerdiği için sediment solunum değerleri 1., 3. ve 5. istasyonlara göre daha yüksek değerde olduğu görülmüştür. Analiz sonuçları değerlendirilirken Korelasyon değeri 1’e ne kadar yakın ise ilişkinin kuvvetli olduğu kabul edilir. 16.gün ile 8.gün arasında pozitif yönde (0.929) ve 20.gün ile 8.gün arasında pozitif yönde (0.842) kuvvetli bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Faktör analizi, veriler arasındaki ilişkilere dayanarak verilerin daha anlamlı ve

özet bir biçimde sunulmasını sağlayan çok değişkenli bir istatistiksel analiz türüdür. Faktör analizi sonucunda, öz değeri >1 olan ve her birinin toplam varyansa oranı gittikçe azalan 4 faktör belirlenmiştir. İlk faktör (F_1) toplam varyansın %41.824'ünü, ikinci faktör (F_2)'de toplam varyansın %22.076'sını, üçüncü faktör %19.257 ve dördüncü faktör %10.423 oluşturmuştur. Çalışma sonunda parametrelerin çoğunun 1.faktörde toplanması, organik atık miktarı ile sediment solunumu arasında ilişkiyi göstermektedir. Çizgi eğim grafiği, temel veri yapısının bileşen sayısını belirlemek için kullanılır. Grafikte dikey eksen öz değeri yatay eksen ise faktörleri gösterir. Grafik faktörlerin öz değerleriyle eşleştirilmesi sonucunda bulunan noktaların birleştirilmesiyle elde edilir. Grafikte yüksek ivmeli hızlı düşüşlerin yaşandığı faktör önemli faktör sayısını verir. Yatay çizgiler faktörlerin getirdikleri ek varyansların katkılarının birbirine yakın olduğunu gösterir. Öz değeri >1 olan 4 bileşen görülmüştür. Seçilen 6 farklı istasyonun 36 gün süresince yapılan 11 ölçüm sonucunda sediment solunum değerleri kullanılarak kümeleme analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 8). Kümeleme analiziyle aynı küme içerisinde yer alan istasyonların benzer kaynaklardan etkilendiği anlaşılmaktadır. Çalışmamızda yaptığımız kümeleme analizinde görüldüğü gibi 1. ve 6. istasyonlar birinci kümeyi, 3. ve 5. istasyonlar

ikinci kümeyi ve 2. ve 4. istasyonlar üçüncü kümeyi oluşturmuştur. Bu bağlamda oluşan birinci küme (1. ve 6. İstasyon) ve ikinci küme (3. ve 5. İstasyon) birbirine yakın özellikler gösterdiği için bir üst kümeyi oluşturmuştur. Üçüncü küme (2. ve 4. İstasyon) ayrı bir küme olarak ele alınmıştır. Bu durum birinci ve ikinci kümenin organik atık yükü bakımından birbirine yakınlığını göstermektedir. 1 nolu istasyon Çoruh Nehri'nin getirmiş olduğu atıkların oluşturduğu sedimenti taşımakta; 6 nolu istasyon Melet Irmağı'nın taşımış olduğu yoğun kanalizasyon atıklarının oluşturduğu sedimenti taşımakta olup bu özellikleriyle 1 ile 6 nolu istasyonlar yakın özellik gösterdiğinden bir küme kabul edilmiştir. 3 nolu istasyon Harşit Çayı Doğankent bölgesi ile 5 nolu istasyon Melet Irmağı Ulubey bölgesinin sediment açısından fakir olması ve her iki nehrin debisinin yüksek olması dolayısıyla düşük oranda sediment solunum değeri gösterdiği ve bir küme oluşturduğu görülmektedir. 2 nolu istasyon Artvin şehir merkezinden 10 km ileri bir noktada bulunmakta olup, 4 nolu istasyon Harşit Çayı'nın denize döküldüğü Tirebolu şehir merkezindeki bir noktadır. 2 nolu istasyon Artvin iline ait atıkları ve 4 nolu istasyonun Tirebolu ilçesine ait atıkları yoğun biçimde içermeleri nedeniyle aynı kümede yer aldığı görülmektedir.



Şekil 9: İstasyonların Kümeleme (Cluster) Analizi Sonuçları

Çin’de sediment solunumunun fosfat salınımı üzerine etkileri üzerine yapılan bir araştırmada 10 farklı nehirde sediment solunumu ölçümleri yapılmıştır. Araştırmada sediment solunumlarının 15 günün sonunda 1.4-26.5 mmol CO₂ m⁻² day⁻¹ aralığında olduğu bulunmuştur. Bu araştırmada yer alan bazı nehirlerin sonuçları mevcut çalışma ile benzerlik göstermektedir (Dael ve ark. 2020).

Sinegani ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada artırılmış belediye atık sularının tahliye edildiği sulak alanı sediment solunum değerinin diğer bölgelere göre yüksek olduğu görülmüştür. Sediment solunum değeri olarak tespit edilen 3.688 mg CO₂ g⁻¹ ortalama değeri mevcut çalışmada yer alan ve kirlilik yükü yüksek olan 2 nolu istasyon (Çoruh) ve 4 nolu istasyonun (Melet) sediment solunum değerleriyle benzerlik göstermektedir (Sinegani ve ark. 2020).

Hao Duan ve arkadaşları tarafından Yangtze Nehri ağzındaki iki farklı bitki ayrışma sürecinin sediment solunumu üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada düşük azot içeriği ve yüksek lignin oranına sahip ortamda düşük sediment solunumu olduğu tespit edilmiştir (Duan ve ark. 2018). Çalışmamızda kirlilik yükü fazla olan Çoruh nehri ve Melet ırmağının şehir merkezlerinin evsel atıkları nedeniyle kirlilik yükünün fazlalığının yüksek sediment solunumu değerlerine neden olması benzerlik göstermektedir.

Kore'nin kıyı sularında organik karbon (OC) ve besin döngüleri üzerine su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerinin değerlendirilmesi amacıyla istiridy ve balık çiftliklerinden sediment örnekleri alınarak sediment solunumları ölçülmüştür. Çalışma sonunda kayıt edilen sediment solunum değerleri balık çiftlikleri için ortalama 77 istiridy çiftlikleri için ise 84 mmol m⁻² d⁻¹ ölçülmüştür. Bu değerler yetiştiricilik yapılmayan alandan kontrol amacı ile alınan sedimentlerdeki ortalama solunum değeri olan 60 mmol m⁻² d⁻¹ ile mukayese edildiğinde aşırı yemleme ile stoklama oranlarının artan organik madde yüküne neden olduğu gerçeğini ortaya koymuştur. Çalışmamızda yer alan akarsuların şehir merkezlerinden geçiyor olması sonucu kanalizasyon ve evsel devamlı bir organik yüke maruz kalmaları bu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

SONUÇ

Bu çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, belirlenen istasyonlardaki su kaynaklarının tabanından alınan sediment örneklerinin sediment solunumu değerleri (mg CO₂/g) Çoruh Nehri’nde; 2.54, Melet Irmağı’nda; 2.48 ve Harşit Çayı’nda ise 1.97 şeklinde bulunmuştur. Ölçümler sonucu sediment pH değerleri Çoruh Nehri’nde; 8.59, Melet Irmağı’nda; 8.39 ve Harşit Çayı’nda ise 8.00 olarak tespit edilmiştir. Nehir sedimentlerinde ölçülen organik madde miktarları (%) sırasıyla Çoruh Nehri’nde 4.05, Melet Irmağı’nda 6.67 ve Harşit Çayı’nda 4.51 olarak tespit edilmiştir. Çoruh Nehri üzerindeki 2 nolu istasyonun 1 nolu istasyona göre; Melet Irmağı üzerindeki 4 nolu istasyonun 3 nolu istasyona göre ve Harşit Çayı 6 nolu istasyonun 5 nolu istasyona göre sediment solunumu ölçüm sonuçlarının fazla olmasının kirlilik yükünün yüksek olduğunu göstermektedir. Çalışmamız bu nehirlerde sediment solunum oranının tespiti üzerine yapılan ilk çalışma olmuştur. Bu nedenle çalışmamız ileride yapılacak olan benzer çalışmalar açısından referans teşkil edecektir.

KAYNAKLAR

- Alef K, Nannipieri P (1995) Methods in applied soil microbiology and biochemistry. (No. 631.46 M592ma). Academic press, pp 576
- Arslan H, Yıldırım D (2011) Water quality assessment of the drainage canals in bafra plain using multivariate statistical analysis. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University. 28(2), 61-71
- Bayram A, Kankal M, Önsoy H, Bulut VN (2010) Harşit Çayı Hidrolik Yapılarının Askı Madde Hareketine Etkileri, VI. Ulusal Hidroloji Kongresi, Denizli, Bildiriler Kitabı, pp 873-882
- Bayram A, Önsoy H, Bulut VN, Tüfekçi M (2011) Evsel Atık Su Deşarjının Yüzeysel Su Kalitesine Etkilerinin İncelenmesi: Harşit Çayı Örneği (Gümüşhane), 6. Kentsel Altyapı Sempozyumu, Antalya, Bildiriler Kitabı pp 427-438
- Boyd CE, Tucker C S (1992) Water quality and pond soil analyses for Aquaculture Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama, USA, 180s
- Boztuğ D, Dere T, Tayhan N, Yıldırım N, Danabaş D, Yıldırım NC, Önal AÖ, Danabaş S, Ergin C, Uslu G, Ünlü E (2012) Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli) Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi; 2 (2), 93-106
- Bu N, Qu J, Li Z, Li G, Zhao H, Zhao B et al. (2015) Effects of Spartina alterniflora Invasion on Soil Respiration in the Yangtze River Estuary, China. PLoS ONE 10(3): e0121571. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121571>
- Chen Q S, Li L H, Han X G, Yan Z D, Wang Y F, Yuan Z Y (2003) Influence of temperature and soil moisture on soil respiration of a degraded steppe community in the Xilin river basin of Inner Mongolia. Chinese Journal of Plant Ecology, 27(2), 202.
- Çolak AK (1995) Toprak Mikrobiyolojisi ve Biyokimyası, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 98, Adana

- Duan H, Wang L, Zhang Y, Fu X, Tsang Y, Wu J, Le Y (2018) Variable decomposition of two plant litters and their effects on the carbon sequestration ability of wetland soil in the Yangtze River estuary. *Geoderma*, 319, 230-238.
- Gregorich EG, Carter MR, Angers DA, Monreal CM, Ellert BH (1994) Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 74:367-385
- Kara Ö, Bolat İ (2007) Impact of alkaline dust pollution on soil microbial biomass carbon. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31 (3): 181-187
- Kieft TL, Rosacker LL (1991) Application of respiration-and adenylate-based soil microbiological assays to deep subsurface terrestrial sediments. *Soil Biology and Biochemistry* 23.6: 563-568
- Kim SH, Lee JS, Kim KT, Kim HC, Lee WC, Choi D, Choi SH, Choi JH, Lee HJ, Shin JH (2021) Aquaculture Farming Effect on Benthic Respiration and Nutrient Flux in Semi-Enclosed Coastal Waters of Korea. *Journal of Marine Science and Engineering*. 9(5):554. <https://doi.org/10.3390/jmse9050554>
- Kontaş S (2018) Melet Irmağı Su, Sediment ve Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimi ve Genotoksik Etkilerinin Araştırılması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Küçükbaşol Y (2015) Çoruh Nehri ve Yusufeli Barajı Toplumsal, Ekonomik ve Çevresel Etkileri Bakımından Bir Baraj İncelemesi. *Birey ve Toplum Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2), 133-158.
- Liang J I N, Chang-Yi L U, Yong Y E, Gong-Fu Y E (2013) Soil respiration in a subtropical mangrove wetland in the Jiulong River Estuary, China. *Pedosphere*, 23(5), 678-685.
- Luo X X, Xing Z Q (2010) Comparative study on characteristics and influencing factors of soil respiration of reed wetlands in Yellow River Estuary and Liaohe River Estuary. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 888-895.
- Nielsen MN, Winding A (2002) Microorganisms as indicators of soil health. National Environmental Research Institute, Denmark. Technical Report No. 388
- Nişancı A (1990) Torul-Kürtün Orta Harşit vadi ve yöresi heyelanları. 13-17 Haziran 1990 Geçmişte ve Günümüzde Gümüşhane Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- Özbucak TB, Kutbay HG (2008) The flora of lower parts of Melet River (Ordu). *International Journal of Natural and Sciences*, 2(3):79-89.
- Pankhurst CE, Doube BM and Gupta VVSR (1997) Biological indicators of soil health: Synthesis. In: *Biological Indicators of Soil Health*. Eds. CE Pankhurst, BM Doube, and VVSR Gupta, CAB International, pp. 419-435
- Safari Sinegani M, Safari Sinegan A A, Banijamali S M, Hadipour M, Azadi P (2020) The study of biological properties of soils in joining places of surface water-inflows in Meyghan playa in Arak. *Applied Soil Research*, 8(1), 108-120.
- Sucu S, Dinç T (2008) Çoruh havzası projeleri. *TMMOB*, 2, 33-38.
- Taş B, Yılmaz Ö, Kurt I (2015) Aşağı Melet Irmağı (Ordu, Türkiye) nda Su Kalitesinin Göstergesi Olan Epipelik Diyatomeler. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(7), 610-616
- Tepe Y (2005) Sodyum Nitrat Uygulamasının Toprak Havuzlardaki Taban Sedimentlerine Etkileri, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 21, 3-4: 239-242
- Tepe Y, Ateş A (2004) Zeolite Uygulamasının Sediment Solunumuna Etkisi *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 2, 3: 287-291
- Tepe Y, Aydın H (2017) Water quality assessment of an urban water, Batlama Creek (Giresun), Turkey by applying multivariate statistical techniques. *Fresenius Environ Bull*, 26, 6413-6420
- Tepe Y, Boyd C E (2002) Sediment quality in Arkansas bait minnow ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33-3: 221-232
- Ustaoglu F, Kutlu B, Tepe Y, Aydın H (2021) Dissemination of heavy metal contamination in surface sediments of batlama stream, Giresun, Turkey. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 39(1), 13-23.
- Ustaoglu F, Tepe Y (2019) Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(1), 47-56
- Uzun A (2007) Doğu Karadeniz kıyı kuşağında coğrafi yapı ve sel ilişkisi. 5-7 Aralık 2007 TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- Van Dael T, De Cooman T, Verbeeck M, Smolders, E (2020) Sediment respiration contributes to phosphate release in lowland surface waters. *Water research*, 168, 115168.
- Yang J, Zhan C, Li Y, Zhou D, Yu Y, Yu J (2018) Effect of salinity on soil respiration in relation to dissolved organic carbon and microbial characteristics of a wetland in the Liaohe River estuary, Northeast China. *Science of the total environment*, 642, 946-953.
- Yüksek T, Ölmez Z (2002) Artvin Yöresinin İklim, Toprak Yapısı, Orman Alanları, Ağaç Serveti ve Ormanlık Çalışmalarıyla İlgili Genel Bir Değerlendirme, *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 2002:1 s.50-62.

The propagation of forage kochia cutting in different IBA concentrations and at holding times

Farklı İBA konsantrasyonları ve bekletme sürelerinde bozkır otu çeliklerinin çoğaltılması

Nur KOÇ KOYUN¹ , Ramazan ACAR¹ 

¹Selçuk University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Konya, Turkey

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.978268

Sorumlu yazar / Corresponding author

Nur KOÇ KOYUN

e-mail: nurkoc@selcuk.edu.tr

Geliş tarihi / Received

03.08.2021

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

23.12.2021

Kabul Tarihi / Accepted

19.01.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Keywords:

Bassia prostrata

Bozkır otu

İndol-3-bütirik asit (IBA)

Vejetatif çoğaltma

Anahtar kelimeler:

Bassia prostrata

Forage Kochia

Indole-3-butyric acid (IBA)

Vegetative propagation

Abstract

Forage kochia, a subshrub forage plant, grows naturally in the pastures of dry areas in Turkey. Their seeds grow slowly in nature, and being short duration of seed viability could be caused by limitations on the cultivation of forage kochia in Turkey. Forage kochia seedlings can be produced serially quickly with cutting propagation as vegetation propagation method. Therefore, forage kochia cuttings were exposed to 12 different IBA concentrations (250, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, 6000, 10000, and 15000 mg kg⁻¹) at four holding times (5, 30, 180, and 900 s) in this research carried out Completely Randomized Design in the greenhouse. We investigated the percentage of rooting, the number of the root, shoot and root length, shoot and root weight, dry root weight, and leave yellowing of these cutting. The best developments in the percentage of rooting (100%), number of roots (> 7), shoot length (> 20 cm), root length (>10 cm), root weight (>0.60 g), dry root weight (>0.1 g) and leave yellowing (score >1.60) were obtained from 500 mg kg⁻¹ IBA at 900 s, 5000 mg kg⁻¹ IBA at 180 s, and 10000 mg kg⁻¹ IBA at 5 s interactions. As a result, we advised 500 mg kg⁻¹ IBA at 900 s, 5000 mg kg⁻¹ IBA at 180 s and 10000 mg kg⁻¹ IBA at 5 s for the quick and economically cutting propagation of forage kochia.

Özet

Yarı çalı bir yem bitkisi olan bozkır otu, Türkiye'nin kurak alanlarındaki meralarda doğal olarak yetişmektedir. Bozkır otunun doğada tohum ile büyümesi çok yavaş ve tohum canlılığı süresinin kısa olması ülkemizde bozkır otu tarımında kısıtlamaya neden olmaktadır. Vejetatif çoğaltma yöntemi olarak çelikle çoğaltma ile bozkır otu fidesi daha kısa sürede seri bir şekilde üretilebilir. Bu sebeple, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre serada yürütülen bu çalışmada 4 adet sürede (5, 30, 180 ve 900 s) ve 12 farklı IBA konsantrasyonlarına (250, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000, 6000, 10000 ve 15000 mg kg⁻¹) bozkır otu çelikleri maruz bırakıldı. Bu çeliklerin köklenme yüzdesi, kök sayısı, fide ve kök uzunluğu, yaş fide ve kök ağırlığı, kuru kök ağırlığı ve yaprak sararması incelenmiştir. Çeliklerde köklenme yüzdesi (%100), kök sayısı (>7 adet), fide uzunluğu (>20 cm), kök uzunluğu (>10 cm), kök ağırlığı (>0.60 g), kuru kök ağırlığı (>0.1 g) ve yaprak sararması (Skor >1.60) açısından en iyi gelişim 900 saniyede 500 mg kg⁻¹ IBA, 180 saniyede 5.000 mg kg⁻¹ IBA ve 5 saniyede 10.000 mg kg⁻¹ IBA konsantrasyonlarından elde edilmiştir. Sonuç olarak bozkır otunun ekonomik ve hızlı bir şekilde çelikle çoğaltılması için 900 saniyede 500 mg kg⁻¹ IBA, 180 saniyede 5.000 mg kg⁻¹ IBA ve 5 saniyede 10.000 mg kg⁻¹ IBA konsantrasyonları önerilmektedir.

INTRODUCTION

Forage kochia or prostrate summer-cypress [*Bassia prostrata* (L.) A.J. Scott (Syn. *Kochia prostrata*)], which is a C4 bush plant, is a member of the *Chenopodiaceae* family (Su et al. 2011). It grows in the pastures of dry areas in Turkey and elsewhere in the world's natural ranges (Acar and Özköse 2012, Acar 2013). Rangeland improvement had been carried out by using this plant in meadows which have 70- 110 mm annual precipitation in Jordan, in the dry pasture in the western regions of the USA, and in rangelands with salinity problems in Russia (Blauer et al. 1993, Harrison et

al. 2000, Shamsutdinov and Shamsutdinov 2009, Bailey et al. 2010). Furthermore, it uses as firebreaks to the protection of pasture and forestry (Waldron et al. 2013).

Prostrate summer-cypress's hay yield was between 1.075 kg ha⁻¹ and 2580 kg ha⁻¹ (Acar and Koç 2019). Plant height ranges between 20 and 100 cm, while canopy diameter ranges between 25 and 120 cm. Also, crude protein of forage kochia populations, which grow in dry and salty conditions, varied between 10% and 17%, and these population's ADF content was between 35% and 43%, and the NDF ranged between 38% and 60% (Koç Koyun 2021).

The forage kochia production takes a long time due to their seeds grow slowly in nature, and for this reason, plants to be used in rangeland improvement grow as a seedling in greenhouse conditions. However, being short duration of seed viability could be caused by limitations on the cultivation of forage kochia in Turkey despite its advantages (Stevens et al. 1985, Zadbar et al. 2007).

Forage kochia seedlings can be produced serially quickly with the vegetation propagation method and give chance conservation of genetic source (Baul et al. 2010, Gibson et al. 2021). Although there is inadequate literature related to vegetative propagation of forage kochia, these methods were applied in alfalfa (Özgen et al. 1997), in sainfoin (Özgen et al. 1998), in medicinal plants (Kara et al. 2011), and mostly in horticultural crops (Yıldız et al. 2009, Susaj et al. 2012, Husen et al. 2017, Pourghorban et al. 2019).

IBA (Indole-3-Butyric Acid) in the auxin family commonly uses to provide the most effective rooting in cutting propagation, one of the vegetation propagation methods. IBA degrades slowly by enzyme systems and applies as concentrated (1000 - 8000 mg kg⁻¹) and diluted (10-250 mg kg⁻¹) solutions (Weaver 1972, Yücesan et al. 2018). Additionally, cuttings of different shrub species at holding times into IBA solution show various researches. According to Basal Quick Dip Method and Basal Long Soak Method, cuttings are held into the solution at different times (Kroin 2011). For this reason, this research aims at showing the responses in rooting and growing of forage kochia cuttings held to different IBA concentrations, including diluted and concentrated solutions, at four holding times.

MATERIAL AND METHODS

Material

This research was used as material cuttings obtained from forage kochia grow naturally in Department of Field Crops' research plots at Selçuk University, an early morning hour on 15 March 2018. Woody branch regrown were selected as cutting owing to being the perennial plant. Cutting lengths ranged between 8 cm and 12 cm, and their diameters varied between 2 mm and 4 mm.

Trials were conducted in the Plant Breeding Greenhouse Department of Field Crops of the Faculty of Agriculture at Selçuk University. Cuttings were planted in pots whose dimensions were 7 x 8 cm, and in each pot included a cutting. A mixture of peat and perlite prepared in a ratio of 1:1 is used as a growth medium. Peat had a pH 5.5-6.5; a fertilizer ratio of 0.30 g L⁻¹; an N content of 30-70 mg L⁻¹; a P₂O₅ range of 30-70 mg L⁻¹, and K₂O content of 40-80 mg L⁻¹. The peat had a dissociation degree between H₂-H₈. Peat had a porosity weight of 96 %, a moisture content between 40 and 50%, and an electrical conductivity between 0.12 and 0.22 dS m⁻¹.

Methods

The cuttings held on 12 different IBA concentrations (250, 500, 1.000, 1.500, 2.000, 2.500, 3.000, 4.000, 5.000, 6.000, 10.000, and 15.000 mg kg⁻¹) in this research carried out with three replications in a Completely Randomized Design. Also, the cuttings held on IBA concentration at five different times [5 s, 30 s, 180 s (3 min), 900 s (15 min), 3600 s (1 h)]. But at 3600 s (1 h) removed as a holding time because of noting rooting in all cuttings at this holding time. Each replication contained three cuttings for two reasons. The first reason was that regrown branches were scarce during the period taking a cutting. The second reason was that samples of the same phenotype were preferred due to varying between forage kochia phenotypes.



Figure 1. Photos are belonging the research (a), seedling in 10.000 mg kg⁻¹ IBA concentration at 5 s holding time (b), seedling in 5.000 mg kg⁻¹ IBA concentration at 180 s holding time (c), seedling in 500 mg kg⁻¹ IBA concentration at 900 s holding time (d).

We investigated the percentage of rooting (%), the number of the root, shoot and root length (cm), shoot and root weight (g), dry root weight (g), and leave yellowing (Scoring) of these cutting in this study took 114 days. It was expressed that the percentage of rooting (%) was the percentage of total cuttings of rooting cuttings, and the number of roots was the number of whole primary roots occurring cuttings. It was determined to shoot and root length via rule and shoot and root weight by weighted in analytical balance. The dry root weight (%) was determined by drying the samples at 65 °C in ventilated incubators until they reach a constant weight (AOAC 2003). Also, yellowing was observed on leaves in the seedling. So, 1 and 2 were used for scoring the absence and presence of yellowing on leaves, respectively.

According to Completely Randomized Design, the data was analyzed by using JMP 7 software packet program (Sall et al. 2017). Duncan's Multiple Range Test was performed to determine the result of variance analysis using MSTAT-C software packet programs for grouping (Freed et al. 1989).

RESULTS

The analysis of variance results is summarized in Table 1. Average values are given in Table 2, 3, 4 and 5. As shown in Table 1, IBA concentrations of whole properties, except the percentage of rooting, shoot, and root length, were significantly different. On the other hand, all values of the holding time were statistically insignificant. Their interaction of dry root weight, shoot, and root length values were significant statistically at a 5% level.

Table 1. The F values of forage kochia cuttings in different IBA concentrations at four holding times

Source of Variation	Degree of Freedom	Percentage of Rooting	Number of Root	Shoot Length	Root Length	Shoot Weight	Root Weight	Dry Root Weight	Leave Yellowing
T	143								
A	3	0.448	1.323	0.977	2.005	1.029	1.741	0.080	0.828
B	11	1.327	2.116*	1.426	1.198	2.929**	3.565**	2.199*	1.846*
A* B	33	1.516	1.496	1.637*	1.662*	1.427	1.358	1.686*	1.520
E	96								

A: Holding Time, B: IBA Concentration, T: Total, E: Error

**p < 0.01; *p < 0.05

Table 2. Average values and groupings belonging the percentage of rooting and number of root

IBA cons. (mg kg ⁻¹)	Percentage of Rooting (%)					Number of Root				
	Holding Time (secs)				Average	Holding Time (secs)				Average
	5	30	180	900		5	30	180	900	
250	66.67	66.67	66.67	100.00	75.00	3.00	3.33	2,67	4.00	3.25 ^{a-c}
500	66.67	0.00	0.00	100.00	41.67	1.33	0.00	0,00	8.67	2.50 ^{a-c}
1000	33.33	33.33	0.00	33.33	25.00	2.67	1.33	0,00	0.33	1.08 ^c
1500	33.33	33.33	100.00	33.33	50.00	2.67	1.00	3,33	0.33	1.83 ^{bc}
2000	66.67	33.33	66.67	100.00	66.67	2.67	2.33	7,00	3.67	3.92 ^{ab}
2500	0.00	33.33	100.00	33.33	41.67	0.00	0.33	3,33	0.33	1.00 ^c
3000	0.00	100.00	33.33	33.33	41.67	0.00	4.33	2,00	0.33	1.67 ^{bc}
4000	33.33	66.67	66.67	0.00	41.67	1.00	3.00	1,67	0.00	1.42 ^c
5000	33.33	66.67	100.00	66.67	66.67	3.33	4.00	8,33	2.67	4.58 ^a
6000	100.00	33.33	66.67	66.67	66.67	1.67	0.67	4,67	3.33	2.58 ^{a-c}
10000	100.00	66.67	33.33	33.33	58.33	7.00	4.33	3,00	1.00	3.83 ^{ab}
15000	33.33	33.33	66.67	0.00	33.33	1.00	1.00	3,00	0.00	1.25 ^c
Average	47.22	47.22	58.33	50.00	50.69	2.19	2.14	3,25	2.06	2.41

LSD_{0.05}; IBA (NUMBER OF ROOT): 2.061, ^{a, b, ...}p < 0.05**Table 3.** Average values belonging shoot and root length

IBA cons. (mg kg ⁻¹)	Shoot Length (cm)					Root Length (cm)				
	Holding Time (secs)				Average	Holding Time (secs)				Average
	5	30	180	900		5	30	180	900	
250	15.67	15.33	13.67	22.13	16.70	8.00	7.17	6.50	13.87	8.88
500	10.33	0.00	0.00	33.17	10.88	3.67	0.00	0.00	23.00	6.67
1000	7.00	6.17	0.00	9.67	5.71	3.67	2.33	0.00	6.67	3.17
1500	7.67	8.33	20.73	4.33	10.27	3.00	6.50	12.00	0.33	5.46
2000	12.33	6.97	14.33	21.00	13.66	7.00	2.67	7.63	14.20	7.88
2500	0.00	4.00	19.40	8.17	7.89	0.00	1.50	10.00	5.33	4.21
3000	0.00	20.33	8.00	3.33	7.92	0.00	9.17	4.60	0.50	3.57
4000	7.67	15.33	10.93	0.00	8.48	4.33	9.33	6.27	0.00	4.98
5000	7.67	14.33	28.93	14.50	16.36	4.17	7.00	18.20	8.90	9.57
6000	17.13	6.67	17.63	18.00	14.86	5.83	4.00	10.50	14.00	8.58
10000	21.50	13.17	6.70	10.67	13.01	12.17	8.17	5.00	7.90	8.31
15000	8.33	3.50	16.87	0.00	7.18	6.67	1.83	11.93	0.00	5.11
Average	9.61	9.51	13.10	12.08	11.07	4.90	4.97	7.72	7.89	6.37

The highest percentage of rooting (100%) was obtained at 900 s holding time in diluted and fewer concentrations (i.e., 250, 500, and 2.000 mg kg⁻¹ IBA while at 5 s holding time in high concentrates (i.e., 6.000 and 10.000 mg kg⁻¹ IBA) had the highest percentage of rooting (100%). Also, 100% rooting was shown at 30 s holding time in 3.000 mg kg⁻¹ IBA and at 180 s holding time in 1.500, 2.500, and 5.000 mg kg⁻¹ IBA concentrations (Table 2). The maximum values of the number of the root, shoot, and root lengths were obtained at 900 s in 500 mg kg⁻¹ IBA concentration (Table 2, 3).

The highest shoot and root length was obtained at 900 s holding time in 500 mg kg⁻¹ IBA concentration with 33.17 cm and 23.00 cm, respectively (Fig. 2, 3, 4). However, the maximum shoot and root weight was found at 180 s holding time in 5000 mg kg⁻¹ IBA concentration with 1.60 g and 1.08 g, respectively (Table 4). The highest dry root weight was determined at 5 s holding time in 10000 mg kg⁻¹ IBA concentration with 0.160 g (Fig. 5). The minimum leave yellowing (score 2.00), which show the development of healthy seeding, was obtained at 900 s

holding time in 500 and 1.000 mg kg⁻¹ IBA, at 180 s holding time in 5.000 mg kg⁻¹ IBA, and at 30 s holding time in 3.000 mg kg⁻¹ IBA concentrations (Table 5). After these concentrations, 6000 and 10000 mg kg⁻¹ IBA at 5 s holding time had the minimum leave yellowing (score 1.67).



Figure 2. Photos are belonging the development of roots and seedling. (a) seedling in 10.000 mg kg⁻¹ IBA concentration at 5 s holding time, (b) seedling in 5.000 mg kg⁻¹ IBA concentration at 180 s holding time, (c) seedling in 500 mg kg⁻¹ IBA concentration at 900 s holding time.

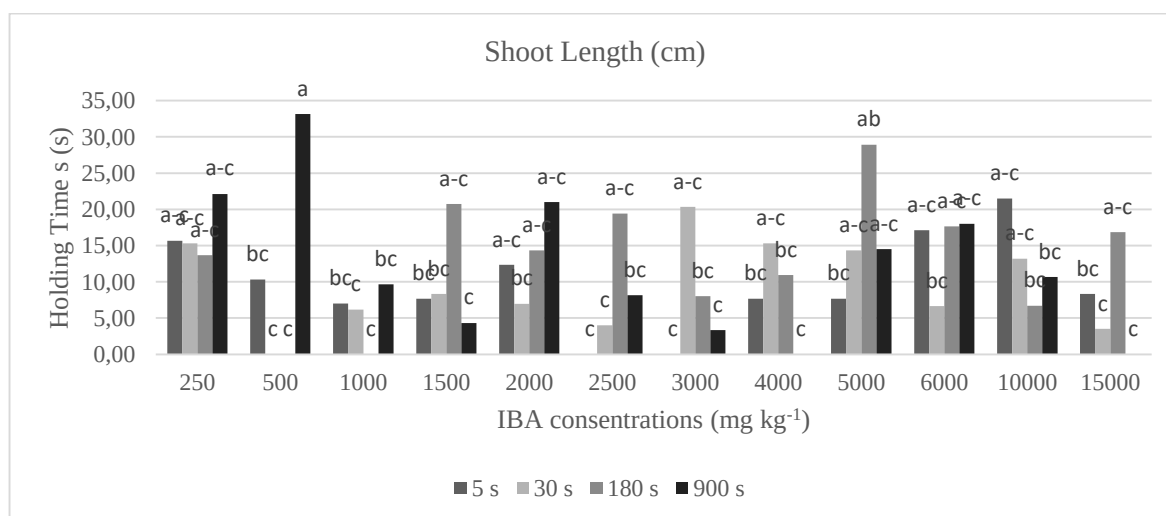


Figure 3. Graphics are belonging interactions average of shoot length (LSD_{0,05}; A*B 17.70; a, b, ...p <0.05)

As shown in Table 2 and Table 3, 250 mg kg⁻¹ IBA concentration had the maximum values in percentage of rooting (75%) and shoot length (16.70 cm). But 5000 mg kg⁻¹ IBA concentration had the highest means in the number of root (4.58), root length (9.57 cm), shoot length

(1.04 g), root length (0.66 g), dry root weight (0.08 g), and leave yellowing (score 1.33) when considering IBA concentrations means.

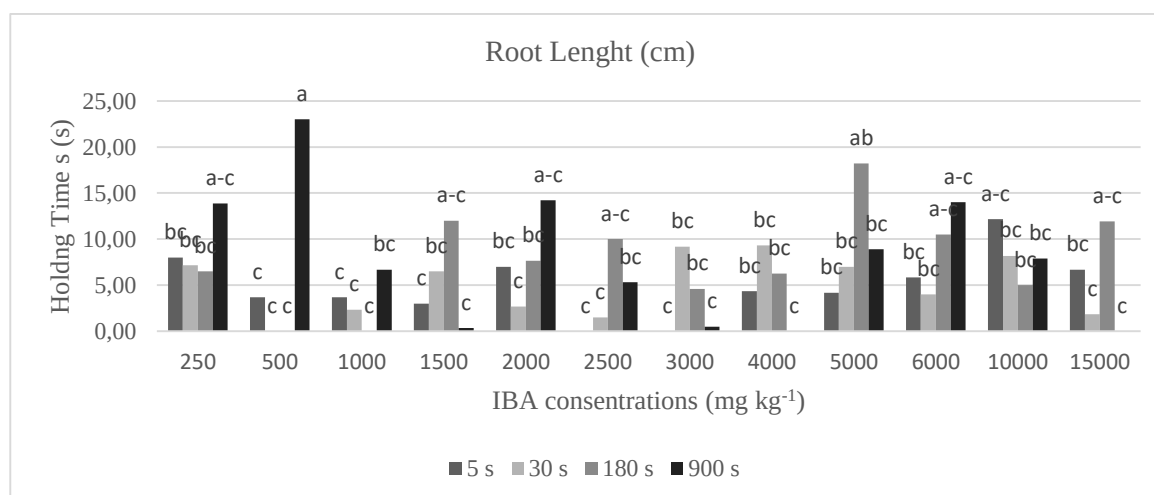


Figure 4. Graphics are belonging interactions average of root length (LSD_{0.05}; A*B: 11.44; a, b, ... p < 0.05)

Table 4. Average values and groupings belonging shoot and root weight

IBA cons. (mg kg ⁻¹)	Shoot Weight (g)					Root Weight (g)				
	Holding Time (secs)				Average	Holding Time (secs)				Average
	5	30	180	900		5	30	180	900	
250	0.33	0.71	0.34	0.73	0.53 ^{A-C}	0.06	0.37	0.11	0.30	0.21 ^{BC}
500	0.18	0.00	0.00	1.28	0.37 ^{BC}	0.06	0.00	0.00	0.68	0.19 ^{BC}
1000	0.46	0.22	0.00	0.08	0.19 ^C	0.20	0.10	0.00	0.03	0.08 ^C
1500	0.64	0.23	0.47	0.09	0.36 ^{BC}	0.27	0.14	0.15	0.02	0.15 ^{BC}
2000	0.26	0.61	1.16	1.16	0.80 ^{AB}	0.11	0.36	0.76	0.71	0.48 ^{AB}
2500	0.00	0.05	0.86	0.15	0.27 ^{BC}	0.00	0.01	0.48	0.07	0.14 ^{BC}
3000	0.00	0.70	0.43	0.05	0.30 ^{BC}	0.00	0.37	0.20	0.01	0.15 ^{BC}
4000	0.14	0.41	0.39	0.00	0.24 ^{BC}	0.03	0.15	0.20	0.00	0.10 ^C
5000	0.38	0.99	1.60	1.19	1.04 ^A	0.23	0.59	1.08	0.74	0.66 ^A
6000	0.65	0.25	1.00	0.53	0.61 ^{A-C}	0.20	0.08	0.57	0.31	0.29 ^{BC}
10000	1.21	0.95	0.30	0.20	0.66 ^{A-C}	0.69	0.50	0.15	0.13	0.37 ^{A-C}
15000	0.08	0.11	0.47	0.00	0.17 ^C	0.05	0.04	0.30	0.00	0.10 ^C
Average	0.36	0.44	0.59	0.46	0.46	0.16	0.23	0.33	0.25	0.24

LSD_{0.01};IBA (SHOOT WEIGHT):0.51; LSD_{0.01};IBA (ROOT WEIGHT): 0.31; A, B, ... p<0.01

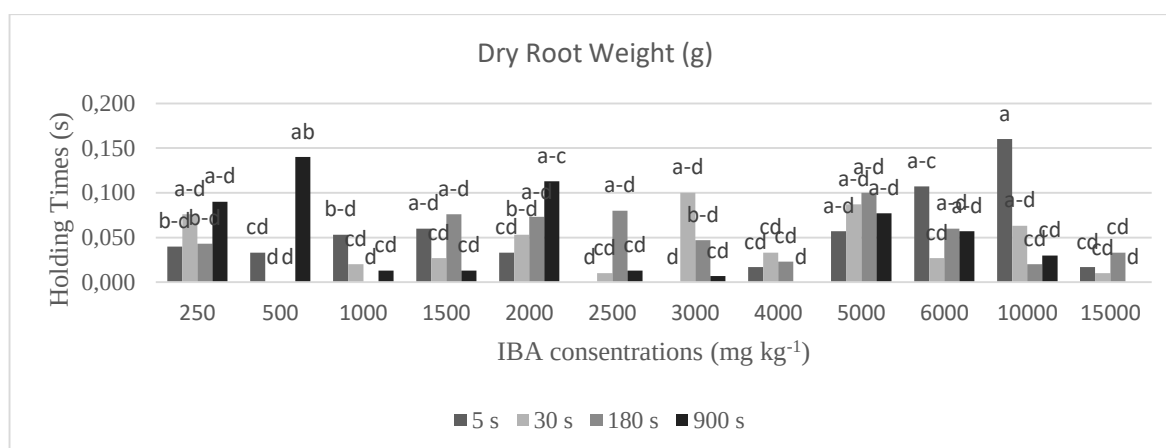
The highest root length of forage kochia cuttings was determined at 900 s holding time with 7.89 cm, while maximum dry root weight was obtained at 5 s the holding time with 0.048 g (Table 3, 5). But the highest values in percentage of rooting (58.33%), number of root (3.25),

shoot length (13.10 cm), shoot weight (0.59 g), root weight (0.33 g), and leave yellowing (score 1.03) were found at 180 s holding time (Table 2-5) when considering holding times means.

Table 5. Average values and groupings belonging dry root weight and leave yellowing

IBA cons. (mg kg ⁻¹)	Dry Root Weight (g)					Leave Yellowing (Score)				
	Holding Time (secs)				Average	Holding Time (secs)				Average
	5	30	180	900		5	30	180	900	
250	0.04	0.08	0.04	0.09	0.06 ^{a-c}	1.00	1.33	1.00	1.67	1.25 ^a
500	0.03	0.00	0.00	0.14	0.04 ^{a-c}	0.67	0.00	0.00	2.00	0.67 ^{ab}
1000	0.05	0.02	0.00	0.01	0.02 ^c	0.33	0.67	0.00	0.67	0.42 ^b
1500	0.06	0.03	0.08	0.01	0.04 ^{a-c}	0.67	0.67	1.33	0.33	0.75 ^{ab}
2000	0.03	0.05	0.07	0.11	0.07 ^{ab}	1.00	0.67	1.33	2.00	1.25 ^a
2500	0.00	0.01	0.08	0.01	0.03 ^{bc}	0.00	0.67	1.67	0.33	0.67 ^{ab}
3000	0.00	0.10	0.05	0.01	0.04 ^{a-c}	0.00	2.00	0.67	0.33	0.75 ^{ab}
4000	0.02	0.03	0.02	0.00	0.02 ^c	0.67	1.00	1.33	0.00	0.75 ^{ab}
5000	0.06	0.09	0.10	0.08	0.08 ^a	0.67	1.33	2.00	1.33	1.33 ^a
6000	0.11	0.03	0.06	0.06	0.06 ^{a-c}	1.67	1.00	1.33	1.00	1.25 ^a
10000	0.16	0.06	0.02	0.03	0.07 ^{ab}	1.67	1.00	0.67	0.33	0.92 ^{ab}
15000	0.02	0.01	0.03	0.00	0.02 ^c	0.33	0.33	1.00	0.00	0.42 ^b
Average	0.048	0.042	0.046	0.046	0.046	0.72	0.89	1.03	0.83	0.87

*P Score: 1: Exist, 2: Absent, a, b, ...p <0.05; LSD_{0.05;IBA} (DRY ROOT WEIGHT):0.036; LSD_{0.05;IBA} (LEAVE YELLOWING): 0.587var

**Figure 5.** Graphics are belonging interactions average of dry root weight (LSD_{0.05;A*B}: 0.084; a, b, ...p <0.05)

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This research investigated forage kochia cuttings in different IBA concentrations at four holding times could be stated that 500 mg kg⁻¹ IBA at 900 s, 5000 mg kg⁻¹ IBA at 180 s and 10000 mg kg⁻¹ IBA at 5 s were the best concentrations and holding times for forage kochia cuttings to provide the best growth. There is inadequate literature related to the vegetative propagation of forage kochia, as mentioned earlier. Therefore, Sing and Singh (2017), who studied vegetative propagation of *Bassia latifolia* in the same genus with forage kochia, stated that

1000 mg kg⁻¹ IBA concentration was sufficient for successful propagation when using one-year-old branches. Similarly, cuttings of *Kochia americana* (Syn. *Bassia americana*) in the same genus with forage kochia could be propagated without applying IBA in dry greenhouse conditions (Wieland et al. 1971).

Husen et al. (2017) applied different IBA concentrations (Control, 1000, 2000, and 3000 mg L⁻¹) for propagation quickly as clonal of *Morus alba* used as forage and energy plants in Himalaya. In the result was stated that 3000 mg L⁻¹ IBA concentration has the maximum percentage of

rooting (86%), number of roots (10.62), and root length (6.74 cm).

Kara et al. (2011) determined that the research was carried out to aim to investigate the effect in five IBA concentrations (control, 1.000, 2.000, 3.000, and 4.000 mg kg⁻¹) at different periods (March, June, and September) on medicinal plants cuttings. The highest values of percentage of rooting (85.4%), number of roots (28.2), and root length (7.1 cm) were obtained in 4.000 mg kg⁻¹ IBA concentration in March.

Yücesan et al. (2018) investigated the effect on rooting of two concentrations (1.000 and 5.000 mg kg⁻¹) of IBA and NAA hormones to cutting propagation in *Weigela floribunda* and *Spiraea x vanhuttei* species which use primarily in the landscape. The highest root length was obtained in 1000 mg kg⁻¹ IBA with 20.62 cm, while the maximum number of roots was found in 5000 mg kg⁻¹ IBA concentration with 12.58 in *W. floribunda*. This research determined that the highest percentage of rooting with 100% was obtained in 5000 mg kg⁻¹ IBA concentration in both species. As a result, it was advised to 5000 mg kg⁻¹ IBA concentration for strong shoot production.

Pourghorban et al. (2019) investigated the effect on growth parameter of IBA concentrations (0, 1500, 3000, and 4000 mg L⁻¹) in stem cuttings belong to *Rosa hybrida* cv. Dolce Vita. In this research, 3000 mg L⁻¹ IBA concentration had the maximum values of percentage of rooting (97%), the number of roots (26.49), root weight (2.01 g), and dry root weight (0.22 g). However, 1500 mg L⁻¹ IBA concentration had the highest root length (8.21) and shoot length (11.20 cm). When examined total chlorophyll in the leaves, the highest total chlorophyll was found in 1500 mg L⁻¹ IBA concentration. The result has emphasized the importance of root and shoots development in stem cutting, and so, in *R. hybrida*, vegetative propagation was advised to 1500 mg L⁻¹ IBA concentration.

The IBA enters the plant's vascular system through open stomata. Then, IBA is translocated by polar transport to the basal end; plants store it for self-regulated root formation (Kroin 2011). In vegetative propagation, such

as stenting, it was found interactions between photosynthesis in leaves, root formation, and bud development (van de Pol et al. 1986, van de Pol and Pierik 1995, Pourghorban et al. 2019). For this reason, leave yellowing comes into prominence among other observations to selection cutting propagation of forage kochia. In our research, the best result in terms of percentage of rooting (100%), number of roots (>7), shoot length (>20 cm), root length (>10 cm), root weight (>0.60 g), dry root weight (>0.1 g) and leave yellowing (score >1.60) was obtained in 500 mg kg⁻¹ IBA at 900 s, in 5000 mg kg⁻¹ IBA at 180 s, in 10000 mg kg⁻¹ IBA at 5 s holding time. As a result, we advised 500 mg kg⁻¹ IBA at 900 s, 5000 mg kg⁻¹ IBA at 180 s, and 10000 mg kg⁻¹ IBA at 5 s for the quick and economically cutting propagation of forage kochia.

REFERENCES

- Acar R (2013) The Importance of Forage Kochia (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) Found in Natural Areas in KOP Region, and the Advantages of Its Use in Pasture Improvement (KOP Doğal Alanlarında Bulunan Bozkır Otu (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) Bitkisinin Önemi ve Mera Islahında Kullanımının Avantajları), I. KOP Regional Development Symposium Proceedings, 14-16 November 2013 Konya, Turkey (In Turkish)
- Acar R, Koç N (2019) The Determination of Yield and Some Yield Components of Different Forage Kochia (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.) Phenotypes Collected and Grown From Natural Areas. Fresenius Environmental Bulletin 28 (2A): 1429-33.
- Acar R, Özköse A (2012) Importance of *Kochia prostrata* (L.) Schrad in Arid and Semi-arid Regions for Livestock Feeds. Options Méditerranéennes Série A Séminaires Méditerranéens 102: 375-379.
- AOAC (2003) Official Methods of Analysis of the Association of Official's Analytical Chemists. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.
- Bailey DW, Tabini RA, Waldron BL, Libbin JD, Al-Khalidi K, Alqadi A, Oun MA, Jensen KB (2010) Potential of *Kochia prostrata* and Perennial Grasses For Rangeland Restoration in Jordan. Rangeland Ecology and Management 63 (6): 707-711.
- Baul TK, Mezbahuddin M, Hossain MM, Mohiuddin M (2010) Vegetative Propagation of *Holarrhena pubescens*, A Wild Tropical Medicinal Plant: Effect of Indole-3-Butyric Acid (IBA) on Stem Cuttings. Forestry Studies in China 12(4): 228-235.
- Blauer AC, McArthur E, Stevens R, Nelson S (1993) Evaluation of Roadside Stabilization and Beautification Plantings in South-Central Utah. Research paper INT (USA), https://digitalcommons.usu.edu/govdocs_plants/1 Access Date: 15th April 2019.

- Freed R, Einensmith SP, Guets S, Reicosky D, Smail VW, Wolberg P (1989) User's Guide to MSTAT-C Analysis of Agronomic Research Experiments. Michigan State University, USA.
- Gibson EL, de Oliveira Gonçalves E, dos Santos AR, Araújo EF, Wendling I, Alexandre RS, Caldeira MVW (2021) Responsiveness of *Melanoxylon brauna* to Mini-cuttings Technique. *Rhizosphere* 17: 100303.
- Harrison R, Chatterton N, Waldron B, Davenport B, Palazzo A, Horton W, Asay K, (2000). Forage Kochia, Its Compatibility Potential Aggressiveness on Intermountain Rangelands. Utah Agricultural Experiment Station Research Report 162.
- Husen A, Iqbal M, Siddiqui SN, Sohrab SS, Masresha G (2017) Effect of Indole-3-Butyric Acid on Clonal Propagation of Mulberry (*Morus alba* L.) Stem Cuttings: Rooting and Associated Biochemical Changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 87(1): 161-166.
- Kara N, Baydar, H, Erbaş S (2011) Effects of Different Cuttings Periods and IBA Concentrations on Rooting Ability of Some Medicinal Plant. *Derim* 28(2):71-81.
- Koç Koyun N (2021) The Determination of Genetic Relationships and Some Botanical Properties of Forage Kochia (*Kochia prostrata* (L) Scrad) Population Grown in Konya Conditions. The Graduate School of Natural and Applied Science of Selçuk University. PhD Thesis, Konya, 235 p.
- Kroin J (2011) How to Improve Cuttings Propagation Using Water-Based Indole-3-Butyric Acid Rooting Solutions. In *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society Vol. 61: p. 201t*.
- Özgen M, Altınok S, Özcan S, Sevimay CS (1997) In vitro Micropropagation of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Cultivars. *Turkish Journal of Botany* 21(5): 275-278.
- Özgen M, Özcan S, Sevimay CS, Sancak C, Yıldız M (1998) High Frequency Adventitious Shoot Regeneration in Sainfoin. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 52(3): 205-208.
- Pourghorban M, Khaghani S, Azadi P, Mirzakhani A, Changizi M (2019) Propagation of *Rosa hybrida* L. cv. Dolce Vita by Stenting and Stem Cutting Methods in Response to Different Concentrations of IBA. *Advances in Horticultural Science* 33(1): 105-111.
- Sall J, Stephens ML, Lehman A, Loring S (2017) JMP Start Statistics: A Guide to Statistics and Data Analysis Using JMP. Sas Institute.
- Shamsutdinov NZ, Shamsutdinov Z (2009) Halophytes Usage for Soil Desalting and Sustainable Development of Agriculture in Arid Regions of Russia. Kostyakov All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation.
- Singh S, Singh AK (2017) Mahua (*Bassia latifolia* Roxb). In: Ghosh SN, Singh A and Thakur A (Eds) *Underutilized Fruit Crops: Importance & Cultivation*. NPH. India, 1447
- Stevens R, Jorgensen KR, McArthur ED, Davis JN (1985) 'Immigrant' Forage Kochia. *Rangelands Archives* 7(1): 22-23.
- Su PX, Xie TT, Zhou ZJ (2011) C4 Plant Species and Geographical Distribution in Relation to Climate in the Desert Vegetation of China. *Sciences in Cold and Arid Regions* 3(5): 381-391.
- Susaj E, Susaj L, Kallço I (2012) Effect of Different NAA and IBA Concentrations on Rooting of Vegetative Cuttings of Two Rose Cultivars. *Research Journal of Agricultural Science* 44(3): 121-127.
- Van de Pol PA, Joosten MHAI, Keizer H (1986) Stenting of roses, Starch Depletion and Accumulation during the Early Development. *Acta Horticulturae* 189: 51-59
- Van de Pol PA, Pierik RLM (1995) The Newest Developments in Rose (*Rosa hybrida*) Propagation. *Serie Horticultura*.
- Waldron BL, Larson SR, Peel MD, Jensen KB, Mukimov TC, Rabbimov A, ZoBell DR, Wang RC, Smith RC, Deane Harrison R (2013) 'Snowstorm', A New Forage Kochia Cultivar with Improved Stature, Productivity, and Nutritional Content for Enhanced Fall and Winter Grazing. *Journal of Plant Registrations* 7 (2): 140-50.
- Weaver RJ (1972) *Plant Growth Substances in Agriculture*. W.H. Freeman and Company. San Frasisco, 504s.
- Wieland PA, Frolich EF, Wallace A (1971) Vegetative Propagation of Woody Shrub Species From The Northern Mojave and Southern Great Basin Deserts. *Madrono* 21(3): 149-152.
- Yıldız K, Çekiç Ç, Güneş M, Özgen, M (2009) The Determination of Rooting Success of Different Types of Black Mulberry (*Morus nigra* L.) Cuttings. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 26(1): 1-5 (In Turkish).
- Yücesan Z, Üçler AÖ, Oktan E, Bayraktar A, Şafak T (2018) Effects Of Different Greenhouse Media and Hormones on Propagation by Cutting of *Weigela floribunda* and *Spiraea x vanhouttei*. *Artvin Çoruh University Journal of Forestry Faculty* 19 (1): 27-34. (In Turkish).
- Zadbar M, Dormanov DN, Shariph-abad HH, Dorikov M, Jalilvand H (2007) Row Distance Method Sowing of Forage Kochia, eastern saltwort and winterfat. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(10): 1571-1579.

Atık gazete kağıdı liflerinin biyokompozit üretiminde kullanılabilirliği

The usability of old newspaper fibers in the production of biocomposite

Emrah PEŞMAN¹, Hüseyin Emrah YILDIZ², Sevda BORAN TORUN³, Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR⁴

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Artvin

²Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin

³Karadeniz Teknik Üniversitesi, Of Teknoloji Fakültesi Ağaççıkları Endüstri Mühendisliği, Trabzon

⁴Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1027482

Sorumlu yazar / Corresponding author

Sevda BORAN TORUN

e-mail: sboran@ktu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

24.11.2021

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

15.01.2022

Kabul Tarihi / Accepted

19.01.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Polilaktik asit

Biyopolimer

Atık gazete kağıdı

Mekanik özellikler

Termal özellikler

Keywords:

Polylactic acid

Biopolymer

Recycled newspaper fiber

Mechanical properties

Thermal properties

Özet

Bu çalışmada, polilaktik asidin (PLA) atık gazete kağıdı lifi (AGKL) ile kullanılabilirliği araştırılmıştır. Mekanik, termal ve optik özellikler açısından incelenmiştir. Plastik kompozitlerin eğilme direnci sonuçları incelendiğinde atık gazete kağıdı lifi oranının eğilme direncini azalttığı tespit edilmiştir. Plastik kompozitlerin eğilmede elastikiyet modülü, ilave edilen lif miktarı ile artmıştır. Atık gazete kağıdı ilavesi ile çekme dirençleri azalmıştır. Ortama ilave edilen atık gazete kağıdı lifi ile termal dayanım daha da azalmıştır. DSC analiz sonuçları incelendiğinde atık gazete kağıdı lifinin camı geçiş sıcaklığını 1 °C düşürdüğü ve soğumayı yavaşlattığı görülmüştür. FTIR-ATR karakterizasyonu ile PLA ile AGKL'nin karakteristik piklerinin benzer bağ türlerinden dolayı üst üste çakıştığı tespit edilmiştir. PLA geçirgen bir malzeme iken optik özelliklerde AGKL ilavesi ile geçirgenlik azalmıştır. Bu nedenle %10 lif ilave edildiğinde ISO parlaklığı kontrole göre %55' ten %5.15' e düşmüş, lif oranı %30'a çıkarıldığında ise parlaklık %6.07' ye yükselmiştir. Sonuç olarak PLA ve atık gazete kağıdını birlikte kullanımının olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir. AGKL ve PLA'nın diğer termoplastiklere göre birbiriyle çok daha uyumlu ve doğada kolayca parçalanabilen iki bileşen olduğu görülmüştür.

Abstract

In this study, the usability of polylactic acid (PLA) with recycled newspaper fiber was investigated. It was examined in terms of mechanical, thermal and optical properties. When the results of flexural strength values of plastic composites were examined, it was determined that the ratio of recycled newspaper fiber decreased the flexural resistance. The flexural modulus of elasticity of plastic composites increased with the amount of added fiber. The tensile strengths decreased with the addition of recycled newspaper fiber. The thermal resistance decreased further with the recycled newspaper fiber added to the medium. When the DSC analysis results were examined, it was observed that the glass transition temperature of the recycled newspaper paper fiber decreased by 1 °C and slowed down the cooling. With FTIR-ATR characterization, it was determined that the characteristic peaks of PLA and recycled newspaper fiber overlapped due to similar bond types. While PLA is a permeable material, the permeability for optical properties decreased with the addition of fiber. Therefore, the SO brightness decreased from 55% to 5.15% with 10% fiber addition compared to the control, and the brightness increased to 6.07% by increasing the ratio to 30%. As a result, it has been determined that there is no harm in using PLA and waste newspaper fiber together, and it has a positive effect. It has been seen that recycled newspaper and PLA are two organic components that are much more compatible with each other than other thermoplastics and that they are easily degradable in nature.

GİRİŞ

Teknolojideki inanılmaz hızlı gelişmeler, sentetik veya yarı sentetik polimerlerden elde edilen plastiklerin elektronik cihazlardan otomotiv endüstrisine, inşaattan medikal ve ev aletlerine kadar birçok alanda kullanılmasına yol açmıştır (Güler ve Çobnaoğlu 1997, Gümüşderelioğlu 2012). Günümüzde plastik esaslı bileşikler her alanda kullanılmaktadır. Plastikler tasarım kolaylığı, düşük

maliyet ve hafiflik gibi birçok özelliğinden dolayı birçok sektörde kullanılan inorganik malzemelerin yerine kullanılarak değerli bir malzeme haline gelmiştir (Pei ve ark. 2011).

Birkaç yüz yıllık bir ömre sahip olan petrol bazlı polimerler genellikle biyolojik olarak parçalanamazlar. Bu polimerler kullanımdan sonra çevreye atılırsa zararlı hale gelmektedirler. Polimer hammaddesi olarak genellikle

petrol ve petrol kaynakları kullanılmaktadır. Günümüzde petrol rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle plastik sektöründe yeni hammadde keşifleri başlamıştır. Doğal kökenli yenilenebilir polimerler plastik malzemelerin üretiminde tercih edilmeye başlanmıştır. Doğal monomerlerden sentezlenen doğal kaynaklı polimerler, doğada bulunan polimerler ve bakteriyel polimerler olarak adlandırılır (Gümüşderelioğlu ve Kesgin 2004). Petrol ve türevlerinden üretilen ticari polimerlerin temel sorunu çevreyi kirletmesi ve yenilenemeyen kaynaklardan üretilmesidir. Doğada mikroorganizmalar tarafından yok edilebildiği için biyolojik olarak parçalanabilen plastikler bu sorunlara çözüm olduğu için ilgi odağı olmuştur. Biyoplastikler ayrıca çevre dostu ve yenilikçi malzemelerle üretilmektedir (Sarasa ve ark. 2008). Biyoplastikler diğer plastiklerden üstündür, çünkü geri dönüştürülmeleri kolaydır, işlenmesinde enerji tasarrufu sağlarlar ve yenilenebilirler (Luengo ve ark. 2003). Petrol ve biyoplastiklerden elde edilen plastik malzemeler karşılaştırıldığında, biyoplastikler üstün özellikler göstermektedir. Normal plastiğe göre biyoplastikler daha az karbondioksit emisyonu göstermektedir (Shen ve ark. 2009, Özdemir ve Erkmen 2013).

Gazete kağıdının lifli yapısı sayesinde plastik malzemelerle birlikte odun/plastik kompozitler oluşturması mümkündür. Bu kompozitlerin geri dönüşümünün plastikten daha uygun olması ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Dünya çapında, bu pazar her yıl büyümekte olup, ABD %71,2 ile atık gazete kağıdı geri dönüşümünde dünya lideridir. Gazete kağıdı yüksek oranda mekanik kağıt hamuru içermektedir. Gazete kağıdı yapmak için en uygun ağaç türleri çam, ladin ve kavak ağaçlarıdır. Uygun maliyetli, sert, güçlü ve mekanik olarak iyi ahşap plastik kompozitler, selüloz içeren polimer kompozitlerden oluşturulmaktadır (Huda ve ark. 2005a). Atık gazete kağıdı polimer ile birleştirilmekte ve malzeme maliyetini düşürmek amaçlı nihai ürünün özelliğini iyileştirmek için son yıllarda orman endüstrisinde sıklıkla kullanılmaktadır (Huda ve ark. 2005b).

Bu çalışmada biyobozunur PLA ve atık gazete kağıdı liflerinin kompozit levha üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla atık gazete kağıdı liflerinin üretimi ve PLA ile kombinasyonları sağlanmış ve üretilen kompozit ürünlerin mekanik, termal ve optik özellikleri incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Lignoselülozik malzeme olarak atık gazete kağıdı kullanılmıştır. Çalışmada 2007 yılı basılı atık gazete kağıtları kullanılmıştır. Lif bileşiminin ve baskı oranının etkileri, aynı gün gazetelerinin kullanılmasıyla en aza indirilmiştir. Çalışmada biyoplastik olarak ise Total-Luminy LX175 polilaktik asit kullanılmıştır.

Yöntem

Lignoselülozik dolgular ile termoplastik kompozitlerin üretimi

Atık gazete kağıdı/plastik kompozit üretim iş akışı Şekil 1'de verilmiştir. Atık gazete kağıtları önce Willey tipi bir değirmen kullanılarak kuru lif haline getirilmiştir. Liflendirme işleminden sonra, ekstruder aşaması için malzemelerin nemi uzaklaştırılmıştır. Kurutulmuş atık gazete kağıdı lifleri 60 °C' de 5 saat süreyle kurutulan PLA ile Çizelge 1'de belirtilen oranlarda karıştırılmıştır. Homojen olarak harmanlanmış AGKL ve PLA, ekstruder cihazının giriş kısmına verilmiş olup çıkışta 100 rpm vida hızı, 170 °C, 175 °C, 180 °C ve 190 °C ısıtma adımları kullanılarak kompozitler üretilmiştir. Üretilen kompozit malzeme bir kırıcı yardımıyla pelet haline getirilmiştir. Peletler su yardımı ile soğutulduğundan nemin uzaklaştırılması için tekrar kurutma işlemi uygulanmıştır. Kurutma işleminden sonra numuneler yoğunluk değerine göre pres kalıplarına dökülerek 180 °C'ye ayarlanmış preste 3 dakika preslenmiştir. Presleme işleminden sonra numuneler soğuk pres ile sac haline getirilmiştir. Üretilen kompozitler, son bir adım olarak test için boyutlandırılmıştır.



Şekil 1. Lignoselülozik dolgulu termoplastik kompozit levha üretim şeması

Çizelge 1. Atık gazete kağıdı ile PLA karışım oranları

	Polilaktik asit (%)	Atık gazete kağıdı lifi (AGKL) oranı (%)
Kontrol	100	-
A1	90	10
A2	80	20
A3	70	30

FTIR-ATR karakterizasyonu

Kompozitlerin yapısal özellikleri FTIR-ATR (Shimadzu IR Prestige-21/Pike Miracle ATR) cihazı ile belirlenmiştir. FTIR ölçümleri 600-4000 cm⁻¹ bant aralığında, 24 tekrar ve çözünürlüğü 16 cm⁻¹ olacak şekilde yapılmıştır.

Mekanik özellikler

Kompozitlerin eğilme özelliklerini (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü) belirlemek için ASTM D 790 standardına göre Zwick/Roell Z050 Üniversal Test Cihazı kullanılmıştır. Örnekler kurutma fırınında 20 °C ve %65 bağıl nemde bekletilmiştir. Test numuneleri 5 mm x 13 mm x 165 mm olarak boyutlandırılmıştır. İki destek arasındaki mesafe 80 mm'dir ve test hızı 5 mm/dk olarak ayarlanmıştır.

Test plakaları üzerindeki çekme deneyi (çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülü), ASTM D 638 standardına uygun olarak Zwick/Roell Z050 Üniversal Test ile gerçekleştirilmiştir. Şartlandırılmış test numuneleri 5 mm x 13 mm x 150 mm olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Test hızı 5 mm/dak olarak ayarlanmıştır.

Termal Özellikler

Termogravimetrik analiz (TGA)

Kompozitlerin TGA analizi Perkin Elmer (Model STA 6000) marka test cihazı kullanılarak, 10 °C/dk sıcaklık artışı ile 35 °C'den 600 °C'ye, azot gazı akışı 20 mL/dk'ya ayarlanarak yapılmıştır.

Diferansiyel tarama kalorimetrisi (DSC)

Kompozitlerin camsı geçiş, erime sıcaklığı, kristalleşme sıcaklığı gibi verileri belirlemek için DSC analizi yapılmıştır. DSC analizi için Perkin Elmer (Model DSC 8000) marka cihaz kullanılmış olup ölçüm koşulları, 35 °C ila 250 °C sıcaklık aralığında, 10 °C/dk'lık bir yükselme hızına ve 20 ml/dk'ya ayarlanmıştır. Analiz aşamasında örnekler önce 250 °C'ye ısıtılmış, ardından tekrar soğumaya bırakılmıştır. Soğumaya bırakılan kompozitler, soğutulduktan sonra tekrar 250 °C'ye ısıtılarak test edilmiştir.

Numunelerin kristalinitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Mandelkern 1964).

Kristallenlik:

$$X_c(\%) = \frac{\Delta H_e}{\Delta H_0 \times W} \times 100 \quad (1)$$

ΔH_e : Örneğin, erime ısı (J/g)

ΔH_0 : PLA'nın erime noktası. Bu çalışma için 93 J/g alınmıştır (Tekinalp ve ark.,2019)

W: PLA oranı (%)

Optik özellikler

Test kağıtlarının ISO parlaklık ölçümü

Kompozit levhaların parlaklık değerleri ISO/DIS 2470-1977 standardına uygun olarak C/2 aydınlatma ve yayılma yöntemi (ISO/DIS 2470, 1997) kullanılarak yapılmıştır. İki kat plaka üzerinde ölçümler yapılmıştır. Ölçüm koşulları aşağıdaki gibi ayarlanmıştır.

- MASK/GLOSG: M/1+ E
- UV Settings: UV 0%
- Illuminator 1: D 65
- Illuminator 2: C
- Observer: 10 C
- Display: Diff & ABS
- Color width: B ISO 2470
- Auto Avg.: one
- Delay time: 0.05

CIE L *a* b* Test kağıtlarının renk değerlerinin ölçülmesi

Renk ölçümleri ISO/CD 5631 standardına göre dağınık yansıma yöntemi ile yapılmıştır. 1971 yılında kağıt endüstrisi için CIE (Commission Internationale l'Eclairage) tarafından önerilen bu sistem, trisitumulus (X,Y,Z) programı üzerinden L*a*b* CIELAB koordinatları hesaplanarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sarılık değerleri (Y E313) cihazdan okunarak kaydedilmiştir. İki numune arasındaki renk farkı (ΔE) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$$

İstatistiksel analiz

Mekanik özelliklerin istatistiki açıdan değerlendirmek için SPSS 21.0 paket programı kullanılmıştır. One-Way Anova testi (basit varyans analizi) ile değişkenlerin etkilerinin anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir. Etkilenmenin anlamlı çıkması durumunda ortalama değerler Duncan testi ile karşılaştırılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Mekanik özellikler

Gazete kağıdı lifi ile güçlendirilmiş PLA kompozitlerinin mekanik test sonuçları ve Duncan homojenlik grupları Çizelge 2'de verilmiştir. Basit varyans analiz sonuçlarına göre %95 önem düzeyiyle gazete kağıdı takviyesinin belirlenen mekanik test sonuçlarını etkilediği ve farklı homojenlik gruplarında yer aldığı belirlenmiştir.

Eğilme özellikleri incelendiğinde; saf PLA'nın eğilme direnci 77.1 MPa olarak belirlenmiştir. Eğilme direnci %10 atık gazete kağıdı lifi ile 64.14 MPa'ya düştüğü, % 20 lif oranı ile 53.02 MPa'ya ve %30 lif oranı ile 39.1 MPa'a kadar azaldığı görülmektedir. Lif oranı arttıkça eğilme direnci doğrusal bir şekilde azalış göstermektedir. Pesman ve Şahinbaş (2017), atık gazete kağıdının %30'unu düşük yoğunluklu polietilen ile birlikte kullandıklarında eğilme direncinin 25.49 MPa olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmada %30 atık gazete lifi oranında eğilme direnci 39.2 MPa olarak belirlenmiştir. PLA'nın düşük yoğunluklu polietilene göre eğilme direncinde çok daha dirençli olduğu söylenebilir. Atık polipropilen ile yapılan benzer bir çalışmada, polietilende olduğu gibi eğilme direnci 25.1 MPa civarında ölçülmüştür (Pesman ve Güleç 2019). Bu sonuçlara göre en rijit olan yani eğilmeye karşı direnç gösteren plastiğin PLA olduğu söylenebilir. Bununla birlikte ilave edilen atık gazete kağıdının direnç özelliğini azaltması incelendiğinde PLA çok rijit bir malzeme olması nedeniyle çok daha büyük bir etki yapmaktadır.

Elastikiyet modülü incelendiğinde, lif oranı arttıkça elastikiyet modülü artmakta ve bu artış %30 oranında azalmaktadır. PLA'nın elastikiyet modülü 2252 MPa iken, %10 lif ilavesiyle 2614 MPa'ya, %20 lif ilavesiyle 2870 MPa'ya yükselmiştir. %30 atık gazete kağıdı eklendiğinde, eğilmede elastikiyet modülü 2816 MPa civarında kalmıştır. Bu değerdeki artış, malzemenin gazete kağıdı lifi ilavesi ile daha esnek bir yapıya dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Atık polipropilende de benzer şekilde 1100 MPa olan elastikiyet modülü gazete kağıdı ilavesi ile 2500 MPa'ya kadar çıkmıştır (Pesman ve Güleç 2019, Zabihzadeh 2010, Chaharmahali ve ark. 2010).

Çekme özellikleri sonuçlarına bakıldığında; saf PLA'nın çekme direncinin 49.45 MPa olduğu ve %10 AGKL ile 27.66 MPa'ya düştüğü görülmektedir. %20 ve %30 AGKL'de çekme direnci sırasıyla 24.04 ve 17.52 MPa olarak ölçülmüştür. Atık PP'nin çekme direnci 17.2 MPa olarak ölçülmüş ve %50 atık gazete kağıdı ile 10.8-14.9 MPa aralığına kadar bir düşüş gözlemlenmiştir (Pesman ve Güleç 2019). Polietilen ile yapılan çalışmada çekme direnci %30 AGKL ilavesi ile 13.48 MPa olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada PLA'nın direnç özellikleri açısından diğer plastiklere göre daha üstün olduğu ortaya konmuştur.

Çekmede elastikiyet modülünde dalgalı bir azalma durumu tespit edilmiştir ve atık gazete kağıdı lifi oranının çekmede elastikiyet modülünü önemli ölçüde düşürmediği veya arttırmadığı belirlenmiştir. Çekme direncindeki azalmaya rağmen elastikiyet modülünün değişmediği ve ortalama 1600 MPa civarında kaldığı söylenebilir.

Örneklerin uzama miktarları incelendiğinde PLA'nın deformasyon oranı %4.2 civarında ölçülmüştür. %10 AGKL ilavesi ile bu değer %2 civarına düşmüştür. Uzama miktarı %20 AGKL ilavesiyle %1.5'e, %30 AGKL ilavesiyle %1.4'e düşmüştür. Pesman ve Güleç'in (2019) çalışmasında atık PP ile uzama %3.8'e benzer şekilde %1.8'e düşmüştür.

Optik özellikler

Çizelge 3 kompozitlerin optik özelliklerini göstermektedir. Üst üste yerleştirilmiş örnekler üzerinde yapılan ölçümlerde PLA'nın parlaklığının %55 olduğu belirlenmiştir. PLA geçirgen bir yapıya sahip olduğundan, bu sonuç ışığın iki kat malzemede kırılması sonucu yansıyan değerdir. Lif oranı ile geçirgenlik azalmış olup malzemenin rengi koyu yeşile dönmüştür. %10 lif oranında parlaklık değeri %5.15'e düşmektedir. Ancak %30 lif içeriğinde parlaklık %10 lif oranına göre azalmak yerine %1 oranında artış göstermiştir. Bunun nedeni ise malzemenin geçirgenliğinin azalması ve camı yapısından dolayı ayna görevi görerek ışığı daha fazla yansıtmasıdır. Bu açıdan bu çalışmada ölçülmemiş olsa da yansıyan ışığın bir glossmetre ile ölçülmesi büyük önem

taşımaktadır. Sarılığın lif oranı ile %20 atık gazete kağıdı lif ilavesine kadar 12.25'ten 17.38'e yükseldiği, ardından %30 lif oranı ile 16.72'ye düştüğü görülmektedir.

Bilindiği gibi CIE $L^*a^*b^*$ değerleri malzemelerin renk koordinatlarını gösteren önemli bir parametredir. L^* değeri, aydınlık düzeyi ve parlaklık değerine benzer bir eğilimdeki değişiklikleri gösterir. Kontrol numunesinin L^* değeri 58.59 iken, atık gazete kağıdı lifi içeren numunelerin L^* değerleri 29 ile 31 arasında değişmektedir. Belirtilen parlaklık artışı L^* değerinde de tespit edilmiştir. ΔE değerleri, kontrole kıyasla numunelerin renk değişikliklerini gösterir. Malzemedeki lif içeriği arttıkça renk farkı artmak yerine azalmıştır. Bu artış, çıplak gözle fark edilemeyecek kadar küçük değerlerde olmasına rağmen, malzemenin ışık geçirgenliğinin azalması ve yansıtıcılığının artmasından kaynaklanmaktadır. " a^* " değeri pozitif ekseninde kırmızıyı, negatif ekseninde ise yeşili gösterir. Kontrol örneğinin a^* değeri pozitif ekseninde 1.09 olarak ölçülürken, negatif ekseninde %10, %20 ve %30 lif oranı için -0.46, -0.63 ve -0.57 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar malzemenin koyu yeşil rengini açıklamaktadır. Bilindiği gibi saf PLA sarımsı renkte iken, sarı ve siyah karışımından gazete kağıdı gridir ve üç bileşenin birleşimi ile koyu yeşil numuneler elde edilmektedir. CIE b^* değeri, pozitif ekseninde sarıyı ve negatif ekseninde maviyi gösterir. Lif ilavesi ile sarı renk azalmaktadır. Kontrole kıyasla CIE b değeri %30 lif içeriğinden 7.22'den 4.61'e düşmüştür.

FTIR-ATR karakterizasyonu

Polilaktik asit ve atık gazete kağıdı lifi ile hazırlanan polimerlerin FTIR-ATR spektrumları Şekil 2'de gösterilmektedir. Sadece PLA kullanılan örneklerde 1750 cm^{-1} 'de tekrarlanan ester birimlerimden kaynaklanan karbonil gruplarının (C=O) oluşturduğu baskın pik (Rahman ve ark. 2014; Park ve ark. 2019) gözlenmektedir. Bu pik aynı zamanda atık gazete kağıdı lifinden 1732 cm^{-1} (Marchessault ve Liang 1962) elde edilen hemiselülozlarla bağlantılı karbonil pikini de tarif etmektedir. Ayrıca PLA'nın 1180 cm^{-1} , 1129 cm^{-1} ve 1080 cm^{-1} bantlarında pik oluşturduğu görülmektedir. Bu pikler, ester ve karbonil gruplarının C-O geriliminden kaynaklanmaktadır (Rahman ve ark. 2014, Park ve ark. 2019). Bu tepe, selülozun karakteristik C-O zirvesi ile

Çizelge 2. Kompozitlerin mekanik özellikleri

Örnekler	Çekme direnci (MPa)	Çekmede elastikiyet modülü (MPa)	Kopmada uzama miktarı (%)	Eğilme direnci (MPa)	Eğilmede elastikiyet modülü (MPa)
%100 PLA	49.45a (0.44)*	1643a (211)	4.22a (0.44)	77.10a (7.14)	2252b (335.8)
%90 PLA-%10 AGKL	27.66b (1.64)	1464b (217)	2.04b (0.15)	64.14b (7.80)	2614a (216.8)
%80 PLA-%20 AGKL	24.04c (2.27)	1752a (140)	1.54c (0.17)	53.02c (5.14)	2870a (340)
%70 PLA-%30 AGKL	17.53d (2.60)	1415b (142)	1.40c (0.24)	39.10d (6.62)	2816a (321.4)

PLA: Polilaktik asit, AGKL: atık gazete kağıdı lifi

* Parantez içindeki değerler standart sapmayı göstermektedir. Harfler homojenlik gruplarını göstermektedir.

Çizelge 3. Kompozitlerin optik özellikleri

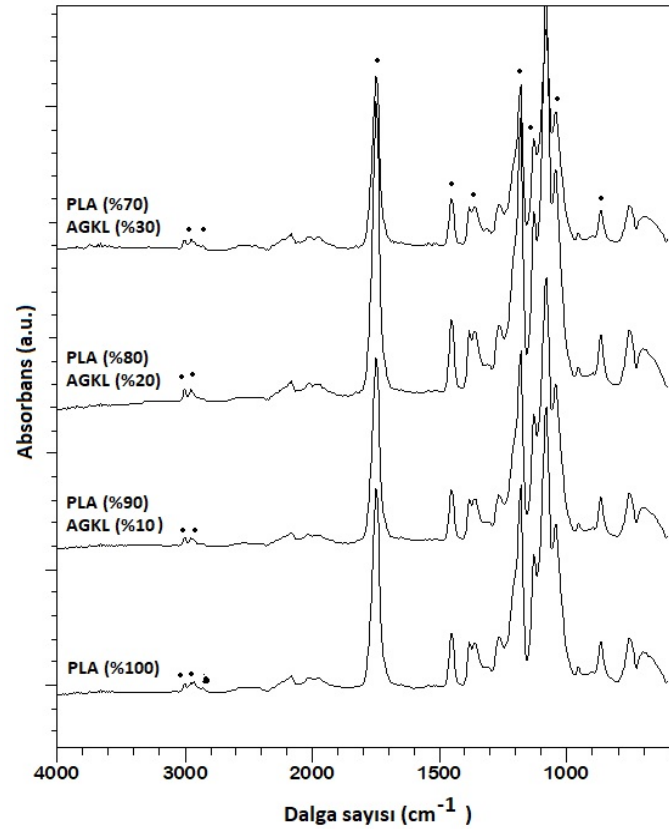
Örnekler	ISO Parlaklığı (%)	Sarıklık (YI-E313)	L*	a*	b*	ΔE
%100 PLA	55.00	12.25	58.59	1.09	7.22	-
	0.45*	0.60*	0.63*	0.04*	0.69*	-
%90 PLA-%10 AGKL	5.15	16.45	29.03	-0.46	5.54	29.65
	0.32*	1.26*	0.66*	0.16*	0.79*	-
%80 PLA-%20 AGKL	5.03	17.38	29.50	-0.63	4.97	29.3
	0.10*	1.43*	0.34*	0.15*	0.21*	-
%70 PLA-%30 AGKL	6.07	16.73	30.73	-0.57	4.61	28.03
	0.72*	1.36*	0.52*	0.13*	0.28*	-

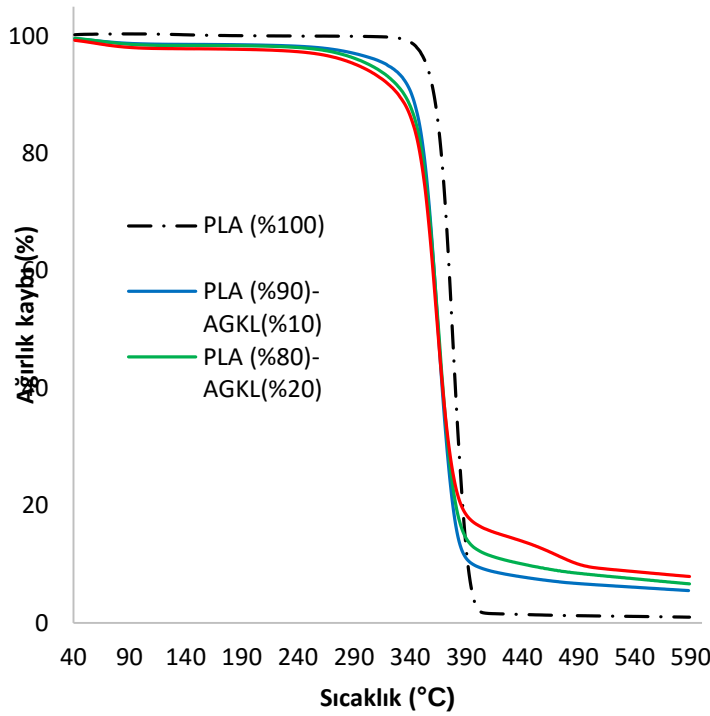
* Sayısal değerler standart sapmayı göstermektedir.

çakışmaktadır (Liang ve Marchessault 1959). Spektrumlar detaylı olarak incelendiğinde, eklenen atık gazete kağıdı lifinin spektrumda fazla bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir. Bunun nedeni, yukarıda açıklandığı gibi, iki organik bazlı malzemenin aynı bantlarda pikler oluşturması ve piklerin örtüşmesidir. PLA'nın nişasta bazlı olduğu ve gazete kağıdının ağırlıklı olarak selüloz bazlı olduğu düşünüldüğünde, bu beklenen bir sonuçtur. Bununla birlikte, 2917 cm^{-1} 'deki saf PLA'daki pik, gazete kağıdının ilavesiyle ya azalmış ya da tamamen ortadan kalkmıştır. PLA'nın ana pikleri olan 2998 cm^{-1} ve 2948 cm^{-1} bantları tüm örneklerde görülmektedir. Bu pikler ana zincirdeki $-\text{CH}-$ grupları ile ilişkilidir (Rahman ve ark. 2014).

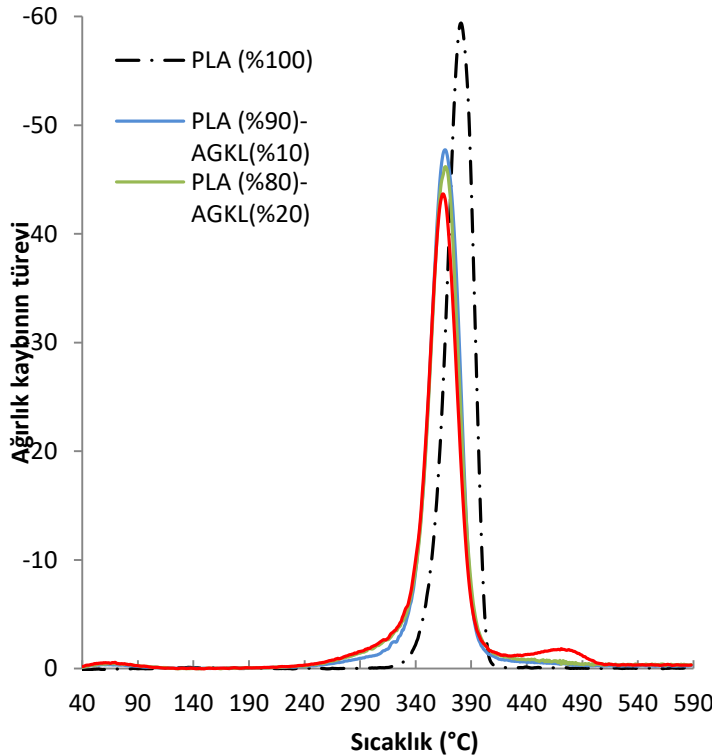
Termal özellikler

Şekil 3'de kompozitlerin termogravimetrik analiz sonuçlarına ait ağırlık değişimi grafiği görülmektedir.

**Şekil 2.** Atık gazete kağıdı lifi ve PLA içeren kompozitlerin FTIR-ATR spektrumları



Şekil 3. Kompozitlerin TGA grafikleri

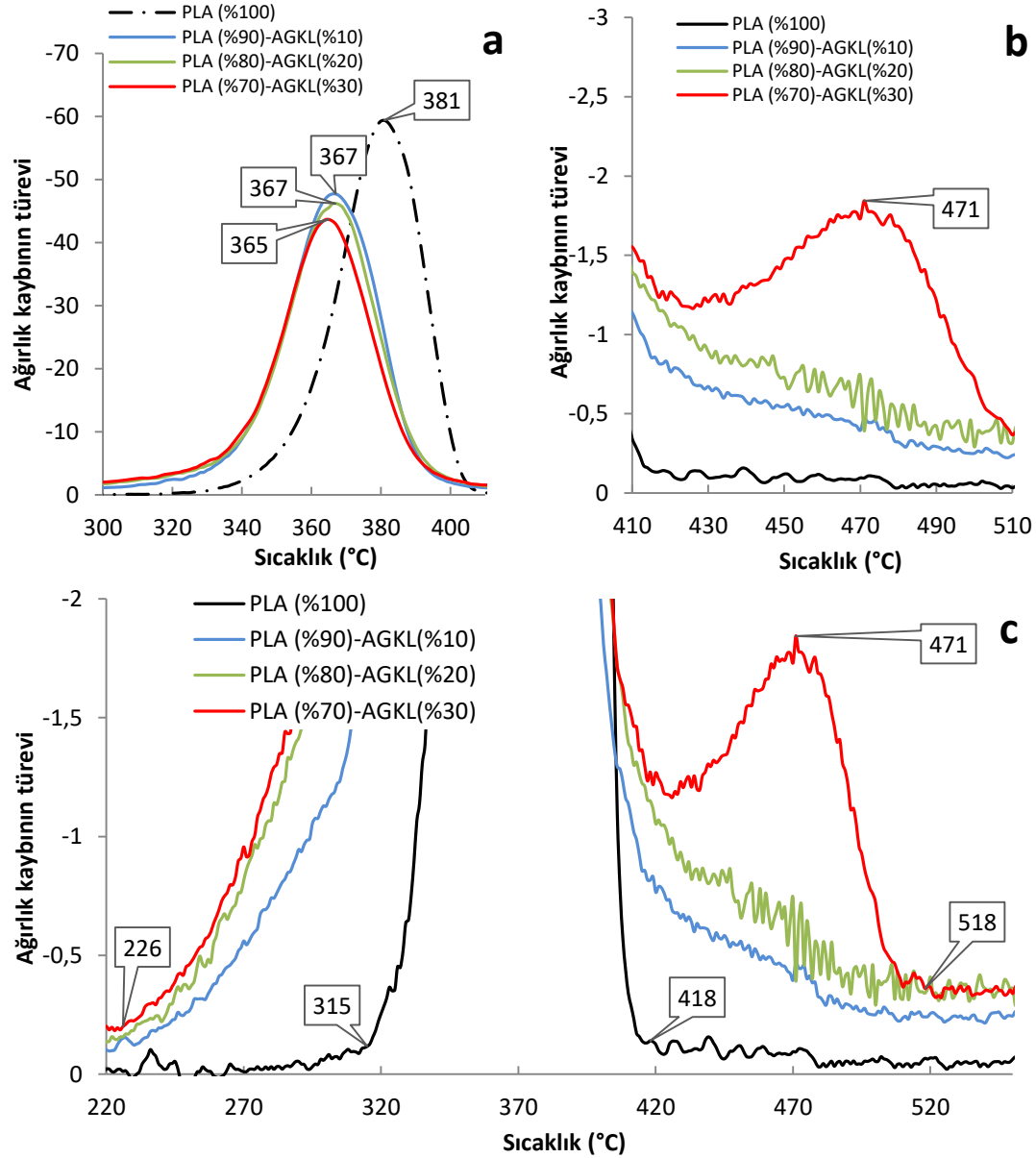


Şekil 4. Kompozitlerin DTGA grafikleri

Grafikten görüldüğü gibi PLA çok temiz bir basamak halinde piroliz olurken, atık gazete kağıdı ilaveli örnekler

daha eğimli ve 400 °C dan sonra sonlanmayan daha düşük bir eğimle bozunmaya devam etmiş ve bozunma 600 °C sıcaklıkta bile bitmemiş ve kalıntı oluşturmuştur. PLA daha düşük sıcaklıklarda pirolize uğradığı için diğer plastiklerde oluşan iki basamaklı bozunma grafiği burada tersi bir şekilde oluşmaktadır. İlk basamak PLA ve atık kâğıt lifinin hemiselüloz ve selüloz ile ilişkili iken özellikle %30 lif oranında oluşan ve devam eden basamak lignin ve selülozdan kaynaklanmaktadır. Şekil 4'de ise bu basamakların türevine ait grafikler görülmektedir.

Ayrıntılı bir inceleme için 1. basamak ve 2. basamağın spektrumları sırasıyla Şekil 5'de verilmiştir. PLA'nın bozunma basamağı kesik çizgi ile belirtilmiştir. PLA'nın 381 °C de pik oluşturduğu görülmektedir. Hesaplanan dönüm noktası sıcaklığı da 381.15 °C dir. Atık gazete kâğıdı ilavesi ile bu sıcaklığın azaldığı grafiklerden net bir şekilde görülmektedir. %10 ve %20 atık gazete kâğıdı lifi ilavesi ile pik sıcaklığı 367 °C' a düşmüştür. Hesaplanan dönüm noktası sıcaklıkları ise sırasıyla 365.45 °C ve 367.77 °C dir. %30 atık gazete kâğıdı lifi katkılı örneklerde pik sıcaklığı 365°C ye kadar düşmüştür ki hesaplanan dönüm noktası sıcaklığı daha düşük olup 362.89 °C'dir. Açıkça görüldüğü gibi atık gazete ilavesi örneklerin termal dayanımını daha da düşürmektedir. %100 PLA ile %70 PLA-%30 AGKL örneği arasında 18.26 °C gibi önemli bir sıcaklık farkı bulunmaktadır. Sıcaklıktaki bu düşüş büyük oranda atık gazete kâğıdının bileşiminden kaynaklanmaktadır. Gazete kâğıdı bilindiği gibi hemiselüloz, selüloz ve lignin içermektedir. PLA ise nişasta bazlı olup selüloza yakın bir bozunma sıcaklığına sahiptir. Hemiselülozlar çok kolay degrade olabilen bileşenler olup bozunma 220-315 °C arasında gerçekleşmektedir. Selüloz ise 315-400 °C arasında bozunmaktadır. AGKL katkılı örneklerin dönüm noktası sıcaklıklarının düşüşü bu piroliz sıcaklıklarından kaynaklanmaktadır. Atık gazete kâğıdı ilavesi ile özellikle %30 lif oranında Şekil 5 b'de görüldüğü gibi ikinci bir pik ve bozunma basamağı oluşmuştur. Bu pikin gazete kâğıdının içerdiği lignin kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ligninin bilindiği gibi termal dayanımı yüksek olup 900 °C ye kadar çıkmaktadır (Yang ve ark. 2007).



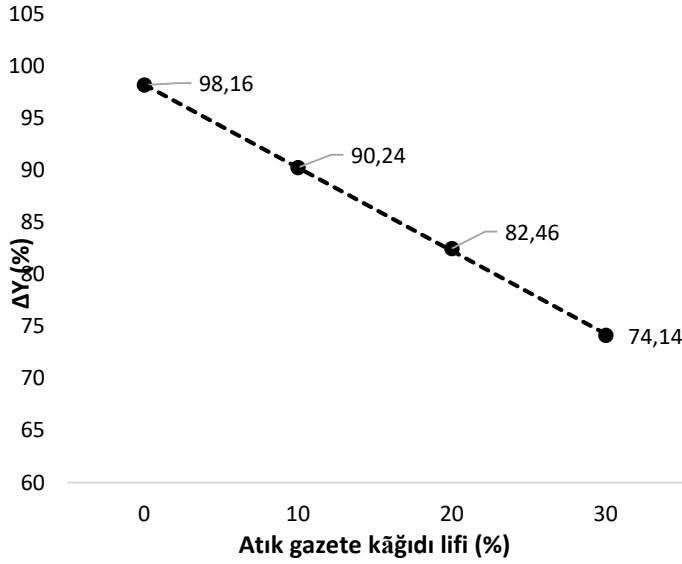
Şekil 5. PLA ve AGKL katkıli PLA kompozitlerin DTGA grafikleri

Şekil 6'da örneklerin bozunma piklerinin başlangıç ve sonlanma sıcaklıkları görülmektedir. PLA çok daha düzenli bir dallanma yapan polimer olmasından dolayı çok temiz ve daha dik bir pik oluşturmuştur. Bununla birlikte ortama PLA ve selüloz dışında çok amorf özellikte karmaşık bir dallanma gösteren hemiselüloz ve lignin içeren atık gazete kâğıdı lifi katkısı ile örneklerin pik genişliğinin çok daha geniş olduğu görülmektedir. Yukarıda açıklandığı gibi bu farklılık değişen piroliz sıcaklıklarından kaynaklanmaktadır. PLA da pik 315-418 °C sıcaklıkları arasında gerçekleşirken, atık gazete kâğıdı lifi katkıli örneklerde 226-518 °C sıcaklıkları arasında gerçekleşmiştir.

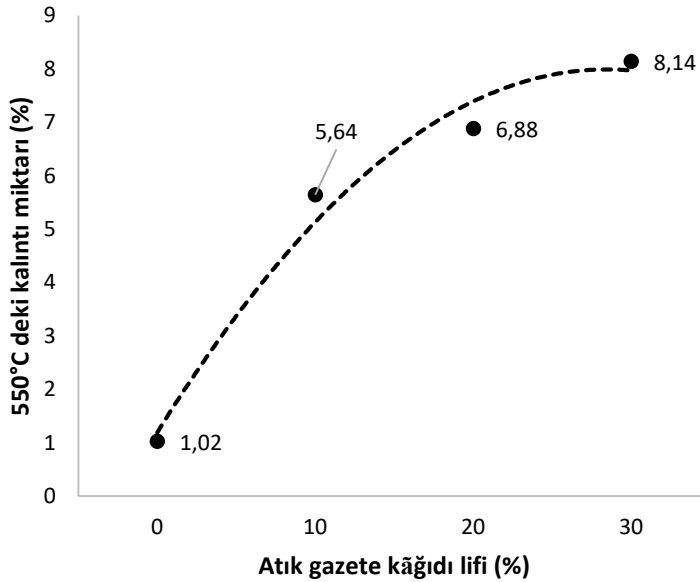
Şekil 6'da kompozit levhaların ΔY değerleri görülmektedir. Grafikten görüldüğü gibi artırılan lif oranı ile birlikte ΔY oranı doğrusal bir şekilde azalmaktadır. %98.16 olan PLA'nın bozunma oranı %10, %20 ve %30 AGKL oranı ile sırasıyla %90,24, %82, %46 ve %74,14 olarak belirlenmiştir. Ayrıca %30 lif oranında ikinci bir bozunma basamağı oluşmuş ve o basamaktaki bozunma oranı (ΔY) %3.46 olarak tespit edilmiştir.

Şekil 7'de kompozit levhaların termal analiz sonrası 550 °C'deki kalıntı miktarları görülmektedir. Atık gazete kâğıdı lifi oranının artırılması ile birlikte kül miktarının da

artış gösterdiği görülmektedir. Bunun nedeni bozunmanın tam olarak sonuçlanmamasıdır.



Şekil 6. Lif miktarının ΔY değeri üzerine etkisi



Şekil 7. Lif miktarının 550 °C sıcaklıktaki kalıntı madde miktarına etkisi

Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizleri

Çalışmada tüm örnekler üç kademeli olarak önce 35 °C'den 250 °C'ye kadar ısıtılmış sonra geri soğutulmuş ve tekrar ısıtılmıştır. Çizelge 4'de kompozitlerinin DSC analizi sonuçları yer almaktadır.

PLA'nın 154 °C civarında eridiği, %10 AGKL ilavesi ile erime sıcaklığının 153 °C'ye düştüğü, %20 AGKL ile 152 °C'ye ve %30 AGKL ile 151 °C'ye düştüğü görülmektedir. Atık gazete kağıdının her %10 luk oranı ile erime sıcaklığının yaklaşık 1 °C azaldığı görülmektedir. PLA'nın pik yüksekliği oldukça düşük 0.75mW olarak ölçülmüştür. Dolgu maddesi olarak %10 atık gazete kağıdı ilavesi ile pik yüksekliği 1.73 mW'a ve %20 atık gazete kağıdı lifi ile birlikte 2.53 mW'a kadar çıkmıştır. %30 lif ilavesi ile kontrolün neredeyse dört katı oranda 3.92 mW pik yüksekliği ölçülmüştür.

Kontrol örneği olan PLA'nın kristallenliğinin oldukça düşük olduğu 120 °C civarında neredeyse hiç pik oluşturmamasından anlaşılmaktadır. Ortama atık gazete kağıdı lifi ilavesi ile kristalleşme artmakta ve pik oluşumu zayıf olsa da gözlenebilmektedir. 118-122 °C aralığında %30 atık gazete kağıdı lifi içeren örneklerde kristalleşme piki çok daha net bir şekilde görülmektedir. Kontrol örneğinin kristallenliği çok düşük olup ancak %3.02 olarak hesaplanmıştır. %10 atık gazete kağıdı lifi ile kristallenlik %7.63'e ve %20 lif oranıyla %15.98'e kadar çıkmıştır. %30 lif ilavesi ile kristallenlik en yüksek değerini almış ve %23.75 olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada kullanılan PLA'nın literatürdeki birçok çalışmada kullanılan PLA'ya göre kristalliliğinin oldukça düşük olduğu hatta kristalleşme pikinin zorlukla seçilebildiği tespit edilmiştir. Zhang ve arkadaşları (2020) yaptıkları çalışmada PLA'nın tek başına kristallenliğini %39.3 olarak hesaplamışlardır. Oysaki bu çalışmada ancak %3.02 değerine ulaşılmıştır. Benzer şekilde onlarda yaptıkları çalışmada ortama ilave ettikleri lignoselülozik materyal ilavesi ile kristallenliğin daha da arttığını tespit etmişlerdir. Yapılan o çalışmada farklı olarak onlar ΔH_m değerinin lif ilavesi ile azaldığını tespit ederlerken bizim çalışmada artış göstermiştir (Zhang ve ark. 2020). Buna karşın PLA'nın düşük kristalizasyonu bilinen bir dezavantajdır (Wang ve ark. 2019). Aynı çalışmaya göre PLA'nın termal dayanımı da oldukça düşüktür. Wang ve arkadaşları (2019) yaptıkları çalışmada saf PLA'nın kristalizasyon pikinin çok geniş olduğunu bu yüzden fark edilmesinin zor olduğunu ve bunun nedeninin de çok yavaş kristalleşmesinden kaynaklandığını açıklamışlardır.

Çizelge 4. Kompozitlerinin termal ve kristallenlik özellikleri

	T	T	Pik	ΔH	X
	soğ.	erime,	yüks.erime,	erime,	corr.,
	°C	°C	mW	J/g	%
%100 PLA	-	153.9	0.75	2.81	3.02
%90 PLA-	127	152.9	1.73	6.39	7.63
%10 AGKL					
%80 PLA-	120	151.7	2.53	11.89	15.98
%20 AGKL					
%70 PLA-	118	151.2	3.92	15.46	23.75
%30 AGKL					

SONUÇ

Bu çalışmada, PLA'nın AGKL ile kullanılabilirliği mekanik, termal ve optik özellikler açısından araştırılmış ve diğer termoplastiklerle karşılaştırılmıştır.

- FTIR-ATR ile yapılan ölçümlerde, nişasta ve şeker bazlı PLA ile yine selüloz ve hemiselülozun hakim olduğu atık gazete kağıdının karakteristik piklerinin benzer bağ türlerinden dolayı örtüştüğü tespit edilmiştir.
- Kompozitlerin eğilme direnci sonuçları incelendiğinde atık gazete kağıdı lifi oranının eğilme direncini azalttığı belirlendi. Diğer taraftan diğer termoplastiklere göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.
- Kompozitlerin eğilme elastikiyet modülü, ortama eklenen lif miktarı ile artış göstermiştir.
- Kompozitlerin çekme dirençleri dolgu maddesi ilavesi ile azalmıştır.
- Çekmede elastikiyet modülü değerleri dolgu maddesi ilavesi ile çok büyük bir değişime uğramamıştır.
- Bilindiği gibi PLA'nın en önemli dezavantajlarından birisi termal dayanımının düşük olmasıdır. Ortama ilave edilen atık gazete kağıdı ile termal dayanım daha da azalmıştır. PLA'nın 381.15 °C olan dönüm noktası sıcaklığı %30 atık gazete kağıdı lifi katkısı ile 362.89°C'a kadar düşmüştür. Ayrıca %30 lif oranında dönüm noktası 471 °C olan ikinci bir bozunma basamağı oluşmuştur. Dönüm noktası sıcaklığındaki düşüş ve ikinci pik atık gazete kağıdının içerdiği hemiselüloz ve ligninden kaynaklanmaktadır.

Ayrıca artırılan lif oranı kompozitlerin 550 °C'deki kalıntı miktarlarını da artırmıştır.

•DSC analiz sonuçları irdelendiğinde atık gazete kağıdı lifinin camısı geçiş sıcaklığını bir derece azalttığı ve soğumayı yavaşlattığı tespit edilmiştir. Kristallenme piki ortama ilave edilen atık gazete kağıdı lifi ile daha belirginleşmiştir. Erime ile ilgili pik sıcaklıkları ortama ilave edilen atık gazete kağıdı lifi oranı ile birlikte 154 °C'den 151 °C'ye gerilerken pik yüksekliği artırılan lif ile birlikte artmıştır. PLA'ın hesaplanan kristallenliği çok düşük olup %3.02 iken %30 lif oranıyla %23.75'e kadar çıkmıştır.

•Levhaların ayrıca optik özellikleri de belirlenmiştir. PLA geçirgen bir malzeme iken lif ilavesi ile geçirgenlik azalmaktadır. ISO parlaklığı bu nedenle %10 lif ilavesi ile kontrole göre %55'ten %5.15'e düşmüş ve oranın %30'a artırılması ile parlaklık %6.07'ye çıkmıştır. Örneklerin sarılık değeri artırılan lif oranı ile birlikte artmıştır. CIE L*a*b renk koordinatı değerlerine göre örneklerin koyu yeşil rengi içerdiği tespit edilmiştir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası FBA-2020-8464 dir. Ayrıca, bu çalışma Hüseyin Emrah YILDIZ'ın Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'ndaki "Atık Gazete Kağıdı Liflerinin Biyokompozit Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Bu çalışma IV. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresinde sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- ASTM D 638 (2004) Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. ASTM International: West Conshohocken, PA.
- ASTM D 790 (2004) Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. ASTM International: West Conshohocken, PA.
- Chaharmahali M, Mirbagheri J, Tajvidi M, Najafi SK, Mirbagheri (2010) Mechanical and physical properties of wood-plastic composite panels. Journal of Reinforced Plastics and Composites 29:310-319.
- Güler Ç, Çobanoğlu Z (1997) Plastikler: Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No:46, Ankara, ISBN 975-8088-51-3.
- Gümüşderelioğlu M, Kesgin D (2004) Çevreyle dost polimerler. Bilim ve Teknik 438: 82-84.

- Gümüşderlioğlu M (2012) Biyoplastikler. Polimer Bilim ve Teknolojisi, Ders Notları, Hacettepe Üniversitesi, 76-79.
- Huda MS, Mohanty A, Drzal LT, Misra M (2005a) Mechanical and thermo-mechanical studies of poly(lactic acid) PLA/talc/recycled newspaper fiber hybrid composites, In: Global Environmental Conference, USA, 1-12.
- Huda MS, Drzal LT, Misra M, Mohanty AK, Williams K, Mielewski DF (2005b) A study on biocomposites from recycled newspaper fiber and poly(lactic acid). Industrial & Engineering Chemistry Research 44:5593-5601.
- ISO/ DIS 2470 (1997) Paper, Board and Pulps- Measurement of Diffuse Blue Reflectance Factor (ISO Brightness).
- ISO/CD 5631 (2015) Paper and Board-Determination of Colour by Diffuse Reflectance –Part 1:Indoor Daylight Conditions(C/2 degrees).
- Liang CY, Marchessault RH (1959) Infrared spectra of crystalline polysaccharides. 2 Native cellulose in the region from 640 to 1700 cm⁻¹. Journal of Polymer Science 39:269-278.
- Luengo JM, García B, Sandoval A, Naharro G, Olivera ER (2003) Bioplastics from microorganisms. Current Opinion in Microbiology 6: 251–260.
- Mandelkern L (1964) Crystallization of Polymer. Series in Advanced Chemistry. New York: McGraw-Hill.
- Marchessault RH, Liang CY (1962) The infrared spectra of crystalline polysaccharides VIII. Xylans. Journal of Polymer Science 59:357-378.
- Özdemir N, Erkmen J (2013) Yenilenebilir biyoplastik üretiminde alglerin kullanımı. The Black Sea Journal of Sciences 3 (8): 89-104.
- Park CW, Youe WJ, Kim SJ, Han SY, Park JS, Lee EA, Kwon GJ, Kim YS, Kim NM, Lee SH (2019) Effect of lignin plasticization on physico-mechanical properties of lignin/poly(lactic acid) composites. Polymers 11:2089.
- Pei L, Schmidt M, Wei W (2011) Conversion of biomass into bioplastics and their potential environmental impacts. Biotechnology of Biopolymers 3:58- 74.
- Pesman E, Güleç T (2019) The effects of ink presence on mechanical, physical, morphological and thermal properties of office and newspaper fiber-polypropylene composites. Materials Science (Medziagotyra) 25(2):195-201.
- Peşman E, Şahinbaş S (2017) Alkali muamele edilmiş eski gazete kağıdı lifleri ile takviye edilmiş yüksek yoğunluklu polietilen kompozitlerinin fiziksel, mekanik ve termal özellikleri, In: IV. IMCOFE International Multidisciplinary Congress of Eurasia, Roma.
- Rahman MM, Afrin S, Haque P, Islam MM, Islam MS, Gafur MA (2014) Preparation and characterization of jute cellulose crystals-reinforced poly(l-lactic acid) biocomposite for biomedical applications. International Journal of Chemical Engineering 842147.
- Sarasa J, Gracia JM, Javierre C (2008) Study of the biodegradation of a bioplastic material waste. Bioresource Technology 100: 3764-3768.
- Shen L, Haufe J, Patel M (2009) Product overview and market projection of emerging bio-based plastics. Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation.
- Tekinalp HL, Meng X, Lu Y, Kunc V, Love LJ, Peter WH, Ozcan A (2019) High modulus biocomposites via additive manufacturing: Cellulose nanofibril networks as “microsponges”. Composites Part B 173:106817.
- Wang G, Zhang D, Li B, Wan G, Zhao G, Zhang A (2019) Strong and thermal-resistance glass fiber-reinforced polylactic acid (PLA) composites enabled by heat treatment. International Journal of Biological Macromolecules 129:448-459.
- Yang H, Yan R, Chen H, Lee DH, Zheng C (2007) Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. Fuel 86(12):1781-1788.
- Zabihzadeh SM (2010) Flexural properties and orthotropic swelling behavior of bagasse/thermoplastic composites. Bioresources 5(2):650-660.
- Zhang X, Li S, Xu C, Li J, Wang Z (2020) Study on mechanical and the thermal properties of poly(lactic acid)/office wastepaper fiber composites. Journal of Applied Polymer Science e49390.

İsparta Çünür Mahallesi park ve konut bahçelerinin peyzaj tasarımı açısından incelenmesi

Investigation of park and house gardens in Çünür Neighborhood, Isparta in terms of landscape design

Sibel AKTEN¹  Cengiz YÜCEDAĞ² 

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Meslek Yüksekokulu, Peyzaj ve Süs Bitkileri Programı, İSPARTA

²Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, BURDUR

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1058787

Sorumlu yazar / Corresponding author

Cengiz YÜCEDAĞ

e-mail: cyucedag@mehmetakif.edu.tr

Geliş tarihi / Received

17.01.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

14.02.2022

Kabul Tarihi / Accepted

14.02.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Isparta

Mahalle parkı

Konut bahçesi

Peyzaj tasarımı

Yeterlilik

Keywords:

Isparta

Neighborhood park

Housing garden

Landscape design

Competence

Özet

Günümüzde, insanların rekreasyonel ihtiyaçlarının artması farklı aktivite alanlarını da beraberinde getirmiştir. Bu ihtiyaçların karşılanması anlamında kentsel açık-yeşil alanlar en önemli alanlar arasındadır. Ancak birçok kentte nitelik ve nicelik bakımından yetersiz olan aktif yeşil alanlar kullanıcıların beklentisini karşılayacak hizmet kalitesini sergileyememektedir. Bu çalışmanın amacı, Isparta'nın yeni ve önemli yerleşim merkezlerinden biri olan Çünür Mahallesi park ve konut bahçelerinin mevcut durumunu incelemek, analiz etmek ve elde edilen bulgulara dayanarak yeterlilik ve işlevsel niteliklerine yönelik çözüm önerileri geliştirmektir. Mekan analizleri sonucunda, mahalle içerisinde yer alan açık ve yeşil alan miktarının 183.588 m² olduğu ve kişi başına düşen yeşil alan miktarının ise yaklaşık 10 m² olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Çünür Mahallesi parklarının eşit ve dengeli dağılıma sahip olmadığı ve bu alanlara erişilebilirlik açısından farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Park alanlarında en çok kullanılan bitki *Platanus orientalis* iken, konut bahçelerinde en çok kullanılan bitkiler *Cupressus macrocarpa* "Goldcrest" ve *xCupressocyparis leylandii*. Sonuç olarak, mahalle içerisindeki açık ve yeşil alanların planlama ve tasarım çalışmalarında koruma-kullanım dengesi dikkate alınması gerekmektedir.

Abstract

Today, the increase in people's recreational needs has resulted in different activity areas. Urban open-green areas are among the most important areas in terms of meeting these needs. However, active green areas, which are insufficient in terms of quality and quantity in many cities, cannot exhibit the service quality to meet the expectations of the users. The aim of this study is to examine and analyze the current situation of the parks and house gardens in Çünür neighborhood, one of the new and important settlement centers in Isparta, and to put forward some solutions for their adequacy and functional qualities based on the obtained data. As a result of the spatial analysis, it was determined that the quantity of open-green areas in the neighborhood is 183588 m² and green area per capita was approximately 10 m². It was found out that the active green areas in Çünür neighborhood did not have an equal and proportional distribution and there were differences in terms of accessibility to these areas. The most used species were *Platanus orientalis* in the parks and *Cupressus macrocarpa* "Goldcrest" and *xCupressocyparis leylandii* in house gardens. As a result, protection-use balance should be considered in planning and design studies of open-green areas in the neighborhood.

GİRİŞ

Kent, topluluk olarak yaşayan insanların sosyal yaşamlarını geçirdikleri, geçmişe ait izler barındıran ve rekreasyonel fırsat ve olanaklarla kendilerini yenileme fırsatı sunan ortamdır. Bir arada yaşayan fertler kentin sahip olduğu fiziksel çevre ve içerdiği açık ve yeşil alanlarda yaşantılarını ve aktivitelerini sürdürmektedirler. Açık ve yeşil alanlar, kentlerin sürdürülebilir sağlıklı yaşam çevresi oluşturmasında büyük öneme sahiptirler. Kentlerin nitelikli bir açık yeşil alana sahip olması sadece kentin bir bölgesini değil tamamını etkilemektedir (Akbulut ve Önder 2011). 2009 yılında gerçekleştirilen Onuncu ve Onbirinci Kalkınma Planları ile Kentleşme Şûrası'nda, "yapılaşmış alanlarda, mahalle ve sokağın

yitirilmiş, her yaştan kentlilerin bir araya gelebileceği kamusal alanların zayıflamış" olmasından bahsedilerek kentsel yaşam kalitesini sağlamanın, nitelikli kentsel mekanların oluşturulması üzerine dayandırılması gerektiğinin altı çizilmiştir (Anonim 2021a). Bu alanların mekânsal kalitesi, kentin yaşam kalitesinin bir göstergesidir.

Kentlerin en küçük birimleri olarak mahalleler hem sosyal hem de fiziksel etkinliklerin gerçekleştiği kentsel mekanlardır. Mahalle sakinlerinin bireysel ve toplumsal ilişkilerini düzenlemesi bakımından açık ve yeşil alanlar; yapı alanları arasında geçişi sağlaması, fiziksel ve psikolojik olarak destek olması, sosyal faaliyetlere imkan tanınması, mekâna estetik ve işlevsel açıdan belirli bir

anlam kazandırması ve yaşam konforu sağlaması açısından önemlidir. Açık ve yeşil alanlar, doğa ve sosyal çevre ile iletişimi sağlayarak iyi bir ruh hali oluşmasını, kan basıncının düşmesini, stresin, agresifliğin ve öfkenin azalması sağlayan olumlu bir etkiye sahiptir (Öztürk ve Özdemir 2013). Ayrıca açık ve yeşil alanlar insanların kültürel gelişimlerine sağladığı anlam, hastalıklarla mücadelede taşıdığı önem, ekolojik değerlere katkısı ile yaşam kalitesi standartlarını etkilemektedir (Kalyoncuoğlu ark. 2017).

Kentsel yeşil alanlar, insan ve doğa arasındaki bozulan ilişkileri dengeleyerek kentsel planlamaya bütünsel bir yaklaşım sağlar ve aynı zamanda kentsel yaşam koşullarının iyileştirilmesinde önemli bir rol oynar. Kentin sağladığı farklı büyüklükteki halka açık park alanlarının erişilebilirliği ve içerdikleri rekreasyonel faaliyetler yeşil alan ihtiyacının karşılanmasında önemli unsurlardır. Erişilebilir yeşil alanların mesafeler içinde dengeli dağılımı hem rekreasyonel kullanımlarına hem de kentsel ekosisteme önemli katkı sağlamaktadır (Cetin 2015, Cetin 2016, Cetin ark. 2018, Kilicoglu ark. 2020, 2021, Cetin ark. 2021). Bu kapsamda yeşil alan, doğal bitki örtüsü türleri ve ekolojik potansiyelin artırılması için çalışma alanı tercihi artırılmalıdır (Bozdoğan ve Gültekin 2001, Cetin ark. 2018, Cetin 2015, Bozdoğan Sert 2020, Bozdoğan Sert ark. 2020). Yapılan bilimsel çalışmalarda (Wolch ark. 2014, Cetin 2015, Wey ve Wei 2016, Cetin ark. 2018) bu alanların yaşam çevrelerinin kalitesini, kullanıcıların memnuniyetini ve alanların tercih edilebilirliğini etkilediği ortaya çıkarılmıştır. Bu alanların her yaştan insana hitap etmesi, içerisindeki donatı elemanlarının sayıca yeterli, bakım-onarımlarının yapılmış ve kullananların kendilerini güvenli ve huzurlu hissedecekleri yeterlilikte olması alanın kalitesini belirleyen unsurlardır. Çünkü insanlar, yaşamlarındaki zorluklarla mücadele etmek, çalışma hayatının yorgunluğunu atmak, fiziksel ve ruhsal bakımdan yenilenebilmek için açık ve yeşil alanlara ihtiyaç duymaktadırlar (Cetin 2015, Vural 2020).

Mahalle içerisinde sosyal, kültürel, sportif, rekreasyonel faaliyetler bakımından kullanılan açık ve yeşil alanları, kamusal (genel), özel ve yarı-özel açık ve yeşil alanlar olmak üzere üç sınıfta toplamak mümkündür. Kamusal alan; toplu konutların bulunduğu bölgede ve yakın çevrelerinde halkın kullanımına açık olan dinlenme, eğlenme, rekreatif amaçlı faaliyetlerin gerçekleştirildiği açık ve yeşil alanlardır. Fiziksel içeriğiyle kentte serbest kullanımı olan ve "kamusal" bir niteliği ifade eden, erişilebilir boş alanları ifade etmektedir. Kamusal alan,

topluma hizmet eden kentsel mekânlardır. Tarihsel süreç içerisinde daha çok sembolik içeriğiyle ön plana çıkan kamusal alanlar (agora, forum, meydan vb.) fiziksel içeriğiyle kullanılmaya başladıktan sonra çeşitlenmeye başlamıştır. Bunlar bulvar, kavşak, kent girişleri, kentsel düğüm noktaları vb. olarak ulaşım ile bağlantılı olarak ifade edilen kamusal alanlar olabildiği gibi, park, pasaj, pazar, tematik park olarak kentsel donatı alanlarını kapsayan rekreatif ve ticari alanlar da olabilmektedir (Gökgür 2017). Kamusal alanları başarılı kılan 4 özellikten bahseden Whyte (2001), ulaşılabilir olması, mekanların konforlu ve iyi bir imaja sahip olması, sosyal faaliyetlere imkan tanıyan, insan aktiviteleri için sosyal etkileşimli mekanlar olması gerektiğini açıklamıştır. Bu alanlarda işlevsellik, ulaşılabilirlik, ergonomik, bireysel ve toplumsal yaşamını kolaylaştıran kalite kriterlerinin sağlanması önem taşımaktadır.

Özel alan; yaşam konut sınırları içerisinde yer alan başka bir ifadeyle özel mülkiyeti oluşturan ve konut sakinleri tarafından bir arada kullanılan ortak açık ve yeşil alanlardır. Yarı özel alan; özel alanlar ve kamusal alanların birbirlerinden ayrılması yerine bu iki alan arasındaki sürekliliklerinden ilham alarak yarı-kamusal ve yarı-özel mekan kavramları gündeme gelmiştir (Madanipour 2003). Yarı özel ve yarı kamusal mekanlar, kullanım ve işlev bakımından kamusal ve özel mekanların arasında yer alan genellikle belirli bir kesim tarafından ve kurumların çalışanları ve ailesinin belli şart ve bedelle kullanıma yönelik açık alanlardır (Gül ark. 2020).

Açık ve yeşil alanlar her üç sınıf kapsamında da insanların çevre ile oluşturduğu etkileşim, sosyal fırsatlar ve rekreasyonel ihtiyaçlarını karşılama bakımından aslında ortak bir dile sahiptirler. Kentlerdeki yaşam kalitesinin önemli bileşenlerinden olan açık ve yeşil alanlar, hem kent estetiğine olumlu katkıları hem de ekolojik, ekonomik, sosyal ve kültürel katkıları nedeniyle kentsel sürdürülebilirlik ve planlamanın vazgeçilmez unsurlarıdır.

Yapılı çevre ve yeşil alan ilişkisi o kentin karakterini belirler. Açık ve yeşil alanlarda gerçekleştirilen aktivitelerin ihtiyaçları olacağından yeşil alanların standartlarının belirlenmesinde aktiviteler ve diğer arazi kullanımları da göz önünde bulundurulmalıdır (Aksoy, 2014). İhtiyaçlara cevap vermeyen açık ve yeşil alanların nitelik ve nicelik bakımından yetersizlikleri kullanıcılarının üzerinde olumsuz etki bırakmaktadır. Bu yüzden açık ve yeşil alanlar için kişi başına düşen yeşil alan miktarının yanı sıra ulaşılabilirlik, alan büyüklüğü, estetik görünüm özellikleri gibi peyzaj tasarım ölçütlerinin dikkate alınarak planlanması gerekir. Bugüne kadar, Ankara (Doğan 2019),

Kayseri (Emür ve Onsekiz 2007), Bursa (Ender ve Uslu 2016), Isparta (Gül ve Küçük 2001), Samsun (Karadeniz 2019, Kından ve Çiçek 2020), Niğde (Olgun ve Yılmaz 2019), Burdur (Ulu Akşit ark. 2020), Kırklareli (Yücesu ark. 2017) kentlerinde açık ve yeşil alanlar nitelik ve nicelik açısından değerlendirilmiştir. Buna karşılık Isparta Çünür Mahallesi özelinde bu konuda yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada Isparta Merkez ilçesinin Çünür Mahallesi park ve konut bahçelerinin niceliği ve niteliği belirlenmiş, bu alanlarda yapılan bitkilendirme tasarımları değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda alanların sürdürülebilir kullanımına yönelik öneriler sunulmuştur.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışma alanı olarak Isparta ili Çünür mahallesinde bulunan mevcut açık ve yeşil alanlar seçilmiştir. Mahalle konum olarak 37°49' N 30°32' E koordinatlarında ve 1009 metre rakımda yer almaktadır. Mahalle içerisinde parçacıl olarak 40 park yer almaktadır. Ayrıca halkın tercih ettiği alanlardan biri olan Çünür Tepesi Mesireliği yine mahalle sınırları içerisinde yer almaktadır. Çünür Tepesi Mesireliğinin toplam alanı 34.850 m² dir (Şekil 1).

Kent merkezine 10 km mesafede Isparta-Burdur yolu üzerinde yer alan Çünür Mahallesi, merkez ilçedeki 50 mahalleden birisidir (Anonim 2021b). 2020 yılında yapılan nüfus sayım verilerine göre Çünür mahallesinde 18.358 vatandaşın ikamet ettiği tespit edilmiştir. Bu nüfusun 11.555 (%62,9)'sini kadın bireyler, 6.803 (%37,1)'ünü ise erkek bireyler oluşturmaktadır (TÜİK 2021). Mahalledeki

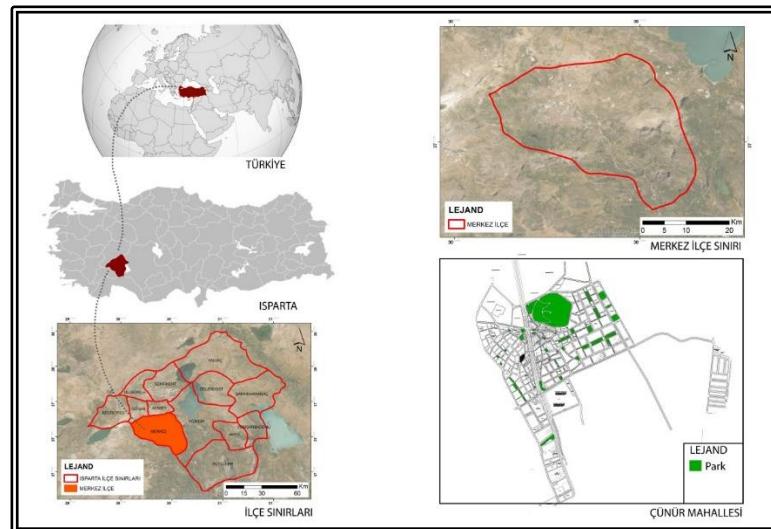
nüfus yoğunluk oranına bakıldığında km² başına düşen insan sayısı 874,19 kişidir. Mahallenin üniversite kampüslerini kapsaması ve yeni yapılaşmaların kent dinamiklerini etkilemesiyle oluşan yurt, apart gibi yapı hareketlerinin artması mahalledeki genç nüfus oranını arttırmaktadır.

Yöntem

Araştırmada, açık yeşil alanların durumunu ortaya koymak için arazi gözlemlerinden elde edilen fotoğraflar, Isparta Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü ile Park Bahçe Müdürlüğü'nden elde edilen haritalardan yararlanılmıştır.

Çalışmada Çünür mahallesinin mevcut durumunu ortaya koymak ve değerlendirmelere altlık oluşturması amacıyla ilk olarak alana ait GZFT analizi gerçekleştirilmiş ve sonrasında da mahalleye ait envanter elde edilmiş, elde edilen envantere ait analiz çalışmaları yapılmıştır. Envanter çalışması için kullanılan gözlem formu doğrultusunda; aktif yeşil alan varlığı, yeşil alanlarda kullanılan mevcut bitki türleri ve donatı elemanları (oturma birimi, çocuk oyun alanı, spor alanı) ile parklara erişilebilirlik incelenmiştir. Çünür mahallesi parkları ve 50 konut bahçesinde yer alan bitki türlerinin teşhisinde Yaltırık ve Efe (2000) ile BITKİVT (2021) kaynaklarından yararlanılmıştır.

Elde edilen veriler, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ile 3/5/1985 tarihli 3194 Sayılı İmar Kanunu ve 2/9/1999 tarihli 23804 sayılı İmar Planı Yapılması ve Değişikliklerine Ait Esaslara Dair Yönetmelikte Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelikte belirtilen standartlar dikkate alınarak değerlendirilmiştir (Anonim 2021c).



Şekil 1. Çünür Mahallesi konumu

Çizelge 1. Çünür Mahallesi’ne ilişkin GZFT analizi

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
- Kent merkezinde olması, - Kentin en eski yerleşim bölgelerinden biri olması, - Doğal flora açısından zengin bir yapı arz etmesi, - Yerel yönetimin gerekli donanımına sahip olması, - Kentsel donatıya kazandırılmış ve kazandırılmakta olan yeni altyapı sistemleri, - Mahallenin değişime açık olması, - Ticari ve sosyal açıdan yeni yerleşim merkezi haline gelmesi, - Mahalle içerisinde yaya kullanımının yoğun olması, - Halkın yeşil alan ve doğaya karşı olumlu tutum göstermesi, - Mahalle içerisinde doğal peyzaj alanlarının varlığı	- Açık ve yeşil alanlardaki sulama tekniklerinin yetersiz olması, - Alanda toz faktörünün yoğun olması, - Mahalle içerisinde bitkisel tür çeşitliliğinin az olması, - Kent imar planında yeterli miktarda açık ve yeşil alan dağılımının görülmemesi, - İlgili kurum ve kuruluşlar arası koordinasyon eksikliği, - Yol genişliklerinin standart ölçüde olmaması, - Konut alanlarında yeterli yeşil alanlara yer verilmemesi, - Sosyal ve sportif faaliyet alanlarının azlığı, - Kent genelinde ve yeşil alanlarda kullanılan kent mobilyalarının sayısı ve niteliği bakımından yetersizliği
Fırsatlar	Tehditler
- Yeni otogarın mahallenin simge yapılarından birisi olma potansiyeli, - Açık ve yeşil alan varlığı niteliksel potansiyelinin etkin planlama ve tasarımla artırılabilmesi, - Mahallenin yerleşimler için uygun özellikler taşıması, - Üniversitelere ve SDÜ Tıp Fakültesi hastanesine yakınlığı, - Kentin ana ulaşım akslarının kesişim noktası üzerinde olması	- Giderek artan çevre, hava, gürültü ve görüntü kirliliği, - Tarım ve hayvancılıkla uğraşan yaşlı nüfusun azalması, - Alınan imar plan kararlarında yapı yoğunluğunun artırılması ve yeşil alan miktarının azalması, - Donatı (aydınlatma, yönlendirme levhaları, tabelalar) elemanlarının yetersizlikleri, - Bitkisel materyal temininde oluşabilecek sıkıntılar

BULGULAR VE TARTIŞMA

GZFT Analizi

Çünür mahallesinin kent merkezinde olması, ticari ve sosyal açıdan yeni yerleşim merkezi haline gelmesi güçlü yönlerinden olurken yerleşimlerde yeterli yeşil alanlara yer verilmemesi ve dağılımlarının eşit olmaması zayıf yönlerindendir. Mahallenin en büyük fırsatı ise açık ve yeşil alan varlığının etkin planlama ve tasarımla niteliksel potansiyelini arttırılabilmesi olarak analiz edilmiştir (Çizelge 1).

Aktif Yeşil Alan Varlığı Analizi

Çünür Mahallesinde toplam 40 açık ve yeşil alan yer almaktadır. Mahalle içerisindeki parklar ve refüjlerde bulunan açık ve yeşil alanların toplam yüzeyi 183.588 m² olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2). Buna göre, Çünür Mahallesinde kişi başına 10 m² aktif yeşil alan düşmektedir. Bu bulgu, 14.06.2014 tarih ve 29030 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği, “Açık ve Yeşil Alanlar” kısmında belirtilen miktar (10 m²) ile örtüşmekte (Gül ark. 2020) ve açık ve yeşil alanların konumu, büyüklüğü, erişilebilir ve tüm bireylerin gereksinimlerini karşılayabilecek yeterlikte olması açısından aktif ve pasif yeşil alanların mahalle ve şehir genelinde yasal zorunluluk olan kişi başına 10 m² standardı sağlanmaktadır.

Çizelge 2. Çünür Mahallesi açık ve yeşil alanlarının mekânsal büyüklük dağılımı

Alan (m ²)	Sayı	Toplam (m ²)	Oran (%)
<1000	5	4095	2
1001-2000	1	1252	1
2001-3000	5	13744	8
3001-4000	11	39595	22
4001-5000	6	26546	14
5001-6000	3	16240	9
6001-7000	1	6013	3
7001-8000	1	7010	4
8001-9000	4	33598	18
9001-10000	1	9426	5
10001<	2	26069	14
Toplam	40	183588	100

Açık ve yeşil alan varlığının kişi başına düşmesi gereken metrekare miktarı, mahalle içerisindeki dağılımları ve işlevsellikleri şehrin yeşil alan sistemini oluşturmaktadır. Birbirinden bağımsız, küçük parçalar halinde ve bir bağ oluşturmeyen açık ve yeşil alanlar kent ekosisteminin ve insanların rekreasyonel gereksinimi olan yeşil alan sistemlerini oluşturamazlar (Kurdoğlu ark. 2014). Dolayısıyla açık ve yeşil alanların etkin bir şekilde planlamasında kullanım amaçlarının ve etki alanlarının doğru konumlandırılması gerekmektedir. Gelişmekte olan

ve doğal veriler, kültürel etkinlikler açısından önemli potansiyele sahip mahallenin, açık ve yeşil alanları eşit ve dengeli bir dağılıma sahip değildir. Bu yüzden aktif yeşil alanların sistem yaklaşımıyla bütüncül ele alınarak, sokak ve konut ölçeğine kadar inebilen bir yeşil alan sistemi geliştirilmesi gerekmektedir.

Yeşil Alanlarda Kullanılan Mevcut Bitki Türleri Analizi

Yaşadığımız dünyanın önemli bir oksijen kaynağı ve kentlerimizin akciğeri olan bitkiler, toprak kaymasını engelleme, mikro-klimatik ortam, yiyecek ve yakacak sağlama gibi oldukça geniş bir yelpazede ekosistem hizmetlerini kentlere sağlamaktadır. Sarı ve Karaşah (2018) bitkilerin sahip olduğu form, doku, koku, mevsimsel renklenme (çiçek, yaprak, meyve, dal-sürgün, gövde), zamansal değişim (büyüme, yaprak dökme) gibi özellikleri ile duyarımıza hitap ederek yaşadığımız dış mekanlardan hoşnut olmamıza katkı sağladığını, fonksiyonel açıdan ise dinamik ve daha yaşanılabilir mekanlar oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bitkisel tasarımlarla mekanlara hem estetik hem de işlevsel katkılar sunulmakta (Karaşah 2021), ve böylece mekana değer kazandırılmakta, monotonluk engellenmektedir.

Çünür mahallesi park alanlarındaki bitki türlerinin kullanımları incelendiğinde, 23 ağaç ve 20 çalı türü tespit edilmiştir (Çizelge 3). Park alanlarının bitkisel tasarımlarında en çok kullanılan bitki Doğu çınarı'dır (*Platanus orientalis* L.). Yaprak döken bitkilerin yoğun kullanımı yaz mevsiminde serin ve gölge alanlar oluştursa da bitkisel tasarımda tür çeşitliliğinin olmaması nedeniyle alanda estetik vurgunun ön plana çıkarılamadığı görülmektedir. Açık ve yeşil alanların bütün mevsimlerde etkin bir şekilde kullanımı ve alanın estetik bir görünüme sahip olması için herdem yeşil ve yaprağını döken bitki türlerinin birlikte kullanılması gerekmektedir.

Çünür mahallesi konut bahçelerindeki bitki türlerinin kullanımları incelendiğinde, parklar içerisinde kullanılan bitkilerin tamamına ek olarak farklı 11 ağaç türü ve 15 çalı türü tespit edilmiştir (Çizelge 4). Konut bahçesi bitkisel tasarımlarında en çok kullanılan bitkiler Limoni servi (*Cupressus macrocarpa* "Goldcrest") ve Leylandi servisi (*xCupressocyparis leylandii* A. B. Jackson & W. Dallimore) türleridir (Şekil 2). Açık ve yeşil alanlarda iğne yapraklı bitkilerin farklı türlerine yer verilmeyerek aynı türün kullanımı tercih edilmiştir. Aslında, bu bitkiler estetik, form ve norm değerleri bakımından en önde gelen bitkilerdir.

Konut bahçelerinde park alanları içerisinde daha farklı bitki tür çeşitliliğinin olması ve bitkilerin bir arada kullanımlarının tercih edilmesi bakımından bu alanlar daha zengin bir bitkisel görünüme sahiptir (Şekil 3). Fakat konut bahçelerinde çoğunlukla yumuşak zemin yerine sert zemin tercih etmeleri ve bu alanlarda otopark kullanımının daha fazla alan kaplaması bitkisel tasarımın etkinliklerini azaltmaktadır. Ayrıca konut bahçelerinde bitkilerin form, ölçü özelliklerine dikkat edilmeden sadece sınır bitkisi olarak kullanılması bitkisel tasarımların estetik ve fonksiyonel özelliklerini sınırlandırmaktadır.

Park alanlarında, bitki formu açısından daha çok dağınık ve yayılıcı formu çalı türleri mevcuttur. Çalı bitkileri bitkisel tasarımlarda çoğunlukla kullanılmamış ya da kullanıldığında farklı tür bitkiler sayısal ve çeşit olarak az olduğundan görsel algısı etkisiz kalmıştır. Ayrıca alanda soğuğa dayanıklı türler (*Abies cilicica* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Cedrus libani* A. Rich, *Picea abies* L., *Salix alba* L.) seçilmiş olsa da *Carex testacea* gibi soğuktan korunması gereken türlerde mevcuttur (Şekil 4b). Konut bahçelerinde ise çalı türlerinin kullanımı tür ve çeşitlilik bakımından daha zengin olsa da en çok kullanılan bitki gül (*Rosa hybrida* L.) bitkisidir. Ayrıca sıcak iklim kuşağına uygun (*Nerium oleander* L., *Eriobotrya japonica* Lindl) bitkiler de kullanılmıştır.

Aktif açık ve yeşil alan varlığını ve kalitesini arttırmak amacıyla estetik ve işlevsel özellikleri nedeniyle mahallede içerisinde kaldırım kenarlarına, parklara, yol refüjlerine ve site kenarlarına ağaçlandırma yapılmıştır. Mahalle içerisindeki parkların tamamında kuşatma elemanı bulunmamaktadır.

Alanlar içerisinde bitkiler sık dikim yapıldığından birbirini gölgeler durumdadır. Bitkilerin çoğu budanabilen türlerdir ve bakım şartları da kolaydır. Fakat buna rağmen alanda bakımdan kaynaklanan hatalar tespit edilmiştir. Budama gibi bakım işlerinin yeterli yapılmamasından dolayı bitkilerin birbirinin gelişmesini engelleyerek formlarının bozulmasına neden olmaktadır (Şekil 4).

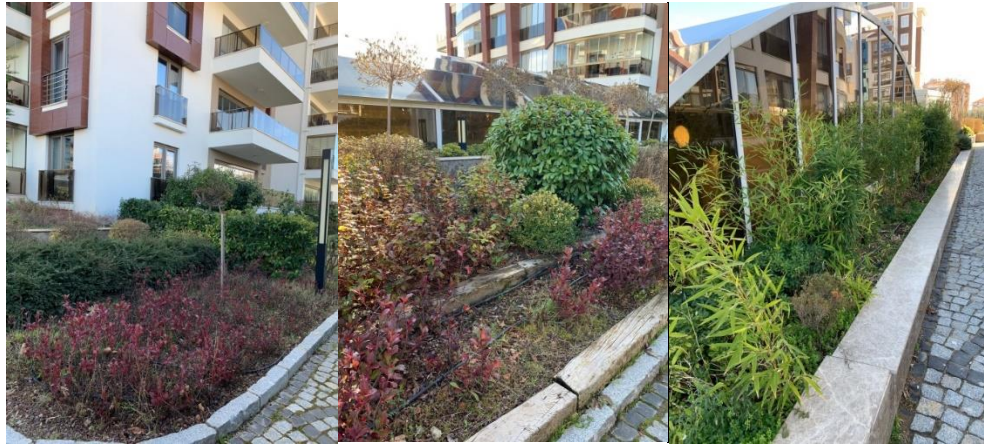
Açık ve yeşil alanlarda yapılan bitkisel tasarımların büyük çoğunluğunda kademeli bir bitkilendirmeye sahip olmadığından bu durum alanların estetik etkisinin azalmasına neden olmaktadır. Mahalle park alanlarında kullanılan bitki türlerinin çalı ve yer örtücü bitkiler ile zenginleştirilmesi alanların niteliklerine katkı sağlayacaktır.

Çizelge 3. Mahalle park alanlarında kullanılan ağaç ve çalı türleri

Bitkiler	Latince Adı	Türkçe Adı
Ağaçlar	<i>Abies cilicica</i> L.	Toros göknarı
	<i>Acer negundo</i> L.	Dişbudak yapraklı akçaağaç
	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Dağ akçaağacı
	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Beyaz çiçekli atkestanesi
	<i>Amygdalus communis</i> L.	Badem
	<i>Cedrus libani</i> A. Rich	Toros sediri
	<i>Celtis australis</i> L.	Adi çitlenbik
	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Adi alıç
	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Akdeniz servisi
	<i>x Cupressocyparis leylandii</i> A. B. Jackson & W. DAllimore	Leylandi servisi
	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Adi dişbudak
	<i>Juglans regia</i> L.	Ceviz
	<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	Japon kurtbağrı
	<i>Malus domestica</i> L.	Elma
	<i>Morus alba</i> L.	Akdut
	<i>Picea abies</i> L.	Avrupa ladini
	<i>Picea pungens</i> Engelm.	Mavi ladin
	<i>Pinus nigra</i> L.	Karaçam
	<i>Platanus orientalis</i> L.	Doğu çınarı
	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Yalancı akasya
Çalılar	<i>Salix alba</i> L.	Ak söğüt
	<i>Salix babylonica</i> L.	Salkım söğüt
	<i>Thuja orientalis</i> "Aurea Nana"	Altuni top mazi
	<i>Tilia grandiflora</i> L.	Büyük yapraklı ıhlamur
	<i>Quercus robur</i> L.	Saplı meşe
	<i>Abelia grandiflora</i> Rehd.	Büyük çiçekli kelebek çalısı
	<i>Buxus sempervirens</i> L.	Adi şimşir
	<i>Cotoneaster franchetii</i> Boiss.	Dağ muşmulası
	<i>Euonymus japonicus</i> Thunb.	Yeşil taflan
	<i>Euonymus japonicus</i> "Aurea" Thunb.	Altuni taflan
	<i>Euonymus japonicus</i> "President Gautier"	Beyaz alacalı taflan
	<i>Euonymus fortunei</i> "Hand.-Maz."	Alacalı Çin taflanı
	<i>Euonymus microphyllus</i> "Aurea"	Sarı çitir taflan
	<i>Juniperus sabina</i> L.	Sabin ardıcı
	<i>Juniperus horizontalis</i> Rybd.	Yayılcı ardıç
	<i>Lavandula angustifolia</i> L.	Lavanta
	<i>Nandina domestica</i> "Firepower"	Bodur cennet bambusu
	<i>Pittosporum tobira</i> "Nana"	Bodur yıldız çalısı
	<i>Rosa hybrida</i> L.	Gül
	<i>Rosa polyantha</i> Thunb.	Yayılcı gül
	<i>Rosmarinus officinalis</i> Spenn.	Biberiye
	<i>Spiraea vanhouttei</i> L.	Beyaz çiçekli keçi sakalı
	<i>Thuja orientalis</i> L.	Doğu mazısı
	<i>Viburnum opulus</i> L.	Yaprak döken kartopu



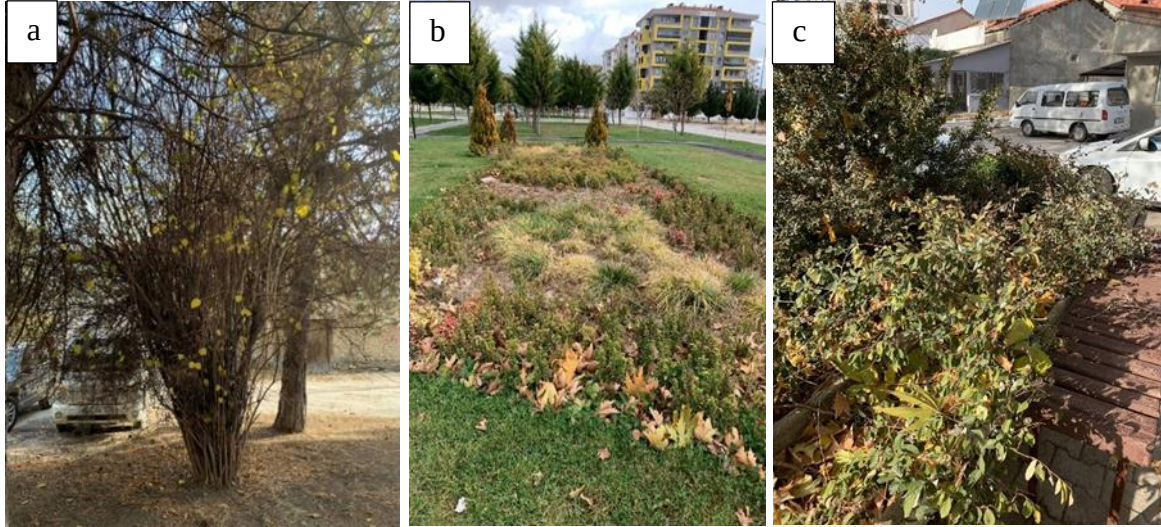
Şekil 2. Konut bahçelerinde kullanılan Limoni serviler



Şekil 3. Konut bahçelerinde kullanılan bitki tür çeşitliliği

Çizelge 4. Mahalle konut bahçelerinde kullanılan ağaç ve çalı türleri

Bitkiler	Latince Adı	Türkçe Adı
Ağaçlar	<i>Syringa vulgaris</i> L.	Adi leylak
	<i>Olea europaea</i> L.	Zeytin
	<i>Prunus avium</i> L.	Kiraz
	<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	Kiraz eriği
	<i>Prunus cerasus</i> L.	Vişne
	<i>Punica granatum</i> L.	Nar
	<i>Pyrus pomaceous</i> L.	Armut
	<i>Cydonia oblonga</i> Miil.	Ayva
	<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Büyük çiçekli manolya
	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Limoni servi
Çalılar	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.	Malta eriği
	<i>Viburnum tinus</i> L.	Yaprak dökmeyen kartopu
	<i>Forsythia intermedia</i> Vahl.	Altınçanak
	<i>Berberis vulgaris</i> L.	Kadıntuzluğu
	<i>Berberis thunbergii</i> "Atropurpurea"	Kırmızı yapraklı kadıntuzluğu
	<i>Yucca filamentosa</i> L.	Avize çiçeği
	<i>Pyracantha coccinea</i> M.Roem.	Kızıl ateş diken
	<i>Chaenomeles japonica</i> Lindl. ex Spach.	Bahar dalı
	<i>Campsis radicans</i> Seem.	Acem borusu
	<i>Bambusa oldhamii</i> Munro	Bambu
	<i>Lonicera caprifolium</i> L.	Sarılcı hanımeli
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	Böğürtlen
	<i>Hedera helix</i> Linnaeus	Orman sarmaşığı
	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> Planch.	Amerikan sarmaşığı
	<i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne.	Yayılcı dağ muşmulası
	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Adi kurtbağrı
	<i>Nerium oleander</i> L.	Zakkum



Şekil 4. Açık ve yeşil alanlardaki bakım hataları; (a) Bitki form bozulması; (b) Yanlış tür seçimi; (c) Budama hataları

Yeşil Alanlarda Kullanılan Donatı Elemanlarının Analizi

Kentsel donatı elemanları, insanların hayatını kolaylaştırarak mekânı estetik ve fonksiyonel açıdan tamamlayan yapısal elemanlardır (Özgeriş 2018). Kentin estetiğine katkıda bulunan ve tasarımı iyi yapılmış kent donatı elemanları, zaman içinde kentin imajını oluşturur. Donatı elemanlarının açık ve yeşil alanlarla uyumlu, gerekli güvenlik ve konfor şartlarını sağlayan ve kullanıcıların yaşam kalitesini arttıracak tasarımlara sahip olmaları son derece önemlidir. Nitekim Yücedağ ark. (2017), mahalle içerisinde bulunan toplu konut ve sitelerin tercih edilebilirliğinde donatı elemanlarının varlığının önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Donatı elemanlarından biri olan aydınlatma elemanlarının fonksiyonel, estetik (malzemesi, boyutları, formu, rengi gibi) ve ergonomik olma özelliklerine ek olarak, kullanılan mekanda güvenliği sağlama bakımından da yeterli düzeyde olması beklenmektedir. Aydınlatma elemanları ile açık ve yeşil alanlarda gerçekleştirilen tasarımlarda farklı etkilerin yaratılması mümkündür. Amaca yönelik seçilecek aydınlatma elemanları ile ışık gölge oyunları, bitkilerin çizgisel özelliklerinin vurgusunu artırma, yürüme yollarının ve oturma elemanların algılanmasının sağlanması ile daha estetik, güvenli ve işlevsel tasarımlara olanak sağlanabilmektedir. Bu nedenle, aydınlatma elemanlarının tasarımsal özelliklerinin gündüz görsel etkisi olurken, geceleri ise işlevsellik etkisi ön plana çıkmaktadır. Her iki durumda da çevre ile uyumu sayesinde kent imajına katkıda bulunmaktadır. Ancak, çalışılan mahalle içerisinde ortak bir aydınlatma elemanın kullanılmaması ve aydınlatma elemanlarının estetik uyuma dikkat edilmeksizin sadece işlevsellik göz önüne alınarak kullanıldığı tespit edilmiştir (Şekil 5). Bundan

dolayı da, aydınlatma elemanları mahalle ve kent özelinde simgesel özelliğini yansıtamamaktadır. Bu ünitelerin renk, boy ve ışık farklılıklarının olması hem aydınlatma yetersizliğine hem de estetikten uzak bir görünüme neden olmaktadır.



Şekil 5. Açık ve yeşil alanlarda kullanılan aydınlatma elemanları

Mahalle içerisinde gerek estetik gerekse işlevsel olarak tercih edilen çeşmeler sakinlerin içme suyu ihtiyacını

karşılayan diğer donatı elemanlardan biridir. Özellikle yaz aylarında kullanımı önem kazanan bu donatı elemanların kullanım açısından düzenli bakım ve kontrolleri yapılması gerekmektedir. Ancak mahalle içerisinde yer alan çeşmelerin musluklarının çıkarıldığı, temizliğinin yapılmadığı bu yüzden de kullanımlarının yeterli olmadığı bulunmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. Açık ve yeşil alanlarda kullanılan çeşme elemanları

Oturma elemanları estetik özellikleri yanında ergonomik özelliklere sahip, yoğun kullanıma dayanıklı oturmak, dinlenmek, izlemek veya gözlem yapmak amacı ile kullanılan donatılardır. Oturma elemanları yaya sirkülasyonunu etkilemeyecek biçimde yeterli miktarlarda konumlandırılmalı, gezinti ve seyir alanlarında izlenecek yöne uygun ve iklim şartları düşünülerek yerleştirilmelidir. Alan içerisinde fazla ve gereksiz yerleştirilen elemanlar hem kargaşaya neden olmakta hem de görsel kirlilik yaratmaktadır. Buna göre, Çünür Mahallesi açık ve yeşil alanlarında tespit edilen en önemli sorun yürüyüş yolları üzerine yerleştirilmiş ve yanlış konumlandırılmış oturma birimleridir. Konut

bahçelerinin büyük çoğunluğunun sakinlerin rekreasyonel etkinlikler gerçekleştirmesi için yeterli sayıda oturma-dinlenme alanlarına sahip olmadığı tespit edilmiştir. Konut bahçelerindeki oturma alanları konum olarak yürüyüş yollarında ya da giriş kapısına yakın olarak yerleştirilmiş ve sayıca yetersizdir. Ayrıca küçük alanlarda fazla miktarda kullanılan oturma birimleri sosyal ilişkilerde istenilen etkiyi yaratmamaktadır (Şekil 7).

Mekanların yaya-bisiklet yolu ve taşıt trafiğini ayırma, yaya ve engelliler için yönlendirme, mekanları vurgulama ve sınırlandırma gibi fonksiyonel ve renk, doku, malzeme ve şekil çeşitliliği ile estetik görünümüne katkıda bulunan zemin döşemeleri kullanım çeşitlerine göre önemli görsel alternatifler de sunabilmektedirler (Sağlık ark. 2020). Çünür Mahallesi açık ve yeşil alanlarında tercih edilen döşeme elemanı kilitli parke taş ve beton olarak tespit edilmiştir. Açık ve yeşil alanlarda sert döşeme alanlarının fazla olması özellikle çocuk oyun ve spor alanlarında kullanılan beton sağlıklı bir mekan oluşturmaktadır (Şekil 8).

Kentsel alanlarda çöp kutuları farklı şekil, yapı ve büyüklükte tasarlanmış ve alanın kullanım yoğunluğuna uygun olarak yerleştirilmiş, çöplerin belirli alanlarda toplanıp uzaklaştırılmasına yardımcı olan donatı elemanlarıdır. Çöp kutularının açık ve yeşil alanlarda yerleştirilme sıklıkları ve boyutları (kapasiteleri) alanın özelliğine ve yoğunluğuna göre değişmektedir. Çünür mahallesi açık ve yeşil alanlarında gelişigüzel konumlandırılmış çöp kutuları kullanımı zorlaştırmakta, alanın kullanımını etkilemektedir. Ayrıca yürüyüş yollarına yerleştirilen çöp kutuları yaya geçişini zorlaştırmaktadır (Şekil 9).

Çocuk oyun alanları yaş gurubu dikkate alınarak çocukların sosyalleşmelerine ve gelişimlerine olanak sağlayan özgürlük alanlarıdır. Bu mekanların yer seçimi, tasarımı ve kullanılacak oyun ekipmanlarının seçiminde; yaş guruplarına, engelli çocukların kullanımına, güvenli ve dayanıklı ayrıca sağlıklı malzeme kullanımına, hayal güçlerini geliştirebilecekleri ekipmanlar içermesine, ilgi çekici, renkli ve basit olarak kurgulanmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

Mahalle içerisinde yer alan açık ve yeşil alanlarda 5 adet çocuk oyun alanı bulunmaktadır. Bunların 2 tanesi aynı sokak üzerindeki park içerisinde yer almaktadır. Mahalledeki yoğun yerleşme nedeniyle çocuk oyun alanları ve donatılar yetersiz kalmaktadır. Bununla birlikte konut düzeyindeki açık ve yeşil alanların çocuk oyun



Şekil 7. Açık ve yeşil alanlarda kullanılan oturma birimleri

donatı elemanlarını bulundurması, bu eksikliği büyük oranda kapatmaktadır. Mahalle parkları içerisindeki çocuk oyun elemanlarının yerleşimi sert zemin üzerinde yer aldığından kullanım açısından tehlike oluşturmaktadır (Şekil 10).

Mahalle içerisinde spor alanı bakımından büyük bir eksiklik söz konusudur. Farklı alanlar içerisinde 1 adet tenis sahası, 1 adet mini futbol sahası ve 1 adet iki potalı basketbol sahası mevcuttur (Şekil 11). Bununla birlikte okul bahçelerinin spor alanı bulundurması bu eksikliğin giderilmesi için bir fırsat yaratmaktadır.

Parklara Erişilebilirlik Analizi

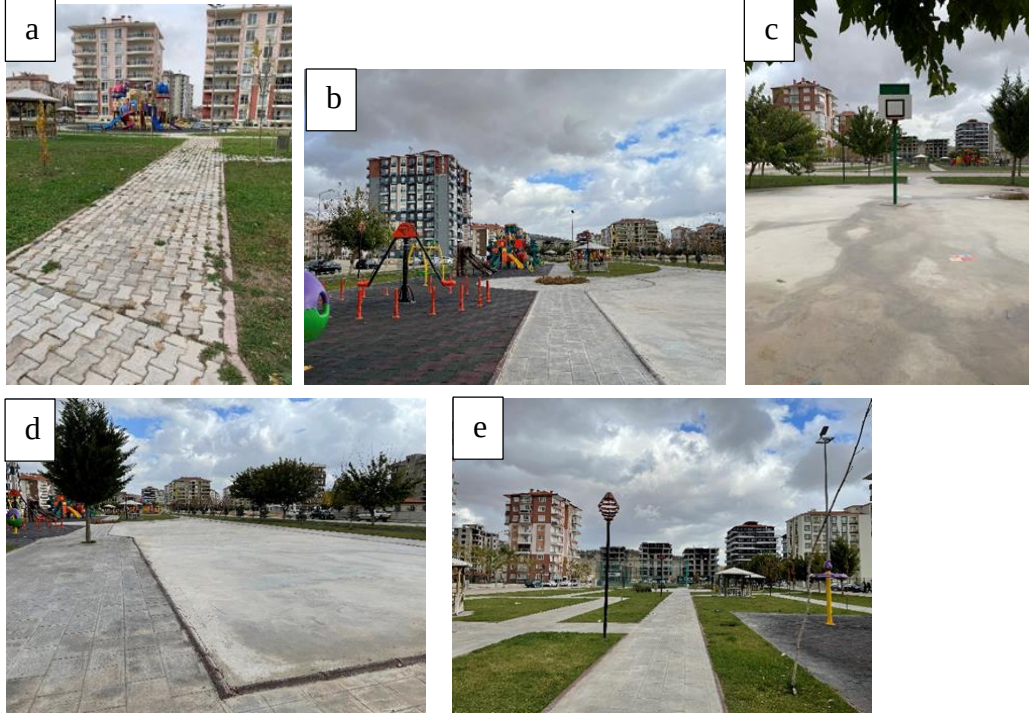
Kent yaşamının önemli bir parçası olan yeşil alanların aktif kullanımı, kullanıcının erişim kolaylığı ile doğru orantılıdır. Bu durum yeşil alanların kent içerisinde konumlandırılma ve halkın bu alanlara rahat erişilebilir olmasının önemini ortaya koymaktadır. (Schipperjin ark. 2013). Bu nedenle kentsel açık ve yeşil alanların etkili kullanımlarında yaya

yollarının güvenli olması, toplu taşıma güzergâhlarının bulunması ve sokakların durumları önemlidir. Yeşil alanların kullanım sürekliliğinin sağlanması için ulaşım alt yapısı ile desteklenmesi kent halkının refahına katkıda bulunan en önemli faktör olarak değerlendirilmektedir (Lachowycz ve Jones 2011, Cüce ve Ortaçeşme 2020, Güney ve Üstündağ 2020).

Mahalle içerisindeki parkların alan konumları bakımından %90 'ı ana araç yoluna yakın, %10'u tali araç yoluna yakın durumdadır. Avrupa Komisyonu Kentsel Denetim raporuna göre (Anonim, 2000), açık ve yeşil alan planlamasında park alanlarına erişim mesafesi 15 dakikadır. Bu mesafeler yeşil alan kullanımlarına göre, çocuk oyun alanlarında 10 dakika, mahalle park alanlarında 20 dakika erişilebilirlikte olmalıdır. Yapılan çalışmalarda ise, kullanıcıların bulundukları yerden 300 metrelik doğrusal yürüme mesafesinde (yaklaşık 5 dakika) açık ve yeşil alanlara erişilebilmesi öngörülmektedir (Altunkasa 2004, Gül ark. 2020). Açık ve yeşil alanlara erişim mesafesini English Nature (2005) maksimum 300

m, Avrupa Çevre Ajansı (EEA 2021) ise maksimum 1000 m yürüme mesafesi olarak açıklamıştır. Bu kapsamda imar planında yer alan erişim mesafesi (300 m) dikkate alınırsa,

Çünür mahallesi parklara eşit ve dengeli dağılıma sahip olmadığı ve bu alanlara erişilebilirlik açısından farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 8. Açık ve yeşil alanlarında kullanılan döşeme elemanları (a) Kilitli parke taş; (b) Kauçuk döşeme; (c) Beton döşeme; (d) Beton baskı döşeme; (e) Beton döşeme



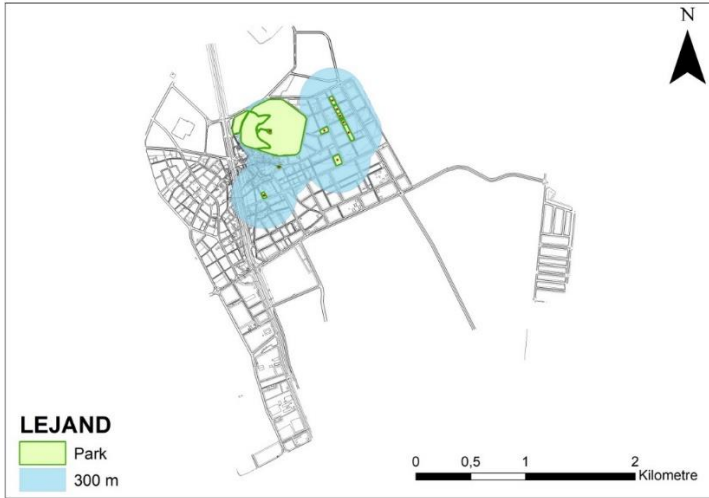
Şekil 9. Açık ve yeşil alanlarında kullanılan çöp kutuları



Şekil 10. Açık ve yeşil alanlarında kullanılan çocuk oyun elemanları



Şekil 11. Açık ve yeşil alanlarında kullanılan spor oyun elemanları



Şekil 12. Çünür Mahallesi parklarına erişilebilirlik analizi

SONUÇ

Çünür mahallesi açık ve yeşil alanları eşit ve dengeli bir mekânsal dağılıma sahip değildir. Kentsel yeşil alanların çok parçalı ve alan miktarlarının küçük olması, bu alanların çok yönlü işlevsel kullanımlarını sınırlandırmakta ve bakım maliyetlerini artırmaktadır. Yöreye uygun bitki türlerinin kullanılması bakım maliyetlerini de azaltacaktır. Bu nedenle; kent içi yeşil alanların iklime direncinin artırılması ve su tüketiminin azaltılması için bitkisel tasarımları oluştururken çok yönlü düşünülmesi gerekmektedir. Mahalle sakinlerinin yeşil alanlara

farkındalıklarını arttırmak, yeşil alanları koruma ve geliştirme bilincinin sağlanması için dikilecek olan bitki türleri, özellikleri ve bakımlarını içeren yönetim kurallarını içeren rehberler oluşturulmalıdır.

Ayrıca ulaşım akslarında yapılacak yeşil bant ve yeşil yol planlaması ile yaya ve trafik güvenliğinin sağlanması ve bölgenin coğrafi konumunun getirdiği rüzgâra bağlı (toz gibi) olumsuzlukların giderilmesi açısından da önemlidir. Mahalle içerisindeki refüj alanlarına ağaçlar yeni dikildikleri için istenilen form ve fonksiyonellikleri sağlayamamaktadır fakat büyüdüklerinde istenilen gölge özelliğini kazanacaklardır.

Mahalle parklarının çoğu dinlenme alanı, çocuk oyun alanı ve fitness ekipmanları içermektedir ancak dört park kullanıcılara sadece dinlenme imkanı sunarak pasif rekreasyon ihtiyacına cevap verecek niteliktedir. Parklarda yer alan donatı elemanları mahalle içerisinde işlevsellik, ergonomi, standartlara uygunluk bakımından bazı alanlarda yetersiz kalmaktadır. Çevresel koşullardan dolayı aşınmalar, yıpranmalar ve kırılmalar görülen donatıların yenilenmesi ve zeminlerde görülen döşeme elemanlarının olumsuzlukların giderilmesi için bakım-onarım çalışmalarının arttırılarak, alanların işlevsel ve görsel kalitelerine katkı sağlanmalıdır. Yeşil alanlarda kullanılan kentsel donatıların çeşitlendirilmesi, mahalle parklarında spor oyun alanlarının artırılması ve etkin kullanımları sağlanması gerekmektedir. Bu alanların mahalle içerisinde bütüncül ve eşit alansal dağılımlarının sağlanması amacıyla açık alanlarda uygun yerler seçilerek aktif yeşil alan miktarının artırılması uygun olacaktır. Bu stratejiyle mahalledeki giderek artan yapı yoğunluğu ve çevre sorunları önemli ölçüde azaltılmış olacaktır.

Mahalle içerisindeki açık ve yeşil alanların planlama ve tasarım çalışmalarında koruma, kullanım dengesi ve kuralları dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda, benimsenmesi gereken en temel nokta açık mekan aktiviteleri ve mekânsal kalite göstergelerinin sürekli olarak birbirinden geri beslenen unsurlar olduğunun bilincinde olmaktır.

KAYNAKLAR

- Akbulut ÇD, Önder S (2011) Kentsel Açık-Yeşil Alanlarda Kullanılan Bitki Materyalinin Değerlendirilmesi Aksaray Kenti Örneği. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimler Dergisi, 25 (2): 93-100.
- Aksoy Y (2014) Türkiye’de Yeşil Alanlarla İlgili Yasal Düzenlemeler. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 13 (26): 1-20.
- Altunkasa MF (2004) Adana'nın Kentsel Gelişim Süreci ve Yeşil Alanlar. Adana Kent Konseyi Çevre Çalışma Grubu Bireysel Raporu, Adana.
- Anonim (2000) The Urban Audit: Towards the Benchmarking of Quality of Life in European Cities. Vol I, II and III, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

- Anonim (2021a) <https://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2020/04/KentselYasamKalitesiOzellhtisasKomisyonuRaporu.pdf> (Erişim Tarihi: 10.12.2021).
- Anonim (2021b) Türkiye İlleri İlçeleri Mahalleleri ve Köyleri. <https://www.nufusune.com/merkez-mahalleleri-koyleri-isparta> (Erişim Tarihi: 10.12.2021).
- Anonim (2021c). 3194 Sayılı İmar Kanunu. http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/3889fab962a8914_ek.pdf?tipi=68&turu=X&sube=1 (Erişim Tarihi: 10.12.2021).
- BITKİVT (2021) Online Bitki Veri Tabanı Web Sitesi. <http://www.bitkivt.itu.edu.tr>, (Erişim Tarihi: 02.12.2021)
- Bozdoğan E, Gültekin E (2001) Karaisalı İlçesi'nin Kentsel Gelişim Potansiyeli İçinde Yeşil Alan Gereksinimleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12 (1): 2-3.
- Bozdoğan Sert E (2020) An Evaluation in terms of Native Woody Taxa with Threatened Status and Conservation Strategies in the Flora of Hatay Province. Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences, 6 (2): 51-61.
- Bozdoğan Sert E, Tokgöz G, Yolcu N (2020) İskenderun (Hatay) Kenti Ev Bahçelerinde Kullanılan Bitkisel Materyalin Peyzaj Mimarlığı Çalışmaları Açısından Sağlayabileceği Katkılar. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34 (Özel Sayı): 71-86.
- Bulduk B (2012) An Analysis of the Use of Urban Furniture in City Advertising in terms of Aesthetic/Visual Appreciation Training: City Design Procedia. Social and Behavioral Sciences, (46): 3279-3283.
- Cetin M (2015) Using GIS Analysis to Assess Urban Green Space in terms of Accessibility: Case Study in Kütahya. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 22 (5): 420-424.
- Cetin M (2016) Sustainability of Urban Coastal Area Management: A Case Study on Cide. Journal of Sustainable Forestry, 35 (7): 527-541.
- Cetin M, Sevik H, Canturk U, Cakir C (2018) Evaluation of the Recreational Potential of Kutahya Urban Forest. Fresenius Environmental Bulletin, 27 (5): 2629-2634.
- Cetin M, Agacsapan B, Cabuk SN, Senyel Kurkuoglu MA, Isik Pekkan O, Baran Argun E, Cabuk A (2021) Assessment of the Ecological Footprint of Eskisehir Technical University—İki Eylül Campus. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 49 (10): 2311-2327.
- Cüce B, Ortaççeşme V (2020) Kentsel Yeşil Alanlara Erişilebilirlik. Peyzaj-Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi, 2 (2): 65-77.
- Doğan M (2019) Ankara İli Gölbaşı İlçesi'nin Açık Yeşil Alan Yeterliliği Üzerine Bir Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 84s.
- Emür SH, Onsekiz D (2007) Kentsel Yaşam Kalitesi Bileşenleri Arasında Açık ve Yeşil Alanların Önemi Kayseri/Kocasinan İlçesi Park Alanları Analizi. Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (22): 367-396.
- Ender E, Uslu C (2016) Mahalle Parklarının Etkin Hizmet Alanlarının Belirlenmesi-Bursa İli Nilüfer İlçesi Örneği. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30 (1): 13-20.
- English Nature (2005) The English Nature. <http://www.englishnature.gov.uk>. (Erişim Tarihi: 02.12.2021)
- EEA (2021) Erişim adresi <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/nationally-designated-protected-areas-1/assessment>, (Erişim Tarihi: 02.12.2021)
- Gökgür P (2017) Kamusal Alanın Değişimini ve Dönüşümünü Etkileyen Faktörler. Kamusal Alanların Mekan Organizasyonu, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları No: 30/1, Bartın.
- Gül A, Küçük V (2001) Kentsel Açık-Yeşil Alanlar ve Isparta Kenti Örneğinde İrdelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A (2): 27-48.
- Gül A, Dinç G, Akın T, Koçak Aİ (2020) Kentsel Açık ve Yeşil Alanların Mevcut Yasal Durumu ve Uygulamadaki Sorunlar. Kentleşme ve Ekonomi Özel Sayısı, 11 (3): 1281-1312.
- Güney ME, Üstündağ B (2020) Kadın Dostu Kent Yaklaşımı Kapsamında Kentsel Açık Yeşil Alanların Değerlendirilmesi: Bornova Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (36): 38-65.
- Kalyoncuoğlu BB, Uzun K, Arın Ö (2017) Toplu Konut Çevresi Açık Alanlarda Genç ve Yetişkin Kullanıcıların Mekansal Kalite Tercihleri ve Yenilikçi Yaklaşımlar. Tasarım+ Kuram, (24): 11-30.
- Karadeniz Z (2019) Peyzaj Tasarım Kriterleri Açısından Samsun Kent Parklarının İncelenmesi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ordu, 138 s.
- Karavaş B (2021) Bitkilendirme Tasarımında Renk Özellikleri Dolayısıyla Değerlendirilebilecek Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üzerine Bir Araştırma. Turkish Journal of Forest Science, 5 (2): 536-550.
- Kilicoglu C, Cetin M, Aricak B, Sevik H (2020) Site Selection by Using the Multi-Criteria Technique: A Case Study of Bafra, Turkey. Environmental monitoring and assessment, 192 (9): 1-12.
- Kilicoglu C, Cetin M, Aricak B, Sevik H (2021) Integrating Multicriteria Decision-Making Analysis for a GIS-Based Settlement Area in the District of Atakum, Samsun, Turkey. Theoretical and Applied Climatology, 143 (1): 379-388.
- Kından A, Çiçek N (2020) Samsun İli Batı Parkının Peyzaj Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (2): 159-164.
- Kurdoğlu BÇ, Pirseliimoğlu Batman Z, Düzgüneş E (2014) Awareness of Nature: A Sample Study in Trabzon, Turkey, In: The Science and Education at the Beginning of the 21st Century in Turkey, Volume:4, St. Kliment Ohridski University Press, Sofia, s. 79-92.
- Lachowycz K, Jones AP (2011) Greenspace and Obesity: A Systematic Review of the Evidence. Obesity Reviews, (12): 183-189.
- Madanipour A (2003) Public and Private Spaces of the City. Routledge, London.
- Olgun R, Yılmaz T (2019) Kentsel Yeşil Alan Varlığının Niğde Kenti Örneğinde Değerlendirilmesi. Mediterranean Agricultural Sciences, 32 (1): 11-20.
- Özgeriş M (2018) Kentsel Donatı Elemanlarının Kent Dokusu Yönünden Değerlendirilmesi: Erzurum İli Örneği. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18 (2): 561-574.
- Öztürk S, Özdemir Z (2013) Kentsel Açık ve Yeşil Alanların Yaşam Kalitesine Etkisi Kastamonu Örneği. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13 (1): 109-116.
- Sağlık A, Sağlık E, Kelkit A (2014) Kentsel Donatı Elemanlarının Peyzaj Mimarlığı Açısından İrdelenmesi: Çanakkale Kent Merkezi Örneği. 1. Uluslararası Kentsel Planlama-Mimarlık-Tasarım Kongresi, Kocaeli- Türkiye, 8-11 Mayıs 2014, s. 1023-1035.
- Sarı D, Karavaş B (2018) Bitkilendirme Tasarımı Öğeleri, İlkeleri ve Yaklaşımlarının Peyzaj Tasarımı Uygulamalarında Tercih Edilirliği Üzerine Bir Araştırma. MEGARON, 13 (3): 470-479.
- Schipperijn J, Bentsen P, Troelsen J, Toftager M, Stigsdotter U (2013) Associations between Physical Activity and Characteristics of Urban Green Space. Urban Forestry & Urban Greening, 12: 109-116.
- TÜİK (2020) https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059 (Erişim Tarihi: 10.12.2021).
- Ulu Akşit A, Yücedağ C, Kaya LG, Aşıkutlu HS (2020) Burdur Kenti Açık-Yeşil Alan Potansiyelinin Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 21 (2): 284-291.

Wey WM, Wei WL (2016) Urban Street Environment Design for Quality of Urban Life. Social Indicators Research, 126 (1): 161-186.
Whyte WH (2001) The Social Life of Small Urban Spaces. Project for Public Spaces Routledge, New York.
Wolch JR, Byrne J, Newell JP (2014) Urban Green Space, Public Health, And Environmental Justice: The challenge of making cities 'just green enough'. Landscape and Urban Planning, 125: 234-244.
Vural H, (2020) Bingöl Halkının Yeşil Alan Kullanımı ve Kent Parkları Yeterliliklerinin Değerlendirilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22 (1): 79-90.

Yaltırık F, Efe A (2000) Dendroloji. İstanbul Üniversite Orman Fakültesi Yayınları No: 4265/465, İstanbul.
Yücedağ C, Kaya LG, Ulu A (2017) Burdur Kenti Toplu Konut ve Site Alanlarının Peyzaj Tasarım Yeterliliğinin İncelenmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8 (2): 114-122.
Yücesu Ö, Korkut A, Kiper T (2017) Kırklareli Kent Merkezinin Açık ve Yeşil Alanların Analizi ve Bir Sistem Önerisi. ARTIUM, 5 (2): 22-37.

CCA ile emprenyeli sarıçam planya artıklarından üretilen çimentolu yongalevhaların bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi

Investigation of some technological properties of cement-bonded particleboards manufactured from planer shavings of CCA-treated scotch pine woods

Uğur ARAS¹, Hüsnü YEL², Hülya KALAYCIOĞLU³, Süleyman KUŞTAŞ⁴

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Trabzon, Türkiye

²Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye

³Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

⁴Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Pamukova Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Sakarya, Türkiye

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 1017474/artvinofd.1068053

Sorumlu yazar / Corresponding author

Hüsnü YEL

e-mail: yel33@artvin.edu.tr

Geliş tarihi / Received

04.02.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

15.02.2022

Kabul Tarihi / Accepted

16.02.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Çimentolu Yongalevha

CCA İle Emrenyeli Odun Planya Artıkları

Odun/Çimento Oranı

Pres Sıcaklığı

Fiziksel Özellikler

Mekanik Özellikler

Keywords:

Cement-Bonded Particleboard,

CCA-Treated Wood Planer Shavings

Wood-Cement Ratio

Press Temperature

Physical Properties

Mechanical Properties

Özet

Bu çalışmanın amacı, bakır-krom-arsenik (CCA) ile emprenyeli sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) planya artıkları kullanılarak üretilen çimentolu yongalevhaların mekanik, fiziksel ve termal özellikleri üzerine odun/çimento oranı ve pres sıcaklığının etkisini araştırmaktır. Bu amaçla, 3 farklı odun-çimento oranı (1/2, 1/2.5 ve 1/3) ve 2 farklı pres sıcaklığı (20 °C ve 60 °C) kullanılarak 1200 kg/m³ hedef yoğunluk ve 500 mm x 500 mm x 10 mm boyutuna sahip tek tabakalı çimentolu yongalevhalar üretilmiştir. Üretilen levhalar, fiziksel (rutubet, yoğunluk, su alma ve kalınlığına şişme oranı), mekanik (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci ve vida tutma direnci) ve termal (TGA/DTG) özellikler açısından incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, pres sıcaklığının artması levhaların mekanik ve fiziksel özelliklerinde önemli bir iyileşme sağlamıştır. Levhada odun-çimento oranının artması, eğilme direnci ve vida tutma direncini artırırken, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direncini düşürmüştür. Diğer taraftan, odun/çimento oranı arttıkça, su alma ve kalınlığına şişme oranları da artmıştır. TGA sonuçlarına göre, odun-çimento oranının azalması ve pres sıcaklığının artması, levhalarda çimento hidrasyon ürünlerinin artmasına neden olmuştur. Genel olarak, CCA ile emprenyeli planya artıklarından üretilen tüm levhalar, EN standardında belirtilen değerleri karşılamıştır.

Abstract

This study investigates the effects of wood/cement ratio and press temperature on the mechanical, physical and thermal properties of cement-bonded particleboards manufactured from the planer shavings of copper-chromium-arsenic (CCA) treated scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) woods. For this purpose, single-layer cement-bonded particleboards were produced in a target density of 1200 kg/m³ and a dimension of 500 mm x 500 mm x10 mm using three different wood-cement ratios (1/2, 1/2.5 and 1/3) and two different press temperatures (20 °C and 60 °C). The experimental boards produced were evaluated in terms of physical (moisture content, density, water absorption, and thickness swelling), mechanical (modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bond strength, screw withdrawal resistance), and thermal (TGA/DTG) properties. The results demonstrated that increasing press temperature significantly improved the mechanical and physical properties of the boards. An increase in wood-cement ratio improved bending strength and screw withdrawal resistance and decreased internal bond strength and modulus of elasticity. In addition, the high wood-cement ratio led to an increase in the water absorption and the thickness swelling. TGA results revealed that an increase in cement ratio and press temperature led to a significant improvement in the cement hydration products. In general, all the boards made from CCA-treated planer shavings met the requirements specified in EN 634-2 standard.

GİRİŞ

Odun-çimento kompozit malzeme, kompozit endüstrisinde en yenilikçi ürünlerden birisidir (Rana ve ark. 2020). Düşük üretim maliyeti, yüksek mekanik direnç, iyi ses ve ısı izolasyonu, yangın, su, mantar ve böceğe karşı yüksek dayanım ve çevre dostu bir ürün olması gibi üstün

özelliklerinden dolayı inşaat sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Quiroga ve ark. 2016).

Odun/çimento oranı, su/çimento oranı, yoğunluk, bağlayıcı türü, presleme koşulları, lignoselülozik materyalin türü ve boyutu gibi birçok faktör odun-çimento kompozit malzemelerin özelliklerini

etkilemektedir (Semple ve Evans 2004). Odun-çimento kompozit malzemelerin üretimindeki en büyük zorluklardan birisi, çimento sertleşme süresinin uzamasına ve düşük mekanik dirence neden olan, odun ve çimento arasındaki uyumsuzluktur. Bu durum, üretimde kullanılan lignoselülozik materyalin türü ve miktarına göre değişiklik göstermektedir. Alkali ortamda çözünebilen basit şekerler ve ekstraktif maddeler bu uyumsuzluğun başlıca sorumlularıdır (Brahmia ve ark. 2020). Her odun türü farklı kimyasal bileşime sahip olduğundan dolayı, bunların çimento hidrasyonu üzerindeki etkisi de farklı olmaktadır. Kavak ve ladin odunları, çimento ile yüksek bir uyumluluğa sahip olduğundan dolayı odun-çimento kompozit malzemelerin üretiminde en çok kullanılan türlerdir (Kochova ve ark. 2020). Diğer taraftan, kızılğaç ve karaçam gibi yüksek miktarda tanen ve şeker içeren türler ise çimento hidrasyon reaksiyonunu büyük oranda engellediği için odun-çimento kompozit malzeme üretimi için tercih edilmemektedir (Aro 2008). Bu uyumsuzluk sorunu, lignoselülozik malzemelerin odun-çimento kompozit malzemedeki kullanımını kısıtlamaktadır. Odun-çimento-su karışımına, farklı oranlarda CaCl_2 , AlCl_3 , MgCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ gibi kimyasal katkı maddeleri ilave edilerek odun-çimento uyumsuzluğu belirli bir dereceye kadar azaltılarak, üretilen levhanın direnci artırılabilir. Bunun yanında, üretimden önce odun hammaddesinin soğuk/sıcak su ekstraksiyonu ve %1 NaOH ekstraksiyonu gibi ön işlemlere tabi tutulması, odunun çimento hidrasyon reaksiyonu üzerindeki olumsuz etkisini azaltabilmektedir (Rana ve ark. 2020). Son yapılan çalışmalarda ise, bu iki yöntemin birlikte uygulanması odun-çimento uyumsuzluğu üzerinde çok daha iyi sonuçlar verdiği rapor edilmiştir (Nasser ve ark. 2014).

Liflevha, maden direği, yongalevha, tel direği, kontrplak, mobilya, palet, kereste, ambalaj sandıkları ve kağıt gibi odun ve odun esaslı malzemelerin üretimi ve taşınması esnasında ve kullanımı sonrası ortaya çıkan artıklar, sürekli artış eğiliminde olup küresel bir sorun haline gelmiştir (Kalaycıoğlu ve Özen 2012, Yel 2015). Bunun yanında, odun ve odun esaslı malzemeler, su, mantar, böcek ve yangına karşı dayanımını ve kullanım ömrünü arttırmak amacıyla, insan ve çevre sorunlarına neden olan birçok koruyucu kimyasal ile emprenye edilmektedir.

Fakat kullanım ömrünü tamamlamış emprenyeli odun artıkları, genellikle ya yakacak malzeme olarak kullanılmakta ya da doğada çürümeye terk edilmektedir. Bu durum hem çevre kirliliğine hem de orman varlığının etkin bir şekilde kullanılmamasına neden olmaktadır. Bu nedenle, çevresel ve ekonomik etkileri dikkate alındığında, odun ve odun esaslı malzemelerin üretimde tekrar değerlendirilmesi son derece önemli bir konu haline gelmiştir. Çevre kirliliğinin azaltılması, ürün maliyetlerinin düşürülmesi ve odun hammaddesinde yaşanan darboğazın aşılması amacıyla, yıllık bitkiler ve tarımsal artıklar gibi odun dışı lignoselülozik malzemeler yanında odun ve odun esaslı levha artıklarının üretimde değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar her geçen gün önemini artırmaktadır.

Qi ve ark. (2006), kullanım ömrünü tamamlamış liflevha artıklarından çimentolu liflevha üretmiştir. Normal odun lifinden üretilen çimentolu liflevhalar ile karşılaştırıldığında, artık liflevhadan üretilen çimentolu liflevhaların su alma ve kalınlığına şişme değerlerinde iyileşme olurken, mekanik özelliklerinde ise az da olsa bir düşüşün olduğu rapor edilmiştir.

Kasai ve ark. (1998), inşaatlardan elde edilen kereste artıklarının çimentolu levha üretiminde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmada, beton ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir basınç –eğilme direnci ilişkisi elde edilmiştir.

Ashori ve ark. (2012), çimentolu yongalevha üretiminde atık ahşap demiryolu traverslerinin değerlendirilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, artık ahşap demiryolu traverslerinin kullanımının, çimentolu levhaların su alma ve kalınlığına şişme değerlerini düşürdüğünü ve mekanik özellikleri üzerinde ise önemli bir etkiye sahip olmadığını tespit etmişlerdir.

Nasser ve ark. (2016), soğuk veya sıcak su ekstraksiyonu ve %3 oranında CaCl_2 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ veya MgCl_2 kimyasal katkı maddelerinin kullanılması ile 6 farklı ağaç türünün budama artıklarından çimentolu yongalevha üretiminin mümkün olduğunu ifade etmişlerdir.

Huang ve Cooper (2000), CCA ile emprenye edilmiş kızılçam tel direklerinin çimentolu levha üretiminde

değerlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada; CCA ile emprenyeli kızılçam odunlarının Portland çimentosu ile daha uyumlu olduğu ve çimentolu yongalevhaların suya karşı dayanım, boyutsal kararlılık ve mekanik direnç değerlerini artırdığı tespit edilmiştir. CCA ile emprenyeli kızılçam odunlarının çimentolu yongalevhada kullanımıyla bakır ve arsenik sızıntısı büyük oranda engellenmiştir. Ayrıca, CCA ile emprenyeli yongalardan üretilen çimentolu levhalar, yapılan mantar çürüklük testlerinde de yüksek dayanım özellikleri göstermiştir.

Bu çalışmada, CCA ile emprenye edilmiş sarıçam planya artıklarından üretilen çimentolu yongalevhalar üzerine pres sıcaklığı ve odun/çimento oranının etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, 3 farklı odun-çimento oranı (1/2, 1/2.5 ve 1/3) ve 2 farklı pres sıcaklığı kullanarak CCA ile emprenyeli planya artıklarından tek tabakalı çimentolu yongalevhalar üretilmiştir. Üretilen deneme levhalarının mekanik (eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci, vida tutma direnci), fiziksel (rutubet, yoğunluk, su alma ve kalınlığına şişme oranı) ve termal (TGA/DTG) özellikleri belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar literatür ve ilgili EN standart değerler ile kıyaslanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Bu çalışmada kullanılan CCA ile emprenyeli sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) planya artıkları Trabzon TEDAŞ deposundan temin edilmiştir. Üretimden önce planya artıkları ince yongalama makinesinde öğütülmüş ve ardından elenmiştir. 1.5 mm'lik elekten geçen ve 0.5 mm'lik elek

üzerinde kalan yongalar üretimde kullanılmıştır. İnorganik bağlayıcı olarak kullanılan Portland çimentosu, Trabzon'daki Aşkale Çimento Fabrikası'ndan temin edilmiştir. Odun ile çimento arasındaki uyumluluğu artırmak amacıyla çimento ağırlığının %5'i oranında kullanılan kalsiyum klorür (CaCl_2), katı halde piyasadan satın alınmıştır. Deneme levhalarına ait üretim planı Çizelge 1'de verilmiştir.

Deneme levhalarının üretimi

Homojen bir şekilde karıştırılan odun-çimento-su karışımı, 50 cm x 50 cm ebadında ahşap kalıp kullanılarak alüminyum plaka üzerine serilmiştir. Levha taslağı, laboratuvar tipi sıcak pres kullanılarak 24 saat boyunca 18-20 kg/cm² basınç altında bekletilmiştir. Daha sonra, çimentonun hidrasyon reaksiyonunun devam etmesi nedeniyle, levhalar 20 ± 2 °C sıcaklık ve %65 ± 5 bağıl neme sahip klimatize odasında 4 hafta bekletilmiştir. Bu işlemten sonra, levhalar mekanik, fiziksel ve termal testler için ilgili standartlarda belirtilen boyutlarda kesilmiştir.

Mekanik ve fiziksel testler

Eğilme direnci (ED) ve eğilmede elastikiyet modülü (EEM) testleri, TS EN 310 (1999) standardına uygun olarak 250 mm x 50 mm x 10 mm boyutundaki örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Yüzeye dik çekme direnci (YDÇD) ve vida tutma direnci (VTD) testleri ise sırasıyla TS EN 319 (1999) ve TS EN 320 (2011) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Tüm mekanik testler, Zwick Roel Z050 universal test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Deneme levhalarına ait üretim planı

Levha Tipi	O/Ç Oranı*	Pres sıcaklığı	Diğer üretim parametreleri
C1	1/2	8 saat sıcak pres (60 °C) ve 16 saat soğuk presleme	Kimyasal katkı maddesi: %5 CaCl_2 Levha boyutu: 500 x 500 x 10 mm ³ Çimento: Portland çimentosu CEM II B-M (P-LL) 32.5 R Su/çimento oranı: 0.61 Pres basıncı: 18-20 kg/cm ²
C2	1/2.5		
C3	1/3		
C4	1/2	24 saat soğuk presleme	
C5	1/2.5		
C6	1/3		

*O/Ç: Odun-çimento oranı

Deneme levhalarının fiziksel testleri (rutubet miktarı, yoğunluk, su alma ve kalınlığına şişme oranı), 5 cm x 5 cm boyutunda örnekler kullanılarak sırasıyla TS EN 322 (1999), TS EN 323 (1999), ASTM D1037 (2006) ve TS EN 317 (1999) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Termogravimetrik analiz (TGA)

Deneme levhalarından kesilen küçük parçaların, öğütme ve eleme işlemlerinden sonra termal analiz numuneleri elde edilmiştir. Termogravimetrik analiz (TGA), PerkinElmer TGA-6000 termal analiz cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numunelerin TGA/DTG (Termogravimetrik/türev termogravimetrik) değerleri, çimento karbonizasyonunu önlemek için azot atmosferinde, 35 °C'den 900 °C'ye kadar 10 °C/dk ısıtma hızında ölçülmüştür.

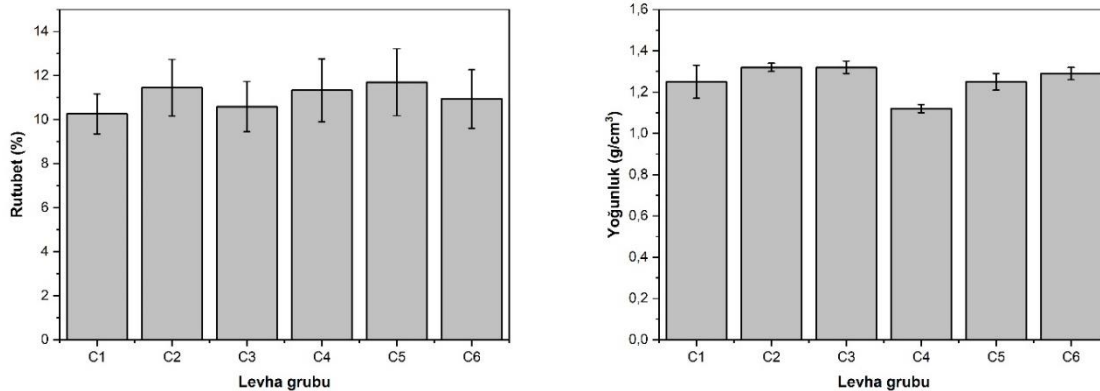
BULGULAR ve TARTIŞMA

Fiziksel özellikler

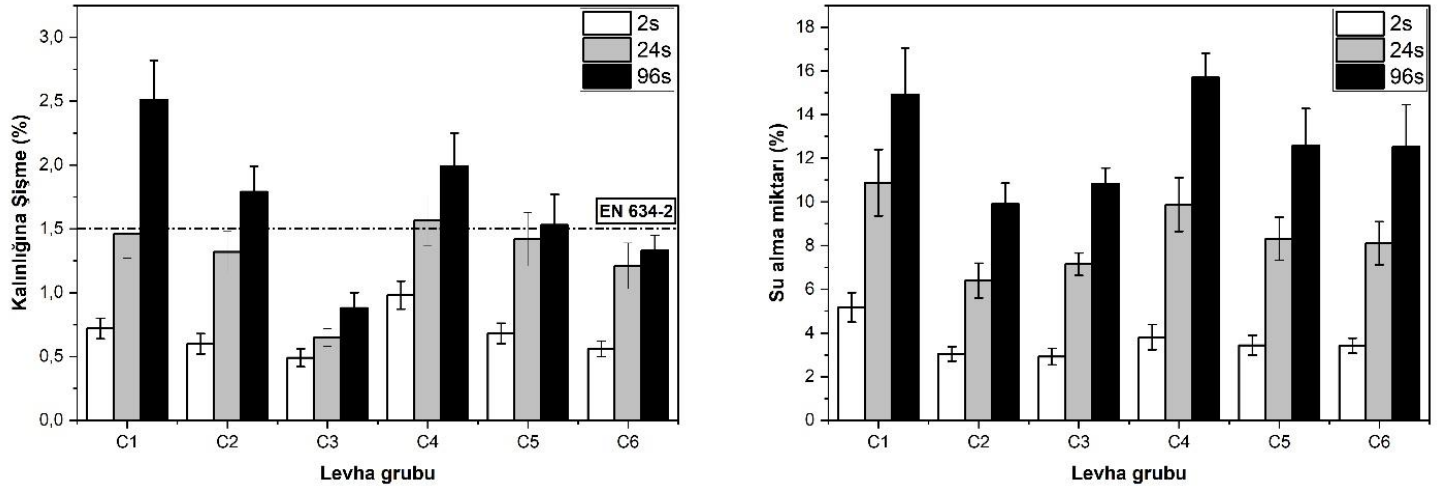
Emprenyeli odun artıklarından üretilen çimentolu yongalevhaların fiziksel özellikleri üzerine odun-çimento ve pres sıcaklığının etkisi belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 1-2 ve Çizelge 2-4'te verilmiştir. Levhaların rutubet değerleri %10.26 ile %11.70 arasında bulunmuştur. TS EN 634-1 (1999)'de çimentolu yongalevhaların rutubet değerleri %6 - %12 arasında verilmiştir. Levhaların rutubet değerleri standartlara uygun bulunmuştur. Yapılan istatistiksel analizi sonucu levhaların rutubet değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Yoğunluk değerlerinde genel olarak hedef yoğunluğa yakın değerler elde edilmekle birlikte C4

levha grubunda yoğunluk değerlerinde geri yaylanmadan kaynaklanan azalma daha fazla meydana gelmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda levhaların su alma ve kalınlığına şişme değerleri üzerine suda bekletme süresi, çimento oranı ve sıcaklık parametrelerinin önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Suda bekletme süresinin artmasıyla su alma ve kalınlığına şişme değerlerinde artış meydana gelirken çimento oranının artması da boyutsal kararlılığı olumlu etkilemiştir. Odun çimento kompozitlerinde kullanılan yonga miktarının artmasıyla birlikte yongaların daha fazla su alma meyiline sahip olması sebebiyle boyutsal kararlılıkta azalma meydana gelmektedir (Savastano ve ark. 2003). Marzuki ve ark. (2011) çimento oranının artmasıyla birlikte yongaların çimento ile daha iyi bir bağlanma gerçekleştirerek kalınlığına şişme değerlerini azalttığını belirtmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada çimento odun oranının 1.15'ten 2.75'e çıkması ile su alma ve kalınlığına şişme değerlerinde azalma meydana gelmiştir (Castro ve ark. 2018). Levhaların preslenmesi esnasında sıcaklık uygulaması, çimentonun hidratasyon reaksiyonu üzerinde olumlu etki yapmıştır. Bu durum, çimento ile odun arasındaki bağ kuvvetini arttırdığından dolayı, levhaların boyutsal kararlılığında önemli bir artış sağlanmıştır. TS EN 634-2 (2009)'de 24 saatte maksimum kalınlığına şişme oranı %1.5 olarak verilmiştir. C4 grubu hariç levhaların kalınlığına şişme değerleri standartla uyum göstermektedir. Odun-çimento oranının artması ve sıcaklık uygulanmaması C4 grubu levhalarda düşük odun-çimento bağına ve daha fazla geri yaylanmaya neden olmuştur. Bu durum, levhaların daha fazla su almasına ve daha fazla kalınlığına şişmesine neden olmuş olabilir.



Şekil 1. Çimentolu yongalevhaların rutubet ve yoğunluk değerleri



Çizelge 2. Yoğunluk ve rutubet değerlerine ait homojenlik grupları

Fiziksel özellikler	Homojenlik grupları						P değeri
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Yoğunluk	b	a	a	c	b	ab	0.0001
Rutubet	a	a	a	a	a	a	0.0714

Çizelge 3. Kalınlığına şişme değerlerine ait varyans analiz sonuçları ve homojenlik grupları

Varyans kaynağı	P değeri	Homojenlik grupları			
Süre	0,0001	Süre	Çimento oranı		
Çimento oranı	0,0001	2 saat	a	1:3	a
Sıcaklık etkisi	0,0001	24 saat	b	1:2.5	b
Süre*Çimento oranı	0,0001	96 saat	c	1:1	c
Süre*Sıcaklık	0,0001				
Çimento oranı*Sıcaklık	0,0001				
Süre*Çimento oranı*Sıcaklık	0,0001				

Çizelge 4. Su alma miktarı değerlerine ait varyans analiz sonuçları ve homojenlik grupları

Varyans kaynağı	P değeri	Homojenlik grupları			
Süre	0.0001	Süre	Çimento oranı		
Çimento oranı	0.0001	2 saat	a	1:3	a
Sıcaklık etkisi	0.0001	24 saat	b	1:2.5	a
Süre*Çimento oranı	0.0001	96 saat	c	1:1	b
Süre*Sıcaklık	0.0001				
Çimento oranı*Sıcaklık	0.0001				
Süre*Çimento oranı*Sıcaklık	0.4687				

Mekanik özellikler

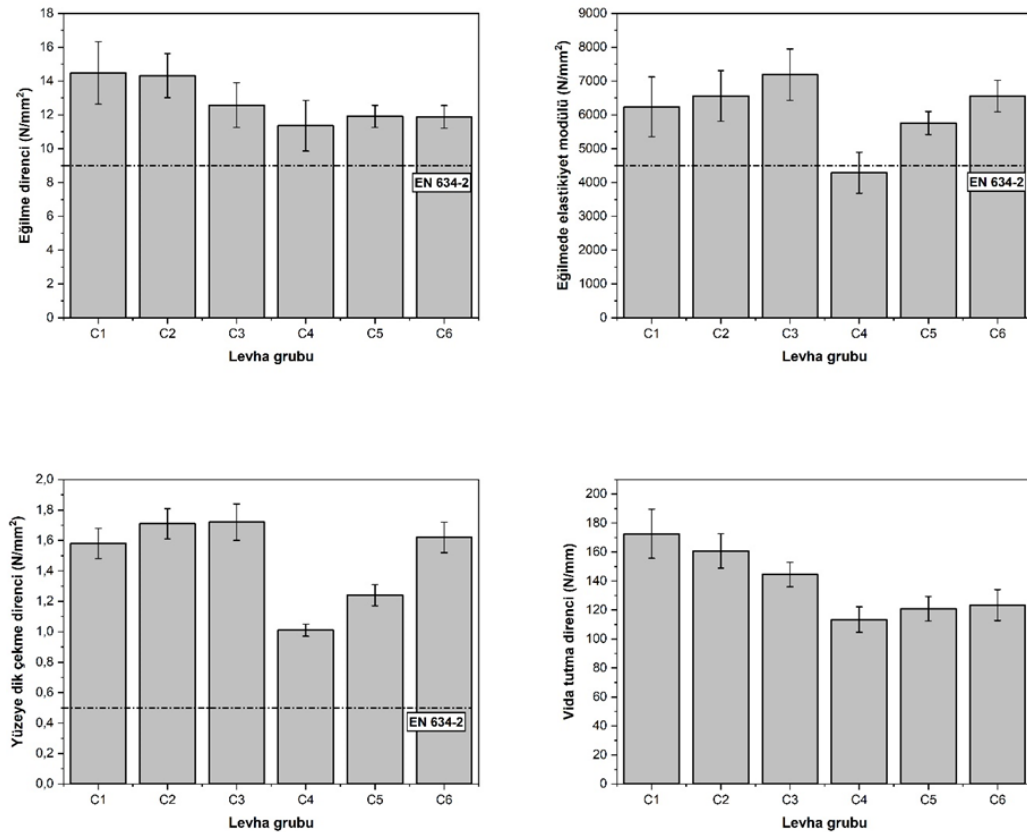
Emprenyeli odun artıklarından üretilen çimentolu yongalevhaların mekanik özellikleri üzerine odun-çimento ve pres sıcaklığının etkisi belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 3 ve Çizelge 5'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 5), hem odun-çimento oranı hem de pres sıcaklığının çimentolu yongalevhaların mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip

olduğu tespit edilmiştir. Ancak soğuk presleme ile üretilen levhaların eğilme direnci ve vida tutma direnci değerleri üzerinde odun-çimento oranının istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Genel olarak, üretimde 60 °C pres sıcaklığı uygulamanın levhaların mekanik özelliklerini artırdığı görülmüştür. 60 °C'ye kadar sıcaklık uygulamalarının çimento hidrasyonu üzerinde olumlu etkisinin olduğu bilinmektedir. Fakat ağaç türlerinin farklı kimyasal bileşime sahip olması ve yüksek

sıcaklıkta çözünürlüklerinin artmasından dolayı, odun-çimento kompozit malzemelerde sıcaklığın çimento hidratasyonu üzerindeki etkisi ağaç türüne göre farklılık gösterebilmektedir. Tang ve ark. (2017), farklı ortam sıcaklığının (normal, 40, 60, 75 and 90 °C) betonun hidratasyon reaksiyonu üzerindeki etkisini belirlediği çalışmada, sıcaklığın beton hidratasyonu üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu ve en yüksek mekanik özelliklerin 60 °C'lik ortamda sertleşen beton örneklerinden elde edildiğini rapor etmiştir. Yel ve ark. (2020), kavak ve ladin yongalarından üretilen çimentolu yongalevhaların üretiminde farklı pres sıcaklıkları (20, 30, 40, 50, 60, 70 ve 80 °C) uygulamıştır. En iyi mekanik ve fiziksel özellikler, 40 °C'de üretilen kavak esaslı levhalarda ve 60 °C'de üretilen ladin esaslı levhalarda bulunmuştur. Diğer taraftan, Ashori ve ark. (2012) demiryolu traverslerinden ürettikleri çimentolu levhalarda 25 °C ve 60 °C pres sıcaklığı uygulamıştır. Araştırmacılar, en yüksek mekanik özellikler ve en düşük fiziksel özelliklerin, 25 °C'de üretilen levhalardan elde edildiğini rapor etmiştir. Huang ve Cooper (2000), emprenyeli kızılçam odununun emprenyesiz olana göre çimento ile daha iyi

uyumluluk gösterdiği ve dolayısıyla daha iyi mekanik ve fiziksel özellikler verdiğini belirtmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında, emprenyeli kızılçam odunundan üretilen çimentolu levhaların eğilme direnci (2-6 N/mm²) ve eğilmede elastikiyet modülü (2000-3800 N/mm²) değerlerinin çok daha düşük olduğu ve standart değerleri karşılamadığı anlaşılmaktadır.

TS EN 634-2 (2009) standardında, çimentolu yongalevhaların eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnç değerlerinin sırasıyla minimum 9 N/mm², 4500 N/mm² ve 0.5 N/mm² olması gerektiği belirtilmiştir. Üretilen tüm levhaların eğilme direnci ve yüzeye dik çekme direnci değerleri, standart değerlerin üzerinde bulunmuştur. C4 grubu hariç diğer tüm levha gruplarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri de standardı karşılamıştır. Odun-çimento oranının artması ve preslemede sıcaklık uygulanmaması, C4 grubu levhalarda düşük odun-çimento bağına, daha fazla geri yaylanmaya ve daha düşük yoğunluğa neden olmuştur. Bu durum, C4 grubu levhalarda daha fazla direnç kayıpları meydana getirmiştir.



Şekil 3. Çimentolu yongalevhaların mekanik özellikleri

Eğilme direnci ve vida tutma direnci testlerinde en yüksek değerler, 1/2 odun-çimento oranı ve 60 °C pres sıcaklığı uygulanan C1 grubu levhalarda, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzey dik çekme direnci testlerinde ise en yüksek değerler 1/3 odun-çimento oranı ve 60 °C pres sıcaklığı uygulanan C3 levha grubunda gözlenmiştir. Levhada çimento miktarının artması eğilme direnci ve vida tutma direncini düşürürken, eğilmede elastikiyet modülünü ve yüzeye dik çekme direnci değerlerini arttırmıştır. Elde edilen sonuçlar literatür ile uyumluluk göstermektedir. Papadopoulos ve ark. (2006) çalışmalarında 1/2 ve 1/3 odun-çimento oranı kullanarak ürettikleri çimentolu levhaların eğilme direnci değerlerini sırasıyla 12.25 N/mm² ve 8.27 N/mm², eğilmede elastikiyet modülü değerlerini sırasıyla 4949.1 N/mm² ve 5212.5 N/mm² ve yüzeye dik çekme direnci değerlerini ise sırasıyla 0.87 N/mm² ve 0.94 N/mm² bulmuştur. Yonga miktarı ve yongalar arası yüzey temas alanının artması, dolayısıyla yük altında levhanın geriliminin yük uygulanan bölgeden diğer bölgelere dağılışı artmakta ve levhanın eğilme direncinde artış olmaktadır. Bunun yanında, çimentonun odundan daha rijit bir yapıya sahip olmasından dolayı çimentolu yongalevhalarda çimento miktarı arttıkça eğilmede elastikiyet modülü de artmıştır (Moslemi ve Pfister 1987). C4 levha grubunun en düşük mekanik özellikler vermesi, diğer faktörler yanında geri yaylanmadan kaynaklı düşük yoğunluk değerlerinin de etkisi olmuş olabilir.

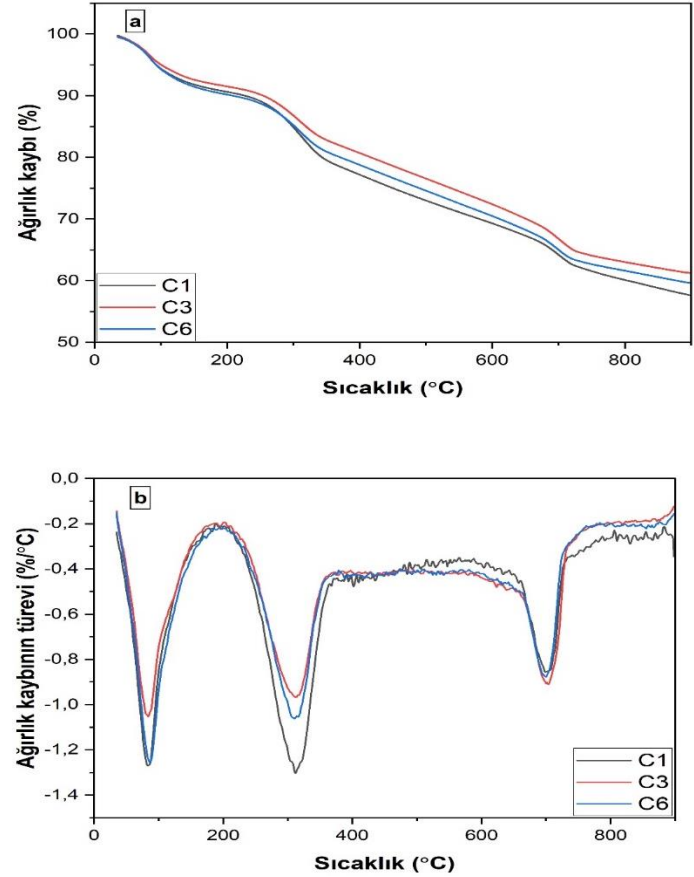
Çizelge 5. Mekanik özelliklere ait varyans analizi sonuçları ve homojenlik grupları

Mekanik özellikler	Homojenlik grupları						P değeri
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
ED	a	a	b	b	b	b	0.0001
EEM	bc	ab	a	d	c	ab	0.0001
YDÇD	b	a	a	d	c	b	0.0001
VTD	a	b	c	d	d	d	0.0001

ED: Eğilme direnci, EEM: Eğilmede elastikiyet modülü, YDÇD: Yüzeye dik çekme direnci, VTD: Vida tutma direnci

Termal özellikler

Levhaların termogravimetrik analiz (TGA) sonuçları Şekil 4 ve Çizelge 6'da verilmiştir. Levha örneklerinin oda sıcaklığından 900 °C'ye kadar ısıtıldığı termal analizde 4



Şekil 4. Çimentolu yongalevhaların TGA (a) ve DTG (b) grafikleri

adet endotermik pik meydana geldiği görülmüştür (Şekil 4). İlk pikler (75- 104 °C), levhalardaki kalsiyum silikat hidrat (C-S-H), etrenjit ve odun yongalarından su ayrılması sonucu meydana gelmektedir (Wang ve ark. 2020). İkinci pikler (290-325 °C), levhadaki odun bileşenlerinin [(selüloz (275-350 °C), hemiselüloz (180-350 °C), lignin (250-500 °C)] bozunması sonucu meydana gelmiştir (Kim ve ark. 2006). Bu nedenle, çimentolu yongalevhadaki odun/çimento oranının artması, 2. Pik'teki ağırlık kaybını artırdığı görülmüştür (Çizelge 6). Üçüncü pikler (395-4467 °C), bir çimento hidratasyon ürünü olan kalsiyum hidroksitin [Ca(OH)₂] bozunması ile ilgilidir. Kalsiyum hidroksit miktarı, çimento hidratasyon derecesi hakkında çok önemli bir göstergedir. Kalsiyum hidroksit miktarı ne kadar fazla ise, çimento hidratasyon derecesinin de o kadar yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Odun-çimento oranı azaldıkça, levhadaki odun miktarı azalmakta ve çimento miktarı artmaktadır. Bu durum, çimento hidratasyonun odundan daha az etkileneceği ve daha fazla hidratasyon ürünü meydana getireceği anlamına gelmektedir. Bu nedenle odun-çimento oranı azaldıkça, 3. Pik'teki ağırlık kaybı artmıştır. Ayrıca,

Çizelge 6. Çimentolu yongalevhaların TGA sonuçları

Levha	1. pik		2. pik		3. pik		4. pik		Kalıntı miktarı
Tipi	T (°C)	AK (%)	T (°C)	AK (%)	T (°C)	AK (%)	T (°C)	AK (%)	(900 °C)
C1	83	3.94	311	6.92	447	0.64	694	2.07	57.65
C3	81	3.45	318	4.85	396	0.74	698	2.32	61.240
C6	94	4.86	315	5.32	426	0.52	709	2.16	59.617

*T: Sıcaklık (°C); AK: Ağırlık kaybı (%)

levhalara sıcaklık uygulaması ile 3.Pik'teki ağırlık kaybı miktarının %0.52'den %0.74'e çıktığı görülmüştür. Bu durum, sıcaklık uygulamasının çimento hidratasyonu üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Bu sonuçlar, levhaların mekanik ve fiziksel özelliklerindeki gelişmelerin sebebini açıklamaktadır.

Yaklaşık 703 °C'de ortaya çıkan son pikler ise, levhadaki kalsiyum karbonatın dekarbonizasyonundan kaynaklanmaktadır. Kalsiyum karbonat (CaCO_3), bir çimento hidratasyon ürünü olmayıp, kalsiyum hidroksitin [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] karbon dioksit (CO_2) ile reaksiyonu sonucu oluşmaktadır (Yel ve ark. 2020, Wang ve ark. 2020). Çimento hidratasyon derecesinin artması kalsiyum hidroksit miktarını arttırmış ve bu nedenle kalsiyum karbonat miktarı da artmıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada, CCA ile emprenyeli sarıçam odunu ile Portland çimentosu arasında yüksek bir uyumluluk olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle, üretilen levhaların mekanik direnci, suya karşı dayanımı ve boyutsal kararlılığı, normal odundan üretilen levhalara göre oldukça yüksek bulunmuştur. CCA ile emprenyeli sarıçam odunu ile çimento arasındaki yüksek uyumluluk nedeniyle, 60 °C pres sıcaklığı uygulaması, levhaların kalınlığına şişme oranı ve mekanik özelliklerinde önemli bir iyileşmeye neden olmuştur. En yüksek eğilme ve vida tutma direnci değerleri, 1/2 odun-çimento oranı ve 60 °C pres sıcaklığı uygulanan levhalarda, en yüksek eğilmede elastikiyet modülü ve yüzey dik çekme direnci değerleri ise 1/3 odun-çimento oranı ve 60 °C pres sıcaklığı uygulanan levha grubundan elde edilmiştir. Levhalarda çimento miktarının artması eğilme direncini %21 ve vida tutma direncini %34'e kadar düşürürken, eğilmede elastikiyet

modülünü %45 ve yüzeye dik çekme direncini %56'ya kadar artırdığı görülmüştür. TGA sonuçlarına göre, 60 °C pres sıcaklığı uygulaması levhalardaki çimento hidratasyon ürününün artmasına neden olmuştur. Ayrıca odun-çimento oranının artması çimento hidratasyon ürünlerinin azalmasına neden olmuştur. Bu çalışma, üretimde 60 °C pres sıcaklığı uygulayarak CCA ile emprenyeli sarıçam planya artıklarından yüksek direnç özelliklerine sahip çimentolu yongalevhalar üretilebileceğini göstermiştir. CCA ile emprenyeli sarıçam planya artıklarının odun-çimento kompozit malzeme üretiminde değerlendirilmesi, ekonomik ve çevresel faktörler açısından oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

- Aro M (2008) Wood Strand Cement Board. In: Proceedings of 11th International Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference. Madrid, İspanya, pp 169-179.
- Ashori A, Tabarsa T, Amos F (2012) Evaluation of using waste timber railway sleepers in wood-cement composite materials. *Construction and Building Materials* 27: 126–129.
- ASTM D1037 (2006) Standard test method for evaluating properties of wood-based fibres and particle panel materials. ASTM, ABD.
- Brahmia FZ, Horvath PG, Alpar TL (2020) Effect of pre-treatments and additives on the improvement of cement wood composites: a review. *BioResources* 15(3): 7288-7308.
- Castro V, Parchen C, Iwakiri S (2018) Particle sizes and wood/cement ratio effect on the production of vibro-compacted composites. *Floresta e Ambiente* 25(4): e20150213.
- Huang C ve Cooper PA (2000) Cement-bonded particleboard using CCA-treated wood removed from service. *Forest Products Journal* 50(6): 49-56.
- Kalaycıoğlu H, Özen R (2012) Yongalevha endüstrisi ders notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayını, No: 89, Trabzon.
- Kasai Y, Kawamura M, Zhou JD (1998) Study on wood chip concrete with used timber. In: Proceedings of Fourth CANMET/ACI/JCI International Conference. Tokushima, Japonya, pp 905–928.
- Kochova K, Gauvin F, Schollbach K, Brouwers HJH (2020) Using alternative waste coir fibres as a reinforcement in cement-fibre composites. *Construction and Building Materials* 231:1-10.
- Marzuki AR, Rahim S, Hamidah M, Ruslan RA (2011) Effects of wood: cement ratio on mechanical and physical properties of three-

- layered cement-bonded particleboards from *Leucaena leucocephala*. *Journal of Tropical Forest Science* 23(1): 67-72.
- Moslemi AA, Pfister SC (1987) The influence of cement-wood ratio and cement type on bending strength and dimensional stability of wood- cement composite panels. *Wood Fiber Science* 19: 165-175.
- Nasser RA, Salem MZM, Al-Mefarrej HA, Aref İM (2016) Use of tree pruning wastes for manufacturing of wood reinforced cement composites. *Cement and Concrete Composites* 72: 246-256.
- Nasser R A, Al-Mefarrej HA, Abdel-Aal MA, Alshahrani TS (2014) Effects of tree species and wood particle size on the properties of cement-bonded particleboard manufacturing from tree prunings. *Journal of Environmental Biology* 35: 961-971.
- Papadopoulos AN, Ntalos GA, Kakaras I (2006) Mechanical and physical properties of cement-bonded OSB. *European Journal of Wood and Wood Products* 64: 517-518.
- Qi H, Cooper PA, Wan H (2006) Effect of carbon dioxide injection on production of wood cement composites from waste medium density fiberboard (MDF). *Waste Management* 26: 509-515.
- Quiroga A, Marzocchi V, Rintoul I (2016) Influence of wood treatments on mechanical properties of wood-cement composites and of *Populus Euroamericana* wood fibers, *Composites Part B: Engineering* 84: 25-32.
- Rana MN, Islam MN, Nath SK, Das AK, Ashaduzzaman M, Shams MI (2020) Influence of chemical additive on the physical and mechanical properties of cement - bonded composite panels made from jute stick. *Journal of Building Engineering* 31: 1-6.
- Savastano JR, Warden PG, Coutts RS (2003) Potential of alternative fibre cements as building materials for developing areas. *Cement and Concrete composites* 25(6): 585-592.
- Semple E, Evans PD (2004) Suitability of Western Australian mallee eucalypt, blue gum and melaleucas, *Rural Industries Research and Development Corporation, Publication 4 (102), Kingston, Avustralya*.
- Tang Y, Su H, Huang S, Qu C, Yang J (2017) Effect of curing temperature on the durability of concrete under highly geothermal environment, *Advances in Materials Science and Engineering* 2017: 1-9.
- TS EN 322 (1999) Ahşap esaslı levhalar-rutubet miktarının tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 323 (1999) Ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığının tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 317 (1999) Yonga levhalar ve lif levhalar-su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 310 (1999) Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 319 (1999) Yonga levhalar ve lif levhalar-levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 320 (2011) Yonga levhalar ve lif levhalar-vida tutma mukavemetinin tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 634-1 (1999) Çimentolu yonga levhalar- özellikler- bölüm 1: genel özellikler. TSE, Ankara.
- TS EN 634-2 (2009) Çimentolu yonga levhalar - özellikler - bölüm 2: kuru, nemli ve açık hava şartlarında kullanılan normal Portland çimentosu (NPÇ) ile yapıştırılmış yonga levhaların özellikleri. TSE, Ankara.
- Wang L, Chen L, Tsang DCW, Guo B, Yang J, Shen Z, Hou D, Ok YS, Poon CS (2020) Biochar as green additives in cement-based composites with carbon dioxide curing, *Journal of Cleaner Production* 258: 1-8.
- Yel H, Donmez Cavdar A, Boran Torun S (2020) Effect of press temperature on some properties of cement bonded particleboard. *Maderas Cienc Tecnol* 22(1): 83-92.
- Yel H (2015) Bazı üretim faktörlerinin çimentolu yongalevhaların özellikleri üzerine etkileri. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Trabzon, 225s*.

Tuz stresi altındaki mısır fidelerine aseton o-(4 klorofenilsülfonil) oksim ön uygulamasının biyokimyasal parametreler üzerine etkilerinin araştırılması

Investigation of the effects of acetone o-(4 chlorophenylsulfonyl) oxime pre-application on biochemical parameters of maize seedlings under salt stress

Fuat YETİŞSİN¹, Aylin KARAKAYA¹

¹Muş Alparslan Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Muş, Türkiye

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17471/artvinofd.980327

Sorumlu yazar / Corresponding author

Fuat YETİŞSİN

e-mail:f.yetissin@alparslan.edu.tr

Geliş tarihi / Received

08.08.2021

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

01.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted

04.03.2022

Elektronik erişim / Online available

16.05.2022

Anahtar kelimeler:

Mısır

Tuz stresi

Aseton O - (4-klorofenilsülfonil) Oksim (AO)

Antioksidan sistem

Keywords:

Maize

Salt stress

Acetone O - (4-chlorophenylsulfonyl)

Oxime (AO)

Antioxidant system

Özet

Mevcut çalışmanın temel amacı, tuz stresi altındaki mısır fidelerine aseton O-(4 klorofenilsülfonil) oksim (AO) molekülünün ön muamelesinin stresin olumsuz etkilerini hafifletici etkilerinin olup olmadığının araştırılmasıdır. Bunun için; 18 saat distile su kontrol (K), 6 saat AO+12 saat distile su (AO), 6 saat distile su+12 saat 100 mM NaCl (TS) ve 6 saat AO+12 saat 100 mM NaCl (AO+TS) deney düzeneği kurulmuştur. Elde edilen bulgulara göre; kontrol uygulaması ile AO uygulaması arasında nispi su içeriği (NSİ) açısından bir fark saptanamazken, TS'de ciddi bir düşüş AO+TS'de ise kontrole göre önemli bir artış olduğu belirlendi. Klorofil içeriği TS uygulamasında AO ve kontrole göre azalırken, AO+TS uygulamasında içerik TS'ye göre önemli bir artış gösterdi. En yüksek karotenoid içeriği TS uygulamasında görülürken, en düşük içerik AO+TS'de belirlendi. MDA ve H₂O₂ içeriklerinde AO uygulamasında kontrole göre önemli bir azalış gözlenirken, TS'de kontrole göre ciddi bir artış AO+TS'de ise TS ile kıyaslandığında önemli bir azalış belirlendi. Guaiacol peroksidaz, katalaz, askorbat peroksidaz ve süperoksit dismutaz enzimleri AO ön uygulaması ile aktivitelerini düzenleyerek MDA ve H₂O₂ içeriğini önemli ölçüde azalttığı belirlendi. AO uygulaması ile prolin içeriğinde kontrole göre önemli bir artış gözlenirken, AO+TS'nin TS uygulamasına göre içerikte önemli bir azalışa neden olduğu belirlendi. AO uygulamasının fenolik madde içeriği üzerinde önemli değişikliklere neden olduğu gözlemlendi. Elde edilen bulgular ışığında, tuz stresi altındaki mısır fidelerine AO ön uygulamasının metabolizmanın genel işleyişini engelleme potansiyeline sahip radikallerin oluşumunu engelleyebileceğini düşündürmektedir.

Abstract

The main purpose of the current study is to investigate if the pretreatment of acetone O-(4 chlorophenylsulfonyl) oxime (AO) molecule on maize seedlings under salt stress has mitigating effects on the adverse effects of stress or not. The following experimental setup was established: 18 hours distilled water control (K), 6 hours AO+12 hours distilled water (AO), 6 hours distilled water+then 12 hours 100 mM NaCl (TS) and 6 hours AO+then 12 hours 100 mM NaCl (AO+TS). According to the findings; While there was no difference between the control application and the AO application in terms of relative water content (RSI), it was determined that there was a significant decrease in TS and a significant increase in AO+TS compared to the control. While the chlorophyll content decreased in TS application compared to AO and control, the content increased significantly in AO+TS application compared to TS. While the highest carotenoid content was observed in the TS application, the lowest content was determined in AO+TS. While a significant decrease was observed in MDA and H₂O₂ contents in AO application compared to the control, a significant increase in TS compared to the control and a significant decrease in AO+TS compared to TS were determined. It was determined that guaiacol peroxidase, catalase, ascorbate peroxidase, and superoxide dismutase enzymes significantly reduced MDA and H₂O₂ content by regulating their activities with AO pre-application. While a significant increase was observed in proline content with AO application compared to control, it was determined that AO+TS caused a significant decrease in content compared to TS application. It was observed that AO application caused significant changes in the phenolic substance content. In the light of the findings, it is thought that it can be concluded that AO pre-application to maize seedlings under salt stress can prevent the formation of radicals that have the potential to inhibit the general functioning of metabolism.

GİRİŞ

Çevresel koşullar bitkilerin büyümesini, gelişmesini ve üretkenliğini etkiler. Tuzluluk, düşük sıcaklık ve kuraklık gibi abiyotik stresler, tarımsal sistemlerde hasat edilen

ürün miktarındaki azalmanın başlıca sorumlusudur (Boyer 1982). Tuzluluk, hem kayaçların aşınması, tuzlu sular, rüzgar, yağmurla taşınan okyanus tortuları ve iklimsel etmenler gibi doğal sebepler hem de tarımsal alanlarda yapılan yanlış sulamalar ile çeşitli tuzlar bakımından

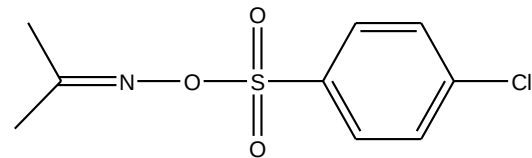
zengin yer altı sularının toprak yüzeyine yükselmesi, aşırı otlama, bilinçsizce tarım arazilerinin açılması ve tuzluluğa neden olan kimyasalların kullanımı gibi yapay sebepler sonucu oluşan ve tarımsal üretimi önemli derecede kısıtlayan çevresel bir faktördür (Çulha ve Çakırlar 2012). Toprakta tuzluluk problemine neden olan bileşikler klorürler (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2), sülfatlar (Na_2SO_4 , MgSO_4), nitratlar (NaNO_3 , KNO_3), karbonatlar ve bikarbonatlar (CaCO_3 , Na_2CO_3 , NaHCO_3) ve boratlar olarak ifade edilebilir. Ancak genelde toprak tuzluluğu ve tuz stresi denildiğinde NaCl 'nin varlığından söz edilmektedir (Eroğlu 2007). Toprak tuzluluğu bitki büyüme ve gelişimini iki şekilde olumsuz yönde etkilemektedir: birincisi kök dışındaki iyonlar, üşüme veya kuraklığın yarattığı strese benzer şekilde ozmotik bir stres oluşturarak bitkinin topraktan su almasını güçleştirmesi, ikincisi Na^+ ve Cl^- iyonlarının artışına bağlı olarak toksik etki oluşturmalarıdır (Ampudia-Galvan ve Testerink 2011, Munns 2005). NaCl fazlalığı su potansiyelini azaltmasının yanında, hücredeki iyon dengesini de bozarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Yüksek tuz (NaCl) alınımı diğer besleyici iyonların geçişi ile rekabet eder. Buna bağlı olarak bitkilerde Na^+ ve Cl^- düzeyleri artarken; Ca^{+2} , K^+ ve Mg^{+2} düzeylerinde azalma meydana gelir (Parida ve Das 2005). Sodyum klorürün 100 mM'ın üzerindeki konsantrasyonları hücreler için sitotoksik olarak kabul edilmektedir. Çünkü bu durumda birçok temel enzim aktivitesinin azaldığı, hücre bölünmesi ve gelişmesinin inhibe edildiği rapor edilmiştir (Mahajan ve ark., 2008). Özellikle büyüme ve gelişme için gerekli temel etmenlerden biri olan Ca^{+2} iyon alınımı etkilendiğinde, Na^+ hücre zarındaki Ca^{+2} ile yer değiştirerek zarın apoplast kısmında $\text{Na}^+/\text{Ca}^{+2}$ iyon oranının artmasına neden olur. Bu durumda, zarın fizyolojik ve fonksiyonel yapısında bozulmalar meydana gelir ve hücrenin Ca^{+2} dengesi olumsuz şekilde etkilenir (Çulha ve Çakırlar 2011). Türkiye'de toprakların 1,5 milyon hektara yakın kısmı tuzluluk sorunu ile karşı karşıyayken (Ekmekçi ve ark. 2005), Dünya genelinde toplam ekili tarım alanlarının %20'sinin, sulanan tarım alanlarının ise %33'ünün yüksek tuzluluktan etkilendiği tahmin edilmektedir. (Shrivastava ve Kumar 2015).

Dünya genelinde yetiştirilen önemli bir tahıl ürünü olan mısır (*Zea mays L.*), ABD'den sonra en çok Çin'de üretilmekte ve tüketilmektedir (Gale ve ark. 2014, Ashraf ve ark. 2016). Küresel gıda güvenliğinin önemli bir bileşeni olan mısır üretimi, çeşitli endüstrilerde artan talep nedeniyle artmaktadır (Rosegrant ve ark. 2012). Mısır su

eksikliğine karşı çok hassastır ve her iki yarım kürede de geniş alanlarda yetiştirilmektedir (Haarhoff ve Swanepoel 2018). Ayrıca mısır tanesinden elde edilen nişasta yağ ve glikoz da mısırı önemli bir sanayi bitkisi haline getirmektedir. 2050 yılı Dünya nüfus tahminleri göz önüne alındığında mısır üretiminin iki katına çıkarılması gerektiğini ortaya koymaktadır (Zu 2017).

Bitkilerde çeşitli abiyotik stres faktörlerine karşı salisilik Asit, GSH, H_2O_2 , askorbik asit, prolin, gallik asit ve nitrik oksit gibi çeşitli metabolitlerin ön muamelesinin mineral madde içeriği, genlerin regülasyonu, fotosentez hızı, kuru ağırlık ve antioksidan sistem gibi bazı parametreleri olumlu etkilediği ileri sürülmüştür (Cai ve ark. 2010, Zeng ve ark. 2012, Belkadhi ve ark. 2012, Güzel ve Terzi 2013, Yetişsin 2015, Yetişsin ve Kurt 2020). Bitkilerin büyümesini teşvik eden kimyasalların uygulanması, stres toleransını arttırmanın etkili, kolay, düşük riskli ve düşük maliyetli bir yoldur (He ve ark. 2009, Hamdia ve Shaddad 2010).

Söz konusu maddelere benzer özellikte olabilecek yeni ve alternatif ürünlerin araştırılması da oldukça önemlidir. Benzer özelliklere sahip olma potansiyelini taşıyan AO molekülünde $\text{C}=\text{C}$ çift bağına radikallerin katılması, $\text{C}=\text{N}$ veya $\text{C}=\text{S}$ bağından daha kolaydır. Çünkü $\text{C}=\text{N}$ veya $\text{C}=\text{S}$ bağlarının $\text{C}-\text{N}$ veya $\text{C}-\text{S}$ 'ye dönüştürülmesi, $\text{C}=\text{C}$ 'nin $\text{C}-\text{C}$ 'ye dönüştürülmesinden daha fazla enerji gerektirir. AO yapısındaki $\text{C}=\text{N}$, $\text{S}=\text{O}$ ve $\text{C}=\text{C}$ yapıları sayesinde radikallerin süpürülmesine katkı sağlayabileceği söylenebilir. Ayrıca yapıdaki elektron çeken $-\text{Cl}$ grubu radikallerin kararlılığını artırma özelliğine sahiptir. Çünkü moleküler yapıdaki elektronegatif veya elektropozitif grupların radikallerin kararlılığını arttırdığı bilinmektedir. Bu durumda yapıdaki $-\text{Cl}$ grubunun, ortamdaki radikallerin süpürülmesine katkı sağlayacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca yapıdaki konjugasyon, radikallerin stabilitesini artırabilir ve yapıya antioksidan özellikler katabilir. Böylece AO yapısının elektronik özellikleri ve deneyler sonucunda elde edilen veriler ışığında radikallere yapışarak antioksidan özelliğe sahip olduğu ifade edilebilir (Korkmaz ve Duran 2021, Korkmaz 2021, Korkmaz, yayınlanmamış makale).



Şekil 1. Aseton O-(4-klorofenilsülfonil) oksim'in yapısı

Savall ve ark. (2019)'da yaptıkları çalışmada *Artemia salina* ve *Rattus norvegicus*'un asetil kolin esterase enzimi üzerinde malathion zehirlenmesi ile yaptıkları çalışmada isatin ve oksim türevlerinin malathion inhibisyonuna karşı önemli bileşenlere sahip olduğunu, güvenli olduğunu ve kolin esterase enzimini yeniden aktive ettiğini belirtmişlerdir. Fareler üzerinde yapılan başka bir çalışmada, Dibenzofuranon-Oksim türevlerinin 10 mg/kg/7d konsantrasyonunda nöroprotektif etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Zhmurenko ve ark. 2020). Başka bir çalışmada, test edilen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal ajanlar olarak en etkili oksimler olarak çeşitli oksim türevleri not edilmiştir. Bazı oksim türevlerinin konsantrasyonundaki artışın daha yüksek antimikrobiyal aktiviteye neden olduğu belirlenmiştir (Lasri ve ark. 2020).

Yapılan literatür taramasında, tuz stresi koşullarında AO ön muamelesi sonucu bitkilerde oluşan hasarın boyutları ve bitkilerin verdiği yanıtlarla ilgili herhangi bir verinin olmadığı belirlenmiştir. Mevcut çalışma; tuz stresi koşullarındaki mısır fidelerine AO ön uygulamasının fidelerin fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerindeki etkilerinin araştırılmasını amaçlamaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiş olan ADA 523 isimli mısır (*Zea mays L.*) çeşidine ait sertifikalı tohumlar, toprak içeren 10 saksıya ekildi. Her saksıya 6 adet tohum ekildi. Bitkiler dört hafta süreyle, % 55-60 nem, 400 µmol m⁻² s⁻¹ ışık şiddeti, 25 °C ± 2 sıcaklık ve 16 saat ışık/8 saat karanlık periyodunda bir bitki büyütme odasında yetiştirildi. Bitkiler iki günde bir 200 mL musluk suyuyla sulandı. Deney için olgunlaşan bitkiler topraktan 2 cm yükseklikte gövdelerinden kesilerek saf su içeren cam tüplere aktarıldı. Yaralanma stresinin olumsuz etkilerini yatıştırmak için bir saat saf su içerisinde bekletilen bitkiler aşağıdaki uygulama gruplarına ayrıldı.

Uygulama grupları:

1. Uygulama: Kontrol, 18 saat saf su,
2. Uygulama: AO, önce 6 saat Aseton O-(4-klorofenilsülfonil)Oksim, sonra 12 saat saf su
3. Uygulama: TS, önce 6 saat saf su, sonra 12 saat Tuz (100 mM NaCl)

4. Uygulama: AO+TS, önce 6 saat Aseton O-(4-klorofenilsülfonil)Oksim, sonra 12 saat Tuz (100 mM NaCl),

Her uygulama grubu için 4 bitki kullanıldı. Bitkiler -20 °C'de saklandı. Elde edilen örneklerde aşağıdaki parametreler ölçüldü.

Yaprak Su İçeriği: Yaprakların su içeriğini belirlemek için nisbi su içeriği (RWC) ölçüldü (Barrs ve Weatherley 1962).

Yaprakta Nisbi Su İçeriği (RWC %): [(YA-KA)/(TA-KA)]x100

YA: Yaş Ağırlık KA: Kuru Ağırlık TA: Turgid Ağırlık

Fotosentetik Pigmentlerin Tayini: Fotosentetik pigmentlerin (karotenoid ve klorofil) tayini Arnon (1949)'a göre belirlendi. Pigment sentezinin bakır stresinden etkilendiği bilinmektedir. Bu analiz neticesinde bakır stresinden pigmentlerin ne oranda etkilendiği belirlendi. Ön muamelelerin pigmentler üzerine koruyucu etkileri saptandı. Bunun yanı sıra pigment değerlerinin bilinmesi lipid peroksidasyonu sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanıldı.

Prolin Tayini: Kurutulmuş numunelerden (0,2 g) alınarak 10 mL% 3'lük sülfosalisilik asit ile homojenizasyonun ardından filtre edildi. Süzöntü 22 °C'de 5,000 rpm'de 5 dk santrifüj edilecek. Süpernatant kısımlarından 1 mL alınarak üzerine 1 mL asetik asit ve 1 mL ninhidrin konulacak. Ninhidrin, asetik asit ve orto-fosforik asit kullanılarak hazırlandı. Daha sonra tüplere konulan örnekler 1 saat 100 °C'de su banyosunda tutulacak ve reaksiyon buzda sonlandırıldı. Soğuyan örneklerin üzerine 3 mL toluen eklenerek, vorteksle karıştırıldı. Ağzı kapaklı tüplere alınan örnekler 4.000 rpm'de 5 dk santrifüj edildi. Santrifüj sonrası pipetle üst faz sarsılmadan küvete alındı ve 520 nm'de spektrofotometrede okunacak (Bates ve ark. 1973). Sonuçlar gram taze ağırlık (TA) başına µg olarak ifade edildi.

Lipid Peroksidasyonu Tayini: Lipid peroksidasyon seviyesi, lipid peroksidasyonun bir ürünü olan malondialdehid içeriğine dayanarak Heath ve Packer (1968) metodunu takiben ölçüldü. Ekstraksiyon % 0.1 trikloro asetik asit (TCA) içerisinde yapıldı. Homojenat 15000 g de 5 dk santrifüj edildi. Süpernatantın 1 mL'sine 4 mL, % 20 TCA içerisinde hazırlanmış % 0.5 tiobarbiturik asit (TBA) ilave edildikten sonra, süpernatantın absorbansı 532 nm de kaydedildi. 600 nm de spesifik olmayan absorpsiyon için okunan değer hesaptan çıkarıldı. Elde edilen sonuç, formülde (A = E.c.l) yerine

konularak malondialdehit (MDA) konsantrasyonu hesaplandı.

H₂O₂ İçeriğinin Belirlenmesi: H₂O₂ içeriği Velikova ve ark. (2000) metoduna göre belirlendi. Yaprak numunelerinden 0,25 g alınarak 0,1 g aktif kömür ile birlikte 5 mL % 0,1 TCA içerisinde homojenize edildi. Homojenat 15.000 g de + 4 °C'de 15 dk santrifüj edildi. Süpernatanttan 1000 µL alınarak üzerine 1000 µL 10 mM potasyum fosfat tamponu ve 1500 µL 1 M KI ilave edildikten sonra oluşan sarı renk 390 nm'de spektrofotometredeki kayıtlı standart grafikten okundu.

Guaiakol Peroksidaz (GPX) Aktivitesinin Tayini: Guaiakol peroksidaz (EC 1.11.1.7) aktivitesi, Urbanek ve ark., (1991)'in yöntemine göre belirlendi. Enzim aktivitesi, 100 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,0), 0,1 mM EDTA, 5 mM guaiakol, 15 mM H₂O₂ ve 50 µL enzim ekstraktı içeren 2 mL'lik reaksiyon karışımının 470 nm'de 1 dakika süreyle ölçülmesiyle belirlendi. Guaiakol peroksidaz (GPX) aktivitesi $\epsilon=26,6 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ekstrikasyon katsayısının kullanılmasıyla hesaplandı.

Katalaz (CAT) Aktivitesinin Tayini: Katalaz (CAT, EC 1.11.1.6) aktivitesi, Aebi (1983)'nin yöntemine göre belirlendi. Enzim aktivitesi, 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,0), 30 mM H₂O₂ ve 20 µL enzim ekstraktı içeren 1 mL'lik reaksiyon karışımının 240 nm'de 5 dakika süreyle ölçülmesiyle belirlendi. Katalaz aktivitesi, H₂O₂ için $\epsilon=39,4 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ekstrikasyon katsayısının kullanılmasıyla hesaplandı.

Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitesinin Tayini: Süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1) aktivitesi, Beauchamp ve Fridovich (1971) metoduna göre belirlendi. 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,8), 0,1 mM EDTA, 13 mM metiyonin, 75 µM nitro blue tetrazolyum ve 50 µL ekstrakt ihtiva eden 1 mL reaksiyon ortamına 2 µM riboflavin ilave edilerek reaksiyon başlatıldı, bu karışım 10 dakika boyunca 375 µmol m⁻² s⁻¹ şiddetinde beyaz ışığa maruz bırakıldıktan sonra 560 nm'de absorbans değerleri belirlendi.

Askorbat Peroksidaz (APX) Aktivitesinin Tayini: Askorbat peroksidaz (APX, EC 1.11.1.11) aktivitesi, 290 nm'de absorbanstaki azalışa bağlı olarak belirlendi (Nakano ve

Asada 1981). Enzim aktivitesi, 50 mM potasyum fosfat tamponu (pH 7,0), 250 µM ASC, 5 mM H₂O₂ ve 20µl enzim ekstraktı içeren 1 mL'lik reaksiyon karışımının ölçülmesiyle belirlendi. Askorbat peroksidaz aktivitesi, 290 nm'de ASC için $\epsilon=2,8 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ ekstrikasyon katsayısının kullanılmasıyla hesaplandı.

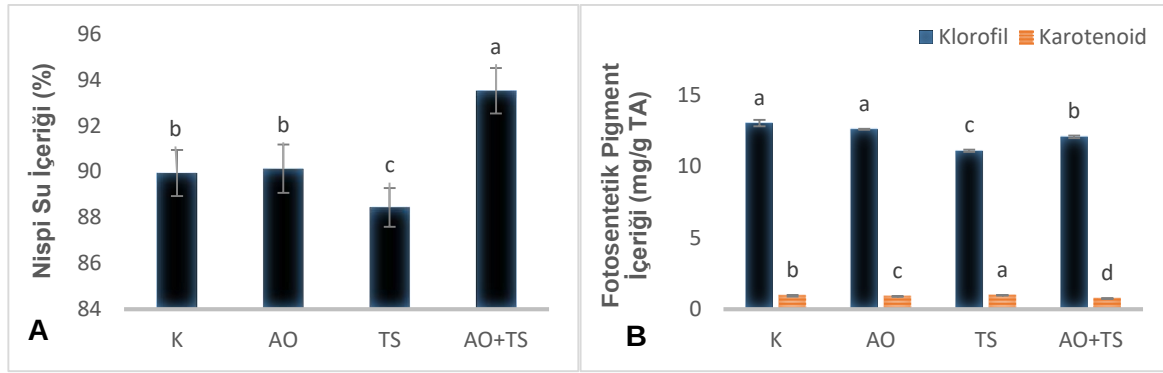
Fenolik Madde Tayini: HPLC ile fenolik madde miktarı tayini için 14 farklı standartın (askorbik asit, gallik asit, mirisetin, absisik asit, quersetin, apigenin, kaempferol, curcumin, catechol, vanillin, kafeik asit, sinnamik asit, rosmarinik asit ve salisilik asit) son konsantrasyonları 10 mg/mL olacak şekilde tartılıp 50 mL'lik balon jojeler içine konuldu. Standartlar hazırlanan %1'lik asetik asit ile 1/9 oranında asetonitril ilave edilerek çözelti hazırlandı. Çözeltiye 1/1 oranında metanol ilave edilerek standartları çözmek için gerekli olan stok çözelti hazırlandı. Stok çözeltilerden 5 farklı oranda (100 mM, 75 mM, 50 mM, 25 mM ve 10 mM) olacak şekilde numuneler hazırlandı (Tapan 2016).

İstatistiksel Analizler: Deneyler, tesadüf parseller deneme desenine göre en az 3 tekrarlı olarak yapıldı. Elde edilen bulgular Statistic Package for Social Sciences (SPSS 17.0) paket programının Duncan Çoklu Karşılaştırma testi ile değerlendirildi.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Uygulamaların Nispi Su İçeriği (NSİ) Üzerine Etkisi

Su stresi, NSİ içeriğinin azalmasına neden olur ve NSİ kuraklık stresinden etkilenen en önemli parametrelerden biridir (Hussain ve ark. 2019). Tuz stresinin farklı şiddetlerine maruz bırakılan *Oryza sativa*'nın farklı çeşitlerinde stresin şiddetine paralel olarak NSİ içeriğinin azaldığı ifade edilmiştir (Polash ve ark. 2018). Mevcut çalışmadan elde edilen bulgulara göre; AO uygulaması ile kontrol grubu arasında NSİ açısından önemli bir fark belirlenemezken, TS uygulamasının NSİ'sinde kontrole kıyasla önemli bir azalışın olduğu belirlendi. AO+TS uygulamasında ise tüm uygulamalara kıyasla en yüksek NSİ kaydedildi (Şekil 2A). Elde edilen bulgu AO'nun su durumu üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu ve bunu osmoregülasyon ile başardığına işaret etmektedir.



Şekil 2. Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının fotosentetik pigment ve nispi su içerikleri üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$).

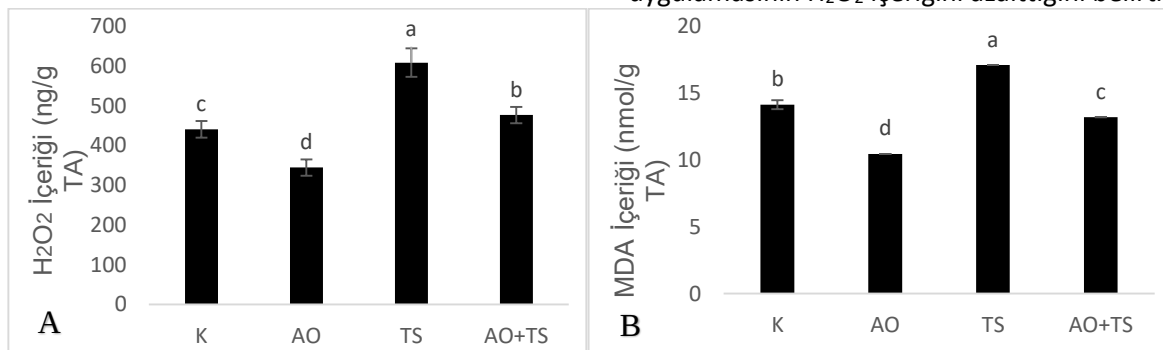
Uygulamaların Fotosentetik Pigment İçeriği Üzerine Etkisi

Su eksikliği ROS oluşumuna neden olur. ROS, hücrede membran lipitleri, nükleik asitler, proteinler, klorofiller ve makro moleküllere zarar vermektedir (Kaçar ve ark. 2006). Bu çalışmanın bulguları incelendiğinde, toplam klorofil içeriği açısından kontrol ile AO uygulamaları arasında istatistiki olarak önemli bir farkın olmadığı belirlendi. TS uygulaması yaprakların klorofil içeriğini kontrole göre azaltırken, AO+TS uygulamasında TS uygulamasına göre klorofil içeriğinde önemli bir artış kaydedildi. Karotenoid içeriği açısından AO uygulamasında kontrole kıyasla önemli bir azalışın olduğu fark edildi. TS uygulamasında yaprakların karotenoid içeriği tüm uygulamalara göre yüksekken, AO+TS uygulamasında karotenoid içeriğinin tüm uygulamalara göre en düşük olduğu belirlendi (Şekil 2B). Yarsi ve ark. (2017)'de kavun bitkisi üzerine yaptıkları bir çalışmada tuz stresinin hem klorofil hem de karotenoid içeriklerinde azalışa neden olduğunu ifade etmişlerdir. Mevcut çalışma klorofil içeriği açısından bu çalışma ile uyumlu iken karotenoid içeriği açısından aksi bulgular kaydetmektedir. Oysa tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde ROS'ların süpürülmesinde önemli bir antioksidan olan karotenoid içeriğinin artışının gerçekleşmesi metabolizmanın

işleyişinin korunması açısından daha uygun görülmektedir.

Uygulamaların Hidrojen Peroksit (H_2O_2) İçeriği Üzerine Etkisi

Abiyotik stresler, redoks reaksiyonlarının bir sonucu olarak süperoksit ($O_2^{\bullet-}$) ve H_2O_2 oluşumuna neden olur. Haber-Weiss reaksiyonu olarak bilinen H_2O_2 ve süperoksidin ($O_2^{\bullet-}$) reaksiyonu ile hidroksil radikalleri ($\bullet OH$) oluşur. Oluşan ROS'lar Fenton reaksiyonları ile oksidatif hasara neden olabilir (Smirnoff 1998). Oksitleyici özellikleri nedeniyle biyolojik sistemlerde oluşan H_2O_2 'nin ortamdaki uzaklaştırılması gerekmektedir (Mittler 2006). Bulgular ışığında AO uygulamasının kontrole kıyasla H_2O_2 içeriğinde önemli bir azalışa neden olduğu belirlendi. Tuz stresine maruz kalan fidelerde kontrole kıyasla H_2O_2 içeriğinde önemli bir artış gözlenirken, AO+TS uygulamasında TS uygulamasına göre önemli bir azalış belirlendi (Şekil 3A). Zhu ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada, 100 mM NaCl stresine maruz bırakılan *Arabidopsis thaliana* bitkisinde H_2O_2 miktarının önemli ölçüde arttığını rapor etmişlerdir. Elkelish ve ark. (2019)'nın soya fasulyesi (*Glycine max L.*) üzerinde yaptıkları bir çalışmada, mevcut çalışmaya benzer şekilde 100 mM tuz stresi altındaki bitkilere 2 mM kalsiyum ön uygulamasının H_2O_2 içeriğini azalttığını belirtmişlerdir.



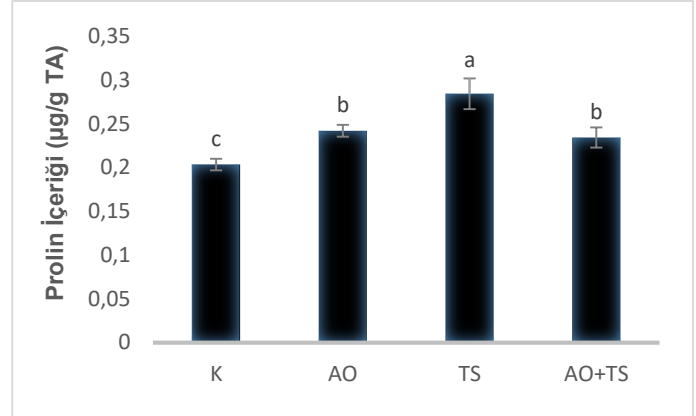
Şekil 3. Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının MDA ve H_2O_2 içerikleri üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$).

Uygulamaların MDA İçeriği Üzerine Etkisi

MDA içeriği, oksidatif stres koşulları tarafından oluşturulan önemli bir parametredir (Irigoyen ve ark. 1992). Lipid peroksidasyon oluşumu, stresörlere maruz kalmanın bir sonucu olarak serbest radikaller tarafından indüklenebilir (Thompson ve ark. 1987). AO uygulamasının kontrole kıyasla MDA içeriğinde önemli bir azalışa neden olduğu belirlendi. Tuz stresine maruz kalan fidelerde kontrole göre MDA içeriğinde önemli bir artış gözlenirken, AO+TS uygulamasının MDA içeriği TS uygulamasına kıyasla önemli bir azalış kaydedildi (Şekil 3B). Zhu ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada, 100 mM NaCl stresine maruz bırakılan Arabidopsis thaliana bitkisinde MDA içeriğinin önemli ölçüde arttığını rapor etmişlerdir. Elkelish ve ark. (2019)'nın soya fasulyesi (Glycine max L.) üzerinde yaptıkları bir çalışmada, mevcut çalışmaya benzer şekilde 100 mM tuz stresi altındaki bitkilere 2 mM kalsiyum ön uygulamasının MDA içeriğini önemli oranda azalttığını ifade etmişlerdir. Başka bir çalışmada da bütün bitkisine uygulanan tuz stresi MDA içeriğinde bir artışa neden olmuş, melatonin ön uygulaması ile tuz stresine kıyasla MDA içeriğinde önemli bir azalmanın olduğu görülmüştür (Armağan ve Memet 2018). Elde edilen bulguların ışığında tuz stresi altında H_2O_2 ve MDA içeriklerinin AO uygulaması ile önemli oranda azalmış olması AO ön uygulamasının antioksidan sistemin güçlü bir şekilde aktive olmasına sebep olduğunu düşündürmektedir.

Uygulamaların Prolin İçeriği Üzerine Etkisi

Bitkiler prolin artışı ile strese karşı adaptasyon mekanizması geliştirir (Saradhi 1991). Ahanger ve Agarwal (2017) tuz stresi altındaki buğday (Triticum aestivum L.) bitkisinde potasyum ön muamelesinin prolin seviyesini arttırdığını belirtmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular sonucunda, AO uygulamasının prolin içeriğini kontrole göre önemli oranda arttırdığı görüldü. TS'de kontrole göre prolin içeriğini önemli miktarda arttırırken, AO+TS uygulamasında TS'ye göre nispeten bir azalma belirlendi (Şekil 4). Mevcut çalışmadan elde edilen bulguların ışığında, AO ön uygulamasının tuz stresi altındaki mısır fidelerinde prolin birikimin uyararak tuz stresinin olumsuz etkilerine karşı ozmotik düzenlemeyle bitkiyi korumaya aldığı söylenebilir. AO+TS'de TS uygulamasına göre görülen nispi azalmanın AO'nun stresin olumsuz etkilerini bertaraf etmek için prolinin bir araç olarak tüketilmesini teşvik ettiği söylenebilir.



Şekil 4. Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının Prolin içeriği üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$).

Uygulamaların Antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkisi

Reaktif oksijen türlerini süpürülmesi için antioksidan enzimlerin uyumlu bir şekilde çalışmasına ihtiyaç vardır (Borna ve ark. 2021). Tuz stresi altında AO uygulamasının antioksidan enzimlerden süperoksit dismutaz (SOD), guaikol peroksidaz (GPX), katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APX) enzimlerinin aktivitelerindeki değişim incelendi.

Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi üzerine etkisi

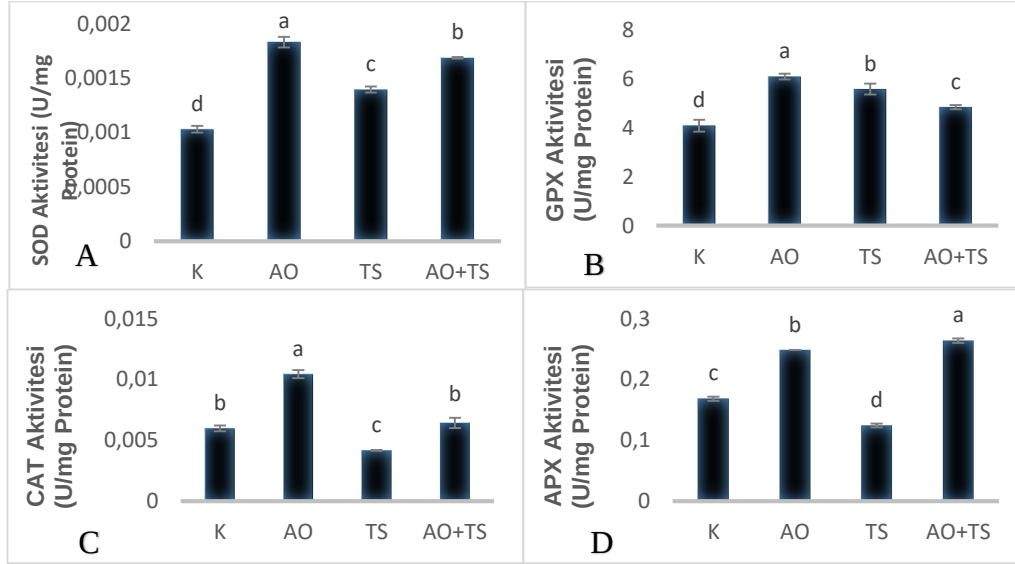
SOD enziminin katalitik etkisi ile süperoksit radikalının H_2O ile tepkimeye girmesi ile oluşan H_2O_2 APX, CAT ve GPX tarafından suya ve oksijene dönüştürülür (Asada 1999).

SOD enzim aktivitesi grafiği incelendiğinde; tek AO uygulaması SOD aktivitesinde istatistiksel olarak kontrole göre önemli bir artışa neden olduğu gözlemlendi. Tuz stresi altında SOD aktivitesinde önemli bir azalma oluşurken, AO+TS uygulamasında TS'ye göre istatistiki olarak önemli bir artış kaydedildi (Şekil 5A). Elkelish ve ark. (2019)'nın tuz stresi altındaki soya fasulyesine kalsiyum ön uygulaması yaptıkları çalışmada kontrol, kalsiyum ve TS uygulamaları ile mevcut çalışmadaki bulgular benzerken, Ca+TS uygulamasında bu çalışmanın aksine SOD aktivitesini arttığı kaydedildi. SOD enzimi bütün canlı organizmalarda süperoksiti temizleyerek hidroksil radikalının oluşum riskini azaltır ve oksidatif strese karşı merkezi bir rolü vardır (Mehlhorn ve ark. 1996). SOD enziminin farklı formlarının olması, hücrede farklı yerlerde bulunabilmesi ve SOD enzimini kodlayan genlerin strese duyarlı olması (Dixit ve ark. 2001) tuz stresi altındaki mısır fidelerine AO ön uygulaması ile SOD aktivitesinde önemli dalgalanmalara neden olabilir

Guaiakol peroksidaz (GPX) aktivitesine etkisi

GPX, stres sırasında oluşan H_2O_2 'nin temizlenmesini sağlayarak oksidatif strese karşı koruma görevi yapar. Stres altındaki bitkilerde GPX aktivitesinin arttığı bilinmektedir (Gaspar ve ark. 1991). Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre; tek AO uygulaması GPX aktivitesinde kontrole göre önemli bir artışa neden olurken, TS'de kontrole göre artış ama AO'ya göre ise

nispi bir aktivite azalışı kaydedildi. AO+TS uygulamasında kontrole göre önemli bir artış görülürken, TS'ye göre nispi bir azalış belirlendi (Şekil 5B). Tuz stresine maruz bırakılan *A. thaliana* bitkisinde GPX aktivitesinin arttığı ifade edilmiştir (Feng ve ark. 2019). Tuz stresi altında AO ön uygulamasının GPX aktivitesinde meydana getirdiği azalmanın bir sonucu olarak; AO'nun oksidatif strese karşı korumada, H_2O_2 ve MDA içeriklerini azaltılmasıyla kritik bir rol oynadığı söylenebilir.



Şekil 5. Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının SOD, GPX, CAT ve APX enzimlerinin aktiviteleri üzerine etkisi. Aynı harflerle gösterilen barlar arasındaki fark önemsizdir ($P \leq 0,05$).

Katalaz (CAT) aktivitesine etkisi

Bitki hücrelerinde stresli şartlarda oluşan H_2O_2 'nin katalaz enzimi tarafından parçalanabileceği ifade edilmektedir (Feierabend ve ark. 1992). CAT enzimi aktivitesine ilişkin bulgular değerlendirildiğinde tek AO uygulaması tüm uygulamalara göre katalaz aktivitesinde en yüksek artışa neden olmuştur. Tuz stresi CAT aktivitesinde kontrole göre önemli bir azalışa neden olurken, AO+TS uygulamasında ise TS'ye göre CAT aktivitesinde önemli bir artış belirlendi (Şekil 5C). Doku kültüründe 21 gün 100 mM'lık tuz stresi altındaki domates bitkisi ile yapılan çalışmada CAT enzim aktivitesinde önemli bir azalma oluşurken, daha az tuz konsantrasyonlarında aktivitenin arttığı ifade edilmiştir (Sirinieng ve ark. 2015). Bu durum tuz stresinin CAT enziminin nispi inhibisyonuna neden olduğunu, H_2O_2 ve MDA içerikleri göz önünde bulundurulduğunda AO ön uygulamasının ise stresin olumsuz etkilerini hafifleterek enzim aktivitesinin artmasına neden olduğunu düşündürmektedir.

Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesine etkisi

Askorbat peroksidaz, askorbik asiti kullanarak H_2O_2 ile enzimatik olarak tepkimeye girerek H_2O_2 'nin H_2O ve O_2 'ye dönüşümünü katalize etmektedir. Kloroplast ve mitokondrilerde H_2O_2 'nin süpürülmesinde en önemli rolü askorbik asit oynamaktadır (Asada 1999). APX enzimi aktivitesi bulguları incelendiğinde AO uygulamasının kontrole göre APX aktivitesinde önemli bir artışa neden olduğu belirlenirken, en yüksek aktivite AO+TS'de kaydedildi. TS uygulamasında ise en düşük APX aktivitesi gözlemlendi (Şekil 5D). Tuz stresi altındaki buğdaya potasyum ön muamelesinin APX aktivitesini arttırdığı kaydedildi (Ahanger ve Agarwal 2017). AO+TS uygulamasındaki askorbik asit içeriğindeki artış ve H_2O_2 ile MDA içeriklerindeki azalış APX aktivitesindeki artış ve diğer antioksidan enzimlerin bulguları ile birlikte değerlendirildiğinde AO'nun antioksidan sistemin enzimatik ve enzimatik olmayan bileşenleri üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu ifade edilebilir.

Fenolik bileşik içerikleri üzerine etkisi

Metabolizmanın genel işleyişi içerisinde antioksidan sistem ile fenolik bileşikler arasında bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Fenolik bileşikler serbest radikallere H⁺ vererek hücreleri ROS'ların zararlı etkilerini karşı korurlar. Stres koşulları altında bitkilerin fenolik maddelerin içeriklerinde dalgalanmalar belirlenmiştir. (Kaya ve Artuvan 2016). Mevcut çalışmada fenolik bileşiklerden olduğu değerlendirilen, absisik asit (ABA), askorbik asit (AsA), salisilik asit (SA), gallik asit, trans-p-kumarik asit, mirisetin, 4-hidroksibenzoik asit, 3,4-dihidroksibenzoik asit, apigenin, kaempferol, kurkumin, kateşol, vanilik asit, kafeik asit, sinnamik asit, rozmarinik asit ve kuarsetin içerikleri HPLC ile belirlendi.

AsA oksidatif strese tolerans sağlamada ve süperoksit ile hidroksil radikallerinin temizlenmesinde rol aldığından, stres koşullarında bitki hücrelerinde miktarı artmaktadır

(Avşar 2018). Bu çalışmada tek başına AO uygulaması AsA içeriğinde kontrole göre önemli bir artışa neden olurken, en yüksek AsA içeriği AO+TS uygulamasında belirlendi. AO+TS uygulamasında da TS'ye kıyasla belirgin bir artış kaydedildi. Tuz stresi altındaki mısır bitkisine askorbik asitin eksojen uygulanması sonucunda iyileştirici etkisinin belirlenmiş olması (Doğru ve Torlak 2020) mevcut çalışmayı destekler niteliktedir. AO ön uygulaması ile AsA içeriğinde meydana gelen artış, APX enzim aktivitesinin ve antioksidan sistemin sürdürülebilirliğine önemli bir katkı sunmaktadır. Sekonder metabolizmanın önemli bileşikleri olan 4-hidroksibenzoik asit, 3,4 dihidroksibenzoik asit, kateşol ve sinnamik asit içeriklerinde hem AO'nun tek başına hem de stresle birlikte ön uygulamasının önemli dalgalanmalara neden olduğu belirlenmiştir. Ancak ABA, SA, trans-p-kumaric asit, mirisetin, kuarsetin, kurkumin, vanilik asit, kafeik asit, apigenin, kaempferol, rozmarinik asit ve gallik asit içerikleri saptanamadı (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tuz stresi koşullarında AO uygulamasının fenolik bileşik içerikleri üzerine etkisi (µg/g). Aynı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark önemsizdir (P ≤ 0.05).

Fenolik Maddeler	K	AO	TS	AO+TS
Absisik asit (ABA)	N/A	N/A	N/A	N/A
Askorbik asit (AsA)	2.96±0.56 ^d	3.48±0.08 ^c	4.43±0.10 ^b	6.49±0.32 ^a
Salisilik asit (SA)	N/A	N/A	N/A	N/A
Gallik asit	N/A	N/A	N/A	N/A
trans-p-kumarik asit	N/A	N/A	N/A	N/A
Mirisetin	N/A	N/A	N/A	N/A
4-Hidroksibenzoik asit	5.14±6.57 ^d	11.31±0.25 ^b	10.9±0.11 ^c	14.3±0.05 ^a
3,4-Dihidroksibenzoik asit	2.22±0.04 ^c	2.15±0.006 ^d	2.81±0.003 ^b	3.50±0.06 ^a
Apigenin	N/A	N/A	N/A	N/A
Kaempferol	N/A	N/A	N/A	N/A
Kurkumin	N/A	N/A	N/A	N/A
Kateşol	9.78±10.9 ^a	7.45±0.01 ^b	1.62±0.002 ^d	5.4±0.008 ^c
Vanillin	N/A	N/A	N/A	N/A
Kafeik asit	N/A	N/A	N/A	N/A
Sinamik asit	8.19±0.04 ^c	7.84±0.004 ^d	10.9±0.001 ^a	9.62±0.08 ^b
Rozmarinik asit	N/A	N/A	N/A	N/A
Kuarsetin	N/A	N/A	N/A	N/A

SONUÇ

Mevcut araştırma, tuz stresi altındaki mısır fidelerine AO ön uygulamasının fidelerin strese karşı fizyolojik durumunu gösteren parametreler üzerinde olumlu etkilerinin olup olmadığını incelemiştir. Sonuç olarak, tek AO ön uygulamasının mısır fideleri üzerinde olumsuz etkisinin olmadığına ve fidelerin tuz stresinin olumsuz etkilerinin üstesinden gelmesinde önemli katkılar

sağladığı belirlenmiştir. Bu durum, AO'nun sahip olduğu antioksidan özelliklerden ve metabolik bir düzenleyici molekül olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Teşekkürler

Bu çalışma Muş Alparslan Üniversitesi BAP biriminin BAP-20-TBMY-4902-01 nolu projesi ile desteklenmiştir. Ayrıca, AO bileşiğini sentezleyen Adem KORKMAZ ve ADA-523

mısır tohumlarını sağlayan Türkiye Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü'ne teşekkürler.

KAYNAKLAR

- Aebi HE (1983) Catalase. Methods of enzymatic analysis.
- Ahanger MA, Agarwal RM (2017) Salinity stress induced alterations in antioxidant metabolism and nitrogen assimilation in wheat (*Triticum aestivum* L.) as influenced by potassium supplementation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 115, 449-460.
- Ampudia-Galvan CS, Testerink C (2011) Salt stress signals shape the plant root, *Current Opinion in Plant Biology*, 14, 296-302.
- Armağan K, Memet İ (2018) Kuraklık ve Tuz Streslerine Maruz Kalan Tütün (*Nicotiana tabacum* L.) Bitkisinde Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler Üzerine Melatoninin Etkileri, *Tarım ve Doga Dergisi*, 21 (4), 559.
- Arnon DI (1949) Plant physiology. *Plant Physiol* 24:1-15.
- Asada K (1999) The water-water cycle in chloroplasts: scavenging of active oxygens and dissipation of excess photons, *Annual review of plant biology*, 50 (1), 601-639.
- Ashraf U, Salim MN, Sher A, Sabir SR, Khan A, Pan S, Tang X (2016) Maize growth, yield formation and water/nitrogen usage in response to varied irrigation and nitrogen supply under semi-arid climate. *Turkish Journal of Field Crops*, 21(1), 87-95. doi:10.17557/tjfc.93898.
- Avşar M (2018) Kuraklık stresinde fenilalanin uygulamasının reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinde fenolik bileşikler, antioksidan aktivite ve stres parametrelerine etkisi. *Biyoloji Ana Bilim Dalı, Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 5-70.
- Barrs H, Weatherley P (1962) A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust J Biol Sci* 15:413-428. doi: 10.1071/bi9620413.
- Bates L, Waldren R, Teare I (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil* 39:189-198. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00018060>.
- Beauchamp C, Fridovich I (1971) Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Anal Biochem* 44:276-287.
- Belkadi A, Hediji H, Abbes J, Djebali W, Chaibi W (2012) Influence of Salicylic Acid Pre-treatment of Cadmium Tolerance and Its Relationship with Non-Protein Thiol production in Flax Root, *African Journal of Biotechnology*, 11, 9788-9796.
- Borna F, Nazeri V, Ghaziani F, Shokrpour M (2021) Morphological and physiological response of some Iranian ecotypes of *Leonurus cardiaca* L. to drought stress, *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 37-50.
- Boyer JS (1982) Plant productivity and environment. *Science*, 218: 443-8.
- Cai Y, Lin L, Cheng W, Zhang G, Wu F (2010) Genotypic Dependent Effect of Exogenous Glutathione on Cd-Induced Changes in Cadmium and Mineral Uptake and Accumulation in Rice Seedlings (*Oryza sativa*), *Plant Soil Environment*, 56, 516-525.
- Çulha Ş, Çakırlar H (2012) Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri ve Tuz Tolerans Mekanizmaları, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, AKÜ FEBİD* 11 (2011) 021002 (11-34)
- Dixit V, Pandey V, Shyam R (2001) Differential antioxidative responses to cadmium in roots and leaves of pea (*Pisum sativum* L. cv. Azad), *Journal of Experimental Botany*, 52 (358), 1101-1109.
- Doğru A, Torlak E (2020) Tuz Stresi Altındaki Mısır Bitkilerinde Eksojen Askorbik Asit Uygulamasının Etkileri, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30 (Ek sayı (Additional issue)), 919-927.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara T (2005) Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20, 3, 118-125.
- Elkelish AA, Alnusaire TS, Soliman MH, Gowayed S, Senousy HH, Fahad S (2019) Calcium availability regulates antioxidant system, physio-biochemical activities and alleviates salinity stress mediated oxidative damage in soybean seedlings. *J. Appl. Bot. Food Qual*, 92, 258-266.
- Eroğlu İ (2007) Tuz stresinin Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Kültür Çeşitlerinde Tohum Çimlenmesi ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Feierabend J, Schaaf C, Hertwig B (1992) Photoinactivation of catalase occurs under both high-and low-temperature stress conditions and accompanies photoinhibition of photosystem II, *Plant Physiology*, 100 (3), 1554-1561.
- Feng XH, Zhang HX, Ali M, Gai WX, Cheng GX, Yu QH, Yang SB, Li XX, Gong ZH (2019) A small heat shock protein CaHsp25. 9 positively regulates heat, salt, and drought stress tolerance in pepper (*Capsicum annuum* L.), *Plant Physiology and Biochemistry*, 142, 151-162.
- Gale F, Jewison M, Hansen J (2014) Prospects for China's corn yield growth and imports. Washington DC: United States Department of Agriculture Economic Research Service.
- Gaspar T, Penel C, Hagege D, Greppin H (1991) Peroxidase in plant growth, differentiation, and development processes. In: Lobarzewski J., Greppin H., Penel C. and Gaspar Th. (eds), *Biochemical, Molecular and Physiological Aspects of Plant Peroxidases*. Université de Geneve Press, Geneva, pp. 249-280.
- Guzel S, Terzi R (2013) Exogenous hydrogen peroxide increases dry matter production, mineral content and level of osmotic solutes in young maize leaves and alleviates deleterious effects of copper stress, *Botanical studies*, 54 (1), 26.
- Haarhoff, SJ, Swanepoel PA (2018) Plant population and maize grain yield: A global systematic review of rainfed trials. *Crop Science*, 58(5), 1819-1829.
- Hamdia MA, Shaddad MAK (2010) Salt tolerance of crop plants. *Journal of stress physiology & biochemistry*, 6(3), 64-90.
- He L, Gao Z, Li L (2009) Pretreatment of Seed with H₂O₂ Enhances Drought Tolerance of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seedlings, *African Journal of Biotechnology*, 8, 6151-6157.
- Heath R, Packer L (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch Biochem Biophys* 125: doi: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1).
- Hussain HA, Men S, Hussain S, Chen Y, Ali S, Zhang S, Zhang K, Li Y, Xu Q, Liao C, Wang L (2019) Interactive effects of drought and heat stresses on morphophysiological attributes, yield, nutrient uptake and oxidative status in maize hybrids. *Sci. Rep.* 9, 3890.
- Irigoyen J, Emerich D, Sánchez-Díaz M (1992) Alfalfa leaf senescence induced by drought stress: photosynthesis, hydrogen peroxide metabolism, lipid peroxidation and ethylene evolution, *Physiologia Plantarum*, 84 (1), 67-72.
- Kacar B, Katkat A, Öztürk Ş (2006) Bitki Fizyolojisi (2. Baskı), Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 563.
- Kaya B, Artuvan Y (2016) *Alchemilla cimilensis* in farklı polaritedeki ekstraktlarının antioksidan ve antimikrobiyal etkilerinin belirlenmesi, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3 (1), 27-54.
- Korkmaz A, Duran S (2021) High yielding electrophilic amination with lower order and higher order organocuprates: Application of acetone O-(4-Chlorophenylsulfonyl)oxime in the construction

- of the C–N bond at room temperature, *Synthetic Communications*, DOI: 10.1080/00397911.2021.1924787
- Korkmaz A (2021) Room-temperature copper-catalyzed electrophilic amination of arylcadmium iodides with ketoximes. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 1-7.
- Korkmaz A. (Yayınlanmamış Makale) Copper-Catalyzed Electrophilic Animation of Diarylcadmium Reagents Utilizing Acetone O-(4-chlorophenylsulphonyl)Oxime and Acetone O-(naphthylsulphonyl)oxime as Amination Agent. İğdir Univ. J. Inst. Sci. & Tech.
- Lasri J, Soliman SM, Elsilk SE, Haukka M, El-Faham A (2020) Synthesis, crystal structure, DFT and biological activity of E-pyrene-1-arbaldehyde oxime and E-2-naphthaldehyde oxime, *Journal of Molecular Structure*, 1207 (2020) 127848.
- Mahajan S, Pveey GK, Tuteja N (2008) Calcium- and salt-stress signaling in plants: shedding light on SOS pathway, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 471, 2, 146–158.
- Mehlhorn H, Lelandais M, Korth H, Foyer C (1996) Ascorbate is the natural substrate for plant peroxidases, *FEBS letters*, 378 (3), 203-206.
- Mittler R (2006) Abiotic stress, the field environment and stress combination, *Trends in plant science*, 11 (1), 15-19.
- Munns R (2005) Genes and salt tolerance: bringing them together, *New Phytologist*, 167, 645–663.
- Nakano Y, Asada K (1981) Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. *Plant Cell Physiol* 22:867–880. doi: 10.1093/oxfordjournals.pcp.a076232.
- Parida AK, Das AB (2005) Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: a Review, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
- Polash MAS, Sakil MA, Tahjib-Ul-Arif M, Hossain MA (2018) Effect of salinity on osmolytes and relative water content of selected rice genotypes. *Trop Plant Res*, 5(2), 227-232.
- Rosegrant MW, Tokgoz S, Bhandary P (2012) The new normal? A tighter global agricultural supply and demand relation and its implications for food security *Am. J. Agric. Econ.*, 95, pp. 303-309.
- Saradhi PP (1991) Proline accumulation under heavy metal stress, *Journal of Plant Physiology*, 138 (5), 554-558.
- Savall ASP, Fidélis EM, Gutierrez MEZ, Martins BB, Gervini VC, Puntel RL, Roos DH, Ávila DS, Pinton S (2019) Pre-clinical evidence of safety and protective effect of isatin and oxime derivatives against malathion-induced toxicity, *Basic Clin Pharmacol Toxicol*, 126:399–410.
- Shrivastava P, Kumar R (2015) Soil salinity: a serious environmental issue and plant growth promoting bacteria as one of the tools for its alleviation. *Saudi journal of biological sciences*, 22(2): 123-131.
- Smirnoff, N (1998) Plant resistance to environmental stress, *Current opinion in Biotechnology*, 9 (2), 214-219.
- Srinieng K, Saisavoey T, Karnchanatat A (2015) Effect of salinity stress on antioxidative enzyme activities in tomato cultured in vitro. *Pak. J. Bot*, 47(1), 1-10.
- Tapan S (2016) Quantitative HPLC analysis of phenolic acids, flavonoids and ascorbic acid in four different solvent extracts of two wild edible leaves, *Sonchus Arvensis* and *Oenanthe Linearis* of north-eastern region in India. *J Appl Pharm Sci.*, 6: 157-166.
- Thompson JE, Legge RL, Barber R (1987) The role of free radicals in senescence and wounding, *New Phytologist*, 105 (3), 317-344.
- Urbanek H, Kuzniak-Gebarowska E, Herka K (1991) Elicitation of defence responses in bean leaves by *Botrytis cinerea* polygalacturonase. *Acta Physiol Plant* 13:43–50.
- Velikova V, Yordanov I, Edreva A (2000) Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants, protective role of exogenous polyamines. *Plant Sci* 151:59–66.
- Yarsi G, Sivaci A, Dasgan HY, Altuntas O, Binzet R, Akhoundnejad Y (2017) Effects of salinity stress on chlorophyll and carotenoid contents and stomata size of grafted and ungrafted galia C8 melon cultivar. *Pak. J. Bot*, 49(2), 421-426.
- Yetişsin F (2015) "Bakır stresine maruz bırakılan hassas ve dayanıklı mısır çeşitlerinde glutatyon, hidrojen peroksit ve salisilik asit uygulamalarının fotosentetik verim üzerine etkilerinin araştırılması ", Karadeniz teknik üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü, Doktora tezi, Trabzon, 142 s.
- Yetişsin F, Kurt F (2020) Gallic acid (GA) alleviating copper (Cu) toxicity in maize (*Zea mays* L.) seedlings, *International Journal of Phytoremediation*, 22 (4), 420-426.
- Zeng F, Qiu B, Wu X, Niu S, Wu F, Zhang G (2012) Glutathione-Mediated Alleviation of Chromium Toxicity in Rice Plants, *Biol. Trace Elem. Res.*, 148, 255–263.
- Zhmurenko LA, Litvinova SA, Kutepova IS, Nerobkova LN, Mokrov GV, Rebeko AG, Voronina TA, Gudasheva TA (2020) Synthesis of Dibenzofuranone-Oxime Derivatives with Anticonvulsant, Antihypoxic, and Anti-Ischemic Activity, *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 53:997-1004.
- Zhu Q, Zhang J, Gao X, Tong J, Xiao L, Li W, Zhang H (2010) The Arabidopsis AP2/ERF transcription factor RAP2.6 participates in ABA, salt ve osmotic stress responses, *Gene*, 457, 1–12.
- Zu C, Jliang C, Lu D (2017) Effect of exogenous selenium supply on photosynthesis, Na⁺ accumulation and antioxidative capacity of maize (*Zea mays* L.) under salinity stress, *Scientific Reports* | 7:42039 | DOI: 10.1038/srep42039.

Mardin ili yabancı ot sorununun ve kimyasal mücadele durumunun belirlenmesi

Determination of weed problem and chemical control status of Mardin province

Harun ALPTEKİN¹ , Ramazan GÜRBÜZ¹ , Abdullah ÖZKAN¹ , Ayşe USANMAZ BOZHÜYÜK¹ 

¹İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Iğdır, Türkiye

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1051489

Sorumlu yazar / Corresponding author

Ayşe USANMAZ BOZHÜYÜK

e-mail: ayseusanmaz@hotmail.com

Geliş tarihi / Received

31.12.2021

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

08.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted

23.03.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Herbisit

Yabancı ot yönetimi

Anket

Dayanıklılık

Mardin

Keywords:

Herbicide

Weed management

Questionnaire

Resistance

Mardin

Özet

Araştırma 2020 yılında Mardin ili tarım alanlarında ve kültür bitkilerinde sorun olan yabancı ot türlerini, tarım ve tarım dışı alanlarda kimyasal mücadele durumunu ve herbisitlere dayanıklı yabancı ot durumunu belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Mardin Tarım ve Orman Müdürlüğüne bağlı ruhsatlı 40 Bitki Koruma Ürünleri (BKÜ) Bayileri ile yüz yüze anketler yapılmıştır. Araştırma sonucunda, bayilerin yarısından fazlası (%62.5) tarım alanlarında yoğun bir yabancı ot probleminin olduğunu belirtmişlerdir. Sorun teşkil eden bu yabancı otların başında sırasıyla; *S. halepense* (%85), *A. retroflexus* (%65) ve *S. arvensis* (%60) yabancı ot türlerinin geldiğini bildirmişlerdir. Yabancı ot sorununa kültür bitkileri düzeyinde bakıldığında en büyük sorunun mısır (%90), buğday (%87.5) ve pamuk (%75) ekim alanlarında olduğunu ve dolayısıyla en yoğun kimyasal kullanımında bu bitkilerde olduğunu belirtmişlerdir. Bayilerin büyük bir çoğunluğu (%85) bölgede ciddi bir dayanıklılık problemin olduğunu ve herbisit kullanılmasına rağmen bazı yabancı ot türlerinin kontrol altına alınmasının mümkün olmadığını ifade etmişlerdir. Bu yabancı otların başında da sırasıyla; *S. halepense* (%52.5), *A. retroflexus* (%40) ve *A. sterilis* (%22.5) türlerinin geldiğini bildirmişlerdir. Mardin ilinde yabancı otların tarım ve tarım dışı alanlarda büyük sorun teşkil ettiği ve yabancı otlarla mücadele etmek amacıyla herbisitlerin yoğun ve sık kullanılmasından dolayı yabancı otlarda gelişen herbisit dayanıklılığının gün geçtikçe daha fazla sorun teşkil ettiği görülmektedir.

Abstract

This study was carried out to determine the weed species that were a problem in the agricultural areas of Mardin province, the chemical control situation in the agricultural and non-agricultural areas, and the weed resistance to herbicides. Face-to-face questionnaires were conducted with 40 Plant Protection Products (BKU) dealers licensed under the Mardin Directorate of Agriculture and Forestry. As a result of the conducted surveys, more than half of the dealers (62.5%) stated the weed problem level intensely in the agricultural areas. The respondents have indicated that among these most problematic weed species were as; *S. halepense* (85%), *A. retroflexus* (65%), and *S. arvensis* (60%) respectively. When it comes to the weed problems at the level of cultivated plants, they stated that the biggest problem is in the cultivation areas of corn (90%), wheat (87.5%) and cotton (%75) and therefore, the most intensive use of chemicals are in these plants. Most of the pesticide dealers (85%) stated that there is a serious resistance problem in the region and it is not possible to control some weed species despite the use of the herbicides. They stated that these weeds respectively were *S. halepense* (52.5%), *A. retroflexus* (40%), and *A. sterilis* (22.5%) species. In the province of Mardin, it is seen that weeds constitute a major problem in agriculture and non-agricultural areas, and herbicide resistance in weeds is increasingly problematic day by day due to the intensive and frequent use of herbicides for weed control.

GİRİŞ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Mardin ili karasal ve Akdeniz ikliminin ortak özelliklerine sahiptir (Anonim 2021a). TÜİK (2021), verilerine göre Güneydoğu Anadolu bölgesi tarım alanları bakımından Türkiye'de üçüncü sırada yer almakta olup, Mardin ili bu bölgede bulunan iller arasında tarım alanları bakımından dördüncü sırada yer almaktadır. Yüz ölçümü 8 891 km² olan ilin toplam tarım alanı 3 091 386 da olup, tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerin ekim alanları 2 520 221 da, nadas

alanları 53 702 da, sebze ekim alanları 93 996 da ve meyve bahçeleri dâhil diğer ürünlerin ekim alanları ise 423 467 da'dır.

Dünyadaki nüfusun hızla artmasıyla birlikte tarımsal ürünlere olan ihtiyaçta artmaktadır. Beslenme ihtiyacını karşılamak için bitkisel üretimi arttırmak gerekmektedir. Tarımsal üretim alanlarının genişletilme imkânının olmamasından dolayı, üretimi artırmanın tek yolu verimi arttırmaktan geçmektedir (Demirbaş ve Atış 2005). Fakat tarım alanlarında verimi azaltan etmenler bulunmakta

olup, bunların başında yabancı otlar gelmektedir (Swinton ve Van Deynze 2017). Tarım alanlarında yabancı otlar önemli zararlara ve ürün kayıplarına sebep olmaktadır (Tepe 1998, Gharde ve ark. 2018). Yabancı otlar, sadece ürün verimini değil, ürün kalitesini de ciddi şekilde düşürmektedir. Yabancı otların kültür bitkilerinde oluşturduğu zarar oranı birbirinden farklı olup, bazı türler birden fazla kültür bitkisinde ürün azalmasına sebep olmaktadır (Günçan 2014). Ayrıca yabancı otların sebep olduğu ürün kayıpları coğrafik bölgelere göre de değişiklik göstermektedir (Günçan 2016). Kültür bitkilerinde verim kayıplarını önlemek için yabancı otları erken dönemde kontrol etmek büyük bir önem arz etmektedir (Su 2020).

Günümüzde tarım alanlarında, yabancı otları kontrol etmek amacıyla; iş gücü ve maliyetlerinde artmasından dolayı, hızlı sonuç vermesi, kolay uygulanabilmesi ve düşük maliyetinden dolayı kimyasal mücadele yöntemleri tercih edilmektedir. Yabancı otlara karşı kimyasal mücadele yalnızca tarım alanlarında değil karayolları, sulama kanalları, hava alanları ve tarihi yapılar gibi tarım dışı alanlarında da yapılmaktadır (Günçan 2014). Yabancı otlara karşı kimyasal mücadele İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra yaygın olarak kullanılmıştır (Vats 2015). Günümüzde Dünyada pestisit kullanımının %47'sini herbisitler oluşturmaktadır (FAO 2021). Türkiye'de ise 2020 yılında 53 672 ton pestisit kullanılmış olup, herbisitler bunun %24.68'ini oluşturmaktadır (TÜİK 2021). Dünyada pestisitler içinde herbisitler ilk sırada kullanılırken (FAO 2021), Türkiye'de fungusitlerden sonra ikinci sırada yer almaktadır (TÜİK 2021).

Yabancı otları kontrol etmek için kullanılan herbisitler, hatalı ve yoğun kullanıldıklarından dolayı, ciddi çevresel ve ekolojik sorunlara yol açmaktadırlar (Sardana ve ark. 2017). Bununla birlikte, su ve toprak kirliliği (Silva ve ark. 2019), biyolojik çeşitlilik (Schütte ve ark. 2017), insan sağlığı (Silva ve ark. 2019, Jabłońska-Trypuć ve ark. 2019) ve arılar üzerinde (Cullen ve ark. 2019) olumsuz etkilere neden olmaktadır. Yoğun herbisit kullanımından dolayı su, toprak ve gıda maddelerinde herbisit kalıntısı birikmekte ve insanlar için tehdit oluşturmaktadır (Ugbede Itodo 2019). Ayrıca yüksek dozda herbisit

kullanımı yabancı ot direncine sebep olmaktadır (Heap ve Duke 2018, Peterson ve ark. 2018). Herbisitlere direnç kazanan yabancı otlar, modern tarımda önemli bir endişe kaynağı olup, önemli bir yabancı ot problemi olarak ortaya çıkmakta ve üretim maliyetlerini de arttırmaktadır. Tüm bunlardan ötürü herbisitleri bilinçli ve doğru bir şekilde kullanmak büyük önem taşımaktadır.

Bu araştırma, Mardin ili genelinde tarım alanlarında ve kültür bitkilerinde sorun olan yabancı ot türlerini, tarım ve tarım dışı alanlarda kimyasal mücadele durumunu ve ildeki herbisitlere dayanıklı yabancı ot durumunu belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma 2020 yılında Mardin İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'ne bağlı Bitki Koruma Ürünleri ve Zirai Mücadele Alet ve Makineleri Bayileri ile yüz yüze anket çalışması olarak yapılmıştır. Mardin ili Tarım ve Orman Müdürlüğüne bağlı 65 BKÜ bayisi (Anonim 2021b) bulunmakta olup, bunlardan 40 tanesi ile yüz yüze görüşülüp 18 soruluk anket çalışması yapılmıştır. Mardin ili ve ilçelerinde bulunan BKÜ bayileri ve yapılan anket sayıları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Mardin ili ve ilçelerinde bulunan BKÜ bayileri ve yapılan anket sayıları

İlçeler	Bayi sayısı	Anket sayısı
Merkez	2	1
Kızıltepe	44	30
Nusaybin	6	3
Derik	6	3
Midyat	2	1
Mazıdağı	5	2
Toplam	65	40

Yapılan anket çalışması ile bayilere;

- Araştırmaya katılanların yaş gruplarına göre dağılımı, eğitim durumları ve kaç yıllık bayi oldukları,
- Mardin ili tarım alanlarında ve kültür bitkisine göre sorun olan yabancı ot türleri?
- Yabancı otların en fazla sorun teşkil ettiği kültür bitkileri?
- Yaygın olarak kullanılan herbisitler ve herbisitlerin kültür bitkilerine göre kullanımı?
- Çıkış öncesi ve çıkış sonrası herbisit kullanımı?

-Herbisitlerin kontrol altına alamadığı yabancı ot türlerinin olup olmadığı gibi konularda sorular sorulmuştur.

Veri Analizi

Anket sonucunda elde edilen verilerin SPSS 17.0 istatistik paket programında (SPSS 1991), dökümleri alınmıştır. Bulgular frekans ve yüzde dağılımı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 2. Yaş aralıkları, eğitim durumları ve kaç yıllık bayi oldukları

Yaş	F	%	Eğitim Durumu	F	%	Kaç Yıllık Bayi	F	%
20-30	14	35	Üniversite	35	87.5	1-5	18	45.0
31-40	20	50	Yüksek lisans	5	12.5	6-10	9	22.5
41+	6	15				11-15	7	17.5
						16+	6	15.0
Toplam	40	100	Toplam	40	100	Toplam	40	100

Araştırmaya katılanların yaş gruplarına göre dağılımlarına bakıldığında 20-30 yaş aralığında 14 (%35) kişi, 31-40 yaş aralığında 20 (%50) kişi ve 41 yaş ve üzeri ise 6 (%15) kişiden oluşmaktadır (Çizelge 2). Eğitim durumlarına bakıldığında 35 kişinin üniversite mezunu ve 5 kişinin yüksek lisans mezunu olduğu görülmektedir. Araştırmaya katılım gösteren bayilerin 18 tanesinin 1-5 yıllık, 9 tanesinin 6-10 yıllık, 7 tanesinin 11-15 yıllık ve 6 tanesinin ise 15 yıllık bayilerden oluştuğu görülmektedir (Çizelge 2). Bayilere sorulan Mardin ili yabancı ot yoğunluk seviye durumu sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 4. Tarım alanlarında yoğun olarak bulunan yabancı ot türleri

Latince adı	Türkçe adı	Frekans	Yüzde (%)
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Kanyaş	34	85
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Horozibiği	26	65
<i>Sinapis arvensis</i> L.	Yabani hardal	24	60
<i>Avena sterilis</i> L.	Kısır yabani yulaf	24	60
<i>Alopecurus myosuroides</i> Huds.	Tilki Kuyruğu	16	40
<i>Xanthium strumarium</i> L.	Domuz pıtrağı	12	30
<i>Myagrum perfoliatum</i> L.	Gönül hardalı	11	28
<i>Portulaca oleraceae</i> L.	Semizotu	8	20
<i>Orobancha</i> spp.	Canavarotu türleri	5	12
Diğer		4	10

*Birden fazla sık işaretlendiğinden dolayı toplam %100'ü aşmaktadır

Tarım alanlarında yoğunlukta bulunan yabancı ot türleri sorulduğunda; (Çizelge 4) araştırmaya katılan bayiler tarım alanlarında en yaygın bulunan yabancı ot türlerinin %85 kanyaş (*Sorghum halepense* (L.) Pers.), %65 kırmızı köklü horoz ibiği (*Amaranthus retroflexus* L.), %60 yabani hardal (*Sinapis arvensis* L.) ve kısır yabani yulaf (*Avena*

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Araştırmaya katılanların yaş gruplarına göre dağılımı, eğitim durumları ve kaç yıllık bayi oldukları ile ilgili yöneltilen sorulara verilen cevap frekans ve yüzde değerleri Çizelge 2'de verilmiştir

Çizelge 3. Mardin ili yabancı ot yoğunluk seviye durumu

Yabancı Ot Yoğunluk Seviyesi	Frekans	Yüzde %
Orta Yoğunlukta	7	17.5
Yoğun	25	62.5
Çok Yoğun	8	20.0
Toplam	40	100.0

Araştırmada ilinizde yabancı ot yoğunluğu hangi seviyededir sorulduğunda; % 62.5'i yoğun olduğunu, %20'nin çok yoğun olduğunu ve % 17.5'in orta yoğunlukta olduğunu bildirmişlerdir (Çizelge 3). Tarım alanlarında yoğun olarak bulunan yabancı ot türleri sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 4'te sunulmuştur.

sterilis L.), %40 tilki kuyruğu (*Alopecurus myosuroides* Huds.), %30 domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.), % 28 gönül hardalı (*Myagrum perfoliatum* L.), %20 semiz otu (*Portulaca oleraceae* L.), %12 canavar otu (*Orobancha* spp.) ve %10'unun ise diğer yabancı ot türlerinden oluştuğunu bildirmişlerdir. Bayilerin yoğun olarak

belirttiği yabancı ot türleri Tepe (1998), Demir ve ark. (2001), Tepe (2014), Gökalp ve Üremiş (2015), Kaplan ve Bayhan (2016) ve Turan (2019)'ın elde ettikleri sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Yabancı otların yoğunlukta bulunduğu kültür bitkileri sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 5'te sunulmuştur

Çizelge 5. Yabancı otların yoğunlukta bulunduğu kültür bitkileri

Kültür bitkisi	Frekans	Yüzde (%)
Mısır	36	90
Buğday	35	87.5
Pamuk	30	75
Mercimek	13	32.5
Soğan	12	30
Nohut	9	22.5
Domates	6	15
Arpa	6	15
Kavun karpuz	5	12.5
Bağ	1	2.5
Nar	1	2.5
Diğer	4	10

*Birden fazla sık işaretlendiğinden dolayı toplam %100'ü aşmaktadır

Yabancı otların yoğunlukta bulunduğu kültür bitkileri ekim alanları sorusuna, bayilerin %90'ı mısır, %87.5'i buğday, %75'i pamuk, %32.5'i mercimek, %30'u soğan, %22.5'u nohut, %15'i arpa ve domates, %12'si kavun karpuz, %2.5'u bağ ve nar ve %10'u ise diğer ekim alanları olduğunu bildirmişlerdir (Çizelge 5). Bayiler tarafından belirtilen yabancı otların en fazla yoğunlukta mısır ekim

alanlarında (Arslan 2018), buğday ekim alanlarında (Gökalp ve Üremiş 2015) pamuk ekim alanlarında (Şahin ve ark. 2020) belirlenmiş ve çalışma sonuçlarımızın yapılan çalışmalarla örtüştüğü görülmüştür. Bayilere sorulan kültür bitkilerine göre yoğunlukta bulunan yabancı ot türleri sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 6'da sunulmuştur.

Çizelge 6. Kültür bitkilerine göre yabancı ot türleri

Yabancı otlar	Mısır		Buğday		Pamuk		Arpa		Domates		Soğan		Mercimek		Nohut		Kavun Karpuz		Antep Fıstığı		Bağ	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
<i>Abutilon theophrastii</i> Medik.	1	2.5	-	-	5	12.5	-	-	1	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alopecurus myosuroides</i> Huds.	15	37.5	5	12.5	10	25	3	7.5	1	2.5	1	2.5	-	-	-	-	1	2.5	-	-	-	-
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	36	90	1	2.5	15	37.5	-	-	2	5	4	10	-	-	-	-	6	15	2	5	1	2.5
<i>Avena sterilis</i> L.	-	-	36	90	3	7.6	16	40	-	-	5	12.5	6	15	6	15	1	2.5	-	-	1	2.5
<i>Chenopodium album</i> L.	4	10	-	-	2	5	-	-	1	2.5	1	2.5	-	-	-	-	-	-	1	2.5	-	-
<i>Echinochloa colonum</i> L.	1	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lolium temulentum</i> L.	1	2.5	1	2.5	1	2.5	1	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Myragrum perfoliatum</i> L.	1	2.5	11	27.5	4	10	5	12.5	2	5	12	30	3	7.5	7	17.5	-	-	-	-	-	-
<i>Orobancha</i> spp.	3	7.5	-	-	-	-	-	-	6	15	-	-	13	32.5	1	2.5	-	-	-	-	-	-
<i>Portulaca oleraceae</i> L.	14	35	1	2.5	4	10	-	-	4	10	3	7.5	-	-	-	-	2	5	-	-	-	-
<i>Rumex crispus</i> L.	1	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sinapis arvensis</i> L.	6	15	35	87.5	4	10	12	30	1	2.5	7	17.5	7	17.5	8	20	-	-	1	2.5	1	2.5
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers	38	95	6	15	36	90	2	5	15	37.5	10	25	2	5	6	15	9	22.5	3	7.5	3	7.5
<i>Xanthium strumarium</i> L.	12	30	-	-	14	35	-	-	2	5	1	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2.5
Diğer	3	7.5	1	2.5	2	5	-	-	2	5	2	5	1	2.5	1	2.5	-	-	2	5	3	7.5

*Birden fazla sık işaretlendiğinden dolayı toplam %100'ü aşmaktadır.

Araştırmaya katılım gösteren bayilere Mardin ilinde üretimi yapılan kültür bitkilerinde yoğunlukta bulunan yabancı ot türleri sorusuna verilen cevaplar incelendiğinde; mısır ekim alanlarında sorun olan yabancı ot türleri bakımından, bayilerin %10'u ve üzeri 7 yabancı ot türünü belirtmişlerdir. Bunlardan ilk üç sırada *S. halepense* (%95), *A. retroflexus* (%90) ve *A. myosuroides*

(%37.5) yer almaktadır. Arslan (2018), yaptığı çalışmada mısır alanlarında yoğun olarak *S. halepense*'nin bulunduğunu belirtmiştir. Sonuçların, bayiler tarafından belirtilen mısır ekim alanlarında yoğunlukta bulunan yabancı ot türleri ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Buğday ekim alanlarında bayilerin %10 ve üzeri 5 yabancı ot türünün yoğun olarak bulunduğunu belirtmiş, bunlardan ilk üçünün %90 *A. sterilis*, %87.5 *S. arvensis* ve %27.5'inin *M. perfoliatum* olduğunu bildirmişlerdir. Bayiler tarafından buğday ekim alanlarında sorun olarak belirtilen yabancı ot türleri ile, Tepe (2014), Gökalp ve Üremiş (2015), Gürbüz ve ark. (2018), Ücrak ve ark. (2019) ve Ateş ve Üremiş (2020)'in yaptıkları çalışmalarda belirtilen yabancı ot türleri arasında paralellik belirlenmiştir. Pamuk ekim alanlarında bayilerin %10'u ve üzeri 8 yabancı ot türünün yoğun olduğunu ve ilk üç sırayı %90 *S. halepense*, %37.5 *A. retroflexus* ve %35 *X. strumarium*'un oluşturduğunu bildirmişlerdir. Elde ettiğimiz bulgular, Turan (2019), Özkil ve ark. (2019) ve Şahin ve ark. (2020), pamuk ekim alanlarında tespit ettikleri yabancı ot türleri ile benzerlik taşımaktadırlar. Arpa ekim alanlarında bayilerin %10'u ve üzeri 3 yabancı ot türünün yoğun bulunduğunu, bunların %40 *A. sterilis*, %30 *S. arvensis* ve %12.5 *M. perfoliatum*'dan oluştuğunu ifade etmişlerdir. Kordali ve Zengin (2011), yürüttüğü çalışmada arpa ekim alanlarında yoğun olarak rastlanılan yabancı ot türlerinden bazılarının *S. arvensis* ve *A. fatua* olduğunu bildirmişlerdir.

Domates ekim alanlarında bayilerin %10'u ve üzeri %37.5 *S. halepense*, %15 *Orobancha* spp. ve %10 *P. oleraceae* ile 3 yabancı ot türünün yoğun olarak bulunduğunu belirtmişlerdir. Sırrı ve Özasan (2020), yaptıkları çalışmada domates ekim alanlarında en yüksek rastlama sıklığına sahip yabancı ot türlerinin *P. oleracea*, *S. halepense* ve *O. crenata/O. aegyptiaca* olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlar bayilerin domates ekim alanlarında yoğun olarak bulunduğunu belirttikleri yabancı ot türleriyle yüksek oranda paralellik göstermektedir. Soğan ekim alanlarında bayilerin %10'u ve üzeri 4 yabancı ot türünün yoğun olarak bulunduğunu belirtmiş, bunlardan ilk 3 sırayı %30 *M. perfoliatum*, %25 *S. halepense* ve %12.5 *S. arvensis* yabancı ot türlerinin aldığı görülmektedir. Elde ettiğimiz bulgular ile Yaşar (2012) ve Kaya ve Üremiş (2019) yaptıkları çalışmalarda rastlama sıklıkları yüksek olarak belirledikleri yabancı ot türlerinin benzerlik gösterdikleri tespit edilmiştir.

Mercimek ekim alanlarında bayilerin %10'u ve üzeri 3 yabancı ot türünün yoğun bulunduğunu, bunların %32.5

Orobancha spp., %17.5 *S. arvensis* ve %15 *A. sterilis* türleri olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen bulguların Aksoy ve ark., (2014) ve Pala ve ark. (2018) çalışmaları arasında benzerlik olduğu görülmektedir. Nohut ekim alanlarında bayilerin %10'u ve üzeri %20 *S. arvensis*, %17.5 *M. perfoliatum* ve %15 *A. sterilis* ve *S. halepense* yabancı ot türlerinin yoğun bulunduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan çalışmada bayilerin belirttiği nohut ekim alanlarında yoğun olarak bulunan yabancı ot türleri ile, Demir ve ark. (2001), tarafından yürütülen çalışma arasında benzerlikler tespit edilmiştir. Kavun ve karpuz ekim alanlarında bayilerin %10'u ve üzeri 2 yabancı ot türünün (%22.5 *S. halepense* ve %15 *A. retroflexus*) yoğun olarak bulunduğunu bildirmişlerdir. Bağ ve Antep fıstığı ekim alanlarında ise bayilerin %7.5'i *S. halepense* yabancı ot türünün yoğun olarak bulunduğunu tespit etmişlerdir. Kaplan ve Bayhan (2016), yapılan çalışmada bağ alanlarında en fazla yoğunlukta *Avena* sp., *S. halepense*, *X. strumarium* ve *Amaranthus* spp. yabancı ot türlerinin olduğunu belirtmiştir. Ankete katılan bayilerde bu yabancı ot türlerinin bağ alanlarında sorun olduklarını ifade etmişlerdir.

Bayilere sorulan üretici size ne zaman gelir sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 7'de sunulmuştur.

Çizelge 7. Üretici size ne zaman gelir?

Zaman	Frekans	Yüzde (%)
Yabancı ot çıktıktan sonra	25	61
Kültür bitkisi çıktıktan sonra	12	30
Ekimden önce	8	20
Ekimden sonra çıkıştan önce	7	18
Yabancı ot istilası olduktan sonra	7	18

*Birden fazla sık işaretlendiğinden dolayı toplam %100'ü aşmaktadır

Yöneltilen soru kimyasal mücadele bakımından ele alındığında, bayilere üretici size ne zaman gelir sorusuna, bayilerden %61'i yabancı ot çıktıktan sonra, %30'u kültür bitkisi çıktıktan sonra, %20'si ekimden önce %18'i çıkıştan önce ve yabancı ot istilası olduktan sonra bayilere geldiklerini bildirmişlerdir (Çizelge 7).

Bayilere sorulan kimyasal mücadeleye neye göre karar veriyorsunuz sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 8'de sunulmuştur.



Çizelge 8. Kimyasal mücadeleye neye göre karar veriyorsunuz?

Kimyasal mücadeleye karar verme durumları	Frekans	Yüzde (%)
Kendim arazide dolaşarak	40	100
Üreticilerin getirdiği numune ve fotoğraflara bakarak	8	20
Üreticinin isteğine göre	5	12.5
Etraftaki tarlalara bakarak	2	5

*Birden fazla şık işaretlendiğinden dolayı toplam %100'ü aşmaktadır

Bayilere sorulan kimyasal mücadeleyi neye göre karar veriyorsunuz sorusuna, %100'ü kendim arazide dolaşarak, %20'si üreticilerin getirdiği numune ve fotoğraflara bakarak, %12.5'i üreticinin isteğine göre ve %5'i etraftaki diğer tarlalara bakarak mücadeleye karar verdiklerini belirtmişlerdir (Çizelge 8).

Bayilere sorulan kimyasal mücadelenin yoğun olarak yapıldığı kültür bitkileri sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Herbisitlerin yoğun olarak kullanıldığı kültür bitkileri

Kültür bitkisi	Frekans	Yüzde (%)
Mısır	32	80
Pamuk	31	77.5
Buğday	30	75
Soğan	12	30
Mercimek	12	30
Nohut	10	25
Domates	8	20
Arpa	7	17.5
Kavun karpuz	4	10
Bağ	2	5
Nar	2	5
Diğer	3	7.5

*Birden fazla şık işaretlendiğinden dolayı toplam %100'ü aşmaktadır

Yapılan araştırmada bayilere yöneltilen yabancı ot yoğunluğu bulunan kültür bitkisi ekim alanları sorusuna verilen yanıtlar ile kimyasal mücadelenin yoğunlukta yapıldığı tarım alanları sorusuna verilen cevaplar arasında paralellik görülmektedir. En fazla kimyasal mücadele yapılan kültür bitkileri ekim alanları sorusuna, bayiler ilk sırada %80 oranla mısır ekim alanları olarak cevap vermişlerdir. Sonrasında bayilerin %77.5'i pamuk, %75'i buğday, %30'u soğan ve mercimek, %25'i nohut, %20'si domates, %17.5'i arpa, %10'u kavun karpuz %5'i bağ ve nar ve %7.5'i diğer ekim alanları olduğunu bildirmişlerdir (Çizelge 9). Yetkin ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada bayilere ilimizde en çok bitki koruma ürünü satışı yapılan kültür bitkilerinin oranı sorulduğunda %28'i pamuk, %23'ü buğday, %17'si mısır, %13 mercimek, %10'unu Antep fıstığı %9'u ise sebzenin olduğunu belirtmişlerdir ve çalışma verilerinin sonuçlarımızla paralellik gösterdiği söylenebilir.

Bayilere yöneltilen kültür bitkilerine göre herbisit uygulama dönemleri sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. Kültür bitkilerine göre herbisit uygulama dönemleri

Kültür bitkisi	Çıkış sonrası		Çıkış öncesi		Çıkış öncesi+ çıkış sonrası	
	Frekans	Yüzde (%)	Frekans	Yüzde (%)	Frekans	Yüzde (%)
Buğday	33	82.5	3	7.5	3	7.5
Mısır	32	80	30	75	21	52.5
Pamuk	32	80	32	80	15	37.5
Soğan	21	52.5	15	37.5	8	20
Domates	8	20	-	-	-	-
Mercimek	21	52.5	5	12.5	3	7.5
Arpa	14	35	-	-	-	-
Nohut	12	30	6	15	10	25
Bağ	1	2.5	-	-	-	-
Nar	1	2.5	-	-	-	-
Kavun Karpuz	4	10	-	-	-	-
Diğer	2	5	1	2.5	-	-

*Birden fazla şık işaretlendiğinden dolayı toplam %100'ü aşmaktadır



Araştırmaya katılan bayilere kültür bitkilerine göre herbisit uygulama dönemleri sorulduğunda, çıkış öncesi, çıkış sonrası ve hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası dönemlerde kullanılan herbisitler olduğunu belirtmişlerdir. En fazla çıkış sonrası herbisitlerin kullanıldığı görülmektedir (Çizelge 10). Bayilerin çıkış sonrası herbisitleri en fazla kullandıkları kültür bitkileri %82.5 buğday ekim alanları olmuştur. Sonrasında %80'ni mısır ve pamuk ekim alanlarında, %52.5'i soğan ve mercimekte, %35'i arpada, %30'u nohutta, %20'si domatestede, %10'u kavun-karpuzda, %2.5'u bağ ve narda ve %5'i ise diğer ekim alanlarında kullandıklarını bildirmişlerdir. Çıkış öncesi herbisit kullandıkları 6 kültür bitkisi olduğunu, bunlar içinde en fazla %80 pamuk ve %75

oran ile mısır ekim alanları olduğunu belirtmişlerdir. Çıkış öncesi herbisit kullanılan ürünlerin %37.5 soğan, %15 nohut, %12.5 mercimek, %7.5 buğday ve %2.5 diğer ekim alanlarından oluştuğunu bildirmişlerdir (Çizelge 10). Hem çıkış öncesi hem de çıkış sonrası herbisit kullanılan 6 kültür bitkisi olduğunu bunların %52'sini mısır ekim alanları, %37.5'i pamuk ekim alanları, %25'i nohut ekim alanları, %20'si soğan ekim alanları %7.5'i buğday ve mercimek ekim alanlarının oluşturduğunu ifade etmişlerdir.

Bayilere yöneltilen tarım alanlarında yoğun olarak kullanılan herbisitler sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11. Tarım alanlarında yoğun olarak kullanılan herbisitler

Aktif Madde	Ruhsatlı Olduğu Ürünler	Frekans	Yüzde (%)
Mesosulfuron-Methyl + Mefenpyr-Diethyl	Buğday	30	75
Mesotrione + Nicosulfuron	Mısır	24	60
Pendimethalin	Soğan-Pamuk-Ayçiçeği-Mısır-Fasulye-Tütün-Havuç	22	55
Isoxaflutole + Thiencazone-Methyl + Cyprosulfamide	Mısır	18	45
Clethodim	Pamuk-Domates-Kırmızı Mercimek-Patates-Soğan-Şeker Pancarı	13	32.5
Dimethenamid-P + Terbutylazine	Mısır	11	27.5
Tepraloxym	Bağ-Pamuk-Soğan-Domates-Mercimek-Şeker Pancarı	10	25
Dicamba + Nicosulfuron	Mısır	7	17.5
Pinoxaden + Cloquintocet-Mexyl	Buğday-Arpa	6	15
2,4-D 2-Ethylhexyl Ester + Florasulam	Buğday-Arpa-Mısır	4	10
Oxyfluorfen	Armut-Ayçiçeği-Karnabahar-Narenciye-Soğan	3	7.5
Pyroxulam + Cloquintocet-Mexyl	Buğday	3	7.5
Terbutylazine + Pendimethalin	Mısır	3	7.5
Fluometuron	Pamuk	3	7.5
Diğer		8	20

*Birden fazla şık işaretlendiğinden dolayı toplam %100'ü aşmaktadır

Araştırmada tarım alanlarında yaygın olarak kullanılan herbisitler sorusuna, bayiler çoğunlukta mısır ekim alanlarında kullanılan ruhsatlı herbisitleri bildirmişlerdir. Fakat bayilerin %75'i Mardin ilinde yoğun bir şekilde buğday ekim alanlarında ruhsatlı mesosulfuron-methyl + mefenpyr-diethyl aktif maddeli herbisit kullanıldığını ifade etmişlerdir (Çizelge 11). Sonrasında bayilerin %60'ı mısırdaki ruhsatlı mesotrione + nicosulfuron, %55'i soğan, pamuk, ayçiçeği, mısır, fasulye, tütün ve havuç ekim alanlarında ruhsatlı pendimethalin, %45'i yine mısır ekim alanlarında ruhsatlı isoxaflutole + thiencazone-methyl + cyprosulfamide aktif maddeli herbisit, %32'si pamuk,

domates, kırmızı, mercimek, patates, soğan ve şeker pancarı gibi kültür bitkilerinde ruhsatlı clethodim aktif maddeli herbisit kullanıldığını belirtmişlerdir. Kaplan (2014), yaptığı anket çalışmasında en fazla kullanılan tarım ilacı sorusuna üreticilerin GAP Bölgesi'nde %46, Diyarbakır'da %55, Mardin'de %51 Şanlıurfa'da %34 oranlarında herbisit kullandıklarını belirtmişlerdir.

Bayilere sorulan herbisitler ile kontrol edilemeyen yabancı ot türleri sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 12'de verilmiştir.



Çizelge 12. Herbisitler ile kontrol edilemeyen yabancı ot türleri

Latince adı	Türkçe adı	Frekans	Yüzde (%)
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Kanyaş	21	52.5
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Horoz ibiği	16	40
<i>Avena sterilis</i> L.	Kısır Yabani Yulaf	9	22.5
<i>Sinapis arvensis</i> L.	Yabani Hardal	3	7.5
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.B.	Darıcan	2	5
<i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link	Benekli Darıcan	1	2.5
<i>Myagrum perfoliatum</i> L.	Gönül Hardalı	1	2.5
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Yabani Turp	1	2.5
<i>Xanthium strumarium</i> L.	Domuz Pıtrağı	1	2,5

*Birden fazla şık işaretlendiğinden dolayı toplam %100'ü aşmaktadır

Araştırmada herbisitlerin kullanıldıktan sonra kontrol altına alınamayan yabancı ot türleri var mı sorusuna; bayilerin %85'i evet %15'i ise hayır cevabını vermişlerdir. Yöneltilen soruda evet diyenlere herbisitlerin kullanıldıktan sonra hangi yabancı ot türlerini kontrol edemediği sorusu yöneltilmiştir. Bu soruya bayilerin %52.5'i *S. halepense*, %40'ı *A. retroflexus*, %22.5'i *A. sterilis*, %7.5'i *S. arvensis*, %5'i *E. crus-galli* ve %2.5'i *E. colonum*, *M. perfoliatum*, *R. raphanistrum* ve *X. strumarium* yabancı ot türleri olduklarını bildirmişlerdir (Çizelge 12). Ayrıca çalışmanın yürütüldüğü bayilerle görüşme sırasında herbisitlerin yoğun ve bilinçsizce kullanımından dolayı dayanıklılık probleminin her geçen gün daha da sorun oluşturduğunu ve yabancı otların da kontrol edilemez duruma geldiklerini ifade etmişlerdir. Bayiler tarafından herbisitlerin etki etmediğini belirttikleri yabancı ot türlerinin dünyada, *S. halepense*, *A. retroflexus*, *E. colonum*, *E. crus-galli*, *S. arvensis*, *A. sterilis* ve *X. strumarium*, Türkiye'de ise *A. sterilis*, *E. crus-galli* ve *S. arvensis* olduğu ve bunlarında herbisitlere karşı dayanıklılık kazanan türler olduğu rapor edilmiştir (Heap 2021).

Bayilere sorulan total kimyasal mücadelenin yapıldığı alanlar sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 13'te sunulmuştur.

Araştırmaya katılan bayilere total kimyasal mücadele yapılıyor mu sorusuna, bayilerin %60'ı evet, %40'ı hayır cevabını yöneltmişlerdir. Bu soruya evet diyenlere hangi alanlarda kimyasal mücadele yapıyorsunuz sorusu sorulmuştur. Bayilerin %30'u bahçede, %25'i sulama kanallarında, %12.5'i parklarda, %7.5'i sert zeminlerde ve %15'i diğer alanlarda kimyasal mücadele uyguladıklarını ifade etmişlerdir (Çizelge 13).

Çizelge 13. Total kimyasal mücadelenin yapıldığı alanlar

Alan	Frekans	Yüzde (%)
Bahçe	12	30
Sulama Kanalları	10	25
Park	5	12.5
Sert zemin	3	7.5
Diğer	6	15

*Birden fazla şık işaretlenmiştir

Bayilere sorulan total yabancı ot mücadelesinde yoğun olarak kullanılan herbisitler ve ruhsatlı olduğu ürünler sorusuna verilen cevapların frekans ve yüzde (%) değerleri Çizelge 14'te sunulmuştur.

Çizelge 14. Total yabancı ot mücadelesinde yoğun olarak kullanılan herbisitler ve ruhsatlı olduğu ürünler

Aktif Madde	Ruhsatlı Olduğu Ürünler	Frekans	Yüzde (%)
Glyphosate Isopropylamin Tuzu	Turunçgiller	12	30
Glyphosate Potasyum Tuzu	Narenciye, Bağ, Fındık, Zeytin, Kültür Bitkisi Yetiştirilemeyen Alanlar	8	20
Glyphosate Diammonium Tuzu	Turunçgiller, Zeytin, Bağ, Elma, Fındık, Zeytin, Kültür Bitkisi Yetiştirilemeyen Alanlar	3	7,5
Glyphosate Ammonium Tuzu	Narenciye, Bağ, Fındık ve Zeytin	2	5
Clethodim	Pamuk-Domates-Kırmızı Mercimek-Patates-Soğan-Şeker Pancarı	2	5
Oxyfluorfen	Armut-Ayçiçeği-Karnabahar-Narenciye-Soğan	1	2.5
Diğer		3	7.5

*Birden fazla şık işaretlenmiştir



Total yabancı ot mücadelesinde yoğun olarak kullanılan herbisitler sorusuna, bayilerin %30'u turuncgil alanlarında ruhsatlı glyphosate isopropylamin tuzu aktif maddeli herbisit, %20'si narenciye, bağ, fındık, zeytin, kültür bitkisi yetiştirilemeyen alanlarda ruhsatlı glyphosate potasyum tuzu, %7.5'i zeytin ve kültür bitkisi yetiştirilemeyen alanlarda ruhsatlı glyphosate diammonium tuzu, %5'i narenciye, bağ, fındık ve zeytin'de ruhsatlı glyphosate ammonium tuzu ve pamuk, domates, kırmızı, mercimek, patates, soğan ve şeker pancarı ekim alanlarında ruhsatlı clethodim, %2.5'i armut, ayçiçeği, karnabahar, narenciye ve soğan ekim alanlarında ruhsatlı oxyfluorfen ve %7.5'si diğer aktif maddeli herbisitler kullandıklarını bildirmişlerdir (Çizelge 14).

SONUÇ

Bu çalışmada Mardin ili genelinde tarım alanlarında ve kültür bitkilerinde sorun olan yabancı otlar, tarım ve tarım dışı alanlarda kimyasal mücadele durumunu ve ilde herbisitlere dayanıklı yabancı ot durumunu belirlemek amacıyla Mardin il tarım ve orman müdürlüğüne bağlı ruhsatlı BKÜ bayileri ile anket çalışması şeklinde yapılmıştır. Bayilerin yarısından çoğu %62.5 tarım alanlarında yabancı ot seviyesini 'yoğun' olarak belirtmişlerdir. Tarım alanlarında yabancı ot türlerinin kültür bitkilerine göre değişiklik göstermelerine rağmen en fazla sorun teşkil eden *S. halepense* (%85), *A. retroflexus* (%65) ve *S. arvensis* (%60) yabancı ot türlerinin olduğunu bildirmişlerdir. Yabancı otların en fazla yoğunlukta olduğu kültür bitkilerinin ise mısır (%90), buğday (%87,5) ve pamuk (%75) olduğunu belirtmişlerdir. Tarım alanlarında daha çok çıkış sonrası herbisitlerin kullanıldığını ve en fazla kimyasal mücadelenin % 80 oranla mısır, sonrasında %77.5 pamuk ve %75 buğday ekim alanlarında yapıldığını belirtmişlerdir. Buna ek olarak tarım alanlarında en fazla mesosulfuron-methyl + mefenpyr-diethyl (%75), mesotrione + nicosulfuron (%60) ve pendimethalin (%55) aktif maddeli herbisitlerin kullanıldığını ifade etmişlerdir.

Bayilerin %85'inin Mardin ilinde dayanıklılık problemi olduğunu ve herbisit kullanılmasına rağmen ilk üç sırada

S. halepense (%52.5), *A. retroflexus* (%40) ve *A. sterilis* (%22.5) yabancı ot türlerinin olduğu ve bunların kontrol altına alınamadığını ayrıca herbisitlerin yoğun ve bilinçsizce kullanıldığından dolayı dayanıklılık probleminin gün geçtikçe arttığını vurgulamışlardır. Bayilerin %60'ı total yabancı ot kontrolünün yapıldığını ve en fazla glyphosate isopropylamin tuzu ve glyphosate potasyum tuzu aktif maddeli herbisitlerin kullanıldığını belirtmişlerdir.

KAYNAKLAR

- Aksoy E, Arslan ZF, Eymirli S, Tetik Ö, Bayraktar ÖV, Armağan G (2014). Gaziantep ve Kilis illeri kırmızı mercimek tarlalarındaki canavar otlarının [*Orobancha crenata* Forsk. ve *Phelipanche aegyptiaca* (Pers.)] yaygınlığı, yoğunluğu ve üreticilerin yabancı ot sorunlarına yaklaşımları. Bitki Koruma Bülteni 54(2): 115-132.
- Anonim (2021a). <http://www.mardin.gov.tr/iklimi> Erişim tarihi (05.02.2021).
- Anonim (2021b). <https://mardin.tarimorman.gov.tr/Duyuru/120/Ilimizde-Faaliyet-Yuruten-Ruhsatli-Bitki-Koruma-Urunleri-Ile-Zirai-Mucadele-Alet-Ve-Makina-Bayi-Listeleri-Guncellenmis-Haliyle-Web-Sitemizde-Yayinlanmistir> Erişim tarihi (01.02.2021).
- Arslan ZF (2018). Şanlıurfa ili mısır tarlalarında bulunan yabancı otların yaygınlık ve yoğunlukları ile mücadele sorunlarına çözüm önerileri. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 6(10): 1322-1328.
- Ateş E, Üremiş İ (2020). Şanlıurfa ili buğday ekim alanlarında bulunan yabancı ot türlerinin, yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 24(1): 33-43.
- Cullen MG, Thompson LJ, Carolan JC, Stout JC, Stanley DA (2019). Fungicides, herbicides and bees: A systematic review of existing research and methods. PLoS One 14(12).
- Demir A, Tepe I, Erman M (2001). Güneydoğu Anadolu Bölgesi nohut ekiliş alanlarında saptanan yabancı otlar, yaygınlıkları ve yoğunlukları. Bitki Koruma Bülteni 41(1-2): 25-37.
- Demirbaş N, Atış E (2005). Türkiye tarımında gıda güvencesinin buğday örneğinde irdelenmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 42 (1):179-19.
- Fao, (2021). Gıda ve Tarım Örgütü <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP> Erişim tarihi (01.02.2021).
- Gharde Y, Singh PK, Dubey RP, Gupta PK (2018). Assessment of yield and economic losses in agriculture due to weeds in India. Crop Protection 107: 12-18.
- Gökalep Ö, Üremiş İ (2015). Mardin buğday ekim alanlarında bulunan yabancı ot türlerinin, yaygınlıklarının ve yoğunluklarının belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20(1): 13-22.
- Günçan A (2014). Yabancı Ot Mücadelesi. Selçuk Üniversitesi Yayınevi, 309s, Konya
- Günçan A (2016). Yabancı Otlar ve Mücadele Prensipleri. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi yayınları, 243s, Konya

- Gürbüz, R, Uygur S, Uygur NF (2018). Ağrı ili buğday ekim alanlarında segetal floranın belirlenmesi. *Türkiye Herboloji Dergisi* 21(1): 8-18.
- Heap I (2021). The International Herbicide-Resistant Weed Database. Online.
- Heap I, Duke SO (2018). Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. *Pest management science* 74(5): 1040-1049.
- Jabłońska-Trypuć A, Wydro U, Wołejko E, Butarewicz A (2019). Toxicological effects of traumatic acid and selected herbicides on human breast cancer cells: In vitro cytotoxicity assessment of analyzed compounds. *Molecules* 24(9): 1710.
- Kaplan E (2014). GAP Bölgesindeki Bitki Koruma Uygulamalarına Ait Sorunların Belirlenmesi. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Diyarbakır, 53s.
- Kaplan M, Bayhan E (2016). Mardin ili bağ alanlarında bulunan yabancı otlar ve yabancı otlar üzerinde tespit edilen Thrips türleri. *Bitki Koruma Bülteni* 56(2).
- Kaya H, Üremiş İ (2019). Hatay ili soğan tarlalarında bulunan yabancı otların yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi* 24(1): 21-30.
- Kordali Ş, Zengin H (2011). Bayburt yöresinde arpa ekim alanlarında görülen yabancı otlar, yoğunlukları, yaygınlıkları ve topluluk oluşturma durumları üzerinde çalışmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 42(2): 117-131.
- Özkal M, Serim AT, Torun H, Üremiş İ (2019). Antalya ili Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Tarlalarında Bulunan Yabancı Ot Türlerinin, Dağılım ve Yoğunluklarının Saptanması. *Turkish Journal of Weed Science* 22(2): 185-191.
- Pala F, Mennan H, Demir A (2018). Diyarbakır ili mercimek ekim alanlarında bulunan yabancı ot türlerinin, yaygınlıklarının ve yoğunluklarının belirlenmesi. *Türkiye Herboloji Dergisi* 21(1): 33-42.
- Peterson MA, Collavo A, Ovejero R, Shivrain V, Walsh MJ (2018). The challenge of herbicide resistance around the world: a current summary. *Pest management science* 74(10): 2246-2259.
- Sardana V, Mahajan G, Jabran K, Chauhan BS (2017). Role of competition in managing weeds: An introduction to the special issue. *Crop Protection* 95, 1-7.
- Schütte G, Eckerstorfer M, Rastelli V, Reichenbecher W, Restrepo-Vassalli S, Ruohonen-Lehto M, Mertens M (2017). Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. *Environmental Sciences Europe* 29(1): 1-12.
- Sırrı M, Öztaşlan C (2020). Siirt ilinde sebze alanlarında görülen yabancı otlar. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences* 4(3): 492-504.
- Silva V, Mol HG, Zomer P, Tienstra M, Ritsema CJ, Geissen V (2019). Pesticide residues in European agricultural soils—A hidden reality unfolded. *Science of the Total Environment* 653: 1532-1545.
- SPSS (1991). Statistical Package For The Social Sciences (SPSS/PC+). Chicago, IL.
- Su WH (2020). Advanced machine learning in point spectroscopy, RGB- and hyperspectral-imaging for automatic discriminations of crops and weeds: A review. *Smart Cities* 3(3): 767-792.
- Swinton SM, Van Deynze B (2017). Hoes to herbicides: economics of evolving weed management in the United States. *The European Journal of Development Research* 29(3): 560-574.
- Şahin S, Gürbüz R, Çoruh İ (2020). Iğdır ili pamuk üretim alanlarında görülen yabancı ot türlerinin belirlenmesi ve bazı herbisitlerin yabancı otlarla pamuk verimine olan etkilerinin araştırılması. *Journal of Agriculture* 3(2): 40-48.
- Tepe I (1998). Türkiye’de tarım ve tarım dışı alanlarda sorun olan yabancı otlar ve mücadeleleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Yayınları* No: 32, Van
- Tepe I (2014). Yabancı Otlarla Mücadele. *Sidas Medya Ziraat Yayın* No:031, İzmir
- Turan R (2019). Mardin ili pamuk ve mısır ekim alanlarındaki istilacı yabancı ot türlerinin (*Physalis* spp., *Amaranthus* spp. ve *Echinochloa* spp.) Yaygınlık ve yoğunluğunun araştırılması. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, Diyarbakır, 75s.
- TÜİK (2021). <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>. Erişim tarihi (17.02.2021).
- Ugbede Itodo H (2019). Controlled Release of Herbicides Using Nano-Formulation: A Review. *Journal of Chemical Reviews* 1(2): 130-138.
- Ücrak M, Gürbüz R, Çoruh İ (2019). Iğdır ili buğday ekim alanlarında segetal floranın belirlenmesi ve bazı yabancı otların gelişme biyolojilerinin incelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 9(4): 1887-1900.
- Vats S (2015). Herbicides: history, classification and genetic manipulation of plants for herbicide resistance. In *Sustainable agriculture reviews* 153-192.
- Yaşar S (2012). Tekirdağ ili soğan ekim alanlarında görülen önemli yabancı ot türleri, yoğunlukları ve rastlanma sıklıklarının belirlenmesi. *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi* 38s.
- Yetkin C, Arslan ZF, Bilgili A (2013). Şanlıurfa il’inde bitki koruma ürünlerinin kullanım durumunun ve sorunlarının belirlenmesi. I. Bitki Koruma Ürünleri ve Makineleri Kongresi (2-5 Nisan 2013, Antalya). Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 1: 295-307.

A research on health problems of working in forest fire workers

Orman yangınlarında çalışan işçilerin sağlık sorunları üzerine bir araştırma

Nevin BACI¹ , Erhan ÇALIŞKAN² 

¹ İzmir Regional Directorate of Forestry, Karşıyaka, İzmir, Turkey

² Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Karadeniz Technical University 61080, Trabzon, Turkey

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1082935

Sorumlu yazar / Corresponding author

Erhan ÇALIŞKAN

e-mail: caliskan@ktu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

04.03.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

07.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted

08.04.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Keywords:

Forest fire workers

Worker health

Psychosocial status

Occupational safety and health (OSH)

Anahtar kelimeler:

Orman yangın işçileri

İşçi sağlığı

Psikososyal durum

İSG

Abstract

Turkey is geographically located in a region susceptible to wildfires. To ensure the long-way sustainability of our forests, protective measures should be taken initially, and fires that start despite precautions should be extinguished as soon and effectively as possible. The mental-physical health of fire workers was investigated in this study by examining the recent state of occupational safety and health for forest fire workers employed by the İzmir Regional Directorate of Forestry and assessing the psychological condition of the workers. The research sampled 246 fire workers assigned to the İzmir Regional Directorate of Forestry. Data collection was accomplished through the questionnaire method. Frequency weights and chi-square methods were used to analyze the acquired data. According to the study, 117 of the questionnaire respondents had at least one accident throughout their careers as fire workers. And 101 participants have been involved in an accident in the previous year. 70% of those with a high score on the General Health Questionnaire and 35.8% of those with a low score had an occupational accident. Psychologically, 24% of field workers felt shyness, 13.8% felt, and 2.8% felt dread. 59.4% stated that they felt nothing. As a result, it was detected that fire workers should get the required occupational safety and health training, the risks listed with accidents should be minimized, and improvements aiming for their psychosocial status should be addressed.

Özet

Ülkemiz yangına hassas alanların bulunduğu bir coğrafyada yer almaktadır. Ormanlarımızın sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için öncelikle koruyucu tedbirler alınmalı buna rağmen çıkan yangınlara en kısa zamanda ve en etkili şekilde müdahale edilmelidir. Bu çalışma ülkemizin İzmir Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı çalışan orman yangın işçilerinin iş sağlığı ve güvenliği konusunda son yıllardaki durumun ortaya konulması ve işçilerin psikososyal durumlarının değerlendirilmesi yapılarak yangın işçilerinin ruhsal-bedensel sağlığı araştırılmıştır. Çalışma İzmir Orman Bölge Müdürlüğü idari sınırları içinde faaliyet gösteren 246 adet yangın işçisi üzerinde yapılmıştır. Veri toplamasında anket yöntemi uygulanmıştır. Bu veriler, frekans ağırlıkları ve ki-kare yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Çalışmaya göre ankete katılan yangın işçilerinin 117'si meslek hayatı boyunca en az bir kez kaza geçirmiştir. Son bir yılda kaza geçiren kişi sayısı ise 101'dir. Genel Sağlık Anketi'nden yüksek puan alanların %70'i, düşük puan alanların %35.8'i iş kazası geçirmiştir. Çalışma alanındaki işçilerin psikolojik açıdan %24'ü sıkılganlık, %13.8'i yalnızlık, %2.8'i korku hissettiğini söylemiştir. %59.4'ü ise herhangi bir şey hissetmediğini söylemiştir. Sonuç olarak yangın işçilerinin, iş sağlığı ve güvenliği konularında gerekli eğitimlerden geçirilmesi, etki düzeyine göre sıralanan kaza risklerinin en aza indirilmesi ve psikososyal durumlarına yönelik iyileştirmelerin yapılması gerektiği belirlenmiştir.

1. INTRODUCTION

Turkey is geographically located in a region susceptible to wildfires. To ensure the long-way sustainability of our forests, protective measures should be taken initially, and fires that start despite precautions should be extinguished as soon and effectively as possible. All work performed during the period from the starting of the wildfire through its extinguishment is called to as fire work, and the individuals who perform this work are called to as fire workers. Forest fire workers battling fires

bear a significant amount of responsibility in this regard. Forest fire workers are exposed to a variety of injuries and smoke during fire response, and they also feel constantly under psychological pressure. Forest fire workers, who are involved in the fight against forest fires, fulfill a very important and dangerous task in order to bring the fires under control in a short time.

Forest fire workers are not only responsible for fire but also do all kinds of forestry work. In addition, during the fire season, the fire workers are divided into various

groups as temporary workers who observe the fire, inform and deliver and finally intervene (Acar 1999).

The environment and working conditions in the field of fire (tough terrain conditions, extreme heat, dense pall of smoke and dust, etc.) are leading among the most challenging and dangerous work environments in forestry (Acar 1999, Akay and Yenilmez 2007, Ünver-Okan and Acar 2017). Working conditions have a harmful impact on worker health, safety, and labor productivity (Hayta 2007). Inadequate social status of employees and the resulting loss of morale and motivation are also significant variables affecting productivity (Tunay et al. 2006). Additionally, the absence of work breaks and being on standby constantly cause employees to feel uneasy and stressed, which increases the risk of workplace accidents (Hayta 2007).

According to Camkurt (2007), unsafe acts (such as deactivating protectors, using defective materials, unsecure loading, cleaning machinery and equipment nonstop, making practical jokes, and not wearing personal protective equipment) and situations (such as a lack of personal protectors and machine protectors, slippery floors) are the leading causes of workplace accidents. Östberg (1980) stated that OSH training and motivation programs will significantly reduce occupational accidents. According to Poschen (1993), occupational accidents in forestry operations pose a risk of disability and death. Moreover, he noted that one of the issues that should be emphasized in forestry studies is undetected health problems. In a study conducted by Gümüş and Türk (2011), they have investigated working conditions of forest fire workers, and primary OSH problems were determined by a questionnaire.

Engur (2001) conducted a study stating that forest workers do not want to use clothes that interfere with or disturb their work, and that they complain of discomfort such as headaches and eczema, especially in hot and humid areas.

The high rate of health problems among forest fire workers inevitably has a detrimental effect on their labor productivity. Labor productivity of a worker with a health problem is decreased by 20% to 30% in comparison to a

healthy worker, depending on the type and severity of the problem (Erdaş et al. 1995).

Within the territory of the İzmir Regional Directorate of Forestry, a total of 264 wildfires broke out in 2018 (OGM 2018).

Therefore, it is critical to reveal the current situation using scientific data and procedures in order to improve job safety conditions and fight forest fires efficiently. While there are few scientific studies on the working conditions and risk factors encountered by forest fire workers, there are insufficient studies on their psychosocial health.

The purpose of this study is to document the situation of occupational safety and health of forest fire workers working under the İzmir Regional Directorate of Forestry in recent years and to investigate the fire workers' mental and physical health by analyzing their psychosocial status.

2. MATERIAL AND METHODS

In the study, the research area is limited to İzmir Regional Directorate of Forestry, which is a first-degree fire-sensitive area that is exposed to several fires throughout each wildfire season. This delimitation includes the forest management directorates of Akhisar, Bayındır, Bergama, Demirci, Gaziemir, Gördes, İzmir, Manisa, and Salihli, which are affiliated with the İzmir Forest Regional Directorate. Forest fire workers were not intervened throughout the study; their participation was entirely voluntary.

Wildfire season is a term that varies by region and refers to a time period or times of the year when flames start, spread, and cause significant damage to fire protection and organization. In this regard, the study examines fire extinguishing operations performed between April and October.

The survey groups for this study of fire workers engaged in wildfire management were determined based on their socio demographic characteristics. To ascertain the causes of occupational accidents, a face-to-face questionnaire was applied to employees. By analyzing previous similar research, the questionnaire formats

were developed for the study. The questionnaire consists of four parts. The first part includes questions concerning socio demographic characteristics, which is one of the independent variables of the study. It involves an examination of one's personal characteristics, work experience, and daily work hours. The second part investigated the workers' general health information and personal habits, as well as their mental health status using the 12-Item General Health Questionnaire (GHQ-12). The third part is the safety and security section, which includes an analysis of the tools and machines used, the work accidents and damage cases encountered thus far, the clothes and personal protective equipment used, the OSH law, and the training situations about occupational safety and health. The fourth part includes the analysis of their socio-psychological conditions.

The field has been approached with the questionnaires prepared according to the purpose of the study, and the aim of the study has been explained to the workers to emphasize the significance of their answers. This questionnaire was administered face-to-face to 246 workers. All answers to the questionnaire in all categories were entered into an Excel database and coded with number values. Demographic characteristics were described using means and standard deviations. In these questionnaire; the effects of parameters such as age, gender, education, and socioeconomic status on motivation in firefighting, occupational accidents, knowledge and education levels regarding fire were analyzed in the SPSS software using Cross Tabulation, commonly known as the Chi-Square Independence Test a (Özdamar 2002). The following hypotheses were used while performing the chi-square test: H0: There is no relationship between the two parameters whose relationship is queried (Independent) H1: There is a relationship between the two parameters whose relationship is queried (Dependent).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The study examined the socio demographic characteristics of forest fire workers working within the administrative boundaries of the İzmir Regional Directorate of Forestry, and the findings obtained are summarized in Table 1. The average age of the employees is 46.5 and 92.3% of them are married. Although 50.8% of participants are elementary school graduates, 10.2% are high schools. Despite their employment in wildfires, 9.8% of them have a secondary source of income. 21.1% of fire workers in the field have changed their jobs. The rationale for such a high rate of job changes is because workers perform seasonal labor. Seasonal work makes it difficult for them to remain committed to and embrace their jobs, preventing them from growing in the fire extinguishing business by gravitating to other business lines.

Take into consideration the relationships between accident situations and the socio demographic characteristics of the fire workers in the study field, 3 (42.9%) people in the first age group, 10 (10.2%) people in the second age group, 16 (18.2%) people in the third age group, and 27 (50.9%) people in the fourth age group were exposed to an accident; in total, 56 (50.9%) people were exposed to an accident. As can be understood, those above the age of 50, in other words elderly, are more likely to have an accident. The age-related difference in accident occurrence is statistically significant (Chi-square = 35.388; sd = 3; $P < .001$).

95.9% of fire workers reported receiving vocational training in firefighting. When we evaluate accident instances according to the educational knowledge of the fire workers in the study field, we discover that the difference in education is not an important factor on likelihood of having an accident (Chi-square= 9.421; sd = 6, $P = 0.151$). In other words, there is no statistically significant relationship between the difference in education levels and the situation of encountering an accident.

Table 1. Frequency values of the demographic characteristics of workers

Demographic Characteristics		Number	Frequency %
Age	18>...	0	0
	18-30	7	2.9
	31-40	98	39.8
	41-50	88	35.8
	50<...	53	21.5
Marital status	Married	227	92.3
	Single	12	4.9
	Divorced	6	2.4
	Widow	1	0.4
Weight	65 and below	24	9.8
	66-75	57	23.2
	76-90	117	47.6
		48	19.5
Height	151-165	43	17.8
	166-175	141	57.3
	176 and above	62	25.2
Education	Primary School	125	50.8
	Middle School	44	17.9
	High School	52	21.1
	Other	25	10.2
Work Experience(years)	1-5	13	5.3
	6-10	90	36.6
	11-20	43	17.5
	21 and above	100	40.7
Salary (monthly) TL	2 -3thousand	7	2.8
	3-4thousand	124	50.4
	4-5thousand	82	33.3
	5thousand and above	7	2.8
		26	10.6
Another Source of Income	Yes	23	9.3
	No	223	90.7
Job change	Yes	52	21.1
	No	194	78.9
Daily Working Hours	4-6	0	0
	6-8	5	2
	8-10	51	20.7
	10h and above	190	77.2

We can list the findings of forest fire workers disorders that have been diagnosed by a doctor and require treatment as follows: While 32.5% of them stated having a diagnosis that required treatment, 67.5% stated that

they were not diagnosed. With a rate of 8.1%, bronchitis-cold is the most common, followed by eczema-itch at 7.3%.

We examined the circumstances that result in movement limitation and pain in the body. As an outcome, the most common complaint was neck pain, which occurred at a rate of 17.1%. Neck pain is followed by headache (16.3%) and leg and ankle pain (6.1%).

The questions concerning the discomforts experienced while fighting wildfires were answered with scratches and crack the most accounting for 87.4% of physical ailments and headache accounting for 45% of psychological disorders.

The 12-Item General Health Questionnaire was administered to workers in the study field, and participants were asked to indicate how frequently they encounter the 12 situations described in the questionnaire by selecting the appropriate response from the options "better than usual / same as usual / less than usual / much less than usual" for each question. The four-item response choice was used as a two-item scale, with the first two items scored negatively and the latter two items scored positively, following Goldberg's "GHQ type scoring" method (Goldberg et al. 1997). (Özbek et al. 2016) conducted a reliability and validity study on the Turkish version of the test. The scores of the participants on 12 items are classified as low, medium, or high. (Table 2).

Table 2. General Health Questionnaire (GHQ-12) Average Score

GHQ-12 Average Scores	Standard deviation	Min.	Max.
2.04	± 1.79	0	8

As seen in Table 2; The mean GHQ-12 score of the fire workers was found to be 2.04 ± 1.79 . A score of 2 is accepted as the cut-off point, and a score of 2-3 indicates there is a possibility of a moderate mental disorder. According to the results of the questionnaire, it is seen that the mental health of the workers in the study is moderately disturbed.

When the risk distribution of the workers in the study field was examined according to the GHQ-12 scale, 50% of them were found to be at low risk, and 20.3% of them to be at high risk level in terms of general health (Table 3).

Table 3. Risk distribution according to GHQ-12 scale

Level of risk distribution	Number	Percent %
Low risk	123	50.0
Middle risk	73	29.7
High risk	50	20.3

When the ages of the participants in the study and their general health levels were compared, a statistical significance was found between age and general health mean score; It is observed that the risk of mental illness increases with age (Chi-square = 17.672; sd = 6, $P=0.007$).

It has been determined that GHQ scores change when age is increased, and that mental illnesses occur more frequently at older ages in some other studies in the literature as well.

When the status of having an occupational accident of the participants and their general health levels were compared; a statistical significance was found between having a work accident and general health levels. It was discovered that those with high general health questionnaire scores experienced more occupational accidents than those with low scores. 70% of those with a high score in the General Health Questionnaire and 35.8% of those with a low score had an occupational accident. There was a statistically significant correlation between state of mental health and having a work accident. (Chi-square = 17.539; sd = 2, $P<.001$).

Table 4. Distribution of GHQ-12 scores according to individuals' socio-demographic characteristics and accident status

Demographic Characteristics	n	GHQ-12 Mean Scores ±standard deviation
Age	18-30	7 1±1.8
	31-40	98 1.9 ±1.6
	41-50	88 2.2±1.9
	50<	53 2.3±1.9
Education	PrimarySchool	125 1.9±1.7
	MiddleSchool	44 1.7±1.7
	High School	52 2.1±1.7
	Other	25 3.1±2.1
Occupational accident	Yes	117 2.2±1.9
	No	129 1.9±1.7

By examining the tools and machines used by forest fire workers in the research field, it was possible to determine

which tools and machines were responsible for leading occupational accidents the most. The highest accident rate was 8.1% during the use of sprinkler.

47.6% who work in firefighting in forestry reported having been involved in an accident at least once throughout their career. The accident statuses of the employees are shown in Table 5. According to this, 41.1% reported having been involved in an accident in the previous year.

Table 5. Accident cases of fire workers in the work area

Accident period	Accident status	Number	Percent
Occupational accident during professional life	involved	117	47.6
	not involved	129	52.4
Work accident in the last year	involved	101	41.1
	not involved	145	58.9

When asked what type of accidents the fire workers in forestry encounter, the answers were that they were most affected by smoke with a rate of 21.5%. It is followed by fall and slip which accounted for 8.1%, injury, cut and vehicle accidents with 6.1%, sprain and crush with 4.9%, respectively.

Personal protective equipment, which is indispensable for occupational safety and health, is required in every field of industry to prevent workplace accidents. When forest fire workers protective clothes and equipment are evaluated, it is discovered that the vast majority of them use personal protective equipment. Fire workers wear uniforms at an average rate of 81.7% while on the job. They utilize gloves the most frequently (89%) of all personal protective equipment. Each year, forest fire workers are provided with a shirt, pants, fire boots, cap, t-shirt, and belt to wear while on the job. Additionally, masks and gloves are supplied to each fire workers, although they do not provide protection against flames and do not prevent the inhalation of carbon monoxide gas. The masks are surgical masks, which only provide protection against dust and are easily combustible. Forest fire workers are vulnerable to great dangers based on the functionalities of their equipment.

Numerous psychosocial conditions that influence employees, including all health changes during their careers, stress and other factors that may cause stress, mental health status, general sleepiness, job security, and job satisfaction have an impact on the employee (Östberg 1980). As a consequence, field workers were questioned about their job satisfaction, their relationships with coworkers and managers, how they use their free time,

and whether they suffer from a psychological disorder etc. 89% of workers in the field reported they work seven hours or more every day, and 40% stated they were not getting enough rest. The daily working time of forest fire workers is 11 hours (OGM 2019). Additionally, 22% of them stated that they prioritize rest over social events outside of work hours due to their excessive workload.

While 32.1% of workers in the work area admitted having a psychological disorder, 13% reported not knowing if they had any ailments. Only 7.7% of individuals who reported being psychologically disordered admitted receiving psychological support. Psychologically, 24% of the workers in the work field stated that they felt shyness, 13.8% felt loneliness, 2.8% felt fear. As 59.4% said that they did not feel anything.

The socio-demographic characteristics of fire workers are similar to previous studies (Şentürk and Acar 1997, Acar and Şentürk 1999, Çolak 1998, Acar and Eroğlu 2001, Gandaseca et al. 2001, Tunay and Melemez 2006). The average age of the workers in the research field was determined to be 46.5 years. This situation demonstrates that fire workers are not a physically dynamic or young target group, but rather an experienced one. Despite their job in wildfires, 9.8% of them have a secondary source of income. 21.1% of fire workers working in the field have changed careers. This finding implies that a portion of the participants contacted via questionnaires did not choose wild land firefighting as a vocation.

Vatansever (2014), emphasized that factors such as increased workload, working hours and working tempo cause many negative effects on employees, especially

stress; and that these negative effects also reduce their commitment to the workplace and increase absenteeism (Vatansever 2014). Increased working hours bring stress, fatigue, mistakes and accidents on workers in this study as well.

In the study conducted by Gümüş and Türk (2011) it were determined that 14.9% of the workers had health problems, and it was determined that a large proportion of the problems was fatigue and weakness. Akay and Yenilmez (2007) observed a rate of 15% absent-mindedness, 81% anxiousness, 55% headache, and 10% sleeplessness among forest fire workers. According to the workers, the reasons of these disorders include mainly stress due to the fire and being away from family.

In a study published by OSHA on occupational safety and health in European forests identified trees falling, problems related with vehicles, and work equipment as the primary factors of fatal occupational accidents (ILO 1998). Falling branches, slipping-falling-tripping and again work equipment are among the factors that cause non-fatal injuries. Crushing, sprains, cuts, fractures, cracks and animal attacks such as ticks and bug bites are the most common sorts of injuries. As for this study, the most common type of injury was scratches and cracks accounting for 87.4%, followed by burns, wounds and crushes.

4. CONCLUSION

In this study, the mental and physical health of fire workers were investigated by revealing the situation in recent years on the occupational health and safety of forest fire workers employed by the İzmir Regional Directorate of Forestry and evaluating the psychosocial status of the workers.

In the study field, 246 temporary forest fire workers of various ages were interviewed. The average age of the employees is 46.5 and 92.3% of them are married. Although 50.8% of participants are elementary school graduates, 10.2% are high schools. Despite their employment in wildfires, 9.8% of them have a secondary source of income.

While 95.9% of fire workers stated that they have received vocational training, it was concluded that 41.4% received occupational safety and health training fire workers wear uniforms at an average rate of 81.7% when on the job. They utilize gloves the most commonly (89%) of all personal protective equipment. 47.6% of those employed in firefighting in forestry reported having been involved in an accident at least once throughout their careers, with 41.1% reported having an accident during the past year. As general pain complaints, workers complain of neck pain at a rate of 17.1%. Neck pain is followed by headache (16.3%) and leg and ankle pain (6.1%).

It was concluded that the most common physical ailments were scratches and cracks with a maximum rate of 87.4%, and the psychological disturbances were headaches with a maximum rate of 8.9%. Psychologically, 24% of the workers in the field stated that they felt shyness, 13.8% felt loneliness, 2.8% felt dread. 59.4% said that they did not feel anything.

Face-to-face interviews revealed that forest fire workers frequently expressed dissatisfaction with their working conditions and economic status. They complain about having to perform their already difficult and dangerous work during certain periods of the year, leaving them jobless during other periods, and about their economic wages being insufficient. Therefore, it is essential to take measures to address problems of fire workers and make them regard themselves as a part of the system. Wages of fire workers fire worker salaries should be increased and outstanding workers should be rewarded.

The factors that contribute to occupational diseases and work-related accidents during wildfires should be investigated, and necessary technological measures should be taken.

REFERENCES

- Acar HH (1999) Orman işletmelerinde Yangın İşçiliği, 7. Ergonomi Kongresi, Milli Prodüktivite Merkezi Yayını, 12-22, Adana, Türkiye
- Acar HH, Şentürk N (1999) Artvin Yöresindeki Orman İşçilerinde İşçi Sağlığı Üzerine Bir Araştırma. İÜ Orman Fakültesi Dergisi Seri A. 39(1), 25-39.
- Acar HH, Eroğlu H (2001) Ormancılıkta Odun Üretimi ve Fidanlık-Ağaçlandırma İşçilerinin Sağlık Sorunları Üzerine bir Araştırma, 8.

- Ulusal Ergonomi Kongresi, 10s, 25-26 Ekim 2001, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir,Türkiye.
- Akay AE, Yenilmez N (2007) Orman Yangınları ile Mücadelede Çalışan İşçilerin Sağlık ve İş Güvenliği Sorunlarının İncelenmesi: Alanya Orman İşletme Müdürlüğü Örneği, 13. Ulusal Ergonomi Kongresi, 6-8 Aralık 2007, Kayseri, Türkiye.
- Camkurt MZ (2007). İşyeri Çalışma Sistemi ve İşyeri Fiziksel Faktörlerinin İş Kazaları Üzerindeki Etkisi. TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi s. 80-106.
- Çolak N (1998) Artvin Yöresi Orman İşçilerinin Sağlık, Sosyal ve Eğitim Sorunları Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 92s, Trabzon.
- Engur O (2001) Personal Protective Equipment in Forest Works. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University 51(1): 89-101.
- Erdaş O, Acar HH (1995) Doğu Karadeniz Bölgesi Orman İşçilerinde İşçi Sağlığı, 5.Ergonomi Kongresi, MPM Yayın No: 570, 312-320. İstanbul.
- Gandaseca S, Acar HH, Yoshimura T (2001) Occupational Safety and Health of Forestry Workers of Cable Harvesting in Turkey, Workshop on New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains, 18-24 June 2001, 10p, Ossiach, Austria.
- Gümüş S, Türk Y (2011) Orman Yangın İşçilerinde İşçi Sağlığı ve Güvenlik Verilerinin Tespitine Yönelik Araştırma, Düzce Üniversitesi,Orman Fakültesi, Ormancılık Dergisi, 7(1), 1-9.
- Goldberg DP, Gater R, Sartorius N (1997) The Validity of Two Versions of The GHQ in the WHO Study of Mental Illness in General Health Care. Psychol Med, 27:191-97.
- Hayta AB (2007) Çalışma Ortamı Koşullarının İşletme Verimliliği Üzerine Etkisi. Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi, (1): 21-41
- ILO (1998) Safety and Health in Forestry Work, ILO Publications, CH-1211 Geneva 22, Switzerland.
- OGM (2018) Orman Genel Müdürlüğü, 2018 Yılı Değerlendirme Raporu, OGM Koruma Dairesi, Ankara.
- OGM (2019) Orman Genel Müdürlüğü, Orman Yangınlarıyla Mücadele Hizmetlerinde Görevli İşçi Personelin Çalışma Esasları İle İlgili Yönetmelik, Ankara.
- Östberg O (1980) Risk Perception and Work Behaviour in Forestry: Implications for Accident Prevention Policy, Science Direct, 12(3), pp.189-200.
- Özbek A, Erol E. (2016) Analitik Hiyerarşi Süreci ve VIKOR Yöntemleriyle İşgören Seçimi: Tekstil Sektöründe Bir Uygulama, Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6(1), 93-108.
- Özdamar K (2002) Statistical Data Analysis with Package Programs- Multivariate Analysis. Etam, Kaan Bookstore, Eskişehir.
- Poschen P (1993) Forestry, A Safe and Healthy Profession, Unasylva, Vol:44, No: 1, Issue No: 172.
- Şenturk N, Acar HH (1997) Status of Forest Workers in Eastern Black Sea Region, Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, B47(1-2-3-49):39- 47.
- Ünver-Okan S, Acar HH (2017) Evaluation of satisfaction levels from work wears of forest fire workers. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University 67(1): 93-102.
- Vatansever Ç (2014) Risk değerlendirme’de yeni bir boyut: Psikososyal Tehlike ve riskler, Çalışma ve Toplum Dergisi ,1,117-138.
- Tunay M, Melemez K, Dizdar EN (2006) Ormancılıkta Kullanılan Yükleme Makinaları Operatör Koltuklarının Antropometrik Tasarımı Teknoloji, 9(2): 137,144.

Hane halkının orman ürünleri sektöründe yeşil pazarlamaya dair tutum ve davranışlarının incelenmesi: Kastamonu örneği

Investigating the attitudes and behaviors of households towards green marketing in forest products industry: A case study of Kastamonu

Bahadır Çağrı BAYRAM¹  Tutku ÜÇÜNCÜ¹ 

¹Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1085401

Sorumlu yazar / Corresponding author

Bahadır Çağrı BAYRAM

e-mail: bcbayram@kastamonu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

09.03.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

05.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted

10.04.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Yeşil pazarlama

Tüketici satın alma davranışı

Orman ürünleri

Keywords:

Green marketing

Consumer purchasing behavior

Forest products

Özet

Şiddeti gitgide artan çevre problemleri ve azalan doğal kaynaklar, günümüzde gerek tüketicileri gerekse üreticileri çevreye karşı daha duyarlı olmaya mecbur bırakmaktadır. Yeşil pazarlama kavramı da bu durumun bir yansıması olarak literatürde kendine yer bulmuştur. Bu çalışma kapsamında Türkiye orman ürünleri sektöründe çok önemli bir yer tutan Kastamonu ilinin, hane halkının yeşil pazarlamaya dair bilgileri, bakış açıları ve tüketici olarak tepkilerinin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu maksatla, il merkezi hane halkıyla anket çalışması yapılmış olup sonuçlar istatistiksel metotlarla analiz edilmiştir. Anket kapsamında literatürde doğruluğu kanıtlanmış olan bir yeşil pazarlama ölçeğinden faydalanılmıştır. Analizler neticesinde, yeşil pazarlama ve tüketici davranışları anketinin genel ortalamasının 3.65 olduğu ve anket sorularının 3.50-3.79 arasında değerler aldığı belirlenmiştir. Genel olarak tüketicilerin çevreye önem verdikleri ve bu doğrultuda ekonomik güçleri kapsamında çevre için yeşil pazarlama faaliyetlerini destekledikleri ve çevreci ürünleri satın alma niyetinde oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca, orman ürünleri işletmelerine de yeşil pazarlama faaliyetlerinde bulunmaları ve bu faaliyetleri ile ilgili olarak tüketicilerde bir farkındalık oluşturmaları önerilmektedir.

Abstract

Severely increasing environmental problems and decreasing natural resources force both consumers and manufacturers to be more sensitive to the environment. The concept of green marketing has also found its place in the literature as a reflection of this situation. Regarding green marketing, to reveal the knowledge, perspectives, and consumer behaviors of the households of Kastamonu province which holds an important place in the Turkish forest products industry were aimed within the scope of this study. For this purpose, a survey was conducted with the households in the city center and the results were analyzed with statistical methods. In the survey, a green marketing scale, whose accuracy has been proven in the literature, was used. As a result of the analyses, the mean of the green marketing and consumer behavior survey was found as 3.65 and the survey questions took values between 3.50-3.79. The results of the study revealed that the consumers value the environment in general and support green marketing activities as much as their buying power, and they intend to buy environmental products. In addition, forest products manufacturers are recommended to engage in green marketing activities and create awareness among consumers about these activities.

GİRİŞ

İnsan ihtiyaçlarının sınırsız olmasına karşın doğal kaynakların sınırlı olması, artan dünya nüfusu, plansız sanayileşme ve küreselleşme gibi etkiler zaman içerisinde çevre ile ilgili tahribatın ve problemlerin daha da artmasına sebep olmuştur. Günümüzde, özellikle küresel ısınma, ekolojik dengenin bozulması, su sıkıntısının baş göstermesi ve ormansızlaşma vb. çevre problemleri insanları şiddetli bir şekilde etkilemekte bu da çevreci ürünleri tüketiciler nezdinde daha da önemli bir pozisyonda konumlandırmaktadır (Çabuk ve ark. 2008, Karahan ve ark. 2017, Onurlubaş 2016).

İşletmelerin sosyo-ekonomik varlıklar olduğu dikkate alındığında, tüketicilerin davranışlarını yönlendiren unsurlar karşısında tepkisiz kalmaları beklenemez. Dolayısıyla, bu unsurlardan biri olan çevre duyarlılığı ve çevre sorunlarına duyarlı tüketiciler pazarlama yöneticileri için oldukça önemlidir (Erbaşlar 2012). Çevre duyarlılığı artan tüketiciler ve zorlu rekabet şartlarında işletmelerin hayatta kalabilmeleri için toplumsal bilince ve sosyal sorumluluğa sahip olmaları gerekmektedir. Bu durum da yeşil pazarlama kavramını ortaya çıkarmıştır (Karaca 2013).

Her ne kadar yeşil pazarlama kavramı bilim adamları tarafından ekolojik pazarlama, çevreci pazarlama,

sürdürülebilir pazarlama vb. farklı şekillerde adlandırılrsa da (Çabuk ve ark. 2008, Karaca 2013, Karaman 2021) aslında yeşil pazarlama ve söz konusu kavramların taşıdıkları anlamlar farklıdır. Yeşil pazarlama, bu kavramları da içine alan en genel ve kapsayıcı terimken, bahsi geçen diğer kavramlar yeşil pazarlamanın aşamalarıdır (Boz ve ark. 2020, Özcan ve Özgül 2019).

Yeşil pazarlama kavramına ilk olarak Amerikan Pazarlama Birliği'nin (AMA) 1975 yılında düzenlediği "ekolojik pazarlama" konulu bir seminerin aynı isimdeki bildiri kitabında rastlanmıştır. Burada yeşil pazarlama: insan ihtiyaç ve isteklerini karşılamaya ve tatmin etmeye yönelik her türlü alışverişi gerçekleştirmek ve kolaylaştırmak için tasarlanan ve doğal çevre üzerinde en az zararlı etki ile gerçekleştirilen bütün faaliyetler olarak tanımlanmıştır (Singh ve Pandey 2012).

Yeşil pazarlamanın kavramsal yapısı ve detaylarıyla ilgilenen okuyucular ayrıntılı bilgi için (Erbaşlar 2012, Gedik ve ark. 2014, Groening ve ark. 2018, Lam ve Li 2018, Özcan ve Özgül 2019, Bahçecik ve Talebi 2020, Li ve ark. 2021) bakabilirler.

Bu çalışma Kastamonu il merkezindeki hane halkının yeşil pazarlama kavramı hakkında ne kadar bilgi sahibi olduklarını orman ürünleri sektörü bağlamında analiz etmek için yapılmıştır. Analiz kapsamı Kastamonu'da üretilen ve Türkiye orman ürünleri endüstrisinde önemli bir yer tutan mobilya, parke, kağıt, MDF, yonga levha vb. odun esaslı ürünlerle sınırlandırılmış olup odun dışı orman ürünleri araştırma kapsamı dışında bırakılmıştır.

Kastamonu ili gerek hammadde üretimi, gerekse orman ürünleri endüstrisi alanında Türkiye'nin önde gelen illerindendir (Gökçe ve Akyıldız 2010). Orman ürünleri endüstrisi yönünden oldukça avantajlı olan Kastamonu ilinde toplam alanın %66.16'lık kısmı ormanlarla kaplıdır, il ölçeğinde sanayi tesisi ve KOBİ olarak 820 adet firma olup bunların 376 adedi orman ve orman ürünleri ile ilgili işletmelerdir. Bu işletmeler, sektörde yaklaşık 4500 kişiye istihdam sağlamaktadır (Ateş ve ark. 2021).

Kastamonu ilinde sıklıkla düzenlenen ahşap fuarları, ahşabın kullanımına yönelik verilen kurslar/egitimler ve şehrin orman ürünleri sektöründeki önemi göz önüne alındığında Kastamonu ili genelinde gerek tüketici gerekse çalışan bazında orman ürünlerinin üretimi ve kullanımı noktasında genel bir bilgi birikiminin olduğu düşünülmektedir.

Tüketicilerin ürünlerin ve üretim süreçlerinin çevreye olan etkilerine dair ne kadar bilgili olduklarını ve çevreci ürün tercihleriyle ilgili davranışlarını tespit etmek için bu araştırma yapılmıştır. Şehirdeki büyük işletme sınıfında yer alan fabrikalar ve pek çok KOBİ'nin üretim faaliyetlerinin hane halkı sağlığını doğrudan ve dolaylı olarak etkilediği hesaba katıldığında tüketicilerin bu konuda bilinçli olmalarının ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu bilgiler ışığında mevcut araştırmanın yapılmasının gerekliliği fikri doğduğundan bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada araştırma evreni, Kastamonu il merkezi nüfusu ile sınırlandırılmıştır. 2020 yılı nüfus sayımına göre Kastamonu'nun toplam nüfusu 376377 olmakla beraber, Kastamonu il merkezi nüfusu 124018 şehir ve 27482 köy olmak üzere toplamda 151500'dür (TÜİK 2021). Araştırmada Kuduz, 2011 tarafından geliştirilen *yeşil pazarlama bilgi düzeyi ölçeği* baz alınmış, orman ürünleri sektörü için uyarlanarak kullanılmıştır. Anketi oluşturmada kullanılan ölçeği geliştirmek için Kuduz (2011) yerli ve yabancı literatürü incelemiş, bazı soruları olduğu gibi almış, bir kısmını da araştırmanın amacı, içerisinde bulunan zaman vb. faktörleri göz önüne alarak danışmanı ile revize etmiştir. İlgili ölçeğin geçerliliği çeşitli çalışmalarla ve pilot uygulama ile test edilmiştir (Kuduz 2011). Kuduz tarafından geliştirilen bu ölçek literatürde araştırmacılarca kullanılan ve kabul gören bir ölçektir. Örneğin (Boz ve ark. 2020, Çakmak ve Özkan 2016, Karahan 2017, Karaman 2021) çalışmalarında bu ölçeği kullanmış ve geçerliliğini ve güvenilirliğini kanıtlamışlardır.

Yeşil pazarlama ve tüketici davranışlarını ölçmek için uygulanan anketin ilk bölümünde tüketicilerin demografik bulgularına yönelik sorular yer almaktadır. İkinci bölümde ise tüketicilerin çevreye duyarlılıkları, farkındalıkları ve satınalma davranışlarına yönelik 5'li Likert ölçeğinde hazırlanan çeşitli sorular yer almıştır (Çizelge 1). Kullanılan 5'li likert ölçeğe dair ifadeler ve değerleri şu şekildedir: Hiç katılmıyorum (1), Katılmıyorum (2), Kararsızım (3), Katılıyorum (4), Tamamen Katılıyorum (5).

Çizelge 1. Yeşil pazarlama ve tüketici davranışları ölçeği

Grup	Kısaltma	Açıklama
Çevreye Duyarlılık	Sorunİnsan	Çevre sorunlarının oluşmasındaki en büyük faktör insandır
	TedbirYsiz	Ülkemizdeki çevre kirliliğini önleyici tedbirler yeterli değildir
	NükleKarş	Nükleer enerji santrallerinin kurulmasına karşıyım
	DoğalKDik	Doğal kaynakları kullanmada dikkatli davranırım
	EvselAyrı	Evsel atıklarımı (ahşap, plastik, cam, kağıt ve pil/elektronik cihaz gibi dünyamıza zarar veren atıkları) ayrıştırarak atıyorum
	ElektFişÇek	Elektronik aletleri kullanmadığım zaman fişlerini çekiyorum
	IsıYal	Isı kaybını önlemek için evimin yalıtımına önem veriyorum
	TemizSuidare	Kişisel bakım ve temizlik esnasında (ellerimi yıkarken, dişlerimi fırçalarken, tıraş olurken vb...) suyu idareli kullanıyorum
	FatuPosta	Orman kaynaklarımızın tükenebileceğini düşündüğüm için faturalarımın elektronik postayla (e- posta) gelmesi yönünde talimat veriyorum
	GereksizKağıt	Gereksiz yere kağıt kullanmamaya dikkat ederim
Farkındalık	ÇevrKoru	Çevreyi korumadan kalkınmak mümkün değildir
	KüreselEner	Küresel ısınmanın sebeplerinden biri de gereksiz harcanan enerjidir
	GeriDönş	Geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum
	ÜrünYok	Çevre dostu ürünlere her yerden ulaşamıyorum
	ÜrünPahal	Çevre dostu ürünler diğer ürünlere göre daha pahalıdır
	ÜrünReklamsız	Çevre dostu ürünlerin reklamları yeteri kadar etkin yapılmıyor
	ÜrünEtiket	Ürünlerin ambalajları üzerindeki işaretlerden/ etiketlerden çevreye zarar verip vermediğini anlayabilirim
	ZararlıAlmam	Satın aldığım ürünlerin ambalajının çevreye zararlı olduğunu öğrenirsem satın almaktan vazgeçerim
	ÇevrZarrAlmam	Satın aldığım ürünün çevreye zarar vererek üretildiğini öğrenirsem kullanmaktan vazgeçerim
	FazlaAmbAlmam	Gereğinden fazla ambalajlanmış ürünleri tercih etmem
Satın alma Davranışı	ReklmEtkin	Çevre dostu ürünlerin reklamı satın alma davranışım üzerinde etkili olur
	MedyaEtkin	Medyada yayınlanan çevre ilgili konular/sorunlar satın alma davranışımı etkiler
	İşaretiliÜrün	Çevreye zarar vermediğini işaret eden etiketleri içeren ürünleri tercih ederim
	YerliÜrün	Ürünlerin taşınması esnasında harcanan doğal kaynakları düşündüğüm için, mümkün olduğunca ülke içinde üretilen ürünleri tercih ederim
	FazlaÖder	Çevre dostu ürünlere diğer ürünlere ödediğimden daha fazla ödemeye razıyım
	ÇevrDostAlır	İki ürün arasında seçim yaparken çevre dostu olanı tercih ederim
	GeriDönAlır	Geri dönüşümlü malzemeden yapılmış ürünleri tercih ederim
	DoğalPoşet	Alışverişlerde; file, kese kağıdı, pamuklu torbalar gibi mümkün olduğunca doğada çözünebilir malzemeleri kullanmayı tercih ederim

Örnek hacmi belirlenirken ana kütlenin bilindiği durumlarda kullanılan eşitlik 1'den yararlanılmıştır (Daniel 1999):

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot P \cdot Q}{N \cdot D^2 + Z^2 \cdot P \cdot Q}$$

(1) Burada: n: örnek büyüklüğü, N: Nüfusun büyüklüğü, Z: Güven katsayısı (%95'lik güven katsayısı= 1.96), P: Ölçmek istediğimiz özelliğin ana kütlede bulunma ihtimalini (%50), Q=1-P 'yi ve D: Kabul edilen örnekleme hatasını (%5 alınmıştır) belirtmektedir.

$$n = (1.96^2 \cdot 151500 \cdot 0.50 \cdot 0.50) / ((151500 \cdot 0.05^2) + (1.96^2 \cdot 0.50 \cdot 0.50)) = 383 \quad (2)$$

Bu durumda eşitlik 2'de görüldüğü üzere il merkezi için toplanması gereken anket sayısı %95 güvenle 383 olarak belirlenmiştir. İl merkezi kapsamında toplamda 411 anket elde edilmiş olup, yapılan incelemeler sonucunda 405 adet anketin istatistiksel analizler için uygun olduğu tespit

edilmiştir. Anketler 2021 yılı Eylül-Kasım döneminde Kastamonu il merkezinde ki hanehalkları arasından rastgele seçilen bireyler ile yüz yüze yapılmıştır.

Anketlerin analiz edilmesinde likert ölçek, frekans çizelgesi, güvenilirlik analizi, çapraz çizelgeler ve ki-kare gibi yöntemlerden faydalanılmıştır.

Likert ölçekleme tekniği, Rensis Likert tarafından 1932 yılında geliştirilmiştir (Bayat 2014). Likert ölçek büyük oranda güvenilir olması ve diğer ölçeklere göre kolay oluşturulabilmesi nedeniyle uygulamada sıklıkla tercih edilmektedir (Gable 1986). Likert ölçeğin diğer önemli bir avantajı ise ölçülmek istenen bir özelliğe ilişkin bir toplam puan elde edilmesine olanak sağlamasıdır (Bayat 2014). Avantajlarının yanı sıra likert ölçeğin çeşitli dezavantajları da mevcuttur (Balcı 2021). Bunları şu şekilde sıralamak mümkündür: Bireylerin tutumlarının birbirinden ne kadar farklılaştığını açıklayamaması, aynı toplam puanların, aynı özelliği belirtmeyebilir olması ve ölçeğin üretilebilirliğinin eksik oluşudur.

Frekans çizelgeleri ham verilerin düzenlenmesinde kullanılan en basit yöntemlerden biridir. Verilerin bir bütün halinde okuyucuya tanıtılmasını sağlar, bu sayede verilerden bir takım anlamlar çıkarılabilir hale gelmekle beraber bazı genel sonuçlara ulaşmak dahi mümkün kılınır (Büyüköztürk ve ark. 2014).

Güvenilirlik analizi kullanılan anketlerin, testlerin veya ölçeklerin özelliklerini ve güvenilirliklerini değerlendirmek üzere geliştirilmiş bir yöntemdir ve kendinden sonraki analizler için bir temel oluşturmaktadır (Kalaycı 2009). Bu araştırma kapsamında alfa modeli güvenilirlik analizi kullanılmıştır yani Cronbach alfa katsayısından faydalanılmıştır. Alfa (α) katsayısına bağlı olarak test edilenin (anket, test, ölçek vb.) güvenilirliği şu şekilde yorumlanmaktadır (Kalaycı 2009):

$0.00 \leq \alpha < 0.40$ ise test edilen güvenilir değildir.

$0.40 \leq \alpha < 0.60$ ise test edilenin güvenilirliği düşüktür.

$0.60 \leq \alpha < 0.80$ ise test edilen güvenilirdir.

$0.80 \leq \alpha < 1.00$ ise test edilen yüksek derecede güvenilirdir.

0-1 arasında değer alabilen Cronbach's Alpha değerinin $\alpha = 0.7$ 'nin üzerinde bir değer olması istenmektedir (Altunışık ve ark. 2005, Pallant 2005).

Çapraz çizelgeler eldeki verilerin iki ya da daha çok kategorik değişkene göre frekans ve yüzdeleri gösteren, değişkenler arasında ilişki olup olmadığı konusunda fikir veren çizelgelerdir (Büyüköztürk 2014). Katılımcıların yeşil pazarlama hakkındaki görüşlerine ilişkin değerlendirmelerini vermek için bu çalışmada çapraz çizelgelerden faydalanılmıştır.

Tanımlayıcı bulgular ile ifadeler arasındaki ilişkinin varlığını belirleyebilmek ve daha açık inceleyebilmek amacıyla verilere ki-kare testi uygulanmıştır.

Ki-kare testi ise istatistiksel araştırmalarda sıklıkla kullanılan, uygulaması nispeten kolay olan bir testtir. Uygulama amacına ve durumuna göre: uygunluk testi, bağımsızlık testi ve homojenlik testi olmak üzere üç gruba ayrılabilir (Kalaycı 2009). Parametrik olmayan testlerden biri olan ki-kare testi, örneklem grubundaki değerlerin dağılımının hipotezde ileri sürülen ana kitle dağılımıyla uyumlu olup olmadığını ölçmektedir. Uygunluk testi olarak adlandırılmasının nedeni beklenen değer ile elde edilen değer arasındaki uygunluğu test ettiği içindir (Kalaycı 2009). Ki-kare bağımsızlık testi iki veya daha fazla değişken grubu arasında ilişki bulunup bulunmadığını

incelemek için kullanılır yani değişkenler arasında bağımsızlık olup olmadığı araştırılır. Ki-kare homojenlik testi ise birbirinden bağımsız olarak seçilen iki veya daha fazla örneklemin aynı ana kütleden çekilip çekilmediğinin belirlenmesinde kullanılır (Kalaycı 2009).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde, 405 katılımcıya uygulanan anket verilerinin analizine dayalı olarak yapılan değerlendirmeler ve elde edilen bulgular sunulmuştur. Katılımcıların demografik özelliklerini içeren genel frekans çizelgesi Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Katılımcıların demografik özellikleri

Cinsiyet	Frekans	Yüzde
Erkek	170	42.0
Kadın	235	58.0
Yaş	Frekans	Yüzde
-18	51	12.6
19-29	90	22.2
30-39	161	39.8
40-49	52	12.8
50-59	34	8.4
60+	17	4.2
Medeni Durum	Frekans	Yüzde
Bekar	191	47.2
Evli	214	52.8
Eğitim	Frekans	Yüzde
İlkokul	5	1.2
Ortaokul	19	4.7
Lise	120	29.6
Lisans	210	51.9
Master	31	7.7
Doktora	20	4.9
İş	Frekans	Yüzde
Kamu	136	33.6
Özel	124	30.6
Öğrenci	80	19.8
Emekli	20	4.9
Çalışmıyor	45	11.1
Gelir	Frekans	Yüzde
0-1499	56	13.8
1500-2500	60	14.8
2501-3500	64	15.8
3501-4500	58	14.3
4501-5500	44	10.9
5501-6500	44	10.9
6501+	79	19.5

Katılımcıların demografik özellikleri irdelendiğinde: Çizelge 2'ye göre çalışmaya katılanların %42'si erkek %58'i kadındır. Yaş gruplarına göre dağılıma bakıldığında; katılımcıların %12.6'sı 18 yaş altı, %22.2'si 19-29 yaş arası, %39.8'i 30-39 yaş arası, %12.8'i 40-49 yaş aralığındadır. Medeni açıdan ise %52.8'i evli ve %47.2'si bekindir. Eğitim durumlarına göre ise katılımcıların, %51.9'u lisans mezunu iken %29.6'sı lise mezunu ve %12.6'sı da

lisansüstü düzeydedir. Katılımcıların %33.6'sı kamu kurumlarında, %30.6'sı özel sektörde çalışırken, %19.8'i öğrenci olduklarını ve %11.1'i ise herhangi bir işte çalışmadıklarını belirtmişlerdir. Gelir gruplarına göre dağılıma bakıldığında; katılımcıların %14.8'i 1500-2000 TL, %15.8'i 2501-3500 TL, %14.3'ü 3501-4500 TL ve %19.5'i ise 6501 TL üzerinde gelirler sahibi olduklarını belirtmişlerdir.

Demografik özelliklere bakıldığında bireylerin büyük oranda kategorik olarak dengeli bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Bu durumda verilerin hedef kitleyi homojen bir şekilde yansıttığı söylenebilir. Güvenilirlik analizi sonuçları da bu durumu doğrulamaktadır.

Araştırma kapsamında toplanan anket verilerinin, istatistiksel olarak güvenilir olup olmadığını test etmek için yapılan güvenilirlik analizine göre; ölçeğin güvenilirliği 4 boyutta (grup) test edilmiş olup, sonuçlara göre ölçeğin ve alt boyutlarının güvenilirliğinin yüksek derecede olduğu tespit edilmiştir. İlgili boyutlar ve analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Yeşil pazarlamada tüketici davranışları ölçeğine ilişkin güvenilirlik analizi sonuçları

Grup	Cronbach's Alpha (Güvenilirlik Değeri)
1. Çevreye Duyarlılık	0.978
2. Farkındalık	0.932
3. Satınalma Davranışı	0.970
Yeşil Pazarlama Ölçeği	0.987

Burada yer alan gruplar ankette yer alan ve irdelenen boyutları ifade etmektedir. Tüm sorulardan kasıt ise ankette yer alan bütün soruların grup ayırt edilmeksizin bir arada değerlendirildiğinde elde edilen güvenilirlik düzeyini göstermektedir. Güvenilirlik katsayıları; çevreye duyarlılık soru grubunda 0.978, farkındalık soru grubunda 0.932, satın alma davranışı soru grubunda 0.970 ve tüm sorular bazında ise 0.987 olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre, kullanılan ölçeğin oldukça güvenilir olduğu söylenebilir.

Yeşil pazarlama ve tüketici davranışlarına ilişkin bulgular Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. Yeşil pazarlama ve tüketici davranışlarına ilişkin bulgular

Grup	Faktörler	5		4		3		2		1		Ortalama	Std. Sapma
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%		
Çevreye Duyarlılık (3.71)	CanTürYok	71	17.5	219	54.1	57	14.1	29	7.2	29	7.2	3.68	1.070
	Sorunİnsan	85	21.0	219	54.1	50	12.3	28	6.9	23	5.7	3.78	1.036
	TedbirYsiz	64	15.8	222	54.8	56	13.8	38	9.4	25	6.2	3.65	1.051
	NükleKarş	65	16.0	207	51.1	64	15.8	36	8.9	33	8.1	3.58	1.111
	DoğalKDik	73	18.0	230	56.8	45	11.1	27	6.7	30	7.4	3.71	1.070
	EvselAyrı	56	13.8	223	55.1	58	14.3	42	10.4	26	6.4	3.60	1.055
	ElektFişÇEk	66	16.3	225	55.6	50	12.3	35	8.6	29	7.2	3.65	1.076
	IsıYal	72	17.8	231	57.0	45	11.1	27	6.7	30	7.4	3.71	1.068
	TemizSuldare	86	21.2	221	54.6	44	10.9	26	6.4	28	6.9	3.77	1.072
	FatuPosta	80	19.8	212	52.3	48	11.9	33	8.1	32	7.9	3.68	1.119
Yeşil Pazarlama Farkındalığı (3.65)	GereksizKağıt	78	19.3	228	56.3	41	10.1	28	6.9	30	7.4	3.73	1.081
	ÇevrKoru	93	23.0	215	53.1	40	9.9	27	6.7	30	7.4	3.78	1.102
	KüreselEner	97	24.0	208	51.4	42	10.4	29	7.2	29	7.2	3.78	1.108
	GeriDönş	98	24.2	208	51.4	44	10.9	27	6.7	28	6.9	3.79	1.095
	ÜrünYok	73	18.0	214	52.8	55	13.6	37	9.1	26	6.4	3.67	1.074
	ÜrünPahal	60	14.8	222	54.8	58	14.3	35	8.6	30	7.4	3.61	1.074
	ÜrünReklamsız	69	17.0	229	56.5	49	12.1	32	7.9	26	6.4	3.70	1.047
	ÜrünEtiket	60	14.8	218	53.8	61	15.1	39	9.6	27	6.7	3.60	1.063
	ZararlıAlmam	48	11.9	207	51.1	80	19.8	41	10.1	29	7.2	3.50	1.059
	ÇevrZarrAlmam	62	15.3	197	48.6	83	20.5	39	9.6	24	5.9	3.58	1.049
Satın Alma Davranışı (3.58)	FazlaAmbAlmm	55	13.6	202	49.9	84	20.7	37	9.1	27	6.7	3.55	1.051
	ReklmEtkin	65	16.0	217	53.6	63	15.6	35	8.6	25	6.2	3.65	1.047
	MedyaEtkin	53	13.1	227	56.0	66	16.3	31	7.7	28	6.9	3.61	1.035
	İşaretiliÜrün	58	14.3	223	55.1	65	16.0	34	8.4	25	6.2	3.63	1.030
	YerliÜrün	68	16.8	196	48.4	63	15.6	42	10.4	36	8.9	3.54	1.153
	FazlaÖder	49	12.1	207	51.1	86	21.2	36	8.9	27	6.7	3.53	1.035
	ÇevrDostAlır	61	15.1	232	57.3	57	14.1	26	6.4	29	7.2	3.67	1.041
	GeriDönAlır	51	12.6	203	50.1	89	22.0	34	8.4	28	6.9	3.53	1.042
	DoğalPoşet	68	16.8	218	53.8	55	13.6	36	8.9	28	6.9	3.64	1.076

Yeşil pazarlama faaliyetleri ile ilgili olarak katılımcıların davranışlarını irdelemek için Çizelge 4'e bakıldığında: Yeşil pazarlama ve tüketici davranışları konusunda kullanılan ölçeğin genel ortalamasının 3.65 olduğu görülmektedir. Ölçekteki alt kısımlar ayrı ayrı irdelendiğinde ise "çevreye duyarlılığın" 3.71, "yeşil pazarlama farkındalığının" 3.65 ve "satın alma davranışının" 3.58 ortalama skora sahip oldukları görülmektedir. Cevaplar değerlendirildiğinde; "geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum" maddesi en yüksek ortalama değere sahipken (3.79), "Satın aldığım ürünlerin ambalajının çevreye zararlı olduğunu öğrenirsem satın almaktan vazgeçerim" maddesi ise en düşük değeri almıştır (3.50). İfadelerin dar bir aralıkta değişkenlik göstermesi katılımcıların konu hakkında yüksek bir algıya sahip olduklarını göstermektedir.

Tüm ifadeler için katılımcıların yaklaşık %55'i "katılıyorum", %15'i ise "tamamen katılıyorum" cevabını verdiği ve yeşil pazarlama ve tüketici davranışları konusunda katılımcı kitlenin yaklaşık %70'inin olumlu düşüncelere sahip oldukları ve bu alanda geliştirecek politikaları da hızlıca benimseyebilecekleri ve uyum sağlayabilecekleri düşünülmektedir.

Katılımcıların cevapları soru gruplarına göre değerlendirildiğinde; "çevreye duyarlılık" soru grubunun 3.71, "çevre dostu ürün, işletmeler ve yeşil pazarlama farkındalığı" soru grubunun 3.65 ve "çevre dostu ürün kullanma, satın alma ve yeşil pazarlamanın tüketicilerin satın alma davranışı üzerindeki etkisi" soru grubunun ise 3.58 ortalama değere sahip olduğu görülmektedir. Buna göre, katılımcıların çevresel konularda duyarlılık gösterdikleri ancak, çevre dostu ürünler ve yeşil pazarlama faaliyetlerinin satın alma niyetlerini nispeten daha düşük düzeyde etkilediği söylenebilir.

Tüketiciler üretim sürecinde çevreye zarar veren ambalajlar, çevreye zararlı ambalaj kullanılan ürünler ve gereğinden fazla ambalajlanmış ürünleri satın almama yargılarına yaklaşık %65 oranında katılım göstermişlerdir. Ayrıca, %20 oranında azımsanmayacak bir katılımcı kitlesi de bu konuda kararsız kalmışlardır. Ambalajların çevre üzerindeki zararlı etkileri, daha az zararlı ambalajlar, geri dönüşüm ve doğada çözünebilir ambalajlar hakkında tüketicilerin bilinçlendirilmesi ile tüketicilerin zararlı ambalajlı ürünleri satın almaktan vazgeçebilecekleri düşünülebilir. Bu konudaki sonuçlar Kuduz (2011)'in yaptığı çalışmada da benzer şekilde vurgulanmıştır.

Katılımcıların yaklaşık %72'si çevre dostu ürünleri satın almayı tercih ederken, %13'ü ise çevre dostu ürün satın alma yargısına katılmamışlardır. Gedik ve ark. (2014) tarafından üniversite öğrencilerine uygulanan bir anket çalışmasında, katılımcıların %89.6'sının çevre dostu ürünleri satın aldıkları belirtilmiştir. Tüketicilerde çevre dostu ürün bilincinin bu denli yüksek olmasından yola çıkılarak yeşil ürünlerin piyasada daha fazla yer almasının daha faydalı olacağı düşünülebilir.

Katılımcıların yeşil pazarlama hakkındaki görüşlerinin değerlendirmesinde çapraz çizelgelerden faydalanılmıştır. Ki-kare testine dair bulguların tümü, incelenen ilişkilerin sayıca çok fazla olmasından dolayı çizelge olarak verilmemiş ve yazılı olarak ifade edilmiştir. Yalnızca örnek teşkil etmek adına bazıları çizelge şeklinde gösterilmiştir. Ki-kare analizinin sonuçları şu şekilde tespit edilmiştir:

Gelire göre;

Katılımcıların cevapları gelir grupları dağılımına göre değerlendirildiğinde 17 ifadede verilen cevapların gelire göre değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Yani, istatistiksel olarak bu 17 ifade ile gelir arasında anlamlı bir ilişki vardır. Bunlar; Dünya'da canlı türlerinin yok olduğunu biliyorum ($p=0.01$), doğal kaynakları kullanmada dikkatli davranırım ($p=0.00$), elektronik aletleri kullanmadığım zaman fişlerini çekiyorum ($p=0.01$), orman kaynaklarımızın tükenebileceğini düşündüğüm için faturalarımın elektronik postayla (e-posta) gelmesi yönünde talimat veriyorum ($p=0.00$), gereksiz yere kağıt kullanmamaya dikkat ederim ($p=0.02$), çevreyi korumadan kalkınmak mümkün değildir ($p=0.02$), küresel ısınmanın sebeplerinden biri de gereksiz harcanan enerjidir ($p=0.01$), geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum ($p=0.02$), çevre dostu ürünlere her yerden ulaşamıyorum ($p=0.04$), çevre dostu ürünlerin reklamları yeteri kadar etkin yapılmıyor ($p=0.00$), satın aldığım ürünlerin ambalajının çevreye zararlı olduğunu öğrenirsem satın almaktan vazgeçerim ($p=0.03$), gereğinden fazla ambalajlanmış ürünleri tercih etmem ($p=0.03$), çevre dostu ürünlerin reklamı satın alma davranışım üzerinde etkili olur ($p=0.04$), medyada yayınlanan çevre ilgili konular/sorunlar satın alma davranışımı etkiler ($p=0.01$), çevre dostu ürünlere diğer ürünlere ödediğimden daha fazla ödemeye razıyım ($p=0.01$), geri dönüşümlü malzemeden yapılmış ürünleri tercih ederim ($p=0.01$), alışverişlerde; file, kese kağıdı, pamuklu torbalar gibi mümkün olduğunca doğada çözünebilir malzemeleri kullanmayı tercih ederim ($p=0.02$).

Ancak araştırma kapsamındaki bulgulara göre, anlamlı ilişki gösteren 17 ifade için gelir arttıkça yeşil pazarlamaya verilen tepki ya da farkındalık artar veya azalan gelirle birlikte tüketiciden alınan yanıtta azalır gibi bir şey söylemek mümkün değildir. Bu bağlamda aşağıda örnek olarak verilen; *gelir ve doğal kaynakları kullanmada dikkatli davranırım* yargısına ait çapraz çizelgeler incelendiğinde söz konusu durum daha net görülebilir (Çizelge 5 ve 6).

Cinsiyete göre;

Katılımcıların cevapları cinsiyet grupları dağılımına göre değerlendirildiğinde hiçbir ifadede anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir ($p>0.05$). Cinsiyetin yeşil pazarlama üzerinde etkisi olmadığına yönelik benzer sonuçların elde edildiği bir çalışma da Çoban ve Sönmez, (2014) tarafından yapılmıştır ve soruların büyük çoğunluğunda cinsiyetle anlamlı ilişki bulunmadığı belirtilmiştir. Bu

bakımdan, yeşil pazarlama ve tüketici davranışları hakkında yapılan değerlendirmelerde cinsiyetin aktif bir rol oynamadığı ve değişkenliğe sebep olmadığı söylenebilir.

Yaşa Göre;

Katılımcıların cevapları yaş grupları dağılımına göre değerlendirildiğinde tüm ifadelerde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bulgulara bakıldığında genel itibari ile artan yaşla birlikte yeşil pazarlamaya tüketicilerin daha çok önem verdiklerini söylemek mümkündür. Yaş ile *Dünya’da canlı türlerinin yok olduğunu biliyorum* yargısı arasındaki ilişkiyi gösteren çapraz çizelgeler verilmiştir (Çizelge 7 ve 8).

Artan yaşla birlikte canlı türlerinin yok olduğuna dair bilinçli tüketici sayısı da artış göstermektedir.

Çizelge 5. Gelir ve doğal kaynakları kullanmada dikkatli davranırım yargısı çapraz çizelge sonuçları

		Çapraz Çizelge					
		DoğalkDik					
		Hiç Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum	Total
Gelir	Adet	5	5	9	23	14	56
	0-1499						
	Gelirdeki %	8.9%	8.9%	16.1%	41.1%	25.0%	100.0%
	Toplamdaki %	1.2%	1.2%	2.2%	5.7%	3.5%	13.8%
	Adet	10	8	5	31	6	60
	1500-2500						
	Gelirdeki %	16.7%	13.3%	8.3%	51.7%	10.0%	100.0%
	Toplamdaki %	2.5%	2.0%	1.2%	7.7%	1.5%	14.8%
	Adet	0	1	12	43	8	64
	2501-3500						
	Gelirdeki %	0.0%	1.6%	18.8%	67.2%	12.5%	100.0%
	Toplamdaki %	0.0%	0.2%	3.0%	10.6%	2.0%	15.8%
	Adet	7	7	4	31	9	58
	3501-4500						
	Gelirdeki %	12.1%	12.1%	6.9%	53.4%	15.5%	100.0%
	Toplamdaki %	1.7%	1.7%	1.0%	7.7%	2.2%	14.3%
	Adet	1	2	7	28	6	44
	4501-5500						
	Gelirdeki %	2.3%	4.5%	15.9%	63.6%	13.6%	100.0%
	Toplamdaki %	0.2%	0.5%	1.7%	6.9%	1.5%	10.9%
	Adet	4	4	4	22	10	44
	5501-6500						
	Gelirdeki %	9.1%	9.1%	9.1%	50.0%	22.7%	100.0%
	Toplamdaki %	1.0%	1.0%	1.0%	5.4%	2.5%	10.9%
	Adet	3	0	4	52	20	79
	6501+						
	Gelirdeki %	3.8%	0.0%	5.1%	65.8%	25.3%	100.0%
	Toplamdaki %	0.7%	0.0%	1.0%	12.8%	4.9%	19.5%
	Adet	30	27	45	230	73	405
Total							
	Gelirdeki %	7.4%	6.7%	11.1%	56.8%	18.0%	100.0%
	Toplamdaki %	7.4%	6.7%	11.1%	56.8%	18.0%	100.0%

Çizelge 6. Gelir ve doğal kaynakları kullanmada dikkatli davranırım yargısı ki-kare analizi sonucu

Ki-kare Testi			
Gelir * Doğal kaynakları dikkatli kullanım	Değer	Serbestlik Derecesi	Testin P Değeri
Pearson Ki-kare Testi	55.909 ^a	24	.000
Olabilirlik Oranı	64.664	24	.000
Geçerli Örnek Sayısı	405		

Çizelge 7. Yaş ve dünya’da canlı türlerinin yok olduğunu biliyorum yargısı çapraz çizelge sonuçları

		Çapraz Çizelge					
		Cantüryok					
		Hiç Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Tamamen katılıyorum	Total
Yaş	Adet	13	9	9	14	6	51
	-18 Yaştaki %	25.5%	17.6%	17.6%	27.5%	11.8%	100.0%
	Toplamdaki %	3.2%	2.2%	2.2%	3.5%	1.5%	12.6%
	Adet	7	4	15	48	16	90
	19-29 Yaştaki %	7.8%	4.4%	16.7%	53.3%	17.8%	100.0%
	Toplamdaki %	1.7%	1.0%	3.7%	11.9%	4.0%	22.2%
	Adet	8	14	19	91	29	161
	30-39 Yaştaki %	5.0%	8.7%	11.8%	56.5%	18.0%	100.0%
	Toplamdaki %	2.0%	3.5%	4.7%	22.5%	7.2%	39.8%
	Adet	1	2	4	36	9	52
	40-49 Yaştaki %	1.9%	3.8%	7.7%	69.2%	17.3%	100.0%
	Toplamdaki %	0.2%	0.5%	1.0%	8.9%	2.2%	12.8%
	Adet	0	0	6	23	5	34
	50-59 Yaştaki %	0.0%	0.0%	17.6%	67.6%	14.7%	100.0%
	Toplamdaki %	0.0%	0.0%	1.5%	5.7%	1.2%	8.4%
	Adet	0	0	4	7	6	17
	60+ Yaştaki %	0.0%	0.0%	23.5%	41.2%	35.3%	100.0%
	Toplamdaki %	0.0%	0.0%	1.0%	1.7%	1.5%	4.2%
Total		Adet 29	29	57	219	71	405
		Toplamdaki %	7.2%	7.2%	14.1%	54.1%	17.5%
							100.0%

Çizelge 8. Yaş ve dünya’da canlı türlerinin yok olduğunu biliyorum yargısı ki-kare analizi sonucu

Ki-kare Testi			
Yaş* Dünya’da canlı türlerinin yok olduğunu biliyorum	Değer	Serbestlik Derecesi	Testin P Değeri
Pearson Ki-kare	63.788 ^a	20	.000
Olabilirlik Oranı	61.183	20	.000
Geçerli Örnek Sayısı	405		

Medeni duruma göre;

Katılımcıların cevapları medeni durum dağılımına göre değerlendirildiğinde 13 ifadede anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Bunlar; çevre sorunlarının oluşmasındaki en büyük faktör insandır ($p=0.03$), doğal kaynakları kullanmada dikkatli davranırım ($p=0.00$), elektronik aletleri kullanmadığım zaman fişlerini çekiyorum ($p=0.04$), ısı kaybını önlemek için evimin yalıtımına önem veriyorum ($p=0.00$), kişisel bakım ve temizlik esnasında (ellerimi yıkarken, dişlerimi fırçalarken, tıraş olurken vb...) suyu idareli kullanıyorum ($p=0.00$), küresel ısınmanın sebeplerinden biri de gereksiz harcanan enerjidir ($p=0.01$), geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum ($p=0.01$), çevre dostu ürünlerin reklamları yeteri kadar etkin yapılmıyor ($p=0.00$), satın aldığım ürünlerin ambalajının çevreye zararlı olduğunu öğrenirsem satın almaktan vazgeçerim ($p=0.02$), satın aldığım ürünün çevreye zarar vererek üretildiğini öğrenirsem kullanmaktan vazgeçerim ($p=0.01$), gereğinden fazla ambalajlanmış ürünleri tercih etmem

($p=0.02$), çevre dostu ürünlere diğer ürünlere ödediğimden daha fazla ödemeye razıyım ($p=0.02$), iki ürün arasında seçim yaparken çevre dostu olanı tercih ederim ($p=0.01$). Medeni duruma göre yapılan değerlendirmede ilişki tespit edilen ifadelerde özellikle evli olmanın çevreye duyarlılık, çevre dostu ürünler ve satın alma davranışı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. “Katılıyorum” ve “tamamen katılıyorum” cevapları incelendiğinde; bekarların yaklaşık %65’i bu ifadelerle katılırken evlilerde bu oran %80’in üzerine çıkmış ve yeşil ürün algılarının evlilerde daha yerleşik olduğu görülmektedir. Çabuk ve ark. (2008) tarafından benzer sonuçlara ulaşılan bir çalışmada, tüketiciler tarafından yeşil ürünlerin satın alınmasında medeni durum ilişkisini incelenmiş ve evlilerin daha yüksek oranda yeşil ürün satın alma davranışında bulunduklarını belirlenmiştir.

Örneğin geri dönüşüm bilincine dair verilen tepkiler ele alındığında aşağıdaki çapraz çizelgelerde evli olan bireylerin bekar olanlara göre daha çok fikir sahibi oldukları açıkça görülmektedir (Çizelge 9 ve 10).

Eğitime Göre;

Katılımcıların cevapları Eğitim durumu dağılımına göre değerlendirildiğinde 3 ifadede anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir. Bunlar; Dünya’da canlı türlerinin yok olduğunu biliyorum ($p=0.01$), geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum ($p=0.02$), çevre dostu ürünlerin reklamı satın alma davranışım üzerinde etkili olur

Çizelge 9. Medeni durum ve geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum yargısı çapraz çizelge sonuçları

		Çapraz Çizelge					
		GeriDönüş					Total
		Hiç Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Tamamen katılıyorum	
Medeni Durum	Bekar	Adet 19	20	26	85	41	191
		MedeniD'deki % 9.9%	10.5%	13.6%	44.5%	21.5%	100.0%
		Toplamdaki % 4.7%	4.9%	6.4%	21.0%	10.1%	47.2%
	Evli	Adet 9	7	18	123	57	214
		MedeniD'deki % 4.2%	3.3%	8.4%	57.5%	26.6%	100.0%
		Toplamdaki % 2.2%	1.7%	4.4%	30.4%	14.1%	52.8%
Total	Adet	28	27	44	208	98	405
	Toplamdaki %	6.9%	6.7%	10.9%	51.4%	24.2%	100.0%

Çizelge 10. Medeni durum ve geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum yargısı ki-kare analizi sonucu

Ki-kare Testi			
Medeni hal*Geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum	Değer	Serbestlik Derecesi	Testin P Değeri
Pearson Ki-kare	19.597 ^a	4	.001
Olabilirlik Oranı	19.940	4	.001
Geçerli Örnek Sayısı	405		

(p=0.04). Bu çalışma için, ilişkili kriterler içerisinde, eğitim düzeyi arttıkça bilginin veya olumlu görüşün arttığı söylenebilir. Örneğin *eğitim seviyesi* ve *Geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum* yargısı arasındaki ilişkiyi gösteren çapraz çizelgeler incelendiğinde söz konusu durum açıkça görülmektedir (Çizelge 11 ve 12).

Çizelge 11. Eğitim ve geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum yargısı çapraz çizelge sonuçları

		Çapraz Çizelge					
		GeriDönüş					Total
		Hiç Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Tamamen katılıyorum	
Eğitim	İlkokul	Adet 1	0	0	2	2	5
		Eğitimdeki % 20.0%	0.0%	0.0%	40.0%	40.0%	100.0%
		Toplamdaki % 0.2%	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	1.2%
	Ortaokul	Adet 4	1	3	5	6	19
		Eğitimdeki % 21.1%	5.3%	15.8%	26.3%	31.6%	100.0%
		Toplamdaki % 1.0%	0.2%	0.7%	1.2%	1.5%	4.7%
	Lise	Adet 9	12	20	65	14	120
		Eğitimdeki % 7.5%	10.0%	16.7%	54.2%	11.7%	100.0%
		Toplamdaki % 2.2%	3.0%	4.9%	16.0%	3.5%	29.6%
	Lisans	Adet 11	14	20	101	64	210
		Eğitimdeki % 5.2%	6.7%	9.5%	48.1%	30.5%	100.0%
		Toplamdaki % 2.7%	3.5%	4.9%	24.9%	15.8%	51.9%
	Master	Adet 1	0	1	23	6	31
		Eğitimdeki % 3.2%	0.0%	3.2%	74.2%	19.4%	100.0%
		Toplamdaki % 0.2%	0.0%	0.2%	5.7%	1.5%	7.7%
	Doktora	Adet 2	0	0	12	6	20
		Eğitimdeki % 10.0%	0.0%	0.0%	60.0%	30.0%	100.0%
		Toplamdaki % 0.5%	0.0%	0.0%	3.0%	1.5%	4.9%
Total	Adet	28	27	44	208	98	405
	Toplamdaki %	6.9%	6.7%	10.9%	51.4%	24.2%	100.0%

Çizelge 12. Eğitim ve geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum yargısı ki-kare analizi sonucu

Ki-kare Testi			
Eğitim*Geri dönüşümün ekonomiye katkı sağladığını düşünüyorum	Değer	Serbestlik Derecesi	Testin P Değeri
Pearson Ki-kare	42.426 ^a	20	.002
Olabilirlik Oranı	48.106	20	.000
Geçerli Örnek Sayısı	405		

Katılımcılara yeşil ürünlerle ilgili aşağıdaki Şekil 1’de verilen simgeleri bilip bilmedikleri sorulduğunda. Katılımcıların %66.4’ünün ‘çevreyi koruma ve ambalaj atıklarını değerlendirme vakfının’, %43.7’sinin ‘geri dönüşümün’ ve %40.7’sinin ise ‘yeşil noktanın’ simgesini bildikleri belirlenmiştir.



Şekil 1. Çevre ile ilgili logo ve simgeler

Katılımcılara çevre dostu yeşil ürünlere diğer ürünlere kıyasla ne kadar daha fazla ödeme yapabilecekleri sorulmuş olup, yapılan hesaplamalar neticesinde ortalama olarak çevre dostu ürünler için fazladan %19.6 daha ödeme yapabilecekleri tespit edilmiştir. Boz ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan bir çalışmada da tüketicilerin çevre dostu ürünlere fazladan %21.15 ödeme yapabilecekleri belirlenmiştir. Çoban ve Sönmez (2014) yeşil pazarlama konusunda tüketici tutumlarını inceledikleri çalışmalarında anket uygulamasına katılanların %65’inin üretim, işleme ve paketleme aşamalarında çevre dostu ürünlere daha fazla ödeme yapabileceklerini belirtmişlerdir. Buna göre katılımcıların çevreci ürünlere yaklaşık %20 oranında daha fazla ödeme yaparak çevreyi olumsuz etkileyebilecek ürünlere karşı duyarlı bir davranış gösterecekleri düşünülmektedir. Bu bağlamda da çevreyi korumak adına, tüketicinin katlanabileceği rasyonel maliyet düzeylerini aşmayacak şekilde yeşil pazarlama faaliyetlerinin yapılması önerilmektedir.

SONUÇ

Tüketicilerin demografik özelliklerine göre yeşil pazarlama faaliyetlerine verdikleri tepkiler şu şekilde özetlenebilir:

Gelir seviyesine göre yeşil pazarlama verilen önem farklılık göstermektedir.

Cinsiyetin yeşil pazarlama ve tüketici davranışları üzerinde herhangi bir ayırt edici etkisi yoktur.

Yaşa göre yeşil pazarlamaya faaliyetlerine verilen tepki değişkenlik göstermiştir.

Medeni hal tüketicilerin davranışlarını etkilemektedir. Özellikle evli olmanın çevreye duyarlılık ve çevre dostu ürünleri satın alma üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Araştırmacılar olarak, beklediğimizin aksine eğitim düzeyinin sadece 3 yargı ile ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Buradan çıkan sonucun temkinli yorumlanması gerekmektedir: İlgili analiz sonuçlarına göre tüketicilerin yeşil pazarlamaya karşı verdikleri tepki de ya eğitim önemli bir kriter değil ya da çevre ve yeşil ürünler, yeşil pazarlama kavramlarının önemini vurgulayacak düzeyde yeterince eğitim faaliyeti yapılmamıştır. Özellikle gelecek çalışmalarda bu konu üzerine eğilimesi ve farklı araştırmacılarca da eğitimin yeşil pazarlama ve tüketici davranışlarına etkisinin tartışılması önerilmektedir.

Bütün bulgular ışığında genel itibari ile tüketicilerin çevreye önem verdikleri ve bu doğrultuda ekonomik güçleri kapsamında çevre için yeşil pazarlama faaliyetlerini ve çevreci ürünleri destekledikleri tespit edilmiştir. Bu bağlamda, orman ürünleri işletmelerine de yeşil pazarlama faaliyetlerinde bulunmaları ve bu faaliyetleri ile ilgili olarak tüketicilerde bir farkındalık oluşturmaları önerilmektedir. Bu sayede hem işletmeler tüketicilerce daha çok tercih edilerek kârlılıklarını ve marka değerlerini arttırabilir hem de çevrenin ve kaynakların korunmasına ciddi katkılar sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

- Altunışık R, Coşkun R, Bayraktaroğlu S, Yıldırım E (2005) Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri, Sakarya Kitabevi, Sakarya, 381p.
- Ateş S, Enez K, Külçe T (2021) Kovid-19 pandemi sürecinin Kastamonu orman ürünleri sanayii üzerine etkileri. European Journal of Managerial Research (EUJMR), 5:8: 20-32.
- Bahçecik D, Talebi N (2020) Yeşil pazarlama: İşletmelerin yeşil pazarlamaya yönelme nedenleri Green marketing: The reasons of tendencies to green marketing of businesses. Anadolu bil meslek yüksekokulu dergisi, 15:59: 223-247.

- Balcı A (2021) Sosyal bilimlerde araştırma yöntem, teknik ve ilkeler. Pegem Akademi, 15. Baskı, Ankara
- Bayat B (2014) Uygulamalı sosyal bilim araştırmalarında ölçme, ölçekler ve "Likert" ölçek kurma tekniği. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 16:3: 1-24.
- Boz D, Duran C, Başköy S (2020) Yeşil pazarlama faaliyetlerinin tüketiciler üzerindeki etkileri. OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, 15:22: 1346-1372.
- Büyüköztürk Ş (2014) Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı, 19. Baskı, Pegem Akademi, Ankara.
- Büyüköztürk Ş, Çokluk Ö, Köklü N (2014) Sosyal bilimler için istatistik, 14. Baskı, Pegem Akademi, Ankara.
- Çabuk S, Nakıboğlu B, Keleş C (2008) Tüketicilerin yeşil (ürün) satın alma davranışlarının sosyo-demografik değişkenler açısından incelenmesi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 17:1: 85-102.
- Çakmak AÇ, Özkan B (2016) Üniversite öğrencilerinin ekolojik farkındalıkları ile yeşil tüketim alışkanlıklarının farklı değişkenler perspektifinden karşılaştırılması: İnteraktif bir uygulama. Itobiad: Journal of the Human & Social Science Researches, 5:8: 3144-3170.
- Çoban S, Sönmez Y (2014) Yeşil pazarlama karmasına yönelik tüketici tutumlarının demografik özelliklere göre farklılaşması: Ahi Evran Üniversitesi Örneği, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 3:2014: 65-82.
- Daniel WW (1999) Biostatistics a foundation for analysis in the health sciences, sixth edition. Hoboken, John Wiley & Sons, Inc.
- Erbaşlar G (2012) Yeşil pazarlama. Mesleki Bilimler Dergisi (MBD), 1:2: 94-101.
- Gable RK (1986) Instrument development in affective domain, Kluwer Nijhoff Publishing, USA.
- Gedik T, Kurutkan MN, Çil M (2014) Yeşil pazarlama algısı ve yeşil satın alma davranışı: Düzce Üniversitesi örneği. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 10:1: 1-13.
- Gökçe A, Akyıldız M H (2010) Kastamonu ili orman ürünleri endüstrisi. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty, 10:2: 147-163.
- Groening C, Sarkis J, Zhu Q (2018). Green marketing consumer-level theory review: A compendium of applied theories and further research directions. Journal of cleaner production, 172, 1848-1866.
- Kalaycı Ş (2009) SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri, 4. Baskı, Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- Karaca Ş (2013) Tüketicilerin yeşil ürünlere ilişkin tutumlarının incelenmesine yönelik bir araştırma. Ege Akademik Bakış, 13:1: 99-111.
- Karahan M (2017) İşletme yöneticilerinin çevre duyarlılığı ve farkındalık düzeylerinin belirlenmesi. MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6:4: 359-374.
- Karahan M, Görgün B, Oktay A (2017) Üniversite öğrencilerinin yeşil pazarlama ve çevre farkındalık düzeyleri: Fırat Üniversitesi örnekleme. Fırat Üniversitesi Harput Araştırmaları Dergisi, 4:2: 57-76.
- Karaman D (2021) Yeşil pazarlama bilgi düzeyi ve yaşam tatmininin yeşil ürün satın alma davranışına etkisi: Kuşaklararası bir araştırma. Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 58: 155-176.
- Kuduz N (2011) Yeşil pazarlama faaliyetlerinin tüketicilerin satın alma davranışlarına etkilerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Lam JSL, Li, KX (2019) Green port marketing for sustainable growth and development. Transport Policy, 84, 73-81.
- Li Z, Pan Y, Yang W, Ma J, Zhou M (2021). Effects of government subsidies on green technology investment and green marketing coordination of supply chain under the cap-and-trade mechanism. Energy Economics, 101, 105426.
- Onurlubaş E (2016) Factors that affect green product purchasing behaviors of consumers. Yalova Sosyal Bilimler Dergisi, 6:1: 70-106.
- Özcan H, Özgül B (2019) Yeşil pazarlama ve tüketicilerin yeşil ürün tercihlerini etkileyen faktörler. Türkiye Mesleki ve Sosyal Bilimler Dergisi, 1: 1-18.
- Pallant JF (2005) SPSS survival manual: A step-by-step guide to data analysis using SPSS for Windows (Versions 12-14). Crows Nest, NSW: Allen & Unwin.
- Singh PB, Pandey KK (2012) Green marketing: Policies and practices for sustainable development. Integral Review, 5:1: 22-30.
- Türkiye İstatistik Kurumu, TÜİK (2021) İl ve İlçelere Göre İl-İlçe Merkezi, Belde-Köy Nüfusu ve Yıllık Nüfus Artış Hızı. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210> Erişim: 21.07.2021

Doğu Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. subsp. *nordmanniana*) meşcerelerinin verim gücü ile bazı yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler: Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü örneği

*The relationships between some site characteristics and site index of Caucasian fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. subsp. *nordmanniana*) stands: A case study from Şavşat Forest Enterprise Directorate*

İsmet YENER¹ , Ahmet DUMAN² 

¹Artvin Coruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, 08100, Seyitler, Artvin Türkiye

²Artvin Coruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Ormancılık ve Orman Ürünleri Programı, 08100, Seyitler, Artvin, Türkiye

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 1017474/artvinofd.1076416

Sorumlu yazar / Corresponding author

İsmet YENER

e-mail: yener@artvin.edu.tr

Geliş tarihi / Received

22.02.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

30.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted

12.04.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Doğu Karadeniz göknarı

Yetiştirme ortamı faktörleri

Korelasyon analizi

Bonitet endeksi

Keywords:

Caucasian fir

Site factors

Correlation analysis

Site index

Özet

Bu çalışma ile Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde doğal yayılış gösteren değişik yaşlı saf Doğu Karadeniz göknarı meşcerelerinin bonitet endeksi ve bazı ekolojik özelliklerinin belirlenmesi ve aralarındaki ilişkilerin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki göknar meşcerelerinden bakı grupları ve yükselti basamakları da dikkate alınarak toplam 60 adet alan örneklenmiştir. Örnek alanların bazı fizyografik özellikleri (enlem-boyolam, yamaçtaki konum, yükselti, bakı ve eğim) ve meşcere özellikleri (göğüs çapı ve boy) belirlenmiştir. Sonra çap ve boy verileri kullanılarak her bir örnek alan için bonitet (meşcere verim gücü) endeksleri hesaplanmıştır. Ayrıca her alanda bir adet toprak çukuru açılarak üst topraktan (0-20 cm) birer adet bozulmuş ve bozulmamış (silindir) toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örnekleri üzerinde bazı fiziksel (kum, kil, toz, hacim ağırlığı, iskelet miktarı) ve kimyasal (pH, elektriksel iletkenlik, organik madde) özellikler belirlenmiştir. Sonuçlara göre bu yöredeki göknar meşcerelerinin bonitet endeksi ortalama 27.1 ile 31.1 m arasındadır. 1720-2228 m yükseltiler arasında yer alan araştırma alanında eğim oldukça değişken olup örneklenen meşcerelerin %76.6'sı dik eğimli ve sarp (eğim>%36) yamaçlar üzerinde bulunmaktadır. Örnek alan topraklarının %83.3'ü balçıklı kum ve kumlu balçık tekstüründe olup hafif asidik (pH=6.1-6.8) topraklar sınıfında yer almaktadır. Toprakların organik madde içeriği oldukça iyi olup %91.6'sı %4'ün üzerindedir. Araştırma alanı toprakları denizden yüksekliği ve eğimin de etkisiyle oldukça taşlı olup %68.3'ünün iskelet miktarı %40'tan fazladır. Ayrıca bu yetiştirme ortamı faktörleri ile meşcerelerin bonitet endeksi arasındaki ilişki basit korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Ancak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (p>0.05). Çalışmadan elde edilen bulgu ve sonuçlar yöre ormanlarının ekolojisinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Abstract

The present study aimed to determine the site index and site characteristics of pure and uneven-aged Caucasian fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. subsp. *nordmanniana*) stands natively distributed in Şavşat Forest District and investigate the relationships between them. Within this scope, 60-plot were sampled from different aspects and altitude zones. Some physiographic features (e.g., latitude-longitude, distance to the ridge, elevation, aspect, and slope) and some stand characteristics (e.g., height and diameter at breast height) of each sample plot were determined. After that, the site index was calculated using stand diameter-height data. A disturbed and undisturbed top-soil samples were taken from a soil pit on each plot and analyzed for physical (sand, silt and clay, bulk density and soil skeleton) and chemical (pH, EC, organic matter) soil properties. The results showed that the average site index (SI) was 27.1 - 31.1 m, the fir stands mainly grow between 1720-2228 m a.s.l. and the slope angle is highly variable. 76.6% of the studied stands were located at the steep and very steep slopes (>36%) areas. 83.3% of the sample plots' soils were in loamy sand and sandy loam and slightly acidic (pH=6.1-6.8). The mean soil organic matter content of the most studied stands (91.6%) was high with over 4%. The soils were highly stony due to higher altitudes and steep slopes. The soil skeleton (>2 mm) was over 40% in 68.3% of the most studied stands. In addition to the site characteristics, the relationships between the site index and ecological variables were determined using simple correlation analysis, but the results were not significant. We conclude that the findings and outcomes could contribute to understanding the ecology of fir stands in the region.

GİRİŞ

Özellikle sanayi devrimiyle birlikte hızla artan nüfusa bağlı olarak insan ihtiyaçları da hızla artmıştır. Bu ihtiyaçları karşılayan kaynaklar arasında ormanlar da yer almaktadır. Başlangıçta sadece odun ham maddesi ve bazı odun dışı ihtiyaçların karşılandığı bir kaynak olarak görülen ormanlar, günümüzde bu ürünlere ek olarak birçok fonksiyonlar sunmaktadır. Besin akışı, toprak ve su koruma, biyoçeşitliliğin korunması, iklim düzenleme, karbon depolama ve su sağlama orman ekosistemlerinin sağladığı fonksiyonlardan bazılarıdır (Núñez ve ark. 2006). Ormanın sağladığı bu fonksiyonlar orman alanlarının bozulması, iklim değişikliği ve ormanların arazi kullanım şekillerine (tarım, mera, sanayi ve yerleşim alanları vb.) dönüştürülmesi sonucunda zarar görmektedir (Chakravarty ve ark. 2011). Bu tür tehditler karşısında ormanların gerek odun ve odun dışı üretim gerekse diğer fonksiyonlarının sürekliliğinin sağlanabilmesi için korunması, geliştirilmesi, alanlarının artırılması, verim ve niteliklerinin yükseltilmesi gerekmektedir (Yahyaoğlu, 1992). Ormanlardan sağlanacak her türlü ürünün (ekonomik, ekolojik, sosyal vb.) nitelik ve niceliği yetiştirme ortamı faktörleri (fizyografik, iklimatik, edafik ve biyotik) ile sıkı bir ilişki içindedir. (Spurr ve Barnes, 1991). Yetiştirme ortamı esasen fiziksel ve biyolojik özellikleri bakımından homojen bir coğrafi yeri tanımlarken ormancılık açısından ise bir yerin ağaç yetiştirme potansiyelini ifade etmektedir (Skovsgaard ve Vanclay 2008).

Yetiştirme ortamı verimliliğinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler geosentrik (ortam merkezli) ve fitosentrik (bitki merkezli) olmak üzere iki bölümde incelenebilir. İlk yöntemde iklim, toprak ve topoğrafya gibi cansız çevre unsurları bir ölçüt olarak kullanılırken ikinci yöntemde meşceredeki ağaçlar ve toprak florası gibi canlı unsurlar söz konusudur. Fitosentrik yöntemler içerisinde de en çok meşcere üst boyu bir gösterge olarak kullanılmaktadır (dendrosentrik ya da dendrometrik yöntem). Üst boy ise genelde yaş ve çapla ilişkiye getirilerek verim gücü (bonitet endeksi) belirlenmektedir (Skovsgaard ve Vanclay 2008). Aynı yaşlı meşcerelerde yaş-üst boy, değişik yaşlı meşcerelerde ise çap-boy yöntemi kullanılmaktadır. Fakat bonitet endeks (BE) yöntemi sadece sağlıklı orman alanları için geçerlidir (Kimsey ve

ark. 2008). Bu nedenle özellikle herhangi bir şekilde böcek, kar-fırtına devriği, hastalık gibi zararlara uğramış veya kapalılığı kırılmış ya da ağaçlandırma alanlarında dolaylı yöntemlerin kullanılması bir gerekliliktir. Dolaylı yöntemlerde de doğrudan meşceredeki ağaçlara ilişkin ölçümler yerine buradaki büyümeyi etkileyen fizyografik, edafik ve iklimatik değişkenlere bağlı tahminlerde bulunmaktadır (Bravo-Oviedo ve Montero 2005, Chen ve ark. 2002, Szwaluk ve Strong 2003). Bununla ilgili gerek yurtiçi gerekse yurtdışında birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Bravo-Oviedo ve Montero 2005, Çelik ve Özkan 2005, Karataş ve ark. 2013, Edvardsson ve ark. 2015, Bueis ve ark. 2016, Ketten ve Gülsoy 2020, Özel ve ark. 2020). Bu çalışmaya konu olan Doğu Karadeniz göknarı üzerine sadece bir çalışma (Saraçoğlu 1989) vardır. Bu çalışmada göknar meşcerelerinin 1300-1900 m yükseltilerde, eğimin %27-47 arasında değişim gösterdiği ve kaba tekstürlü topraklarda daha iyi geliştiği ifade edilmektedir.

Doğu karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. subsp. *nordmanniana*), dünyada yayılış gösteren 49 göknar türünden birisidir. Bu türlerin 15 adedi doğal olarak Kuzey ve Orta Amerika'da, geriye kalanlar ise Avrupa ve Asya'da yayılış göstermektedir (Wolf 2004). Doğu Karadeniz göknarı ise doğal olarak Kafkasya ile Kuzeydoğu Anadolu'nun dağlık kesimlerinde yetiştirmekte olup ülkemizde Yeşilirmak Vadisi ile Türkiye-Gürcistan sınırı arasında kalan Doğu Karadeniz orman alanlarında yayılış göstermektedir.

Göknar, genel olarak -4°C ile 11 °C arasındaki sıcaklıklarda normal gelişimini sürdürmekle birlikte -45 - 41°C sıcaklıklara da dayanabilmektedir. Bu cinse ait türler normal gelişimlerini yıllık yağışın 510-2540 mm arasında olduğu yerlerde yapmakla birlikte 390 mm ve 6650 mm gibi ekstrem değerlere de dayanabilmektedir. Toprak özellikleri bakımından geniş bir varyasyona sahip olan bu türün büyüme ve gelişiminde nem ve sıcaklığın daha önemli olduğu bildirilmektedir (Wolf 2004). Türkiye'de göknar ormanlarının kapladığı alan 511.703 ha olup türler içindeki payı %2.23'tür. Bu ormanların 393.504 ha'ı (%77) normal kapalı, 118.199 ha'ı (%23) ise boşluklu kapalı niteliktedir (Anonim 2020). Ancak bu veriler 2012 yılına ait verilerle (Anonim 2012) karşılaştırıldığında alansal olarak

normal kapalı ormanlarda %3.3, boşluklu kapalı ormanlarda %55.1 ve genelde ise %23.7'lik bir azalma olduğu görülmektedir.

800-1700 m yükseltiler arasında bazen saf bazen de *Fagus orientalis* (doğu kayını), *Pinus silvestris* (sarıçam) ve *Picea orientalis* (doğu ladini) gibi türlerle karışık olarak bulunmaktadır. Doğu Karadeniz göknarı saf olarak en geniş yayılışını 8190 ha'lık alan ile Artvin/Şavşat'da yaparken, bunu sırasıyla Gümüşhane (2156 ha), Şebinkarahisar (2071 ha), Torul (1778 ha) ve Yusufeli (1602 ha) izlemektedir (Anşin ve Özkan 1998, Demirci 2001).

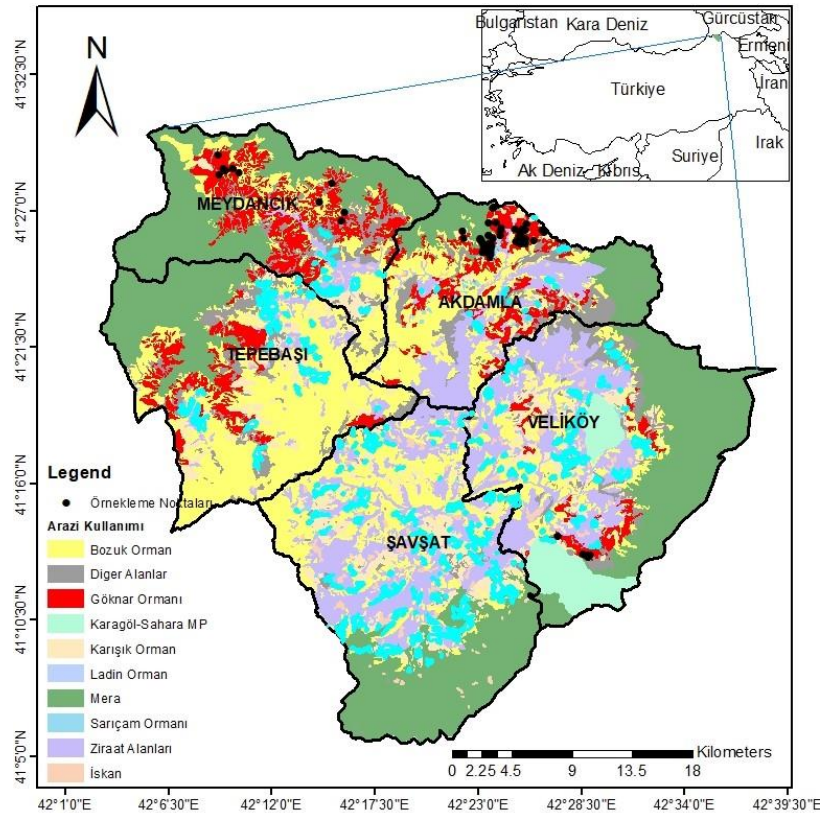
Göknar ormanları, ülkemizin sahip olduğu genetik rezervler içinde önemli bir yeri olan, çok yönlü kullanım alanlarına sahip, ekolojik toleransı yüksek, odun kalitesi iyi, gölgeye dayanıklı, kolay çaprazlanabilen ve vejetatif olarak üretilen önemli türlerimizden biridir (Yahyaoglu ve ark. 1991). Bu türün olumlu olan bu

özelliklerinin sürekliliğini sağlayabilmek ve bunlardan yararlanabilmek için yetiştirme ortamı faktörleri ile türün gelişimi arasındaki ilişkilerin iyi bilinmesi gerekmektedir. Böylece türün verimliliği ve ağaçlandırma ve ıslah çalışmalarındaki başarısı artacaktır.

Bu çalışma ile Şavşat yetiştirme ortamı bölgesinde doğal olarak yayılış gösteren saf Doğu Karadeniz göknarı meşcerelerinin yetiştirme ortamı özelliklerinin (fizyografik, edafik ve iklimik) belirlenmesi ve meşcere gelişimi ile olan ilişkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma alanı, Türkiye'nin kuzeydoğusunda, 41°05'00"-41°32'15" kuzey enlemleri ile 42°01'00"-42°34'00" doğu boylamları arasında yer almakta; kuzeyinde Gürcistan, doğusunda Ardahan, güneyinde Artvin/Ardanuç ve batısında ise Artvin ili bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Örnek alanların araştırma alanındaki konumu

Araştırma alanı, coğrafi konum itibarıyla Karadeniz iklimi ile karasal iklimin geçiş kuşağında yer almaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 5.1 °C olup yöredeki en yüksek sıcaklık 16.0 °C Ağustos ayında, en düşük sıcaklık ise -6.8°C ile

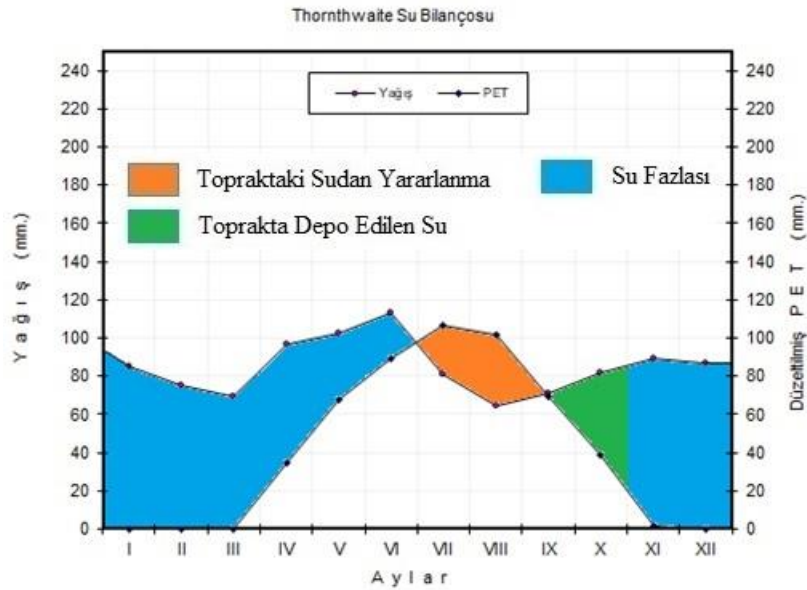
Ocak ayında gözlenmiştir. Şavşat meteoroloji istasyonundan temin edilen 1970-1996 yıllarına ilişkin iklim verileri örnek alanlar için Erinc'e (1969) göre ekstrapole edilmiştir (Çizelge 1). Araştırma alanı ortalama

yükseltisi (2050 m) kullanılarak yapılan iklim analizinde, Thornthwaite (1948) yöntemine göre iklim tipi “B4 C'2 r b'2” ile sembolize edilen “nemli, düşük sıcaklıkta

(mikrotermal), su noksanı olmayan veya pek az olan, karasal iklime yakın iklim” olarak belirlenmiştir (Şekil 2).

Çizelge 1. Araştırma alanı ortalama yükseltisi (2050 m) için ekstrapole edilmiş iklim verileri.

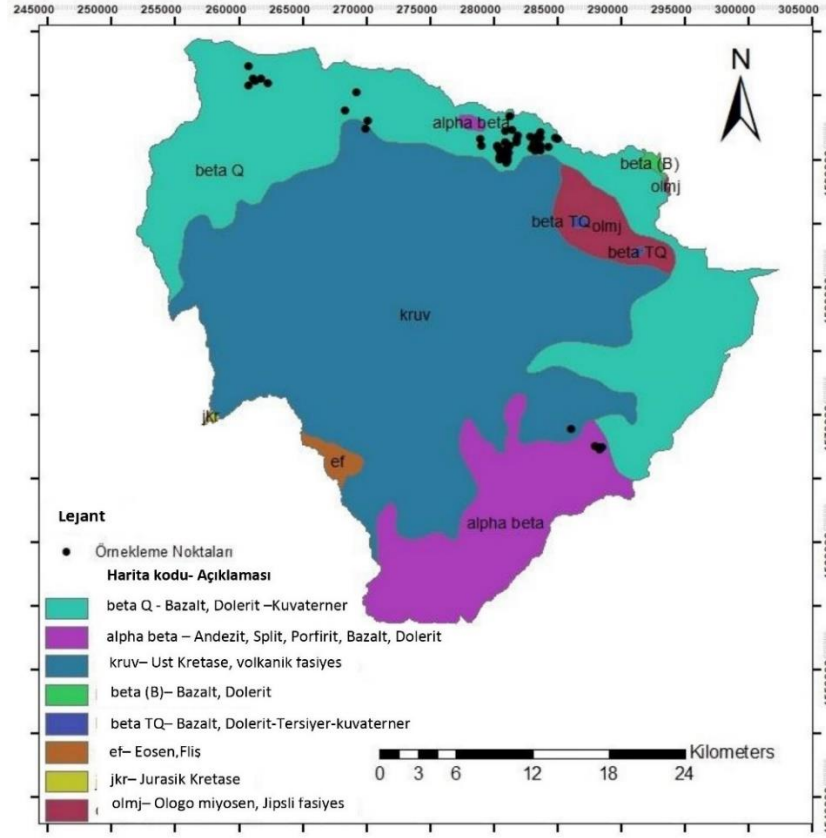
Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ort. Min. Sıcaklık (°C)	Ort. Maks. Sıcaklık (°C)	Ort. Yağış (mm)
Ocak	-6.8	-11.2	-1.5	84.9
Şubat	-5.3	-10.6	0.5	74.8
Mart	-0.8	-6.8	5.8	69.4
Nisan	5.2	-1.4	12.4	96.3
Mayıs	9.6	2.5	17.1	102.8
Haziran	12.9	5.6	20.5	113.1
Temmuz	15.7	8.9	23.5	80.9
Ağustos	16	8.9	24.5	64.4
Eylül	12.2	5.3	20.8	71.2
Ekim	7.1	0.7	14.7	81.6
Kasım	0.3	-4.4	6	89.6
Aralık	-4.9	-8.9	0.1	86.8
Yıllık	5.1	-1	12	1015.7



Şekil 2. Araştırma alanına ilişkin Thornthwaite iklim diyagramı

Araştırma alanındaki orman bitki örtüsünün %97'sini iğne yapraklı ağaç türlerinden olan Doğu Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *nordmanniana*), doğu Ladini (*Picea orientalis*), sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve ardıç (*Juniperus* spp.); %3'ünü ise geniş yapraklı türlerden doğu kayını (*Fagus orientalis*), meşe (*Quercus* spp.), gürgen (*Carpinus* spp.), kızılâğaç (*Alnus* spp.), akçâğaç (*Acer* spp.) söğüt (*Salix* spp.), üvez (*Sorbus* spp.) ve huş (*Betula* spp.) oluşturmaktadır. Bu türler arasında en yaygın olanı ise Doğu Karadeniz göknarı ve doğu ladinidir (Anşin ve Özkan 1998).

Örnek alanların jeolojik yapısı (MTA 2019) incelendiğinde; farklı jeolojik zamanlarda oluşmuş farklı kayaç türleri yer almaktadır. Bunlar genel olarak Pliyosen zamanlı bazalt, piroklastik kayaçlar, ayrışmamış karasal kırıntılar, Üst miyosen-Pliyosen zamanlı andezit, ayrışmamış volkanitler, volkanitler ve sedimenter kayaçlar, Kuvaterner zamanlı bazalt, yamaç molozu alüvyon yelpazesi, moren vb., Oligosen-Alt miyosen zamanlı evaporitli sedimenter kayaçlar ve Pliyo-Kuvaterner zamanlı ayrışmamış karasal kırıntılardan oluşmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Örnek alanların jeoloji haritasındaki konumu

Arazi çalışmaları 2017 yılı Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada farklı bakılardan (gölgeli ve güneşli) ve farklı yükselti basamaklarından (1700-1900 m, 1900-2100 ve 2100-2300 m) olmak üzere katmanlı rastgele yöntem kullanılarak toplam 60 adet örnek alan alınmıştır (Pennock ve ark. 2007). Bu örnek alanların her birinde birer adet toprak çukuru açılarak 0-20 cm derinlik kademesinden bozulmuş ve bozulmamış (silindir) olmak üzere toplamda 120 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerine ilişkin iskelet miktarı ve hacim ağırlığı silindir (Gülçur, 1974), organik madde içeriği ıslak yakma (Walkley and Black 1934), tekstür (kum, toz, kil içerikleri) hidrometre (Bouyoucos 1962), ve pH ve elektriksel iletkenlik (EC) ise cam elektrot yöntemleriyle (Kaçar 2009) belirlenmiştir. Ölü örtü kalınlığı (ÖK) ise mm hassasiyetinde cetvelle ölçülerek belirlenmiştir.

Örnek alanlara ilişkin konum, yükselti ve bakı gibi özellikler GPS ile, arazi eğimi klizimetre (eğim ölçer) ile arazi yüzü biçimi (reliye) ise sayısal yükselti modeli (DEM) kullanılarak belirlenmiştir (Schoeneberger 2002). Meşcere verim güçlerinin (bonitet endeksi)

belirlenmesinde değişik yaşlı meşcerelerde tercih edilen ve çap sınıfı (38-50 ve 52-70 cm) ortası boyuna dayanan Flurry yöntemi kullanılmıştır (Saraçoğlu 1988, Atıcı 1998). Yöntem kapsamında her bir meşceredeki tüm ağaçların 1.3 m yükseklikteki göğüs çapları ve boyları ölçülmüştür. Ağaçların çapları çap ölçer, boylar ise Vertex-III lazer boy ölçer ile ölçülmüştür (Haglöf 2002). Bonitet endeksi ile yetiştirme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile belirlenmiştir. Analizde SPSS v.19 kullanılmıştır (IBM 2011).

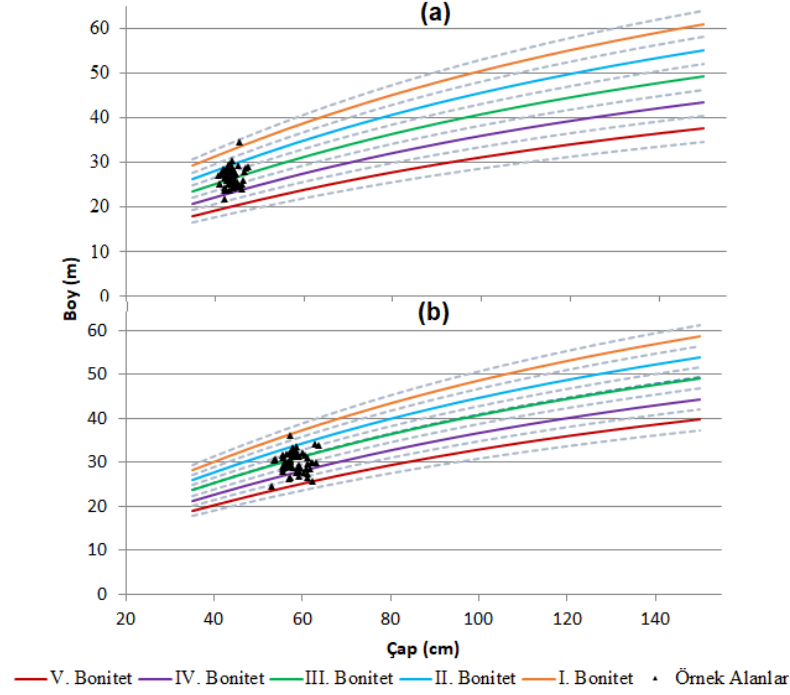
BULGULAR ve TARTIŞMA

Bonitet Endeksi

Flury'nin çap sınıfları metoduna göre yapılan sınıflandırmada; III. çap sınıfına göre; alanların bonitet endeks değerleri 22.35 m ile 34.32 m arasında değişmekte olup ortalaması 27.07 m, IV. çap sınıfına göre; alanların bonitet endeks değerleri 25.60 m ile 37.57 m arasında değişmekte olup ortalaması 31.12 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). III. çap sınıfına göre; 60 adet örnek alanın 1 adedi (%2) I. bonitet, 25 adedi (%42) III. bonitet, 21 adedi

(% 35) IV. bonitet ve 13 adedi (%22'si) ise V. bonitet sınıfında yer alırken II. bonitet sınıfında örnek alan bulunmamaktadır (Şekil 4a). IV. çap sınıfına göre; 60 adet örnek alanın 2 adedi (%3) I. bonitet, 8 adedi (%13) II.

bonitet, 22 adedi (%37) III. bonitet, 21 adedi (% 35) IV. bonitet ve 7 adedi (%12) ise V. bonitet sınıfında yer almıştır (Şekil 4b).



Şekil 4. III. (a) ve IV. (b) çap sınıflarına göre bonitet endeks eğrileri

Çizelge 2. BE ve yetiştirme ortamı özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

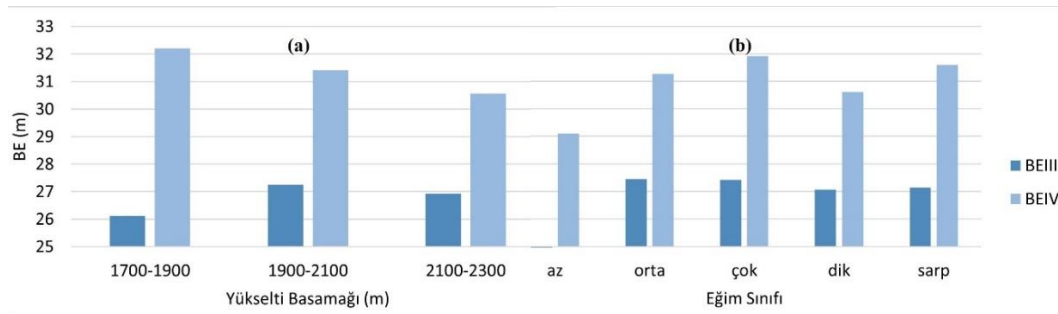
Değişkenler	Birim	Ort.	Min.	Maks.	Standart Hata	Standart Sapma
BE44.5 (III. Çap Sınıfı)	m	27.1	22.4	34.3	0.3	2.1
BE61.5 (IV. Çap Sınıfı)	m	31.1	25.6	37.6	0.3	2.4
X (Boylam)	m	279529	260729	288515	937	7260
Y (Enlem)	m	4589914	4567296	4597343	901	6978
Yükselti	m	2051	1720	2228	14	109
Sırttan Uzaklık	m	36.9	12.5	87.5	3.2	24.7
Eğim	%	48.7	5.0	80.0	2.3	18.2
Bakı	°	153.3	25.0	345.0	11.4	88.6
KUM	%	78.5	60.3	88.8	0.9	7.1
KİL	%	7.9	1.0	18.0	0.6	4.9
TOZ	%	13.6	8.2	22.9	0.4	3.0
pH		6.5	6.3	6.7	0.0	0.1
EC	µs/cm	66.0	13.6	144.7	3.7	28.8
OM	%	6.8	2.5	10.4	0.2	1.8
Olü Örtü	cm	2.0	0.1	5.5	0.1	1.1
İskelet İçeriği	%	53.5	8.1	87.3	2.3	17.6
Hacim Ağırlığı	gr/cm ³	0.85	0.52	1.27	0.0	0.2
Ortalama Sıcaklık	°C	5.1	4.2	6.7	0.1	0.5
Oralama Min. Sıcaklık	°C	-1.1	-2.0	0.5	0.1	0.5
Oralama Maks. Sıcaklık	°C	12.0	11.1	13.7	0.1	0.5
Toplam Yağış	mm	1016	867	1096	6.0	49.0

Yetiştirme Ortamı Faktörleri ile Bonitet Endeksi Arasındaki İlişkiler

Fizyografik Faktörler ile Bonitet Endeksi Arasındaki İlişkiler

Araştırma alanına ilişkin Y ve X koordinatları sırasıyla 4567296-4597343 m ve 260729-279529 m olarak belirlenmiştir. Araştırma alanı yükseltisi 1720 - 2228 m arasında değişmekte olup ortalama yükseltisi 2051 m'dir. Bu değer göz önünde bulundurulduğunda araştırma alanı yüksek dağlık arazi sınıfında yer almaktadır. Ortalama BE

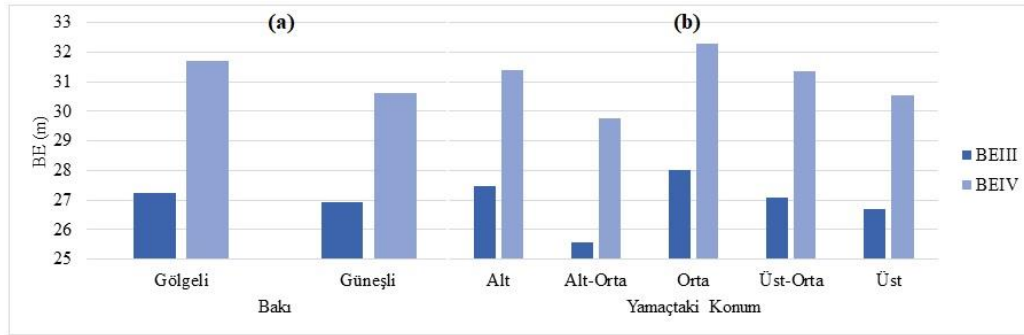
değeri I, II ve III. yükselti basamakları için sırasıyla III. çap sınıfında 26.1, 27.2 ve 26.9 m; IV. çap sınıfında 32.2, 31.4 ve 30.6 m olarak belirlenmiştir (Şekil 5a). Araştırma alanı oldukça engebeli ve sarp olup ortalama eğim %48.7 ve en yüksek değer ise %80 olarak belirlenmiştir. Bu ortalama ile dik eğime sahip araziler sınıfındadır. Ortalama BE değeri az (%3-9), orta (%9-17), çok (%17-36), dik (%36-58) ve sarp (%58-100) eğim sınıfları için sırasıyla III. çap sınıfında 24.6, 27.4, 27.4, 27.1 ve 27.1 m; IV. çap sınıfında 29.1, 31.3, 31.9, 30.6 ve 31.6 m olarak belirlenmiştir (Şekil 5b).



Şekil 5. III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksinin yükselti basamağı (a) ve eğim sınıflarına (b) göre değişimi

Örnek alanların bakışı oldukça değişken olup genelde güneşli olarak ortaya çıkmıştır. Ortalama BE değeri gölgeli ve güneşli bakılar için III. çap sınıfında 27.2 ve 26.9 m; IV. çap sınıfında 31.7 ve 30.6 m olarak belirlenmiştir (Şekil 6a). Örnek alanların sırta olan uzaklıkları %12.5 ile 87.5 arasında değişmekte olup ortalama %37 olarak

belirlenmiştir. Örnek alanların büyük çoğunluğu üst orta yamaçta bulunmaktadır. Ortalama BE değeri alt, alt-orta, orta, üst-orta ve üst yamaçlar için sırasıyla III. çap sınıfında 27.5, 25.6, 28.0, 27.1 ve 26.7 m; IV. çap sınıfında 31.4, 29.8, 32.3, 31.4 ve 30.5 m olarak belirlenmiştir (Şekil 6b).



Şekil 6. III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksinin bakı (a) ve yamaçtaki konuma (b) göre değişimi

Fizyografik faktörler ile BE arasındaki ilişkiyi belirlemek üzere yapılan korelasyon analizi sonuçları anlamlı değildir ($p>0.05$, Çizelge 3). Çelik ve Özkan (2015) Antalya Ovacık Dağı yöresinde kızılçamı etkileyen yetiştirme ortamı faktörlerini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada benzer sonuçları bulmuşlardır.

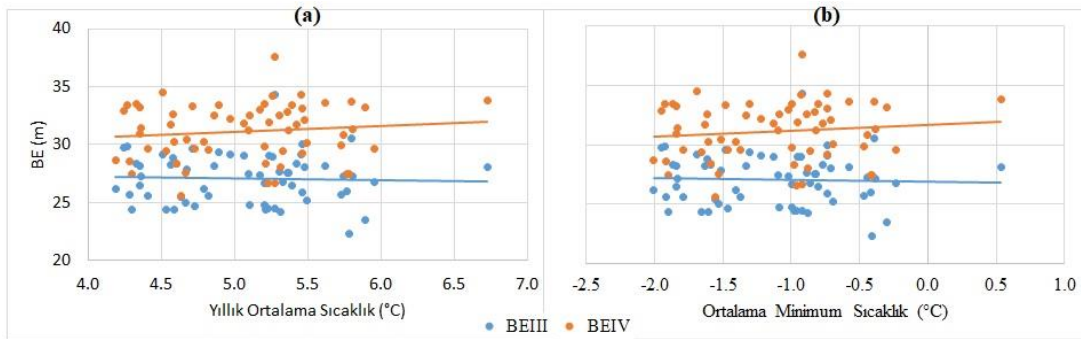
Bu durum fizyografik faktörlerdeki (enlem, yükselti vb.) değişkenliğin (varyasyonun) az olması ile açıklanabilir. Örneğin, alınan 60 adet örnek alanın %5'i (3 adet) I. yükselti basamağında yer alırken geriye kalan %95'i (57 adet) II. ve III. yükselti basamaklarında yer almıştır. II. ve III. yükselti basamağında ise en düşük ve en yüksek yükselti arasındaki fark ise çok azdır ($2228-1904=324$ m). Diğer yandan araştırma alanındaki enlem dereceleri de

çok değişken değildir ($<1^\circ$). Enlem dereceleri, denize olan uzaklık ve yükselti bölgesel iklimin, eğim, bakı ve reliyef gibi diğer fizyografik faktörler de lokal iklimin ve dolayısıyla orman verimliliğinin önemli belirleyicilerindendir (Stage and Salas 2007, Bailey 2009). Enlem ve yükselti bu etkisini sıcaklık, yağış ve radyasyon gibi iklimsel özelliklerin konumsal ve zamansal ölçekteki dağılımını kontrol ederek göstermektedir. Denizden yüksekliğin artmasına bağlı olarak sıcaklık azalırken bağıl nem ve dolayısıyla yağış artmaktadır. Sıcaklıktaki bu düşüş büyüme döneminin de kısılmasına neden olmaktadır. Yükseltiye bağlı olarak değişen iklim koşulları ayrışma koşullarını da etkileyerek bazı toprak özelliklerini (derinlik, pH, tekstür, besin elementleri, faydalı su kapasitesi) de değiştirmektedir (Irmak 1966, Çepel 1978, Spurr ve Barnes 1991). Örneğin, Wang ve ark. (1994) yaptıkları çalışmada BE'deki değişimin %60'ını, Seynave ve ark. (2005) ise değişimin %49'unu sadece yükselti ile açıklamışlardır. Enlem ve yükselti dışında diğer faktörler de BE'yi etkilemektedir. McNab (2010) ve (2020) sadece reliyefin BE'deki etkisini Amerikan lale ağacı için %31-46 ve saplı meşe için %56 olarak raporlamıştır. Villwock ve ark. (2011) ise daha fazla su ve besin maddesi

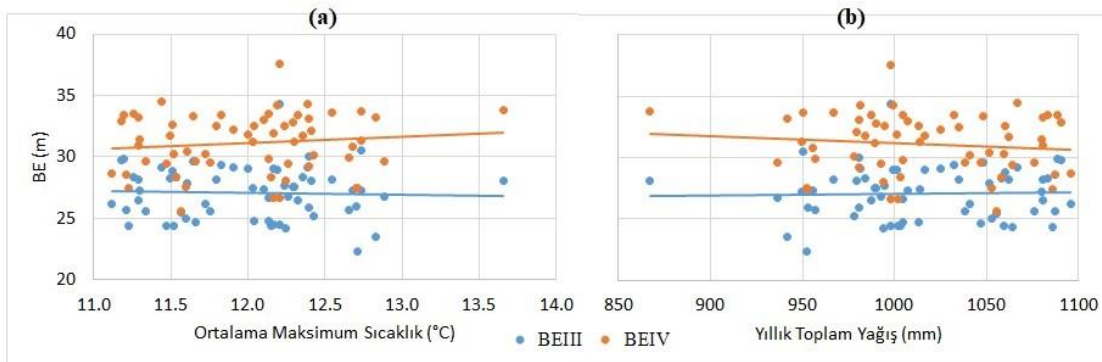
kapasitesine sahip olması nedeniyle konkav şekilli arazilerin açıklanan varyans oranını artırdığını ifade etmektedir. Bunların yanı sıra ülkemizde yapılan benzer çalışmalarda da genel olarak BE ile enlem ve sırta olan uzaklık arasında pozitif yönde, eğim ve yükselti arasında ise negatif yönde ilişkiler belirlenmiştir. Örneğin, Yener ve Altun (2018) doğu ladini, Güner ve ark. (2011) karaçam, McNab ve Keyser (2020) ise meşede BE ile eğim, bakı, yükselti, reliyef gibi konum etmenleri arasında anlamlı ($p<0.05$) ilişkiler belirlemişlerdir.

Klimatik Faktörler ile Bonitet Endeksi Arasındaki İlişkiler

Örnek alanlardaki yıllık ortalama, ortalama minimum ve ortalama maksimum sıcaklıklar $4.2-6.7^\circ\text{C}$, $-2.0-0.5^\circ\text{C}$ ve $11.1-13.7^\circ\text{C}$ 'ler arasında bulunurken yıllık toplam yağış 867.2 ile 1095.8 mm arasında belirlenmiştir (Çizelge 2). Ortalama, ortalama minimum ve ortalama maksimum sıcaklıkların en düşük olduğu alanlarda III. çap sınıfındaki BE 26.2 m, IV. çap sınıfındaki BE 28.7 m olarak ortaya çıkarken en düşük yıllık toplam yağışın olduğu alanda bu değerler 28.1 ve 33.8 m olarak tespit edilmiştir (Şekil 7a-b; Şekil 8a-b).



Şekil 7. Yıllık ortalama sıcaklık (a) ve ortalama minimum sıcaklık (b) değerlerinin III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksleri ile ilişkisi



Şekil 8. Ortalama maksimum sıcaklık (a) ve yıllık toplam yağış (b) değerlerinin III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksleri ile ilişkisi

Çizelge 3. Yetiştirme ortamı faktörleri ile bonitet endeksi arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon matrisi

Değişkenler	BEIII	BEIV	X	Y	YUK	SUZ	EGM	BAKD	KUM	KİL	TOZ	pH	EC	OM	OK	TAS	HA	To	Tomk	Tomin	Ptop
BEIII	1.00	.76**	.12	-.08	.03	.13	.16	.16	-.04	.11	-.07	.16	.22	.00	-.08	.02	.16	-.03	-.03	-.03	.03
BEIV		1.00	.11	-.04	-.11	.14	.17	-.02	.04	-.01	-.07	.14	.10	-.14	-.18	-.04	.08	.11	.11	.11	-.11
X			1.00	-.55**	.29*	-.20	-.31*	.02	.20	-.14	-.25	-.25	.15	-.11	.17	-.04	.04	-.29*	-.29*	-.29*	.29*
Y				1.00	.01	.00	.42**	-.32*	-.07	.17	-.10	.30*	-.55**	.18	-.14	-.07	.18	-.01	-.01	-.01	.01
YUK					1.00	-.46**	-.03	-.05	.13	-.03	-.25	.14	.12	.11	.28*	.15	.14	-.91**	-.91**	-.91**	.91**
SUZ						1.00	.18	.14	-.04	.03	.05	-.12	.02	-.05	-.20	-.21	-.16	.46**	.46**	.46**	-.46**
EGM							1.00	.00	-.05	.10	-.05	.19	-.21	.08	-.21	.14	.13	.03	.03	.03	-.03
BAKD								1.00	-.07	.02	.12	-.28*	.24	-.01	-.14	.14	-.26*	.05	.05	.05	-.05
KUM									1.00	-.94**	-.82**	.00	.00	.14	-.05	-.19	-.12	-.13	-.13	-.13	.13
KİL										1.00	.56**	.01	-.03	-.14	.09	.19	.20	.03	.03	.03	-.03
TOZ											1.00	-.01	.05	-.10	-.02	.14	-.06	.25	.25	.25	-.25
pH												1.00	-.28*	.35**	.11	.15	.18	-.14	-.14	-.14	.14
EC													1.00	-.10	.15	.09	-.13	-.12	-.12	-.12	.12
OM														1.00	.19	.19	.07	-.11	-.11	-.11	.11
OK															1.00	.16	-.20	-.28*	-.28*	-.28*	.28*
TAS																1.00	.16	-.15	-.15	-.15	.15
HA																	1.00	-.14	-.14	-.14	.14
To																		1.00	1.00**	1.00**	-1.00**
Tomk																			1.00	1.00**	-1.00**
Tomin																				1.00	-1.00**
Ptop																					1.00

** : 0.01 düzeyinde anlamlı korelasyon (2-yönlü).

* : 0.05 düzeyinde anlamlı korelasyon (2-yönlü).

Açıklamalar; BE: Bonitet endeksi, X: Enlem, Y: Boylam, YUK: Yükselti, SUZ: Sırttan uzaklık, EGM: Eğim, BAKD: Dönüştürülmüş baki, OM: Organik madde, pH: Toprak reaksiyonu, EC: Elektriksel iletkenlik, HA: Hacim ağırlığı, To: Yıllık ortalama sıcaklık, TAS: Taşlılık, OK: Ölü örtü kalınlığı, Tomin: Yıllık ortalama minimum sıcaklık, Tomk: Yıllık ortalama maksimum sıcaklık, Ptop: Yıllık Toplam Yağış

Bu değerlerin en yüksek bulunduğu alanlarda ise III. ve IV. çap sınıfındaki BE'ler için sırasıyla 28.1 ve 33.8 m olarak belirlenmiştir. Yağışın en yüksek bulunduğu alanda ise bunlar sırasıyla 26.2 ve 28.7 m olarak belirlenmiştir (Şekil 7a-b; Şekil 8a-b). Korelasyon analizi sonuçlarına göre araştırma alanındaki iklim değişkenleri ile BE arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p>0.05$, Çizelge 3).

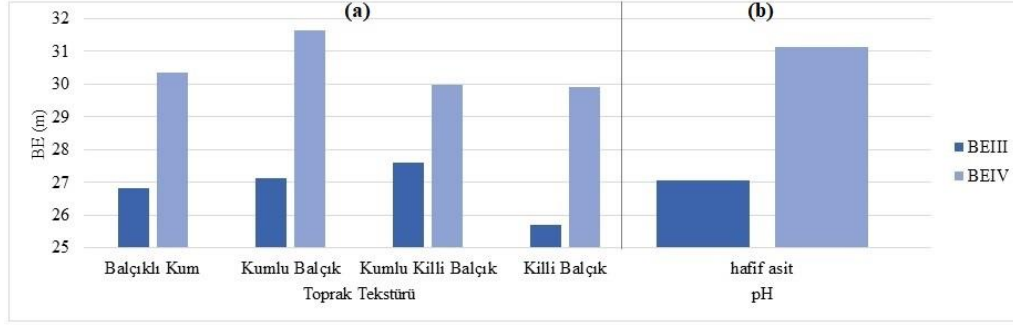
Bu durum araştırma alanı yükseltisinin iklim değişkenlerini etkileyecek düzeyde değişken olmamasıyla ilişkilendirilebilir. Çünkü örnek alanda bir meteoroloji istasyonu veya mobil istasyon kurulması mümkün olmadığı için örnek alanlara ilişkin sıcaklık ve yağış değerlerinin belirlenmesinde en yakın meteoroloji istasyonu verilerinin yükseltiye bağlı değişimi esas alınmaktadır (Erinç 1969). Wang ve ark.'nın (1994) kontorta çamı (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud.) ve Engelmann ladininin (*Picea engelmannii* Parry ex Engelmann x *P. glauca* [Moench] Voss) gelişimi üzerine ekolojik faktörlerin etkilerini araştırdıkları çalışmalarında da iklim verilerinin anlamlı bir etkisi bulunamamış ve bu durum örnek alanların benzer iklim koşullarına sahip olması ile açıklanmıştır.

Atmosferik koşullar fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok süreçte önemli roller oynayarak bitki gelişimini doğrudan ve/veya dolaylı olarak etkilemektedir (Monserud ve ark. 2006). Bu koşulların optimumdan sapması bitki gelişimini olumsuz etkileyebilmektedir. İklim ekosistemdeki besin ve enerji transferinin de önemli belirleyicilerinden biridir (Orlandini ve ark. 2009). Bu çalışmadaki sonuçların aksine iklim değişkenleri ile BE arasında anlamlı ($p<0.05$) ilişkiler bulan çok sayıda çalışma vardır (Yener ve Altun 2017, Yener ve Altun 2018, Güner ve ark. 2011, McKenney and Pedlar 2003, Seynave ve ark. 2005, Sharma ve ark. 2012, Özel ve ark. 2020). Örneğin, Monserud ve ark. (2006), Sharma ve ark. (2012), Hamel ve ark. (2004), Karataş ve ark. (2013) ve Yener ve Altun (2018) gibi araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda, yıllık ortalama sıcaklık ve büyüme dönemindeki sıcaklıkların bitki metabolizmasını kontrol

ederek fotosentezi doğrudan etkilediği için BE'yi olumlu yönde etkilediği ifade edilmiştir. Seynave ve ark. (2005) ise Mart ve Ağustos aylarındaki sıcaklıkları BE ile ilişkilendirmişlerdir. Kimi araştırmacılar ise yıllık toplam yağış ve vejetasyon periyodunda düşen yağışın verimliliği olumlu yönde etkilediğini belirlemişlerdir (Corona ve ark.1998, McKenney ve Pedlar 2003, Seynave ve ark. 2005, Sharma ve ark. 2012, Louw ve ark. 2006, (Kazmierczak ve Zawieja 2014, Özel ve ark. 2020). Bazı çalışmalarda ise gelişimin bir göstergesi olarak BE yerine meşcere orta çapı kullanılmıştır. Litvanya'da yapılan bir çalışmada sarıçamın çap gelişiminin kış ve erken ilkbaharda artan sıcaklıklarla birlikte arttığı belirlenirken (Edvardsson ve ark. 2015), Letonya ve Almanya'da yapılan çalışmalarda ise sıcaklık yanında yağışın da çap artımını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir (Elferts ve Dauškane 2011, Pérez ve ark. 2005).

Edafik Faktörler ile Bonitet Endeksi Arasındaki İlişkiler

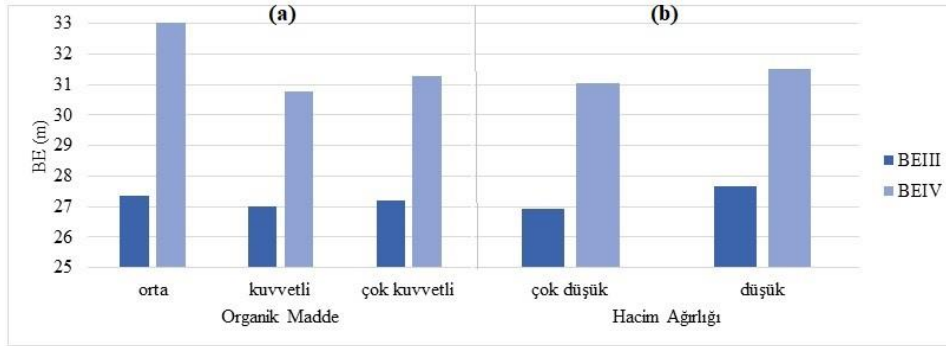
Araştırma alanı topraklarının ortalama kum, toz ve kil değerleri sırasıyla %78.5, %13.6, %7.9 olarak bulunmuştur (Çizelge 2). Alanda kumlu balçık ve balçıklı kum tekstürüne sahip topraklar egemen durumdadır. Ortalama BE değeri balçıklı kum, kumlu balçık, kumlu killi balçık ve killi balçık tekstür sınıfları için sırasıyla III. çap sınıfında 26.8, 27.1, 27.6 ve 25.7 m; IV. çap sınıfında ise 30.4, 31.6, 30.0 ve 29.9 m olarak belirlenmiştir (Şekil 9a). Toprak pH'si en düşük 6.34, en yüksek 6.66, ortalama 6.54 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Bulunan pH değerlerine göre araştırma alanı toprakları, hafif asidik ($pH= 6.1-6.8$) toprak reaksiyonuna sahip topraklar sınıfında yer almaktadır. Ortalama BE değeri bu sınıftaki topraklar için sırasıyla III. ve IV. çap sınıfında sırasıyla 27.1 ve 31.1 m olarak belirlenmiştir (Şekil 9b). Toprak EC'si en düşük 13.6, en yüksek 144.7, ortalama 66.00 $\mu S/cm$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Elde edilen EC değerlerine göre araştırma alanı topraklarının tümü tuzsuz topraklar sınıfında yer almaktadır.



Şekil 9. III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksinin toprak tekstürü (a) ve toprak asitliğine (b) göre değişimi

Araştırma alanı topraklarının organik madde içerikleri %2.5 ile %10.4 arasında değişmekte olup; ortalama olarak %6.8 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Ortalama değere göre araştırma alanı toprakları kuvvetli organik maddeye sahip topraklar sınıfında yer almaktadır. Ortalama BE

değeri orta (%2-4), kuvvetli (%4-8), ve çok kuvvetli (%8-15) organik madde sınıfları için sırasıyla III. çap sınıfında 27.3, 27.0 ve 27.2 m; IV. çap sınıfında ise 33.3, 30.8 ve 31.3 m olarak belirlenmiştir (Şekil 10a).

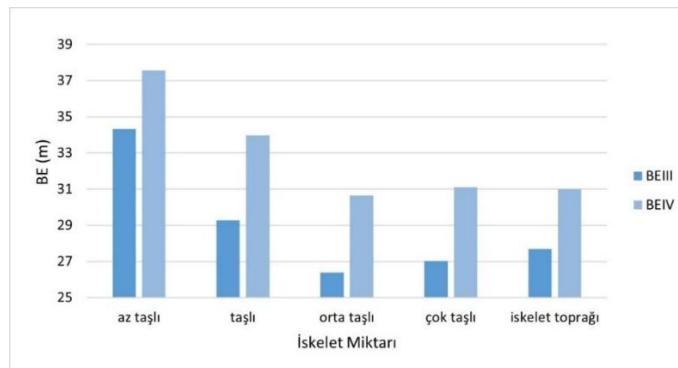


Şekil 10. III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endeksinin organik madde (a) ve hacim ağırlığına (b) göre değişimi

Araştırma alanlarındaki hacim ağırlığı değerleri 0.52 gr/cm³ ile 1.27 gr/cm³ arasında değişmekte olup ortalama 0.85 gr/cm³ olarak bulunmuştur (Çizelge 2). Bu ortalamaya göre araştırma alanı toprakları genel olarak hacim ağırlığı düşük topraklar sınıfında yer almaktadır. Ortalama BE değeri çok düşük (<1 gr/cm³) ve düşük hacim ağırlığı (1-1.3 gr/cm³) sınıfları için sırasıyla III. çap sınıfında 26.9 ve 27.7 m; IV. çap sınıfında ise 31.0 ve 31.5 m olarak belirlenmiştir (Şekil 10b). Çalışma sahasındaki topraklara ilişkin iskelet içerikleri %8.1 ile %87 arasında değişmekte

olup; ortalama olarak %53.5 olarak bulunmuştur (Çizelge 2). Araştırma alanı iskelet içeriği bakımından bol taşlı topraklar sınıfında yer almaktadır.

Ortalama BE değeri az taşlı (<%10), taşlı (10-25), orta taşlı (%25-50), çok taşlı (%50-75) ve iskelet toprağı (>%75) sınıfları için sırasıyla III. çap sınıfında 34.3, 29.3, 26.4, 27.0 ve 27.7 m; IV. çap sınıfında 37.6, 34.0, 30.6, 31.1 ve 31.0 m olarak belirlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. III. ve IV. çap sınıflarındaki bonitet endekslerinin toprak iskelet miktarına göre değişimi

Araştırma alanında toprak özelliklerinin yanı sıra toprağın organik katmanı olan ölü örtü kalınlığı da belirlenmiştir. Kalınlık 0.1-5.5 cm arasında değişmekte olup ortalama 2 cm olarak belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizinde Şavşat yöresi göknar meşcerelerinin BE'si ile toprak değişkenleri arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır ($p>0.05$, Çizelge 3). Toprak özellikleri ve BE arasında anlamlı bir ilişki bulunamaması araştırma alanının nispeten benzer bir topoğrafya ve iklim yapısına sahip olması ve bunun da etkisiyle benzer toprak özelliklerinin ortaya çıkmasıyla ifade edilebilir. Örneğin araştırma alanı topraklarının %86.3'ünün kaba tekstürlü, tamamının hafif asidik, %91.6'sının organik madde miktarının %4'ün üzerinde ve %68.3'ünün iskelet miktarının %40'ın üzerinde olması bu benzerliği göstermektedir. Nitekim, İrmak (1966) ve Çepel (1996) iklimin çok değişken olmadığı ve türün optimum koşullardan uzaklaştığı durumlarda toprak özelliklerinin meşcere gelişimi üzerindeki etkisinin daha belirgin olarak ortaya çıktığını ifade etmişlerdir.

BE'nin geosentrik (ortam merkezli) olarak tahmin edildiği birçok çalışmada toprak, tek başına ya da iklim ve topoğrafya gibi bağımsız değişkenlerle birlikte kullanılmıştır (Güner 2008, Sharma ve ark. 2012, Corona ve ark. 1998, Wang ve ark. 2004, Berges ve ark. 2005, Ketten ve Gülsoy, 2020). Oviedo ve Montero'nun (2005) edafik faktörlerin *Pinus pinea*'nın bonitet endeksi üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmalarında toprak tekstürü ve faydalı su kapasitesinin önemli derecede etkili olduğunu yararlandıkları kontenjans çizelgeleriyle ortaya koymuşlardır. İspanya'da Rodriguez ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada *Pinus radiata*'nın verimliliği üzerinde fosfor içeriği, pH ve toprak derinliğinin pozitif; toplam azot miktarının ise negatif yönde etkili olduğu belirlenmiştir. Zhou ve Dean (2004) ise *Pinus taeda*'nın verimliliğinin mineralize azot tarafından pozitif yönde ($r^2=0.24$; $p=0.02$) etkilendiğini tespit etmişlerdir. Avusturya'da gerçekleştirilen bir çalışmada (Oberhuber ve ark. 1997) yetersiz beslenme, toprağın düşük su tutma kapasitesi, sık toprak derinliği ve yüksek iskelet miktarı gibi faktörlerin sarıçamın çap gelişimini olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir. Socha'nın (2008) Polonya ve Bueis ve ark.'nın (2016) İspanya'da yaptıkları çalışmalarda Avrupa ladini (*Picea abies*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*)

meşcerelerinin BE'sindeki değişimin sırasıyla %79 ve %71'i fizyografik ve edafik değişkenlerle açıklanmıştır.

SONUÇ

Artvin ili Şavşat ilçesinde gerçekleştirilen bu çalışma ile değişik yaşlı Doğu Karadeniz göknarı meşcerelerinin yetiştirme ortamı özellikleri ve bu özelliklerin meşcere verimliliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Göknar meşcereleri alt ve üst rakımlardaki sosyal baskı (tarım, hayvancılık vb.) nedeniyle dar bir alanda yayılış göstermiştir. Yayılışının bu kadar sınırlı olması araştırma alanındaki topoğrafik yapı, iklim ve toprak özelliklerinin de büyük oranda benzer olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle; Bu nedenle araştırma alanındaki göknar meşcereleri yüksek dağlık alanlarda, nispeten dik ve sarp eğimli yamaçlardaki kaba tekstürlü, hafif asidik, iskelet içeriği yüksek ve organik maddece zengin topraklar üzerinde gelişmiştir. Sonuç olarak göknar meşcerelerinin bonitet endeksleri ile belirlenen ekolojik değişkenler arasında istatistiki açıdan anlamlı ilişkiler belirlenememiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgu ve sonuçlar yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında ve potansiyel yetiştirme ortamlarının belirlenmesinde kullanılabilir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışmayı 2015.F10.02.10 proje numarasıyla destekleyen Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne, bonitet endekslerinin belirlenmesine katkı sağlayan Dr. Aydın KAHRİMAN'a, toprak analizlerinin yapılmasındaki katkısından dolayı Mine DAŞTEMİR'e ve lojistik desteklerinden dolayı Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü personeline teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anonim (2012) Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi Ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anonim (2020) Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi Ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Anşin R, Özkan ZC (1998) Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar, KTÜ yayınları, Trabzon.
- Atıcı E (1998) Değişik Yaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarında Artım Büyüme, İ.Ü. Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, İstanbul, 386 s.

- Bailey, R. G. (2009). Ecosystem geography: from ecoregions to sites. Springer Science & Business Media.
- Bergès L, Chevalier R, Dumas Y, Franc A, Gilbert JM. (2005). Sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) Site Index Variations in relation to Climate, Topography and Soil in Even-Aged High-Forest Stands in Northern France Ann Forest Sci 62:391-402.
- Bouyoucos, GJ (1962) Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. Agronomy Journal, 54(5), 464-465.
- Bravo-Oviedo A, Montero G (2005) Site index in relation to edaphic variables in stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in south west Spain. Annals of Forest Science, 62(1), 61-72.
- Bueis T, Bravo F, Pando V, Turrión MB. (2016) Relationship between environmental parameters and *Pinus sylvestris* L. site index in forest plantations in northern Spain acidic plateau iForest - Biogeosciences and Forestry:e1-e8 doi:10.3832/for1600-008.
- Chakravarty S, Ghosh S, Suresh C, Dey A, Shukla G (2011) Deforestation: Causes, Effects and Control Strategies. In: Okia DCA (ed) Global Perspectives on Sustainable Forest Management. pp 3-21
- Chen H, Krestov PV, Klinka K (2002) Trembling aspen site index in relation to environmental measures of site quality at two spatial scales. Canadian Journal of Forest Research. 32(1), 112-119.
- Corona P, Scotti R, Torchioni N (1998) Relationship Between Environmental Factors And Site Index in Douglas-Fir Plantations in Central Italy, Forest Ecology and Management 110, 195-207.
- Çelik H, Özkan K (2015) Antalya Ovacık Dağı Yöresi'nde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)'ın gelişimi ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19(2), 190-197.
- Çepel N (1978) Orman Ekolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 2479, Orman Fak. Yayın No: 257, Taş Matbaası, İstanbul.
- Çepel N (1988) Orman ekolojisi. İ.Ü. Yay. No. 3518, O.F. Yay No. 399, ISBN No. 975-404-061-3, Gençlik Basımevi, İstanbul 536 s.
- Çepel N (1996) Toprak ilmi. İ.Ü. O.F. Yay. No. 3416, O.F. Yay. No. 389, İstanbul.
- Demirci A (2001) Saf Doğu Karadeniz Göknarı (*Abies nordmanniana* Stev.) Ormanlarında Meşcere Kuruluşlarının Saptanması ve Silvikültürel Öneriler. KÜ Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1: 16-27.
- Edvardsson J, Rimkus E, Corona C, Šimanasienė R, Kažys J, Stoffel M. (2015) Exploring the impact of regional climate and local hydrology on *Pinus sylvestris* L. growth variability – A comparison between pine populations growing on peat soils and mineral soils in Lithuania Plant and Soil 392:345-356 doi:10.1007/s11104-015-2466-9.
- Elferts D, Dauškane I (2011) Influence of climate on Scots pine growth on dry and wet soils near Lake Engure in Latvia Estonian Journal of Ecology 60:225 doi:10.3176/eco.2011.3.05.
- Erinç S (1969) Klimatoloji ve Metotları, .U.Yayın No: 994, Coğrafya Enst. Yay. No: 35, Taş Matbaası, İstanbul, 538 sayfa.
- Gülçur F (1974) Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Methodları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No. 1970, O.F. Yayın No. 201, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Güner ŞT Çömez, A., Karataş, R., Çelik, N., Özkan, K. (2011) "Eskişehir ve Afyonkarahisar illerindeki Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. Subsp. *Pallasina* (Lamb.) Holmboe) ağaçlandırmalarının gelişimi ile bazı yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki ilişkileri". Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 1, Bakanlık Yayın No: 434, 83s., Eskişehir.
- Güner ŞT (2008) "Bozkıra Geçiş Bölgesindeki Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. Ssp. *Hamata*. (Steven) Fomin) Ormanlarının Gelişimi ile Bazı Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler", Çeşitli Yayınlar Serisi No: 3 T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir/Türkiye.
- Haglöf AB (2002) Users guide Vertex III and Transponder T3. Långsele, Sweden: Haglöf Sweden, AB.
- Hamel B, Belanger N, Pare D (2004) Productivity of Black Spruce and Jack Pine Stands in Quebec as Related to Climate, Site Biological Features and Soil Properties, Forest Ecology and Management, 191: 239-251.
- IBM Corp (2011) IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. IBM Corp, Armonk, NY.
- Irmak A (1966) Orman Ekolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 1187, Orman Fak. Yayın No: 104, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Kaçar B (2009) Toprak Analizleri, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın No: 44 Ostim-Ankara.
- Karataş R, Arslan M, Güner ŞT, Çömez A, Özkan K (2013) Göller Bölgesindeki Doğal Yayılış Alanlarında Kasnak Meşesinin (*Quercus vulcanica* Boiss. and Heldr. ex Kotschy) Boy Gelişimi İle Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. T.C Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Enstitü Yayın No: 9, Teknik Bülten No: 5, ISBN: 978-605-4610-25-9, 67 s., Eskişehir, Türkiye.
- Kaźmierczak K, Zawieja B. (2014) The influence of weather conditions on annual height increments of Scots pine Biometrical Letters 51 doi:10.2478/bile-2014-0010
- Keten İ, Gülsoy S (2020) Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ormanlarında Verimlilik İlişkileri, International Journal of Science and Technology Research, Volume: 4, Issue: 2, 88-102
- Kimsey Jr MJ, Moore J, McDaniel P (2008) A geographically weighted regression analysis of Douglas-fir site index in north central Idaho. Forest Science. 54(3), 356-366.
- Louw JH, Scholes MC (2006) Site Index Functions Using Site Descriptors for *Pinus patula* plantations in South Africa, Forest Ecology and Management, 225, 94-103.
- Mckenny DW, Pedlar, JH (2003) Spatial Models of Site Index Based on Tree Species in Ontario, Canada. Forest Ecology and Management. 175, 497-507.
- Mcnab HW (2010) Effects of Landform on Site Index for Two Mesophytic Tree Species in The Appalachian Mountains of North Carolina, USA. International Journal of Forest Research, volume 2010, 7 pages.
- Mcnab WH, Keyser TL (2020) A vegetative index of stand productivity based on tree inventory for predicting oak site index in the Central Hardwood Region. Canadian Journal of Forest Research 50 (8):760-73. doi: 10.1139/cjfr-2019-0412.

- Monserud RA, Huang S, Yang Y (2006) Predicting Lodgepole Pine Site Index From Climatic Parameters in Alberta, The Forestry Chronicle, Vol.82, No:4.
- MTA (2019) Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
- Núñez D, Nahuelhual L, Oyarzún C (2006) Forests and water: The value of native temperate forests in supplying water for human consumption. Ecological economics 58 (3):606-16. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.08.010>.
- Oberhuber W, Pagitz K, Nicolussi K (1997) Subalpine tree growth on serpentine soil: a dendroecological analysis. Plant ecology, 130(2), 213-221.
- Orlandini S, Bindi M, Howden M (2009) Plant Biometeorology and Adaptation to Climate Variability, Springer.
- Özel C, Güner ŞT, Türkkan M, Akgül S, Şentürk Ö (2020) Modelling the site index of *Pinus pinaster* plantations in Turkey using ecological variables, Journal Forest Research, Springer, doi:10.1007/s11676-020-01113-x.
- Pennock D, Yates T, Braidek J (2007). Soil sampling designs. Soil sampling and methods of analysis:1-14.
- Pérez P, Kahle H, Spiecker H (2005) Growth trends and relationships with environmental factors for scots pine [*Pinus sylvestris* (L.)] in Brandenburg Forest Systems 14:64-78.
- Rodrigue JA, Burger JA (2004) Forest Soil Productivity of Mined Land in the Midwestern and Eastern Coalfield Regions, Soil Sci. Soc. Am. J. 68(3): 833-844.
- Saraçoğlu Ö (1988) Değişik Yaşlı Gökmar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme, İ.Ü. Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, İstanbul, 312 s.
- Saraçoğlu Ö (1989) Değişik yaşlı gökmar meşcerelerinde bonitet ve yetiştirme ortamı özellikleri arasında ikili ilişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 39(2), 122-138.
- Schoeneberger PJ (2002) Field book for de-scribing and sampling soils. National Soil Sur-vey Center, Natural Resources Conservation Service, US Dept. of Agriculture.
- Seynave I, Gegout JC, Herve JC, Dhote JF, Drapier J, Bruno E, Dume G (2005) *Picea abies* Site Index Prediction By Environmental Factors And Understorey Vegetation: A Two-Scale Approach Based On Survey Databases, Canadian Journal of Forest Research, 35: 1669-1678.
- Sharma RP, Brunner A, Eid T (2012) Site Index Prediction from Site and Climate Variables for Norway Spruce Scots Pine in Norway, Scandinavian Journal of Forest Research, 27: 619-636.
- Skovsgaard JP, Vanclay JK (2008) Forest Site Productivity: A Review of The Evolution of Dendrometric Concepts For Even-Aged Stands, Journal of Forestry, 81 (1): 13-31.
- Socha J (2008) Effect of topography and geology on the site index of *Picea abies* in the West Carpathian, Poland, Scandinavian Journal of Forest Research, 23:203-213.
- Spurr SH, Barnes, BV (1991) Forest ecol-ogy. Wiley, New York.
- Stage AR, Salas C (2007) Interactions of Elevation, Aspect, and Slope in Models of Forest Species Composition and Productivity, Forest Science, 53, 4, 486-492.
- Szwaluk KS, Strong WL (2003) Near-surface soil characteristics and understory plants as predictors of *Pinus contorta* site index in southwestern Alberta, Canada. Forest Ecology and Management. 176(1-3), 13-24.
- Thorntwaite CW (1948) An Approach to-ward a Rational Classification of Climate. Geo-graphical Review. 38(1), 55-94.
- Villwock JL, Kabrick JM, Mcnab WH, Dey DC (2011) Landform and Terrain Shape Indices Are Related To Oak Site Index In The Missouri Ozarks, Proceedings Of the Central Hardwood Forest Conference, GTR-NRS-P-78:197-207.
- Walkley A, Black IA (1934) An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil science, 37(1), 29-38.
- Wang Q, Wang GG, Coates KD, Klinka K (1994) Use of site factors to predict lodgepole pine and interior spruce site index in the Sub-Boreal Spruce Zone. Research note-Province of British Columbia, Ministry of Forests.
- Wang G, Huan S, Monserud RA, Ryan J (2004) Lodgepole pine site index in relation to synoptic measures of climate, soil moisture and soil nutrients. The Forestry Chronicle. 80 (5): 678-686.
- Wolf H (2004) Spruces, Firs and Larches, Encyclopedia of Forest Sciences, p.1449-1458, Elsevier Ltd. and Elsevier Inc, USA and UK.
- Yahyaoglu Z, Genç M, Demirci A (1991). Azalmakta Olan Bir Doğal Türümüz: Doğu Karadeniz Gökmarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) Matff.). Bildiri, 1, 780-792.
- Yahyaoglu Z (1992) Ağaçlandırma Tekniği Ders Notu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Yener İ, Altun L (2017) Effect of Climatic Factors on Growth of Oriental Spruce Stands in Mountainous Ecoregion of NE Turkey. International Journal of Ecosystems and Ecology Science, Vol. 7 (3): 597-602.
- Yener İ, Altun L (2018) Predicting site index for oriental spruce (*Picea orientalis* L. (Link)) using ecological factors in the eastern black sea, Turkey. Fresenius Environ Bull 27(5):3107-3116.
- Zhou M, Dean TJ (2004) Relationship of Aboveground Biomass Production, Site Index and Soil Characteristics in A Loblolly Pine Stands, Gen. Tech. Rep. SRSÄ-71. Asheville, NC: US department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. pp. 368-371.

Insecticidal activities of some plant essential oils on *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Bostrichidae and Curculionidae) adults

Bazı bitki uçucu yağlarının *Rhyzopertha dominica* (F.) ve *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Bostrichidae ve Curculionidae) erginleri üzerindeki insektisidal aktiviteleri

Şaban KORDALI¹  Memiş KESDEK²  Ümran AKKAN³  Ayşe USANMAZ BOZHÜYÜK⁴ 

¹ Muğla Sıtkı Koçman University, Faculty of Fethiye Agriculture, Department of Plant Protection, Muğla, TURKEY

² Muğla Sıtkı Koçman University, Fethiye Ali Sıtkı Mefharet Koçman Vocational High School, Department of Environment Protection Technologies, Fethiye, Muğla, TURKEY

³ Directorate of Protection Research Institute, Bornova, İzmir, TURKEY

⁴ Iğdır University, Faculty of Iğdır Agriculture, Department of Plant Protection, Iğdır, TURKEY

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1072055

Sorumlu yazar / Corresponding author

Memiş KESDEK

e-mail: rmemiskesdek@mu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

11.02.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

11.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted

21.04.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Keywords:

Essential oils

Lesser grain borer

Wheat weevil

Mortality rates

Anahtar kelimeler:

Uçucu yağlar

Ekin kambur biti

Buğday biti

Ölüm oranları

Abstract

In this study, the insecticidal activities of the essential oils extracted from *Cuminum cyminum* L., *Mentha longifolia* L. and *Allivum sativum* L. by hydrodistillation method using the Clevenger apparatus were investigated against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) and *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Curculionidae) adults. The tests were carried out under 25±1°C temperature, 65±5 proportional humidity and 16:8 (light:dark) conditions and doses of 5, 10, 15, 20 µL/petri. The results of the tested essential oils showed that they had insecticidal effect at different rates (between 1.25% and 100%) 96 hours after exposure. Among the essential oils tested, it was determined that the oil of *A. sativum* showed the highest effect against *R. dominica* and *S. granarius* adults, while the essential oils of *C. cyminum* and *M. longifolia* showed the lowest effect against each two pests. Additionally, LC₅₀ and LC₉₀ values of these oils against *R. dominica* and *S. granarius* adults were separately recorded. According to LC₅₀ and LC₉₀ values, it was reported that *M. longifolia* and *C. cyminum* essential oils were more effective against adults of *R. dominica* (0.698 µL/insect, LC₅₀ and 4.694, LC₉₀) and *S. granarius* (0.131 µL/ insect, LC₅₀ and 2.452 LC₉₀), respectively. These datas showed that the mortalities increased depending on the increase in the doses of the tested three plant essential oils. Most importantly, considering all these results, it is seen that these essential oils can be used as a natural and environmentally friendly biopreparate against harmful *R. dominica* and *S. granarius* adults in stored grain crops.

Özet

Bu çalışmada, Clevenger düzeneği kullanılarak, hidrodistilasyon yöntemiyle elde edilen *Cuminum cyminum* L., *Mentha longifolia* L. ve *Allivum sativum* L. uçucu yağlarının ekin kambur biti, *Rhyzopertha dominica* (F.) ve buğday biti, *Sitophilus granarius* L. (Coleoptera: Bostrichidae ve Curculionidae) erginlerine karşı insektisidal aktiviteleri araştırılmıştır. Testler 25±1°C sıcaklık, 65±5 orantılı nem ve 16:8 (aydınlık:karanlık) şartlarda ve 5, 10, 15, 20 µL/petri dozlarında yapılmıştır. Sonuçlar, bu uçucu yağların uygulamadan 96 saat sonra farklı oranlarda (%1.25 ile %100 arasında) insektisidal etkiye sahip olduklarını göstermiştir. Test edilen uçucu yağlardan *A. sativum*'un yağının *R. dominica* ve *S. granarius* erginlerine karşı en yüksek oranlarda etki gösterdiği, bununla birlikte *C. cyminum* ve *M. longifolia* uçucu yağlarının ise bu iki zararlıya karşı en düşük etki gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca, bu uçucu yağların, *R. dominica* ve *S. granarius* erginlerine karşı LC₅₀ ve LC₉₀ değerleri de kaydedilmiştir. LC₅₀ ve LC₉₀ değerlerine göre, *R. dominica* (0.698 µL/böcek, LC₅₀ ve 4.694, LC₉₀) ve *S. granarius* (0.131 µL/böcek, LC₅₀ ve 2.452 LC₉₀) erginlerine karşı, *M. longifolia* ve *C. cyminum* uçucu yağlarının daha etkili oldukları kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, test edilen üç bitki uçucu yağlarının dozların artışına bağlı olarak ölümlerin de arttığını göstermiştir. Daha da önemlisi, bütün bu sonuçlar dikkate alındığında bu uçucu yağların depolanmış tahıl ürünlerinde zararlı *R. dominica* ve *S. granarius* erginlerine karşı doğal ve çevre dostu biyopreperat olarak kullanılabileceği görülmektedir.

INTRODUCTION

The world is facing a growing population and its increasing food requirements. Cereals, especially wheat is a vital source of food for this growing population. Wheat

is the first cultivated crop among cereals, has the highest cultivation area, production and consumption in the world, and has a high adaptability (Doğan et al. 2014, 2015). However, there are many insect pests causing to

decrease the quality and edible quality of wheat especially during storage. *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), the wheat weevil also known such as the grain weevil or granary weevil names, and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), the lesser grain borer are among the most important pest insect species, which caused economical damages on the stored wheats and the foods obtained from them. *S. granarius* is known as one of the oldest pests of stored wheat. Both its adults and larvae feed with grains in the storage houses after harvest. *R. dominica* is one of the most important insect pests infesting whole sound grain of different cereals and legumes in the world. Both adults and larvae of this insect pest are able to attack whole undamaged grains (Hagstrum and Flinn 1994). *R. dominica* larvae are immobile and feed on the surrounding food scraps, flour, undercooked produce, walnut, hazelnut, dried figs and leguminous products. Due to extremely population, both its adults and larvae can lead to very important economic damages.

In the past, in order to control these pests, many synthetic pesticides such as methyl bromide, phosphine (Attia and Greening 1981), lindane, malathion and cyfluthrin (Bengston et al. 1975, Lorini and Galley 1999) were used. However, syntetic pesticides caused different negative effects for humans and other warm blooded organisms, and also the problem of emerging resistance (Dansi et al. 1984). For all these reasons, the natural compounds of plant origin (essential oils, extracts, etc.) have recently come to the forefront with work accelerating work being carried out in this field. Essential oils are natural compounds obtained from parts of plants such as flowers, leaves, seeds, roots etc.. They occur naturally and are colorless or light yellow in color, volatile, fragrant, and can easily crystallize in liquid form at room temperature. In the recent years, many studies on the harmful insects using essential oils, extracts and compounds from different plants have shown that these natural compounds have insecticidal, ovicidal, repellent, attractant and feeding characteristics (Aksoy 1982, Shaaya et al. 1993, Kordalı et al. 2006, 2017, Ünal and Akkuzu 2009, Usanmaz Bozhüyük et al. 2020, Küçükaydın et al. 2020). Also, a great number of scientific studies carried out on the insecticidal activities of essential oils against *R. dominica* and *S. granarius* and the vast majority of them have been accomplished (Prates et al. 1998, Aslan et al. 2004, Yıldırım et al. 2005, Karakoç et al. 2006, Kordalı et al. 2006, Yang et al. 2010, Yıldırım et al. 2011, Küçükaydın et al. 2020). Compounds of plant origin (especially volatile oils), when used against agricultural

pests, have minimal adverse effect on the ecosystem, help to reduce insect resistance and pose little known significant threat to human and environmental health. Considering these, the use of essential oils in the controlling of the insect pests is at the topic of this study, safe alternative to conventional and classical pesticides.

Turkey experiences changeable climate in terms of its both geographical position and topographical structure, giving rise to a vast array of plant species unique to the region. This feature also allows the growth of different numbers of endemic species. Many of these plant species are used as a medicine. They tend to be known locally by different names among the people and have been used for a variety of purposes (anti-inflammatory, anti-helminthic, anti-inflammatory, wound closure, digestion, antiseptic, diuretics, pain relief, etc.) (Baytop 1984, Güncan and Durmuşoğlu 2004). The plants of relevance in this study will be the species of Cumin (*Cuminum cyminum* L. (Apiaceae)), Wild Mint (*Mentha longifolia* L. (Lamiaceae)) and Garlic (*Allium sativum* L. (Liliaceae)).

Cumin is mostly grown as a medicinal and aromatic plant, but it is used as a cultivated spice plant in Turkey (Arslan and Ekim 1987). Cumin is known among the local people in the different regions of Anatolia with names like "Acem (Persian) Cumin", "Frank Cumin" and "Kefe Cumin". The most important cumin species in Turkey in terms of agriculture and economics is Acem (Persian) Cumin (*C. cyminum*). Cumin seeds contain 2-4% volatile oil and may be used as an insecticide against some insect species (Kan 2000). The spear-mint or wild mint (*M. longifolia*) is another common species in Turkey (especially North East Anatolia). Mint has been cultivated to be beneficial in combatting bronchitis, ulcerative colitis anorexia, liver disorders, and as an antiemetic (Güllüce et al. 2007). This plant also has the insecticidal effect against many harmful insects. The *Allium* is an important genus in the family Liliaceae. This genus has 168 species were recorded as endemic in Turkey (Eker and Koyuncu 2011). Garlic (*A. sativum*) belonging to genus *Allium* is one of the earliest plants in the family Liliaceae cultivated by humans with history going back to since antiquity. The garlic bulb is white or pinkish in color with a small number of pods ("teeth"). Its aroma is strong, with a burning quality (Baytop 1999). Research in recent years it has been reported that garlic is an important medicinal plant for treating cardiovascular diseases, regulating blood pressure, reducing blood sugar and cholesterol, having bacterial, viral, fungal and parasitic infections,

strengthening the immune system. It is also thought, to have anti-tumor and anti-oxidant properties (Block 1992).

The main objective of the present study was to investigate insecticidal activities of the essential oils obtained from three plant species, *C. cyminum*, *M. longifolia* and *A. sativum*, collected from different localities of Turkey against two destructive storage pests, *R. dominica* and *S. granarius* adults under laboratory conditions.

MATERIAL AND METHODS

Biological Materials

The adults (3-4 days) of *R. dominica* and *S. granarius* used in the study were collected from wheat mills and wheat storage houses located in Fethiye, Muğla province. Wheat flour, flour, bran, wheat crumb mixture was placed in different glass jars (1 kg). After then, tested adults insects in this study placed in these jars separately and incubated in the laboratory. The insects were reared under laboratory conditions (25±1 °C temperature and 65±5% relative humidity). The adult insects were removed with an aspirator and placed in petri dishes for application, separately for each insect species. After, the fumigant test was applied to the adult insects separately.

Plant Material

The plant species used in the study (*C. cyminum*, *M. longifolia* and *A. sativum*) were collected from Oltu, Pasinler and Tortum districts of Erzurum at their flowering stage in 2016-2017 (between June and September). The collected plant material was kept under shade and turned daily in a spacious place, dried and pulverized with a mill and then kept in a cool warehouse environment. Herbarium of the plant specimens used in this study are preserved in the herbarium of Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Erzurum, Turkey.

Obtaining Essential Oils and GC-GC/MS Analyzes

The seeds of *C. cyminum*, the dried flowers and leaves of *M. longifolia*, and the bulbs of *A. sativum* were ground and powdered. The powdered plant material was placed in a 5-liter glass balloon Clevenger Apparatus. Water was added in an enough amount and boiled for 4-6 hours. Then, the volatile oils were extracted with anhydrous sodium sulphate and ethanol. Ethanol was removed-off by rotary evaporator and volatile oils were stored in the

refrigerator at +4 °C for use in the experiment. Hydrodistillation of *C. cyminum*, *M. longifolia* and *A. sativum* yielded 3.7%, 4% and 0.4% (w/w) of the essential oils, respectively. The yields were based on dry materials of plant samples. The tested essential oils GC-GC/MS analyzes were taken from previous studies (Hasimi et al. 2014, Okut et al. 2017, Demirci Kayiran et al. 2019)

Testing Insecticidal Effects of Essential Oils

The fumigant effects of the essential oils of *C. cyminum*, *M. longifolia* and *A. sativum* on the adults of *R. dominica* and *S. granarius* were tested in the laboratory conditions. Four doses of the tested plant essential oils (5, 10, 15, 20 µL/petri doses) were used in this treatment. Then, 1.5 x 1.5 cm measuring Whatman no.1 paper was placed on the inside of the cover of each glass petri dish (9 cm width x 1.5 cm depth made up according to 120 mL volume). Each petri dish was filled with 25 adult insect units (*R. dominica*) using an insect aspirator, and doses were injected onto Whatman paper on the petri dish. To feed these mature insects, enough amounts of flour, bran and crushing mixture are placed in the petri dishes and then surrounded with parafilm. This process was repeated for the adults of grain weevil (*S. granarius*) and the wheat and crumbs were placed in the petri dishes as feed. Malathion 65 EM® (650 g/L Malathion), a commercial chemical, was used with pure sterile purified water as a positive control. Experiments were carried out at 25±1 °C temperature, 65±5% humidity and in 16:8 (light-dark) laboratory conditions at the doses of 5, 10, 15, 20 µL/petri dishes. Each experiment was repeated three times for each insect species and doses. These processes were carried out separately for all doses of essential oils. Dead insects were counted at the 12th, 24th, 48th, 72nd and 96th hours of the application, respectively.

Analysis and Evaluation of Data

Rhyzopertha dominica and *S. granarius* adults were exposed to essential oils obtained from plant species of *C. cyminum*, *M. longifolia* and *A. sativum*. Their death percentages were determined and percentage death figures were formed at the end of 12th, 24th, 48th, 72nd and 96th hours. Two-way analysis of variance (ANOVA) was performed using SPSS (Statistical Package for Social Securities 17.0) software package to test whether there was a statistically significant difference between the obtained results. The differences between the averages by Duncan test. LC₅₀ and LC₉₀ values were calculated using the Finney (Finney 1971) method and the EPA Probit

Analysis Program was used to determine the LC₅₀ and LC₉₀ values for 95% confidence limits for each application.

RESULTS AND DISCUSSION

Chemical Compositions of the Essential Oils

The main components of the *C. cyminum*, *M. longifolia* and *A. sativum* essential oils were dedicated in Table 1. As the Table 1, the major compositions of the *C. cyminum* oil were β -pinene (15.77 %), α -Terpinene (15.52 %), 1-Phenyl-1-butanol (15.13 %) and Cumic aldehyde (12.74 %) (Hasimi et al. 2014); those of *M. longifolia* were Menthone (19.31 %), Pulegone (12.42 %), Piperitone (11.05 %) and Dihydrocarvon (8.32 %) (Okut et al. 2017); those of *A. sativum* were Allyl disulfide (66.97 %), Allyl sulfide (8.09 %), Allyl methyl disulfide (6.96 %) and Allyl trisulfide (5.45 %) (Demirci Kayiran et al. 2019).

Insecticidal Effects of the Essential Oils

In this study, insecticidal effects of the essential oils obtained from *C. cyminum*, *M. longifolia* and *A. sativum* plants were investigated against the adults (3-4 days) of *R. dominica* and *S. granaries*. As this test used applications of the essential oils at 5, 10, 15 and 20 μ L/petri doses (Tables 2 and 3), when compared to controls, deaths occurring at different rates (ranging from 1.25% to 100%) on both harmful insect adults were observed. The highest mortality rate (100%) for *R. dominica* adults was recorded at 15 and 20 μ L/petri doses of *A. sativum* essential oil and 10, 15 and 20 μ L/petri doses for *S. granarius* adults at 12 hours after the application. The lowest mortality rate was recorded as 1.25% and 12.5% in 5 μ L/petri dose of *M. longifolia* essential oil for *R. dominica* and *S. granarius* adults,

respectively. In the cases of both pest adults, deaths were observed at doses ranging from 1.25% to 100% (except for 5 and 10 μ L/petri doses of *C. cyminum* essential oil at the 12th hour of the application (Tables 2 and 3).

On the 24th hour of the application, it was determined that 100% mortality resulted in both pest adults for all doses of *A. sativum* essential oil (5, 10, 15 and 20 μ L/petri). However, no death was observed in 5 μ L/petri doses of *C. cyminum* essential oil for *R. dominica* adults. The least mortality rates were recorded in 5 μ L/petri dose of *M. longifolia* essential oil for *R. dominica* adults (1.25%) and *S. granarius* (21.2%) (Tables 2 and 3). Similarly, at 48, 72, and 96 hours of application, all the doses of *A. sativum* plant essential oil (5, 10, 15 and 20 μ L/petri) resulted in a 100% mortality for *R. dominica* and *S. granarius* adults. Moreover, the mortality rates of 5, 10, 15 and 20 μ L/petri doses of *C. cyminum* essential oil at 48th hours of application were 0%, 5%, 7.50%, 23.70% for *R. dominica* adults while *M. longifolia* essential oil was recorded as 2.50%, 51.20%, 46.2% and 50%, respectively. However, at the end of 48 hours, the mortality rates of 5, 10, 15 and 20 μ L/petri doses of *C. cyminum* and *M. longifolia* essential oils were 40%, 56.20%, 63.70%, 72.50%; and 40%, 48.70%, 52.50%, 77.50% for *S. granarius* adults, respectively (Tables 2 and 3). While at the end of 48 hours, the lowest mortality rate was observed as 6.25% at 10 μ L/petri dose of *C. cyminum* essential oil for *R. dominica* adults, at the end of 72 hours of application, the highest mortality rate was recorded as 26.20% at 20 μ L/petri dose for *R. dominica* adults. These mortality rates were found to be 58.70% (5 μ L/petri) and 90% (20 μ L/petri) for *S. granarius* adults, respectively. Similarly, while the lowest and highest mortality rates of *M. longifolia* oil for *R. dominica* adults were observed as 3.75% (5 μ L/petri) and 61.20% (20 μ L/petri), these

Table 1. Major constituents of the essential oils of the tested plants

Essential oils	Major components	Relative percent (%)	Literature
<i>Cuminum cyminum</i>	β -pinene	15.77	Haşimi et al. (2014)
	α -Terpinene	15.52	
	1-Phenyl-1-butanol	15.13	
	Cumic aldehyde	12.74	
<i>Mentha longifolia</i>	Menthone	19.31	Okut et al. (2017)
	Pulegone	12.42	
	Piperitone	11.05	
	Dihydrocarvon	8.32	
<i>Allium sativum</i>	Allyl disulfide	66.97	Demirci Kayiran et al. (2019)
	Allyl sulfide	8.09	
	Allyl methyl disulfide	6.96	
	Allyl trisulfide	5.45	

Table 2. Mortality rates after 12, 24, 48, 72 and 96 hours against *R. dominica* adults at doses of 5, 10, 15 and 20 µL/petri of three plant essential oils

<i>Rhyzopertha dominica</i> (F.)						
Essential Oils	Dose (µL/L)	Death rate (%)				
		Aplication time (h)				
		12 h	24 h	48 h	72 h	96 h
<i>Cuminum cyminum</i>	5	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a
	10	0.0±0.0 a	2.50±1.66 ab	5.00±0.00 a	6.25±1.44 ab	6.25±1.44 ab
	15	2.50±1.66 a	6.25±1.44 bc	7.50±1.66 a	8.75±1.44 b	11.2±3.63 b
	20	16.2±4.33 d	21.2±3.63 d	23.7±3.63 c	26.2±1.44 b	31.2±1.44 c
<i>Mentha longifolia</i>	5	1.25±0.83 a	1.25±0.83 ab	2.50±1.66 ab	3.75±2.66 a	5.00±4.08 ab
	10	5.00±4.08 ab	8.75±3.63 c	51.2±4.93 d	53.7±8.69 c	67.5±7.63 d
	15	10.0±4.08 bc	26.2±7.59 de	46.2±9.53 d	61.2±7.69 d	71.2±8.62 d
	20	12.5±5.0 cd	27.5±5.00 e	50.0±7.07 d	61.2±4.33 d	78.7±2.76 e
<i>Allium sativum</i>	5	96.2±2.76 e	100±0.0 f	100±0.0 e	100±0.0 e	100±0.0 f
	10	97.5±1.66 e	100±0.0 f	100±0.0 e	100±0.0 e	100±0.0 f
	15	100±0.0 e	100±0.0 f	100±0.0 e	100±0.0 e	100±0.0 f
	20	100±0.0 e	100±0.0 f	100±0.0 e	100±0.0 e	100±0.0 f
P. Control (Malathion 65 EM)	5	100±0.0 e	100±0.0 f	100±0.0 e	100±0.0 e	100±0.0 f
	10	100±0.0 e	100±0.0 f	100±0.0 e	100±0.0 e	100±0.0 f
	15	100±0.0 e	100±0.0 f	100±0.0 e	100±0.0 e	100±0.0 f
N. Control (Sterile water)	20	100±0.0 e	100±0.0 f	100±0.0 e	100±0.0 e	100±0.0 f
	-	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a

Table 3. Mortality rates after 12, 24, 48, 72 and 96 hours against *S. granarius* adults at doses of 5, 10, 15 and 20 µL/petri of three plant essential oils

<i>Sitophilus granarius</i> L.						
Essential Oils	Dose (µL/L)	Death rate (%)				
		Aplication time (h)				
		12 h	24 h	48 h	72 h	96 h
<i>Cuminum cyminum</i>	5	16.2±4.33 bc	23.7±6.40 b	40.0±9.71 b	58.7±5.95 bc	70.0±2.35 bc
	10	20.0±2.35 c	41.2±2.76 d	56.2±3.63 c	71.2±2.76 cde	76.2±1.44 cd
	15	21.2±1.44	47.5±1.66 e	63.7±3.63 d	78.7±4.93 def	95.0±2.35 ef
	20	27.5±2.88 d	47.5±1.66 e	72.5±5.00 e	90.0±5.27 ef	98.7±1.44 f
<i>Mentha longifolia</i>	5	12.5±1.66 b	21.2±2.76 b	40.0±2.35 b	51.2±7.94 b	63.7±11.1 b
	10	21.5±1.44 c	30.0±2.35 c	48.7±4.93 c	67.5±1.66 bcd	82.5±3.72 d
	15	28.7±2.76 d	40.0±3.33 d	52.5±1.66 c	68.7±3.63 bcd	90.0±2.35 e
	20	41.2±1.44 e	51.2±1.44 e	77.5±1.66 e	91.2±1.44 f	100±0.0 f
<i>Allium sativum</i>	5	78.7±7.59 f	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f
	10	100±0.0 h	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f
	15	100±0.0 h	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f
	20	100±0.0 h	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f
P. Control (Malathion 65 EM)	5	90.0±2.35 g	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f
	10	93.7±1.44 gh	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f
	15	98.7±1.44 h	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f
N. Control (Sterile water)	20	100±0.0 h	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f	100±0.0 f
	-	1.25±1.29 a	1.25±1.29 a	1.25±1.29 a	1.87±1.44 a	1.87±1.44 a

mortality rates were 51.20% (5 µL/petri) and 91.20% (20 µL/petri) for *S. granaries* adults (Tables 2 and 3). At the end of 96 hours, the mortality rates of 5, 10, 15 and 20 µL/petri doses of *C. cyminum* essential oil were 0.00%, 6.25%, 11.20%, and 31.20% for *R. dominica* adults. These

mortality rates were recorded as 5.00%, 67.50%, 71.20% and 78.70% for *M. longifolia* oil, respectively. The essential oils of *C. cyminum* and *M. longifolia* caused to different mortality rates, 70.00%, 76.20%, 95.00%, 98.70%; 63.70%, 82.50%, 90% and 100%, against *S.*

granarius adults, respectively. It can be deduced that *C. cyminum* and *M. longifolia* essential oils are more effective on *S. granarius* adults while less toxic on *R. dominica* adults (Tables 2 and 3). Generally, when all these data are considered, in the application doses (5, 10, 15 and 20 $\mu\text{L}/\text{petri}$) and at application times (12, 24, 48, 72 and 96 hours) of *A. sativum* essential oil were found to cause significant mortality at rates ranging from 78.8% to 100% on *R. dominica* and *S. granarius* adults. In addition, it has been noted that *C. cyminum* and *M. longifolia* essential oils have lower insecticidal activity on *R. dominica*, but they have higher insecticidal activities on *S. granarius* adults. However, 100% mortality rates were established in all positive controls (except for 5, 10 and 15 $\mu\text{L}/\text{petri}$ after 12 hour for *S. granarius* adults) (Tables 2 and 3).

Many studies were carried out to determine the insecticidal effects on *R. dominica* and *S. granarius* adults of essential oils obtained from different plants by different researchers in the past. Prates et al. (1998) using *Eucalyptus* spp. and *Citrus* spp. emphasized that the essential oil (Cineole) had significant insecticidal activity (up to 95%) on *R. dominica* adults. Karakoc et al. (2006) reported mortality rates in the 24th hour of application at 10, 20 and 30 °C of *C. cyminum* oil as 63.89%, 89.06% and 76.82% on *S. granarius* adults, respectively. In addition, the same researchers noted that *Mentha spicata* plant essential oil caused between 90.39% and 100% mortalities on *S. granarius* adults at 20 and 30 °C temperatures. In another study, the insecticidal effects in 1, 5, 10, and 20 $\mu\text{L}/\text{petri}$ doses of essential oils obtained from 11 different plants were tested against *S. granarius* adults and the mortality rates were recorded between 0.67% and 100% in the 96th hour after application (Yıldırım et al. 2011). Tandorost and Karimpour (2012) determined that the essential oil from orange peel showed insecticidal activity on *Rhyzopertha dominica* adults. Yang et al. (2010) stated that seven days after the application of *A. sativum* plant volatile oil caused between 1.3% and 100% insecticidal effect against *Sitophilus oryzae* adults. In his work, Chaubey (2013), *A. sativum* emphasized that the plant's essential oil has a toxic effect on *Tribolium castaneum*, a storage pest. In this study, essential oils obtained from *C. cyminum*, *M. longifolia* and *A. sativum* plants were given at 5, 10, 15 and 20 $\mu\text{L}/\text{petri}$ doses and at application times of 12, 24, 48, 72 and 96 hours. It has been determined that between 12.5% and 100% of the mortality occurred on *S. granarius* adults. These mortality rates were recorded between 1.25 and 100% for *R. dominica* adults (Tables 2 and 3).

According to these results, researches made in previous years show that they are in line of present work. Considering the insecticidal effects of the three plant essential oils used in the study against *R. dominica* and *S. granarius*, it was concluded that the chemicals used to combat against both pests could be used as an alternative.

On the other hand, LC_{50} and LC_{90} values after 96 hours of the essential oils of *C. cyminum*, *M. longifolia* and *A. sativum* against *R. dominica* and *S. granarius* were calculated (Tables 4 and 5). According to LC_{50} and LC_{90} values, *A. sativum* essential oil was the most effective on *R. dominica* (0.347 and 0.640 $\mu\text{L}/\text{insect}$); and the essential oils of *C. cyminum* and *A. sativum* (LC_{50} , 0.131 and LC_{90} , 0.640 $\mu\text{L}/\text{insect}$) were for *S. granarius*, respectively. When the LC_{50} and LC_{90} values of these essential oils were compared for their effect on *R. dominica* and *S. granarius* adults, the lowest effective essential oil was found to be from *C. cyminum* based on LD_{50} (2.081 $\mu\text{L}/\text{insect}$) and LD_{90} (11.913 $\mu\text{L}/\text{insect}$) for *R. dominica* adults. These rates were recorded as 0.347 $\mu\text{L}/\text{insect}$ (LD_{50}) for *A. sativum* essential oil and 2.467 $\mu\text{L}/\text{insect}$ (LD_{90}) for *M. longifolia* essential oil against *S. granarius* adults (Tables 4 and 5). These results explained that the insecticidal activities of the tested essential oils increased with increasing doses and exposure times. All of the essential oils caused significant mortalities. Considering all these results, the studied essential oils can be used as potential natural and environmentally friendly agents against *R. dominica* and *S. granarius* beetle adults in stored wheat grains.

CONCLUSION

In the present study, we investigated to insecticidal activities of *C. cyminum*, *M. longifolia* and *A. sativum* oils against *R. dominica* and *S. granarius* adults. The results suggest that the tested three plant essential oils have the potential for use in the control of *R. dominica* and *S. granarius* adults. Among them, *A. sativum* oil was found to be more toxic (100%) against both pest adults after 96 of application. When the mortality rates according to the application doses are compared, it is observed that the application of four doses of *A. sativum* oil significantly inhibited the growth of adults of *R. dominica* and *S. granarius* (78.70% to 100%) as observed by the mortality rates, while *C. cyminum* and *M. longifolia* plant essential oils were observed to be relatively less effective against both pests. In the light of the present results, it can be suggested that the tested three plant essential oils can be used as new insecticidal determinants against the mentioned above two pest adults. However, more

Table 4. LC₅₀ and LC₉₀ toxicity values of three plant essential oils against *R. dominica* adults

	<i>Rhyzopertha dominica</i> (F.)				
	LC ₅₀ (Limits)	LC ₉₀ (Limits)	χ ²	Slope ± SE (Limit)	Probability
<i>Cuminum cyminum</i>	2.081 (4.574-8.435)	11.913 (8.000-30.108)	4.894	3.862±0.802 (2.290-5.434)	0.002
<i>Mentha longifolia</i>	0.698 (1.621-2.229)	4.694 (3.641-7.796)	38.795	3.536±0.385 (2.2780-4.291)	0.137
<i>Allium sativum</i>	0.347	0.640	2.840	4.810 ± 8.409 (11.672-21.291)	0.987

Table 5. LC₅₀ and LC₉₀ toxicity values of three plant essential oils against *S. granarius* adults

	<i>Sitophilus granarius</i> L.				
	LC ₅₀ (Limits)	LC ₉₀ (Limits)	χ ²	Slope ± SE (Limit)	Probability
<i>Cuminum cyminum</i>	0.131 (0.387-0.912)	2.452 (2.034-3.248)	12.326	2.300 ± 0.414 (1.489-3.112)	0.650
<i>Mentha longifolia</i>	0.173 (0.502-0.985)	2.467 (2.077-3.171)	17.994	2.537 ± 0.413 (1.727-3.347)	0.613
<i>Allium sativum</i>	0.347	0.640	2.840	4.810 ± 8.409 (11.672-21.291)	0.987

advanced studies need to be conducted to evaluate the mode of action and cost-efficacy of these essential oils on wide range of pests in storage houses of agricultural products. Also, it is hoped that this work will be a source for further studies.

ACKNOWLEDGMENTS

Authors thank Mohamed Said Omar (Ondokuz Mayıs University), translator and native English speaker, for his worthy contributions in revising the English of this article.

This study was presented orally at the 1st International Agricultural Science Congress (09-12 May 2018, Van/Turkey), and its summary was published in the congress book.

REFERENCES

- Aksoy S (1982) Effect mechanisms of some organic synthetic insecticides. Turkey Plant Protection Journal 6: 111-126
- Arslan N, Ekim T (1987) Which plant is cumin? Journal of Nature Agriculture and Forestry 2 (2): 269-274
- Aslan İ, Özbek H, Kordalı Ş, Çalmaşur Ö, Çakır A (2004) Toxicity of essential oil vapours obtained from *Pistacia spp.* to the granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 111: 400-407
- Attia F I, Greening HG (1981) Survey of resistance to phosphine in coleopterous pests of grain and stored products in New South Wales, Gene. Applied Entomology 13: 93-97
- Baytop T (1984) Treatment with plants in Turkey. İstanbul University, Faculty of Pharmacy Publications, No: 3255, İstanbul, Turkey

- Baytop T (1999) Therapy with medicinal plants in Turkey past and present, 2nd edition, Nobel Medicine Publications, İstanbul, Turkey
- Bengston M, Cooper LM, Grant-Taylor FJ (1975) A comparison of bioresmethrin, chlorpyrifos-methyl and pirimiphos methyl as grain protectants against malathion-resistant insects in wheat. Queensland Journal of Agriculture Animal Science 32: 51-78
- Block E (1992) The organosulfur chemistry of the genus *Allium*-Implications for the organic chemistry of sulfur. Angewandte Chemie International Edition 31: 1135-1178
- Chaubey MK (2013) Insecticidal effect of *Allium sativum* (Alliaceae) essential oil. Journal of Biologically Active Products from Nature 4 (3): 248-258
- Dansi L, Van Velsen FL, Vander H (1984) Methylbromide: Carcinogenic effects in the rat forestomach. Toxicology Applied Pharmacology 72: 262-271
- Demirci Kayıran S, Eroğlu Özkan E, Mataracı Kara E, Yılmaz MA, Zengin G, Boğa M (2019) Comprehensive analysis of an uninvestigated wild edible medicinal garlic species from Turkey: *Allium macrochaetum* Boiss. & Hausskn. Journal of Food Biochemistry 43 (7): 1- 10 (e12928)
- Doğan Y, Togay Y, Togay N (2014). Determination of yield and some yield components of the registered some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars of Turkey in Mardin - Kızıltepe conditions. Yüzüncüyıl University Journal of Agriculture Faculty 24 (3): 241-247
- Doğan Y, Togay Y, Togay N (2015). Determining of suitable sowing time for bread wheats (*Triticum aestivum* L.) varieties in Mardin Kızıltepe conditions. Anadolu Journal of Agricultural Sciences 30: 68-73
- Eker İ, Koyuncu M (2011) "*Allium olivieri* Boiss. (Alliaceae), a new taxon to Turkey, with contributions to its taxonomy". Acta Societatis Botanicorum Poloniae 80: 275-277
- Güllüce M, Şahin F, Sökmen M, Özer H, Daferera D, Sökmen A, Polissiou M, Adıgüzel A, Özkan H (2007) Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Mentha longifolia* L. ssp. *longifolia*. Food Chemistry 103: 1449-1456

- Güncan A, Durmuşoğlu E (2004) An evaluation on natural insecticides of plant origin, *Hasad* 233: 26-32
- Hagstrum DW, Flinn PW (1994) Survival of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) in stored wheat under fall and winter temperature conditions. *Environmental Entomology* 23: 390-395
- Haşimi N, Tolan V, Kızıl S, Kılınç E (2014) Determination of essential oil composition, antimicrobial and antioxidant properties of anise (*Pimpinella anisum* L.) and cumin (*Cuminum cyminum* L.) Seeds. *Jour. of Agricultural Sciences* 20: 19-26
- Karakoç O, Gökçeye C, Telci İ (2006) Some plant essential oils such as *Sitophilus oryzae* L., *Sitophilus granarius* L. (Col.: Curculionidae) and *Acanthoscelides obtectus* Say. (Col.: Bruchidae) against fumigant effects. *Tension in Turkey Entomology* 30 (2): 123-135
- Kordalı Ş, Aslan İ, Çalmaşur Ö, Çakır A (2006) "Toxicity of essential oils isolated from three *Artemisia* species and some of their major components to grain weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae)". *Industrial Crops and Product* 23: 162-170
- Kordalı Ş, Usanmaz Bozhüyük A, Bayrak N, Çakır A (2017) "Fumigation of volatile monoterpenes and aromatic compounds against adults of *Sitophilus granarius* (L.) (Col.: Curculionidae)". *Records of Natural Products* 11 (4): 362- 373
- Küçükaydın S, Tel Çayan G., Duru ME, Kesdek M, Öztürk M (2020) Chemical composition and insecticidal activities of the essential oils and various extracts of two *Thymus* species: *Thymus cariensis* and *Thymus cilicicus*. *Toxin Reviews*, 39 (1): 1-11
- Lorini I, Galley DJ (1999) Deltamethrin resistance in *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae), a pest of stored grain in Brazilian. *Journal of Stored Products Research* 35: 37-45
- Okut N, Yağmur M, Selçuk N, Yıldırım B (2017) Chemical composition of essential oil of *Mentha longifolia* L. Subsp. *longifolia* growing wild. *Pakistan Journal of Botany* 49 (2): 525-529
- Prates HT, Santos JP, Waquil JM, Fabris, JD, Oliveira AB, Foster JE (1998) Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (H.). *Journal of Stored Product Research* 34 (4): 243-249
- Shaaya E, Ravydi, Paster N, Kostjukovsky M, Menashero M, Plotkyn S (1993). Essential oils and their components as active fumigants against several species of stored product insects and fungi. *Acta Horticulturae* 344: 131-137
- Tandorost R, Karimpour Y (2012) Evaluation of fumigant toxicity of orange peel *Citrus sinensis* essential oil against three stored product insects in laboratory condition. *Munis Entomology and Zoology* 9 (7): 352-363
- Usanmaz Bozhüyük A, Kordalı Ş, Kesdek M (2020) Toxicities of different essential oils to *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae) and *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Bruchidae) adults. *Turkish Journal of Entomology* 44 (1): 39-47
- Ünal S, Akkuzu E (2009) Larvacidal effects of azadirachtin on the pine processionary moth. *African Journal of Biotechnology* 8 (19): 5128-5131
- Yang FL, Liang GW, Xu YJ, Lu YY, Zeng L (2010) Diatomaceous earth enhances the toxicity of garlic, *Allium sativum*, essential oil against stored-product pests. *Journal of Stored Products Research* 46: 118-123
- Yıldırım E, Kesdek M, Kordalı Ş (2005) Effects of essential oil of three plant species on *Tribolium confusum* du Val and *Sitophilus granarius* (L.) (Col.: Tenebrionidae and Curculionidae). *Fresenius Environmental Bulletin* 14 (7): 574-578
- Yıldırım E, Kordalı Ş, Yazıcı G (2011) Insecticidal effects of essential oils of eleven plant species from Lamiaceae on *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Romanian Biotechnological Letters* 16 (6): 6702-6709

Kent peyzajının yeşil altyapı yaklaşımı ile değerlendirilmesi: Çankaya / Ankara örneği

Evaluation of urban landscape with green infrastructure approach: the case of Çankaya / Ankara

Muhittin Alpaslan DURU¹, Ferhat HOŞ¹, Ebru ERSOY TONYALOĞLU¹

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Aydın, Türkiye

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1097688

Sorumlu yazar / Corresponding author

Ebru ERSOY TONYALOĞLU

e-mail: ebru.ersoy@adu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

02.04.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

22.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted

22.04.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Ankara

Çankaya,

Kent Atlası

Peyzaj metrikleri

Yeşil altyapı

Keywords:

Ankara

Çankaya

Urban Atlas

Landscape metrics

Green infrastructure

Özet

Yeşil altyapı peyzaj içinde birçok fonksiyonun sağlanabilmesi için stratejik olarak planlanan ve yönetilen sistem bütünüdür. Bu çalışmada Ankara ili Çankaya ilçesinin kent peyzajı yeşil altyapı yaklaşımı ile incelenerek 2012-2018 yılları arasında yeşil altyapıda meydana gelen değişimler analiz edilip planlama önerileri geliştirilmiştir. Çalışmada, öncelikle yeşil altyapı bileşenlerini oluşturan tüm kentsel açık ve yeşil alanlar parça ve koridor tipolojisine göre 2012 ve 2018 yıllarına ait Copernicus Kent Atlası (Urban Atlas-UA) verileri kullanılarak tanımlanmıştır. Daha sonra ise bu alanlarda yaşanan değişimler FRAGSTATS 4.2 yazılımında sınıf düzeyinde sekiz peyzaj metriği ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak, yeşil altyapı bileşenlerinin konut, sanayi ve taş ocakları gibi kültürel alanlar tarafından baskılandığı ve tahribata uğradığı belirlenmiştir. Bu kapsamda yeşil altyapı bileşenleri üzerindeki tahribat ile birlikte meydana gelen parçalanmanın önüne geçilebilmek amacıyla yol ağaştırılması ve refüj bitkilendirilmesi gibi yeşil altyapı bileşenlerinin birbirleriyle bağlantıları sağlayabileceği ve mevcut açık ve yeşil alan miktarının artırılmasına/iyileştirilmesine katkıda bulunabilecek önerilerde bulunulmuştur.

Abstract

Green infrastructure refers to the system that is strategically planned and managed to provide many functions within the landscape. In this study, the urban landscape of Çankaya district in Ankara province was examined within the scope of the green infrastructure approach, and the changes in the green infrastructure between the years 2012-2018 were analyzed and planning proposals were developed. Initially, all types of urban open and green areas that make up the green infrastructure components were defined according to the patch and corridor typology using the Copernicus Urban Atlas (UA) data of the years 2012 and 2018, and then the changes in these areas were defined and analyzed using 8 class level landscape metrics in FRAGSTATS 4.2 software. As a result, it has been determined that the green infrastructure components were suppressed and destroyed by building areas such as housing, industry and quarries. In this context, in order to prevent the fragmentation that occurs with the destruction on the green infrastructure components, suggestions have been made that the green infrastructure components such as roadside and refuge vegetation can provide connections with each other and contribute to the existing open and green space.

GİRİŞ

Kentlerde meydana gelen kontrolsüz nüfus artışı ile birlikte yaşanan çevresel baskıların ve kirliliğin ekolojik denge üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaları, beraberinde birden fazla sorunun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Günümüzde karşımıza çıkan küresel ısınma ve iklim değişikliğiyle birlikte hemen hemen her çevre sorunu kentleşme ile ilişkilendirilebilmektedir (Alberti 2005). Bunun yanı sıra, kentsel alanların artışı ve kentleşme sürecinin hızlanması ile birlikte, insanların doğa ile bağlantısı kopmakta, bu durum ise, kentsel alanlarda açık ve yeşil alanların önemini arttırmaktadır. Bu kapsamda açık ve yeşil alanlar kentlerde doğal, kültürel ve sosyal birçok sorunun çözülmesi noktasında önemli işlevlere sahiptir. Kent dokusunun en önemli

bileşenlerinden birisini oluşturan açık alanlar, mimari yapıların ve ulaşım alanlarının dışındaki açıklıklar ile diğer bütün boş alanları ifade etmektedir. Yeşil alanlar ise açık alanların bitkisel elemanlar ile kaplanmış veya diğer yapısal elemanlarla kombine edilmiş olan alanları ifade etmektedir (Gül ve Küçük 2001).

Özellikle 19. yüzyılın başlarında, kentsel alanlar ve kent-kır arasında bağlantılı sistemlerin büyük önem taşıdığından edilmesi ile kentsel alanlarda çeşitli stratejiler geliştirilmeye başlanmıştır (Ahern 2004). Bu kapsamda özellikle kentsel alanlarda birbiri ile bağlantılı açık ve yeşil alan sistemleriyle ilgili olarak dünya çapında farklı planlama yaklaşımları geliştirilmiştir (yeşil yollar, yeşil kuşaklar ve ekolojik ağlar gibi) (Ersoy 2015, Ersoy 2016). 21. yüzyılda ise peyzaj planlama uygulamaları,

sürdürülebilirlik ve çok işlevliliğin anahtar kavramlar olarak kabul edildiği daha entelektüel bir uygulamaya dönüşmeye başlamıştır (Selman 2006). Bu bağlamda yeşil altyapı yaklaşımı; biyoçeşitlilik, doğa ve insanların yararı temelinde ortaya çıkan ve önceki planlama yaklaşımlarına dayanan en yeni planlama yaklaşımı olarak karşımıza çıkmaktadır (Benedict ve McMahon 2006). Çok geniş kapsamda farklı işlevlere sahip açık ve yeşil alanların sistematik bir biçimde planlanması ilkesine dayanan yeşil altyapı yaklaşımı da günümüzde çeşitli biçimlerde tanımlanmaktadır. Yeşil altyapı çok genel bir tanımla; doğal hayatın ve doğal sistemlerin desteklenmesine yardımcı olan önemli planlama yaklaşımlarından birisi olmasının yanı sıra; ekolojik işlevler ve kültürel değerlerin bir bütün olarak bir araya gelmesini sağlayan ve bütünleşmelerine destek olan sistemler olarak tanımlanmaktadır (Wilker ve ark. 2016). Diğer bir tanıma göre ise yeşil altyapı doğal ekosistemlerin fonksiyonlarının korunması ve bölge halkının da yararlanabilmesi için stratejik olarak planlanarak yönetilmekte olan doğal (Örneğin: ormanlar, sulak alanlar, su yolları ve yaban yaşamı habitatları), yarı-doğal (Örneğin: parklar ve yeşil koridorlar), kamu ve özel mülkiyete ait (Örneğin: tarım alanları, işletme ormanları ve çiftlikler) ve dış mekân rekreasyon alanlarının bir araya gelerek oluşturduğu ağı ifade etmektedir (Tuna 2021).

Yeşil altyapıya ilişkin farklı tanımlar incelendiğinde, hepsinin merkezinde ağlar şeklinde kurgulanmış bağlantılı, çok işlevli yeşil alanlar olduğu görülmektedir. Burada çok işlevlilik bir peyzajın yaban hayatı ve insanlar için çeşitli zamansal ve mekânsal ölçeklerde birden fazla fayda ve işlev sunabilme kabiliyetini ifade etmektedir. Bununla birlikte, her ne kadar yeşil alan kavramı üzerinde durulsa da yeşil altyapı sistemleri mavi altyapı olarak da bilinen nehir ağları, diğer su öğeleri ve kıyı alanlarını da bünyesinde barındırmaktadır (Benedict ve McMahon 2006). Tüm bu açılardan değerlendirildiğinde yeşil altyapı yaklaşımının planlanması ve yönetiminde, birden fazla işlev/fayda/hizmet sunma, insanların gereksinimlerini karşılama ve peyzajların mekânsal karakterini ve kalitesini artırma kapasitesi hesaba katılmalıdır. Yeşil altyapı kavramı, kentlerde açık ve yeşil alanların stratejik olarak konumlandırıldığı kapsamlı bir planlama yaklaşımıdır. Stratejik olarak planlanan yeşil altyapı sistemleri kentsel alanlarda temiz hava ve su sağlanması, erozyonun önlenmesi ve toprağın korunması, yağmur suyu depolama ve efektif kullanımının sağlanması, sel-taşkın risklerinin ve kentsel ısı adası etkisinin önlenmesi, karbon salınımının azaltılması, karbon tutulumunun/depolanmasının arttırılması, çeşitli türler için habitat oluşturarak ve ekolojik koridorlar/ağlar aracılığıyla biyoçeşitliliğin desteklenmesi ile çeşitli rekreasyonel aktiviteler

aracılığıyla bireylerin ruhsal ve fiziksel sağlığının desteklenmesi gibi pek çok işlevi üstlendiği günümüzde bilinen bir gerçektir (Benedict ve McMahon 2006, Tonyaloğlu 2019, Ersoy ve ark. 2019, Çağlayan ve ark. 2020, Aksoy ve Acar 2021).

Yeşil altyapı sistemlerinin planlanmasında dikkate alınan temel ilkeler arasında; doğanın korunması ve ekonomik açıdan kalkınma sağlanabilmesi; kentsel, kırsal ve doğal alanlar arasında farklı ölçeklerde fiziksel ve işlevsel bağlantıların kurulması; alan kullanım planları temelinde yeşil altyapı planlarının hazırlanması ve gerekli finansal desteğin sağlanması; mülkiyet sahipleriyle birlikte ilgili tüm kurum, kuruluş ve diğer paydaşların ihtiyaçları göz önünde bulundurulması yer almaktadır (Benedict ve McMahon 2006). Diğer yandan peyzaj yapısının analiz edilmesi peyzajı meydana getiren unsurların birbirleri ile bağlantılarını açıklayabilmek açısından oldukça önemlidir. Peyzaj yapısı ile fonksiyonunun birbirleriyle ilişkilerinin ortaya konulması, planlanan etkinliklerin ekolojik sistem üzerinde oluşturabileceği etkilerin saptanmasında ve bu yönde planlama kararlarında değişikliğe gidilmesinde önemli bir yeri bulunmaktadır (Botequilha-Leitao ve ark. 2016, Atak 2020, Kurtşan ve Nurlu 2020). Günümüzde peyzaj yapısı analizlerinin sonuçları yeşil altyapı planlarının altlıklarını oluşturan en önemli altlıklardan birisi olarak değerlendirilmektedir (Hepcan ve Hepcan 2018). Peyzaj metrikleri aracılığıyla mekânsal verilerin sayısal olarak ifade edilebilmesi ve yorumlanabilmesi, peyzaj ekolojisinin temel ilke ve prensiplerinin planlama sürecine dahil edebilmesi açısından önemli role sahiptir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz kentlerinde de ekolojik dengenin sağlanması ve kent insanının yaşam standartları ile yaşam kalitelerinin yükseltilebilmesi için stratejik olarak planlanmış açık ve yeşil alan sistemlerine (yeşil altyapı) ihtiyaç duyulmaktadır. Bunu sağlayabilmek açısından kentler ile yakın çevrelerinde bulunan mevcut açık ve yeşil alan bileşenlerinin peyzaj yapısının ve zaman içinde geçirdiği değişimin analiz edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda bu çalışmada, örnek çalışma alanı olarak seçilen nüfus yoğunluğunun ve kentsel yapılaşmanın yoğun olduğu Ankara ili, Çankaya ilçesinde yeşil altyapı yaklaşımı ile ekoloji tabanlı bir değerlendirme yapılarak, alınacak planlama kararlarına altlık oluşturulması ve yeşil altyapı kapsamında öneriler geliştirilmesi amaçlanmıştır. Buna bağlı olarak Ankara ili Çankaya ilçesinde, kent peyzajının yeşil altyapı yaklaşımıyla irdelenerek 2012-2018 yılları arasında peyzaj yapı ve işlevlerinde meydana gelen değişimin peyzaj metrikleri ile incelenerek elde edilen sonuçlar ışığında planlama önerileri sunulmuştur.

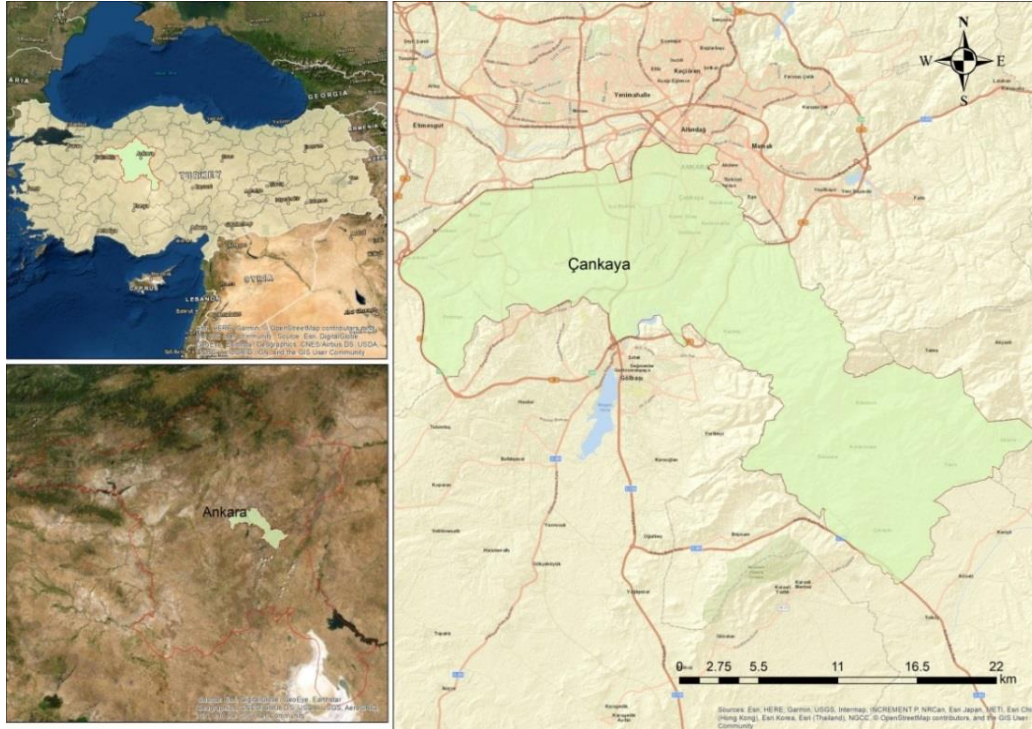
MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırmanın ana materyali örnek çalışma alanı olarak seçilen Ankara ili Çankaya ilçesi, Copernicus internet sayfasından ücretsiz olarak temin edilen çalışma alanı ait shapefile formatındaki Copernicus Kent Atlası (Urban Atlas 2012 ve 2018) verileri ile Open Street Map'den elde edilmiş olan Ankara il ve ilçe sınırı içeren verilerden oluşturmaktadır (CLMS 2021, OSM 2021). Ayrıca bu çalışmanın yürütülmesinde ve verilerin analizler için hazırlanmasında ESRI ArcGIS 10.5, yeşil altyapıya ilişkin peyzaj metriklerinin hesaplanması için FRAGSTAT v4.2.1 yazılımlarından yararlanılmıştır (McGarigal ve ark. 2012, ESRI 2016). Örnek çalışma alanı olarak Ankara ili Çankaya ilçesinin seçilmesinin altında yatan temel neden, nüfus yoğunluğu bakımından Ankara ilinin en yoğun ilçelerden birisi olmasıdır. Ankara ili Çankaya ilçesi 39° 52' 12" Kuzey ile 32° 49' 36" Doğu koordinatlarında yer almaktadır (Şekil 1).

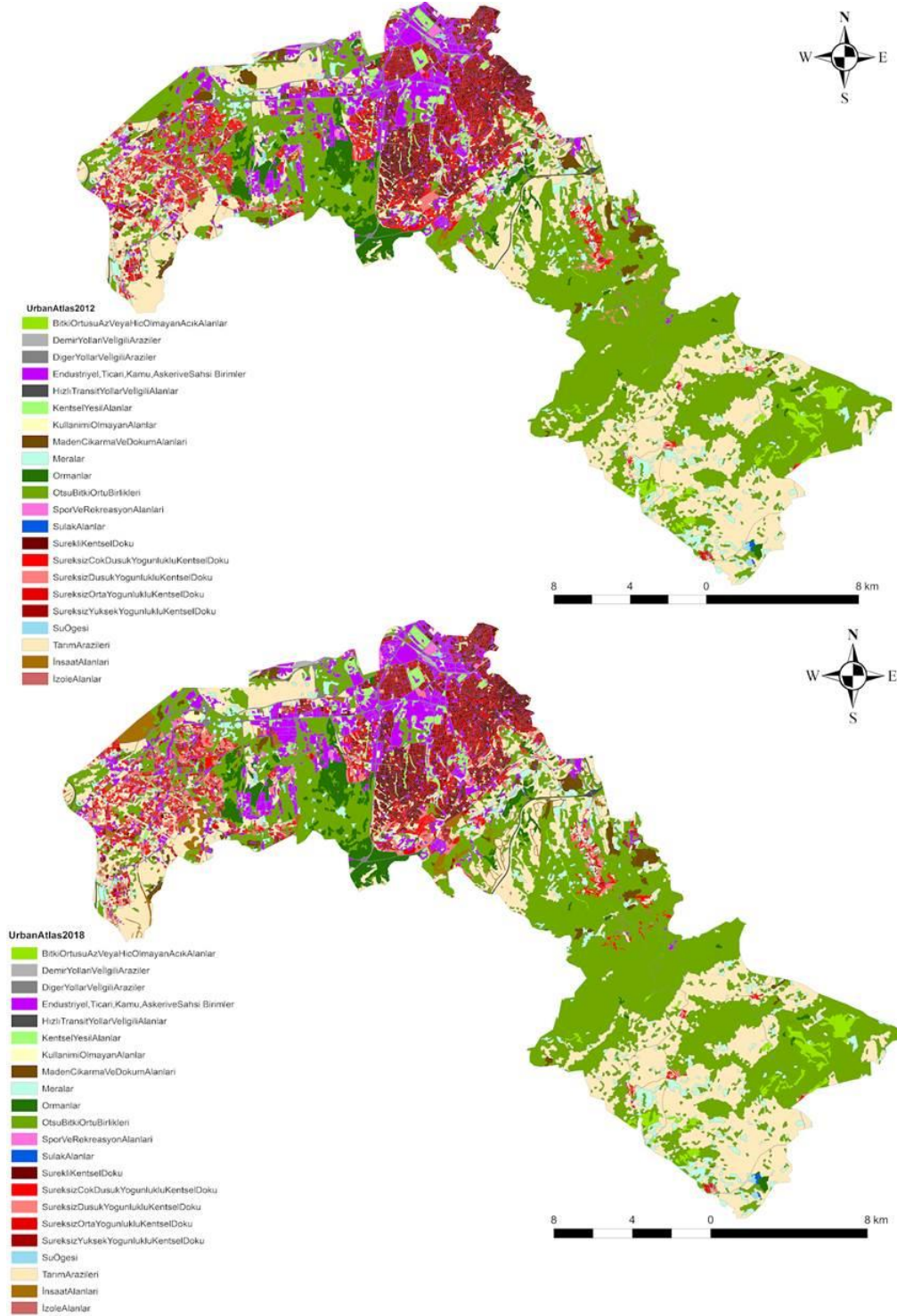
Yeşil altyapı bileşenlerinin tanımlanmasında ve yıllara göre yeşil altyapı bileşenlerinde meydana gelen değişimin saptanmasında Kent Atlası verisinden yararlanılmıştır. Kent Atlası yüksek çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının altlık olarak kullanıldığı, nüfusu

100000'i aşan kentlere ait alan kullanım yapısını detaylı biçimde sunan bir veritabanı olarak değerlendirilmektedir. Kent Atlası Avrupa kentlerinde alan kullanımlarının analiz edilmesi ve karşılaştırılabilmesi ile farklı alan kullanımlarına ilişkin daha güvenilir politikaların oluşturulabilmesi için gerekli verilerin sağlanabilmesi amacıyla tasarlanmıştır (Ekinci 2017). Open Street Map veri tabanından elde edilen Çankaya ilçe sınırlarına göre her iki tarihe ait Kent Atlası verilerinin sınırları düzenlenmiştir (Şekil 2).

2012 ve 2018 yıllarına ait Kent Atlası alan kullanım sınıfları, ArcGIS 10.5 yazılımı yardımıyla yeşil altyapı bileşenlerini tanımlayacak şekilde yeniden sınıflandırılmıştır (Hepcan ve Hepcan 2018). Tüm yapay yüzeyler 2012 tarihli Kent Atlası (UA2012) ve 2018 tarihli Kent Atlası (UA2018) verilerinden ayıklanarak yeşil altyapı bileşenleri tanımlanmıştır (Hepcan ve Hepcan 2018). Daha sonra yeşil altyapı bileşenlerinin koridor ve parça (yama) olarak atanabilmesi için önceki aşamada tanımlanan yeşil altyapı bileşenleri ArcGIS 10.7 aracılığı ile vektör formatlı shapefile dosyasından 5 m mekânsal çözünürlüğe sahip raster veri formatına dönüştürülmüştür (Şekil 3).



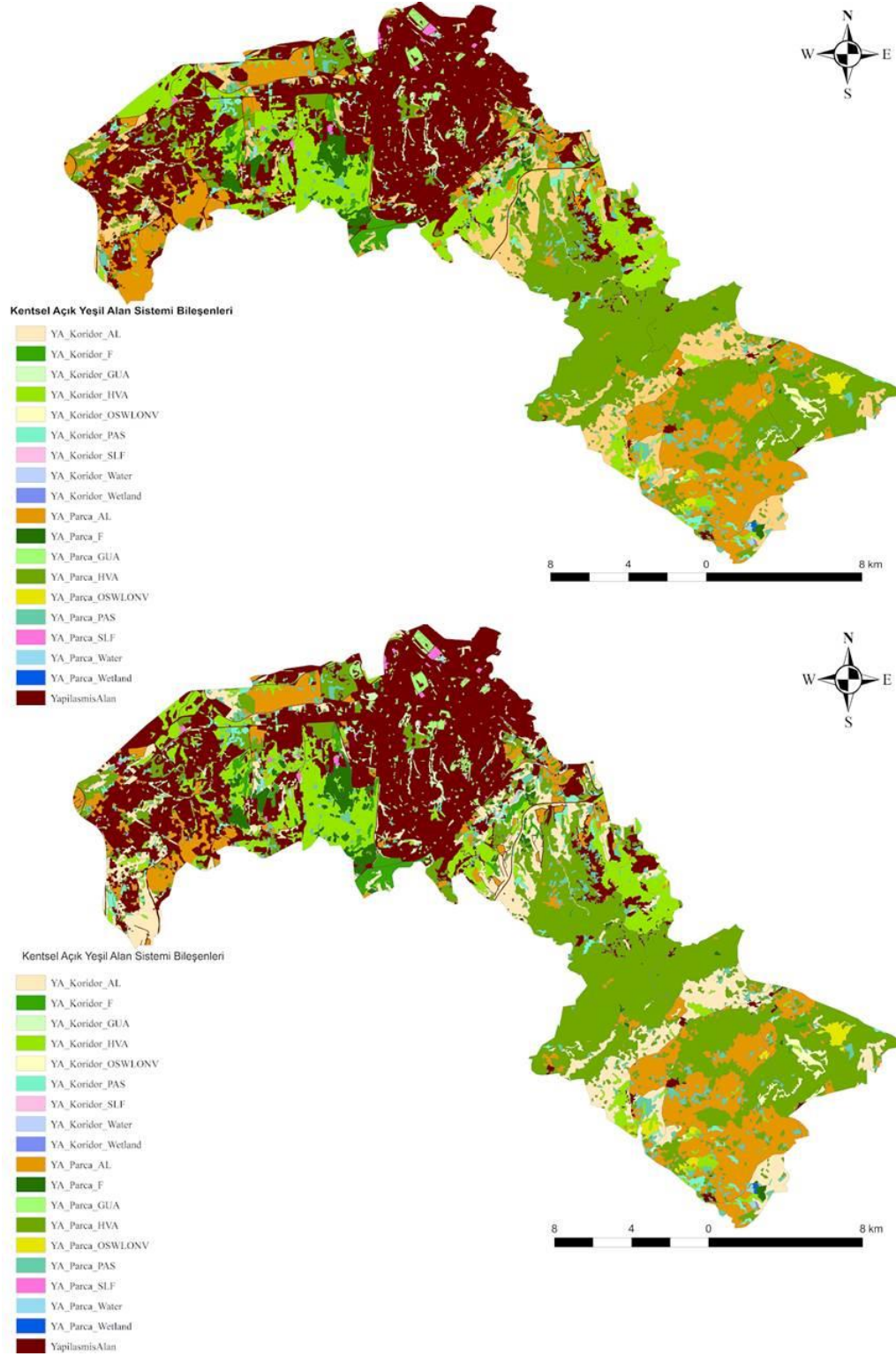
Şekil 1. Çalışma alanı



Şekil 2. 2012 ve 2018 yıllarına ait Kent Atlası haritaları

FRAGSTAT v4.2.1 yazılımı kullanılarak parça ve koridorları belirlemek için Related Circumscribing Circle (CIRCLE) isimli dairesellik indeksi kullanılmıştır. Dairesellik indeksi dar ve ince uzun olan yamaların tanımlanmasında kullanılan bir peyzaj metriğidir. Bu metriğin değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir ve 0 değeri tam daire şekilli yamaları gösterirken, 1'e yakın değerler ise parçaların uzun ve dar şekilde olduğunu ifade etmektedir (Tağıl ve

ark. 2016). Bu çalışmada 0.7 değeri baz alınarak yeşil altyapı bileşenleri parça ve koridor olarak tanımlanmıştır. 0.7 değerinin altında kalan bileşenler parça, üzerinde kalan bileşenler ise koridor olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında 2012 ve 2018 yılları için yeşil altyapı bileşenlerini oluşturan açık ve yeşil alanlar, parça ve koridor tipolojisine ait olarak tarım arazisi, ormanlar, kentsel yeşil alanlar, otsu bitki örtü



Şekil 3. 2012 ve 2018 yıllarına ait parça ve koridor tipolojisi

birlikleri, bitki örtüsü az olan veya hiç olmayan açık alanlar, meralar, spor ve rekreasyon alanları, su, sulak alanlar olarak sınıflandırılmıştır. Yeşil altyapı bileşenlerine ilişkin açıklamalar Çizelge 1’de verilmiştir.

Elde edilen raster verilerin üzerinde FRAGSTAT v4.2.1 aracılığı ile peyzaj metrikleri analiz edilmiştir. Sınıf alanı

(CA), parça sayısı (NP), peyzajın oranı (PLAND), peyzaj şekil indeksi (LSI), ortalama parça büyüklüğü (AREA_MN), yakınlık indeksi (PROX_AM), süreklilik indeksi (GYRATE_AM), mesafe indeksi (ENN_AM) olmak üzere sekiz adet peyzaj metriğinden faydalanılmıştır (Ersoy 2015).

Çizelge 1. Yeşil Altyapı Bileşenleri, Tipolojileri ve Açıklamaları (Hepcan ve Hepcan, 2018'e göre)

Yeşil Altyapı Bileşeni ve Tipolojisi	Açıklama
YA_Koridor_AI	Tarım arazileri koridoru
Ya_Koridor_F	Orman koridoru
Ya_Koridor_GUA	Kentsel yeşil alanlar koridoru
Ya_Koridor_HVA	Otsu bitki örtü birlikleri koridoru
Ya_Koridor_OSWL /OSWLONV	Bitki örtüsü az veya hiç olmayan açık alanlar koridoru
Ya_Koridor_PAS	Mera koridoru
Ya_Koridor_SLF	Spor ve rekreasyon alanları koridoru
Ya_Koridor_Water	Su öğeleri koridoru
Ya_Koridor_Wetlands	Sulak alanlar koridoru
Ya_Parca_AI	Tarım arazilerine ait parça
Ya_Parca_F	Ormanlara ait parça
Ya_Parca_GUA	Kentsel yeşil alanlara ait parça
Ya_Parca_HVA	Otsu bitki örtü birliklerine ait parça
Ya_Parca_OSWL	Bitki örtüsü az veya hiç olmayan açık alanlara ait parça
Ya_Parca_PAS	Meralara ait parça
Ya_Parca_SLF	Spor ve rekreasyon alanlarına ait parça
Ya_Parca_Water	Su öğelerine ait parça
Ya_Parca_Wetlands	Sulak alanlara ait parça
YapilasmisAlan	Yapay yüzeyler

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada tanımlanan yeşil altyapı bileşenleri üzerinden 2012 ve 2018 yılları için gerçekleştirilen FRAGSTAT v4.2.1 peyzaj metriklerine ilişkin bulgular ve sonuçlar aşağıda sunulmuştur (Çizelge 2 ve 3). 2018 yılı peyzaj metrik sonuçlarına göre, Çankaya ilçesinde gelişmekte olan konut ve sanayi alanlarının oluşturduğu yapay yüzeyler 134.2 km² büyüklükte bir alana sahip olmakla birlikte kentsel gelişim alanının da % 30.7' sini oluşturmaktadır.

Tarım arazisi, ormanlar, kentsel yeşil alanlar, otsu bitki örtü birlikleri parça tipolojileri arasında en baskın arazi örtüsünü meydana getirmekte ve 112.3 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. 2012-2018 yılları arasında otsu bitki örtü birlikleri üzerindeki meydana gelen parçalanmayı, bağlantılılığındaki ve sürekliliğindeki azalma ve parça büyüklüğündeki artış ile gözlemek mümkündür. Koridor tipolojileri arasında yine otsu bitki örtü birlikleri 42.8 km² bir alanı kapsamaktadır. 2012-2018 yılları arasında otsu bitki örtü birliklerinde azalma ve parçalanmalar meydana gelmiştir (NP=156'dan 180'e çıkmış, PLAND=%11'den %9'a düşmüş). Meydana gelen bu kaybın sebebi yapay yüzeylerin baskısıdır. Ayrıca otsu bitki örtü birliklerinin zaman içerisindeki parça

büyükliğinde ve mekânsal bağlantılılığında da düşüş gözlemlenmiştir.

Tarım arazileri parça tipolojileri arasında büyüklük olarak ikinci sırada yer alarak 53.86 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. 2012 yılında tarımsal araziler alanın %13.5' ini kaplarken bu değer 2018 yılına gelindiğinde %12.3'e kadar gerilemiştir. 2012 yılında 256 olan parça sayısı 2018 yılına gelindiğinde 274 değerine ulaşmıştır. Tarımsal alanlardaki peyzajın oranında düşüş ve parça büyüklüğünde artış gözlemlenmektedir. Meydana gelen bu durum tarımsal alanların sürekliliğinde azalmaya sebep olmuştur. Bu kaybın başlıca sebepleri arasında tarım arazileri üzerindeki yapılaşma kaynaklı olduğu gözlemlenmektedir. Koridor tipolojileri arasında ise tarımsal araziler 45.6 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. 2012 yılında koridor tipolojilerine göre 186 parçaya sahip iken 2018 yılına gelindiğinde bu değer 200'e ulaşmıştır. Ancak bu alanların tarımsal üretim dışında kentte yaşayan nüfusa çeşitli rekreasyonel olanaklar sağladığı, farklı hayvan türleri için yaşam alanı oluşturduğu ve sürdürülebilir kent yaşamını desteklediği bilinmektedir (Hepcan ve Hepcan 2018). Bu nedenle Ankara ili Çankaya ilçesi örneğinde azalma ve parçalanma eğiliminde olan tarım alanlarının korunması ve geliştirilmesi gerekmektedir.

Ormanlar parça tipolojileri arasında 8.1 km², koridor tipolojileri arasında ise 5.8 km² alanı kapsamaktadır. 2012 yılında parça tipolojisine göre ormanlar 57 parçaya sahipken 2018 yılına gelindiğinde parça sayısı 56'ya düşmüştür. Orman varlığında az da olsa bir kaybın meydana geldiğini ve zaman içerisinde parça sayısı ile büyüklüğündeki azalışı gözlemek mümkündür. Çankaya ilinde mevcut ormanların genel peyzaj içinde az miktarda olmasına karşın, bu alanlar sel-taşkın önleme, karbon tutumu açısından Çankaya ilçesine en yüksek faydayı sağlayan alanları oluşturmaktadır (Çağlayan ve ark. 2020). Bu nedenle bu alanlardaki kayıpların önlenmesi hem yeşil altyapının desteklenmesi ve korunması hem de bahsi geçen ekosistem hizmetlerinin sürekliliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Açık ve yeşil alanlar içinde bulunduğu kentin topoğrafik, jeomorfolojik ve iklim koşulları, politik ve mimari yapısı ile o kentte yaşayan insanların sosyal, kültürel ve ekonomik yapısı üzerinde önemli etkilere sahiptir (Gül ve Küçük 2001). Ankara ili Çankaya örneğinde ise parça tipolojisine göre kentsel yeşil alanlar 5 km² alanı kapsamaktadır. Kentsel yeşil alanlar 2012 yılında alanın %1.03'ünü kaplarken 2018 yılına gelindiğinde %1.16'sını kaplamaktadır. 2012 yılında 253 olan parça sayısı 2018

Çizelge 2. 2012 yılı peyzaj metrikleri sonuçları

TYPE	CA	PLAND	LSI	NP	AREA_MN	PROX_AM	GYRATE_AM	ENN_AM
Yapılaşmış Alan	12515.50	28.65	37.87	2647	4.73	3716.42	5695.98	24.01
YA_Parca_GUA	450.98	1.03	20.88	253	1.78	60.64	151.96	176.80
YA_Koridor_AL	4430.39	10.14	27.08	186	23.82	624.95	913.39	116.65
YA_Koridor_GUA	334.66	0.77	22.15	124	2.70	44.53	173.31	250.63
YA_Parca_SLF	138.79	0.32	9.26	66	2.10	0.72	109.42	552.27
YA_Parca_HVA	11204.40	25.83	22.97	338	33.15	586.98	2789.23	49.62
YA_Koridor_HVA	4811.31	11.01	23.42	156	30.84	4427.10	1091.64	81.41
YA_Koridor_PAS	614.24	1.41	19.22	117	5.25	8.40	195.29	594.73
YA_Parca_AL	5906.45	13.52	22.38	256	23.07	468.91	1231.88	70.76
YA_Parca_Water	43.55	0.10	4.13	9	4.84	0.56	113.28	1617.47
YA_Parca_F	834.38	1.91	10.85	57	14.64	112.08	393.58	546.95
YA_Parca_PAS	1250.40	2.86	26.91	378	3.31	8.02	119.51	249.71
YA_Koridor_SLF	9.06	0.02	4.38	7	1.29	0.13	90.14	2182.87
YA_Koridor_F	598.36	1.37	9.84	27	22.16	476.14	462.92	405.65
YA_Koridor_Water	13.45	0.03	3.08	3	4.48	0.04	126.06	4936.71
YA_Koridor_OSWL	261.97	0.60	10.60	13	20.15	14.70	502.50	661.63
YA_Parca_OSWL	253.74	0.58	5.86	10	25.37	9.48	352.75	1490.88
YA_Parca_Wetland	9.20	0.02	1.95	1	9.20	0.00	150.07	N/A
YA_Koridor_Wetland	2.75	0.01	1.47	1	2.75	0.00	78.65	N/A

Çizelge 3. 2018 yılı peyzaj metrikleri sonuçları

TYPE	CA	PLAND	LSI	NP	AREA_MN	PROX_AM	GYRATE_AM	ENN_AM
Yapılaşmış Alan	13422.87	30.73	38.86	2417	5.55	5129.48	5809.61	22.69
YA_Parca_GUA	507.19	1.16	21.43	260	1.95	53.98	158.03	190.61
YA_Koridor_AL	4565.35	10.45	28.82	200	22.83	685.52	852.81	122.53
YA_Koridor_GUA	325.76	0.75	21.79	121	2.69	37.27	174.92	289.58
YA_Parca_SLF	141.09	0.32	9.43	68	2.07	0.71	108.34	561.37
YA_Parca_HVA	11228.14	25.70	23.05	337	33.32	578.98	2768.87	49.35
YA_Koridor_HVA	4285.77	9.81	26.11	180	23.81	2187.12	935.97	104.08
YA_Koridor_PAS	604.85	1.38	19.07	117	5.17	19.49	194.76	579.50
YA_Parca_AL	5386.46	12.33	22.97	274	19.66	340.53	1207.14	84.27
YA_Parca_Water	43.55	0.10	4.13	9	4.84	0.56	113.28	1617.47
YA_Parca_PAS	1214.03	2.78	26.69	369	3.29	7.95	117.68	262.70
YA_Koridor_SLF	9.07	0.02	4.38	7	1.30	0.13	90.10	2187.53
YA_Parca_F	818.99	1.87	10.74	56	14.62	114.12	395.49	564.37
YA_Koridor_F	589.34	1.35	9.72	26	22.67	483.42	464.00	382.42
YA_Koridor_Water	13.45	0.03	3.08	3	4.48	0.04	126.06	4936.71
YA_Koridor_Water	13.46	0.03	3.08	3	4.49	0.04	126.06	4933.43
YA_Koridor_OSWL	261.97	0.60	10.60	13	20.15	14.70	502.50	661.63
YA_Parca_OSWL	253.74	0.58	5.86	10	25.37	9.48	352.75	1490.88
YA_Parca_Wetland	9.20	0.02	1.95	1	9.20	0.00	150.07	N/A

yılına gelindiğinde 260 değerine ulaşmıştır. Meydana gelen parça sayısındaki artış ile büyüklüğündeki artışı gözlemlemek de mümkündür. Koridor tipolojilerine göre kentsel yeşil alanlar 3.2 km² alanı kapsamaktadır. 2012 yılında 124 olan parça sayısı 2018 yılına gelindiğinde 121 değerine gerilemiştir. Ayrıca parça büyüklüğünde artış meydana gelmiş, sürekliliği azalmıştır. Kent içinde düzensiz bir dağılıma sahip olan kentsel yeşil alanlar üzerindeki süreklilik azalmıştır. Kentsel yeşil alanlar incelendiğinde küçükte olsa bir parçalanmanın meydana geldiği koridorların azalarak parçaların arttığı bir yapıyı gözlemlemek mümkündür.

Parça tipolojileri arasında meralar 12.1 km² alanı kapsamaktadır. 2012 yılında meralar 378 parçaya sahip

iken bu değer 2018 yılına gelindiğinde 369 değerine gerilemiştir. Parça büyüklüğü ve sürekliliğin de azalma meydana gelmiştir. Koridor tipolojileri arasında meralar 6 km² alanı kapsamaktadır. Meraların parça büyüklüğünde azalma meydana gelmiş, sürekliliği artmıştır. Meralar zaman içerisinde parça sayısındaki azalış ile birlikte kayıplara uğramaktadır. 2012-2018 yılları arasında parça tipolojileri arasında su ögeleri (0.4 km²) ve sulak alanlar da herhangi bir değişiklik meydana gelmemiştir. Spor ve rekreasyon alanları ise parça tipolojileri arasında 1.4 km² ile koridor tipolojileri arasında 0.9 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Zaman içinde ise bu alan üzerinde herhangi bir değişiklik gerçekleşmeyerek mevcut varlığı korunmuştur. Parça tipolojileri arasında su ögesi 0.4 km²

alanı kapsamakta ve bu alan üzerinde de herhangi bir değişiklik meydana gelmeyerek mevcudiyetteki varlığını korumuştur. Aynı şekilde sulak alanlar üzerinde de bir değişiklik olmayarak mevcudiyetteki durumu korunmuştur.

Bu çalışma sonucunda peyzaj metriklerine ilişkin analizler Ankara ili Çankaya ilçesinde 2012-2018 yılları arasında yapay yüzeylerde artış meydana geldiğini göstermektedir. Bu artış ile birlikte dağınık ve parçalı bir yapı gösteren yeşil altyapı bileşenlerinde de bir azalma gerçekleşmiştir. Bu sonuç ülkemizde ve dünyada pek çok kentte ortak bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır (Hepcan ve Hepcan 2018). Yeşil altyapı bileşenlerinde meydana gelen kayıplar kent ekosistemi üzerinde olumsuz etkilere sebep olarak biyoçeşitlilik üzerinde de kayıplara neden olabilmektedir. Yeşil altyapı bileşenleri üzerinde gerçekleşen bu azalma ile birlikte kent ısı adası üzerinde artışlar ortaya çıkmaktadır (Tonyaloğlu 2019). Bilindiği üzere yeşil altyapı bileşenleri mikroklimayı düzenleyerek kent ortamındaki hava akımlarını ve nem oranlarını düzenleyerek ısı artışını önlemektedir. Ayrıca kirli havayı temizleyip, oksijen miktarını artırmaktadır. Toplumun aktif ve pasif rekreasyon ihtiyaçlarını karşılayabilen alanlar oluşturur ve ruhsal sağlıklarına olumlu katkılar sağlar. Dolayısıyla yeşil altyapı bileşenlerindeki kayıp, insanların refahları ve yaşam kaliteleri üzerinde olumsuz bir etki olarak yansımaktadır.

SONUÇ

Kent peyzajı içinde, nüfus hareketliliği ve teknolojik gelişmeler gibi çeşitli insan aktiviteleri doğal unsurların tahribata uğraması ve alan kullanım/arazi örtüsünün değişmesine neden olmaktadır. Bu değişimlerin incelenmesi doğadaki sürekliliği anlamak açısından önemlidir. Sürdürülebilir planlama ve yönetimin sağlanması, meydana gelebilecek sorunların öngörülebilmesini mümkün hale getirmektedir. Peyzajda, yeşil altyapı sistemlerinin en önemli bileşenlerini oluşturan doğal unsurların zarar görmesi yalnızca alan kullanım/arazi örtüsü üzerinde bir değişikliğe neden olmakla kalmaz aynı zamanda biyolojik çeşitliliği de etkileyip arazi üzerinde geri dönüşü olmayan bozulmalara sebep olarak doğal hayat ve insanlar üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilir.

Bu çalışma ile 2012-2018 yılları arasında Ankara ili Çankaya ilçesinde mevcut yeşil altyapı bileşenlerinin yapısı ve 6 yıllık süre içinde yeşil altyapı ve bileşenlerinde meydana gelen değişimlerin peyzaj metrikleri analiz edilerek öneriler geliştirilmesi amacıyla

gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında yeşil altyapıya ilişkin bileşenlerinden koridorlar halihazırda miktar bakımından yetersiz ve az düzeyde iken, 2012-2018 yılları arasında bu alanlar genelinde bir azalma söz konusudur. Çankaya ilçesinde mevcut koridorların geliştirilmesi, artırılması ve koridorlar arası bağlantıların güçlendirilmesi başta çeşitli hayvan türleri için habitat oluşturma ve peyzaj içindeki hareketlerinin desteklenmesinin yanı sıra çok işlevliliğinin sağlanması bakımından da önem taşımaktadır (Hepcan ve Hepcan 2018, Ersoy 2015, Ersoy ve ark. 2019, Atak 2020). Otsu bitki örtü birlikleri, ormanlar ve kentsel yeşil alanların konut, sanayi ve taş ocakları gibi yapay yüzeyler tarafından baskılandığı bu sebep ile koridorlar üzerinde bir kaybın meydana geldiği tespit edilmiştir. Yeşil altyapı bileşenleri üzerinde meydana gelen parçalanmaların önüne geçilebilmesi için yol ağaçlandırması ve refüj bitkilendirmesi ile koridorlar desteklenebilir (Forman 2014, Ersoy 2016). Bu şekilde koridorlar üzerinde bir destek oluşturulurken aynı zamanda çiçekli bitkiler ile biyolojik çeşitliliğe katkıda bulunulabilir. Kent içerisinde yer alan otsu bitki örtüsü her ne kadar çıplak alanlar olarak algılanıyor olsa da bir fırsat alanı olarak değerlendirilip yeni açık ve yeşil alanlar geliştirilebilir ve bu sayede Çankaya ilçesi bütününde birbirleri ile bağlantı düzeyi yüksek ve çeşitli işlevleri üstlenebilecek bir yeşil altyapı sisteminin temelleri atılabilir.

Ayrıca 2020 yılında Çankaya ilçesi için gerçekleştirilen çalışmada da vurgulandığı gibi kentsel açık ve yeşil alanlar rekreasyonel işlevlerin yanı sıra pek çok ekosistem servisinin de sağlanmasında önemli bir role sahiptir (Çağlayan ve ark. 2020). Bu nedenle yaşanan kayıplar ve fırsat alanları göz önünde bulundurularak yeşil altyapı bileşenleri güçlendirilmeli ve sağladıkları diğer ekosistem hizmetleri yönetsel çerçevede de tanınmalıdır. Yine aynı çalışmada vurgulandığı üzere Ankara ili Çankaya ilçesinde yeşil altyapı bileşenlerin önemli bir parçası olan ve ekosistem hizmetleri bakımından çeşitli faydalar sağlayan çatı bahçeleri ile dikey bahçelerin de oluşumuna destek olunmalı ve yeşil altyapı bileşenlerine dahil edilerek bir sistem dahilinde planlanmaları gerçekleştirilmelidir (Çağlayan ve ark. 2020). Son olarak, pek çok kentsel alanda olduğu gibi Çankaya ilçesinde de peyzaj yapısı bakımından tarım alanları, orman, mera alanları ve otsu bitki örtüsünün yoğunlaştığı kent çeperi, ilçenin ekosistem hizmetlerinin yoğun olarak karşılandığı alanlardır. Bu nedenle bu alanlarda mevcut açık ve yeşil alanların korunması ve geliştirilmesi yalnızca yeşil altyapı sisteminin devamlılığı açısından değil; kent halkı ile

birlikte diğer tüm canlıların sağlığı ve refahı açısından da büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Ahern J (2004) Greenways in the USA: theory, trends and prospects. Ecological Networks and Greenways, Concept, Design, Implementation, 34-55. In: Jongman RHG and Pungetti G (eds.) Ecological Networks and Greenways: Concept, Design and Implementation. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Aksoy ÖK, Acar C (2021) Ekolojik Temelli Turizm Olanakları: Perşembe-Fatsa Kıyı Kesimi Örneğinde Bir İnceleme. Ecological Perspective, 1(1), 2-14.
- Alberti M (2005) The effects of urban patterns on ecosystem function. International regional science review, 28(2), 168-192.
- Atak BK (2020) Kentsel peyzaj yapısındaki değişimlerin peyzaj metrikleri ile analizi, İzmir örneği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 57(1), 119-128.
- Atila M, Küçük V (2001) Kentsel Açık-Yeşil Alanlar ve Isparta Kenti Örneğinde İrdelenmesi. Turkish Journal of Forestry, 2(1), 27-48.
- Benedict MA, McMahon ET (2006) Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities. Island Press: Washington.
- Botequilha-Leitão A, Miller J, Ahern J, McGarigal K (2006) Measuring landscapes. Island, Washington, DC.
- CLMS (2021) Copernicus Land Monitoring Service. <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas> Erişim: 1 Mart 2021.
- Çağlayan SD, Balkız Ö, Arslantaş F, Sanalan KC, Lise Y, Zeydanlı U (2020) Şehir planlama aracı olarak ekosistem hizmetleri: Çankaya ilçesi örneği. Doğa Koruma Merkezi, 236.
- Ekinci K (2017) Şehir Atlasının (Urban Atlas) Avrupa'daki ve Türkiye'deki Durumunun İncelenmesi. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Ersoy E (2015) An integrated approach to enhancing ecological connectivity and accessibility in urban areas: A case study of Sheffield, UK. Doctoral dissertation, University of Sheffield Sheffield / UK, 394p.
- Ersoy E (2016) Landscape Ecology practices in planning: landscape connectivity and urban networks, 291-316. In: Ergen M (Ed.) Sustainable Urbanization.
- Ersoy E, Jorgensen A, Warren PH (2019) Identifying multispecies connectivity corridors and the spatial pattern of the landscape. Urban Forestry & Urban Greening, 40, 308-322.
- ESRI, I. (2016) ArcGIS Release 10.5.
- Forman RT (2014) Urban ecology: Science of cities". Cambridge University Press. England.
- Hepcan ÇÇ, Hepcan Ş (2018) Kentsel yeşil altyapı analizi: Bornova örneği. Mediterranean Agricultural Sciences, 31(1), 37-43.
- Kurtşan K, Nurlu E (2020) Tarımsal Peyzaj Değişimi Analizi: İzmir ili Bornova İlçesi Örneği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 81-89.
- McGarigal K, Cushman SA, Neel MC, Ene E (2012) FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html, 6. Erişim: 1 Haziran 2021.
- OSM (2021) Open Street Map. <https://www.openstreetmap.org/#map=6/39.031/35.252> Erişim: 5 Mart 2021.
- Selman P (2006) Planning at the landscape scale. Oxon: Routledge.
- Tağıl Ş, Görmüş S, Cengiz S (2016) Denizli'de Kentsel Yayılma, Peyzaj Deseni ve Ekolojik Süreç İlişkisi, 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016), 5-7 Ekim 2016, Adana, pp 847-858.
- Tonyaloğlu EE (2019) Kentleşmenin kentsel termal çevre üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, Efeler ve İncirliova (Aydın) örneği. Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi, 2(1), 1-13.
- Tuna A (2021) İngiltere'de Yeşil Altyapı Planlama Ve Uygulama Sürecinin Uygulama Örnekleri Üzerinden İrdelenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (21), 416-423.
- Wilker J, Rusche K, Rymsa-Fitschen C (2016) Improving participation in green infrastructure planning. Planning Practice & Research, 31(3), 229-249.

Fibonacci and Lucas numbers of some taxa naturally distributed in North East Anatolia

Kuzeydoğu Anadolu'da doğal olarak yayılış gösteren bazı taksonların Fibonacci ve Lucas sayıları

İbrahim GÖKCAN¹, Melahat ÖZCAN²

¹Artvin Coruh University, Faculty of Science and Arts, Artvin- Turkey

²Artvin Coruh University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Artvin-Turkey

Eser Bilgisi/ Article Info

Araştırma makalesi/ Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1102123

Sorumlu yazar / Corresponding author

İbrahim GÖKCAN

e-mail:gokcan@artvin.edu.tr

Geliş tarihi / Received

12.04.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

-

Kabul Tarihi / Accepted

24.04.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Keywords:

Fibonacci ve Lucas Sayıları

Altın oran

Yaprak diziliş oranı

Kuzeydoğu Anadolu Bitkileri

Anahtar kelimeler:

Fibonacci and Lucas Numbers

Golden ratio

Phyllotaxis ratio

NE Anatolian plants

Abstract

In this study, general information about obtaining Fibonacci and Lucas number sequences from the rabbit problem is given. Obtaining the golden ratio and phyllotaxis ratio with Fibonacci numbers is examined. The Fibonacci and Lucas number characteristics of plants belonging to the same species are the same all over the world. The phyllotaxis ratio of 47 plant taxa and the number of cone spirals of two pines belonging to Gymnospermae distributed in North East Anatolia were determined. 34 of 47 taxa which phyllotaxis ratio investigated are herbs and 13 ones are woody/scrubs. Three of the herbaceous plants are endemic (*Psephellus straminecephalus*(Hub.-Mor.) Wagenitz, *Tripleurospermum fissurale*(Sosn.) E.Hossain and *Chesneya elegans*Fomin) and two are rare species (*Callicephalus nitens*(M.Bieb. ex Willd.) C.A.Mey. and *Cirsium rigidum*DC.). With these studies, a literature contribution was provided to the studies in the field.

Özet

Bu çalışmada tavşan probleminden yola çıkarak Fibonacci ve Lucas sayı dizilerinin elde edilmesi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Fibonacci sayılarıyla altın oran ve yaprak diziliş oranının elde edilmesi incelendi. Aynı türe ait bitkilerin Fibonacci ve Lucas sayı özellikleri dünyanın her yerinde aynıdır. Kuzeydoğu Anadolu florasında yer alan 47 adet taksonun yaprak diziliş oranları ve iki açık tohumlu çam türünün kozalak sarmalları belirlendi. Yaprak dizilişleri incelenen 47 taksonun 34'ü otsu ve 13'ü odunsu/ çalı formundadır. Bu taksonlardan üçü endemik (*Psephellus straminecephalus*(Hub.-Mor.) Wagenitz, *Tripleurospermum fissurale*(Sosn.) E.Hossain ve *Chesneya elegans*Fomin) ve iki tanesi nadir takson (*Callicephalus nitens*(M.Bieb. ex Willd.) C.A.Mey. ve *Cirsium rigidum*DC.)'dur. Bu incelemelerle alanda yapılan çalışmalara literatür katkısı sağlanmıştır.

INTRODUCTION

Early on, mathematics was seen as a tool helping to understand the facts in some branches of science by putting them into numbers and it has developed as a science in the historical process. Many scientific events have been tried to be associated with mathematics and in this way, scientificness has been tried to be added to the events. Mathematical facts and ratios have begun to be sought in many events and phenomena that approach perfection. The sequence obtained as a result of the examination of the rabbit question in the book Liber Abaci published by Leonardo Fibonacci in 1202 and the golden ratio obtained from this sequence can be given as examples. Fibonacci numbers and ratios began to be studied intensively, especially in the 1900s. From architecture to art, from mathematics to human structure, the golden ratio has been observed in many

phenomena and events approaching perfection. Examples of these are the calculation of the equatorial circumference, the array of flowers and leaves on a branch, the array of branches in trees, and the spirals in sunflowers. The Fibonacci and Lucas number properties of objects are the same all over the world in the same species. (Alfred 1965, Verner E. Hoggatt 1969, Koshy 2001, Yentür and Cevahir Öz 2013, Şahin 2021).

Turkey is very rich country from plant diversity by means of three phytogeographical regions having different climate types, altitudes from sea level to 5100 m and various soil structures, and new taxa have been determined day by day for the Turkish flora. According to recent reports, number plant taxa was reached to approximately 12400 (Güner et al. 2012, Özhatay et al. 2019). Most of them are herbs, and woody plants are represented by more or less 650 taxa (Akkemik 2018).

34.5 % out of the total numbers are endemic to our country. In the present investigation, we aimed to determine Fibonacci and Lucas number sequences of 47 plant taxa including 32 herbs (three of them are endemic and two ones are rare species) and 13 scrubs / woody plants and evaluate the importance of these characters. In one previous study, we examined Fibonacci and Lucas number samples, leaf and branch arrangement ratios in plants growing in Artvin flora (Gökcan and Özcan 2020). This study is a continuation of our previous investigation about Fibonacci and Lucas numbers of the plants naturally growing in North East Anatolia.

MATERIAL AND METHODS

Rabbit Problem, Fibonacci and Lucas Number Sequences

Leonardo Fibonacci is an Italian mathematician. He took lessons from Muslim mathematicians in North Africa, where he went on the occasion with his father, and learned the Arabic number system. He saw the beauty of the Arabic number system, in contrast to the Roman number system used in Italy. For this reason, he wrote the book *Liber Abaci*, which includes information on arithmetic, algebra and the Arabic number system. The most important effect of this book was the transfer of the

Arabic number system to the western world. As a result of the re-examination of the book in the 19th century, a problem in the book gave rise to a truth that will be studied a lot in mathematics and science and will be associated with many scientific facts. This problem was the rabbit problem. The rabbit question in Leonardo Fibonacci's book published in 1202 can be summarized as follows:

On the first day of January, there is a pair of rabbits in the cage, and these rabbits will give birth to a pair of rabbits on the first day of each subsequent month. These pairs of baby rabbits will become adults in a month, and adult couples will be able to give birth to a new pair of rabbits a month later. How many pairs of rabbits will there be after a year if reproduction continues in this way, so that the rabbits in the cage do not die?

In the solution of the problem, the adult rabbit pairs in the cage should be represented by X , and the baby rabbit pairs by Y . In this case, the table below showing the adult and baby pairs according to the months can be given. In addition, let the number of adult rabbit pairs be denoted by X_n , the number of baby rabbit pairs by Y_n , and the total number of rabbit pairs in the relevant month by Z_n , where n is the number of the month.

Table 1. Numbers and distribution of couples according to months

Date	Couples	X_n	Y_n	$Z_n = X_n + Y_n$
1 January	X	1	0	1
1 February	XY	1	1	2
1 March	XYX	2	1	3
1 April	$XYXXY$	3	2	5
1 May	$XYXXYXYX$	5	3	8
1 June	$XYXXYXYXXY$	8	5	13
1 July	$XYXXYXYXXYXYXXYXYX$	13	8	21
1 August	$XYXXYXYXXYXYXXYXYXXYXYXXYXYX$	21	13	34

Some conclusions are obtained from Table 1:

Each of the columns X_n, Y_n and Z_n in Table 1 creates a sequence. If the terms of the sequence are examined, it is seen that the sum of the consecutive terms gives the next term. Recurrence relation $X_n = X_{n-1} + X_{n-2}$

defined to identify other terms of sequence for $n \geq 3$, with initial conditions $X_1 = 1$ and $X_2 = 1$. Value of X_n for n^{th} month is equal to value of Y_n for $(n + 1)^{th}$ month. In other words, $X_n = Y_{n+1}$. The sum of X_n and Y_n for n^{th} month is equal to X_n for $(n + 1)^{th}$ month. Then, $X_n +$

$Y_n = X_{n+1}$. $X_{n-1} = Y_n$ is obtained from $X_n = Y_{n+1}$. So, recurrence relation $X_{n-1} + X_n = X_{n+1}$ is obtained.

Let n^{th} term of Fibonacci sequence denoted by F_n for $n \geq 1$ with initial conditions $F_1 = 1$ and $F_2 = 1$. This sequence corresponds to sequence X_n in Table 1. Therefore, recurrence relation $F_{n-1} + F_n = F_{n+1}$ can be defined. Some terms of Fibonacci sequences can be given as follows.

$$F_1 = 1, F_2 = 1, F_3 = 2, F_4 = 3, F_5 = 5, F_6 = 8,$$

$$F_7 = 13, F_8 = 21, F_9 = 34, F_{10} = 55$$

The Fibonacci name for the sequence was given by the French mathematician Lucas because the terms of the sequence were derived from a problem in the book Liber Abaci (Verner E Hoggatt 1969, Koshy 2001).

For more information, (Alfred 1965) can be given as references.

Recurrence relation $F_{n-1} + F_n = F_{n+1}$ can be written in the quadratic form as $\alpha^{n+1} = \alpha^n + \alpha^{n-1}$. Then, $\alpha^2 - \alpha - 1 = 0$ for $n = 1$. The roots of quadratic equation are found as $\alpha_1 = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$, $\alpha_2 = \frac{1-\sqrt{5}}{2}$.

Lucas number sequence is defined by using $L_n = F_{n+1} + F_{n-1}$ by Lucas. Some terms of Lucas number sequence can be obtained as follows:

$$L_1 = F_2 + F_0 = 1 + 0 = 1, L_2 = F_3 + F_1 = 2 + 1 = 3,$$

$$L_3 = F_4 + F_2 = 3 + 1 = 4, L_4 = F_5 + F_3 = 5 + 2 = 7,$$

$$L_5 = F_6 + F_4 = 8 + 3 = 11$$

In other words, Lucas number sequence can be obtained by using recurrence relation $L_{n+1} = L_n + L_{n-1}$ with initial conditions $L_1 = 1$ and $L_2 = 3$.

Golden Ratio

After the discovery of the Fibonacci sequence, many scientific facts were associated with this sequence and its terms. One of the terms obtained with the terms of this sequence is the golden ratio. There is a golden ratio in

nature and in the construction of many structures that have fascinated humanity from past to present.

There are many methods for obtaining the golden ratio. One of them is the obtained with the terms of the Fibonacci sequence. The golden ratio is the ratio of the elements of the consecutive Fibonacci sequence from the largest to the smallest at infinity.

$$\frac{F_2}{F_1} = 1, \frac{F_3}{F_2} = 2, \frac{F_4}{F_3} = \frac{3}{2} = 1.5, \frac{F_5}{F_4} = \frac{5}{3} = 1.666 \dots,$$

$$\frac{F_6}{F_5} = \frac{8}{5} = 1.6, \frac{F_7}{F_6} = \frac{13}{8} = 1.625, \dots$$

For $n \rightarrow \infty$, $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_{n+1}}{F_n} \cong 1.618 \dots$ golden ratio is obtained.

Fibonacci and Lucas Numbers in Plants

How many branches will be on a tree, which branch will vegetate from where, how many leaves will be on the branch and the order of these leaves on the branch, the positions and shapes of the flowers blooming on the branch are formed according to a rule determined by miraculous measures.

Each plant has a unique branching and leaf array. Plants of the same species in different parts of the world show similar characteristics. Plants can be classified based on these characteristics.

Array shapes differ according to the plant species, either circular or spiral. In these arrays, one leaf is positioned in such a way that it does not shade the sunlight of the other, and there is a certain mathematical ratio in the array of the leaves on the branch.

The first two leaves on a tree branch vegetate at an angle of 180° to each other. The third leaf vegetates from the right of the first two leaves by making an angle. From here, four leaves vegetate at an angle of 90° to each other.

The number of turns and leaf numbers in plants, starting from one leaf and reaching the same directional leaf, gives the Fibonacci numbers. For example, there are 2 leaves in one turn in blackwood and linden ($F_2 =$

1, $F_3 = 2$), 3 leaves in one turn on beech ($F_2 = 1, F_4 = 3$), 5 leaves in 2 turns on an apple tree ($F_3 = 2, F_5 = 5$) and 13 leaves in 5 turns in larch ($F_5 = 5, F_7 = 13$). If the ratio in the leaf array is taken as $\frac{\text{Number of Turns}}{\text{Number of Leaves}}$, it becomes $\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$ for blackwood and linden, $\frac{F_2}{F_4} = \frac{1}{3}$ for beech, $\frac{F_3}{F_5} = \frac{2}{5}$ for apple tree and $\frac{F_5}{F_7} = \frac{5}{13}$ for larch.

Plant Collection

Plant samples used in this investigation were obtained from naturally distributed habitats in North East Anatolia (Figures 1-3). The taxa are arranged in alphabetical order according to family names and their collections data are listed in Table 2 and 3. Local names of plants were obtained from Güner et al. (2012). Specimens were identified by Prof. Dr. Melahat ÖZCAN according to Davis (1965-1982), dried according to standard herbarium

techniques and deposited in Artvin Coruh University Herbarium (ARTH).

RESULTS AND DISCUSSION

This research includes the findings obtained from the studies carried out by expanding the sample of our previous research (Gökcan and Özcan 2020) to the flora of North East Anatolia. These findings provided the opportunity to extend our previous results. The study is a continuation of the previous research on the compatibility with Fibonacci sequences and ratios of endemic plants in the Artvin flora. Other plant specimens in the North East flora were included in the research, and it was determined that these plants were formed in accordance with the Fibonacci sequence and ratios.

Table 2. Phyllotaxis ratios in some North East Anatolian taxa. + rare species, *: endemic species

Family	Taxon	Local name	Circle number/ leaf number
Astrecaceae	<i>Achillea biserrata</i> M. Bieb.	Aksırıkotu	$\frac{F_5}{F_6} = \frac{5}{8}$
	<i>Achillea arabica</i> Kotschy	Hanzabel	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}, \frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}$
	<i>Callicephalus nitens</i> (M.Bieb. ex Willd.) C.A.Mey.*	Parlak düğme	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}, \frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$
	<i>Carlina biebersteinii</i> Hornem.	Kaya diken	$\frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}$
	<i>Carlina oligocephala</i> Boiss. & Kotschy	Domuzdiken	$\frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}, \frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
	<i>Centaurea macrocephala</i> Puschk. ex Willd.	Sarıbaş	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}, \frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}, \frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}, \frac{F_5}{F_6} = \frac{3}{6}$
	<i>Centaurea salicifolia</i> M.Bieb. subsp. <i>abbreviata</i> K.Koch.	Ordu serçebaşı	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}, \frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
	<i>Cirsium adjaricum</i> Sommier & Levier	Kızıl Kobuk	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}, \frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$
	<i>Cirsium aggregatum</i> Ledeb.	Top kangal	$\frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}, \frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
	<i>Cirsium hypoleucum</i> DC.	Vişne kangalı	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
	<i>Cirsium obvallatum</i> (M.Bieb.) Fisch.	Dağ kangalı	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
	<i>Cirsium pubigerum</i> DC. var. <i>glomeratum</i> (Frey & Sint.) P.H.Davis & Parris	Dere kangalı	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
	<i>Cirsium rigidum</i> DC.*	Erken kangal	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
	<i>Cirsium simplex</i> C.A.Mey. subsp. <i>armenum</i> (DC.) Petr.	Posof kangalı	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}, \frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}, \frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}$

Table 2 (Continued). Phyllotaxis ratios in some North East Anatolian taxa. + rare species, *: endemic species

Family	Taxon	Local name	Circle number/ leaf number
Asteraceae	<i>Cyanus cheiranthifolius</i> (Willd.) Wagenitz	Gökbaş, perpatikan	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	Ay papatya	$\frac{L_2}{L_3} = \frac{3}{4}, \frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{3}$
	<i>Matricaria matricarioides</i> (Less.) Porter ex Britton	Kelkız çiçeği	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2} = \frac{2}{4}, \frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}$
	<i>Psephellus pulcherrimus</i> (Willd.) Wagenitz	Zarif tülübaş	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}, \frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$
	<i>Psephellus straminicephalus</i> (Hub.-Mor.) Wagenitz*	Tortum tülübaşı	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}, \frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{3}$
	<i>Tanacetum balsamitoides</i> Sch.Bip.	Marsuvanotu	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
	<i>Tanacetum coccineum</i> (Willd.) Grierson subsp. <i>chamaemelifolium</i> (Sommier & Levier) Grierson	Pire otu	$\frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}$
	<i>Telekia speciosa</i> (Schreb.) Baumg.	Puğre	$\frac{L_2}{L_3} = \frac{3}{4}, \frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
	<i>Tripleurospermum fissurale</i> (Sosn.) E.Hossain*	Seki papatyası	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
Brassicaceae	<i>Cardamine bulbifera</i> (L.) Crantz	Dişlikök	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}, \frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}, \frac{L_2}{L_3} = \frac{3}{4}$
Campanulaceae	<i>Campanula alliarifolia</i> Willd.	Akçan	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}, \frac{L_2}{L_3} = \frac{3}{4}$
Fabaceae	<i>Chesneya elegans</i> Fomin*	Hoş çesneya	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$
	<i>Hedysarum huetii</i> Boiss.	Acı mercimek	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$
	<i>Lathyrus aphaca</i> L.var. <i>biflorus</i> Post.	Sarı burçak	$\frac{L_1}{L_3} = \frac{1}{4}$
	<i>Lathyrus cicera</i> L.	Çimen burçak/colban	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$
	<i>Lathyrus roseus</i> Steven	Gül mürdümüğü	$\frac{L_1}{L_3} = \frac{1}{4}, \frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$
Fabaceae	<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	Bahar külürü	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$
Lamiaceae	<i>Origanum rotundifolium</i> Boiss.	Yuvarlak mercan	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2} = \frac{2}{4}, \frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2} = \frac{3}{6}$
	<i>Salvia glutinosa</i> L.	Oklu şalba	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2} = \frac{2}{4}$
Rosaceae	<i>Rubus saxatilis</i> L.	Köslek	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$

Table 3. Phyllotaxis ratio (branching ratio) in some scrubs or woody plants

Family	Scrubs/woody plants	Local name	Circle number/ leaf number per branch
Anacardiaceae	<i>Cotinus coggygria</i> Scop.	Boyacı sumağı, Peruka çalısı	$\frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}$
	<i>Rhus coriaria</i> L.	Sumak	$\frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}$
Cistaceae	<i>Cistus salviifolius</i> L.	Kartli	$\frac{L_1}{L_3} = \frac{1}{4}, \frac{L_1}{L_2} = \frac{1}{3} = \frac{2}{6}, \frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2} = \frac{2}{4}$

Table 3 (Continued). Phyllotaxis ratio (branching ratio) in some scrubs or woody plants

Family	Scrubs/woody plants	Local name	Circle number/ leaf number per branch
Ericaceae	<i>Rhododendron caucasicum</i> Pall.	Dağ kumarı	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2} = \frac{3}{6}, \frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5},$ $\frac{L_2}{L_3} = \frac{3}{4}$
Fagaceae	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl. Subsp. <i>iberica</i> (Steven ex M. Bieb.) Krassiln.	Ballık meşesi	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}, \frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2} = \frac{2}{4}$
Oleaceae	<i>Jasminum fruticans</i> L.	Yasemin, boruk	$\frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}, \frac{L_2}{L_3} = \frac{3}{4}$
Rosaceae	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Yemişen	$\frac{F_3}{F_5} = \frac{2}{5}, \frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}$
	<i>Rubus idaeus</i> L.	Ahududu	$\frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}, \frac{F_3}{F_4} = \frac{2}{3}$
Rhamnaceae	<i>Rhamnus microcarpa</i> Boiss.	Kaya çehrisi	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$
Thymelaeaceae	<i>Daphne pontica</i> L.	Sırımağu	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2} = \frac{2}{4}, \frac{F_3}{F_5} = \frac{2}{5}$
	<i>Daphne glomerata</i> Lam.	Ezentere	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2} = \frac{3}{6}$
	<i>Daphne oleoides</i> Schreb.	Gövçek	$\frac{F_4}{F_5} = \frac{3}{5}, \frac{L_2}{L_4} = \frac{3}{7}$
Ulmaceae	<i>Celtis plachoniana</i> L.	Çitlenbik	$\frac{F_2}{F_3} = \frac{1}{2}$
Pinaceae ((Gymnospermae)	<i>Pinus pinea</i> L.	Fıstık çamı	$F_6 = 8$ spirals from center to right $F_7 = 13$ spirals from center to left
	<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven	Sarıçam	$F_6 = 8$ spirals from center to right $F_7 = 13$ spirals from center to left



Figure 1. Natural habitus of plants. a: *Achillea biserrata*, b: *Achillea arabica*, c: *Carlina oligocephala*, d: *Centaurea macrocephala*, e: *Cirsium adjaricum*, f: *Cirsium aggregatum*, g: *Cirsium hypoleucum*, h: *Cirsium obvallatum*, i: *Cirsium pubigerum* var. *glomeratum*, j: *Cirsium rigidum*, k: *Cirsium simplex* subsp. *armenum*, l: *Cyanus cheiranthifolius* var. *purpureus*, m: *Leucanthemum vulgare*, n: *Matricaria matricarioides*, o: *Psephellus pulcherrimus*, p: *Tanacetum coccineum* subsp. *chamaemelifolium*.

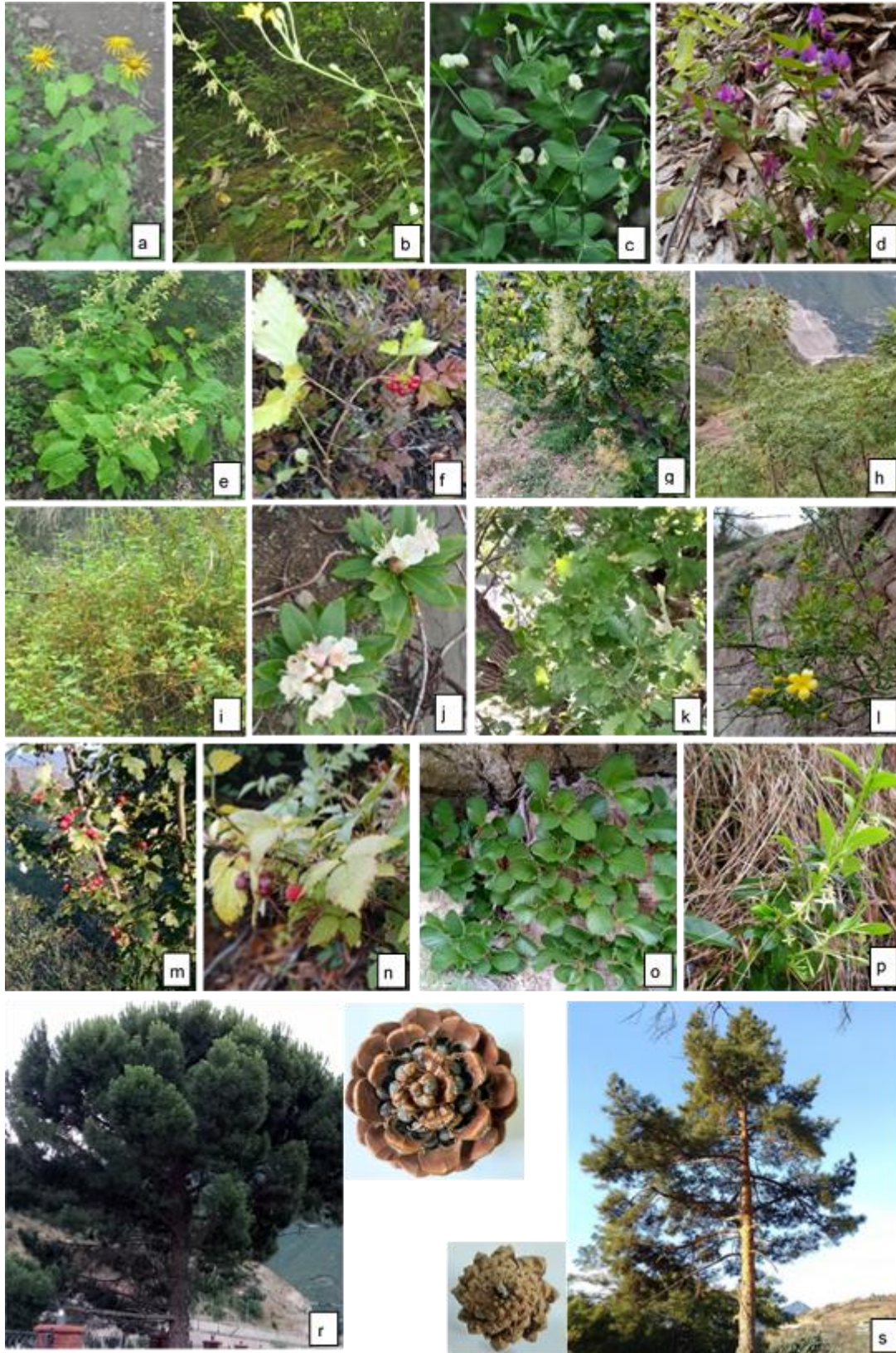


Figure 2. Natural habitus of plants. a: *Telekia speciosa*, b: *Campanula alliarifolia*, c: *Lathyrus aphacavar. biflorus*, d: *Lathyrus vernus*, e: *Salvia glutinosa*, f: *Rubus saxatilis*, g: *Cotinus coggygria*, h: *Rhus coriaria*, i: *Cistus salviifolius*, j: *Rhododendron caucasicum*, k: *Quercus petraea* subsp. *iberica*, l: *Jasminum fruticans*, m: *Crataegus monogyna*, n: *Rubus idaeus*, o: *Rhamnus microcarpa*, p: *Daphne pontica*, r: *Pinus pinea* with cone(on the right), s: *Pinus sylvestris* var. *hamata* with cone(on the left).

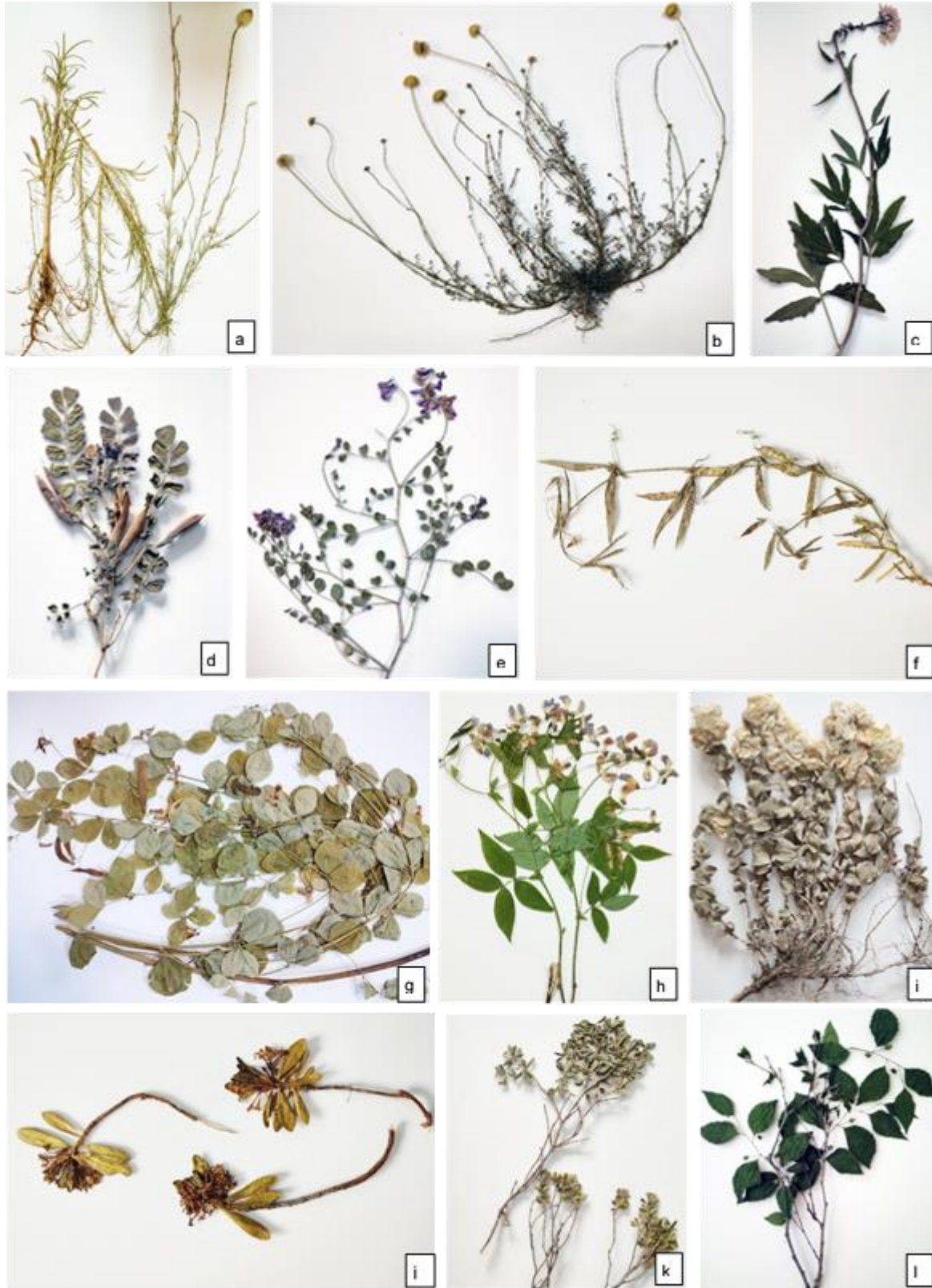


Figure 3. Herbarium samples of plants. a: *Callicephalus nitens*, b: *Tripleurospermum fissurale*, c: *Cardamine bulbifera*, d: *Chesneya elegans*, e: *Hedysarum huetii*, f: *Lathyrus cicera*, g: *Lathyrus roseus*, h: *Lathyrus vernus*, i: *Origanum rotundifolium*, j: *Daphne glomerata*, k: *Daphne oleoides*, l: *Celtis plachoniana*.

In conclusion, with this study, which is the continuation of the study in (Gökcan and Özcan 2020), the Fibonacci and

Lucas number characteristics of 47 taxa in the North East Anatolian flora were examined. Since the Fibonacci and

Lucas number characteristics of the plants are universal in plants belonging to the same species, the universal values of these species were recorded.

REFERENCES

- Akkemik Ü (Ed.) (2018) Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 688 s. ISBN: 978-605-9550-14-7, İstanbul.
- Alfred BU (1965) An Introduction to Fibonacci Discovery. The Fibonacci Association.
- Davis PH (Ed.) (1965-1982) Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol.1-7, Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Gökcan İ, Özcan M (2020) Artvin Doğasında Fibonacci ve Lucas Sayıları. In: Artvin Araştırmaları-2, 1. Baskı, Artvin Çoruh Üniversitesi Yayınları No 4, Sonçağ Yayıncılık, pp. 187-206, ISBN: 978-605-62377-7-5.
- Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babaç MT (2012) Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Koshy T (2001) Fibonacci and Lucas Numbers with Applications. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York.
- Özhatay N, Kültür Ş, Gürdal B (2019) Check-list of additional taxa to the supplement flora of Turkey IX. Istanbul Journal of Pharmacy 49: 105–120.
- Şahin CB (2021) Ormanın Matematiği. Orman ve Hayat Dergisi 2: pp. 50-55, ISBN: 2757-7147
- Verner E. Hoggatt Jr (1969) Fibonacci and Lucas Numbers. Houghton Mifflin Company, Boston.
- Yentür S, Cevahir Öz G (2013) Bitki Anatomisi. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi yayınları, 5149, 4. 606 s, ISBN 978-975-404-936-7.

Kurşun ile kontamine edilen *Achroia grisella* Fabr. (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının protein, lipid ve karbohidrat kompozisyonundaki değişiklikler

Changes in the protein, lipid and carbohydrate composition of Achroia grisella Fabr. (Lepidoptera: Pyralidae) larvae contaminated with lead

Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ^{1, ID}, Yeliz YILMAZ^{1, ID}

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1021280

Sorumlu yazar / Corresponding author

Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ

e-mail: gunduzeylem@gmail.com

Geliş tarihi / Received

10.11.2021

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

06.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted

28.04.2022

Elektronik erişim / Online available

15.05.2022

Anahtar kelimeler:

Achroia grisella

Protein

Karbohidrat

Kurşun

Lipit

Keywords:

Achroia grisella

Protein

Carbohydrate

Lead

Lipid

Abstract

Bu çalışmada, kurşunun *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının protein, lipid ve karbohidrat miktarlarına etkisi araştırılmıştır. Larvalar farklı konsantrasyonlarda kurşun (50, 100 ve 200 mg/kg besin) ile kontamine edilen yapay bir besin ortamında yetiştirilmiştir. Kültür hazırlama ve tüm deneyler 16A:8K fotoperiyot, 25 ± 2 °C sıcaklık, %60 ± 5 bağıl nem içeren bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Biyokimyasal analizlerde son evre *A. grisella* larvaları kullanılmıştır. Elde edilen veriler, kurşun uygulamasının 50 ve 200 mg/kg kurşun konsantrasyonlarında larvaların protein miktarında önemli bir azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Larvaların karbohidrat ve lipid miktarları 100 ve 200 mg/kg kurşun konsantrasyonlarında kontrol grubuna göre önemli ölçüde düşmüştür.

Özet

In this study, the impact of lead on protein, lipid and carbohydrate amounts of *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvae was investigated. Larvae were maintained on an artificial diet contaminated with different concentrations of lead (50, 100 and 200 mg/kg diet). Culturing and all experiments were carried out in a room with a 16L:8D photoperiod, at a temperature of 25 ± 2 °C and 60 ± 5% relative humidity conditions. Last instar *A. grisella* larvae were used for the biochemical analysis. The obtained data showed that lead application resulted in a considerable decrease in the protein amount of the larvae at 50 and 200 mg/kg lead concentrations. Carbohydrate and lipid amounts of larvae declined significantly at 100 and 200 mg/kg lead concentrations with respect to the control group.

GİRİŞ

Ağır metal terimi yoğunluğu 5 g/cm³'den fazla olan toksisite ve kirlilik yaratan metaller için kullanılmaktadır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko gibi metallerin de aralarında bulunduğu 60 dan fazla metal dahildir. Farklı endüstriyel, evsel, tarımsal, tıbbi ve teknolojik uygulamalarda sıklıkla kullanıldıkları için ağır metallerin çevre ve insan sağlığı üzerinde potansiyel etkileri oldukça yüksektir. Yapılan çalışmalar bu etkinin ağır metal türü, dozu, ağır metale maruz kalma şekli ve süresi gibi ağır metalin kendi özelliklerinin yanı sıra canlı türü, gelişim evresi, eşey, genetik ve beslenme özellikleri gibi değişkenler tarafından da etkilendiğini göstermektedir (Cohn ve ark. 1992, Kazimirova ve ark. 1997, Raina ve ark. 2001, Borowska ve

ark. 2004, Suganya ve ark. 2015, Singh ve Bhupinderjit 2017).

Hayvanlar aleminin tür sayısı bakımından en zengin sınıfını oluşturan böcekler ekosistemin önemli bir parçasını oluştururlar. Farklı beslenme özelliklerine sahip olan böcekler doğadaki besin zincirinin farklı bir halkasında yer alırlar ve bazı kuşlar ile küçük memeli hayvanlar tarafından önemli bir protein kaynağı olarak kullanılırlar. Ağır metallerin böcekler üzerindeki etkileri ile ilgili olarak doğal koşullarda ve laboratuvarında yapılan çalışmalar böceklerin bu ağır metalleri değişik yollarla vücutlarına aldıklarını ve buna bağlı olarak bazı özelliklerinin etkilendiğini göstermiştir. Örneğin, Bream (2003) kurşun nitrat ve bakır sülfatın *Sphaerodema urinator* (Hemiptera: Belostomidae) türünde karbohidrat, lipid ve protein miktarlarını azalttığını göstermiştir. Aynı

çalışmada asit fosfataz aktivitesinin arttığı ve alkalın fosfataz aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Mirčić ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada kadmiyumun çingene güvesinde büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilediğini ve etki düzeyinin doza bağlı olduğunu göstermişlerdir. Hassan ve ark. (2011), kadmiyum ve kurşunun *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) erginlerinin protein miktarlarını eşey tipine bağlı olarak farklı şekilde etkilediğini tespit etmişlerdir. Shakunthala ve Shalini (2018), *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) larvalarının besinine kurşun asetat ve çinko klorür ilave edildiğinde, erginlerin ömür uzunluğunun azaldığını, Gündüz ve ark. (2020) ise kadmiyum ve kurşunun Küçük Balmumu Güvesi larvalarında hemosit sayısında değişikliklere neden olduğunu belirlemişlerdir. Son yıllarda yapılan bu çalışmalardan yola çıkılarak burada Küçük Balmumu Güvesi larvalarının besin ortamına farklı konsantrasyonlarda kurşun ilave edilerek, larvaların biyokimyasal kompozisyonlarının bu uygulanmadan etkilenip etkilenmediğinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Biyokimyasal analizlerde kullanılacak *Achroia grisella* (Lepidoptera: Pyralidae) larvalarının beslenmesi için Bronskill (1961) tarafından geliştirilen daha sonra Sak ve ark. (2006) tarafından düzenlenen balsız petek (200 g), kepek (860 g), süzme bal (150 ml), gliserol (300 ml) ve saf su (150 ml) karışımından oluşan besin içeriği kullanılmıştır. Stok kültürleri oluşturmak için hazırlanan besin kavanozlara konularak her bir kavanoza 10-15 tane *A. grisella* ergini ilave edilmiş ve kavanozların ağzı bez ile kapatılmıştır. Hazırlanan kültürler % 60±5 bağıl nem, 26±2°C sıcaklık ve 16:8 (A:K) fotoperyot koşullarında tutulmuştur.

Kurşun ilavesinin larvaların biyokimyasal kompozisyonuna etkisini belirlemek için önce 2000 ppm kurşun içeren stok çözelti hazırlanmıştır. Bu stok çözelti seyreltilerek besin içeriğindeki kurşun konsantrasyonu 50, 100 veya 200 mg/kg besin olacak şekilde yapay besine ilave edilmiştir. Deneme gruplarını oluşturmak için stok kültürlerin hazırlanmasında kullanılan yöntem izlenmiştir. Bu kültürlerden elde edilen son evre larvalar 0.0001 g hassasiyetli terazide tartılarak biyokimyasal analizler başlayıncaya kadar -20°C sıcaklıkta bekletilmiştir. Kontrol grubu olarak kurşun ilave edilmeden hazırlanan besin ortamında yetişmiş larvalar kullanılmıştır.

Larvaların toplam vücut dokularında bulunan protein miktarının belirlenmesi için Lowry ve ark. (1951)'nin yöntemi kullanılmıştır. Bunun için -20°C de saklanan

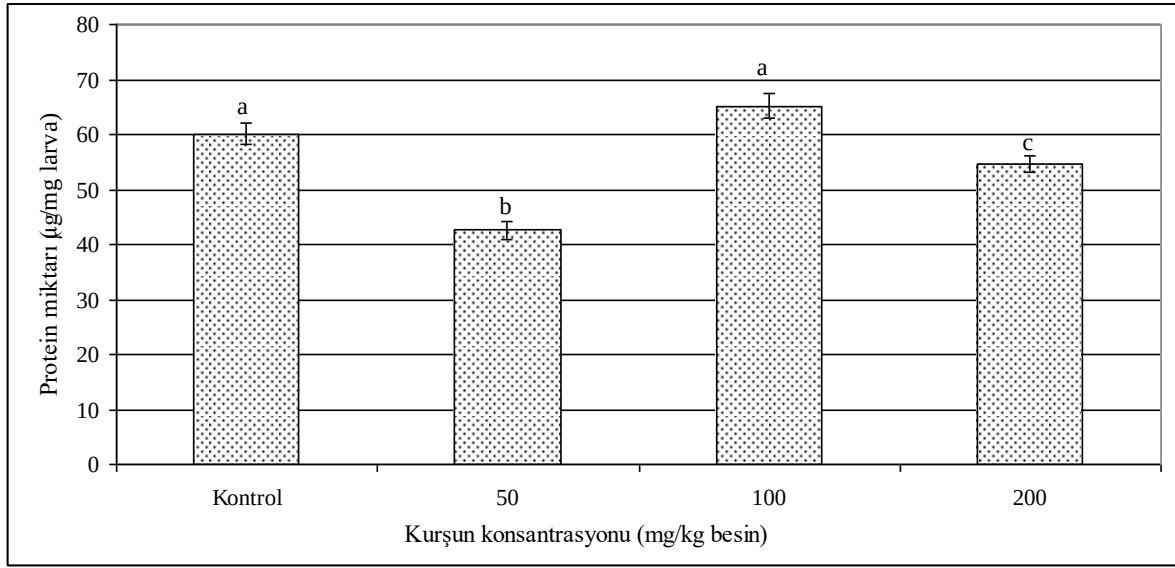
larvalar 500 µl tampon çözeltide homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenatlar tampon çözelti ile 1000 µl ye tamamlanmış, 4°C sıcaklık ve 3500 devir/dakika hız ile 15 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatanttan 100 µl alınarak Lowry metodu uygulanmıştır. Hazırlanan örneklerin absorbansları 695 nm dalga boyunda okunmuştur. Sığır serum albumin çözeltisi protein standardı olarak kullanılmıştır.

Karbohidrat ve lipit analizlerinde van Handel (1985a ve 1985b) tarafından sivrisinekler için geliştirilen, daha sonra değişik araştırmacılar tarafından da farklı böceklerde uygulanmış olan biyokimyasal analizlerden faydalanılmıştır (Olson ve ark. 2000; Lee ve ark. 2004). Bunun için; -20°C'de bekletilen larvalar çıkarılarak üzerlerine 100 µl %2'lik sodyum sülfat çözeltisi ilave edildikten sonra homojenizasyon yapılmıştır. Homojenatların üzerine 900 µl kloroform:metanol (1:2) ilave edilerek karıştırılmış ve örnekler 14.000 devir/dakika hızda oda sıcaklığında 2 dakika santrifüj edilmiştir. Oluşan süpernatanttan 100 µl alınmış ve kloroform-metanol (1:2) ile 10 kat daha sulandırılmıştır. Elde edilen karışımdan 100 µl karbohidrat analizi ve diğer 100 µl lipit analizi için kullanılmak üzere ayrı ayrı cam tüplere (10×50 mm) aktarılmıştır. Karbohidrat analizinde kullanılacak tüpler tüpte yaklaşık 50 µl çözelti kalıncaya kadar ısıtıldıktan sonra üzerlerine 950 µl antron ayırıcı konulmuş ve tüpler 90°C sıcaklıkta 15 dakika daha ısıtılmıştır. Soğutulan örneklerin absorbansları 625 nm dalga boyunda okunmuştur. Karbohidrat standardı olarak glukoz çözeltisi kullanılmıştır. Lipit analizi yapılacak tüpler ise içlerinde kalan çözeltinin tamamı buharlaşana kadar 90°C sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra tüp içerisine 40 µl sülfirik asit çözeltisi konularak karıştırıldıktan sonra 90°C sıcaklıkta 2 dakika bekletilmiştir. Tüpler soğutulduktan sonra üzerlerine 960 µl vanilin-fosforik asit karışımı ilave edilerek 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Örneklerin absorbans değerleri 525 nm dalga boyunda okunmuştur. Mısır yağı (% 0.1) çözeltisi lipit standardı olarak kullanılmıştır.

Bulguların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Bu testten elde edilen sonuçların önem seviyeleri Student-Newman-Keuls (SNK testi) kullanılarak değerlendirilmiş ve değerlendirmelerde 0.05 güven sınırı (P) esas alınmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

A. grisella larvalarının besinine kurşun ilave edildiğinde, bu larvaların vücut dokularında bulunan protein miktarının nasıl etkilendiğine ilişkin deneme sonuçları Şekil 1'de gösterilmiştir.

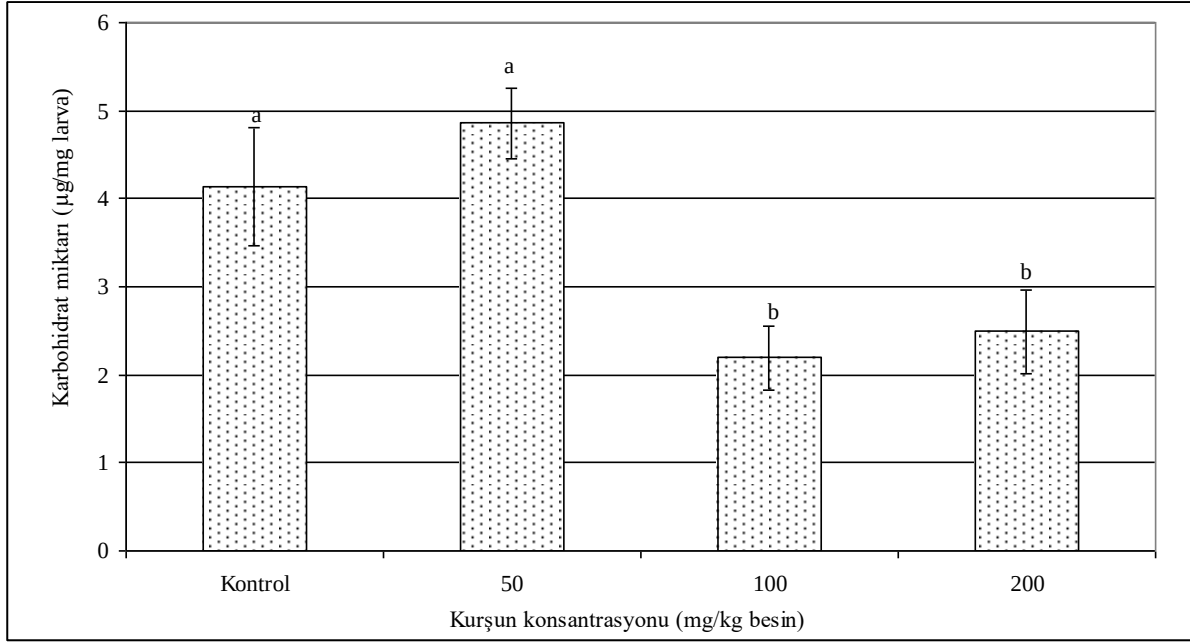


Şekil 1. Kurşunun *Achroia grisella* larvalarında protein konsantrasyonuna etkisi. Farklı sütunlarda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.05$).

Şekil 1 incelendiğinde, kontrol grubunda 60.09 ± 1.90 µg/mg olarak belirlenen protein miktarının, 50 ve 200 mg/kg kurşun içeren gruplarda azaldığı görülmektedir ($F = 27.599$, $df = 3.76$, $P = 0.000$). Buna karşın, 100 mg/kg kurşun içeren gruptaki larvaların kontrol grubu ile benzer protein miktarına sahip oldukları belirlenmiştir. Çalışma süresince larva örnekleri, farklı konsantrasyonda kurşun içeren besin ortamından tamamen tesadüfi olarak seçilmiştir. Seçilen larvalar her ne kadar aynı larva döneminde olsalar da, bu larva döneminin farklı gelişim aşamalarında bulunabilirler. Bu durumda bireyler arasında fizyolojik ve/veya davranışsal bazı farklılıkların olması doğaldır ve elde ettiğimiz sonucu yorumlamak için yardımcı olabilir. Hassan ve ark. (2011) 2. evre *C. pipiens* larvalarına kadmiyum klorür, bakır sülfat, kurşun nitrat ve civa nitrat uygulandığında bu larvalardan elde edilen ergin dişilerin protein miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Yılmaz ve Gündüz (2021) ise kadmiyumun *A. grisella* larvalarının toplam vücut dokularındaki protein miktarını azalttığını göstermişlerdir. Ağır metal uygulaması sonucunda protein miktarının azaldığı *Pimpla turionellae* (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Ortel 1991),

Boettcherisca peregrina (Diptera: Sarcophagidae) (Wu ve ark. 2006) ve *S. urinator* (Bream 2003) gibi farklı türlerle yapılan çalışmalarda da belirlenmiştir. Protein miktarındaki azalmanın nedeni, protein sentezinin inhibe edilmesi (Norton ve Kench 1977) ya da oksidatif hasarların giderilmesinde kullanılan lipoprotein miktarındaki azalma (Sancho ve ark. 1998) olabilir. Bununla birlikte, Baghban ve ark. (2014) *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) ile yaptıkları çalışmada çinko ve bakırın 3. evre larvalarda protein miktarını artırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, Du ve ark. (2019)'nın *Cryptolaemus montrouzieri* (Coleoptera: Coccinellidae) türü ile yaptıkları çalışmada da ağır metal uygulamasından sonra protein miktarının arttığı tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarımızın bu çalışmalardan farklı olması ağır metal etkisinin böceğin tür, gelişim evresi, eşey gibi özellikleri ile çalışmada kullanılan ağır metal türü, konsantrasyonu, uygulanma şekli ve süresi gibi özelliklere göre farklılık göstermesi ile açıklanabilir.

Kurşun uygulamasının larvaların karbohidrat miktarına etkisi ile ilgili sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir.

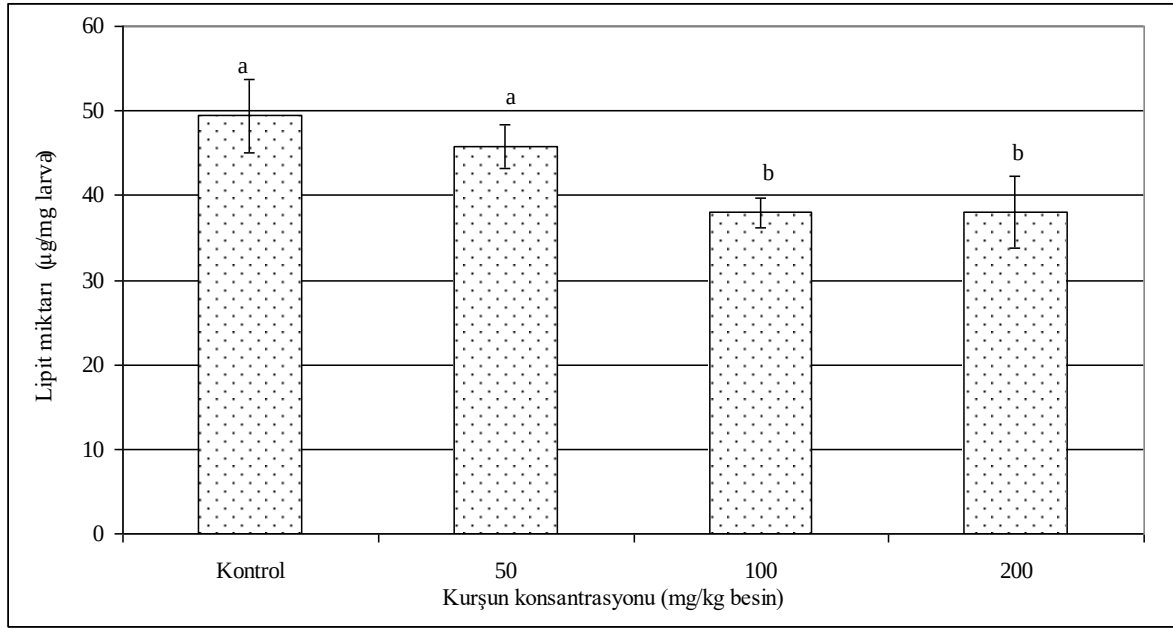


Şekil 2. Kurşunun *Achroia grisella* larvalarında karbohidrat konsantrasyonuna etkisi. Farklı sütunlarda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.05$).

Şekil 2 incelendiğinde, 50 mg/kg kurşun içeren grupta bulunan larvaların kontrol grubunda bulunanlar ile benzer karbohidrat miktarına sahip oldukları, ancak daha yüksek konsantrasyonda kurşun içeren diğer iki grupta karbohidrat miktarının önemli ölçüde azaldığı görülmektedir ($F = 6.905$, $df = 3.76$, $P = 0.000$). Bu durum ağır metal stresinin enerji ihtiyacını artırması ile ilişkili olabilir. Elde edilen sonuçlara benzer şekilde, *C. pipiens* larvalarına ağır metal uygulandığında erginlerde bulunan toplam karbohidrat miktarının düştüğü belirlenmiştir (El-Sheikh ve ark. 2010). Bischof (1995)'un yaptığı çalışmada ise parazitoit *Glyptapanteles liparidis* tarafından parazitlenen *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) larvalarında çinko ve kadmiyumun vücut dokularında bulunan glikojen konsantrasyonunu azalttığı belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda bazı ağır metallerin mitokondri içinde biriktikleri ve oksidatif fosforilasyonu inhibe ettikleri tespit edilmiştir (George 1982, Viarengo 1985). Spring ve ark. (1977) ise glikolitik sürecin hızlanmasının karbohidrat miktarındaki azalmanın nedeni olabileceğini ileri sürmüşlerdir. İlaven, Raghavendra Rao ve ark. (2017) ağır metal uygulaması sonucunda glikojen ve glukoz miktarlarında belirlenen azalmanın muhtemelen glukoneogenezin baskılanmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Belirtilen çalışma sonuçları kurşun uygulaması sonucunda larvaların karbohidrat miktarında azalma görülmesinin

nedenini açıklamak için yardımcı olabilir. Bulgularımızdan farklı olarak, yüksek konsantrasyonda kadmiyumun *B. peregrina* larvalarının hemolenfinde toplam şeker miktarını arttırdığı Wu ve ark. (2006) tarafından gösterilmiştir. Benzer şekilde, kadmiyum uygulamasının parazitoit *P. turionellae* dişilerinde glikojen miktarını arttırdığı belirlenmiştir (Kayış ve Emre 2012). Baghban ve ark. (2014) ise kadmiyumun *H. armigera*'nın glikojen miktarını değiştirmedeğini bulmuşlardır. Ağır metal kontaminasyonun böceklerin karbohidrat miktarına etkisi ile ilgili olarak bildirilen tüm bu çalışma sonuçları, ağır metallerin karbohidrat miktarı üzerindeki etkisinin kullanılan böcek türüne, ağır metal tipine, konsantrasyonuna, uygulanma şekline ve miktarı belirlenecek karbohidrat türüne göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Farklı kurşun konsantrasyonlarının larvaların lipit miktarına etkisi ile ilgili sonuçlar Şekil 3'de gösterilmiştir. Bulgular değerlendirildiğinde, karbohidrat miktarına ilişkin sonuçlara paralel sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Kontrol grubunda ve 50 mg/kg kurşun içeren gruptaki larvalar benzer lipit oranlarına sahip oldukları halde, kurşun konsantrasyonu 100 ve 200 mg/kg olan gruplarda larvalar kontrol grubundan daha az lipit içermektedir ($F = 2.857$, $df = 3.76$, $P = 0.043$) (Şekil 3).



Şekil 3. Kurşunun *Achroia grisella* larvalarında lipit konsantrasyonuna etkisi. Farklı sütunlarda aynı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.05$).

Bulgularımıza paralel olarak, kadmiyum uygulamasının *Galleria mellonella* (Lepidoptera:Pyralidae) larva ve puplarında (Shin ve ark. 2001) ve *P. turionellae* (Ortel 1991) türünde lipit miktarını azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca, Ortel (1995) ağır metal uygulamasının *L. dispar* larvalarının vücut dokularında bulunan lipit miktarında azalmaya neden olduğunu tespit etmiştir. Ağır metale maruz kalma sonucunda ortaya çıkan stres enerji ihtiyacının artmasına neden olacağından, böceklerin bu durumda diğer enerji kaynaklarını desteklemek için lipitleri kullanmış olmaları azalmanın nedeni olabilir. Bulgularımızda yüksek konsantrasyonda kurşun ile kontamine edilen gruplarda hem karbohidrat hem de lipit miktarlarının benzer şekilde azalmış olması bu açıklamayı destekler niteliktedir.

SONUÇ

Ağır metallerin böceklerin farklı özelliklerine etkisi ile ilgili olarak doğal koşullarda ya da laboratuvarında yapılan çalışmalar, ağır metallerin farklı şekillerde böceklerin vücutlarına alındığını ve onları etkilediğini göstermiştir. Bu çalışmada arıcılık endüstrisinde ekonomik kayıplara neden olabilen Küçük Balmumu Güvesi larvalarına besin yolu ile kurşun verilerek bu uygulamanın larvaların biyokimyasal kompozisyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular, bazı gruplarda organik maddelerin miktarlarında azalma olduğunu, bazılarında ise istatistiksel açıdan önemli bir değişim olmadığını göstermiştir. Ağır metal uygulaması sonucunda böceğin biyokimyasal kompozisyonunun az ya da çok değişmiş

olması onun gelişme, büyüme, üreme gibi farklı fizyolojik aktivitelerini doğrudan etkileyecektir. İleride yapılacak çalışmalarda farklı ağır metallerin böceğin değişik özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesinin, bu böceğe karşı yürütülecek mücadele yöntemleri açısından faydalı olacağı düşüncesindedir.

KAYNAKLAR

- Baghban A, Sendi JJ, Zibae A, Khosravi, R (2014) Effect of heavy metals (Cd, Cu, and Zn) on feeding indices and energy reserves of the cotton boll worm *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). J Plant Prot Res 54:368-371
- Bischof C (1995) Effects of heavy metal stress on carbohydrate and lipid concentrations in the haemolymph and total body tissue of parasitized *Lymantria dispar* L. Larvae (Lepidoptera). Comp Biochem Physiol C: Pharmacol Toxicol and Endocrinol 112:87-92
- Borowska J, Sulima B, Niklinska M, Pyza E (2004) Heavy metal accumulation and its effects on development, survival and immune-competent cells of the housefly *Musca domestica* from closed laboratory populations as model organism. Fresenius Environ Bull 13:1402-1409
- Bream AS (2003) Laboratory evaluation of heavy metals stress on certain biochemical parameters of the aquatic insect, *Sphaerodema urinator* Duf. (Hemiptera: Belostomatidae). Commun Agric Appl Biol Sci 68(4):291-297
- Bronskill JK (1961) A cage to simplify the rearing of the greater wax moth, *Galleria mellonella* (Pyralidae). J Lepid Soc 15:102-104
- Cohn J, Widzowski DV, Cory-Slechta DA (1992) Lead retards development of *Drosophila melanogaster*. Comp Biochem Physiol C Comp Pharmacol Toxicol 102C (1):45-49
- Du C, Wu J, Bashir MH, Shaukat M, Ali S (2019) Heavy metals transported through a multi-trophic food chain influence the energy metabolism and immune responses of *Cryptolaemus montrouzieri*. Ecotoxicology 28:422-428

- El-Sheikh TMY, Fouda MA, Hassan MI, Abd-Elghaphar AA and Hasaballah AI (2010) Toxicological effects of some heavy metal ions on *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). Egypt Acad J Biol Sci 1:63-76
- George SG (1982) Subcellular accumulation and detoxification of metals in aquatic animals. In: Vernberg, WB, Calabrese, A, Thurberg, FP. Vernberg, FJ (Eds.), Physiological Mechanisms of Marine Pollutant Toxicity. Academic Press, 3-52, New York
- Gündüz NEA, Mercan S, Özcan Ö (2020) Effect of cadmium and lead on total hemocyte count of *Achroia grisella* Fabr. (Lepidoptera: Pyralidae). Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 10:190-194
- Hassan MI, Fouda MA, El-Sheikh TMY, Abd-Elghaphar, AA and Hasaballah A I (2011) Electrophoretic study of ovarian protein and amino acid in the mosquito *Culex pipiens* L. (Diptera: Clucidae) as influenced by some heavy metal ions. Egypt J Biomed Sci 36:1-14
- Kayış T ve Emre İ (2012) Ağır metal stresinin *Pimpla turionellae* (Hymenoptera: Ichneumonidae)'nin protein ve glikojen sentezine etkileri. Ekoloji 21:61-67
- Kazimirova M, Slovak M, Manova A (1997) Host-parasitoid relationship of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) and *Coptera occidentalis* (Hymenoptera: Proctotrupoidea: Diapriidae) under host heavy metal stres. Eur J Entomol 94:409-420
- Lee JC, Heimpel GE and Leibe GL (2004) Comparing floral nectar and aphid honeydew diets on the longevity and nutrient levels of a parasitoid wasp. Entomol Exp Appl 111:189-199
- Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL and Randall RJ (1951) Protein measurement with the folin-phenol reagent. J Biol Chem 193:265-275
- Mirčić D, Janković-Tomanic M, Nenadović V, Franeta F and Lazarević J (2010) The effect of cadmium on the life history traits of *Lymantria dispar* L. Arch Biol Sci Belgrade 62:1013-1020
- Norton KB, Kench JE (1977) Effects of cadmium on ribosomal protein synthesis in rat liver. Environ Res 13:102-110
- Olson DM, Fadamiro H, Lundgren JG, Heimpel GE (2000) Effects of sugar feeding on carbohydrate and lipid metabolism in a parasitoid wasp. Physiol Entomol 25:17-26
- Ortel J (1991) Effects of lead and cadmium on chemical composition and total water content of the pupal parasitoid, *Pimpla turionellae*. Entomol Exp Appl 59:93-100
- Ortel J (1995) Effects of metals on the total lipid content in the gypsy moth (*Lymantria dispar*, Lymantriidae, Lepid.) and its hemolymph. Bull Environ Contam Toxicol 55:216-221
- Raghavendra Rao MV, Yogesh A, Jithender N, Sireesha B, Simi P, Krishna Teja CH, Raghu HN and Anusha C (2017) Study of the effects of mercury and lead on carbohydrate metabolism of maternal and embryonic tissues using an alternate animal model: *Heterometrus fulvipes*. Int J Curr Res 9:51351-51357.
- Raina MR, Pawar P, Sharma, N (2001) Developmental inhibition and reproductive potential impairment in *Musca domestica* L. by heavy metals. Indian J Exp Biol 39:78-81
- Sak O, Uçkan F and Ergin, E (2006) Effects of cypermethrin on total body weight, glycogen, protein and lipid contents of *Pimpla turionella* (L.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). Belg J Zool 136:53-58
- Sancho E, Ferrando D, Fernandez C and Andreu, E (1998) Liver energy metabolism of *Anguilla anguilla* after exposure of fenitrothion. Ecotoxicol Environ Saf 41:168-175
- Shakunthala V, Shalini HK (2018) Combined effect of heavy metals on longevity of *Drosophila melanogaster*. Int J Sci Res 7:1315-1318
- Shin BS, Choi RN and Lee C-U (2001) Effects of cadmium on total lipid content and fatty acids of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. Korean J Ecol, 24:349-352
- Singh D and Bhupinderjit KH (2017) Effect of cadmium chloride on the development of *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae) and its importance to postmortem interval estimate. J Forensic Sci & Criminal Inves, 3:1-6
- Spring JH, Matthews JR and Downer, RGH (1977) Fate of glucose in the haemolymph of the American cockroach, *Periplaneta americana*. J Insect Physiol 23:525-529
- Suganya M, Karthi S and Shivakumar MS (2015) Effect of cadmium and lead exposure on tissue specific antioxidant response in *Spodoptera litura*. Free Rad Antiox 6:90-100
- Van Handel E (1985a) Rapid determination of glycogen and sugars in mosquitoes. J Am Mosq Control Assoc 1:299-301
- Van Handel E (1985b) Rapid determination of total lipids in mosquitoes. J Am Mosq Control Assoc 1:302-304
- Viarengo A (1985) Biochemical effects of trace metals. Mar Pollut Bull 16:153-58
- Wu G, Ye G, Hu C and Cheng J (2006) Accumulation of cadmium and its effects on growth, development and hemolymph biochemical compositions in *Boettcherisca peregrina* larvae (Diptera: Sarcophagidae). Insect Sci 13: 1-39
- Yılmaz Y, Gündüz NEA (2021) Kadmiyumun Küçük Balmumu Güvesi larvalarında protein, lipid ve karbohidrat miktarları ile etkileşimi. Anadolu Tarım Bilim Derg 36:326-333

Mineral dolgu maddelerinin fındikkabuğu/polimetilmetakrilat kompozitlerin ses yutma katsayısına etkileri

Effects of mineral fillers on sound absorption coefficient of nutshell/polymethylmethacrylate composites

Kenan BÜYÜKKAYA 

Giresun Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makina ve Metal Teknolojileri, Giresun, TÜRKİYE

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1088771

Sorumlu yazar / Corresponding author

Kenan BÜYÜKKAYA

e-mail: kenan.buyukkaya@giresun.edu.tr

Geliş tarihi / Received

16.03.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

18.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted

05.05.2022

Elektronik erişim / Online available

16.05.2022

Anahtar kelimeler:

Fındikkabuğu

Mineral dolgu,

Kompozit

Ses yutma katsayısı

Keywords:

Nut Shell

Mineral filling

Composite

Sound absorption

Özet

Bu çalışmada, farklı partikül boyutuna sahip (max.150, 250, 425 mikron) fındikkabuğu/polimetilmetakrilat kompozitlere ilave edilen, mineral dolgu maddelerinin ses yutma katsayısına etkileri araştırılmıştır. Kullanılan dolgu maddeleri; camküre, wollastonit, ve mika'dır. Farklı partikül büyüklüğüne sahip fındikkabuğu polimetilmetakrilat kompozitler % 15 oranında fındikkabuğu içermektedir. Bu kompozitler içerisine % 2.5, 5 ve 10 oranında dolgu maddeleri ilave edilerek ses yutma testlerinde kullanılacak kompozit numuneler hazırlanmıştır. Mineral dolgulu fındikkabuğu/polimetilmetakrilat kompozitlerin ses yutma (α) katsayısı, çift mikrofonlu empedans tüpü yöntemiyle belirlenmiştir. Ayrıca kompozitlerin yoğunlukları Arşimed prensibine göre tayin edilip, içerdiği boş hacim yüzde oranları hesaplanmıştır. Numune morfolojisini değerlendirmek amacı ile, deney yapılan numunelerden kırık parçalar elde edilmiştir. Kırık yüzeylerin görüntüleri taramalı elektron mikroskobu ile görüntülenip, içyapı bu görüntüler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, kompozite ilave edilen cam küre ve mikanın oranları ile birlikte, fındikkabuğu partikül boyutunun da artması ses yutma katsayısını artmıştır. Bu değişimin sade fındikkabuğu kompozitlere göre maksimum % 247 oranda olduğu belirlenmiştir.

Abstract

In this study, the effects of mineral fillers added to nutshell Polymethylmethacrylate composites with different particle sizes (max.150, 250, 425 microns) on sound absorption were investigated. The fillers used are glass sphere, wollastonite, carbonate and mica. Hazelnut shell polymethylmethacrylate composites with different particle size contain 15% nut shell. Composites to be used in sound absorption tests were prepared by adding 2.5, 5, 10 % fillers to these composites. Sound absorption (normal incidence absorption coefficient) properties of mineral filled Nutshell / polymethylmethacrylate composites were determined by dual-microphone impedance tube method. In addition, the density of the materials was found according to the Archimedes principle and the empty volume fractions it contained were determined. In order to evaluate the internal structure of the sample, broken pieces were obtained from the tested samples. The images of the fractured surfaces were visualized by scanning electron microscopy and the internal structure was evaluated within the framework of these images. According to the results of the study, the increase in the hazelnut shell particle size along with the ratios of glass sphere and mica added to the composite increased the sound absorption coefficient. It was determined that this change was maximum 247% compared to plain hazelnut shell composites.

GİRİŞ

Kompozit üretiminde kullanılan sentetik takviye malzemeleri doğaya ve çevreye zarar vermektedir. Son yıllarda çevre bilincinin gelişmesinin yanında bu konudaki hassasiyetlerin artmasına paralel olarak, çevreye duyarlı malzemelerin kullanılması yönündeki araştırmalarda belirgin artış görülmektedir. Son yirmi yılda, araştırmacılar, farklı atıklar kullanarak çevreye duyarlı kompozit malzeme üretimi ve karakterizasyonu alanında çok sayıda tecrübeyi paylaşmışlardır (Dungani ve ark. 2016, Garcia-Garcia ve ark. 2018, Joseph ve Babaremu 2019)

Günümüzde atıkların yeniden değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar gerek ekonomik gerekse çevresel kaygılar nedeni ile hız kazanmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda, atıkların yeniden değerlendirilerek, ses yutma panelleri gibi uygulamalarda kullanılabileceği ortaya konulmuştur (Echeverria ve ark. 2018). Kang ve arkadaşlarının, (2009) piriç kabuğu-talaş kompozit ses yutma katsayısını araştırdıkları çalışmalarında, levhaların yoğunluğunun artması ile kompozitin ses absorpsiyonunun arttığını ortaya koymuşlardır. Piriç kabuğu-talaş kompozit levhaların, yüksek ses yutma

katsayıları nedeniyle inşaatta ses yutucu bariyerler olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Tuic ve arkadaşları (2018) testere talaşı poliüretan köpük kompozitlerin ses yutma özelliklerini incelemişlerdir. Ses yutma özelliklerinin talaş partikül boyutuna, bağlayıcı yüzdesine ve kompozitin kalınlığına göre değiştiği sonucuna varmışlardır. Iannace (2017) yaptığı araştırmada, saman, ot, süpürgelik, bitki parçası, iri taneli kestane yongaları ve ince taneli kavak odun yongaları gibi malzemelerin 200 ve 2000 Hz. frekans aralığında akustik yutma katsayılarını belirlemişlerdir. Ölçüm sonuçlarına göre numune kalınlığının artırılmasının, ses yutma katsayısı değerini artırdığını, düşük ve yüksek frekanslardaki maksimumlar arasındaki mesafenin azaldığını rapor etmişlerdir. Pampuro ve arkadaşları (2018) tarımsal atıklardan üretilen iki farklı kompostun yoğunluk, dayanıklılık ve parçacık boyutuna bağlı ses yutma özelliklerini irdelemişlerdir. Çalışma sonucunda kompostların partikül boyutunun, fiziksel ve akustik özellikler üzerinde önemli bir rol oynadığını göstermişlerdir. Borrel ve arkadaşları (2020) yoğunluk, şekil ve gözeneklilik açısından farklı özelliklere sahip dört çeşit meyve çekirdeği ile yürüttükleri çalışmada ses emiliminin meyve çekirdeğinin cinsine ve numunenin kalınlığına bağlı olarak değiştiğini göstermişlerdir. Panellerin ses yutma katsayılarının 550 Hz (HERTZ) ile 1500 Hz frekans aralığında, bazı örneklerde 0.7 ile 0.95 katsayılarına ulaştığını rapor etmişlerdir.

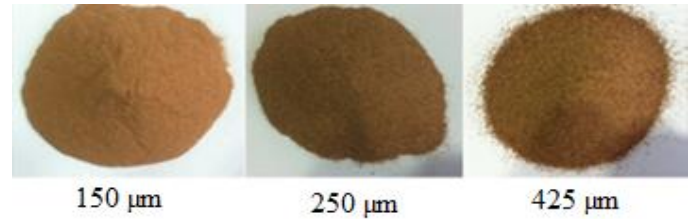
Fei ve arkadaşları (2018) termoplastik kauçuk (TPR, polipropilen / etilen propilen dien monomer) kompozitlerin içerisine içi boş cam mikro küreler takviye ederek yaptıkları çalışmada cam kürelerin ses yalıtımının yanı sıra, mekanik özellikleri de güçlendirdiğini rapor etmişlerdir. Mikro ölçekli dolguların heterojen dağılımının, kompozitlerin iletim kaybı (STL) değerini büyük ölçüde etkilediğini belirlemişlerdir. Durdurulan ses empedansı ve güçlendirilmiş ses yalıtımı için malzemenin sertliğinin çok önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Bu çalışmada, fındikkabuğu partikülleri (FKP) sertliği farklı mineral dolgu maddeleri (camküre (CK), wollastonit (WO), ve mika (Mİ)) ile karıştırılıp polimetilmetakrilat matrisli kompozitler üretilmiş ve oluşturulan kompozitlerin ses yutma katsayıları ISO 10534-2 prosedürüne uygun olarak belirlenmiştir. İlave edilen bu dolguların kompozitin elastik davranışını değiştirdiği bilinmektedir. Araştırmada, fındikkabuğu tozuna katılan inorganik dolgu maddelerinin kompozitin elastik özelliklerini değiştirme yolu ile ses yutma özelliklerini etkilediği belirlenmiştir.

MATERYAL VE METOD

Materyal

Fındikkabuğu-polimetilmetakrilat kompozitlerin oluşturulması için, öğütücüler yardımı ile fındık kabuğu tozu hazırlanmıştır. Geniş bir dağılım gösteren fındikkabuğu tozu'nun etkilerini belirlemek amacı ile, elde edilen fındık kabuğu partikülleri (FKP) farklı göz açıklıklarına sahip (150, 250, 425 μm) laboratuvar elekler yardımı ile boyutlandırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Kompozitlerin üretiminde kullanılan farklı boyutlardaki tozların görüntüsü

Kompozit içerisine ilave edilen mineral katkılar, Omya firmasının (Omya Madencilik Mithat Ünlü Sokak No:7, D:4/Zincirlikuyu Beşiktaş / İstanbul) Türkiye distribütörlüğünden temin edilmiştir. Kullanılan minerallerin bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir (Omya 2021).

Çizelge1. Kompozitlerde katkı maddesi olarak kullanılan minerallerin bazı özellikleri

Malzeme/ Özellikler	Cam küre	Wollastonit	Mika
Sertlik, Mohs	6	4.5-5	2-2.5
Erime noktası °C	7300	1540	1300(Bozun.)
Yoğunluk, gr/cm ³	2.60	2.8-3.9	2.8-2.9
Partikül büyüklüğü(µm)	70-110	2-40	25-98

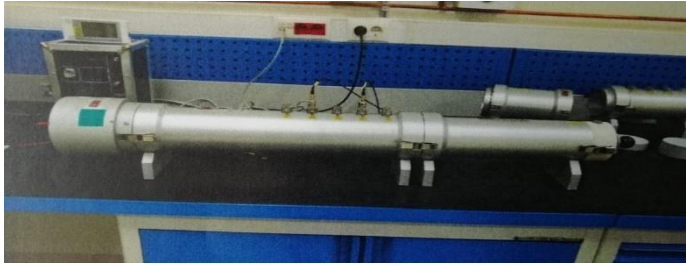
Fındikkabuğu-polimetilmetakrilat (PMMA) kompozitlerin oluşturulmasında kullanılan matris malzemesi Otto Bock firmasının (Almanya) Türkiye temsilciliğinden sağlanmıştır. Kullanılan polimetilmetakrilat matris malzemesinin sertleştirilmesi için aynı firmadan peroksit esaslı kimyasal madde temin edilmiştir. Standart PMMA ait bazı mekanik özellikler Çizelge 2'de verilmiştir(Callister 2007, Xiaofei ve ark. 2014).

Çizelge 2. Standart PMMA'nın mekanik özellikleri

Kopma uzam. (%)	Sertlik Rockw. (M)	Darbe day. (kJ/m ²)	Poisson oranı	Elastis. mo. N/mm ²	Çekme day. (N/mm ²)
0.5-5	93	11	0.35-40	3300	60-70

Metod

Bu çalışmada fındikkabuğu/polimetilmetakrilat kompozitlerin ses absorpsiyon, α (normal insidans ses yutma katsayısı) özellikleri çift mikrofonlu akustik empedans tüpü (Brüel&Kjaer PULSE™) ile belirlenmiştir (Şekil 2) Ölçümler ISO 10534-2: 2002 esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Geniş tüp (100 mm, model 4206) 50 Hz ila 1600 Hz, dar tüp (29 mm, model 4206) 500 Hz ila 6400 Hz frekans aralığındaki ses yutma katsayısını belirlemek için kullanılmıştır. Numunelerin ölçüm tüpüne uygun şekilde yerleştirilmesi amacıyla, 40 mm uzunluğunda ve 29 mm çapında bir çubuk kullanılmıştır. Malzemenin ses yutma katsayısını belirlemek amacı ile üç farklı numune üzerinde ölçüm yapılmış ve verilerin ortalaması alınmıştır.



Şekil 2. Çift mikrofonlu empedans tüpü (model 4206)

Örneklerin Hazırlanması

Fındikkabuğu/polimetilmetakrilat kompozitlerden deney numunesi oluşturmak amacı ile teflon (PTFE) malzemeden döküm kalıpları hazırlanmıştır. Polimetilmetakrilat matrise, matris ağırlık oranına göre % 2 peroksit sertleştirici ilave edilmiş ve karışım homojen oluncaya kadar manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Daha sonra farklı büyüklükte (150, 250, 425 μ m) ve matris kütlesi üzerinden % 15 fındikkabuğu eklenmiştir. Hazırlanan karışıma 2.5, 5 ve 10 oranlarında mineral dolgu maddeleri karıştırılarak sıvı döküm malzemesi oluşturulmuştur. Homojenliği sağlamak amacı karışım karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra teflon kalıplara dökülmek sureti ile işlenmemiş test numuneleri elde edilmiştir. Numuneler nihai kür uygulaması için 24 saat boyunca 80 °C fırında bekletilmiştir. Numuneler otomatik tezgahlarda standartlara uygun şekilde 29 ve 100 mm çaplarında işlenmiştir (Şekil 3).

Fiziksel ve Kimyasal Karakterizasyon

Fındikkabuğu'nun yoğunlukları piknometre yöntemi ile belirlenip, ölçüm işleminde sıvı olarak aseton kullanılmıştır.



Şekil 3. Dökülmüş ve işlenmiş kompozit ses yutma numunesi (çap100 mm)

Fındikkabuğu tozunda bulunana kimyasal materyallerin oranı kimyasal analiz kapsamında, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Bölümü odun kimyası laboratuvarında, holoselüloz *Wise'nin klorit* metodu ile, Alfa selüloz *TAPPI T 203 os-71* yöntemi ile, lignin *TAPPI T 222 om-88* metodu ile belirlenmiştir.

X-ışını kırınım testi, bakır radyasyonlu gelişmiş Diffractometer (Europe 600 XRD) ile gerçekleştirilmiştir. Cu Ka, 40 kV ve 30 mA'da çalıştırılmıştır. Tarama aralığı 10-30, adım boyutu 0.02 ve tarama hızı 0.4 / dakika olarak seçilmiştir. Elde edilen sayısal değerler ve denklem 1 yardımı ile malzemelerin kristalin yüzdeleri belirlenmiştir (Segal ve ark. 1959).

$$Crl = (I_{002} - I_{am}) \times 100 / I_{002} \quad (1)$$

Burada I_{002} , 002 kristalin zirvesinin maksimum noktası ve I_{am} , 101 ve 002 pikler arasındaki amorf malzemenin en düşük noktasıdır.

Kırık yüzeylerin taramalı elektron mikroskopisi görüntüleri, yüzeylerin altın ile kaplanmasından sonra JEOL Ltd. JSM-5910 marka ve kodlu cihaz kullanılarak elde edilmiştir. Görüntülerin yorumlanması fındikkabuğu partikülü/polimetilmetakrilat kompozitin kırık yüzeylerinin detaylı incelenmesi ile gerçekleştirilmiştir.

Kompozitin yoğunluğu arşimed yöntemi ile belirlenip içerisindeki boşluk miktarı formül 2 yardımı ile hesaplanmıştır (Segal ve ark. 2015)

$$V_v = 100 - \rho_c \left(\frac{\%m_m}{\rho_m} + \frac{\%m_f}{\rho_f} \right) \quad (2)$$

Burada V_v boş hacim oranı, ($\% m_m$) matris kütle oranı ($\% m_f$) fiberin kütle oranı, ρ_c , ρ_m , ρ_f sırasıyla kompozitin, matrisin ve fiberin yoğunluklarıdır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Fındikkabuğu Tozunun Kimyasal Analizi ve Yoğunluğu

Fındikkabuğunun kimyasal analiz sonuçları ve yoğunluğu Çizelge 3’de verilmiştir. Fındikkabuğu tozunun yoğunlukları tane boyutuna göre değişmiştir. Yoğunluk 150 μm partikül boyutu ile 425 μm partikül boyutu arasında % 6 değişim göstermiştir.

Çizelge 3. Fındikkabuğu tozunun elementel analiz sonuçları.

FKP	Holysel.%	α -sel. %	Hem.sel. %	Lignin %	Yoğunluk gr/cm ³
FKP 150	54.61	29.94	24.67	31.87	1.28
FKP 250	54.77	30.83	23.94	33.08	1.31
FKP 425	54.24	31.71	22.53	34.12	1.36

Fındikkabuğu Tozunun X-Işını Kırınımı Analizi

Fındikkabuğu içerisindeki selülozun tipik kristal kafesine ait X-ışını kırınım desenleri Şekil 4a ve b’de verilmiştir. Selüloz yapıya ait (101) ve (002) düzlemlerine karşılık gelen iki teta değerleri 150, 250, 425, μm olan fındikkabuğu partiküllerinde sırasıyla 18.68-22.36, 18.81-22.00 ve 18.83-22.00’dir. Bu veriler değerlendirildiğinde tozun büyüklüğü artığında 2 teta değerlerinde artış meydana gelmiştir.

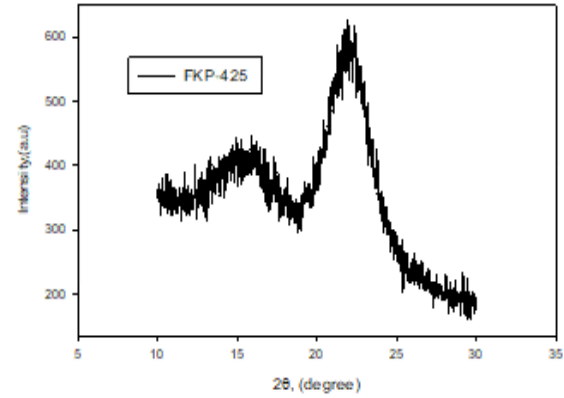
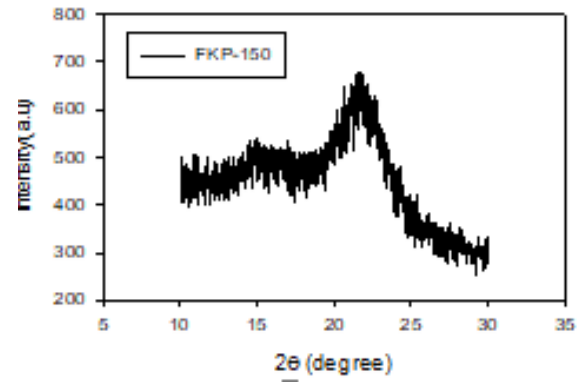
Fındık kabuğu ununun kristalin indeksi (Crl), Segal ampirik yöntemi (Jonoobi ve ark. 2010) kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntem, aşağıdaki denklem vasıtası ile kristalin indisinin hızlı ve basit bir şekilde hesaplanmasını sağlamaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda, sisal, keten, kenevir, kenaf gibi selüloz elyaf çeşitlerinin kristalinite indeksini ölçmek için araştırmacılar aynı yöntemi kullanılmıştır (Roncero ve ark. 2015).

Şekil 4a ve 4b’de elde edilen sayısal veriler yardımı ile I_{002} ve I_{am} değerleri belirlenmiştir. Formül (1) yardımı ile maksimum tane büyüklüğü 150, 250, 425, μm olan fındikkabuğu tozlarının kristalinite indekslerinin sırasıyla, 36%, 39%, 43%, olduğu ortaya konulmuştur. Yoğunlukla kristalin indeksi birlikte irdelendiğinde her iki verinin birbirini teyit ettiği görülmüştür.

Kompozitin Yoğunluğu ve Boşluk Hacim Fraksiyonu

Kompozitin yoğunluğu arşimed yöntemi ile belirlenip, içerisindeki boşluk miktarı formül 2 yardımı ile hesaplanmıştır. Çizelge 4’de partikül boyutuna göre sade

fındikkabuğu kompozitlerin yoğunluğu ve boşluk hacim oranları sunulmuştur. Bununla birlikte en yüksek ses yutma katsayısı değerlerini ortaya koyan 250 mikron partikül boyutuna sahip mineral katkılı kompozitlerin yoğunluğu ve boş hacim fraksiyonu değerleri verilmiştir. Çalışmada sade fındikkabuğu kompozitlerin ses yutma katsayısının, fındikkabuğu partiküllerinin yoğunlukları ve partikül büyüklüğü ile doğru orantılı olduğu sonucuna varılmıştır. Mineral takviyeli kompozitlerin ses yutma katsayısı kompozitin yoğunluğu ile ters orantılı olarak artmıştır.



Şekil 4a. 150 μm boyutundaki tozun xrd grafiği **Şekil 4b.** 425 μm boyutundaki tozun xrd grafiği

Literatürde bazı çalışmalarda kompozite katılan katkı maddelerinin tane boyutunun artması ve kompozitin yoğunluğunun azalması ile ses absorpsiyonunun artışı ortaya konulmuştur (Qui ve Enhui 2018, Doost-hoseini ve ark. 2014).

Çizelge 4. Kompozitin tane büyüklüğü, yoğunluğu ve boşluk hacim fraksiyonu

Örnekler	Partikül boy (μm)	Komp.yoğ. (g/cm ³)	Boşluk oranı (%)
FKP-150-% 15	150	1.23	0.49
FKP-250-% 15	250	1.22	0.95
FKP-425-% 15	425	1.21	1.78
FKP-250 CK-% 10	250	1.26	10.07
FKP-250 WO-% 10	250	1.31	6.12
FKP-250 Mi- % 10	250	1.25	10.70

Kompozitlerin Ses yutma Özellikleri

150 Mikron (μm) tane boyutunda fındikkabuğu/polimetilmetakrilat kompozitlerde ses yutma katsayısına mineral katkıların etkisi

Cam küre ilavesinin ses yutma katsayısına etkisi

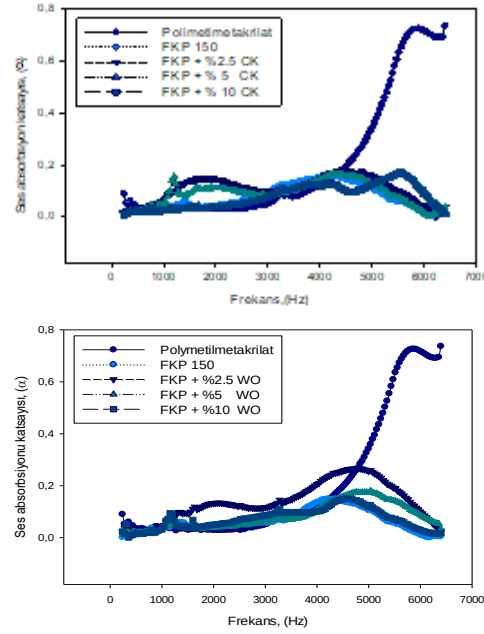
Fındikkabuğu camküre takviyeli kompozitlerin grafiği Şekil 5a'da verilmiştir. Mineral katkı içermeyen fındikkabuğu katkılı kompozitlerin ses yutma katsayısı değeri yaklaşık 4230 Hz'de 0.15 dir. %5 cam küre katkılı kompozitlerde 4180 Hz frekansta ses yutma katsayısı 0.22 olmuştur. Bu oranda, katkı içermeyen fındikkabuğu kompozitlere göre % 47 artış gerçekleşmiştir. Fındikkabuğuna % 2.5 ve % 10 cam küre takviye edilmiş kompozitlerde 4282 Hz'de ses yutma katsayısı 0.16 ölçülmüştür. Her iki kompozitde de ses yutumunda % 7'lik bir artış gerçekleşmiştir.

Wollastonit ilavesinin ses yutma katsayısına etkisi

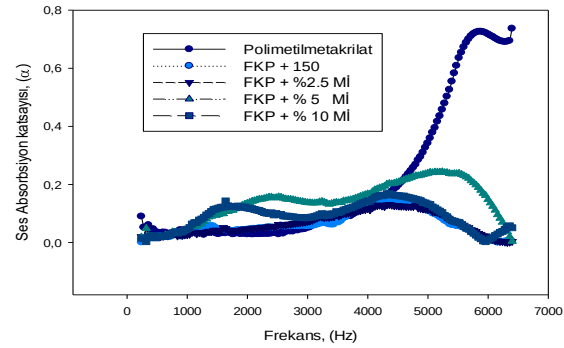
Fındikkabuğu wollastonit kompozitlerin grafiği Şekil 5b'de verilmiştir. Verilere göre en yüksek ses yutma katsayısı değeri % 2.5 Woollastonit içeren kompozitlerde 4816'Hz'de 0.27' dir. Bu oran fındikkabuğu kompozitlere göre % 80 artışı ifade etmektedir. % 5 wollastonit içeren kompozitler 4884Hz'de 0.18 ses yutma katsayısı değerine sahip olmuştur. % 10 wollastonit içeren kompozitler 4415Hz'de yaklaşık 0.15 oranı ile en düşük ses yutma değerine sahip olmuştur.

Mika ilavesinin ses yutma katsayısına etkisi

Fındikkabuğu partiküllerine mika ilavesi ile oluşturulan kompozitlerin grafiği Şekil 6'da verilmiştir. Grafiğe göre, %15 sade fındikkabuğu içeren kompozitlerde 4282 Hz'de 0.15 ses yutma katsayısı ölçülmüştür. %2.5 mika ilavesi ile oluşturulan kompozitlerin 4415Hz'de 0.13 oranında ses yuttukları belirlenmiştir. Sade fındikkabuğu kompozitlere göre ses yutmada %15'lik bir düşüş gerçekleşmiştir. % 5 mika katkılı kompozitler 5283Hz'de 0.24 ses yutma katsayısı ile sade fındikkabuğu takviyeli kompozitlerden % 60 daha fazla ses yutmuştur. % 10 mika ilaveli kompozitler, 4347 Hz'de 0.17 ses yutmuş ve fındikkabuğu takviyeli malzemeye oranla %13 daha fazla ses yutumu sağlamıştır.



Şekil.5a Fındikkabuğu cam küre ve 5b wollastonit takviyeli kompozitlerin grafiği



Şekil 6. Fındikkabuğu cam küre takviyeli kompozitlerin grafiği

Yapılan çalışmada saf polimetilmetakrilatın 1718Hz'deki ses yutma katsayısı 0.05 olarak belirlenmiştir. Naderzadeh ve arkadaşları (2018) polimetilmetakrilat matrise silika, çinko oksit ve titanyumdioksit nono partüküllerini ilave ederek oluşturduğu kompozitlerin ses yutma özelliklerini incelemiştir. Yapılan çalışma ile saf polimetilmetakrilatın 1720 Hz'de 0.06 ses yuttuğunu belirlediler. Bu sonuç çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular ile uyumludur.

150 mikron fındikkabuğu ilaveli kompozitlerde, partiküllerin yüzey alanları miktarının 250 ve 425 büyüklüğündeki tozlardan daha büyük olması sonucunda, matris malzemesi ile fındikkabuğu arasında daha kuvvetli ara yüzey bağlantısı olduğu düşünülmektedir. Bu bağlantı nedeni ile gözeneklilik azalmış ve buna bağlı olarak ses yutma katsayısı değerinde önemli bir değişim

gerçekleşmemiştir. Bu durum, malzeme iç yapısının SEM görüntüleri ile de ortaya konulmuştur.

250 Mikron (μm) partikül boyutunda fındikkabuğu/polimetilmetakrilat kompozitlerin ses yutma katsayısına mineral katkıların etkisi

Cam küre ilavesinin ses yutma katsayısına etkisi

Fındikkabuğuna camküre takviyeli kompozitlerin grafiği Şekil 7a'da verilmiştir. Sade fındikkabuğu katkılı kompozitlerin ses yutma katsayısı değeri 1538 Hz'de 0.29 olmuştur. Fındikkabuğu % 2.5 cam küre katkılı kompozitlerde 5100 Hz'de katsayı 0.25 olmuş ve ses yutumunda % 12 düşüş gerçekleşmiştir. % 5 ve cam küre ile takviye edilmiş kompozitlerde maksimum ses yutma katsayısı 4180 Hz'de 0.16'dir ve ses yutumunda % 81'lik düşüş görülmüştür. % 10 cam küre takviyeli fındikkabuğu kompozitlerde 2442 Hz'de 1.0 ses yutma katsayısı değeri elde edilmiştir. Bu sonuç sade fındikkabuğu kompozitlere göre ses yutmada % 245 artışı gösterir.

Wollastonit ilavesinin ses yutma katsayısına etkisi

Fındikkabuğu wollastonit kompozitlerin grafiği Şekil 7b'de verilmiştir. Mineral katkı içermeyen fındikkabuğu katkılı kompozitlerin ses ses yutma katsayısı değeri 1556 Hz'de 0.29 olmuştur. % 2.5 Wollastonit içeren kompozitler en yüksek 4532Hz'de 0.32 ses yutma katsayısı değerine ulaşmıştır. Bu kompozitlerde ses yutumunda % 18 artış gerçekleşmiştir. % 5 wollastonit içeren kompozitler 4264Hz'de 0.13 ses yutma katsayısı değerine sahip olmuştur. Bu kompozitlerde katsayıda % 107 düşüş gerçekleşmiştir. % 10 wollastonit içeren numuneler 5774Hz'de % 24 ses yutmuştur. Bu kompozitlerde sade fındikkabuğu takviyeli numunelere göre ses yutma katsayısı % 13 düşmüştür.

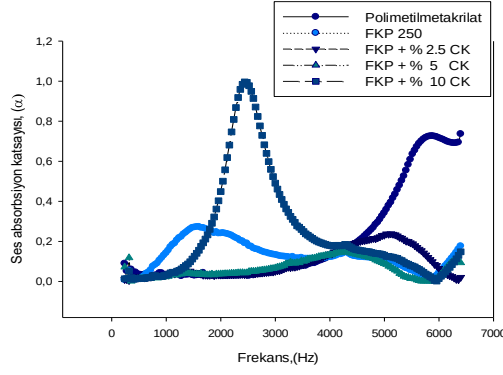
Mika ilavesinin ses yutma katsayısına etkisi

Fındikkabuğu partiküllerine mika ilavesi ile oluşturulan kompozitlerin grafiği Şekil 8'de verilmiştir. Verilere göre %15 sade fındikkabuğu kompozitler 1572 Hz'de 0.29 oranında ses absorbe etmiştir. % 2.5 mika ilavesi ile oluşturulan kompozitlerin 4665 Hz'de 0.17 oranında ses absorbe ettikleri belirlendi. Bu oran fındikkabuğu kompozitlere göre absorbsiyonda % 70'lik bir düşüşü ortaya koymaktadır. % 5 mika katkılı kompozitler 4147Hz'de 0.21 ses absorbe ederek sadece fındikkabuğu takviyeli kompozitlerden % 38 daha az ses absorbe etmiştir. % 10 mika ilaveli kompozitler, 4458 Hz'de yaklaşık 0.96 ses yutumu göstermiş ve mineral içermeyen malzemeye oranla % 231 daha fazla ses absorbe etmiştir.

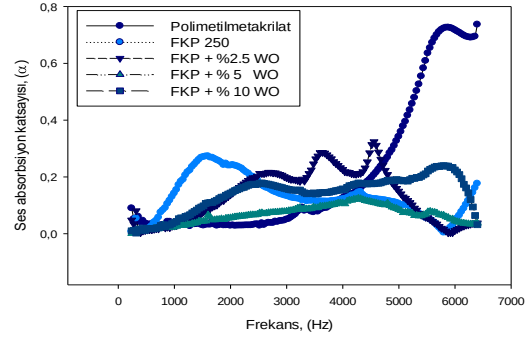
absorbsiyon özellikleri ortaya koymuştur. Burada etkin olan mekanizmaların; kompozite ilave edilen katkı maddesinin ses absorbsiyonu açısından optimum gözenekliliğe neden olması, modülün artmasına paralel biçimde rijitliğin artması ve sesin enerjisinin sürtünme kayıplarına bağlı olarak azalması olduğu düşünülmektedir. Bu olgu araştırmacıların çalışmaları ile ortaya konulmuştur (Brebba ve Wilde 2002).

İlave edilen minerallerden cam küre ve mika parçacıklarının diğerlerinden daha büyük olması kompozitlerin ses yutumunu olumlu yönde etkilemiştir. Lapçık ve arkadaşları (2019) içi boş kalsiyum karbonat küreleri, mika, wollastonit ve camsı perlit gibi minerallerin ses yutma katsayısını araştırdıkları çalışmada sırasıyla 0.25, 0.54, 0.43 ve 0.22 değerlerini elde etmişlerdir. Yazarlar çalışmada mikanın (0.54) wollastonitden (0.43) daha yüksek ses yutma katsayısına ulaştığını gösterdiler.

Kompozite ilave edilen fındikkabuğunun tane boyutunun artması ile kompozitlerde ses yutumu yetenekleride önemli ölçüde artmıştır. Araştırmacılar yürüttükleri bazı çalışmalarda, kompoziti oluşturan katkı maddelerinin tane büyüklüğünün, kompozitin yoğunluğunun ve modülünün artması malzemenin ses yutma özelliğini olumlu yönde etkilediğini rapor ettiler (Chun-Won ve ark. 2012).

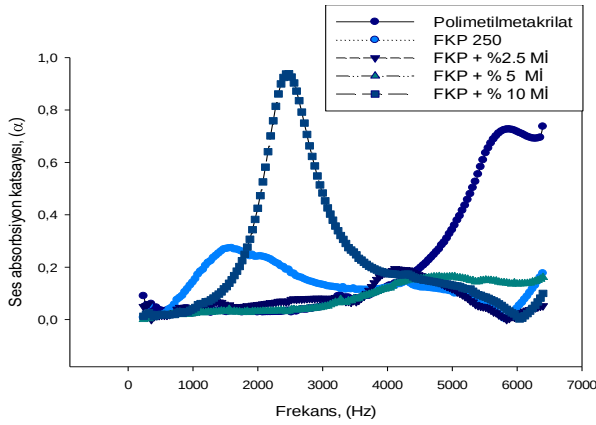


7a



7b

Şekil 7a. Fındikkabuğu cam küre ve 7b wollastonit takviyeli kompozitlerin grafiği



Şekil 8. Fındikkabuğu mika takviyeli kompozitlerin grafiği

425 Mikron (µm) parçacık boyutunda fındikkabuğu/polimetilmetakrilat kompozitlerin ses absorpsiyonuna mineral katkıların etkisi

Cam küre ilavesinin ses yutma katsayısına etkisi

Fındikkabuğu/cam küre takviyeli kompozitlerin grafiği Şekil 9a'da verilmiştir. 425 mikron büyüklükte fındikkabuğu partikülü takviyeli kompozitlerin ses yutma katsayısı değeri 4298 Hz'de 0.16 ölçülmüştür. Fındikkabuğu % 2.5 cam küre katkıli kompozitlerde 5184 Hz'de ses yutma katsayısı 0.25 olmuştur. Bu numunelerde ses yutumunda % 56'lık artış gerçekleşmiştir. % 5 cam küre ilaveli kompozitlerde maksimum ses yutma katsayısı 4230 Hz'de 0.17 ölçülmüş ve ses yutumunda % 5'lik artış gerçekleşmiştir. % 10 cam küre takviyeli fındikkabuğu kompozitlerde ses yutumu en yüksek 6388Hz'de 0.18 olmuş ve % 12 artış meydana gelmiştir.

Wollastonit ilavesinin ses yutma katsayısına etkisi

Fındikkabuğu wollastonit kompozitlerin grafiği Şekil 9b'de verilmiştir. Mineral katkı bulunmayan fındikkabuğu katkıli kompozitlerin ses absorpsiyon değeri 4230 Hz'de 0.16 olmuştur. % 2.5 Woollastonit içeren kompozitlerde en

yüksek 5502Hz'de 0.23 ses yutma katsayısı değerine ulaşılmıştır. Bu oranlar fındikkabuğu kompozitlere göre % 44 artışa karşılık gelmektedir. % 5

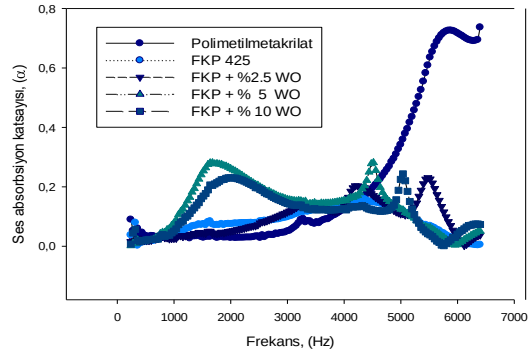
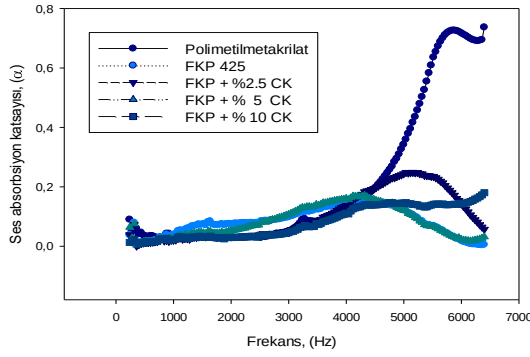
wollastonit içeren kompozitler maksimum 5051Hz'de 0.25 ses yutma oranına sahip olmuş ve sade fındikkabuğu kompozitlere göre % 56 artış gerçekleşmiştir. % 10 wollastonit katkıli numuneler en yüksek 5051Hz'de %25 ses yutma katsayısı değerine ulaşmıştır. Bu kompozitler katkısız fındikkabuğu numunelere göre % 56 daha fazla ses yutmuştur.

Mika ilavesinin ses yutma katsayısına etkisi

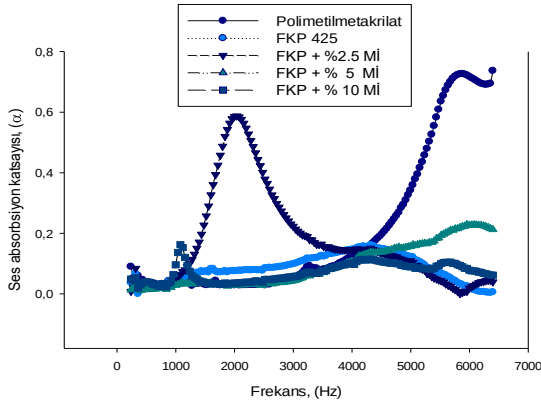
Fındikkabuğu partiküllerine mika ilavesi ile oluşturulan kompozitlerin grafiği Şekil 10 'da verilmiştir. Verilere göre %15 sade fındikkabuğu takviyeli kompozitler 4248 Hz'de 0.17 oranında ses yutmuştur. % 2.5 mika ilavesi ile oluşturulan kompozitler 2041 Hz'de 0.59 oranında ses yutmuştur. Bu kompozitlerde ses yutma katsayısında % 247'lik artış meydana gelmiştir. % 5 mika katkıli kompozitler 6086 Hz'de 0.23 ses yutmuş ve fındikkabuğu takviyeli kompozitlerden % 35 daha fazla ses emilimi sağlamıştır. % 10 mika ilaveli kompozitler, 4314 Hz'de 0.11 ses ses yutmuştur ve saf haldeki malzemeye oranla % 35 daha az ses yutumu göstermiştir.

425 mikron partikül büyüklüğünde fındikkabuğu ile takviyeli kompozitlerde cam küre ve wollastonit'te maksimum ses yutma katsayısı 0.25 olurken mika takviyeli kompozitlerde katsayı 0.59 kadar yükselmiştir.

Mikanın, hem 250 mikron hem de 425 mikron toz boyutlarına sahip fındikkabuğu kompozitlerde ses yutumunda daha etkin olmasının nedeni, mikanın sertlik değerinin diğer minerallerden daha düşük olması olabilir. Bunun yanında partikül büyüklüğünün ve dağılımının da etkin olduğu düşünülmektedir.



Şekil 9a Fındikkabuğu cam küre ve 9b wollastonit takviyeli kompozitlerin grafiği



Şekil 10. Fındikkabuğu mika takviyeli kompozitlerin grafiği

Morfoloji

Sade fındikkabuğu takviyeli kompozitlerin sem görüntüleri Şekil 11 a, b, c, 'de verilmiştir. Görüntülerden, tane boyutu ile homojenlik arasında bir ilişki kurmanın mümkün olduğu gözlenmiştir. Yüz elli mikron tane boyutuna sahip kompozitin, daha pürüzsüz bir kırık yüzey görüntüsü sergilediği görülmüştür(a). Yüzey pürüzlülüğü ve iç yapıdaki boşlukların, tane boyutunun artması ile arttığı sem görüntüleri ile teyit edildi. 250 mikron tane büyüklüğüne sahip kompozitler daha pürüzlü bir görüntü ortaya koydu(b). İki yüz elli mikron büyüklüğünde partikül ile takviyeli kompozitlerde, ses absorpsiyonunu etkileyen mikro boşlukların varlığı teyit edildi(b). 425 mikron takviye büyüklüğüne sahip kompozitlerde topaklanmanın varlığı ortaya konulurken, kırılmanın gevrek tarzda olduğu ve yüzeyde boşluk miktarının az olduğu görüldü(d).

Şekil 12'de 250 mikron partikül büyüklüğüne sahip fındikkabuğu/mineral katkılı kompozitlerin sem görüntüleri verilmiştir. Eklenen mineraller kompozitte gözenekli yapıyı teşvik ederek, ses absorpsiyonuna katkı sağlamış ve kompozitlerin ses absorpsiyon katsayılarında artışa neden olmuştur.

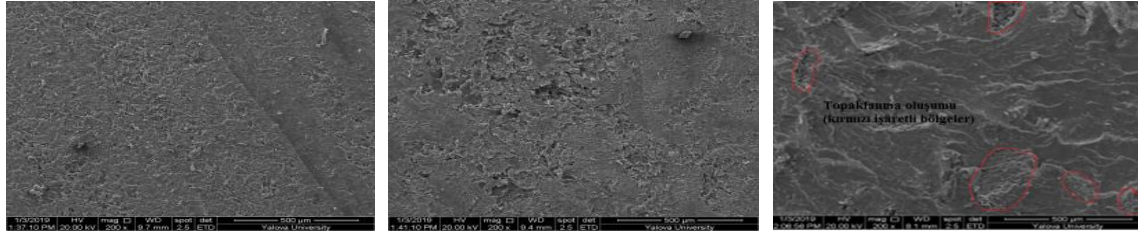
SONUÇ

Fındikkabuğunda dış kabuğa yapışık, kabukla tohum arası bağlantıyı sağlayan yumuşak yapı mevcuttur. Kabuğun boyutları ile ters orantılı olarak yapı içerisine dağılan yumuşak kısımlar partiküller arasında yoğunluk farkına neden olmuştur. En büyük partikül boyutuna sahip tozların kristalin indeksi de en büyüktür. Buda büyük partiküllü tozların yoğunluğunun daha büyük olduğunu teyit eder.

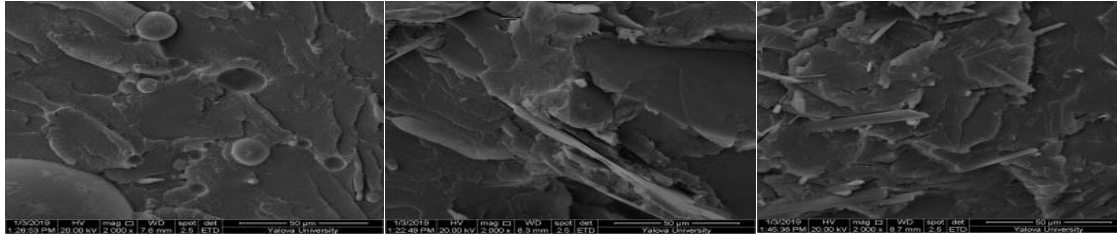
Partikül boyutunun 250 mikron ulaşması ile kompozit içerisindeki boşluk miktarı artmıştır. Bu durum, takviye boyutları daha küçük olan kompozitlere oranla daha fazla ses absorbe etme yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir. 425 mikron takviye büyüklüğüne sahip kompozitlerde ses absorpsiyonunun azalmasının nedeni, homojenliğin azalma ve topaklanma eğiliminin artmasına atfedilebilir.

Kompozit içerisine ilave edilen mineral malzemeleri genel olarak düşük katkı oranlarında gözenekliliği fazla artırmamıştır. Buna bağlı olarak ses absorpsiyonu özelliğine de etkin bir katkı yapmamıştır. % 10 oranında katılan cam küre ve mika daha gözenekli bir yapı oluşturup, yüksek ses absorpsiyonu ortaya koymuştur.

Çalışmanın sonuçlarına göre, 250 ve 425 mikron boyutunda fındikkabuğu tozu kullanılarak üretilen mika ve cam küre kompozitlerin ses absorpsiyonunun en yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu malzemelerin bazı yapısal uygulamalarda 2050-2700 Hertz frekans aralığındaki sesleri absorbe edecek, çevreci paneller olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.



Şekil 11. a)150, b)250, c)425 mikron tane büyüklüğüne sahip kompozitlerin kırık yüzeylerine ait sem görüntüleri



Şekil 12. Fındıkkağıdı ve mineral takviyeli kompozitlerin sem görüntüleri: a) cam küre, b)wollastonit, c) mika

KAYNAKLAR

- Borrell JMG, Sanchis EJ, Alcaraz JS, Belda IM (2020) Sustainable sound absorbers from fruit stones waste. *Applied Acoustics*,161:107174
- Brebbia CA, De Wilde WP (2002) The development of sound absorbing materials using natural bamboo fibers, *High Performance Structures and Composites*, WIT Press, Ashurst Lodge, Southampton, SO40 7AA, UK
- Callister Jr WD (2007) *Materials Science and Engineering An Introduction*, seventh ed., John Wiley & Sons, Inc., Appendix B
- Chun-Won Kang CW, Oh SW, Lee TB, Kang W, Matsumura J, (2012) Sound absorption capability and mechanical properties of a composite rice hull and sawdust board. *J. Wood Sci* 58:273–278
- Doost-hoseini K, Taghiyari HR, Elyasi A (2014) Correlation between sound absorption coefficients with physical and mechanical properties of insulation boards made from sugar cane bagasse, *Composites: Part B*, 58:10–15
- Dungani R, Karina M, Sulaeman SA, Hermawan D, Hadiyane A (2016) Agricultural waste fibers towards sustainability and advanced utilization, *A Review Asian Journal of Plant Sciences*. 15: 42-55
- Echeverria CA, Pahlevani F, Handoko W, Jiang C, Doolan C, Sahajwalla V (2018) Engineered hybrid fibre reinforced composites for sound absorption building applications. *Resources Conservation and Recycling*. 143:1-142019
- Fei Y, Fang W, Zhong M, Jin J, Fan P, Yang J, Fei Z, ID, Chen F, Kuang T (2018) Morphological structure, rheological behavior, mechanical properties and sound insulation performance of thermoplastic rubber composites reinforced by different inorganic fillers. *Polymers*, 10: 276
- Garcia-Garcia D, Quiles-Carrillo L, Montanes N, Fombuena V, Balart R (2018) manufacturing and characterization of composite fibreboards with *posidonia oceanica* wastes with an environmentally-friendly binder from epoxy resin. *Materials*,11: 35 [https://www.omya.com/Türkiye\(bağlantı tarihi Aralık 2021](https://www.omya.com/Türkiye(bağlantı tarihi Aralık 2021)
- Iannace G (2017) The acoustic characterization of green materials”, *Building Acoustics*, 24(2): 101–113
- Jonoobi MJ, Harun P, Tahir L, Zaini S, Saiflu A, Makinejad M (2010) Characteristics of nanofibers extracted from kenaf core. *Bio-Resources* 5 (4): 2556–2566
- Joseph OO, Babaremu KO (2019) Agricultural waste as a reinforcement particulate for aluminum metal matrix composite. A Review. *Fibers*, 7:33
- Kang CW, Oh SW, Lee TB (2012) Sound absorption capability and mechanical properties of a composite rice hull and sawdust board. *J. Wood Sci* 58: 273–278
- Lapčik L, Vašina M, Lapčíková B, Hui D, Otyepková E, Greenwood RW, Waters KE, Naderzadeh M, Ghasemi I, Monazzam MR, Arabalibeik H (2018) An Investigation on Transparency and Mechano-Acoustic Properties of Poly Methyl Methacrylate/ Polycarbonate Based Nanocomposites, *Journal of Polymers and the Environment*, 26:2640–2649
- Pampuro N, Preti C, Cavallo E (2018) Recycling pig slurry solid fraction compost as a sound absorber. *Sustainability*, 10: 277
- Qui H, Enhui Y (2018) Effect of thickness, density and cavity depth on the sound absorption properties of wool boards, *Autex Research Journal*,18: 2
- Roncero MB, Torres AL, Colom JF, T. Vidal T (2005) The effect of xylanase on lignocellulosic components during the bleaching of wood pulps”, *Bioresource Technology*. 96: 21–30
- Segal JE, Yuan XW, Jones MI (2011) Voids Characterisation In Carbon Fibre/Epoxy Composite Laminates”, 18th International Conference On Composite Materials, Icc Jeju Korea August 21-26.
- Segal L, Creely JJ, Martin E, Conrad CM (1959) An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the x-ray diffractometer. *Textile Research Journal*, 29:10-786
- Tiuc AE, Nemeş O, Vermeşan H, Toma AC (2018) New sound absorbent composite materials based on sawdust and polyurethane foam. *Composites Part B: Engineering*, 165:120-130
- Vlček J (2019) Materials characterization of advanced fillers for composites engineering application. *Nanotechnol Rev.*, 8:503–512
- Xiaofei Z, Zhi S, Xiaozhi H (2014) Low temperature fracture toughness of PMMA and crack-tip conditions under flat-tipped cylindrical indenter”, *Polymer Testing*, 38: 57-63

Anaokullarında bulunan çocuk oyun alanlarının tasarım ilkeleri açısından incelenmesi: Aydın kenti örneği

Investigation of children's playgrounds in kindergartens in terms of design principles: the case of Aydın city

Özgür KAMER AKSOY¹, Burçin ÇİLENGER¹, Sude EKİNCİEL¹

¹Adnan Menderes Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Aydın, Türkiye

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1098025

Sorumlu yazar / Corresponding author

Özgür KAMER AKSOY

e-mail: ozgur.aksoy@adu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

04.04.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

06.05.2022

Kabul Tarihi / Accepted

08.05.2022

Elektronik erişim / Online available

15.04.2022

Anahtar kelimeler:

Aydın

Açık alan

Bitki türleri

Donatı elemanları

Peyzaj tasarımı

Keywords:

Aydın

Open space

Plant species

Urban furniture

Landscape design

Özet

Bu çalışmada Aydın ili Efeler merkez ilçesinde yer alan devlet anaokullarına ait dış mekân kullanım şekilleri, kişi başına düşen açık alan miktarları, donatı elemanları ve bitki türleri yerinde gözlem çalışmaları ile incelenmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında, anaokulu bahçelerinin çocuk gelişimine katkısını tespit etmek amacıyla bu alanlarda bulunan oyun alanları tasarım ilkeleri kapsamında değerlendirilerek öneriler sunulmuştur. Çalışmanın ana materyalini Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden elde edilen bilgilerle (okul bahçelerine ait parsellerin açık alan miktarları), İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden ise 9 devlet anaokuluna ait öğrenci ve öğretmen sayıları oluşturmaktadır. Belirlenen okul bahçelerinde yapılan yerinde gözlem çalışmaları sırasında çekilen fotoğraflardan faydalanılarak, okul bahçelerinde bulunan mevcut bitkiler, açık alanlardaki oyun ve donatı elemanları tespit edilmiş; dış mekân kullanımlarına yönelik puanlama tabloları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda temsil derecelerine göre iyi dereceli olarak kabul edilen okullar İstiklal Anaokulu ve Unicef Türkiye Milli Komitesi Seyda Kayhan Anaokulu; orta dereceli olarak kabul edilen anaokulları ise Dalama Anaokulu, Efe Emir Ayşe Çetin Anaokulu, Mimar Sinan Anaokulu, Organize Sanayi Bölgesi Anaokulu, Şehit Polis Demet Sezen ve Zübeyde Hanım Anaokulu'dur. Yunus Emre Anaokulu'nun ise zayıf dereceli olduğu tespit edilmiştir.

Abstract

In this study, the outdoor usage patterns, the amount of open space per capita, the equipment elements and plant species of the public kindergartens located in the central district of Aydın province were determined. In the light of the information obtained, in order to determine the contribution of kindergarten gardens to child development, the playgrounds in these areas were evaluated within the scope of design principles and suggestions were presented. The main material of the study consists of the information obtained from the website of the 'Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü' (open area amounts of the parcels belonging to the school gardens), and the number of students and teachers belonging to 9 state kindergartens from the 'İl Milli Eğitim Müdürlüğü'. In the realization of the study, the existing plants in the school gardens, the playground and equipment elements in the open areas and the observation forms for outdoor use were used through the photographs taken during the examinations and observations made in the selected schools. As a result of the study, the schools that were accepted as good grades according to their representation degrees consisted of İstiklal Anaokulu and Unicef Türkiye Milli Komitesi Seyda Kayhan Anaokulu, while the kindergartens accepted as middle-grade Dalama Anaokulu, Efe Emir Ayşe Çetin Anaokulu, Mimar Sinan Anaokulu, Organize Sanayi Bölgesi Anaokulu, Şehit Polis Demet Sezen Anaokulu and Zübeyde Hanım Anaokulu. It has been determined that Yunus Emre Anaokulu has a weak grade among all others.

GİRİŞ

Ülkelerin gelişmesinde eğitim büyük bir öneme sahiptir. Bireylerin eğitimi ilk olarak aile içerisinde başlayıp daha sonra ise oyun, arkadaş ilişkisi ve sosyal çevrelerin etkisi ile gelişmeye devam etmektedir. Okul öncesi eğitimi dünyanın her yerinde eğitim sisteminin ilk basamağını ve en önemli dönemlerinden birini oluşturmaktadır (Çelik, 2012). Okul öncesi eğitim kurumları içerisinde yer alan anaokulları henüz ilköğretim çağına gelmemiş olan 3-6

yaş grubundaki çocukların eğitimini kapsamaktadır. Kadim'e (2012) göre okul öncesi eğitim kurumları çocukların zihinsel, bedensel, duygusal ve sosyal gelişimlerini sistematik bir şekilde sağlayan, yaş ve yetenek özellikleri ile birlikte becerilerinin gelişmesine yardım eden, onlara olumlu alışkanlıklar ve davranışlar kazandırmayı hedefleyen, ilkokula hazırlayan planlı ve programlı bir eğitim alanıdır (Dilekmen ve Bozan Türün, 2018). Okul öncesi dönemdeki eğitim sürecinde

çocukların gelişimlerini etkileyen en önemli etkenlerden biri de oyundur. Oyun; çocukların isteyerek içinde bulunduğu, belli bir konusu, amacı, kuralı olan ya da olmayan, ancak çocuğun zihinsel, duygusal, sosyal veya fiziksel tüm gelişimlerini destekleyen ve gerçek hayatın bir parçası olarak görülen bir süreçtir. Bundan dolayı çocukların oyun ile aralarında oldukça önemli ve özel bir bağ olduğu söylenebilir (Tekkaya, 2001; Yörükoğlu, 2002; Akkūlah ve Güngör, 2009; Duman ve Koçak, 2012).

Çocuk gelişiminde hareket ve oyunun oldukça önemli olduğu bilinmektedir. Özellikle kentleşmenin artması ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte çocukların evlerde kısıtlanan hareket olanakları geçmişe oranla önem kazanmıştır. Bu durum günümüzde anaokullarında bulunan dış mekânların çocukların zihinsel ve bedensel gelişimi açısından oldukça önemli olduğunu göstermektedir (Arabacı ve Çıtak, 2017). Çocukların doğayla iç içe olacak şekilde sosyal gelişimlerini sağlamak için oyun alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Uslu ve Shakouri'ye (2012) göre oyun alanının tasarımı; alanın büyüklüğüne, iklim koşullarına ve tasarımcının isteğine göre değişkenlik gösterebilir. Bu alanlar; engelli çocukların eşit şartlarda oyun oynayabilecekleri, güvenli, yaratıcı, eğlenceli ve doğal elemanları içermelidir. Bundan ötürü belirli eğitim, yol genişliği, bank boyutları gibi standart ölçülerin dışında tek tip bir oyun alanı tasarımından söz etmek imkânsızdır (Sinan ve Yerli, 2019). Çocuklar iyi planlanmış okullarda ilgi ve yeteneklerine göre çeşitli etkinliklere yönelebilir. Sınıf içi ya da sınıf dışında verim alınabilmesi için mevcut alanlar istenilen şekilde düzenlenmeli ve bilinçli olarak tasarlanmalıdır.

Okul bahçelerinin ve içerisinde bulunan çocuk oyun alanlarının kalitesinde planlama ve tasarım kriterlerinin etkisi çok önemlidir (Arabacı ve Çıtak, 2017). Ayan ve Ulaş'a (2015) göre ülkemizde oyun alanlarının tasarım ve uygulama aşamalarında birçok eksikliğin olduğu, yapılan literatür çalışmalarında belirtilmiştir. Bu durum sonucunda çocukların standartlara uygun olmayan oyun alanlarında oynamak zorunda kaldıkları görülmektedir (Turgut ve Yılmaz, 2010). Oysaki herhangi bir oyun alanının mevcut durumunun iyi veya kötü olması planlanma ve tasarım ilkeleri ile doğrudan ilişkilidir. Bundan dolayı çocuk oyun alanlarında planlama ve

tasarım süreçlerine ilişkin kalite kriterlerinin belirlenerek hazırlanması son derece önemlidir. (Yücel 2005; Arslan Muhacir ve Yavuz Özalp, 2016). Çocuk oyun alanı ve çevresinin analiz edilmesinde materyallerin tasarımının ve doğal elemanların niteliğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu açıdan tasarım ve planlama kriterleri konusundaki çalışmalar incelendiğinde farklı özelliklere bağlı olarak yeterlilik kriterleri geliştirildiği görülmektedir. Söz konusu yeterlilik kriterlerine örnek olarak yaş grubu, konum, büyüklük, erişebilirlik ve engelli erişimi, güvenlik, kuşatma elemanları, sert zemin ve yeşil alan oranı verilebilir. Tasarım ilkeleri kapsamında ise zemin malzemesi, donatı elemanları, bitkisel materyal ve oyun elemanlarının çeşidi gibi kriterler ele alınmaktadır (Arslan Muhacir ve Yavuz Özalp, 2016).

Çocukların sağlıklı gelişiminde fiziksel çevre koşulları oldukça önemlidir. Bu nedenle okulların açık alanlarının çok iyi planlanması, bitkisel ve yapısal peyzaj materyallerinin doğru seçilmesi gerekmektedir. Günümüzde çocuk oyunları dış mekândan iç mekâna doğru yönelmiş ve çocuklara açık alanda oyun oynama imkânı sunan ve yeterli donanıma sahip alanların önemini artırmıştır. Bu kapsamda bu çalışmanın amacı, Aydın ili Efeler merkez ilçesinde yer alan devlet anaokullarının açık alan niteliğinin belirlemesine yönelik bir mevcut durum saptamasıdır. Bu genel amaç doğrultusunda oyun alanlarının güvenlik, bitki kullanımı, fonksiyon, konfor, malzeme, donatı elemanları ve zemin döşemesi açısından uygunluğu gibi ilkelere cevap aranmıştır. Çalışmada, anaokullarına ait açık alanların kullanım şekilleri, kişi başına düşen alan miktarları, açık alanlarda kullanılan donatı elemanları ve bitki türleri belirlenerek, seçilen anaokullarında bulunan açık alanların çocuklara oyun alanı olarak hizmet verip onların gelişimlerine katkı sağlayacak nitelikte olup olmadığı değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, Ege Bölgesinde bulunan Aydın ilinin Efeler merkez ilçesinde yürütülmüştür (Şekil 1). Aydın, kuzeyde İzmir, kuzeydoğuda Manisa, doğuda Denizli, güneyde Muğla illeri ile çevrili olup batısında ise Ege Denizi bulunmaktadır. İl, Efeler merkez ilçe ile birlikte 17 ilçeden oluşmaktadır. 2019 itibarıyla 1.110.972 kişilik nüfusuyla

Ege Bölgesi'nin üçüncü büyük ilidir. Araştırmanın ana materyalini Aydın ilinin Efeler merkez ilçesinde yer alan 9 devlet anaokulu oluşturmaktadır. Çalışma kapsamındaki anaokullarından iki tanesi Efeler Mahallesi'nde yer almaktadır. Bu okullar; Şehit Polis Demet Sezen ve Zübeyde Hanım Anaokulu'dur. Diğer okullar ise her biri farklı olmak üzere Adnan Menderes, Dalama, Fatih, Meşrutiyet, Mimar Sinan, Umurlu ve Osman Yozgatlı mahallerinde yer almaktadır.



Şekil 1. Efeler ilçesi konum haritası

İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden sağlanmış olan anaokulları listesinde yer alan 9 devlet anaokulu seçilerek konumları numaralandırılmıştır (Şekil 2). Bunlar sırasıyla: 1: Dalama Anaokulu, 2: Efe Emir Ayşe Çetin Anaokulu, 3: İstiklal Anaokulu, 4: Mimar Sinan Anaokulu, 5: Organize Sanayi Bölgesi Anaokulu, 6: Şehit Polis Demet Sezen Anaokulu, 7: Unicef Türkiye Milli Komitesi Seyda Kayhan Anaokulu, 8: Yunus Emre Anaokulu, 9: Zübeyde Hanım Anaokulu'dur.



Şekil 2. Araştırma yapılan anaokullarının Aydın ili Efeler merkez ilçesindeki konumları

Araştırmada ilk olarak konu ile ilgili bilimsel kaynaklar (tezler, makaleler, internet siteleri vb.) derlenmiştir. Bu sayede literatürde bulunan okul öncesi eğitim kurumlarının açık alan kullanımına ilişkin değerlendirmeler incelenmiştir. Okul bahçelerinin değerlendirilmesinde ise Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden elde edilen bilgilerle, okul bahçelerine ait parsellerin açık alan miktarları hesaplanmıştır. İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nden ise 9 devlet anaokuluna ait öğrenci ve öğretmen sayılarına ulaşılmıştır. Okullarda yapılan inceleme ve gözlemler sırasında fotoğraflar çekilmiş, okul bahçelerinde bulunan mevcut bitkiler, açık alanlardaki oyun ve donatı elemanları tespit edilmiştir. Çalışmanın diğer ana materyalini, anaokullarında dış mekân kullanımını tespit etmek amacıyla kullanılan mevcut durum puanlama tablosu oluşturmaktadır. Bu puanlama tablosuyla ulaşılabilecek sonuçlara, tasarım ilkelerinin entegre edilmesiyle değerlendirme yapılması amaçlanmıştır. Çalışmanın devamında anaokulu bahçelerinin temsili derecelendirme seviyelerini ortaya koyacak temsili tablo belirlenmiştir. Ölçütlerin ve sayısal değerlerin belirlenmesinde Sinan ve Yerli (2019) tarafından yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır. Mevcut durum puanlama tablosunda yer alan ve alanda bulunan kriterler için ilgili anaokulu 1 puan, eğer kriter inceleme alanında yok ise 0 puan ile derecelendirilmektedir. Kriterlerin toplamının alabileceği en yüksek puan saptanarak (bir anaokulu bahçesinin alabileceği en yüksek değer = $2(4 \times 1) + (8 \times 1) + (7 \times 1) + (5 \times 1) = 28$) hesaplanarak, bu puanlar yüzdelik değerlere dönüştürülmüştür. Sıralamada iyi, orta ve zayıf olarak üç temsili derecelendirme düzeyi belirlenmiştir. Alınabilecek en yüksek puanın (28) %60'ından (17'den) fazla olan anasınıfı bahçeleri "iyi" derecede, %30-60 arasında olanlar (8-17) "orta", %30'undan düşük (8'den küçük) olan anaokulu bahçeleri "zayıf" olarak kabul edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Dış mekan kullanımına göre anaokulu temsili derecelendirme tablosu

Temsil Derecesi	Zayıf	Orta	İyi
Toplam Puan	0-7	8-17	18-28

BULGULAR

Araştırmada incelenen anaokullarına ait niteliklerin temsil derecelerini bulmak amacıyla uygulanan mevcut durum puanlama tablosundan elde edilen bulgular Çizelge 2, dış mekân kullanımına göre anaokulu bahçelerinin temsil

derecelerine ilişkin bulgular ise Çizelge 3'te verilmiştir. Çalışma alanında seçilen her bir anaokulunun mevcut durum tablosu işlenerek yorumlanmıştır. Elde edilen mevcut durum tablolarına örnek olarak Dalama Anaokulu bahçesi mevcut durum puan tablosu Şekil 3'te sunulmuştur.

Çizelge 2. Dış mekân kullanımına göre anaokulu bahçelerinin mevcut durum puan tablosu

Ana Kriter	Alt Kriter	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Çocuk oyun alanı (5 puan)	Tırmanma grubu materyalleri	0	1	1	1	0	0	1	0	0
	Oyun ekipmanları	0	1	1	1	1	1	1	1	0
	Denge grubu oyun materyalleri	0	0	1	0	1	0	1	0	0
	El-göz koordinasyonunu geliştirecek oyuncak veya kullanımlar	0	0	1	0	0	1	1	0	0
	Küçük kas becerilerini geliştirecek materyalleri	0	0	1	0	1	0	1	0	0
Açık-Yeşil alan (8 puan)	Çocuk başına 1,5 m ² alan kullanımı veya toplamda 250 m ² alan	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	Çok yıllık bitki kullanımı	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Tek yıllık bitki kullanımı	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Dikenli bitki kullanımından kaçınma	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	Meyvesi veya yaprağı zehirli bitki kullanımından kaçınma	1	1	1	0	1	0	1	0	1
	Çocukların koklayabileceği ya da yiyebileceği türden bitki kullanımı	1	0	1	1	0	1	1	1	1
	Hobi-hasat bahçesi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ortak kullanıma uygun çok amaçlı alan	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Farklı öğrenme alanları (4 puan)	Kum havuzu	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Kümes	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	Satranç, puzzle gibi mental gelişim köşesi	0	0	1	1	0	0	1	0	0
	Sera	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Güvenlik (4 puan)	Düşme ihtimali olan oyuncakların altında yumuşak zemin	0	1	1	1	1	0	1	1	0
	Bahçeye güvenli giriş çıkış kapısı	1	1	1	1	0	1	1	0	1
	Güvenlik alarm sistemi	0	1	1	1	0	1	1	0	1
	Oyun alanında zemini düz, sabit, dayanıklı ve ıslak-kuru halde kaymayan malzeme	0	1	1	1	0	1	1	0	0
Donatı elemanları (7 puan)	Aydınlatma elemanları	0	1	1	1	0	1	1	0	0
	Bank	1	1	1	1	0	1	1	0	0
	Su ögesi	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Çöp kutusu	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Heykel ve plastik objeleri	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Bilgi iletişim levhaları	0	1	1	1	0	0	1	0	0
	Gölge elemanları	0	1	0	0	1	0	1	0	1
TOPLAM		9	17	20	17	11	13	23	7	10

Çizelge 3. Dış mekân kullanımına göre anaokulu bahçelerinin temsil dereceleri

Okul Bahçesi	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Temsil Derecesi	Orta	Orta	İyi	Orta	Orta	Orta	İyi	Zayıf	Orta
Toplam Puan	9	17	20	17	11	13	23	7	10

Dalama Anaokulu bahçelerinin dış mekân kullanım kriterleri tablosuna göre 9 puan alarak; derecelendirme

tablosuna göre, temsil derecesi “orta” olarak belirlenmiştir. Değerlendirilen okul sınırları içerisinde ilk

ve ortaokulun da bulunduğu fakat anaokulu ve bahçesi tel örgüler yardımı ile ilk ve ortaöğretim statüsündeki çocuklarının kullanmasını engellemek amacıyla sınırlandırılmıştır. Anaokulu bahçesi, çocuk oyun alanı başlığı altında incelenen kriterlerden hiç puan alamamıştır. Alanda mevcut çocuk oyun alanının olmaması çocuk gelişimi açısından büyük bir eksiklik olarak değerlendirilmiştir.

Adı	Dalama Anaokulu	Bahçe alanı	383 m ²	Bahçe Görselleri
Konumu	Dalama Mah.	Öğrenci sayısı	130	
Öğretim şekli	Tekli (normal)	Öğretmen sayısı	8	
Okul Bahçesinde Mevcut Bitkisel Materyaller		Okul Bahçesinde Mevcut Yapısal Materyaller ve Donatılar		
- <i>Pinus pinea</i> - <i>Platycladus orientalis</i> - <i>Cupressus sempervirens</i> - <i>Prunus avium</i> L. - <i>Morus alba</i> - <i>Olea europaea</i> - <i>Fraxinus excelsior</i> - <i>Chamaerops humilis</i> - <i>Pittosporum tobira</i> 'Nana' - <i>Rosa</i> spp. - <i>Viburnum tinus</i>		- Metal bank - Çöp kutusu - Çeşme - Futbol sahası - Basketbol sahası - Voleybol sahası - Atatürk büstü - Sınırlayıcı materyal (tel örgü)		
				
				
				

Şekil 3. Dalama anaokulu bahçesi mevcut durum tablosu

Çok yıllık bitki olarak alanda *Pinus pinea* (fıstık çamı), *Platycladus orientalis* (doğu mazısı), *Cupressus sempervirens* (akdeniz servisi), *Prunus avium* L. (kiraz), *Morus alba* (beyaz dut), *Olea europaea* (zeytin), *Fraxinus excelsior* (adi dişbudak), *Chamaerops humilis* (bodur palmye), *Pittosporum tobira* 'Nana' (bodur yıldız çalısı), *Viburnum tinus* (yaprak dökmeyen kartopu), *Rosa* spp. (gül) gibi kokulu ve meyveli bitkiler kullanılmıştır. Meyvesi ve yaprağı zehirli bitki kullanımından kaçınıldığı fakat dikenli bitki kullanıldığı görülmüştür. Anaokulu bahçesi 383 m²'lik bir alana sahip olup çocuk başına 1,5 m²'den fazla alan düşmektedir. Güvenlik açısından

değerlendirildiğinde bahçeye okul içerisinden girilen güvenli giriş çıkış kapısının mevcut olduğu fakat alarm sisteminin bulunmadığı tespit edilmiştir. Bahçede çocukların oyun oynayabileceği herhangi bir alan ya da materyal bulunmaması nedeniyle yumuşak zemin kullanılmamıştır. Bahçe genel olarak kilit parke, beton zemin ve yeşil alandan oluşmaktadır. Donatı elemanları açısından değerlendirildiğinde ise ilk ve ortaokul bahçesinde bulunan fakat anaokuluna dâhil olmayan Atatürk büstü, bank, çeşme, çöp kutusu, futbol, basketbol ve voleybol alanlarının bulunduğu gözlenmiştir. Bahçede aydınlatma elemanı ve bilgi iletişim levhaları gibi donatı elemanlarının ise kullanılmadığı görülmüştür.

Dış mekân kullanımına göre anaokul bahçelerinin mevcut durum puan tablosunda A2 ile kodlandırılan Efe Emir Ayşe Anaokulu bahçesi dış mekân kullanım kriterleri tablosuna göre 17 puan alarak; derecelendirme tablosuna göre, temsil derecesi "orta" olarak belirlenmiştir. Anaokulu bahçesi, çocuk oyun alanı başlığı altında incelenen değerlendirme kriterlerinden 2 puan almıştır. Bunlar; oyun ekipmanları ve tırmanma grubu materyallerinden alınan puanlardır. Çok yıllık bitki olarak alanda *Pinus pinea* (fıstık çamı), *Cupressus macrocarpa* 'Goldcrest' (limoni servi), *Cupressus sempervirens* (akdeniz servisi) kullanılmıştır. Bu bitkiler okul bahçesine formları ile estetik bir görünüm kazandırmaktadır. Çocukların güvenliği ve sağlığı açısından dikenli bitki kullanımından, meyvesi veya yaprağı zehirli bitki olan türlerin kullanımından kaçınılmış olması doğru bir yaklaşım olarak değerlendirilmiştir. Okul bahçesi toplamda 923.45 m²'lik bir alana sahiptir. Çocuk başına 1.5 m²'den fazla alan düşmektedir. Güvenlik açısından değerlendirildiğinde bahçeye okul içerisinden girilen güvenli giriş çıkış kapısı ve alarm sistemi mevcuttur. Oyun ekipmanları, çocukların yaş gruplarına (3-6 yaş) ve rahatça erişim sağlayabilecekleri standartlara uygundur. Alanda oyun oynarken çocukların düşme ihtimallerine karşı yumuşak zemin olarak nitelendirilen çim kullanılmıştır. Sert zemin ise bahçe içerisinde bulunan sirkülasyonda kullanılmıştır. Çocukların oyun alanında rahatça hareket edebilmeleri açısından zemine sabit, dayanıklı ve kaymayan bir yüzey tercih edilmiştir. Oyun alanını sınırlandırmak amacıyla beton duvar ve *Cupressus macrocarpa* 'Goldcrest' (limoni servi) kullanılmıştır. Donatı elemanları

değerlendirildiğinde ise gölgeleme elemanı olarak ahşap kameriye, çöp kutusu, bilgi iletişim levhaları, Atatürk büstü ve ahşap banklar bulunmaktadır. Alanda bulunan donatı elemanlarından banklar, bilgi iletişim levhaları ve gölgeleme elemanlarının yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Çocukların farklı öğrenme (kümes, sera vb.) alanlarında, hayvanları ve bitkileri tanımaları açısından önemli ve eğitici alanlar bulunmamaktadır. Alanda eğitici alanların eksik olması çocuk gelişimi ve eğitimi açısından büyük bir eksikliktir.

İstiklal Anaokulu (A3) anaokulu bahçelerinin dış mekân kullanım kriterleri tablosuna göre 20 puan alarak temsil derecesi “iyi” olarak belirlenmiştir. Anaokulu bahçesi, çocuk oyun alanı başlığı altında incelenen değerlendirme kriterlerinden 5 puan almıştır. Bunlar; oyun ekipmanları, tırmanma grubu materyalleri, sert zemine çizilmiş geometrik şekil ve seksek vb. materyalsiz oyunlar gibi el-göz koordinasyonunu geliştirecek kullanımlar, küçük kas becerilerini geliştirmek amacıyla okul binasının kenarında bulunan renkli lastikler ve denge grubu materyalleri içermesinden dolayı alınan puanlardır. Çok yıllık bitki olarak alanda *Pinus pinea* (fıstık çamı), *Cupressus sempervirens* (akdeniz servisi), *Olea europaea* (zeytin), *Ligustrum japonicum* (japon kurtbağrı), *Hibiscus syriacus* (ağaçhatmi), *Ficus carica* (incir) ve *Morus alba* (dut) gibi bitkiler kullanılmış, duvarlarında ve korkuluklarında ise *Hedera helix* spp. (duvar sarmaşığı) tercih edilmiştir. Alanda kullanımı tercih edilen bitkilerin görsel anlamda yeşil bir doku oluşturulduğu görülmektedir. *Citrus aurantium* (turunç) bitkisi ilkbaharda açan çiçekleri ve kokusu bakımından tercih edilse de olgunlaşan meyvelerinin düşme tehlikesi olduğu için okul bahçelerinde kullanımından kaçınılmalıdır. *Rosa* spp. (gül) ve *Punica granatum* (nar) bitkileri dikenli olduğundan dolayı tercih edilmemelidir. Anaokulu bahçesi 857.22 m²'lik bir alana sahip olup çocuk başına 1.5 m²'den fazla alan düşmektedir. Güvenlik açısından değerlendirildiğinde bahçeye okul içerisinden girilen güvenli giriş çıkış kapısı, alarm sistemi ve güvenlik görevlisi bulunmaktadır. Bahçede çocuk oyun alanı olarak ayrılan alanda zemin döşemesi olarak kauçuk diğer alanlarda ise beton zemin kullanılmıştır. Bahçe genel olarak kilit parke, beton zemin ve yeşil alandan oluşmaktadır. Donatı elemanları açısından değerlendirildiğinde ise Atatürk

büstü, bank, çöp kutusu, piknik masası, mini baraka, bilgi iletişim levhası, aydınlatma elemanı ve oyun ekipmanları olduğu, su ögesi ve gölgeleme elemanı gibi donatı elemanlarının ise kullanılmadığı tespit edilmiştir.

Mimar Sinan Anaokulu (A4), anaokulu bahçelerinin dış mekân kullanım kriterleri tablosuna göre 17 puan alarak temsil derecesi; derecelendirme tablosuna göre, “orta” olarak belirlenmiştir. Anaokulu bahçesi, çocuk oyun alanı başlığı altında incelenen değerlendirme kriterlerinden 2 puan almıştır. Bunlar; tırmanma grubu materyalleri ve oyun ekipmanlarından alınan puanlardır. Çok yıllık bitki olarak alanda *Platycladus orientalis* (doğu mazısı), *Morus alba* (dut), *Olea europaea* (zeytin) ve *Pinus pinea* (fıstık çamı) kullanıldığı, çocukların koklayabileceği ya da yiyebileceği türden *Prunus cerasifera* (erik) ve *Prunus persica* (şeftali), dikenli bitki olarak ise *Rosa* spp. (gül) kullanılmıştır. Okul bahçesinde kullanılan *Aesculus hippocastanum* (at kestanesi) bitkisi, meyvesi zehirli olduğundan dolayı okul bahçelerinde kullanımından kaçınılmalıdır. *Citrus aurantium* (turunç) ise ilkbaharda açan çiçekleri ve kokusu bakımından görsel bir etki bıraksa da olgunlaşan meyveleri sonrasında düşme tehlikesine karşın okul bahçesi için kullanımından kaçınılmalıdır. Anaokulu bahçesi 707.47 m²'lik bir alana sahip olup çocuk başına 1.5 m²'den fazla alan düşmektedir. Güvenlik açısından değerlendirildiğinde bahçeye açılan iki adet güvenli giriş çıkış kapısı ve alarm sistemi bulunmaktadır. Bahçede, çocuk oyun alanı olarak ayrılan alanın zemininde toprak kullanılmıştır. Farklı kullanım alanlarının bazılarında toprak kullanılırken, ortak toplanma alanı ve diğer alanlarda beton zemin kullanılmıştır. Bahçe genel olarak toprak, beton ve yeşil alandan oluşmaktadır. Donatı elemanları açısından değerlendirildiğinde ise çöp kutusu, bank, aydınlatma elemanları, Atatürk büstü, piknik masası, satranç alanı ve oyun ekipmanlarının olduğu tespit edilmiştir. Giriş kapısında veliler için hazırlanmış tanıtım-bilgi panolarının olduğu ve bahçede su ögesi kullanımların bulunmadığı tespit edilmiştir.

Organize Sanayi Bölgesi Anaokulu (A5) anaokulu bahçelerinin dış mekân kullanım kriterleri tablosuna göre 11 puan alarak temsil derecesi; derecelendirme tablosuna göre “orta” olarak belirlenmiştir. Anaokulu bahçesi, çocuk oyun alanı başlığı altında incelenen değerlendirme

kriterlerinden 3 puan almıştır. Bunlar; oyun ekipmanları, denge grubu ve küçük kas becerilerini geliştiren oyun materyalleri içermesinden dolayı alınan puandır. Bahçe geneline bakıldığında çocuk oyun alanlarının ve diğer kullanımların bulunmaması çocuk gelişimi için yetersiz olarak değerlendirilmektedir. Çok yıllık bitki olarak alanda *Pinus pinea* (fıstık çamı), *Fraxinus excelsior* (adi dişbudak), *Platanus orientalis* (doğu çınarı), *Platycladus orientalis* (doğu mazısı), *Morus alba* (dut), *Nandina domestica* (cennet bambusu), *Morus alba* (dut) gibi sonbahar renklenmesi görülen ve yaprak döken mevsimsel olarak estetik görünüm oluşturan bazı bitkiler kullanılmıştır. Dikenli ve zehirli bitkilerden kaçınılmıştır. Anaokulu bahçesi, 342 m²'lik bir alana sahip olup çocuk başına 1.5 m²'den fazla alan düşmektedir. Güvenlik açısından değerlendirildiğinde bahçeye okul içerisinden girilen güvenli giriş çıkış kapısı ve alarm sistemi bulunmamaktadır. Bahçede oyun alanı olarak ayrılan alanın zemininde çim halı tercih edilmiştir. Bahçenin zemini genel olarak yeşil alan ve topraktan oluşmaktadır. Donatı elemanları olarak değerlendirildiğinde ise gölgeleme elemanı, Atatürk büstü ve çöp kovası olduğu gözlenmiştir. Bank, aydınlatma elemanı, çeşme (su ögesi) vb. gibi kullanımların ise bulunmadığı görülmektedir. Donatı elemanları bakımından oldukça eksikliklerin olduğu ve bu sebeple çocukların bahçe kullanımının kısıtlandığı tespit edilmiştir.

Şehit Polis Demet Sezen Anaokulu (A6), 13 puan almış ve anaokulunun temsil derecesi “orta” olarak belirlenmiştir. Anaokulu bahçesi, çocuk oyun alanı başlığı altında incelenen değerlendirme kriterlerden sadece 2 puan almıştır. Bunlar; oyun ekipmanları ve el-göz koordinasyonunu geliştirecek kullanımlardan alınan puanlardır. Tırmanma ve denge grubu oyun materyalleri, taşınabilir oyun elemanları ve herhangi spor alanı gözlenmemiştir. Çocuk oyun alanı ekipmanları sert bir zemin üzerinde ve plastik malzemeden üretilmiştir. Çok yıllık bitki olarak alanda *Juglans regia* (adi ceviz), *Chamaerops humilis* (bodur palmiye), *Cupressus arizonica* (arizona servisi), *Ligustrum japonicum* (japon kurtbağrı), *Citrus aurantium* (turunç), *Viburnum tinus* (yaprak dökmeyen kartopu), *Hydrangea macrophylla* (ortanca), *Rosa* spp. (gül), *Rosa banksiae* (ponpon gül), *Tradescantia zebrina* (telgraf çiçeği) gibi kokulu ve meyveli bazı bitkiler

kullanılmıştır. Meyvesi ve yaprağı zehirli bitki kullanımından kaçınılmış fakat dikenli bitkilerin kullanıldığı görülmüştür. Anaokulu bahçesi 557.7 m²'lik bir alana sahip olup çocuk başına 1.5 m²'den fazla alan düşmektedir. Güvenlik açısından değerlendirildiğinde bahçeye okul içerisinden girilen güvenli giriş çıkış kapısı, kamera ve alarm sistemi bulunmaktadır. Çocuk oyun ekipmanlarının bulunduğu alanın sert zeminle kaplı olduğu tespit edilmiştir. Bu durum çocukların düşmesi ve kayması gibi durumlarda tehlike yaratabileceği için bu alanlarda yumuşak zemin tercih edilmelidir. Bahçe genel olarak mermer, beton zemin ve yeşil alandan oluşmaktadır. Donatı elemanları açısından değerlendirildiğinde ise Atatürk büstü, bank, çöp kutusu ve aydınlatma elemanlarının mevcut olduğu, çeşme ve bilgi iletişim levhaları gibi donatı elemanlarının ise kullanılmadığı gözlenmiştir.

Unicef Türkiye Milli Komitesi Şeyda Kayhan Anaokulu (A7) 23 puan alarak temsil derecesi “iyi” olarak belirlenmiştir. Anaokulu bahçesi, çocuk oyun alanı başlığı altında incelenen değerlendirme kriterlerinden 5 puan almıştır. Bütün oyun grupları ve farklı öğrenme alanlarının bulunduğu çok kapsamlı bir okul bahçesi olduğu tespit edilmiştir. Bahçede oyun ekipmanları, tırmanma grubu materyalleri, denge grubu oyun materyalleri, basket potası varlığı, el-göz koordinasyonunu geliştirecek oyuncak, küçük kas becerilerini geliştirebilecekleri yere sabit materyal ve çocukların gelişimi için farklı oyun ekipmanları bulunduğu gözlenmiştir. Farklı öğrenim alanları olarak bahçede küçük kas becerilerini geliştirebileceği mini ahşap macera oyun parkuru, çocukların trafik kurallarını uygulamalı olarak öğrenmelerini sağlamak amacıyla küçük bisiklet ve trafik yolu bulunmaktadır. Çocukların canlıları beslenme ve tanıma amacıyla bahçede kümes bulunduğu tespit edilmiştir. Bu eğitici alanları destekleyen sert zemin üzerine çizilmiş geometrik şekiller bulunmaktadır. Anaokulu bahçesinin standartlara göre daha donanımlı olduğu gözlenmiştir. Çocuk oyun alanı ve farklı eğitici alanlar için kum zemin, trafik yolu, otopark ve yaya sirkülasyonu için ise sert zemin tercih edilmiştir. Bahçede genel olarak sert zemin ve yeşil alan kullanımının orantılı olarak dağıldığı görülmüştür. Çok yıllık bitki olarak alanda *Rosa* spp. (gül), *Hydrangea macrophylla* (ortanca),

Cupressus macrocarpa 'Goldcrest' (limoni servi), *Pinus pinea* (fıstık çamı), *Chamaerops humilis* (bodur palmiye), *Morus alba* (dut), *Callistemon citrinus* (fırça çalısı), *Buxus microphylla* (küçük yapraklı şimşir), *Euonymus japonica* 'Aurea' (altuni taflan), *Salix babylonica* (salkım söğüt), *Citrus aurantium* (turunç), *Hibiscus syriacus* (ağaçhatmi), *Bellis perennis* (koyungözü), *Catharanthus roseus* (pervane çiçeği), *Sedum morganianum* (damkoruğu) ve *Platanus orientalis* (doğu çınarı) kullanılmıştır. Bahçe bitki çeşitliliği bakımından oldukça yoğun ve zengindir. Bahçede çocukların koklayabileceği güzel kokulu çiçekler bulunmaktadır. Meyvesi ve yaprağı zehirli bitki kullanımından kaçınılmış fakat dikenli bitki kullanılmıştır. Anaokulu bahçesi 2096 m²'lik bir alana sahip olup çocuk başına 1.5 m²'den fazla alan düşmektedir. Güvenlik açısından değerlendirildiğinde bahçeye girilen güvenli giriş çıkış kapısı, kamera ve alarm sistemi bulunmaktadır. Donatı elemanı açısından değerlendirildiğinde bahçenin üst kodunda çocuk oyun ekipmanları, Atatürk büstü, gölgeleme elemanları olarak kamerye ve membran çatı, çöp kutusu, aydınlatma elemanı, mini futbol kalesi ve macera oyun alanı aletleri, kümes, otopark, bilgi iletişim levhaları gibi kullanımların, alt kodunda ise su ögesi olarak doğal süs havuzunun mevcut olduğu gözlenmiştir. Bahçede donatı elemanlarından sadece bank kullanılmadığı görülmektedir. Genel olarak anaokulu bahçesinin çocuk gelişim ve eğitimi için oldukça donanımlı ve düzenli olduğu tespit edilmiştir. Bahçede bitki çeşitliliği açısından zengin ve doğru tercihler yapıldığı, çocukların sağlığını tehdit eden kullanımlardan kaçınıldığı görülmüştür. Bahçede kullanılan materyallerin görsel, ilgi çekici ve hoş görüntü oluşturması çocuklar açısından cezbedici nitelikte olduğunu göstermektedir.

Yunus Emre Anaokulunun (A8) ise 7 puan ile temsil derecesi "zayıf" olarak belirlenmiştir. Anaokulu bahçesinde çocuk oyun alanı başlığı altında incelenen değerlendirme kriterlerinden sadece oyun ekipmanının olduğu tespit edilmiştir. Bahçede kaydırak ve salıncaktan oluşan oyun grubu mevcuttur. El-göz koordinasyonunu geliştirecek kullanımlar, tırmanma ve denge grubu oyun materyalleri bulunmamaktadır. Yeşil alan üzerinde bulunan çocuk oyun alanı ekipmanları, metal-plastik malzemelerden oluşmaktadır. Çok yıllık bitki olarak alanda *Aesculus hippocastanum* (at kestanesi), *Pinus*

pineae (fıstık çamı), *Eucalyptus globulus* (mavi okaliptüs) ve *Cupressus sempervirens* (akdeniz servisi) gibi bitkiler tercih edilmiştir. Meyvesi dikenli ve zehirli bitkilerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Anaokulu bahçesi 245 m²'lik bir alana sahip olup çocuk başına 1.5 m²'den az alan düşmektedir. Güvenlik açısından değerlendirildiğinde bahçeye güvenli giriş çıkış kapısının mevcut olduğu fakat alarm ve kamera sisteminin bulunmadığı gözlenmiştir. Pencereler, demir korkuluklar ile kapatılarak çocukların sarkma ve düşmeleri gibi istenmeyen durumların engellenmesi amaçlanmıştır. Bahçe genel olarak beton zemin ve yeşil alandan oluşmaktadır. Donatı elemanları açısından değerlendirildiğinde ise Atatürk büstü ve çöp kutusunun mevcut olduğu, su ögesi ve bilgi iletişim levhaları gibi donatı elemanlarının ise kullanılmadığı tespit edilmiştir.

Son olarak, Zübeyde Hanım Anaokulu (A9), 10 puan olarak temsil derecesi "orta" olarak belirlenmiştir. Anaokulu bahçesi, çocuk oyun alanı başlığı altında incelenen değerlendirme kriterlerinden hiç puan alamamıştır. Alanda mevcut bir çocuk oyun alanının olmaması ve sadece kum havuzunun olması çocuk gelişimi açısından büyük bir eksiklik olarak değerlendirilmektedir. Bahçede eğitici alan olarak teknoloji ve bilim atölyesi bulunmaktadır. Çocukların bu dönemlerinde denge grubu materyalleri, el-göz koordinasyonu ve küçük kas becerilerini geliştirici kullanımlara ihtiyaçları olduğu bilinmektedir. Çok yıllık bitki olarak alanda *Pinus pinea* (fıstık çamı), *Olea europaea* (zeytin), *Viburnum tinus* (yaprak dökmeyen kartopu), *Cupressus sempervirens* (akdeniz servisi), *Ficus carica* (incir), *Grevillea robusta* (gümüşi meşe) gibi bitkiler ve bunlarla birlikte çalı formunda, gösterişli çiçeklere sahip ve hoş kokulu *Chaenomeles japonica* (japon ayvası), *Lavandula angustifolia* (hibrit lavanta) ve *Mentha piperita* (nane) gibi bitkiler tercih edilmiştir. Meyvesi yenen tek yıllık bitki olarak *Fragaria vesca* (çilek) kullanılmıştır. Çok yıllık bitki olan *Hedera helix* spp. (duvar sarmaşığı) kullanımı görsel anlamda yeşil bir doku oluşturulmak için tercih edilmiştir. *Citrus aurantium* (turunç) ise ilkbaharda açan çiçekleri ve kokusu bakımından görsel bir etki bıraksa da olgunlaşan meyvelerin düşme tehlikesine karşın okul bahçesi için kullanımından kaçınılmalıdır. Meyvesi ve yaprağı zehirli bitki kullanımından kaçınılmış fakat dikenli bitki kullanıldığı tespit edilmiştir. Anaokulu bahçesi

413.46 m²'lik bir alana sahip olup çocuk başına 1.5 m²'den az alan düşmektedir. Güvenlik açısından değerlendirildiğinde bahçeye okul içerisinden girilen güvenli giriş çıkış kapısı ve alarm sistemi bulunmaktadır. Bahçe genel olarak toprak zemin ve yeşil alandan oluşmaktadır. Donatı elemanları açısından değerlendirildiğinde ise Atatürk büstü, çöp kutusu ve kum alanının mevcut olduğu, aydınlatma elemanı, bank, gölgeleme elemanı, su ögesi ve bilgi iletişim levhaları gibi donatı elemanlarının ise kullanılmadığı tespit edilmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışma kapsamında Aydın ili Efeler merkez ilçesinde yer alan 9 farklı devlet anaokulu bahçesinde yapılan inceleme ve değerlendirmeler sonucunda mevcut durum puanlama tablosuna göre değerlendirmeler yapılmış ve temsil dereceleri hesaplanmıştır. Bu temsil derecelerine göre iyi dereceli olarak kabul edilen 2 anaokulu bulunmaktadır. Bunlar; İstiklal Anaokulu ve Unicef Türkiye Milli Komitesi Seyda Kayhan Anaokulu'dur. Orta dereceli olarak kabul edilen 6 anaokulu: Dalama Anaokulu, Efe Emir Ayşe Çetin Anaokulu, Mimar Sinan Anaokulu, Organize Sanayi Bölgesi Anaokulu, Şehit Polis Demet Sezen ve Zübeyde Hanım Anaokulu'dur. Zayıf dereceli olarak kabul edilen anaokulu ise Yunus Emre Anaokulu'dur. Araştırma alanında bulunan tüm okullar incelendiğinde Dalama Anaokulu ve Zübeyde Hanım Anaokulu bahçesinde çocuk oyun alanlarının olmadığı tespit edilmiştir. Bundan dolayı bu anaokulları, dış mekân kullanımı mevcut durum puanlama tablosunda bulunan çocuk oyun alanı kriterleri adı altında değerlendirilememiştir. Değerlendirme yapılan anaokullarında ise genel olarak çocuk oyun alanlarında standart oyun ekipmanlarının (kaydırak, salıncak ve tahterevalli) bulunduğu gözlenmiştir.

Açık-yeşil alan kriterleri kapsamında, çocuk başına düşen 1.5 m² alan kullanımının, incelenen okulların çoğunda yeterli büyüklükte olduğu gözlenmiştir. Okul bahçelerinde mevcut bitki kullanımı açısından çok yıllık bitkilerin tercih edildiği, tek yıllık bitkilerin ise sadece Zübeyde Hanım Anaokulu'nda kullanıldığı tespit edilmiştir. Okul bahçelerinde bulunan mevcut bitkilerin seçiminde dikenli bitki kullanımından genel olarak kaçınıldığı ve çocukların koklayabileceği ya da yiyebileceği türden bitkilerin tercih

edildiği tespit edilmiştir. Hobi ve hasat bahçeleri ise hiçbir okulda bulunmamaktadır. Çeşitli ilkelere sahip bir tasarım bilimi olan permakültür uygulamalarıyla doğa ve doğadaki ilişkiler temel alınır. Günümüzde dünyada birçok yerde okullarda uygulanan permakültür tasarımları sayesinde öğrenciler doğal ortamları keşfederek çevrenin karmaşık çeşitliliğine tanık olabilmektedirler (Çağlar Kabacık ve Deretarla Gül). Okul öncesi eğitim kurumlarında yer alan çocuk oyun alanlarında yapılan uygulamalar, çocuklara çevre bilinci kazandırılmasına katkı sağlamaktadır (Kızılkan ve Canbay Türkyılmaz, 2021).

Okul bahçelerinde çocuk gelişimini etkileyen faktörlerden satranç, puzzle vb. gibi mental gelişim köşelerinin ve kum havuzu, sera, kümes vb. gibi farklı öğrenme alanlarının genel olarak bulunmadığı tespit edilmiştir. Güvenlik kriterleri kapsamında, değerlendirilen anaokulu bahçelerinde genel olarak bahçeye güvenli giriş-çıkış kapısı ve alarm sisteminin bulunduğu görülmüştür. Çocuk oyun alanı bulunan okul bahçelerinde çocukların düşme ihtimallerine karşı zemin kaplama malzemesi olarak genellikle düz, sabit, dayanıklı ve ıslak-kuru halde kaymayan malzeme olarak kauçuk, çim halı ve toprak (kum) zemin gibi yumuşak malzemeler tercih edilmiştir (Kısakürek, 2019). Yeşil alanlarda olduğu gibi; doku ve renk farklılıklarıyla, çocukların mekân algısında farkındalığı artırmak mümkündür (Atıcı ve Çelen Öztürk, 2021).

Donatı elemanları kriterleri kapsamında, değerlendirilen anaokulu bahçelerinde genel olarak aydınlatma elemanları, banklar, bilgi iletişim levhaları, çöp kutusu, heykel ve plastik objelerin bulunduğu tespit edilmiştir. Gölgeleme elemanları 4 okulda, su ögesi ise sadece Unicef Türkiye Komitesi Seyda Kayhan Anaokulu'nda kullanılmıştır. Eski okul öncesi eğitim kurumları yönetmeliğinin bahçe düzenlemesiyle ilgili olan 54. Maddesinde; okul öncesi eğitimi kurumlarında, etkinliklerin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için oyun alanı ile bahçenin bulunması ve bu ortamların uygun bir şekilde düzenlenmesi gerektiği vurgusu yapılmıştır (Seçer ve Yalman, 2019). Yönetmelikte okul bahçesinin, eğitim olmadığı zaman aralıklarında düzenlenerek çocukların bilişsel gelişimlerinin desteklenmesinin ve motor becerileri kazanmalarının, rahat bir şekilde oyun

oynamalarının ve çevre sevgisi kazanmalarının göz önünde bulundurulması gerektiğini, özellikle trafik eğitim pisti, kum havuzu, bahçe oyun araçları ve bahçenin ağaçlandırılması için yeterli toprak alan olmasına dikkat edilmesinin gerekliliği belirtilmiştir (Seçer ve Yalman, 2019).

Bu yönetmelikteki maddelerden yola çıkılarak, tüm okulların değerlendirilmesi sonucunda en yüksek puana sahip okul bahçesinin Unicef Türkiye Milli Komitesi Seyda Kayhan Anaokulu, en düşük puana sahip olan okul bahçesinin ise Yunus Emre Anaokulu olduğu belirlenmiştir. Dış mekân oyun alanlarının çocukların yerde oynama, atlama, takla atma, spor yapma için uygun, güvenli ve kullanışlı olması gerekmektedir (Sizhan, 2022). Çalışma kapsamında değerlendirilen anaokulu bahçelerine yönelik tasarım ilkeleri ile ilişkili bazı öneriler sunulmuştur.

-Okulların dış mekân ve iç mekân tasarım kriterleri uyum içinde olmalıdır (Küçük, 2020).

-Bahçe, personelin çocukları her açıdan gözlemleyebileceği şekilde düzenlenmelidir.

-Çocukları her türlü riskten korumak için okul çevresi ve bahçesinde alarm ve güvenlik kameraları bulundurulmalıdır.

-Oyun alanındaki ekipmanların çeşitli kazalara yol açmaması için aralarında en az 2 m mesafe olacak şekilde düzenlenmelidir.

-Anaokullarında bulunan çocuk oyun alanları, farklı hava koşulları dikkate alınarak tasarlanmalıdır.

-Anaokulu bahçelerinde, ebeveynler ve personeller için bekleme, dinlenme ve otopark alanları bulunmalıdır.

-Bahçe büyüklüğüne göre yeşil alanların arttırılmasına yönelik tasarımlar geliştirilmelidir.

-Dikenli ve zehirli meyvelere sahip bitki kullanımları, çocuklar için tehlike oluşturabileceğinden dolayı okul bahçelerinde tercih edilmemelidir.

-Okul bahçelerinin zemini güvenlik açısından düz, sabit, dayanıklı, ıslak-kuru halde kaymayan malzemelerden seçilmeli ve çocukların her türlü oyunu rahatça oynamaları için zemin toprak, çim, beton ya da asfalt olmak üzere üç kısımlı tercih edilmelidir (Kısakürek, 2019).

-Çocuklara yönelik olarak, bahçede farklı öğrenme alanlarına (hayvan bakımı ve bitki yetiştirme) yönelik farklı tasarımlar geliştirilmelidir.

-Bahçelerde bulunan mevcut oyun ekipmanları geliştirilmeli ve fonksiyonellik açısından daha kullanışlı tasarımlar uygulanmalıdır.

-Çim ve yeşil alanların dış mekân kullanımlarında yeri oldukça önemlidir. Bu alanlarda bahçe etkinliklerinin kısıtlanmaması açısından yarı kapalı gölgelik alanlar tasarlanmalıdır.

-Çocuk oyun ekipmanlarında standartlığın dışında, çocukları ilgisini çeken renkler ve fonksiyonlarda oyun alanları tasarlanmalıdır.

-Oyun alanlarında kullanılan zemin döşemelerinde yumuşak ve tartan malzemeler tercih edilmelidir.

-Okul bahçelerini tamamen farklı kullanım alanlarına bölmek yerine mevcut kullanımları eğitici hale getirmek için tasarımlar geliştirilebilir. Örneğin; Unicef Türkiye Milli Komitesi Seyda Kayhan Anaokulu bahçesinde yürüyüş yolları, araç yollarına benzetilerek trafik lambası, yaya geçidi ve trafik levhaları yerleştirilerek trafik eğitim alanı oluşturulmuştur.

-Anaokulu bahçelerinde, sert zemin üzerinde bulunan alanlar (spor alanları, kaykay, seksek, bisiklet vb.) birden fazla fonksiyonu gerçekleştirebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

-Anaokulu bahçelerinde bulunan oyun alanları, çocukları doğayla bütünleştirecek, hayal güçlerini geliştirecek, fiziksel ve bilişsel gelişimlerine katkı sağlayarak doğal olacak şekilde tasarlanmalıdır. Çünkü literatür çalışmalarında, permakültür alanlarının çocuk gelişimine yapay oyun alanlarına oranla daha fazla katkı sağladığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Akkülâh AT, Güngör S (2009) Oyun alanları güvenlik standartlarının araştırılması ve Nenehatun Parkı örneğinde irdelenmesi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi. 23(47): 8-17.
- Arabacı N, Çıtak Ş (2017) Okul öncesi dönemdeki çocukların "oyun" ve "açık alan (bahçe)" etkinlikleri ile ilgili görüşlerinin incelenmesi ve örnek bir bahçe düzenleme çalışması. Mediterranean Journal of Educational Research, 11(21): 28-43.
- Atıcı E. & Çelen Öztürk A. (2021) Sağlıklı Kent Bağlamında Çocuk Parklarındaki Oyun Alanları Analizi: Eskişehir Kenti Örneği. İdealkent, 12(34): 1645-1675. DOI: 10.31198/idealkent.836729
- Ayan S, Ulaş M (2015) The examination of playground equipments which are used in Turkey according to the models in developed countries. Route Educational and Social Science Journal, 2(3): 130-145.
- Çağlar Kabacık S, Deretarla G (2021) Okul öncesi eğitim ve permakültür. Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi-International Journal of Society Research, 11(18): 5140-5155. DOI: 10.26466/opus.910266
- Çelik A (2012) Okul öncesi eğitim kurumlarında açık alan kullanımı: Kocaeli örneği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43(1): 79-88.
- Dilekmen M, Bozan N (2018) Okul öncesi eğitimde oyunun öğretmen görüşlerine göre değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Dergisi, 37: 43-56.
- Duman G, Koçak N (2013) Çocuk oyun alanlarının biçimsel özellikleri açısından değerlendirilmesi (Konya İli Örneği). Türk Eğitim Bilimleri Dergisi, 11(1): 64-81.
- Kadim M (2012) Okul öncesi öğretmenlerinin oyun öğretimine ilişkin öz yeterliklerinin incelenmesi, Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Kısakürek Ş (2019) Çocuk oyun alanlarında güvenlik: Hatay Antakya örneği. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(3): 103-113.
- Kızılkın G, Candan Türkyılmaz (2021) Sürdürülebilir mimari yaklaşım ile tasarlanmış okul öncesi eğitim yapılarında ergonomi kavramının bahriye çok ekolojik anaokulu örneği üzerinden incelenmesi, Yıldız Technical University Faculty of Architecture E-Journal, 16(1): 53-67.
- Küçük A (2020) Mekânda evrensel tasarım ilkeleri ve bu ilkelerin Ayazağa Işık Okulları'nda irdelenmesi, Master's thesis, Işık Üniversitesi.
- Muhacir ESA, Özalp AY (2016) Planlama ve tasarım süreçleri bağlamında çocuk oyun alanlarına ilişkin temel kalite kriterlerinin belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(2): 220-230.
- Seçer Z, Yalman D (2019) Erken Çocukluk Eğitimine Giriş, Okul Öncesi Eğitim Kurumlarında Dış Mekân, [https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/], Erişim Tarihi: 05.05.2020.
- Sinan C, Yerli Ö (2019) Anaokulu bahçelerinde dış mekân optimum kullanım olanaklarının belirlenmesi: İstanbul Anadolu yakasından örnekler. Journal of Forestry, 15: 17-38.
- Sizhan, A (2022) 3-6 Yaş çocuklarının dış mekânda oyun fırsatlarının ebeveyn görüşlerine göre incelenmesi, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tekkaya E (2001) Tasarlanmış çocuk hakları: Ankara çocuk oyun alanları. Milli Eğitim Dergisi, 151. [https://dhgm.meb.gov.tr/yayimlar/dergiler/Milli_Egitim_Dergisi/151/tekkaya.htm], Erişim Tarihi: 05.05.2020.
- Turgut H, Yılmaz S (2010) Ekolojik temelli çocuk oyun alanlarının oluşturulması. III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi, Artvin, pp 1618-1630.
- Uslu A, Shakouri N (2012) Zihinsel ve fiziksel engelliler için hortikültürel terapi, Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 2012, 12 (1): 134-143.
- Yörükoğlu A (2002) Çocuk ruh sağlığı, Özgür Yayınları, İstanbul.
- Yücel GF (2005) Çocuk oyun alanları tasarımı. Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University, 55(2): 99-110.

Odun kömürü ve odun yakıtları alanında Türkiye'nin dünya rekabetindeki konumu

Turkey's position in the world competition in the field of charcoal and wood fuels

Kadri Cemil AKYÜZ¹  Nadir ERSEN²  İlker AKYÜZ¹ 

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye

²Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Türkiye

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1081018

Sorumlu yazar / Corresponding author

Nadir ERSEN

e-mail: nadirersen20@artvin.edu.tr

Geliş tarihi / Received

01.03.2022

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

18.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted

11.05.2022

Elektronik erişim / Online available

16.05.2022

Anahtar kelimeler:

Biyokütle

Odun yakıtları

Odun kömürü

Türkiye

Açıklanmış karşılaştırmalı üstünlük yöntemi

Keywords:

Biomass

Wood fuels

Charcoal

Türkiye

Revealed comparative advantages method

Özet

Enerji ihtiyaçlarının büyük kısmını karşılayan fosil yakıtlarının geleceği hakkında oluşan kötü senaryolar, iklim dengesinin daha çok bozulmasına neden olmayan farklı kaynakların bulunmasını zorunlu kılmaktadır. Bu anlamda gerek geniş kaynak boyutuna gerekse daha az kirlenici etkisine sahip olması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları daha çok ilgi çekmekte ve önem kazanmaktadır. Böylece yenilenebilir enerji kaynak potansiyeline sahip ülkeler enerji piyasalarında aktif ve etkili bir konuma sahip olacaklardır. Bu çalışmada, açıklanmış karşılaştırmalı üstünlük yaklaşımı kullanılarak yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan odun yakıtları ve odun kömürü ihracatını yapan ülkeler ve Türkiye'nin rekabet konumunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için Trademap sitesinden alınan 2011-2020 dönemine ait ihracat verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda 4401 ürün grubunda (odun yakıtları) en yüksek rekabet üstünlüğüne sahip ülke Letonya çıkarken, 4402 ürün grubunda (odun kömürü) ise en yüksek rekabet üstünlüğüne sahip ülke olarak Küba çıkmıştır. Ayrıca, her iki ürün grubunda Türkiye rekabet gücünde artış göstermesine rağmen dünya piyasalarında etkili olabilecek konumdan oldukça uzak olduğu görülmektedir. Endüstriyel anlamda odun hammaddesi kullanan üretim birimlerinin, sistematik bir yapı içinde atıklarının toplanması ve enerji üretimi amacıyla kullanıma hazır hale getirilmesini sağlayıcı yatırımların teşvik edilmesi ile ülkemiz rekabet alanında etkili konuma erişebilecektir.

Abstract

The bad scenarios about the future of fossil fuels, which meet most of the energy needs, necessitate the existence of different sources that do not cause further deterioration of the climate balance. In this respect, renewable energy sources attract more attention and gain importance because they have a large resource area and less polluting effect. Therefore, countries with renewable energy source potential will gain an active and influential position in the energy markets. In this study, it was aimed to determine the competitive position of Turkey and the countries exporting wood fuels and charcoal by using the revealed comparative advantage approach. For this purpose, export data for the period 2011-2020 obtained from the Trademap site were used. As a result of the study, Latvia has the highest competitive advantage in 4401 product group (wood fuels), while Cuba has the highest competitive advantage in 4402 product group (wood charcoal). In addition, despite the increasing competitiveness of Turkey, it is not from a position that can be effective in the world markets. Turkey might one of the countries with a competitive advantage in this field if the wastes obtained from forests and not used industrially are used as an energy source and investors are encouraged to invest in energy source production. Investments should be encouraged to systematically collect wastes of production units using wood raw materials and to make wastes ready for use for energy production. As a result, our country will be able to reach an effective position in the field of competition.

GİRİŞ

Evsel ve endüstriyel anlamda enerji ihtiyaçlarının artması, enerji kaynaklarının azalması, dünya nüfusunun artması ve hayat standartlarının yükselmesi gibi faktörler enerjiye ve özellikle alternatif enerji kaynaklarının aktif hale getirilmesi konusuna çok daha fazla önem verilmesi gerektiğini göstermektedir. Tüm ülkelerin doğrudan ya da dolaylı olarak fikir birliğinde oldukları konuların başında gelen enerji krizinin yakın gelecekte ortaya çıkacağı gerçeği alternatif enerji kaynaklarının önemini vurgular niteliktedir (Karayılmazlar ve ark. 2011, Duran 2020).

Farklı teknik ve yöntemler kullanılarak yapılan enerji sınıflandırılması genel olarak kullanılışları ve dönüştürülebilirlikleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kullanılışlarına göre yenilenemez (fosil kaynaklı ve çekirdek kaynaklı) ve yenilenebilir (hidrolik, biyokütle, rüzgar, hidrojen ve benzeri) enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılırken, dönüştürülebilirliklerine göre ise birincil (kömür, petrol, doğalgaz, nükleer, rüzgar ve benzeri) ve ikincil (elektrik, benzin, kok ve benzeri) enerji kaynakları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Koç ve Kaya 2015).

Dünya yüzeyinde sıcaklıkların yükselmesi olarak tanımlanan ve önlem alınmazsa yakın gelecekte tüm canlıların yaşamını tehdit eden küresel ısınma ve küresel iklim değişikliğinin iki temel nedeninin (doğal nedenler-yapay nedenler) olduğu bilinmektedir. Doğal neden olarak tanımlanan etkenler üzerinde insanın yönlendirici etkisi bulunmamasına rağmen yapay neden olarak kabul edilen (fosil yakıt kullanımı, sera etkisi, nüfus artışı ve çevresel kirlilik, ormansızlaşma ve şehirlerde oluşan ısı adaları) etkenler de insan tarafından yapılan faaliyetlerin önemli bir etkisinin olduğu aşikar bir şekilde görülmektedir (Bayraç 2010).

Yapılan bilimsel araştırmalar sonucunda iklim değişikliği üzerinde evsel ve endüstriyel amaçlar için kullanılan fosil yakıt tüketiminin en fazla paya sahip olduğu gerçeği küresel ısınma ve sonucunda meydana gelecek tehditlere karşı enerji politikaları üzerinde önemli değişiklikler yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır (Kaygusuz 2002, Demirbaş 2003, Demirbaş 2008, Özcan ve ark. 2015).

Bu anlamda, küresel ısınma ile ilgili ilk ciddi hamle 1972 yılında Birleşmiş Milletler (BM) bünyesinde Stockholm'de ve Türkiye'nin de katılım sağladığı "İnsan ve Çevre Konferansı" gerçekleştirilmiştir. Yapılan konferansa müteakiben küresel iklim değişikliğinin zararlı etkilerinin belirgin olarak ortaya koyulmasını ve önlem alınmasını sağlayıcı nitelikte birçok toplantı ve anlaşmalar yapılmıştır. İklim değişikliği ile mücadele kapsamında 1992 yılında Rio de Janeiro'da BM himayesinde yapılan görüşmeler sonucunda imzaya açılan üç sözleşmeden biri olan "BM İklim Değişikliği Çerçeve" sözleşmesinin aynı yıl New York'ta imzalanması ile dünyanın ilk iklim sözleşmesi resmîyet kazanmıştır. Emisyonlarda istenilen azaltım sağlanamadığı için 1995 yılında Berlin'de "Berlin Şartı" imzalanmış ve ikinci somut adım olarak ise Japonya'nın Kyoto kentinde 1997 yılında 3. Taraflar konferansı (COP 3) gerçekleştirilmiştir. Bu konferansta "Kyoto Protokolü" imzalanmıştır. Bu protokol 169 devlet ile Avrupa Birliğince onaylanmıştır. 1997 yılında imzalanan Kyoto protokolü özellikle otomotiv ve petrokimya alanlarında etkin olan ülkelerin ilgisiz tavırları nedeniyle bağlayıcı olmayan bir protokol niteliğinde kalmıştır (Çelik, 2009, Köse 2018, Sadioğlu ve Ağıralan 2020). 2015 yılında 197 taraf temsilcisinin kabul ettiği ve 2016-2017 yıllarında BM genel merkezinde taraf devletler ve bölgesel ekonomik entegrasyon örgütlerin imzasına açılan Paris anlaşması ile iklim değişikliğine karşı küresel çapta verilen mücadelede önemli bir dönüm noktası elde edilmiş ve 2030 yılına

kadar sera gazı emisyonlarının %40 düzeyinde azaltılması kararı alınmıştır (Kaya 2020).

Paris anlaşması ülkemiz tarafından 2016 tarihinde 197 ülke temsilcisi ile birlikte imzalanmıştır (Kaya 2020). Küresel nitelikte olan Paris anlaşmasının taahhütleri ise kısaca şu şekildedir (Karakaya 2016):

- Tüm tarafların emisyon azaltımı konusunda yükümlülük alması kabul edilmiştir. Ancak bu azaltım yükümlülüğünde gelişmiş ülkelerin daha fazla azaltım taahhüdü alması ve mutlak azaltım yapması istenirken, gelişmekte olan ülkelerin ise ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluk ilkesi gereği mevcut kapasitelerine göre bir azaltım yapması beklenmektedir. 2050 sonrası için ise öncelikle gelişmiş ülkelerin sıfır emisyon sağlayacak (carbon neutral) konuma gelmeleri istenmektedir.

- Sanayi devriminden bugüne kadar 1^o dereceye ulaşan yerkürenin ısınmasının 2^o derecenin daha altına ve mümkün olduğunca 1.5^o seviyelerinde tutulmasına karar verilmiştir.

- Gelişmiş ülkeler gelişmekte olan ülkelere düşük-karbonlu ve iklime dirençli kalkınmayı sağlayacak dönüşümü gerçekleştirmesi için gerekli olan iklim finansmanı, teknoloji ve kapasite geliştirme desteği sağlamaları gerekmektedir. Bu anlamda gelişmiş ülkeler 2020 yılına kadar gelişmekte olan ülkelere 100 milyar dolar iklim finansmanı sağlamaları ve 2025 sonrası için bu rakamın taban olarak esas alınıp daha fazla finansman sağlaması istenmektedir.

- Ülkelerin emisyon azaltımları konusunda almış oldukları hedefler, geliştirdikleri politikalar ve hedefe ulaşma konusundaki ilerleme durumu şeffaf ve hesaplanabilir bir yöntemle yapılmalıdır ve gözden geçirmeye tabi olacaktır.

- Bilimin öngördüğü yeni bulguları da esas alarak, ülkelerin her beş yılda bir düzenli olarak daha fazla azaltım yükümlülüğü almaları istenmektedir.

- Paris Anlaşması iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı uyum (adaptasyon) sağlanması konusunu güçlü bir şekilde vurgulamakta ve özellikle bundan en fazla etkilenecek savunmasız az gelişmiş ülkelerin desteklenmesi konusunda taahhütlerde bulunmaktadır.

Türkiye Paris anlaşmasını gelişmiş ülke statüsünde imzalamış olması nedeniyle gelişmekte olan ülkelere verilmekte olan teknik ve finansal destek tutarından yararlanamayacaktır (Sadioğlu ve Ağıralan 2020).

Anlaşma Ekim 2021 tarihinde Cumhurbaşkanı kararı ile onaylanmış ve iç hukuk açısından onay süreci tamamlanmıştır. Paris anlaşmasının zayıf yanı hukuki olarak yaptırım getirmeyecek olması ve imzalayan devletlerin isteğine bağlı olmasıdır. Anlaşma sonucunda belirlenen düzenlemelerin yapılması her ne kadar isteğe bağlı olsa da küresel iklim sorunu ve dünya geleceği üzerinde oluşturacak olduğu olumsuz etkiler çok daha belirgin düzeydedir. Bu nedenle fosil yakıtlarının oluşturmakta olduğu olumsuz katkılardan kurtulmak ve alternatif enerji kaynakları kullanım yolunu seçmek her ne kadar hukuki zorunluluk oluşturmaya da gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin yönelmek zorunda oldukları bir süreci karşımıza çıkaracaktır. Çevrenin korunması ve endüstriye üretimin bir arada olması ancak sera gazı emisyon oranlarını azaltıcı önlem ve alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımından geçmektedir (Karakaya 2016, URL-1 2021).

1987 yılında imzalanan ve 196 ülkenin taraf olduğu Montreal sözleşmesine Türkiye 1991 yılında taraf olmuştur. Bu sözleşme ile ozon tabakası iyileştirilmeye ve iklim değişikliğinin yavaşlatılmasına çalışılmıştır. Türkiye'de Montreal sözleşmesi 2019 yılında yürürlüğe girmiştir. Türkiye 2004 yılından itibaren "Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" ve "Kyoto Protokolü'ne" katılmıştır. Birleşmiş milletler iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi Türkiye'de 2004 yılında yürürlüğe girmiştir. Kyoto protokolü 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Türkiye 2007'de Marakeş 7'nci Taraflar Konferansı'nda, Kyoto Protokolü'nün EK-II listesinden EK-I listesine alınmıştır. Ülkemiz bu protokole 2009 yılında taraf olup, 2011 yılına kadar imza atmamıştır. Türkiye'de 2005 yılından beri gönüllü olarak karbon piyasalarına yönelik projeler yapılmaktadır. Bu projelerin çoğunluğunu hidroelektrik santralleri projeleri oluşturmaktadır. Bu projeyi sırasıyla: rüzgâr santralleri, biyogaz, enerji verimliliği ve jeotermal projeleri takip etmiştir. 9 Ekim 2013 tarihinde resmî gazetede yayımlanarak, gönüllü karbon piyasasına yönelik projelerin kayıt altına alınması ve bu projelerden elde edilen karbon sertifikalarının takibine ilişkin tebliğ yürürlüğe girmiştir. 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun (Yenilenebilir Enerji Kanunu, YEK) 2005 yılında yürürlüğe girmiş olup yenilenebilir enerji alanında ivme yakalanmıştır (Çelik, 2009, Yılmaz ve Hotunluoğlu 2015, Gürbüz ve ark. 2019, Horasan 2021).

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemini giderek arttıran, yakın gelecekte önemli bir ticari

pazar konumuna sahip olacak olan ve biyokütlenin alt bileşenlerden olan odun yakıtları ve odun kömürü ticaretinde Türkiye'nin diğer ülkeler arasında ne düzeyli bir rekabet konumuna sahip olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yenilenebilir Enerji ve Biyokütle

Günümüz dünyasında enerji ihtiyacının önemli bir kısmı fosil yakıtlarından karşılanmaktadır. Rezerv miktarları gittikçe azalan bu yakıt türü, özellikle gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyüme çabaları nedeniyle büyük baskı altındadır. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) tarafından yapılan çalışmalara göre 2030 yılında enerji talebinin günümüze göre %60 oranında artış göstereceği, fosil yakıtlarının hâkim konumunu sürdüreceği ve 2040'lı yıllarda ise yenilenebilir enerji kaynakları payının %16.1 olması öngörülmektedir (Duran 2020).

Dünya enerji piyasalarında hâkim konumda olan fosil yakıtları, stratejik açıdan kaynak sahibi olan ülkelere ve bölgelere büyük önem ve değer sağlamaktadır. Kaynak bakımından dışa bağımlı olan ülkeler ise sürekli tedirginlik ve baskı altında uluslararası ilişkilerini şekillendirmek zorunda kalmaktadırlar. Bağımlı olan ülkeler enerji politikalarından savunma politikalarına, ekonomi politikalarından sanayi politikalarına kadar tüm alanlarda bu baskı altında yol belirlemek ve dışarıdan gelecek etkilere karşı hazırlıklı olmalıdırlar. Bu nedenle alternatif ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına verilecek önem stratejik açıdan dışa bağımlılığı azaltacağı gibi ülkelerin tüm ulusal ve uluslararası politikaları üzerinde etkili olacaktır (İlbaş 2014, Sevim 2015).

Fosil yakıtlarının enerji arzındaki üstünlüğüne rağmen gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere hava kirliliğinin artması küresel ısınmanın olumsuz etkileri ve enerjide dışa bağımlılığı azaltılması gibi konular yenilenebilir enerji kaynakları arayışına olan ilgiyi arttırmıştır. Oluşan bu arayış sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artış düzeyi diğer kaynaklardan beş kat daha fazla olmuştur. 1981 yılında 3.9 milyar ton olan kömür üretimi, 2018 yılında 8.1 milyar tona yükselirken aynı dönemde yenilenebilir enerji üretimi 46 kat artışla 53.2 terawatt saatten (TWh) 2468 TWh'e yükselmiştir. 1971-2018 yılları arasında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji yılda ortalama yüzde 9.4 artış gösterirken, aynı dönemde petrolden elde edilen enerji yılda ortalama %1.2 düzeyinde kalmıştır. Oluşan bu değişimlere rağmen fosil yakıtlarının enerji üretimindeki ağırlığı çok fazla değişim göstermemiş ve 1971-2018 yılları arasında %86.3

düzeyinden %81.2 seviyelerine gerilemiştir (İnat ve Daşcıoğlu 2021).

Enerji ihtiyacı için doğal süreçler yardımıyla oluşan kaynaklardan yararlanma olarak özetlenebilecek yenilenebilir enerji, kullanılan kaynakların tükenme hızından daha hızlı bir biçimde yenilenebilen özellikler barındıran yapıdadır. Güneş, rüzgar, biyokütle, okyanus enerjisi, jeotermal, hidrolik ve hidrojen enerjisi yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir (Ürün ve Soyu 2016). Yenilenebilir enerji çevresel sorunların giderilmesine katkıda bulunması, yerli olması, maliyet avantajı sunması ve küresel ısınmaya karşı imzalanan anlaşmalar kapsamında değerli olması nedeniyle de büyük öneme sahiptir (Orucu ve Alp 2007).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri biyokütle olup bu terimin üzerinde anlaşmaya varılmış bir tanımı bulunmamaktadır. Genel olarak biyokütle canlı veya yakın zamanda yaşayan organizmalardan elde edilen organik madde olarak tanımlanabilir (Lewandowski ve ark. 2018). Biyokütle her yerde yetişebilen özellikle kırsal alanlarda sosyo-ekonomik gelişmeye katkı sunan önemli bir enerji kaynağı niteliğindedir. Orman bakım ve üretim çalışmalarında ortaya çıkan ince çaplı materyaller, orman endüstrisinde oluşan talaş ve yongalar, kullanılmayan (hurda) odunlar olmak üzere orman ve odun atıkları, belediye katı atıkları, tarımsal bitki ve artıkları, sert meyve kabukları (zeytin çekirdeği ve posası, fındık, ceviz kabukları) gibi tarımsal atıklar, deponi gazlar biyokütle kaynağı olarak kullanılmaktadır (Tüplek 2011, Karayılmazlar ve ark. 2011).

Türkiye'nin 2018 yılında biyokütle enerji arzı yaklaşık 3.1 milyon TEP (ton eşdeğer petrol) olarak gerçekleşmiş olup, Türkiye'deki toplam biyokütle enerji potansiyeli 14.6-32 milyon TEP arasında değişmektedir. Türkiye mevcut biyokütle potansiyelinin %78-%90'ını değerlendirmemektedir. 2018 yılı toplam nihai enerji tüketimi ise 109.438 milyon TEP olarak gerçekleşmiş ve bu tüketimin 2.548 milyon TEP'lik kısmını biyokütle oluşturmaktadır. Türkiye'nin 2018 yılında elektrik üretimi 303625 GWh (26 milyon TEP) olup biyokütlenin toplam elektrik üretimi içindeki payı % 0.88'dir. 2018 yılında biyokütle enerjisi Türkiye'deki toplam ısı üretiminde ise %10.2'lik paya sahiptir (İlleez 2020).

Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde odun kömürü önemli bir bioenerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Odun kömürü özellikle baltalık ormanlardan elde edilen yakacak niteliğindeki odunsu artıkların havasız bir ortamda yani torluk adı verilen özel

sistemlerde ısı işlem görmesi sonucu elde edilen yarı yanmış ve kömürleşmiş organik bir üründür (Göker ve Akbulut 1994, Güvenli ve Daşdemir 2017). Odun kömürü ilk zamanlardan beri sanat ve tıp da dâhil olmak üzere çok çeşitli amaçlar için kullanılmıştır, ancak bugüne kadarki en önemli kullanımı metalurjik bir yakıt olarak olmuştur (Paramasivan ve Premadas 2019). Farklı alanlarda kullanılan odun kömürünün üretimi ucuz ve basittir, dumsız ve alevsiz bir şekilde yanmakta ve diğer fosil yakıtlara nazaran daha ucuzdur (Van der Plas 1995, Aydın ve Çalışkan 2019). Ayrıca, odun kömürü, bünyesinde kükürt içermediği için yanma esnasında havayı diğer kömür türlerine nazaran daha az kirletmektedir (Göker ve Akbulut 1994).

Odun yakıtı da yenilenebilir bir enerji kaynağıdır ve gelecekte önemi daha da artacaktır. Odun yakıtı, doğrudan veya dolaylı olarak odunsu biyokütleden kaynaklanan her türlü biyoenerji taşıyıcısını ifade etmektedir. Yakacak odun, odun yongaları, ağaç kabukları, pelet, talaş, briket gibi yakıtlar odun yakıtıdır. Odun yakıtları orman ürünleri endüstrisinde biçilmiş ürün ve kağıt hamuru üretiminde yan ürün olarak, atık sektöründe ise geri kazanılmış odun olarak üretilmektedir. Odun yakıtları dünya çapında enerji kullanımının %7'sini sağlamakta ve bu oran gelişmekte olan ülkelerde gelişmiş ülkelere göre çok daha fazladır (Akyüz ve Balaban 2011, Sreevani 2018, Sanchez ve ark. 2019).

Biyokütle enerjisinin fosil enerji kaynaklarına göre, sera gazı emisyonlarını azaltıcı ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini yavaşlatıcı etkisi olduğu için, uluslararası sözleşmelere konu olan küresel ısınma problemi bakımından kritik öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına, özellikle rüzgar, hidro, güneş ve biyoyakıtlara, yapılan yatırımın son 10 yılda yaklaşık olarak 1 trilyon dolar düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir. Özellikle ABD, Çin Halk Cumhuriyeti, Suudi Arabistan ve Almanya bu yatırım içinde etkin konumda olan ülkelerdir (Şengöz 2021).

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada odun yakıtları ve odun kömürü ihracatını yapan ülkeler ve Türkiye'nin rekabet konumunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada 2011-2020 yılları arasındaki ihracat verileri kullanılmıştır. TradeMap internet sitesinden uyumlaştırılmış kodlar kullanılarak elde edilen verilerle yapılan çalışmada (44-Odun ve

odundan eşya; odun kömürü) iki farklı alt grup düzeyinde analizler gerçekleştirilmiştir (4401 – Odun yakıtı: kütük, odun, çalı-çırpı demetleri halinde veya benzeri şekillerde, yonga veya parçacık halinde odun, odun peleti, testere talaşı ve odun döküntü ve artıkları; 4402-Odun kömürü: kabuk ve fındık kömürü dâhil) (URL-2 2021).

Yöntem

Uluslararası rekabet gücünü ölçmek için geliştirilmiş birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler, öncelikle şirketlerin, endüstrilerin ve ülkelerin rekabet gücünü ölçmek için dış ticaret verilerini kullanmaktadır. Bu çalışmada uluslararası ekonomide, belirli bir ülkenin belirli bir mal grubundaki göreceli avantajını veya dezavantajını hesaplamak amacıyla Liesner (1958) tarafından bulunan ve daha sonra Balassa (1965) tarafından geliştirilen "Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler (AKÜ) Yaklaşımı" kullanılmıştır. AKÜ bir ülkenin sektör veya belirli bir mal grubu için dünya ve farklı bir ülke grubuna kıyasla uzmanlaşma düzeyinin bir göstergesidir. Diğer bir deyişle, AKÜ bir ülkenin toplam ihracatında hedeflenen bir mal grubunun payının, dünya toplam ihracatının tekabül eden payına göre ifade edilmesini sağlamaktadır (Altay ve Gürpınar 2008, Peker 2015, Granabetter 2016). AKÜ değeri aşağıdaki denklem (1) kullanılarak hesaplanmaktadır (Balassa 1965, Akgün Güngör 2014):

$$AKÜ_{ij} = (X_{ij}/X_{jt})/(X_{wi}/X_{wt}) \quad (1)$$

Denklemden;

$AKÜ_{ij}$: j ülkesinin i malı ihracatının ülkenin toplam ihracatındaki payının, i malının dünya ihracatının toplam dünya ihracatındaki payına oranını,

X_{ij} : j ülkesinin i malı ihracatını,

X_{jt} : j ülkesinin toplam ihracatını.

X_{wi} : i malının dünyadaki ihracatını,

X_{wt} : Dünyadaki toplam ihracatı ifade etmektedir (Balassa 1965, Akgün Güngör 2014).

Hesaplama sonucunda, AKÜ değerinin 1'den büyük olması ise j ülkesinin söz konusu malın ihracatında karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu göstermektedir. Yani, ülkenin ilgili mal/malları içindeki toplam ihracat payı, küresel ticaretteki payından daha fazladır. AKÜ değerinin 1'den küçük olması ülkenin ilgili mal düzeyinde

ortaya çıkan karşılaştırmalı üstünlükler açısından rekabetçi olmadığını göstermektedir (Şahinli 2014, Akgün Güngör 2014). Hiploopen ve Van Marrewijk (2001) ise karşılaştırmalı üstünlüğün gücünü gösteren AKÜ değerini 4 gruba ayırmıştır:

1. Grup $\rightarrow 0 < AKÜ \leq 1$; karşılaştırmalı üstünlük yok,
2. Grup $\rightarrow 1 < AKÜ \leq 2$; zayıf karşılaştırmalı üstünlük,
3. Grup $\rightarrow 2 < AKÜ \leq 4$; orta derece karşılaştırmalı üstünlük,
4. Grup $\rightarrow 4 < AKÜ$; güçlü karşılaştırmalı üstünlük.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada araştırma kapsamındaki yıllarda odun yakıtı ve odun kömürü alanlarında en fazla ihracat yapan ülkeler, Türkiye ve dünyadaki bütün ülkelerin toplamına ait veriler ürün grupları düzeyinde Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir. Çizelge 1 ve 2'de, dünyadaki bütün ülkelerinin toplamına ait veriler çalışma kapsamındaki ülkelerin AKÜ değerlerinin hesaplanmasında kullanıldığı için gösterilmiştir. Çizelge 1 ve 2'de kullanılan veriler 2021 yılında Trademap sitesinden alınmıştır (URL-2 2021).

Çizelge 1'de görüldüğü gibi, 2011-2020 dönemi içerisindeki ihracat değerlerinin ortalamalarına bakıldığında, 4401 (odun yakıtları) kodlu ürün grubunda Vietnam, ABD ve Avustralya'nın ihracat değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Vietnam ortalama yaklaşık 1.3 milyar dolarlık odun yakıtı ihracatı gerçekleştirmiştir. ABD ve Avustralya'nın ihracat değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. ABD 882 milyon dolar ihracat gerçekleştirirken, Avustralya 834 milyon dolar ihracat gerçekleştirmiştir. Türkiye ise 1.157 milyon dolar ihracat gerçekleştirmiş olup, Türkiye'nin odun yakıtı ihracatının oldukça düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Yıl bazında incelendiğinde, Vietnam'ın 2011 yılı hariç çalışma kapsamındaki bütün yıllarda ihracat üstünlüğüne sahip olduğu görülmektedir. Danimarka'nın 2011-2017 dönemlerinde ihracatının 100 milyon doların altında olduğu görülmektedir. Brezilya'nın odun yakıtı ihracatı yıllara göre sürekli artış göstermektedir. Türkiye ise 2018 yılında yaklaşık %143 oranında artış göstermiştir.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi, 4402 (odun kömürü) kodlu ürün grubunun ihracatında Endonezya ve Çin ilk sıralarda yer almaktadır. Endonezya 193.4 milyon dolar ihracat gerçekleştirirken, Çin 105.9 milyon dolar ihracat

Çizelge 1. 4401 kodlu ürün grubunun (odun yakıtları) ihracat değeri (1000 dolar) (URL-2 2021)

Ülkeler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama
Dünya	6759612	6577124	7546486	8116783	7805753	7701927	8224758	10022878	10368546	9683789	8280766
Vietnam	709047	830012	1125566	1123834	1311983	1143155	1250233	1723234	1964301	1863306	1304467
ABD	367101	525869	644274	831487	1028955	899314	957318	1158407	1205234	1205244	882320
Avustralya	800344	694523	643992	758493	794576	843023	967186	1109044	1024722	704513	834042
Letonya	293902	275217	317266	328970	313576	325025	329975	413844	521560	543715	366305
Rusya	235885	238237	265374	246786	186271	193364	243981	316771	427575	485000	283924
Kanada	372102	337957	342914	350666	314106	402503	382444	453656	446616	471610	387457
Almanya	410707	389807	406736	419126	321903	284870	329196	397902	404034	387447	375173
Şili	411546	370476	314846	308715	277847	351533	366492	397720	397966	341082	353822
Danimarka	35709	21912	42045	41911	28413	42989	63384	136539	201110	252400	86641
Estonya	135286	127797	185744	181576	181915	196187	238576	261382	265266	245026	201876
Avusturya	199375	171073	206504	196099	167938	169762	196189	255622	238794	232857	203421
Brezilya	107517	116968	129348	133956	140478	147627	161779	181511	188571	196588	150434
Türkiye	120	117	218	1.560	557	671	880	2143	2675	2633	1157

Çizelge 2. 4402 kodlu ürün grubunun (odun kömürü) ihracat değeri (1000 dolar) (URL-2 2021)

Ülkeler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama
Dünya	668373	743669	941793	911203	999500	962009	1076201	1265945	1244457	1333850	1014700
Endonezya	85707	105786	118781	156524	185283	190555	241267	297801	280104	272200	193401
Çin	39094	44428	64471	89129	109322	114294	117647	133155	166869	181024	105943
Polonya	60311	65960	77174	79839	72939	93159	97663	120299	83757	113166	86427
Ukrayna	36479	34751	41145	38549	37442	47761	59400	70780	66267	69113	50169
Vietnam	3614	5016	4885	14514	32547	38743	50877	66338	67481	63766	34778
Namibya	17266	17410	23505	25070	25337	24378	25664	31928	45821	50276	28666
Filipinler	11716	27930	51586	37888	67846	21754	21707	50987	43893	47949	38326
Küba						34371	32892	34585	43385	40698	37186
Laos	3736	1824	3838	4873	3954	3678	3325	4245	4612	40576	7466
Meksika	18552	21480	26123	28468	32732	37191	37922	36770	33707	38165	31111
Paraguay	37150	34685	35521	34925	31433	30089	34040	38831	35752	34709	34714
Hindistan	16239	12390	12059	15400	9282	10154	13802	20448	28446	32550	17077
Almanya	13049	14679	13521	14724	15608	17527	20907	27478	24070	32.08	17951
Türkiye	92	57	421	742	526	819	2727	3097	5472	7447	2140

gerçekleştirmiştir. En az odun kömürü ihracatı gerçekleştiren ülkeler 2.140 milyon dolar Türkiye ile 7.466 milyon dolar ile Laos olmuştur. Türkiye'nin ihracat rakamı oldukça düşük olmasına karşın özellikle 2017 yılında %232.96 oranında artış göstermiştir. Endonezya ve Çin'in ihracatları 2011-2020 döneminde sürekli artmaktadır. Vietnam'ın ihracatı 2020 yılında 2011 yılına göre yaklaşık 1664 kat artmıştır.

Türkiye'nin ve çalışma kapsamındaki ülkelerin odun yakıtı (4401) ve odun kömürü (4402) ticaretinde rekabet gücünü ortaya ölçmek için AKÜ değerleri hesaplanmıştır. 4401 ve 4402 ürün gruplarında Türkiye'nin ve çalışma

kapsamındaki ülkelerin yıl bazında ve ortalama AKÜ değerleri Çizelge 3 ve 4'te verilmiştir.

Çizelge 3'te görüldüğü gibi, 4401 kodlu ürün grubunda 2011-2020 dönemi ortalamasına göre Letonya'nın (AKÜort.=59.0834) önemli bir rekabet üstünlüğüne sahip olduğu görülmektedir. İnceleme kapsamındaki tüm yıllarda görülen bu üstünlük yıllar içinde azda olsa azalma göstermiştir. Letonya'yı Estonya (AKÜort.=26.1188) ve Vietnam (AKÜort.=16.0408) takip etmektedir. Bu üç ülke dışında Şili (AKÜort.=11.004) ve Avustralya'nın (AKÜort.=7.5188) da ortalama AKÜ değerleri 4'ün üzerinde olduğu için güçlü derecede karşılaştırmalı

Çizelge 3. 4401 kodlu ürün grubunda (odun yakıtları) ülkelerin rekabet güçleri (AKÜ değerleri)

Ülkeler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama
Vietnam	19.699	20.300	21.312	17.398	17.048	13.408	12.418	13.809	13.423	11.593	16.0408
ABD	0.666	0.953	1.021	1.193	1.441	1.282	1.322	1.342	1.324	1.474	1.2018
Avustralya	7.985	7.406	6.272	6.980	8.743	9.215	8.531	8.411	6.798	4.847	7.5188
Letonya	65.903	60.771	59.525	55.507	56.666	57.974	53.455	53.031	65.282	62.720	59.0834
Rusya	1.226	1.271	1.258	1.162	1.175	1.402	1.460	1.360	1.828	2.519	1.4661
Kanada	2.22	2.084	1.877	1.716	1.610	2.135	1.940	1.942	1.808	2.118	1.9450
Almanya	0.744	0.774	0.700	0.650	0.511	0.442	0.486	0.493	0.491	0.492	0.5783
Şili	13.584	13.293	10.252	9.561	9.428	12.605	11.886	10.182	10.407	8.842	11.004
Danimarka	0.851	0.578	0.951	0.880	0.682	0.939	1.335	2.428	3.306	4.122	1.6072
Estonya	20.049	19.711	25.396	24.177	27.537	29.08	33.128	28.266	28.523	25.321	26.1188
Avusturya	3.161	3.017	3.104	2.687	2.433	2.428	2.620	2.788	2.517	2.515	2.7270
Brezilya	1.139	1.365	1.390	1.410	1.547	1.650	1.587	1.460	1.522	1.645	1.4715
Türkiye	0.002	0.002	0.003	0.021	0.008	0.009	0.012	0.024	0.026	0.027	0.0134

(rekabet) üstünlüğe sahip olduğu görülmektedir. Avusturya (AKÜ_{ort.}=2.7270) orta dereceli karşılaştırmalı üstünlüğe sahiptir. Türkiye mevcut ihracat rakamları ile bu ürün grubunda rekabet gücüne sahip değildir (AKÜ_{ort.}=0.0134). Almanya'nın da rekabet üstünlüğüne sahip olmadığı görülmektedir. Geriye kalan ülkelerin AKÜ değerleri ise 1 ile 2 arasında bulunmuş olup bu ülkeler zayıf bir rekabet üstünlüğüne sahiptir.

Çizelge 4'te görüldüğü gibi, 4402 kodlu ürün grubunda son beş yıllık verisine ulaşılabilen Küba'nın (AKÜ_{ort.}=281.778) açık ara rekabet üstünlüğüne sahip olduğu görülmektedir. Küba'yı, Namıbya (AKÜ_{ort.}=86.746) ve Paraguay (AKÜ_{ort.}=77.124) izlemektedir. 4402 kodlu ürün grubunda Laos, Ukrayna, Filipinler, Polonya'nın da güçlü rekabet gücüne sahip olduğu görülmektedir (AKÜ>4). 4401 ürün grubunda olduğu gibi Türkiye 4402 kodlu ürün grubunda da rekabet gücünde artış göstermesine karşın dünya piyasalarında etkili olabilecek konumdan oldukça uzak değerlere sahiptir (AKÜ_{ort.}=0.192). Çin'in (AKÜ_{ort.}=0.772) de bu ürün grubunda rekabet üstünlüğüne sahip olmadığı görülmektedir.

Oh ve diğerleri (2015) Endonezya'nın SITC 245 (odun yakıtı/odun kömürü) ürün grubunda 1991-2010 döneminde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu belirlemiştir. Duangpasith (2017) tarafından yapılan tezde Laos'un 2006-2015 döneminde SITC 245 (odun yakıtı ve odun kömürü) ürün grubunda güçlü bir rekabet üstünlüğüne sahip olduğu belirlenmiştir. Verter ve Grega (2019) tarafından Avusturya'nın 4401 ürün grubunda 2012-2016 döneminde rekabet üstünlüğüne sahip olduğu bulunmuştur (AKÜ_{ort.}=2.54). Akyüz ve diğerleri (2020) 44

ürün grubunda (odun ve ahşap eşya; odun kömürü) Türkiye'nin iki ayrı dönemdeki (2001-2009 ve 2010-2017) rekabet gücü belirlemeye çalışmış ve Türkiye'nin 4401 ve 4402 ürün gruplarında her iki dönemde de rekabet üstünlüğüne sahip olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, her iki ürün grubunda 2001-2009 döneme göre 2010-2017 dönemine ait AKÜ değerleri daha yüksek çıkmıştır. Diğer bir çalışmada "odun ve ahşap eşya; odun kömürü (44)" ihracatında ülkelerin rekabet gücü ve uzmanlaşma düzeyleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda 4401 kodlu ürün grubunda sekiz ülkenin (Polonya, Avusturya, Vietnam, Kanada, Endonezya, Yeni Zelanda, Rusya ve ABD) dünya ortalamasının üzerinde bir uzmanlaşma gösterdiği ve ancak Vietnam'ın küresel rekabette diğer ülkelere göre daha avantajlı olduğu bulunmuştur. Yine aynı çalışmada 4402 kodlu ürün grubunda dört ülkenin (Polonya, Malezya, Vietnam ve Endonezya) uzmanlaşma ile karşılaştırmalı bir üstünlük elde ettiği ve bu ülkeler arasında Polonya ve Endonezya güçlü bir üstünlüğe, Malezya ve Vietnam'ın ılımlı bir üstünlüğe sahip olduğu belirlenmiştir (Çoban ve Kaya 2021).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Dünya'daki enerji kaynaklarının önemli bir kısmını oluşturan fosil yakıtlarının azalması, çevresel sorunlar ve küresel ısınmanın getirdiği gelecek kaygısı gibi nedenler yakın gelecekte alternatif enerji kaynaklarının üretim alanında etkin konumda olacağını açık bir biçimde göstermektedir. Bu doğrultuda sahip olduğu potansiyel enerji kaynaklarını belirleyerek bu kaynakları aktif hale getiren ülkeler dünya enerji piyasasında söz sahibi olacaklardır.

Çizelge 4. 4402 kodlu ürün grubunda (odun kömürü) ülkelerin rekabet güçleri (AKÜ değerleri)

Ülkeler	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Ortalama
Endonezya	11.444	13.779	13.039	18.409	20.278	21.834	23.353	25.422	25.157	23.15	19.587
Çin	0.559	0.539	0.585	0.787	0.788	0.893	0.846	0.815	1.005	0.905	0.772
Polonya	8.712	9.09	7.586	7.707	6.169	7.851	7.211	7.015	5.008	5.767	7.212
Ukrayna	14.493	12.521	13.022	14.803	16.152	21.747	22.349	22.829	20.018	18.126	17.606
Vietnam	1.013	1.084	0.737	2.000	3.304	3.632	3.864	4.156	3.840	2.935	2.657
Namibya	79.51	80.145	74.329	86.741	90.216	83.282	80.913	65.094	107.165	120.065	86.746
Filipinler	6.626	13.296	18.233	12.691	19.026	6.396	5.609	11.534	9.398	9.723	11.253
Küba						263.927	229.269	228.223	385.523	301.947	281.778
Laos	53.488	28.268	25.742	39.223	21.785	19.491	11.065	11.145	11.956	78.017	30.018
Meksika	1.443	1.434	1.219	1.485	1.413	1.647	1.513	1.245	1.102	1.182	1.368
Paraguay	129.816	117.886	75.277	75.042	61.832	58.599	64.079	65.561	70.365	52.779	77.124
Hindistan	1.463	1.059	0.717	1.004	0.578	0.644	0.762	0.963	1.325	1.530	1.005
Türkiye	0.018	0.009	0.054	0.092	0.060	0.095	0.283	0.281	0.455	0.568	0.192

Araştırma sonucunda, 4401 ürün grubunda (odun yakıtları) rekabet üstünlüğüne sahip 5 ülke (Letonya, Vietnam, Estonya, Şili ve Avustralya) bulunurken, 4402 ürün grubunda (odun kömürü) 8 ülkenin (Küba, Namibya, Paraguay, Laos, Endonezya, Ukrayna, Filipinler ve Polonya) güçlü yönde rekabet üstünlüğüne sahip olduğu belirlenmiştir. Bu ülkelerden Letonya 4401 ürün grubunda ilk sırada yer alırken, 4402 ürün grubunda ise Küba ilk sırada yer almaktadır. Ülkemizin odun yakıtları ve odun kömürü alanında rekabetten oldukça uzak bir görüntüye sahip olduğu da görülmektedir. Türkiye her iki ürün grubunda 2011-2020 dönemi içinde rekabet gücü bakımından bir gelişme göstermiş olmasına karşın ülkemizin dünya ve Avrupa pazarlarında yer alabilmesi için önemli adımların atılması gerekmektedir.

Ülkemizin sahip olduğu coğrafik konum ve orman varlığı dikkate alındığında yapılan dış ticaret hacminin çok üzerinde bir potansiyele sahip olduğu bilinmektedir. Ülkemiz ormanlarında yıllık olarak atık odunsu biyokütlenin (kök, dip kütüğü, yonga, talaş, kabuk, dal, yaprak, kozalak ve benzeri) 5-7 milyon ton miktarında olduğu belirtilmektedir (Sümer ve ark. 2016, Zengin ve ark. 2020). Bu odunsu atıkların odun yakıtları (pelet, briket ve benzeri) ve odun kömürü olarak değerlendirildiğinde hem çevresel hem de özellikle orman içerisinde ve orman çevresinde yaşayan kişilere ve ülke ekonomisine ekonomik açıdan katkı sağlanmış olacaktır. Odun yakıtları ve odun kömürü alanında dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla pelet, briket, odun kömürü üretimine yönelik yatırımların arttırılması sağlanmalıdır. Devlette bu alana yatırımların yapılması için gerekli desteği (hibe, vergi indirimi gibi) sağlamalıdır. Odun yakıtlarından biri olan peletin verimli bir şekilde yanmasını sağlayan ısıtma

sistemleri geliştirilmeli ve kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Odunların endüstriyel olarak değerlendirilmesi sonucunda her yıl binlerce ton talaş ortaya çıkmakta ve plansız bir biçimde farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Endüstriyel üretimlerinin her hangi bir aşamasında odun hammaddesi kullanan üreticilerin, geliştirilecek bir yazılım ile ortak ağ içine alınması ve ortaya çıkan atıkların sistematik olarak toplamasına yönelik yatırımlar yapılmalıdır. Bu konuyu destekler nitelikte Ateş (2018) işletmelerin üretim sırasında ortaya çıkan talaşların geri dönüştürülebileceği hakkında ya bilgisinin olmadığı ya da bu durumu göz ardı ettiğini belirlemiştir. Odun atıklarının geri dönüşümü konusunda işletmelere gerekli bilgiler verilerek bilinçlendirilebilir. Orman köylüsüne de pelet ve odun kömürü hakkında bilgilendirmeler yapılmalıdır. Odun artıklarının ısınma amaçlı kullanılmasını sağlamak için teknolojik olarak enerji dönüşümü sağlayacak kazanların üretimi ve kullanımının teşvik edilmelidir. Enerji ormanlarımızın niteliği ve nicelik olarak konumu arttırılmalı ve her bölge için uygun ağaç türleri kullanılarak üretim sahaları genişletilmelidir.

KAYNAKLAR

- Akgün Güngör G (2014). Türkiye imalat sanayinin uluslararası ticarete karşılaştırmalı üstünlükleri ve rekabet gücü göstergeleri. Finans Politik & Ekonomik Yorumlar 51(596): 45-58.
- Akyüz KC, Balaban Y (2011). Wood fuel trade in European Union. Biomass and Bioenergy 35. 1588-1599.
- Akyüz KC, Yıldırım İ, Ersen N, Akyüz İ, Memiş D (2020). Competitiveness of the forest products industry in Turkey: the revealed comparative advantage index. Drewno 63(205): 155-170.
- Altay B, Gürpınar K (2008). Açıklanmış karşılıklı üstünlükler ve bazı rekabet gücü endeksleri: Türk mobilya sektörü üzerine bir uygulama. Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi 10(1): 257-274.

- Ateş E (2018). Balıkesir şehir merkezinde atık ahşap talaş miktarı ve enerji değerinin belirlenmesi. *Technological Applied Sciences* 13(4): 329-345.
- Aydın İ, Çalışkan T (2019). Balıkesir'de odun kömürü üretim faaliyetleri. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi* 12(63): 279-288.
- Balassa B (1965). Trade liberalization and revealed comparative advantage. *The Manchester School of Economic and Social Studies* 33(2): 99-123.
- Bayraç HN (2010). Enerji kullanımının küresel ısınmaya etkisi ve önleyici politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 11(2): 229-260.
- Çelik L (2009). Çevre finansmanı kapsamında emisyon ticareti ve karbon piyasasının Türkiye'ye yansımaları. *Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya*, 116 s.
- Çoban K, Kaya E (2021). An analysis on the competitiveness and specialization levels of the countries in the export of wood and articles of wood. *Forestist* 20(10): 1-16.
- Demirbaş A (2003). Energy and environmental issues relating to greenhouse gas emissions in Turkey. *Energy Conversion and Management* 44: 203-213.
- Demirbaş A (2008). Importance of biomass energy sources for Turkey. *Energy Policy* 36: 834-842.
- Duangpasith P (2017). Analysis of Lao PDR's comparative advantage and its implication for export competitiveness in industrialization Era (2006-2015). *Seoul National University Graduate School of International Studies, Thesis, Seoul, South Korea*, 38 p.
- Duran MS (2020). BRICS-T ülkelerinde enerji tüketiminin belirleyicileri: ekonometrik bir uygulama. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya*, 162 s.
- Göker Y, Akbulut T (1994). Odun kömürü ve seyyar madeni kömür ocaklarında üretimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 44(3-4): 35-50.
- Granabetter D (2016). Revealed comparative advantage index: an analysis of export trade in the Austrian District of Burgenland. *Review of Innovation and Competitiveness* 2(2): 97-114.
- Gürbüz C, Karataş Aracı ÖN, Bekci İ (2019). Dünya'da ve Türkiye'de karbon ticareti ve karbon muhasebesi uygulamaları üzerine bir araştırma. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 11(28): 424-438.
- Güvenli G, Daşdemir İ (2017). Odun kömürü üretiminin teknik, ekonomik ve sosyal analizi (Malatya ili örneği). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 19(1): 81-92.
- Hiploopen J, Van Marrewijk C (2001). On the empirical distribution of the balassa index. *Review of World Economics/Weltwirtschaftliches Archiv*. 137(1): 1-35.
- Horasan M (2021). Karbon finansı ve Türkiye'de bu alanda atılan adımlar. In: Özker AN (ed.), *İşletme ve İktisadi Bilimler Araştırma ve Teori*, 1. Baskı, Livre De Lyon Yayıncılık, Lyon, ss. 55-72.
- İlbaş M (2014). Enerji-politik Dünya ve Türkiye. *Berikan Yayınevi, Ankara*, 198 s.
- İllez B (2020). Biyokütle enerjisi. In: Türkyılmaz O, Aytaç O (ed) *Türkiye'nin enerji görünümü, Makine Mühendisleri Odası, Ankara, Türkiye*, ss. 317-346.
- İnat K, Daşcıoğlu BZÖ (2021). Dünya enerji trendleri, rezervler, kaynaklar ve politikalar. 1. Basım, *Seta Kitapları* 76, İstanbul, 600 s.
- Karakaya E (2016). Paris iklim anlaşması: içeriği ve Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 3(1): 1-12.
- Karayılmazlar S, Saraçoğlu N, Çabuk Y, Kurt R (2011). Biyokütlenin Türkiye'deki enerji üretiminde değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 13(19): 63-75.
- Kaya HE (2020). Kyoto'dan Paris'e küresel iklim politikaları. *Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi* 4(10): 165-191.
- Kaygusuz K (2002). Sustainable development of hydropower and biomass energy in Turkey. *Energy Conversion and Management* 43: 1099-1120.
- Koç E, Kaya K (2015). Enerji kaynakları-yenilenebilir enerji durumu. *Mühendis ve Makine* 56(668): 36-47.
- Köse İ (2018). İklim değişikliği müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'nı imza süreci. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi* 9(1): 55-81.
- Lewandowski I, Gaudet N, Lask J, Maier J, Tchouga B, Vargas-Carpintero R (2018). Bioeconomy. In: Lewandowski I (ed.), *Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy*, Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland.
- Liesner H (1958). The European common market and British industry. *The Economic Journal* 68(270): 302-311.
- Oh J, Siswadi, Kim J. (2015). The competitiveness of Indonesian wood-based products. *Review of Urban & Regional Development Studies* 27(1): 40-67.
- Orucu AY, Alp K (2007). İklim değişikliği sürecinde yenilenebilir enerji kaynakları. In: *Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkiler Konferansı, Konya, Türkiye*.
- Özcan M, Öztürk S, Oğuz Y (2015). Potential evaluation of biomass-based energy sources for Turkey. *Engineering Science and Technology, an International Journal* 18: 178-184.
- Paramasivan C, Premadas J (2019). Wood charcoal production performance-a birds eye view study. *A Blind Review & Refereed Quarterly International Journal* 7(22): 123-128.
- Peker AE (2015). Controlling and reporting of cost in environmental accounting. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Economics and Administrative Sciences* 5(2): 1-20.
- Sanchez J, Curt MD, Robert N, Fernandez J (2019). Biomass resources. In: Lago C, Caldes N, Lechon Y (ed.), *The Role of Bioenergy The Emerging Bioeconomy: Resources, Technologies, Sustainability and Policy*, Academic Press, Elsevier, pp. 25-111.
- Sadioğlu U, Ağralan E (2020). İklim değişikliği çerçevesinde 25. Taraflar konferansı (cop 25). *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 11(Ek sayı 1): 361-385.
- Sevim C (2015). Küresel enerji stratejileri ve jeopolitik. 3. Baskı, *Seçkin Yayınları, Ankara*, 255 s.
- Sreevani P (2018). Wood as a renewable source of energy and future fuel. *International Conference on Renewable Energy Research and Education*, 8-10 February, Andhra Pradesh, India.
- Sümer SK, Kavdır Y, Çiçek G (2016). Türkiye'de tarımsal ve hayvansal atıklardan biyokömür üretim potansiyelinin belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bil. Dergisi* 19(4): 379-387.
- Şahinli MA (2014). Revealed comparative advantage and competitiveness: Turkey agriculture sector. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 24(3): 210-217.
- Şengöz M (2021). Ulusal enerji yönetimi. *Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi* 7(1): 73-85.
- Tüplek A (2011). Odun talaşı ve tozundan pelet biyoyakıt üretilmesi ve yanma analizi. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya*, 79 s.
- URL -1 (2021) Paris anlaşması. <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa#:~:text=Paris%20Anla%C5%9Fmas%C4%B1>. Erişim 05.12.2021.
- URL-2 (2021) List of exporters for the selected product: product 4402 and 4403. https://www.trademapp.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm. Erişim 05.12.2021.

Ürün E, Soyu E (2016). Türkiye'nin enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları üzerine bir değerlendirme. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Özel Sayı: 31-45.

Van der Plas R (1995). Burning charcoal issues. <http://www.worldbank.org>. Erişim tarihi: 05.04.2022.

Verter N, Grega L (2019). Export performance and competitiveness in wood products in the Czech Republic and Austria. Ekonomski Pregled 70(5): 743-764.

Yılmaz O, Hotunluoğlu H (2015). Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikler ve Türkiye. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 2(2): 74-97.

Zengin Y, Efendioğlu Çelik A, Dok M, Çolak S, Kargıdan Aİ, Çakır A, Semercioğlu A (2020). Orman atıklarının pelet olarak değerlendirilme imkânlarının araştırılması. Ormancılık Araştırma Dergisi 7(2): 113-119.

***Zelus renardii* (Kolenati, 1857) (Heteroptera, Reduviidae)'nin tohum zararlısı *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann, 1910)'e karşı biyolojik mücadelede kullanılabilirliği**

***Zelus renardii* (Kolenati, 1857) (Heteroptera, Reduviidae) can be used in biological control against seed pest *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann, 1910)**

Salih PARLAK 

Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, BURSA

Eser Bilgisi / Article Info

Derleme makale / Review article

DOI: 10.17474/artvinofd.1029062

Sorumlu yazar / Corresponding author

Salih PARLAK

e-mail: salih.parlak@btu.edu.tr

Geliş tarihi / Received

27.11.2021

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

14.04.2022

Kabul Tarihi / Accepted

20.04.2022

Elektronik erişim / Online available

16.05.2022

Anahtar kelimeler:

Heteroptera

Reduviidae

Zelus renardii

Coreidae

Leptoglossus occidentalis

Biyolojik Mücadele

Keywords:

Heteroptera

Reduviidae

Zelus renardii

Coreidae

Leptoglossus occidentalis

Biological Control

Özet

Heidemann tarafından 1910 yılında tanımlanan *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann, 1910) İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra hızlı bir şekilde yayılmaya başlamış, Avrupa'da ilk kez 1999 yılında görülmesine rağmen on yıl içerisinde tüm kıtayı sarmıştır. Ekolojik şartlara hızlı adapte olması ve beslendiği türlerin fazlalığı yayılışında etkili olmuştur. Ülkemizde ilk kez 2009 yılında görülmüş, geçen süre içerisinde tüm ülkede yayılmayı başarmış ve ibrelili tür tohumlarında zararları ortaya çıkmıştır. Erken dönem kozalak dökümüne neden olması, olgunlaşan kozalakların embriyo ve endosperm kısımlarına zarar vermesi nedeniyle tohum oluşumu ve çimlenmesini önemli ölçüde azaltmaktadır. Ormanlık alanlarımızdaki doğal gençleştirme ve fidanlık çalışmalarını olumsuz etkileyeceği aşikardır. Böceğin doğal düşmanları henüz oluşmadığından popülasyon dengelenememekte ve her yıl zarar yapmaktadır. Ülkemizde olduğu gibi dünyada da henüz etkili bir mücadele yöntemi ortaya konulmuş değildir. Kimyasal mücadeleden ekolojik dengeyi bozacağı endişesi ile kaçınılmaktadır. Bu nedenle biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemleri üzerinde durulmaktadır. Bu mücadele yöntemlerinin biri de *L. occidentalis*'in doğal düşmanlarının predatör olarak kullanılmasıdır. Bu doğal predatörlerden biri ülkemizde yayılmaya başlayan *Zelus renardii* (Kolenati, 1857)'dir. Genel bir predatör olması ve *L. occidentalis* ile nimf dönemlerinin çakışması bu türün *L. occidentalis*'e karşı predatör olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu amaçla elde edilen *Z. renardii* nimf ve erginlerinin kendi türüne ve *L. occidentalis*'e karşı predatör davranışları gözlemlenmiştir.

Abstract

Leptoglossus occidentalis, described by Heidemann in 1910, began to spread rapidly after the Second World War, and although it was first seen in Europe in 1999, it spread the entire continent within ten years. Its rapid adaptation to ecological conditions and the abundance of the species it feeds on have been effective in its spread. It was seen for the first time in our country in 2009, has managed to spread throughout the country in the course of time and its damage has been revealed in coniferous species seeds. It significantly reduces seed formation and germination, as it causes early cone casting and damages the embryo and endosperm parts of mature cones. When examined in terms of forestry studies; It is obvious that the reduction in seed source due to insect damage will adversely affect the natural regeneration and nursery activities in forests. Since the natural enemies of the insect have not yet emerged, the population cannot be balanced and it causes damage every year. As in our country, an effective method of struggle has not yet been put forward in the world. Chemical control is avoided with the concern that it will disrupt the ecological balance. For this reason, biological and biotechnical control methods are emphasized. One of these control methods is to use the natural enemies of *L. occidentalis* as predators. One of these natural predators is *Zelus renardii* (Kolenati, 1857), which started to spread in our country. The fact that it is a general predator and the overlap of *L. occidentalis* and nymphal stages necessitates the investigation of the usability of this species as a predator against *L. occidentalis*. Predatory behaviors of *Z. renardii* nymphs and adults obtained for this purpose were observed against their own species and *L. occidentalis*.

GİRİŞ

Leptoglossus occidentalis ilk kez 1910 yılında Kuzey Amerika'da Heidemann tarafından tanımlanmış ve 2. Dünya savaşı'ndan sonra orta ve doğu Amerika'da hızlı

yayılmaya başlamış (Lesieur ve ark. 2014), 1999'da ilk defa İtalya'da görülen (Tescari 2001) böcek hızlı bir şekilde ülkenin her yayına yayılmış ve 2005 yılında İsviçre'de de bulunmuştur (Wittenberg 2005). 2000 yılından sonraki yayılışı çok hızlı olmuş, sadece on yıl

içerisinde kıtanın büyük bölümünde Norveç'ten Sicilya'ya, Portekiz'den Türkiye'ye kadar kolonileşmiştir (Fent ve Kment 2011). 2012 yılında Rusya ve Ukrayna'da görülmüştür (Gapon 2012). 2013 yılında ise Uzakdoğu Asya'ya sıçramış (Ahn ve ark. 2013) ve 2010 yılında Kore'de tespit edilmiştir (Yoon 2012). Son yıllarda Doğu Asya'da ve Japonya'da görülmüştür (Ishikawa ve Kikuhara 2009). Türkiye'de ilk defa 2009 yılında görülmesine rağmen (Arslangündoğdu ve Hizal 2010) geçen süre içerisinde tüm ülke sathına yayılmıştır (İpekdağ ve ark. 2019). *L. occidentalis*'in çok farklı iklim tiplerine ve konukçu bitkilere, yükseklik farklılıklarına karşı büyük bir adaptasyon kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Bir yılda verdiği nesil sayısını değiştirebildiği ve yılda 1-3 nesil verebildiğinden adaptasyon sorunu yaşamamakta, bu nedenle büyük bir tehdit oluşturmaktadır (Koerber 1963, Galli 1992, Malumphy ve ark. 2008). Kuzey Amerikada *L. occidentalis* yılda tek nesil verirken (Koerber 1963, Hedlin ve ark. 1981) Sicilya'da iki nesil, Meksikada üç nesil (Cibrian-Tovar ve ark. 1995) verdiği belirlenmiştir. Çevresel şartlara göre generasyon sayısı değişmektedir (Koerber 1963, Mitchell 2000, Maltese ve ark. 2009, Cibrian-Tovar ve ark. 1986, Hedlin ve ark. 1981). Kısmi olarak iki generasyon verebileceği tahmin edilmektedir (Bates ve ark. 2002b). Kuzey bölgelerde genellikle yılda bir nesil verirken, sıcak iklimlerde (Meksika) birkaç nesil vermesi mümkündür. Bu böcek kuzey ve orta Amerikada doğal olarak bir generasyona sahip olmasına rağmen (Jacobs ve Emmen 1995, Reid ve ark. 2009) 1-3 nesil verebilmektedir (Bates ve Borden 2005).

Ülkemizde Isparta ve çevresinde 2016-2019 yılları arasında yürütülen çalışmalar sonucunda türün bu bölgede iki nesle sahip olduğu (yükselti 850-1450 m), birinci uçuş zamanının mayıs ortası ile haziran ortası, ikinci uçuş zamanının ise temmuz sonu ile ağustos sonu arasında olduğu tespit edilmiştir (Oğuzoğlu ve Avcı 2020). Artvin'de yapılan gözlemlerde ise temmuz ayında yumurta, nimf ve ergin evrelerinin birarada olduğu görülmüştür (İpekdağ ve ark. 2019).

L. occidentalis hayat dönemlerinde, nimf evresi beş dönemden oluşmaktadır. Birinci dönem nimfler ortalama 3 mm'dir (Koerber 1963, Villa ve ark. 2001). Erginlerin vücut uzunluğu 15.1-21.8 mm arasında değişmekte olup, dişiler erkeklerden daha iridir (Oğuzoğlu ve Avcı 2020) (Şekil 1).

İlkbaharda erginler beslenmek, çiftleşmek ve yumurtalarını bırakmak için kışladıkları yerlerden çıkmaya başlarlar. Ergin dişiler ilkbaharın ortasından sonuna

(mayıstan hazirana) kadar ibreler üzerine 80 kadar yumurta bırakırlar. Yumurtalar yaklaşık 2 mm boyunda ve 1 mm eninde varil şeklindedir. Başlangıçta açık kahverengi, daha sonra ise koyu kahverengine dönüşür (Ogden 2013) (Şekil 1).

Yumurtalar yaklaşık 10-14 gün sonra açılır. İlk oluşan generasyon ibreler ve yeni oluşan kozalaklarla beslenip, birkaç gün sonra ise ikinci nimf dönemine geçerler. İkinci dönem nimflerin stilet uzunluğu 2.5 kat uzar ve kozalaktaki olgunlaşmamış tohumlara ulaşma kapasitesine sahip olurlar. Bu nimf döneminde böcek daha fazla yiyeceğe ihtiyaç duymaktadır. Kozalağın dökülmesine neden olan yumurtalığın tahrip edilmesi aynı nimflerin beslendiği yaz sonunda da meydana gelmektedir (DeBarr ve Kormanik 1975, Jucker ve ark. 2008, Fent ve Kment 2011, Taylor ve ark. 2001, Pimpäp 2014, EPPO. 2010), (Şekil 1).

***L. occidentalis*'in Zarar Şekli ve Meydana Getirdiği Kayıplar**

L. occidentalis'te olduğu gibi bitki özsuğu emen böceklerin çoğu Hemiptera takımına aittir (Gullan ve Cranston 2012). Nimf ve erginleri tohumun endosperm kısmını emmek, kalite ve kantite kaybı oluşturmak suretiyle ekonomik zarara neden olurlar (Jucker ve ark. 2008). Tohum bahçelerinde konukçu bitkilerin tohumlarının endosperm kısmını emerek beslenmekte, kozalak dökümlerine ve yetersiz döllemeye neden olmaktadır (Bates ve Borden 2005, Mitchell 2000). Böcek genellikle hortumunu kozalak pulları arasından daldırmakta, tohumun dışından herhangi bir zararlanma belirtisi görülmemekte ve zararı kolaylıkla anlaşılamamaktadır (Reid ve ark. 2009, Tamburini ve ark. 2012, Lesieur ve ark. 2014a). Yeni oluşan kozalaklarla (ülker) beslenen böceğin hayli zararlı olduğu belirlenmiştir. Bu dönemde (ülker dönemi) meydana gelen dökümlerin başlıca sebebi bu böcek olup potansiyel ürünün tamamının kaybına neden olmaktadır (Bates ve ark. 2002b). Olgun kozalaklardaki karakteristik zararı ise böceğin beslenmesi sonucu tohumun içinin pörsümesi, süngerimsi bir yapı göstermesi şeklinde olup, (Bates ve ark. 2002a) ağır zararlar da endospermin tamamı zarar görmektedir (Koerber 1963). Ergin *L. occidentalis* dişi ve erkek bireyleri kozalakların olgunluk dönemlerinde günde ortalama erkekler 1.4 ve dişiler 2 tohuma zarar vermektedir (Bates ve ark. 2002). Dişiler erkelerden ya da nimflerden daha fazla beslenme kapasitesine sahiptir. Üreme dönemlerinde yumurta üretimi için yüksek oranda gerekli olan azot içeren tohum proteinini kullanırlar (Bates ve ark. 2001).



L. occidentalis açılmış yumurtaları (01.08.2019)(S. Parlak)



L. occidentalis nimf (01.08.2019) (S. Parlak)



L. occidentalis ergin-üstten görünüm (S. Parlak)



L. occidentalis ergin-alttan görünüm (S. Parlak)

Şekil 1. *L. occidentalis*'in farklı gelişim dönemleri

Bütün bu zararlar önemli ölçüde tohum kaybına neden olmaktadır. Ergin dişilerin kozalak gelişiminin ilk dönemlerinde 80 kadar yumurta bıraktığı ve bir sezonda ergin bir *L. occidentalis*'in 300 den fazla tohum kaybına sebep olabildiği ve predatör ve parazitlenme olmadığı takdirde zararın 434 tohuma yükselebildiği bildirilmektedir (Bates ve ark. 2002a, Bates ve Borden 2005). Böcek özellikle çam türlerinde uzun hortumu ile tohumun endosperm kısmını emmekte, beslenmek için tercihen yeni oluşan kozalakları seçmekte ve tohum çimlenmesini % 80'lere kadar azaltabilmektedir. Doğal meşcerelerde ise bu zarar % 50'lere kadar yükselmektedir (Gobbi ve Lencioni 2009). Erken dönem zararlarında kozalakların atılmasına, tohumların azalmasına veya çimlenmesini engelleyerek rezervlerin büyük oranda azalmasına neden olmaktadır (Bates ve ark. 2001, Bates ve ark. 2002).

Böcek hortumunu doğrudan tohuma doğru daldırmakta, tükrük salgılayarak tohumu yumuşatmakta ve tohumun yağ ve protein içeriğini emmektedir (Bates ve ark. 2001).

Böcek yeni gelişmeye başlayan kozalakları emerek atılmasına neden olmaktadır. Tohum içlerinin büzüşmesi yanında farklı derecelerdeki zararlanmalarda tohumun yağ ve protein kısımları emilerek tamamen boş hale gelebilmektedir (Bates ve ark. 2000a,b 2002, Strong ve ark. 2001, EPPO 2010, Mutke ve ark. 2014). Erken dönemde kabuğu sertleşmeden zarar gören tohumlarda ise büzüşmüş tohumlar meydana gelmekte ve tohum oluşumunu azaltmaktadır (Bates ve ark. 2000, Strong ve ark. 2001).

***L. occidentalis*'in İğne Yapraklı Ağaç Türlerine Etkileri**

L. occidentalis'in hemen hemen bütün iğne yapraklı türlerde zarar yaptığı belirlenmiştir. *Pinus contorta* Dougl. ve *Pinus monticola* Dougl'da bir yıllık kozalaklarda % 75'e kadar tohum kaybına neden olduğu bildirilmektedir (Bates ve ark. 2000, Bates ve ark. 2002, Strong ve ark. 2001). Bazı ibreli türlerde tohum ve fide oluşumunu % 50 oranında azalttığı görülmüştür (Blatt 1994, Bates ve ark. 2000, Bates ve ark. 2001). Sicilya'da *Pinus halepensis*, *P.*

laricio, *P. pinea*, *P. nigra*, *Pseudotsuga menziesii* üzerinde 1430 metre rakımda bulunmuştur (Maltese ve ark. 2009). Yine Kuzay İtalya'da *Pinus strobus*, *P. sylvestris*, *P. nigra*, *Pseudotsuga* sp türlerinde rastlanmıştır (Hellrigl 2006, Rice ve ark. 1985). Türkiye'de ilk kez 2009 yılında tespit edilmiş (Arslangündoğdu ve Hızal 2010) fakat ibreli türlerimizde yaptığı zarar ve şiddeti hakkında bir çalışma yapılmamıştır.

Böceğin ana konukçusu ibre yapraklılar, esas itibarıyla çamlardır. *P. menziesii*, gibi türlerde az da olsa zarar yapmaktadır. *Juniperus*, *Tsuga*, *Picea*, *Cedrus*, *Calocedrus* cinslerinde de artan oranda zarar yaptığı rapor edilmiştir. *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) de yapılan çalışmada geç dönemde dişilerin iki haftalık bir beslenme periyodunun dolu tohum oluşumunu % 70 oranında azalttığı belirlenmiştir (Koerber 1963, Campbell ve Shea 1990, Lait ve ark. 2001, Mjøs ve ark. 2010, Bates ve ark. 2000,a,b 2002). *Pinus echinata*'da tohum bahçelerinde zarar oranının %83'e kadar çıkabildiği bildirilmektedir (EPPO 2010). Douglas ağaçlarında yaptığı zararın % 41 olduğu (Koerber 1963) ve yapılan kontrollü çalışmalarda *Pinus strobus*'ta nimflerin meydana getirdiği zararın tohum üretimini % 75 oranında azalttığı belirlenmiştir. Tohum tutma oranını ise % 47 azaltmıştır (Bates ve ark. 2002a). *L. occidentalis*'in beslenme zararı tohumun farklı gelişim dönemlerine göre değişebilmektedir. Tohum kabuğu sertleşmeden meydana gelen zararlarda tohum çökmekte ya da kısmen gelişmektedir. Tohum kabuğu sertleşmeye başladığında tohum bozulmakta ve buruşmaktadır. Laboratuvar şartlarında böceğin zarar oranının % 55 olduğu belirlenmiştir (Krugman ve Koerber 1969). İkinci dönem nimflerin *Pinus echinata* kozalaklarında sadece dört hafta beslenmeleri sonucu % 100 oranında kozalak dökümüne sebep olduğu belirlenmiştir. Kozalağın dökülmesine neden olan zararlar, nimflerin beslendiği yaz sonunda da meydana gelmektedir (DeBarr ve Kormanik 1975). Portekiz'de Farinha ve ark., (2018) tarafından fıstık çamında yapılan çalışmada, tek bir fıstık çamında 2 yaşlı olgunlaşmamış kozalakçıkların yaklaşık %60'ının ölümünden bu böceğin sorumlu olduğu, böceğin erişiminin engellendiği iki yaşlı kozalakçıklarda ise ölümünün %83 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

***L. occidentalis*'in Ormancılık Faaliyetlerine Etkileri**

L. occidentalis kozalak ve tohumlarla beslenmekte, yeni oluşan kozalakların dökümüne ve tohum kaybına sebep olmaktadır (Cibrian-Tovar ve ark. 1986, Hedlin ve ark. 1981, Koerber 1963, Santini 2009, Strong 2006). Böcek sadece tohum meşcereleri için değil doğal meşcereler için de tehdit oluşturmakta, uygun iklim şartları ve doğal

düşmanlarının olmaması nedeniyle kozalaklı türlerin doğal gençleştirilmesinde büyük tehdit oluşturmaktadır (Roversi ve ark. 2011, Tamburini ve ark. 2012, Bracalini ve ark. 2013, Lesieur ve ark. 2014). Tohum bahçelerinde % 80'lere varan azalmaların olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle koniferlerde tohum kalitesini ve canlılığını azaltarak ekonomik kayıplar meydana getirmektedir (Bracalini ve ark. 2014). Hafif ve orta derecede beslenme zararlarında, tohumun fidan oluşturma kapasitesi kontrole göre % 80 azalmaktadır (Bates ve ark. 2001). Bu çalışmalar *L. occidentalis*'in gelecekteki orman stratejileri için dikkate alınması gerektiğini teyit etmektedir. Erginler ve nimfler tohumun endosperm kısmıyla beslenirler ve tohumun zarar görerek yüksek oranda dökülmesine ve % 80 lere varan kayıplara neden olabilmektedir (Reid ve ark. 2009, Resh ve Carde 2009). Lesieur ve ark., (2012) karaçamda yaptığı çalışmada böceğin hafif zarar şiddetlerinde bile çimlenme oranlarını % 20'nin altına düşürdüğünü belirlemiştir. Lesieur ve ark (2014)'nın diğer ağaç türlerinde yapılan çalışmalarda, hafif zarar düzeylerinde bile çimlenme oranlarının %30'un altına düştüğü görülmektedir. Orta derecede yaptığı zararlara ise çimlenme oranları % 5'in altına düşmüştür.

L. occidentalis'in doğal ormanlarımızdaki yayılışı ve zararı her geçen gün görünür şekilde artmış ve üretim çalışmalarını etkilemeye başlamıştır. Özellikle doğal gençleştirme ve fidanlık çalışmalarında *L. occidentalis* zararından dolayı tohumların çimlenme oranlarındaki azalmalar üretim çalışmalarını olumsuz etkilemiştir. Bu konuda yapılan çalışmalarda, ibreli ormanların rejenerasyon potansiyelini düşürdüğü ve konukçusu olan ibreli türlerin doğal rejenerasyonunu etkileyebileceği düşünülmektedir (Rabitsch ve Heiss 2005, Tamburini ve ark. 2012, Lesieur ve ark. 2014a, Lesieur ve ark. 2014a). Çeşitli fungal hastalıkları bulaştırabileceği belirlenmiştir (Luchi ve ark. 2012, İpekdağ ve ark. 2019).

L. occidentalis'in, ayrıca tohum oluşumu ve gelişimi evrelerindeki zararlarının yanı sıra olgun tohumla beslenmesi sebebi ile elde edilen tohumların çimlenme yeteneği, bin dane ağırlığı gibi özelliklerinde de azalmalara sebep olabilmektedir. Lesieur (2014)'in çalışmasında doğal rejenerasyon için gerekli tohumlarda *L. occidentalis* kaynaklı kaybın %70'in üstüne çıkabildiği tespit edilmiştir. Tohumun tüm içeriğinin 1/3'ünden fazlası tüketildiğinde, tohumun çimlenme yeteneğini kaybettiği belirlenmiştir. Laboratuvarda *L. occidentalis*'in beslendiği tohumların sadece %18'inin çimlendiğini tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda (Bates 1999, Bates ve ark.,2000b) ve Bates ve ark.2001) az ve orta şiddette *L.*

occidentalis zararına uğramış göknar tohumlarından fidan oluşumunun zarara uğramamış tohumlara göre %80'den fazla azaldığını tespit etmiştir.

Karaçamda yapılan çalışmada %24.6 oranında zarar tespit edilmiş ve yüzdürme testinde çöken tohumlarda ortalama çimlenme yüzdesi karaçamda %13.9, sarıçamda ise %33.3 olarak tespit edilmiştir (Kalkan ve ark. 2021).

L. occidentalis ile Biyolojik Mücadele

L. occidentalis ile mücadelede, parazitoit ve predatörlerine ilişkin biyolojik mücadele araştırmaları yapılmaktadır. Yumurta parazitoitlerinin belirlenmesi konusunda yapılan çalışmada, parazitlenmenin %87'sinin *Gryon pennsylvanicum* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae), %8'inin *Anastatus pearsalli* Ashmead (Hymenoptera: Eupelmidae) ve %4'ünün *Ooencyrtus* (Hymenoptera: Encyrtidae) türü olduğu bildirilmiştir (Bates ve Borden, (2004). Ülkemizde yapılan arazi çalışmalarında *L. occidentalis*'in yumurtalarından *A. bifasciatus* ve *O. telenomicida* (Vassiliev) (Hymenoptera: Encyrtidae) parazitoitleri elde edilmiştir (Oğuzoğlu ve Avcı 2020). Erginlerin ise *Trichopoda pennipes* (Fabricius) tarafından tüketildiği belirtilmektedir (Ridge-O'Connor 2001).

2016'da Artvin'de yapılan gözlemlerde peygamberdevesi (*Mantis religiosa* L (Dictyoptera, Mantidae) ve *Argiope bruennichi* Scopoli (Araneae: Araneidae)'nin *L. occidentalis* nimf ve erginlerini avladığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte bunlar *L.occidentalis*'e özelleşmiş avcılar olmadığı için biyolojik mücadele amacıyla kullanımı mümkün görülmemektedir (İpekdağ ve ark. 2019). Laboratuvar şartlarında yapılan çalışmalarda *I. fumosorosea*'nın, *L. occidentalis*'in biyolojik mücadelesinde iyi bir potansiyeli olabileceğini belirtilmektedir (Barta 2010). Fungal uygulama yapılan *L. occidentalis*'lerin mantara karşı hassas oldukları ve 10-30 gün içerisinde bazılarının öldüğü bildirilmiştir (Rumine and Barzanti 2008).

Yapılan araştırmalardan görülmektedir ki ülkemizde *L. occidentalis* ibrelili türlerde tohum kaynaklarını ve verimliliğini tehdit eder konuma gelmiştir. Örneğin Parlak (2017)'in yaptığı çalışmada fıstıkçamında ortalama boş tohum oranlarının % 59 olduğu belirlenmiştir. Böceğin biyolojisi ve yayılma hızı göz önüne alındığında, tehdidin boyutunun daha da genişleyeceği öngörülmektedir (Kalkan ve ark. 2021).

Ülkemizde tohum meşcereleri ve bahçeleri, ormanların yenilenmesi, yeni ormanların kurulması, gerekli durumlarda yangın sonrası sahaların yeniden ormanlaştırılması gibi temel ormancılık faaliyetleri için en önemli kaynaklar olup, bu kaynakların verimliliği ve sürekliliğini etkileyebilecek her türlü biyotik ve abiyotik faktörün ülkemiz ormanlarının sürekliliği için bir tehdit olduğu göz ardı edilmemelidir. Böceğin sebep olduğu tohum kayıplarının doğal ormanlarda gençliklerin oluşumunu engelleme ya da geciktirme potansiyeline sahip olduğu düşünüldüğünde, uzun vadede tehdidin boyutlarının daha da büyük olduğu söylenebilir. *L. occidentalis* ile mücadele konusunda henüz etkili bir çözüm bulunamamıştır fakat çok sayıda çalışma devam etmektedir (İpekdağ ve ark. 2019).

L. occidentalis ile etkili bir mücadele yöntemi bulunamamasının sebeplerinden biri de böceğin hayat döngüsüne bağlı olarak yersel ilaçlama imkânlarının kısıtlanması, arıların ve diğer türlerin etkileyecek olmasıdır. Bu bakımdan böceklerle mücadelede biyolojik mücadelenin öne çıkarılması veya etkili yakalama tuzaklarının geliştirilmesi düşünülebilir. Biyolojik mücadelede böceklerle beslenebilecek ve gelişim dönemleri birbirine paralel yırtıcıların üretimi söz konusu olabilecektir. Luccardo ve ark., (2020)'na göre sentetik ve kimyasal ilaçların yan etkilerine rağmen, biyolojik kontrol uygulamaları herhangi bir kimyasal kirlenici veya kalıntı unsuru oluşturmaz ve bu bakımdan biyolojik kontrolde kullanılan yöntemler bitki koruma için çok daha uygundur. Predatör böceklerden biri olan *Z. renardii* ile *L. occidentalis*'in nimf dönemleri çakıştığından, mücadelede etkili şekilde kullanılabilecek bir yırtıcı potansiyeli taşımaktadır. Bu çalışmada her iki tür hakkındaki literatür bilgileri ve arazi gözlemlerinden faydalanılarak bu derleme makale oluşturulmuştur.

Z. renardii'nin Biyolojik Mücadelede Kullanımı

Biyolojik mücadelede kullanılan ve Reduviidae familyasından olan predatör böcekler, en farklı yırtıcı böcek ailelerindendir ve aynı alt aile, hem endojen hem de eksojen yapışkan tuzak avlama stratejileri geliştiren eklembacaklılardır (Zhanga ve ark. 2016). Reduviidae familyası dünya çapında Hemiptera grubunun ekonomik bakımdan en önemli böcekleridir. Tarımsal ekosistemlerde, ormanlarda, tropikal yağmur ormanlarında ve yarı kurak bölgelerde bulunurlar. Reduviidler doğal ve plantasyon ormanlarında, bitki örtüsü üzerinde, kuş yuvalarında, mağaralarda ve örümcek ağlarında yaşarlar. Her ekosistemdeki başarıları, avlanma ile ilgili morfolojik ve fizyolojik

adaptasyonlarından kaynaklanmaktadır. Reduviidae familyası üyeleri zararlı böcekleri kontrol altında tutmada önemli bir rol oynayan etkili predatörlerdendir (Sahayaraj, (2014). Bu familyadan olan yırtıcı böcekler biyolojik mücadelede önemli bir rol oynar (Ellsworth ve ark. 2011). Bazı tarımsal ürünlerde tarla ve laboratuvar deneyleri yapılmış ve biyolojik kontrol programlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Sahayaraj 2014).

Reduviidae familyası orta - büyük böceklerden oluşan, uzun gövdeli ve dar kafalı, kavisli bir emgi hortumu bulunan 25 alt familyaya ait yaklaşık 7.000 tanımlanmış tür içeren bir ailedir. Birçoğu eklembacaklılar için genel yırtıcı özellik gösterirler (D'hervé ve ark. 2018). Reduviidae familyasının %96'sından fazlası zoophag predatörlerdir. Çoğu Reduviid, ormanın yanı sıra tarım alanlarındaki böceklerin de yırtıcılarıdır. Bu familyaya ait yırtıcı böceklerin genellikle diğer böcekler ve eklembacaklılardan oluşan çok çeşitli avlarla beslendiği bilinmektedir. Avları, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera ve Orthoptera familyalarından çeşitli böcekleri içerir. Reduviidlerin çok farklı böceklerle beslenmesi nedeniyle zararlı böceklerin

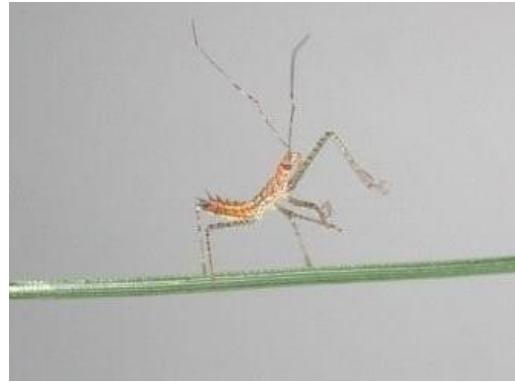
kontrolünde biyolojik mücadele unsuru olarak kullanılması son yıllarda giderek artan bir ivme kazanmıştır (Sahayaraj 2014).

Reduviidae familyasının en yaygın ve faydalı cinslerden biri, hem nimf hem de ergin döneminde diğer böceklerle beslenen *Zelus* ve *Sinea*'dır. *Zelus renardii* Kolenati, Arizona'da pamuklarda biyolojik mücadelede zararlı kontrolüne en çok katkıda bulunan yırtıcı böcektir (Ellsworth ve ark. 2011). *Zelus* cinsi, batı yarımkürenin tropikal ve ılıman bölgelerine dağılmıştır. En çok dikkat çeken üç tür *Z. luridus*, *Z. renardii* ve *Z. tetracanthus*'dur (Bellows ve Fisher 1999).

Bu familyadan olan *Z. renardii*, farklı tarımsal bitkilerde ve meyve ağaçlarında hem zararlı hem de faydalı böceklerle saldıran genel bir predatördür (Lozano ve ark. 2018). Birçok çalışmada ortaya konulduğu üzere, *Z. renardii*, Hemiptera, Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Neuroptera, Blattaria veya Orthoptera takımlarına ait tüm böcek türlerini avlamaktadır (Pinzari ve ark. 2018). İzmir'de 2021 yılında erginlerin biberler üzerindeki yaprak bitleri ile beslendikleri gözlenmiştir (Şekil 2).



Z. renardii yumurtaları (Cornara ve ark 2016)



Zelus renardii nimfleri (01.08.2019-Bursa) (S. Parlak)



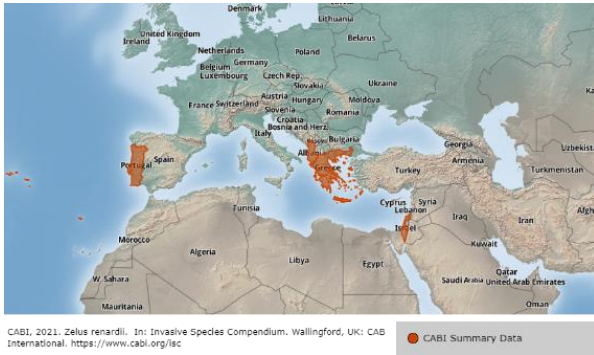
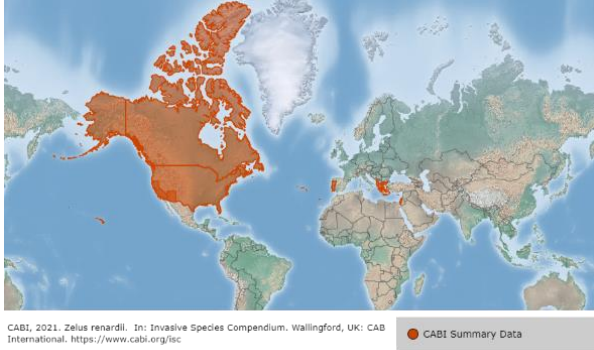
Zelus renardii ergini (02.07.2021-Bursa) (S. Parlak)



Zelus renardii ergini (24 Temmuz 2021)-İzmir (S. Parlak)

Şekil 2. *Zelus renardii*'nin farklı gelişme dönemleri

Reduviidae familyasının tür çeşitliliği ve uyum sağlama kapasitesi, dünyanın farklı bölgelerinde kolonileşmelerine olanak sağlamıştır (Şekil 3).



Şekil 3. *Zelus renardii*'nin dünyadaki yayılışı (URL-1)

Bu durum türün muhtemelen insan faaliyetleri tarafından dağıldığını, farklı böcek türlerinin *Z. renardii*'nin ergin ve nimf dönemlerinde genel besinleri olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalarda *Z. renardii*'nin biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılabilirliği anlaşılmıştır (Bella 2020). Yüksek kolonizasyon kapasitesi sayesinde sürekli yayılan bir türdür. Değişik habitatlarda, kentsel alanlarda ve tarım alanlarında sıkça görülmekte ve yüksek yoğunluklara ulaşabilmektedir (Lozano ve ark. 2018). *Zelus renardii* diğer *Zelus* türlerine göre çok farklı iklim tiplerinde yayılış gösterebilmektedir. Bu bakımdan diğer *Zelus* türlerine göre olumsuz çevresel koşullara uyum sağlamada daha başarılıdır (Weirauch 2012). Bu özellikler *Z. renardii*'yi öncü bir tür olarak düşündürmekte ve yüksek sıcaklık, yiyecek kıtlığı gibi olumsuz koşullara daha toleranslı yapmaktadır (Weirauch 2012). 25 - 30 ° C arasındaki sıcaklıklar nimflerin optimum gelişimine uygundur. Tropikal veya Arktik bölgelerde olduğu gibi daha yüksek ve daha düşük sıcaklıklar, nimf dönemindeki ölüm oranını artırmaktadır (Pinzari ve ark. 2018, Rattu ve Dioli 2020). Hayatta kalma ve gelişme oranları, özellikle erken dönemlerde 25 - 30 °C'de önemli ölçüde artış göstermiştir. *Z. renardii*'nin özellikle Temmuz ve Ağustos aylarındaki aşırı sıcaklıklara tolerans gösterdiği belirlenmiştir. Doğadan toplanıp sıcak koşullar altında bile

laboratuvara getirilen *Z. renardii* örnekleri hayatta kalabilir, kolayca koloniler oluşturabilir ve düzensiz beslenmeleri bile genellikle üreme başarılarını etkilemez (Pinzari ve ark. 2018). Sıcaklığın yanında fotoperiyod gibi diğer faktörler, bu yırtıcının yetiştirilmesinde önemli olabilir (Ali ve Watson 1978). Öncü bir tür olarak *Z. renardii*, kısa avlanma ve beslenme süresi ve çiftleşme başına yüksek yavru oranı gibi biyolojik parametreleri, doğal alanlarda yayılışı için ekolojik avantaj sağlamaktadır (Bella 2020). Polifag bir avcı olmasına ve genellikle faydalı eklembacaklılarla beslenmesine rağmen, besinlerinin önemli bir kısmını zararlı böcekler oluşturmaktadır (Ables 1978).

Reduviid predatörler kimyasal ilaçlara karşı *Coccinellid*'ler'den daha dayanıklıdır. Ekolojik faktörlere adaptasyonu, bitki sağlığı ürünlerine karşı dayanıklılığı, potansiyel olarak Reduviidae familyası üyelerini biyolojik kontrolde kullanılabilir kılmaktadır. İlave Reduviidae avcıları ana pestisitlere ve biyopestisitlere karşı dirençlidir. Bu grup predatörlerin, haşere mücadele programlarında biyolojik kontrol için önemli bir ajan oldukları kabul edilmektedir (Sahayaraj 2014).

Yırtıcı böceğin biyolojik mücadelede etkinliği, öldürdüğü avın sayısına, kalitesine, avlanma ve üreme kapasitesine, av arama ve yakalama süresine, avı sindirimi, açlık, av tercihi ve yırtıcı böcekler arasındaki rekabet gibi faktörlere bağlıdır (Sahayaraj 2014). Bir reduviid'in biyolojik mücadeledeki etkinliği avın türüne ve gelişim dönemine bağlıdır. Dişi Reduviidae yırtıcı böcekler, erkeklerden daha fazla besin tüketmektedir ve etkinliği sadece cinsiyete bağlı olmayıp, yırtıcı böceğin genel habitatına ve gelişim dönemine de bağlıdır. Reduviidae familyası üyeleri beslenmeleri gerekenden daha fazla sayıda avı öldürmekte ve bu özellik biyolojik kontrolde önemli bir unsur haline getirmektedir (Sahayaraj 2014). Reduviids familyasındaki büyük yırtıcı böcekler büyük avla, küçükler ise küçük avlarla beslenmeyi tercih etmektedir. Yırtıcı oranı 1-18 av/gün arasında değişmektedir ve av boyutuna bağlıdır. Bu nedenle etkili kontrol için, avcının böcek istilasına uğramış alanlara zamanında salınması gereklidir (Sahayaraj 2014). *Z. renardii* avını genellikle bir dakikadan kısa sürede felç eder. Orta -büyük boy bir öğünü bitirmesi 60 ila 80 dakika sürmektedir (Pinzari ve ark. 2018). *Z. renardii*, 48 saatten biraz daha fazla bir sürede kendi vücut ağırlığı kadar avla beslenmekte ve son beslenmeden yaklaşık 24 saat sonra başka bir avı tüketmeye hazırlanmaktadır. Gıda sindirmedeki hız, tüketilen av sayısı ve av boyutu,

yırtıcıların etkinliğini ve predatörlüğe uygunluğunu etkilemektedir (Cohen 1993).

Zelus'un, hektar başına 50.000-75.000 gibi yüksek yoğunluklarına ulaştığı bilinmektedir (Ables 1978). Hem nimfler hem de erginler büyük miktarlarda avla beslenebilir (Davranoglou 2011). Avcılık etkinliği, çiftleşme süresi, kısa beslenme süresi, dağılışındaki başarı gibi bazı temel biyolojik parametreler *Z. renardii*'yi diğer *Zelus* türlerinden daha başarılı yapmaktadır. Bir diğer özelliği ise kısa beslenme süresi nedeniyle kendisinin av olma ihtimali azalmakta ve bu husus *Z. renardii*'nin yayılışını daha fazla teşvik etmektedir (Weirauch 2012). *Z. renardii* nimfleri genellikle yaprak bitleri, bitler ve tripslerle beslenirken, yetişkinler yakalayabildikleri hemen hemen her eklembacaklıyla beslenirler (Pinzari ve ark. 2018). Yapılan gözlemlerde *Z. renardii*'nin en az 15 farklı türü avladığı ve beslendiği belirlenmiştir. Beslenmesinin % 20.9'u potansiyel olarak yararlı eklembacaklılardan, % 39 Lepidoptera larvaları% 11 muskoid sinekleri ve % 50 çeşitli böceklerden oluşmaktadır. Ön ve orta tibiasındaki yapışkan salgı avın yakalanmasını kolaylaştırmaktadır. Hortumu ile avın içine zehir enjekte ederek 48 saat sonra avlarının %86,7'sini öldürmektedir. Genellikle bir dakikadan kısa sürede avını felç etmekte ve besleme süreci büyük avlarda 60 ila 80 dakika sürmektedir (Ables 1978, Pinzari ve ark. 2018).

Z. renardii'nin yetişkinleri, yakalayabildikleri herhangi bir eklembacaklı ile beslenebilmektedir. Erginlerin bir günde yaklaşık 42 adet *Pectinophora gossypiella* (family Gelechiidae) yumurtası ya da 75 adet ilk dönem larvalarından tükettikleri gözlenmiştir. Ayrıca, *Z. renardii*'nin biyolojik mücadelede kullanılan *Nabis* spp. ve *Chrysoperla rufilabris* larvaları ile beslendiği ve ciddi şekilde azalttığı gözlenmiştir. Nimfleri ise yaygın olarak yaprak bitleri ve yaprak zararlıları ile beslenmektedir (Bellows ve Fisher 1999). *Z. renardii* sadece ilk nimf döneminde bir süre polen veya nektarlardan beslenmektedir (Liccardo ve ark. 2020). Laboratuvar çalışmaları, *Z. renardii*'nin *Xylella fastidiosa* bakterisinin zeytinlerde görülen ve yaprak yanıklığına neden olan vektörlere karşı biyolojik mücadelede iyi bir aday olduğunu ortaya koymuştur (Liccardo ve ark. 2020).

Avı yakalamak için kullanılan yapışkan maddenin kökenine bağlı olarak, temelde iki farklı tür yapışkan tuzak avcılığı ayırt edilebilir: Yapışkan tuzak ile avlananların büyük çoğunluğu, farklı vücut kısımlarında bulunan bezlerden yapışkan maddeler salgılar. Örneğin yapışkan salgı bazı Reduviidae'lerin bacaklarında bulunur (Zhang ve Weirauch 2013, Zhanga ve ark. 2016). 'Kendinden yapışkanlı' suikastçı böcekler (endojen yapışkanlı predatörler) *Zelus* cinsinde tanımlanmıştır ve şu anda Harpactorin familyasında en az 12 cinse ait türleri içerdiği bilinmektedir (Zhang ve Weirauch 2013, 2014). Erken dönem nimfler yapışkan bezlerden yoksundur, ancak ön ve orta bacaklarını yapışkan kaplamak için kendi yumurtalarındaki yapışkan maddeleri kullanırlar (Weirauch 2006). Bu özellik onların avlanma başarılarını önemli ölçüde artıran bir stratejidir. Yapılan çalışmalarda, yapışkan maddeye sahip nimflerin daha fazla avlanma kapasitesine sahip ve rüzgâra karşı daha dirençli oldukları ve böceğe daha iyi yapışmayı sağladığı görülmüştür (Law ve Sediği 2010, Weirauch 2012, Zhanga ve ark. 2016). *Z. renardii* tibiasında bulunan bezlerden salgılanan bu salgılar avın kaçmasını da önlemektedir (Pinzari ve ark. 2018).

Türkiye'de *Z. renardii* ilk defa Ankara ve İstanbul'da 2016 yılında görülmüş (Çerçi ve Koçak 2016), 2020 yılında Ankara'da kayıt altına alınmıştır. Bu yeni kayıt yayılış alanının Anadolu'nun doğu kısmına doğru genişlediğini göstermektedir (Kıyak 2020). Tarafımızdan yapılan incelemelerde böceğin nimfleri 2019 yılı Mayıs ayında Bursa merkezde karaçam ağaçları üzerinde görülmüş ve beslendiği tespit edilmiştir. Böceğin farklı büyüklükteki nimfleri laboratuvara getirilerek karasineklerle beslenmiş ve nimf döneminde bulunan *L. occidentalis* ile aynı cam petriye konulmuştur. Yapılan gözlemlerde *Z. renardii*'nin kısa sürede *L. occidentalis* nimflerine saldırdığı ve beslendikleri görülmüştür. Aynı cam petriye konan farklı büyüklükteki nimflerin ise yiyecek kıtlığı nedeniyle büyük nimflerin, küçüklerle beslendikleri ve kanibalizm davranışı sergiledikleri görülmüştür (Şekil 4, 5). Bu konuda yapılan çalışmalarda aç kalma durumunda *Z. renardii* nimf ve erginleri arasında kanibalizmin sık görülen bir davranış olduğu ve bu davranışın popülasyonun kendi kendini kontrol etmesini sağladığı bildirilmektedir (Cisneros ve Rosenheim 1997, Liccardo ve ark. 2020).



Şekil 4. *Z. Renardii*' de kanibalizm (sol) ve beslenme (sağ) 01.08.2019 (S. Parlak)



Şekil 5. Beslenme esnasında ergin *Z. Renardii* (sol) ve alttan görünümü (sağ) 02.07.2021 (S. Parlak)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Z. renardii, Amerika'da predatör böceklerden ticari olarak temin edilebilen (URL-2) tek türdür (Hernandez ve ark. 2019). Bu tür biyolojik mücadelede zararlı böceklerin kontrolüne katkıda bulunabilecek genel bir yırtıcıdır fakat aynı zamanda biyolojik mücadele kullanılan çeşitli türlerin de predatörüdür (Petrakis ve Moulet 2011). Yapılan son araştırmalar, *Z. renardii*'yi *Philaenus spumarius*'un biyolojik kontrolü için uygun aday olarak önermektedir (Pinzari ve ark. 2018). *Zelus renardii*'nin istilacı doğası nedeniyle, biyolojisini araştırmak ve doğal entomofauna üzerindeki etkisini incelemek gerekir (Lozano ve ark. 2018). Genel yırtıcı olarak hem doğal hem de biyolojik kontrolde kullanılan diğer böcek poplasyonlarını etkileyebilir. Örneğin, *Z. renardii* tarımsal zararlıların biyolojik kontrol ajanları olarak kullanılan krizopitler ve afelinidlerin poplasyonlarını önemli ölçüde azaltabilir (Cisneros ve Rosenheim 1997, Pinzari ve ark. 2018). Bu bakımdan genel yırtıcı davranışı ve istilacı karakteri nedeniyle, biyolojik mücadele yapılan alanlarda salınması önerilmemektedir (Lozano ve ark. 2018). Yapılacak

çalışmalarda *Z. renardii*'nin farklı gelişim dönemlerindeki av seçimi ve avlanma davranışları gözlenmelidir (Cisneros ve Rosenheim 1997).

Z. renardii'nin genel predatör özelliği, biyolojik mücadeleye karar vermede göz önünde bulundurulması gereken bir husustur. Özellikle endemik ve nadir böcek türlerinin bulunduğu veya diğer biyolojik mücadele unsurlarının kullanıldığı alanlarda salınımı yapılmamalıdır. Son yıllarda hem plantasyon hem de doğal ormanlarımızdaki ibrelili tür tohumlarına büyük zarar veren *L. occidentalis* ile nimf dönemlerinin çakışması biyolojik mücadelede *Z. renardii*'yi iyi bir predatör adayı yapmaktadır. *Z. renardii*'nin hem nimflerinin hem de erginlerinin *L. occidentalis* nimflerine karşı predatör davranışları gözlenmiştir. Başarılı olduğu takdirde ibrelili türlerde çok büyük kayıplara neden olan bu tohum zararlısına karşı biyolojik mücadelede kullanılabilir. Bu bakımdan türle ilgili daha detaylı laboratuvar ve saha çalışmaları yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Ables JR (1978) Feeding behavior of an assassin bug, *Zelus renardii*, Annals of the Entomological Society of America, Volume 71, Issue 4, Pages 476–478, <https://doi.org/10.1093/aesa/71.4.476>
- Ahn SJ, Son D, Choo HY, Park CG (2013) The first record on *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae) in Korea, a potential pest of the pinaceous tree species. J Asia Pacific Entomol 16(3):281–284. doi:10.1016/j.aspen.2013.04.001
- Ali ASA, Watson TF (1978) Effect of temperature on development and survival of *Zelus renardii*. Environmental Entomology, 7(6), 889–890. doi:10.1093/ee/7.6.889
- Arslangündoğdu Z, Hizal E (2010) The western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann, 1910), recorded in Turkey (Heteroptera: Coreidae). Zoology in the Middle East, 50(1): 138–139
- Barta M (2010) Pathogenicity assessment of entomopathogenic fungi infecting *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae). Czech Mycol. 62(1): 67–78
- Bates SL, Strong WB, Borden JH (2002a) Abortion and seed set in lodgepole and western white pine conelets following feeding by *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae). Environmental Entomology, 31(6): 1023–1029
- Bates SL (1999) Impact of feeding by the western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Hemiptera: Coreidae), on yield, seed storage reserves and seedling vigor in Douglas-fir. Master (Pest Management) Thesis, Simon Fraser University, Ottawa, Canada, pp. 59
- Bates SL, Borden JH (2004) Parasitoids of *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) in British Columbia. Journal of the Entomological Society of British Columbia 101: 143–144
- Bates SL, Borden JH (2005) Life table for *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: coreidae) and prediction of damage in lodgepole pine seed orchards. Agricultural and Forest Entomology 7:145–151
- Bates SL, Borden JH, Kermode AR, Bennett RG (2000) Impact of *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae) on Douglas-fir seed production. J Econ Entomol 93(5):1444– 1451. doi:10.1603/0022-0493-93.5.1444
- Bates SL, Borden JH, Savoie A, Blatt SE, Lait GC, Kermode AR, Bennett RG (2000b) Impact of feeding by *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae) on the major storage reserves of mature Douglas-fir (Pinaceae) seeds. Canadian Entomologist 132: 91–102
- Bates SL, Lait CG, Borden JH, Kermode AR (2002) Measuring the impact of *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae) on seed production in lodgepole pine using an antibody-based assay. J. Econ. Entomol. 95: 770–777
- Bates SL, Lait CG, Borden JH, Kermode AR (2001) Effect of feeding by the western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis*, on the major storage reserves of developing seeds and on seedling vigor of Douglas-fir. Tree Physiol 21(7):481–487
- Bella S (2020) The Nearctic Bug *Zelus renardii* (Kolenati) (Hemiptera Reduviidae) In Northern Italy and Sicily. Redia, 103,: 87–88. <http://dx.doi.org/10.19263/REDIA-103.20.14>
- Bellows ST, Fisher TW (1999) Handbook of Biological Control-Principles and Applications of Biological Control. Academic Press, San Diego, California Printed In The United States of America
- Blatt SE (1994) An unusually large aggregation of the western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae), in a man-made structure. J. Entomol. Soc. Brit. Columbia 9: 71–72
- Bracalini M, Benedettelli S, Croci F, Terreni P, Tiberi R, Panzavolta T (2013) Cone and Seed Pests of *Pinus pinea*: Assessment and characterization of Damage DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/EC12293> 229–234
- Bracalini M, Cerboneschi M, Croci F, Panzavolta T, Tiberi R., Tegli S (2014) DNA based markers to characterize insect pest damage: diagnostic trials on *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae), Entomology 2014, ESA 62ND Annual Meeting November 16–19, Portland OR
- Campbell BC, Shea PJ (1990) A simple staining technique for assessing First record of *Leptoglossus occidentalis* in Greece feeding damage by *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Hemiptera: Coreidae) on cones. Canadian Entomologist 122: 963–968
- Cibrián-Tovar DB, Méndez-Montiel JT, Campos-Bolaños R, Yates HO, Flores-Lara J (1995) Insectos forestales de México/Forest Insects of Mexico. Universidad Autónoma de Chapingo, Mexico. 453 p
- Cibrián-Tovar DB, Hebel BH, Yates HO, Mendez-Montiel JT (1986) *Leptoglossus occidentalis* Heidemann. In: Cone and Seed Insects of the Mexican Conifers (Eds pp. 55–58, USDA Forest Science, Southeastern Forest Experiment Station, Ashville (US)
- Cisneros J, Rosenheim J (1997) Ontogenetic change of prey preference in the generalist predator *Zelus renardii* and its influence on predator-predator interactions. Ecological Entomology, 22(4), 399–407. doi:10.1046/j.1365-2311.1997.00065.x
- Cohen AC (1993) Organization of digestion and preliminary characterization of salivary trypsin-like enzymes in a predaceous heteropteran, *Zelus renardii*. Journal of Insect Physiology, 39(10), 823–829. doi:10.1016/0022-1910(93)90114-7
- Çerçi B, Koçak Ö (2016) Contribution to the knowledge of Heteroptera (Hemiptera) fauna of Turkey. Journal of Insect Biodiversity, 4(15): 1–18
- D’hervé Federico E, Anabel O, Dapoto Graciela L (2018) *Zelus renardii* (Hemiptera: Reduviidae: Harpactorinae: Harpactorini): first record from Argentina, Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 77 (1): 32–35, 2018 doi.org/10.25085/rsea.770106
- Davranoglou LR (2011) *Zelus renardii* (Kolenati, 1856) (Reduviidae: Harpactorinae), a New World reduviid discovered in Europe. Entomologist's Monthly Magazine. 147. 157–162. *Zelus renardii* (Kolenati, 1856) (Reduviidae: Harpactorinae) is recorded for the first time in Europe (Hemiptera: Reduviidae: Harpactorinae)
- DeBarr GL, Kormanik PP (1975) Anatomical basis for conelet abortion on *Pinus echinata* following feeding by *Leptoglossus corculus* (Say). Can. Entomol. 107:81–86
- Ellsworth PC, Brown L, Fournier A, Li X, Palumbo J, Naranjo S (2011) “Keeping Cotton Green!” Univ. Ariz. IPM Short. URL: http://ag.arizona.edu/crops/cotton/files/SelectiveChemicalContr_olsvF.pdf
- EPPO (2010) *Leptoglossus occidentalis*: an invasive alien species spreading in Europe. EPPO Reporting Service 1: 8–12
- Farinha AO, Branco M, Pereira MFC, Auger-Rozenberg MA, Mauricio A, Yart A, Guerreiro V, Sousa EMR, Roques A (2018) Micro X-ray computed tomography suggests cooperative feeding among adult invasive bugs *Leptoglossus occidentalis* on mature seeds of stone pine *Pinus pinea*. Agricultural and Forest Entomology, 20: 18–27
- Fent M, Kment P (2011) First record of the invasive western conifer seed bug *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae) in Turkey. North-Western Journal of Zoology, 7(1): 72–80
- Galli WK (1992) Further Eastern Range Extension And Host Records For *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae): Well-Documented Dispersal Of A Household Nuisance, The Great Lakes Entomologist, s 159–172
- Gapon DA (2012) Izdatel'stvo Nauka, St. Petersburg, Russia Citation Èntomologicheskoe Obozrenie, 91, 3, pp 559–568
- Gobbi M, Lencioni V (2009) Alieni a sei zampe - Insetti “esotici” in Trentino, Natura Alpina 1–2, 2009 (In Italian)

- Gullan PJ, Cranston PS (2012) The Insects: An Outline of Entomology. Nobel Akademik Yayıncılık (Böcekler: Entomolojinin Ana Hatları, Editör Ali Gök)
- Hedlin AF, Yates HO, Tovar DC, Ebel BH, Koerber TW, Merkel EP (1981) Cone and seed insects of North American conifers. Canadian Forestry Service, Ottawa, USDA Forest Service, Washington D.C. and Secretaria de Agricultura Recursos idraulicos, Mexico
- Hellrigl K (2006) Rasche Ausbreitung eingeschleppter Neobiota (Neozoen und Neophyten)-Amerikanische Koniferenwanze *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910.- Forest Observer, 2/3: 363-365
- Hernandez M, Masonick P, Weirauch C (2019) Crowd sourced online images provide insights into predator-prey interactions of putative natural enemies. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352249619300448>
- URL 2. <https://www.arbico-organics.com/product/assassin-bug-zelus-renardii/assassin-bugs-predators> (Erişim 01.04.2022-13:06)
- URL 1. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/57450#toDistributionMaps> (Erişim 01.04.2022-13:00)
- Ishikawa T, Kikuhara Y (2009) (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Hemiptera: Coreidae), a presumable recent invader to Japan). Japanese Journal of Entomology (New Series) 12: 115– 116 (in Japanese, English abstract)
- İpekdağ K, Şükran O, Funda O, Avcı M (2019) *Leptoglossus occidentalis*: Current Situation in the World and Turkey. Publisher: Turkish General Directorate of Forestry, ISBN: 978-605-7599-24-4
- Jacobs S, Emmen D (1995) Western conifer seed bug. Pennsylvania State Entomology Fact Sheet] www.ento.psu.edu/extension/factsheet/western_conifer_seed_bug.htm
- Jucker C, Quacchia A, Colombo M, Alma A (2008) Hemiptera Recently Introduced into Italy Bulletin of Insectology 61 (1): 145-146
- Kalkan M, Arık G, Çiçekçi G, Yılmaz M, Parlak S (2021) Çam kozalak emici böceği (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann)'nin karaçam ve sarıçam tohumlarının doluluk ve çimlenmesine etkisi. Ağaç ve Orman, 2(1): 29-34. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/agacorman/issue/63366/938704>
- Kıyak S (2020) The new record invasive alien species (IAS) *Zelus renardii* (Kolenati, 1857) (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae) in central Anatolia (Turkey), J. Het.Turk., 2 (1):47-52
- Koerber TW (1963) *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae), a newly discovered pest of coniferous seed. Annals of the Entomological Society of America, 56: 229–234
- Krugman SL, Koerber TW (1969) Effect of cone feeding by *Leptoglossus occidentalis* on ponderosa pine seed development. Forest Science, 15: 104-111
- Lait CG, Bates SL, Morrisette KK, Borden JH, Kermod AR (2001) Biochemical assays for identifying seeds of lodgepole pine and other conifers fed on by *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Hemiptera: Coreidae) Canadian Journal of Botany, 79(11): 1349-1357, 10.1139/b01-119
- Law YH, Sediqi A (2010) Sticky Substance on Eggs Improves Predation Success and Substrate Adhesion in Newly Hatched *Zelus renardii* (Hemiptera: Reduviidae) Instars Source: Annals of the Entomological Society of America, 103(5):771-774. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/AN09143>
- Lesieur V, Auger-Rozenberg MA, Roux-Morabito G, Roques A (2012) Impact of the Western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* on major European conifers: Example of *Pinus nigra*. In UFRO 7.03. 01" Cone and seed insects" and 7.03. 04" Diseases and Insects in Forest Nurseries" Working Party Meeting, pp. 1-p)
- Lesieur V, Yart A, Guilbon S, Lorme P, Auger-Rozenberg MA, Roques A (2014a) The invasive *Leptoglossus* seed bug, a threat for commercial seed crops, but for conifer diversity? Biological Invasions, 16: 1833–1849
- Lesieur V, Yart A, Guilbon S, Lorme P, Auger-Rozenberg MA, Roques A (2014) A simple staining technique for assessing feeding damage by *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Hemiptera: Coreidae) on cones. Biological Invasions, 16, 9, pp 1833-1849 Springer, Amsterdam, Netherlands
- Liccardo A, Fierro A, Garganese F, Picciotti U, Porcelli F (2020) A biological control model to manage the vector and the infection of *Xylella fastidiosa* on olive trees. Plos One 15(4): e0232363. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232363>
- Lozano BR, Ruiz MB, De Dios MAG (2018) The Invasive Species *Zelus renardii* (Kolenati, 1857) (Hemiptera, Reduviidae) in Spain and Comments about its Global Expansion October 2018 Transactions of the American Entomological Society 144:551-558 10.3157/061.144.0305
- Luchi N, Mancini V, Feducci M, Santini A, Capretti P (2012) *Leptoglossus occidentalis* and *Diplodia pinea*: a new insect-fungus association in Mediterranean forests. Forest Pathology, 42: 246– 251
- Maltese M, Caleca V, Carapezza A (2009) Primi reperti in Sicilia su diffusione e biologia di *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae), cimice americana dei semi delle conifere. pp. 1413-1418. In: Atti del Terzo Congresso
- Malumphy C, Botting J, Bantock T, Reid S (2008) Influx of *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Coreidae) in England.- Het News, 12: 7-9
- Mitchell PL (2000) Leaf-footed bugs (Coreidae), pp. 337–403. In: Schaeffer, C.W., Panizzi, A.R (eds.), Heteroptera of economic importance. CRC Press, Boca Raton, Florida, 828 pp
- Mjøs AT, Nielsen TR, Ødegaard F (2010) The Western Conifer Seed Bug (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910) (Hemiptera, Coreidae) found in SW Norway. Norwegian Journal of Entomology 57: 20–22
- Mutke S, Martínez J, Gordo J, Nicolas JL, Herrero N, Pastor A, Calama R (2014) Severe Seed Yield Loss in Mediterranean Stone Pine Cones, 5. International Conference on Mediterranean Pines (medpine5) Salona, Spain september 22-26
- Ogden J (2013) Western Conifer Seed Bug, Insectary Notes, NS Dept. of Natural Resources Forest Health, October / November p. 2-3
- Oğuzoğlu Ş, Avcı M (2020) Türkiye'de *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910 (Hemiptera: Coreidae) üzerine biyolojik gözlemler, parazitotileri ve yayılışına katkılar. Ormanlık Araştırma Dergisi, 7(1), 9-21
- Parlak S (2017) An invasive species: *Leptoglossus occidentalis* (Heidemann) how does it affect forestry activities. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(3), 531-542
- Petrakis P, Moullet P (2011) First record of the Nearctic *Zelus renardii* (Heteroptera, Reduviidae, Harpactorinae) in Europe. Entomologia Hellenica, 20(2): 75-81. doi:<https://doi.org/10.12681/eh.11511>
- Pimpão MLC (2014) *Leptoglossus occidentalis*: Bioecologia e previsão de impacto económico em Portugal, Lisboa, Instituto Superior D Agronomia, Universidade Lisboa
- Pinzari M, Cianferoni F, Martellos S, Dioli P (2018) *Zelus renardii* (Kolenati, 1856), A Newly established alien species in Italy (Hemiptera: Reduviidae, Harpactorinae) Fragmenta entomologica, 50 (1): 31-35
- Rabitsch W, Heiss E (2005) *Leptoglossus occidentalis* Heidemann, 1910, eine Amerikanische Adventivart auch in sterreich aufgefunden (Heteroptera: Coreidae). Ber. nat.-med. Verein Innsbruck 92: 131-135

- Rattu A, Dioli P (2020) Prima segnalazione di *Zelus renardii* (Kolenati, 1856) in Sardegna (Hemiptera, Reduviidae). *Revista italiana di Entomologia* 11 (1): 119–125
- Reid S, Cannon R, Malumphy C, Tilbury C, Straw N (2009) Western Conifer Seed Bug *Leptoglossus occidentalis*, Plant Pest Factsheet Società Veneziana di Scienze Naturali Lavori, 26: 3–5
- Resh VH, Carde RT (2009) Editors Encyclopedia of Insects, Second edition, Elsevier, Inc. ISBN: 978-0-12-374144-8
- Rice CM, Lenches EM, Eddy SR, Shin J, Sheets RL, Strauss JH (1985) Nucleotide sequence of yellow fever virus: implications for flavivirus gene expression and evolution. *Science* 229, 726–733
- Ridge-O'Connor G.E (2001) Distribution of the Western conifer seed bug, *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) in Connecticut and parasitism by a tachinid fly, *Trichopoda pennipes* (F.) (Diptera: Tachinidae). *Entomological Society of Washington* 103(2):364–366
- Roversi PF, Strong WB, Caleca V, Maltese M, Peverieri GS, Marianelli L, Marziali L, Strangi A (2011) Introduction into Italy of *Gryon pennsylvanicum* (Ashmead), an egg parasitoid of the alien invasive bug *Leptoglossus occidentalis* Heidemann. *EPPO Bull* 41(1):72–75. doi:10.1111/j.1365-2338.2011.02439.x
- Rumine P, Barzanti GP (2008) Controllo microbiologico della “cimice delle conifere”: prove preliminari di laboratorio [Microbiological control of the leaf-footed bug *Leptoglossus occidentalis*: first laboratory trials]. *Giornate Fitopatologiche*, 1: 307–308
- Sahayaraj K (2014) Reduviids and Their Merits in Biological Control. Basic and Applied Aspects of Biopesticides. 195–214. 10.1007/978-81-322-1877-7_10
- Santini L (2009) La cimice americana delle conifere (*Leptoglossus occidentalis* Heidemann) (Heteroptera: Coreidae) e fruttificazione del pino domestico. I Georgofili, Quaderni 2009, IV, Sezione Centro Ovest, Pisa, pp. 15–36
- Strong WB (2006) Seasonal changes in seed reduction in lodgepole pine cones caused by feeding of *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae). *The Canadian Entomologist*, 138: 888–896
- Strong WB, Bates SL, Stoeckl MU (2001) Feeding by *Leptoglossus occidentalis* (Hemiptera: Coreidae) reduces seed set in lodgepole pine (Pinaceae). *The Canadian Entomologist/Volume* 133/Issue 06/pp 857–865
- Tamburini M, Maresi G, Salvadori C, Battisti A, Zotte F, Pedrazzoli F (2012) Adaptation of the invasive western conifer seed bug *Leptoglossus occidentalis* to Trentino, an alpine region (Italy). *Bulletin of Insectology*, 65: 161–170
- Taylor SJ, Tescari G, Villa M (2001) An arctic pest of *Pinaceae* accidentally introduced into Europe: *Leptoglossus occidentalis* (Heteroptera: Coreidae) in northern Italy. *Entomological News* 112: 101–103
- Tescari G (2001) *Leptoglossus occidentalis*, coreidae neartino rinvenuto in Italia (Heteroptera, Coreidae). Società Veneziana di Scienze Naturali Lavori, 26: 3–5
- Villa M, Tescari G, Taylor SJ (2001) Nuovi dati sulla presenza in Italia di *Leptoglossus occidentalis*. *Bollettino della Società Entomologica Italiana*, 133 (2): 101–112
- Weirauch C (2006) Observations on the sticky trap predator *Zelus luridus* Stål (Heteroptera: Reduviidae: Harpactorinae), with the description of a novel gland associated with the female genitalia. *Denisia* 50: 1169–1180
- Weirauch C, Alvarez C, Zhang G (2012) *Zelus renardii* and *Z. tetracanthus* (Hemiptera: Reduviidae): Biological Attributes and the Potential for Dispersal in Two Assassin Bug Species. *Florida Entomologist*, 95(3), 641–649. doi:10.1653/024.095.0315
- Wittenberg R (ed.) (2005) An inventory of alien species and their threat to biodiversity and economy in Switzerland. Report to the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape SAEFL. CABI Bioscience Switzerland Centre, Delémont, Switzerland 417 pp
- Yoon CS, Kim HG, Park JD, Choi WY, Choi HJ, Cheong SW (2012) First Record of the Western Conifer Seed Bug, *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Heteroptera: Coreidae) in Korea. *Journal of the environmental Sciences*, 1009–1013
- Zhang G, Weirauch C (2013) Sticky predators: a comparative study of sticky glands in harpactorine assassin bugs (Insecta: Hemiptera: Reduviidae). *Acta Zool.* 94, 1–10
- Zhang G, Weirauch C (2014) Molecular phylogeny of Harpactorini (Insecta: Reduviidae): correlation of novel predation strategy with accelerated evolution of predatory leg morphology. *Cladistics* 30, 339–351
- Zhang J, Weirauch C, Zhangband G, Forero D (2016) Molecular phylogeny of Harpactorinae and Bactrodinae uncovers complex evolution of sticky trap predation in assassin bugs (Heteroptera: Reduviidae) *Cladistics* 32 (2016) 538–554