



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN: 2149-3898

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ



ISPARTA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Year:
Yıl: 2021

Volume:
Cilt: 22

Issue:
Sayı: 4

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

(TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ)

e-ISSN: 2149-3898

A peer-reviewed international journal, published quarterly (March, June, September, December)
by Faculty of Forestry at Isparta University of Applied Sciences.

Yılda dört sayı olarak (Mart, Haziran, Eylül, Aralık) yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir.
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından yayınlanmaktadır.

Year/Yıl: 2021, Volume/Cilt: 22, Issue/Sayı: 4

Editorial board / Dergi yayın kurulu

Editor-in-chief / Baş editör

Ramazan Özçelik

Editors / Editörler

A. Alper Babalık
Ayşe Deligöz
Esra Bayar
Gürcan Güler
Hasan Alkan
H. Tuğba Lehtijarvi
Hüseyin Fakir
H. Oğuz Çoban
İbrahim Özdemir
İ. Emrah Dönmez
Mehmet Eker
Mehmet Korkmaz
Mustafa Avcı
Onur Alkan
Serkan Gülsoy
Şirin Dönmez
Tuğba Yılmaz Aydın
Yılmaz Çatal

Layout editor / Dizgi editörü

Süleyman Uysal

Publisher / Yayıncı kuruluş

Isparta University of Applied Sciences
Faculty of Forestry – Isparta

Contact / İletişim

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Orman Fakültesi, 32260, Isparta
Phone : +90 246 214 6500
Fax : +90 246 214 6599
Web : <http://dergipark.org.tr/tjf>
E-mail : turkjfor@isparta.edu.tr

Advisory board / Danışma kurulu

Alois Skoupy, Czech University of Life Science, Czech Republic
Arif Karademir, Bursa Technical University, Turkey
Asko Lehtijarvi, Isparta University of Applied Sciences, Turkey
Aydın Tüfekçioğlu, Artvin Çoruh University, Turkey
Aynur Aydın, İstanbul University-Cerrahpaşa, Turkey
Bahar Türkyılmaz Tahta, Ege University, Turkey
Cemil Ata, Yeditepe University, Turkey
Ferhat Gökbulak, İstanbul University-Cerrahpaşa, Turkey
Gökhan Abay, Recep Tayyip Erdoğan University, Turkey
H. Hulusi Acar, İstanbul Yeni Yüzyıl University, Turkey
Hakkı Alma, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Turkey
İsmet Daşdemir, Bartın University, Turkey
Kani Işık, Akdeniz University, Turkey (Emeritus/Emekli)
Kenan Ok, İstanbul University-Cerrahpaşa, Turkey
Nihat Sami Çetin, İzmir Katip Çelebi University, Turkey
Nilgöl Karadeniz, Ankara University, Turkey
Osman Karagüzel, Akdeniz University, Turkey
Sadık Artunç, Mississippi State University, USA
Veli Ortaççesme, Akdeniz University, Turkey

Turkish Journal of Forestry is an online, open access, peer-reviewed, international research journal. Language of the journal is English and Turkish. It publishes four issues a year. It covers subject areas related to forest engineering, forest products engineering, wildlife ecology and management and landscape architecture. Authors should only submit original work, which has not been previously published and is not currently considered for publication elsewhere. Research papers will be given priority for publication while only a limited number of review papers are published in a given issue. It is indexed in TÜBİTAK-ULAKBİM Life Sciences Database (TR index), CAB Abstracts, DOAJ, Zoological Records, Open Academic Journals Index (OAJI), Cite Factor, Index Copernicus and Cosmos Index. Turkish Journal of Forestry is the official journal of Faculty of Forestry, Isparta University of Applied Sciences. It was previously published under the title "Süleyman Demirel University Faculty of Forestry Journal" between 2000 and 2014.

Türkiye Ormancılık Dergisi online ve açık erişimli yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Dergi dili İngilizce ve Türkçe'dir ve yılda dört sayı yayınlanmaktadır. Orman mühendisliği, orman endüstri mühendisliği, peyzaj mimarlığı ve yaban hayatı ekolojisi ve yönetimi çalışma konularında bilimsel makaleler yayınlamaktadır. Dergimize gönderilen makalelerin daha önce yayınlanmamış orijinal çalışmalar olması gerekmektedir. Orijinal araştırmaya dayalı çalışmalara öncelik verilmekte, sınırlı sayıda derleme makale yayınlanmaktadır. Dergimiz TÜBİTAK-ULAKBİM Yaşam Bilimleri Veritabanı (TR Dizin), CAB Abstracts, DOAJ, Zoological Records, Open Academic Journals Index (OAJI), Cite Factor, Index Copernicus, Cosmos Index'te taranmaktadır. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesinin resmi yayını olan Türkiye Ormancılık Dergisi, 2000-2014 yılları arasında "Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi" adıyla yayınlanmıştır.

CONTENTS

Research

- Effects of parent material on soil properties and soil erodibility: The case study of Cemrengeç watershed
Mahmut Reis, Seda Tat, Bülent Abız 353-361
- Comparison of insect biological diversity parameters in natural and degraded habitats in Gölcük Nature Park (Isparta, Turkey)
Gökhan Aydın..... 362-365
- Impact of drought stress on water potential and gas exchange parameters in Macedonian oak (*Quercus trojana* P.B. Webb.) seedlings
Ayşe Deligöz, Esra Bayar 366-370
- Parasitoid wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea) found in Cynipid (Hymenoptera: Cynipidae) Galls
Burak Aydın, Musa Azmaz, Yusuf Katılmış 371-374
- Comparison of time measurement and recording tools with each other and stopwatch in terms of data sensitivity
Mehmet Eker, Yasin Kurt 375-385
- Determining student opinions on forest engineering education in the pandemic process: The case of Isparta University of Applied Sciences Faculty of Forestry
Murat Özen, Hasan Alkan..... 386-394
- Determination of temporal and spatial changes of visits to Ihlara Valley with social media data
Ahmet Uslu..... 395-407
- Compatible stem volume and taper equations for Cilicica fir
Onur Alkan, Ramazan Özçelik 408-416
- Evaluations on adaptation of forest resources management to climate change in Turkey
Mehmet Korkmaz, Ozan Arif Adıgüzel..... 417-425
- Chemical characterization of black poplar (*Populus nigra* L.) sawdust hemicelluloses esterified with acyl chlorides
Samim Yaşar, Gürcan Güler 426-431
- Evaluation of heating temperature and time on bending properties of Taurus cedar wood
Tuğba Yılmaz Aydın 432-438
- Effect of solvent types on the yield and chemical properties of crude wood resin
Naile Angın, Murat Ertaş..... 439-443
- Preventive activity of geothermal resource waters against volumetric shrinkage and swelling properties of wooden
Ahmet Ali Var, Aykut Yalçındağ..... 444-448
- Investigation the relationship of machining surfaces and the parameters with surface roughness in machining of Oriental beech tree species with CNC
Oruç Aras, Sait DüNDAR Sofuoğlu 449-456

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- Anakayaların toprak özellikleri ve toprak erodibilitesi üzerine etkileri: Çemrengeç deresi yağış havzası örneği
Mahmut Reis, Seda Tat, Bülent Abız..... 353-361
- Gölcük Tabiat Parkı'nda doğal ve bozulmuş habitatlarında böcek biyolojik çeşitlilik parametrelerinin karşılaştırılması (Isparta, Türkiye)
Gökhan Aydın..... 362-365
- Makedonya meşesi (*Quercus trojana* P.B. Webb.) fidanlarında kuraklık stresinin su potansiyeli ve gaz değişim parametreleri üzerindeki etkisi
Ayşe Deligöz, Esra Bayar 366-370
- Sinipid (Hymenoptera: Cynipidae) mazılarında tespit edilen parazitoid arılar (Hymenoptera: Chalcidoidea)
Burak Aydın, Musa Azmaz, Yusuf Katılmış 371-374
- Zaman etütleri için geliştirilen ölçüm ve kayıt araçlarının veri hassasiyeti yönünden birbirleriyle ve kronometreyle karşılaştırılması
Mehmet Eker, Yasin Kurt..... 375-385
- Pandemi sürecinde orman mühendisliği eğitim-öğretimine ilişkin öğrenci görüşlerinin belirlenmesi: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi örneği
Murat Özen, Hasan Alkan..... 386-394
- Sosyal medya verileri ile Ihlara Vadisi'ne yapılan ziyaretlerin zamansal ve mekânsal değişimlerinin belirlenmesi
Ahmet Uslu..... 395-407
- Toros göknarı için uyumlu hacim ve gövde çapı modelleri
Onur Alkan, Ramazan Özçelik 408-416
- Türkiye'de orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumuna ilişkin değerlendirmeler
Mehmet Korkmaz, Ozan Arif Adıgüzel..... 417-425
- Açıl klorürler ile esterlenmiş karakavak (*Populus nigra* L.) talaşına ait hemiselülozların kimyasal karakterizasyonu
Samim Yaşar, Gürcan Güler..... 426-431
- Toros sediri odununun eğilme özellikleri üzerine ısıtma sıcaklığı ve süresinin değerlendirilmesi
Tuğba Yılmaz Aydın 432-438
- Farklı çözücü türlerinin ekstraksiyon reçinesinin verimi ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi
Naile Angın, Murat Ertaş..... 439-443
- Jeotermal kaynak sularının ahşabın hacimsel daralma ve genişleme özelliklerine karşı önleyici etkinliği
Ahmet Ali Var, Aykut Yalçındağ..... 444-448
- Doğu kayını ağaç türünün CNC ile işlenmesinde işleme yüzeylerinin ve parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ile ilişkisinin araştırılması
Oruç Aras, Sait Dünder Sofuoğlu 449-456

Anakayaların toprak özellikleri ve toprak erodibilitesi üzerine etkileri: Çemregeç deresi yağış havzası örneği

Mahmut Reis^{a,*}, Seda Tat^a, Bülent Abız^a

Özet: Erodibilite, toprakların tamamen kendi bünyelerindeki çeşitli özelliklerinden kaynaklanan ve eroziv etmenlere karşı direncini veya erozyona uğrama eğilimini gösteren bir niteliktir. Toprak erodibilitesini etkileyen toprak özellikleri büyük ölçüde anakayadan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle farklı anakayalar, farklı erodibilite özelliklerine sahip topraklar oluşturmaktadır. Yapılan bu araştırma ile bazı anakayaların toprak erodibilitesi ve toprak erodibilitesini etkileyen toprak özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma Türkiye'de Kahramanmaraş ili sınırları içerisindeki Çemregeç yağış havzasında gerçekleştirilmiştir. Havzada yer alan Kireçtaşı, Kumtaşı, Kuvarsit ve Mikaşist anakayaları üzerinde gelişen topraklardan örnekler alınarak, toprakların tekstür, organik madde, strüktür yapısı, nem ekivalanı, permeabilite gibi toprak özellikleri ile toprak erodibilite indeksleri belirlenmiştir. Toprak erodibilite indeks değerlerinden dispersiyon oranı, erozyon oranı, kolloid/nem ekivalanı oranı, kil oranı ve toprak erodibilite faktörü değerleri tespit edilmiştir. Böylece toprakların erodibilite değerleri 5 farklı erodibilite indeksine göre incelenerek, farklılıkların aynı yönde olup olmadığı araştırılmıştır. Toprak erodibilite indeks değeri üzerinde etkili olan toprak özellikleri varyans analizi ve korelasyon testleriyle istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre genel olarak toprak erodibilite değerleri anakayalara göre Kumtaşı>Kuvarsit>Mikaşist>Kireçtaşı şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Toprak özelliklerinden ise kil yüzdesinin toprak erodibilitesini etkileyen en önemli toprak özelliği olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Anakaya materyali, Dispersiyon oranı, K faktörü, Toprak erodibilitesi, Toprak tekstürü

Effects of parent material on soil properties and soil erodibility: The case study of Cemregec watershed

Abstract: Erodibility is a property that results from the various properties of soils in their own structure and shows their resistance to erosive factors or their tendency to erosion. Soil properties affecting soil erodibility are significantly originated parent material. Thus, different parent materials form soils having different erodibility properties. In this study, the effects of some parent material on soil erodibility and soil properties influencing soil erodibility was investigated. The study was carried out Cemregec Watershed within city of Kahramanmaraş in Turkey. Soil characteristics such as texture, organic matter, structure, moisture equivalent and permeability, and soil erodibility indices was determined by taking samples from soils developed from limestone, sandstone, quartzite and mica schist in the watershed. Soil erodibility indices values, dispersion ratio, erosion ratio, colloidal moisture equivalent ratio, clay ratio and soil erodibility factor were calculated. So, erodibility values of soil were examined by taking 5 different erodibility indices into account. And then, whether or not there were differences among soil erodibility values was investigated. Soil properties having influence on soil erodibility indices were statistically compared by variance analysis and correlation test. According to results, soil erodibility values of parent materials ranged as sandstone>quartzite>mica schist>limestone. Besides, clay percentage was the most important soil property affecting soil erodibility taking soil properties into account.

Keywords: Parent material, Dispersion ratio, K factor, Soil erodibility, Soil texture

1. Giriş

Erozyon, doğal dengenin en önemli unsuru olan toprağı yerinde tutan ve koruyan bitki örtüsünün insanoğlu tarafından değişikliğe uğratılması sonucunda büyük ölçüde hız kazanmış toprak aşınması ve taşınması olayıdır (Balci, 1996; Babalık, 1999). Erodibilite, toprakların tamamen kendi bünyelerindeki çeşitli özelliklerinden kaynaklanan ve eroziv etmenlere karşı direncini veya erozyona uğrama eğilimini gösteren bir niteliktir. Bu nedenle erodibilite, erozyondan farklı olarak bir eğilimi veya potansiyeli ifade eden bir kavramdır. Nitekim sık ve koruyucu bir bitki örtüsü, örneğin

sık bir orman altında bulunan bir toprakta hiç bir etkin erozyon görülmediği halde, bu toprağın bazı yapısal özelliklerinden kaynaklanan erodibilitesi yüksek olabilir. Böyle toprakların koruyucu örtüsünün kaldırılması, topoğrafik ve yağış koşullarının elverişli olması halinde büyük bir erozyon olayını kaçınılmaz kılabilir (Balci, 1996).

Toprakların erozyona karşı duyarlılıkları sahip oldukları erozyonu etkileyen özelliklerin farklılığından ileri gelmektedir. Erozyonu etkileyen en önemli toprak özellikleri; tekstür, strüktür, hidrolik geçirgenlik, organik madde kapsamı olarak söylenebilir. Toprak tekstürü, toprakların erozyona uğramasında en önemli faktörlerden birisidir.

✉ ^a Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): mreis@ksu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 11.08.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 03.11.2021



Citation (Atıf): Reis, M., Tat, S., Abız, B., 2021. Anakayaların toprak özellikleri ve toprak erodibilitesi üzerine etkileri: Çemregeç deresi yağış havzası örneği. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 353-361.
DOI: [10.18182/tjf.981638](https://doi.org/10.18182/tjf.981638)

Monopartiküler (teksele) bir yapı gösteren kumlu topraklar büyük bir dağılıma özelliğine sahiptirler. Oysa geçirgenlikleri çok fazladır. Killi topraklar ise yağmur damlalarının çarpma ve dağıtma etkilerine karşı büyük bir dayanıklılık gösterirler. Ancak bu dayanıklılığında kritik bir noktası vardır. Bu nokta aşıldığı anda killi topraklar kumlu topraklardan daha kolay bir şekilde dağılır ve taşınırlar (Doğan vd., 2000).

Erozyon oluşumunda suyun en önemli etkisi toprağı dispersleştirme ve taşıma etkisidir. Topraklar sahip oldukları fiziksel, kimyasal özellikleri ve organik maddeler yardımıyla suyun aşındırma ve taşıma etkisine değişik oranlarda karşı koymaktadırlar. Diğer bir deyimle aynı dış erosiv etkenler altında farklı topraklar, farklı şekilde erozyona uğramaktadır. Bu farklılık toprak özelliklerinin yanında erodibilite karakteristiklerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Toprakların erodibilite karakteristikleri ile birçok özellikleri arasında yakın ilişkiler bulunmuştur. Bu ilişkiler yardımıyla erodibilite indeksleri geliştirilmiştir (Yüksek, 2001). Erozyon durumu; toprağın aşınabilirliğine, arazinin özelliklerine ve arazi kullanım durumuna bağlı olarak değiştiği gibi yağışın erozivitesine göre de değişebilir (Lal, 1988; Okatan vd., 2000).

Bir havzada yüzeysel akışın meydana gelmesini etkileyen öğeler aynı zamanda o havzada oluşacak sel ve erozyonun boyutlarını da etkilemektedir. Bu öğeler; havzanın iklimi, topografik yapısı, toprağı ve ana materyali, doğal bitki örtüsü ve insan unsurudur. Toprak oluşumunun temel maddesi olan anakaya en önemli toprak yapan faktördür. Ancak anakayanın toprağın gelişimindeki etkinliği bölgesel olarak değişir. Özellikle serin ve nemli iklimin etkisi altındaki bölgelerde toprağın gelişiminde anakaya iklimden daha az etkilidir. Buna karşılık Türkiye'nin de yer aldığı ılıman kuşaktaki toprak gelişimi olaylarında anakaya özelliklerinin iklim özellikleri kadar etkili olduğu anlaşılmıştır (Kantarci, 1987).

Toprakların oluşturduğu anamateryaller fiziksel, kimyasal ve minerolojik yapı ve bileşimleri bakımından farklılıklar gösterirler. Bu nedenle de ayrışma süreçleri de birbirinden farklıdır. Nitekim püskürük, tortul ve metamorfik (başkalaşım) kayalar, değişik özellikler ve ayrışma süreçlerine sahiptir. Toprak profilinin gelişmesinde en belirgin etmenlerden birisi olan anamateryalin nitelikleri ve oluşum orijinlerinin bilinmesi önem taşır (Balcı, 1996).

Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu Akdeniz bölgesinde yer alan Kahramanmaraş Çemrengeç Deresi Yağış Havzası'nda farklı anakayalar üzerinde gelişen toprakların erozyon eğilim değerleri belirlenmiş ve bu değerler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olup olmadığı ortaya konulmuştur.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Araştırma alanı Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesinin Kahramanmaraş ili sınırları içerisinde yer almaktadır. Araştırma alanının Kahramanmaraş Merkezine olan uzaklığı ortalama 53 km olup, Suçatı yöresinin orman, tarım, mera alanları ile kaplı Çemrengeç Deresi Yağış Havzasında bulunmaktadır. Havza 38°00' 28"- 37°49' 23" kuzey enlemleri ile 36°39' 29"- 36°47' 33" doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).

Araştırma alanı Karasal iklim ile Akdeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi özelliğine sahiptir. Genellikle yazlar sıcak ve

kurak, kışlar soğuk ve karlıdır. Yıllık yağış miktarı 700 mm'nin üzerindedir. Yağışlar genellikle kış ve ilkbahar aylarında görülmektedir. Araştırma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 16.7 °C, maksimum sıcaklığı 45.2 °C (Temmuz), minimum sıcaklığı ise -9.6 °C (Şubat)'dır. Araştırma alanı vejetasyon periyodu dikkate alındığında kurak iklim özellikleri gösteren bir alandır. Araştırma alanı Türkiye'nin 3 büyük flora bölgesinden biri olan Akdeniz element kesiminde yer almaktadır (Anşin, 1983). Araştırma alanında, *Juniperus* sp., *Pinus nigra*, *Cedrus libani* ve *Pinus brutia* odunsu bitki türleri bulunmaktadır. *Galium verum* subsp. *verum*, *Hypericum scabrum*, *Allium trachycolum*, *Ranunculus repens*, *Sedum hispanicum* var. *semiglabrum*, *Fumaria asepsala* gibi otsu bitki türleri bulunmaktadır.

2.2. Yöntem

Yapılan bu çalışmayla farklı anakayalar (kireçtaşı, kuvarsit, kumtaşı, mikaşist) üzerinde gelişen toprakların erodibilite değerleri (dispersiyon oranı, erozyon oranı, kil oranı, kolloid/nem ekivalanı oranı ve K faktörü) belirlenmiştir. Araştırma alanında yer alan üst toprakların (0-20 cm) çevre koşullarından fazlaca etkilenmesi nedeniyle anakayalardan oluşan toprağın özelliklerini daha iyi yansıtabilmek amacıyla alt toprak olarak ifade edilen 20-50 cm ve >50 cm toprak kademelerinin özellikleri çalışmaya konu olmuştur.



Şekil 1. Araştırma alanının sayısal arazi modeli ve Türkiye haritasındaki konumu

Araştırmada 4 farklı anakaya grubuna göre; faktöriyel deneme deseni esasları gözönünde bulundurularak kumtaşı anakayasından 14, kireçtaşı anakayasından 15, kuvarsit anakayasından 14, mikaşist anakayasından 13 adet olmak üzere toplam 56 adet toprak profili alınmıştır. İki derinlik kademesinden toplam 112 adet strüktürü bozulmuş toprak örneği ile aynı sayıda strüktürü bozulmamış hacim ağırlığı silindirik örneği alınmıştır. Araştırmada anakayanın hemen üzerinde yer alan alt toprak kademesinin özelliklerini ortaya koymak amacıyla 20-50 cm ve >50 cm derinlik kademelerinden alınan toprak örneklerinden elde edilen verilerin ortalaması alınarak değerlendirme yapılmıştır.

Yapılan bu araştırmayla farklı anakayalar üzerinde gelişen toprakların tekstür yapısı, organik madde (SOM), permeabilite (P), nem ekivalanı (ME), dispersiyon oranı (DR), erozyon oranı (ER), kolloid-nem ekivalanı (C-MER), kil oranı (CR) ve toprak erodibilite faktörü (K) belirlenmiştir. Toprakların tekstür tayini Bouyoucos'un hidrometre yöntemine göre (Bouyoucos, 1935), nem ekivalanı "Soil Moisture Pressure Plate" kullanılarak seramik levhalı alçak basınç aletinde 1/3 atmosfer basınç altında (Gülçur, 1974), permeabilite Darcy kanununa göre belirlenmiştir. Middleton'un dispersiyon oranı, 2 mm'lik elekten geçirilmiş toprağın hiçbir mekanik ve kimyasal dispersleşmeye tabi tutulmadan saf suda çalkalanması ile elde edilen toprak solüsyonunda mekanik analizle tayin edilen toz+kil miktarının, topraktaki mevcut gerçek toz+kil miktarına bölünmesi ile elde edilmiştir (Lutz ve Chandler, 1947).

Bu indekse göre toprakların erozyona dayanıklılık sınırı %15 olarak kabul edilmiş olup, % 15'ten büyük dispersiyon oranına sahip topraklar erozyona duyarlı olarak değerlendirilmektedir. Kolloid/Nem Ekivalanı oranı, toprağın suyu geçirgenliğini, yani permeabilitesini gösteren bir indeks olarak kabul edilir (Öztaş, 1980). Kolloid/Nem Ekivalanı oranının yüksek olmasının, toprağın tarla kapasitesinin düşük olmasını, dolayısıyla da infiltrasyonun yükselmesi ve yüzeysel akışın azalması sonucunu doğurduğu saptanmıştır. Kolloid-Nem Ekivalanı oranı 1.5'den büyük olan topraklar erozyona dayanıklı, 1.5'den küçük olanlar ise erozyona dayanıksız olarak kabul edilmektedir. Erozyon oranı, dispersiyon oranının aynı toprağın kolloid/nem ekivalanı oranına bölünmesiyle bulunmuştur (Özyuvacı, 1975; Öztaş, 1980). Erozyon oranı 10'dan büyük olan topraklar erozyona dayanıksız, 10'dan küçük olanlar ise erozyona dayanıklı olarak kabul edilmektedir. Bouyoucos (1935) tarafından önerilen "kil oranı" topraktaki %kum+%toz değerinin %kil değerine bölünmesi ile elde olunur. Bu oranın büyümesi ile toprakların erodibilitesi yükselmektedir. Diğer bir deyimle topraktaki kum ve toz fraksiyonlarının yüksek olması veya kil fraksiyonunun düşük olması, topraklarda erozyon eğilimini arttırmaktadır. Wishmeier ve Smith tarafından 1978 yılında geliştirilen Üniversal Toprak Kayıpları Tahmin Modeli (USLE) denkleminde yer alan faktörlerden biri olan toprak erodibilite faktörü, toprakların organik madde içeriği, tekstür, strüktür ve su geçirgenliği değerine bağlı olup aşınmaya karşı direnci göstermektedir (Sönmez, 1994). Bu değer küçüldükçe aşınmaya karşı direnç artmaktadır. Bazı topraklar aynı eroziv kuvvetler karşısında oldukça dirençli oldukları halde, bazı topraklar ise aynı kuvvetler altında kolayca çözünür ve dağılılarak erozyona uğrarlar. Bu hususlar dikkate alınarak toprakların kendi iç bünyelerine bağlı aşağıdaki özellikleri dikkate alınmak suretiyle, toprak erodibilite faktörünü veren bir nomograf geliştirilmiştir. Nomografta kullanılan faktörler

(1) toz+çok ince kum (%), (2) kum miktarı (%), (3) organik madde miktarı (%), (4) toprak strüktürü ve (5) permeabilitedir. Burada söz konusu olan "toz+çok ince kum" çapları 0.002 mm ile 0.10 mm arasındaki taneciklerden oluşan fraksiyondur. Kum ise 0.10 mm ile 2.0 mm çap dağılımındaki taneciklerdir (Balçı, 1996). K faktörüne göre toprakların erodibilite dereceleri Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Arazi ve laboratuvarında yapılan çalışmaların sonucunda elde edilen veriler bilgisayarda istatistik yöntemlerle değerlendirilmiştir. Toprakların erozyon eğilimi ile bazı fiziksel özelliklerinin 4 farklı anakaya grubuna göre farklılık gösterip göstermediği varyans analizi uygulanarak karar verilmiştir. Bunun sonucunda elde edilen ortalamaların karşılaştırılması ise Duncan Testi ile yapılmıştır. Çeşitli toprak özellikleri ile erodibilite özellikleri arasındaki ilişkiler korelasyon testi ile araştırılmıştır. İstatistik işlemler SPSS paket programı (Versiyon 20) programı kullanılarak yapılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Araştırmanın gerçekleştiği alanda olduğu gibi kurak ve yarı kurak alanlarda anakayalardan ayrılan toprakların özellikleri tam olarak anakayaların özelliklerini gösteremeyebilmektedir. Toprak oluşumunda anamateryalin etkisinin egemen olabilmesi için iklim koşullarının ayrışma için elverişsiz olması gerekir. Sıcaklık ve nemin optimumunda olduğu bölgelerde, kısa bir zamanda ve hızlı bir şekilde gerçekleşen fiziksel ve kimyasal ayrışma sonunda anakayanın etkisi oldukça azalır. Tropik bölgeler bunun tipik örneklerini oluşturur. Fakat ayrışma için elverişsiz kurak ve soğuk, hatta soğuk-ılıman bölgelerde ayrışma çok yavaş olmakta, bunun sonucunda da toprak özellikleri çoğunlukla anakayanın damgasını taşımaktadır (Çepel, 1988). Kantarcı (1980 ve 2000)'da benzer ya da farklı ana materyallerden oluşan toprakların, farklı tiplerde topraklar olduğunu belirtmektedir.

Yapılan araştırma sonucunda tüm çevresel ve iklimsel kısıtlara rağmen anakayaların üzerinde oluşan toprakların genel olarak anakayaların özelliklerini yansıttığı, bunda alt toprak kademelerinin araştırmaya konu olmasının etkili olduğu söylenebilir.

Farklı erodibilite indekslerinin farklı toprak verilerinden yararlanarak belirlenmesi nedeniyle 5 farklı erodibilite indeksine göre toprakların aynı erozyon eğilimi gösterip göstermediği araştırılmıştır. Araştırma alanı topraklarının yapılan analizleri sonucu bütün anakaya gruplarında ve bütün erodibilite indeksleri için toprakların genel olarak erozyona duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Ancak yapılan istatistiksel analizlere göre tüm toprakların erozyona duyarlı olmasına rağmen erozyona hassasiyet derecelerinin farklı olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Toprakların erodibilite dereceleri (K) ve anlamları (Doğan ve Güçer, 1976)

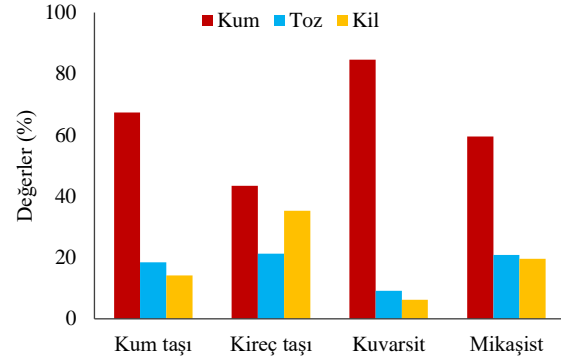
Erodibilite faktörü (K)	Erodibilite derecesi
0.00 - 0.05	Çok az aşınabilir toprak
0.05 - 0.10	Az aşınabilir toprak
0.10 - 0.20	Orta derecede aşınabilir toprak
0.20 - 0.40	Kolaylıkla aşınabilir toprak
0.40 - 0.60	Çok kolaylıkla aşınabilir toprak
> 0.60	Aşırı derecede kolay aşınabilir toprak

Araştırma alanı topraklarının ortalama kum değerleri, Kumtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %67.4, Kireçtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %43.47, Kuvarsit anakayası üzerinde bulunan topraklarda %84.6, Mikaşist anakayası üzerinde bulunan topraklarda %59.56 olarak belirlenmiştir. Ortalama kil değerleri, Kumtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %14.16, Kireçtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %35.24, Kuvarsit anakayası üzerinde bulunan topraklarda %6.21, Mikaşist anakayası üzerinde bulunan topraklarda %19.63 olarak belirlenmiştir. Ortalama toz değerleri, Kumtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %21.29, Kireçtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %21.29, Kuvarsit anakayası üzerinde bulunan topraklarda %9.18, Mikaşist anakayası üzerinde bulunan topraklarda %20.82 olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Anakayalar ve Toprakların Karakteristik Özellikleri ve Pratik Teşhis Anahtarları adlı eserde Kireçtaşı anakayasından oluşan toprakların ağır tekstürlü, Mikaşist anakayasından oluşan toprakların orta tekstürlü, kuvarsit anakayasından oluşan toprakların hafif tekstürlü (kaba taneli) ve kumtaşı anakayasından oluşan toprakların hafif tekstürlü oldukları ifade edilmektedir.

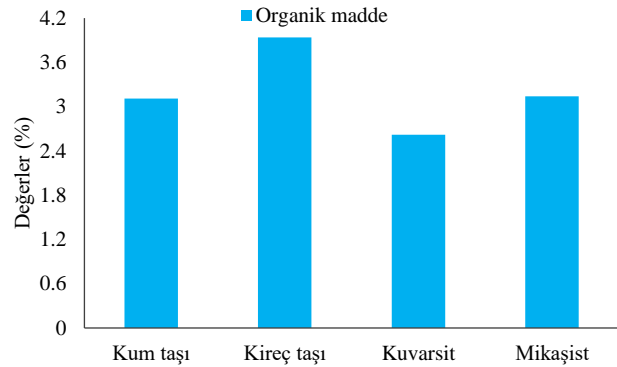
Ortalama organik madde değerleri, Kumtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %3.11, Kireçtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %3.94, Kuvarsit anakayası üzerinde bulunan topraklarda %2.62, Mikaşist anakayası üzerinde bulunan topraklarda %3.14 olarak belirlenmiştir (Şekil 3). Elde edilen organik madde değerlerinin genel olarak tüm anakaya gruplarında düşük değerler verdiği belirlenmiş olup, bu durum; toprakların alt toprağı temsil ettiğinden dolayı organik maddenin bu katmanda zaten düşük olması ile ifade edilebilir. Bunun yanında, araştırma alanının yarı kurak özellikler göstermesi ve ortalama sıcaklıkların fazla olması nedeniyle organik materyallerin hızlı bir şekilde ayrıştığı bilinen bir gerçektir. Hızlı bir şekilde ayrışan organik materyallerin araştırma alanını da içerisine alan yörede bitki örtüsünün zayıflığı nedeniyle üst toprak tabakasından yağış ve rüzgârlarla gerçekleşen erozyon sonucu alandan uzaklaştığı ve alt toprak kısmına çoğunlukla inemediği ile açıklanabilir. Günay (2008), özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde toprağı koruyan bitki örtüsünün kaldırılması durumunda hafif bünyeli uçucu özelliğe sahip topraklarda rüzgâr erozyonunun büyük sorunlar yaratabildiğini belirtmektedir. Genel olarak toprakların alt toprak kademelerinin organik maddece zayıf olduğu çeşitli araştırmalarla ortaya konulmuştur (Reis, 1997; Okatan, 1986; Aydın, 2000; Yazıcı ve Turan, 2016). Toprak organik maddesi mineral tanecikleri birleştirerek toprak strüktürünün gelişmesine etki etmektedirler. Ayrıca ayrılmamış organik artıklar toprağı yağmur taneciklerinin aşındırıcı etkisine karşı korumaktadırlar. Yüksek oranda ayrılmış organik maddelere humus adı verilir ve humus toprak taneciklerini birbirine yapıştırarak erozyona daha dirençli hale getirmektedir (O'Geen vd., 2006).

Ortalama permeabilite değerleri, Kumtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda 102.91 cm/saat, Kireçtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda 43.57 cm/saat, Kuvarsit anakayası üzerinde bulunan topraklarda 101.6 cm/saat, Mikaşist anakayası üzerinde bulunan topraklarda 116.2 cm/saat olarak belirlenmiştir (Şekil 4). Toprakların permeabilite değerleri genel olarak toprak tekstürü ile yakından ilgilidir. Kireçtaşı anakayası üzerinde gelişen toprakların diğer anakayalar üzerinde gelişen topraklara göre daha düşük permeabilite değerine sahip olmasının temel

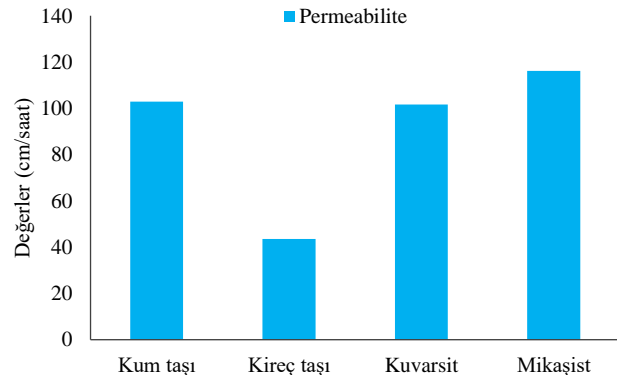
nedeni ortalama kil değerinin (%35.24) diğer anakaya gruplarına göre çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Toprakların kil taneciklerinin suyu bünyesine aldıktan sonra şişmesi nedeniyle mikro boşluklarının tıkanması, toprakların su geçirgenliğinin azalmasına neden olmaktadır (Özhan, 2004). Permeabilite toprakların tekstürü, strüktürü ve hacim ağırlığının bir fonksiyonu olarak toprak içerisine giren suyun oranı olarak kabul edilir. Yüksek permeabiliteye sahip olan topraklarda suyun toprağı girişi hızlı olduğundan yüzeysel akış ve buna bağlı olarak toprak erozyonu azalmaktadır (O'Geen vd., 2006).



Şekil 2. Farklı anakaya gruplarına göre ortalama kum, toz ve kil değerlerinin değişimi



Şekil 3. Farklı anakaya gruplarına göre ortalama organik madde değerlerinin değişimi



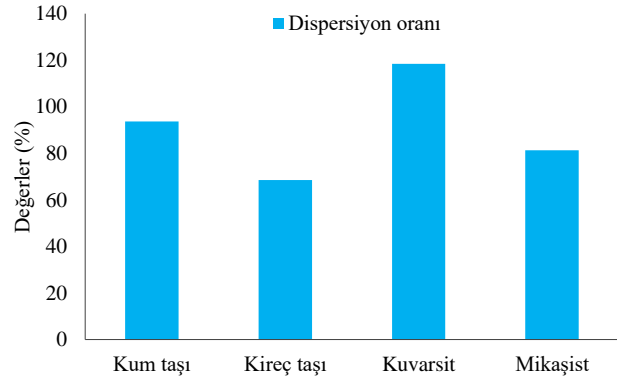
Şekil 4. Farklı anakaya gruplarına göre ortalama permeabilite değerlerinin değişimi

Ortalama dispersiyon oranı değerleri, Kumtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %93.69, Kireçtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %68.48, Kuvarsit anakayası üzerinde bulunan topraklarda %118.49, Mikaşist anakayası üzerinde bulunan topraklarda 81.36 olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Yılmaz ve Alagöz (2008), dispersiyon oranı, erozyon oranı ve kolloid nem ekivalanı oranları bakımından kıltaşı ve kireçtaşı anakayalarından oluşan toprakları erozyona karşı dayanıksız olduğunu belirlemiştir. Kireçtaşı anakayasının diğer anakayalara göre dispersiyon oranının daha düşük olmasının nedeni yüksek kil ve toz içeriğidir (%56.53). Varyans analizi ve Duncan testine göre dispersiyon oranları bakımından; kuvarsit anakayası üzerinde gelişen toprakların, diğer anakayalar üzerinde gelişen topraklara göre % 5 yanılma olasılığı ile farklı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise dispersiyon oranının; kum miktarı ve permeabilite ile pozitif yönde, kil ve toz miktarı, organik madde ile negatif yönde anlamlı (%1 yanılma olasılığı ile) ilişki gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3). Kil ve toz içeriği fazla olan toprakların suda çözünmesi daha zordur bu nedenle erozyona karşı daha dayanıklıdır (Özhan, 2004). Kuvarsit anakayasının yüksek dispersiyon oranı vermesinin temel nedeni ise düşük kil yüzdesine sahip olmasıdır (%6.21). Evans (1980), benzer şekilde kil içeriği % 9-30 arasındaki topraklarda erozyona hassasiyetin yüksek olduğunu belirlemiştir. Aynı şekilde Karagül (1999), kil fraksiyonlarının artışının dispersiyon oranı değerlerini azalttığını belirlemiştir. Farmer (1973), laboratuvar şartlarında toprak partiküllerinin nispi çözünürlüğünü araştırdığı çalışmada; orta ve kaba partiküllerin toprak kütesinden daha kolay ayrıldığını, kil partiküllerinin ise çözünmeye karşı daha dirençli olduğunu belirlemiştir. Ngatunga vd. (1984) ile Lal (1988), dispersiyon oranı değeri yağışın etkisi ile toprak strüktüründe meydana gelen değişimin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olduğunu ve oran değeri %15'den küçük olan toprakların erozyona karşı dayanıklı olduğunu belirtmiştir. Erol vd. (2009) yaptıkları çalışmada; tüm arazi kullanımlarında (tarım, mera, orman) dispersiyon oranının %15'den fazla olduğunu hesaplamışlar ve toprakların erozyona dayanıksız olduğunu vurgulamışlardır.

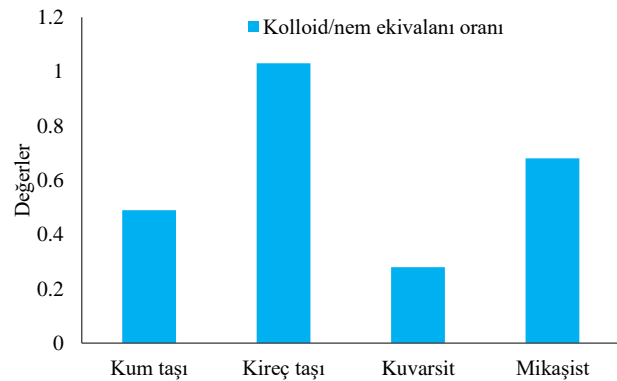
Ortalama kolloid/nem ekivalanı oranı değerleri, Kumtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda 0.49, Kireçtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda 1.03, Kuvarsit anakayası üzerinde bulunan topraklarda 0.28, Mikaşist anakayası üzerinde bulunan topraklarda 0.60 olarak belirlenmiştir (Şekil 6). Varyans analizi ve Duncan testi sonuçlarına göre kolloid/nem ekivalanı oranı bakımından; kuvarsit, kumtaşı ve mikaşist anakayaları ile kireçtaşı anakayası arasında (0.05 yanılma olasılığı ile) önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 2). Elde edilen Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise kolloid/nem ekivalanı oranının; kil ve toz miktarı, organik madde ile pozitif yönde, kum miktarı, permeabilite ile negatif yönde anlamlı (%1 yanılma olasılığı ile) ilişki gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3). Kolloid/nem ekivalanı oranına göre tüm topraklar erozyona dayanıksız olmasına rağmen, diğer anakayalara göre kıyaslandığında kireçtaşı anakayası üzerinde gelişen toprakların yüksek kil değeri nedeniyle nispeten erozyona daha dayanıklı olduğu söylenebilir. Benzer şekilde Yamanlar (1962), kolloid/nem ekivalanı oranının toprağın kil fraksiyonlarına bağlı olarak arttığını tespit etmiştir. Toprak bünyesinin tayin eden fraksiyonlardan kum ve toz gibi kaba tanecikler taşınmaya karşı daha

dirençlidirler. Buna karşılık kil gibi ince koloidal fraksiyonlar taşınmaya karşı dirençsiz fakat çözülmeye karşı dirençlidirler. Nitekim Richter ve Negendank (1977), toz içeriği %40-60 ve daha fazla olan topraklarda erozyona duyarlılığın en yüksek olduğunu bildirmiştir. Morgan (1985), kil tanecikleri organik madde ile birlikte dayanıklı toprak agregatları oluşturdukları için böyle topraklar erozyona dirençli olduğunu belirtmektedir.

Ortalama erozyon oranı değerleri, Kumtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %245.7, Kireçtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %74.76, Kuvarsit anakayası üzerinde bulunan topraklarda %487.4, Mikaşist anakayası üzerinde bulunan topraklarda %194.2 olarak belirlenmiştir (Şekil 7). Varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının erozyon oranı değerleri bakımından istatistiki anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık bulunmuştur. Anakaya gruplarından hangilerinin farklılıklar gösterdiğini belirlemek için yapılan Duncan testine göre erozyon oranları bakımından; kireçtaşı ve mikaşist anakayaları ile kuvarsit anakayası arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 2). Elde edilen Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise erozyon oranının; kum miktarı ve permeabilite ile pozitif yönde, kil ve toz miktarı, organik madde ile negatif yönde anlamlı (%1 yanılma olasılığı ile) ilişki gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3).



Şekil 5. Farklı anakaya gruplarına göre ortalama dispersiyon oranı değerlerinin değişimi



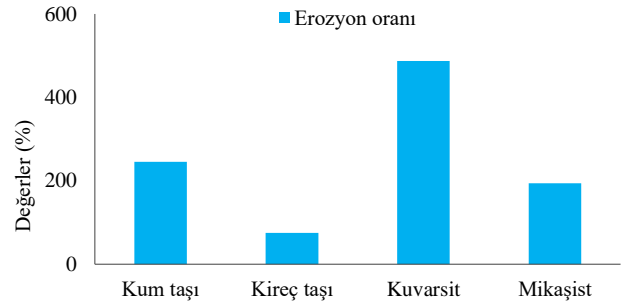
Şekil 6. Farklı anakaya gruplarına göre ortalama kolloid/nem ekivalanı oranı değerlerinin değişimi

Erozyon oranı, dispersiyon oranı değerinin kolloid/nem ekivalanı oranına oranlanmasıyla elde edilmekte olup, Kuvarsit anakayası üzerinde gelişen toprakların ortalama erozyon oranı değerinin çok daha yüksek olmasının nedeni, yüksek dispersiyon oranına sahip olmasına rağmen düşük kolloid/nem ekivalanı oranına sahip olmasıdır. Schwertman ve Kainz (1990), topraktaki toz ve ince kum oranı ne kadar yüksekse, potansiyel erodibilitenin de o kadar fazla olduğunu belirtmektedirler. Araştırma alanı topraklarının erozyona duyarlılığını artıran temel etmenlerden birisi de iklimsel karakteristiklerdir. Yarı kurak özellikler gösteren araştırma alanında organik maddenin ayrışma hızı fazla olduğundan yapıstırıcı özellik gösteren bu maddelerin hızlı bir şekilde ayrışıp, erozyonla alandan uzaklaşması, bununla birlikte zayıf bitki örtüsü nedeniyle kil gibi erozyona dayanıklılığı artıran taneciklerin alandan taşınması erozyona duyarlılığı artırmaktadır. Anşin (1978), ABD Washington eyaletinde kurak ve nemli iklim koşulları altında gelişmiş bazı orman topraklarının erodibilite karakteristiklerinin incelediği araştırmasında; aynı yağış ve eğim koşullarında, nemli iklime sahip araştırma topraklarının, kurak koşullara sahip araştırma topraklarına göre erozyona karşı daha dayanıklı olduklarını belirlemiştir.

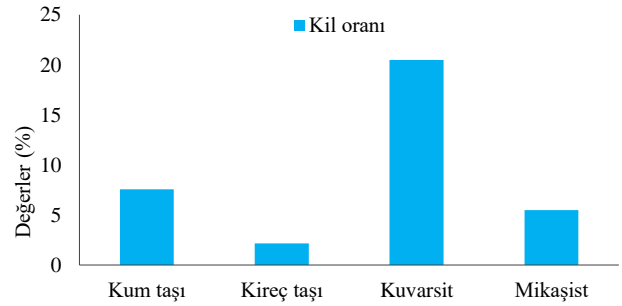
Ortalama kil oranı değerleri, Kumtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %7.56, Kireçtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda %2.15, Kuvarsit anakayası üzerinde bulunan topraklarda %20.48, Mikaşist anakayası üzerinde bulunan topraklarda %5.49 olarak belirlenmiştir (Şekil 8). Topraklarda kum ve toz değerlerinin artması kil oranı değerinin de artmasına neden olmaktadır. Araştırma alanında Kireçtaşı anakayası üzerinde kum+toz değeri %64.76, Mikaşist anakayası üzerinde kum+toz değeri % 80.48, Kumtaşı anakayası üzerinde kum+toz değeri %85.84 ve Kuvarsit anakayası üzerinde kum+toz değeri % 93.78 olarak belirlenmiştir. Yapılan Varyans ve Duncan testi sonuçlarına göre % 5 yanılma olasılığı ile Kuvarsit anakayası üzerinde gelişen toprakların diğer anakaya grupları üzerinde oluşan topraklara göre kil oranı bakımından farklı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Elde edilen Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise kil oranının; kum miktarı ve permeabilite ile pozitif yönde, kil, toz miktarı ve organik madde ile negatif yönde anlamlı (%1 yanılma olasılığı ile) ilişki gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3). Kil oranı değerine göre erozyona duyarlılığa en yüksekten, en düşüğe doğru sırasıyla Kuvarsit, Kumtaşı, Mikaşist ve Kireçtaşı şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak söylenebilir ki kilce zengin topraklar %40 dan daha fazla oranda kil değerine, kumlu topraklar %55 den fazla oranda kum değerine ve balçıklı topraklar kum, kil ve tozun benzer oranlarda bulunduğu topraklardır (Wildman ve Gowans, 1978). Dryness (1967) ve Özyuvacı (1978), topraklarda toz ve kum oranı artıp kil azaldığında erozyona duyarlılığın arttığını ifade etmişlerdir. Toprak tekstürü toprak erodibilitesini etkileyen önemli bir özelliktir. Topraklardaki toz içeriğinin ve ince kumun artması yüksek erodibiliteye neden olmaktadır. Kilce zengin topraklar ve büzülme şişme kapasitesi düşük olan topraklar daha düşük erodibilite değerleri vermektedir. Bunun nedeni kil taneciklerinin birbirlerine yüzey alanları daha geniş olduğu için herhangi bir kuvvete karşı birbirlerinden kopartılmasının daha zor olmasındandır. Ancak killi topraklar herhangi bir kuvvetle birbirinden koparıldıktan sonra taşınmaları daha kolaydır. Kumlu toprakların ise birbirinden kopartılması daha kolay ancak taşınmaları için daha büyük enerjiye gerek vardır (O'Geen vd., 2006). Bilindiği üzere tanecik büyüklüğü

dağılımı toprakların erozyona karşı hassasiyetlerini etkileyen en önemli toprak özelliği olarak karşımıza çıkmakta (Antal, 1994; Morgan, 1996) ve kil miktarının artışına paralel olarak genel anlamda aşınabilirlik azalmaktadır (Okatan vd., 2000).

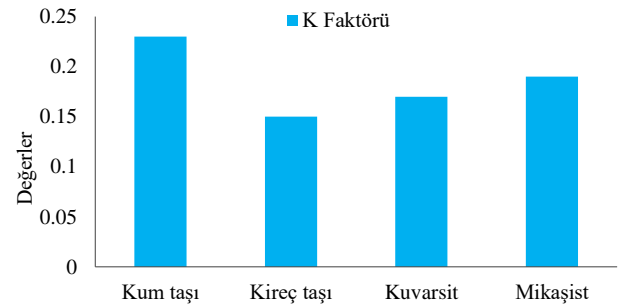
Ortalama K faktörü değerleri, Kumtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda 0.23, Kireçtaşı anakayası üzerinde bulunan topraklarda 0.15, Kuvarsit anakayası üzerinde bulunan topraklarda 0.17, Mikaşist anakayası üzerinde bulunan topraklarda 0.19 olarak belirlenmiştir (Şekil 9). Buna göre, Kumtaşı anakayası üzerinde gelişen topraklar "kolaylıkla aşınabilir" toprak sınıfına, Kireçtaşı, Kuvarsit ve Mikaşist anakayası üzerinde gelişen topraklar "orta derecede aşınabilir" toprak sınıfına girmektedir. Yapılan Varyans analizi sonuçlarına göre araştırma alanı topraklarının K faktörü bakımından istatistiksel anlamda (0.05 yanılma olasılığı ile) farklılık bulunmamıştır (Çizelge 2). Elde edilen Korelasyon analizi sonuçlarına göre ise K faktörünün; kum ve toz miktarı, organik madde, permeabilite ile pozitif yönde, kil miktarı ile negatif yönde anlamlı (%1 yanılma olasılığı ile) ilişki gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3).



Şekil 7. Farklı anakaya gruplarına göre ortalama erozyon oranı değerlerinin değişimi



Şekil 8. Farklı anakaya gruplarına göre ortalama kil oranı değerlerinin değişimi



Şekil 9. Farklı anakaya gruplarına göre ortalama K faktörü değerlerinin değişimi

Çizelge 2. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel, hidrolojik ve kimyasal özelliklerinin anakaya gruplarına göre değişimi

Bazı toprak özellikleri	Anakaya grupları	n	X	Sx	F değeri	Önem düzeyi	İkili karşılaştırma (Duncan testi)
Kum	Kumtaşı(1)	14	67,4	2,34	57,577	,000	(1-2)*
	Kireçtaşı(2)	15	43,47	2,59			(3-4)*
	Kuvarsit(3)	14	84,6	1,69			(2-4)*
	Mikaşist(4)	13	59,56	2,40			(1-3)*
Kil	Kumtaşı(1)	14	14,6	1,35	50,444	,000	(3-4)*
	Kireçtaşı(2)	15	35,24	2,54			(3-2)*
	Kuvarsit(3)	14	6,21	,88			(4-2)*
	Mikaşist(4)	13	19,63	2,08			(1-2)*
Toz	Kumtaşı(1)	14	18,44	1,31	15,779	,000	(3-1)*
	Kireçtaşı(2)	15	21,29	1,35			(3-2)*
	Kuvarsit(3)	14	9,18	1,40			(3-4)*
	Mikaşist(4)	13	20,82	1,17			
Organik madde	Kumtaşı(1)	14	3,11	0,49	3,379	,025	(1-2)*
	Kireçtaşı(2)	15	3,94	0,42			(3-2)*
	Kuvarsit(3)	14	2,62	0,38			
	Mikaşist(4)	13	3,14	0,66			
Permeabilite	Kumtaşı(1)	14	102,91	26,59	1,322	,277	(N.S)
	Kireçtaşı(2)	15	43,57	12,54			
	Kuvarsit(3)	14	101,60	28,93			
	Mikaşist(4)	13	116,2	35,05			
Dispersiyon oranı	Kumtaşı(1)	14	93,69	7,09	7,64	,000	(1-3)*
	Kireçtaşı(2)	15	68,48	3,82			(2-3)*
	Kuvarsit(3)	14	118,49	14,82			(4-3)*
	Mikaşist(4)	13	81,36	5,01			
Kolloid/nem ekivalanı oranı	Kumtaşı(1)	14	0,49	0,06	37,32	,000	(3-4)*
	Kireçtaşı(2)	15	1,03	0,07			(3-2)*
	Kuvarsit(3)	14	0,28	0,02			(1-2)*
	Mikaşist(4)	13	0,60	0,05			(4-2)*
Erozyon oranı	Kumtaşı(1)	14	245,7	70,20	5,58	,002	(2-3)*
	Kireçtaşı(2)	15	74,76	8,37			(4-3)*
	Kuvarsit(3)	14	487,4	97,02			
	Mikaşist(4)	13	194,2	96,59			
Kil oranı	Kumtaşı(1)	14	7,56	1,21	17,12	,000	(2-1)*
	Kireçtaşı(2)	15	2,15	0,20			(2-3)*
	Kuvarsit(3)	14	20,48	2,58			(4-3)*
	Mikaşist(4)	13	5,49	1,81			(1-3)*
Toprak erodibilite faktörü (K)	Kumtaşı(1)	14	0,23	0,02	1,78	,167	(N.S)
	Kireçtaşı(2)	15	0,15	0,08			
	Kuvarsit(3)	14	0,17	0,05			
	Mikaşist(4)	13	0,19	0,02			

*: Önem düzeyi $p < 0.05$, n: Örnek sayısı; X: Ortalama; Sx: Standart hata

Çizelge 3. Araştırma alanı topraklarının bazı özellikleri arasındaki korelasyon katsayısı

	Kil	Toz	OM	P	DO	KNEO	EO	KO	K
Kum	-,941**	-,727**	-,391**	,231	,688**	-,895**	,650**	,783**	-,273*
Kil		,452**	,397**	-,186	-,556**	,961**	-,587**	-,734**	,372**
Toz			,225	-,232	-,684**	,410**	-,521**	-,575**	-,034
OM				-,031	-,225	,302*	-,213	-,314*	,066
P					,251	-,223	,038	,045	,197
DO						-,522**	,682**	,513**	-,164
KNEO							-,627**	-,709**	,388**
EO								,798**	-,117
KO									-,149

** : % 1 yanlış olasılığı ile, * : % 5 yanlış olasılığı ile, n: Örnek sayısı; X: Ortalama; Sx: Standart hata

Erozyona uğramış alanlarda kum yüzdesi yüksek olduğundan, zayıf strüktüre ve düşük organik maddeye sahip topraklar erozyona daha hassastır. Bu görüş Ball (1990) tarafından organik maddenin azalmasının erozyonu arttırdığı ifadesiyle desteklenmektedir. Organik maddenin bağlayıcı etkisi nedeniyle toprakların erozyona daha dayanıklı hale geldiği Charman ve Murphy (1991) tarafından da desteklenmektedir. Topraklarda düşük kil değerleri ve yüksek kum değerleri K faktörünün artmasına neden olduğu ve bu toprakların erozyona daha duyarlı olduğu Wawer vd.

(2005) ve Zhang vd. (2007) tarafından da desteklenmektedir. Topraktaki CaCO_3 ve organik maddeden kaynaklı organik karbon agregat oluşumuna önemli katkı yapmakta ve agregat stabilitesini artırarak erodibilite değerini düşürmektedir (Haynes ve Naidu, 1998; Boix vd., 2001; Haynes ve Beare, 1997; Martens, 2000; Plante ve McGill, 2002). Wischmeier ve Mannering (1969), kil ve organik madde miktarı arttıkça erozyona duyarlılığın azaldığını tespit etmişlerdir. Çelebi (1971), toprağın erozyona uğrama eğiliminin belirlenmesinde agregat stabilitesi ile organik madde

arasında pozitif bir ilişkinin bulunduğunu, kirecin ise stabilite üzerinde organik madde ile birlikte etkili olabileceğini kaydetmiştir. Toz ve ince kum miktarı fazla olan orta tekstürdeki topraklar (balçık topraklar) düşük permeabilite değerlerine ve taşınmaya karşı düşük dayanıklılığa sahiptir (Kantarıcı 1980; Richter ve Negendank, 1977; Yılmaz ve Alagöz, 2008).

Erodibilite toprağın kendi özelliklerinden kaynaklanan erozyona karşı dayanıklılık derecesi olarak ifade edilir (Balci, 1996). Veihte (2002)'nin belirttiği üzere erodibilite pek çok fiziksel, mekanik, hidrolojik, kimyasal, minerolojik ve biyolojik özelliklerin etkilediği bir sonuçtur. Araştırma alanından farklı anakaya grupları üzerinde gelişen topraklardan elde edilen verilere göre genel olarak tüm erodibilite indeks değerlerine göre anakayaların oluşturduğu toprakların erozyon eğilimleri küçükten büyüğe göre sıralandığında Kireçtaşı, Mikaşist, Kumtaşı ve Kuvarsit şeklinde olduğu belirlenmiştir. USDA (1964), toprakların erodibilitesi üzerine yapılan bir araştırmada; olivin ve bazalt anakayasından gelişen toprakların kuvarsit ve granodiorit anakayasından gelişen topraklara göre erozyona daha dayanıklı olduğunu, bazalt anakayasını üzerinde gelişen toprakların erozyona en dayanıklı topraklar olduğunu saptamışlardır. Okatan vd. (2000), Kahramanmaraş Ayvalı Barajı Kızıldere Yağış Havzasında yaptıkları araştırmalarında, toprak profillerinin alınmasında ana faktör olarak anakaya gruplarını dikkate almışlardır. Elde edilen sonuçlara göre kireçtaşı anakaya grubu üzerinde gelişen toprakların dispersiyon oranı değerlerinin tarım alanlarında 11.55-46.05, orman alanlarında 25.00-38.90 ve mera alanlarında 26.82-49.32 değerleri arasında değiştiğini; kumtaşı anakaya grubu üzerinde gelişen toprakların dispersiyon oranı değerlerinin tarım alanlarında 11.71-40.71, orman alanlarında 7.02-30.30 ve mera alanlarında 12.25-54.80 değerleri arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

4. Sonuç ve öneriler

Araştırma alanı topraklarının genellikle kumtaşı, kireçtaşı, kuvarsit ve mikaşist anakayaları üzerinde gelişim gösterdiği ve bu anakayalar üzerinde gelişen toprakların balçıklı kum ile kumlu kil arasında değişen tekstürlere sahip olduğu ortaya konmuştur.

Farklı anakayalar üzerindeki topraklar erodibilite indeksleri bakımından erozyona duyarlı tespit edilmiştir. Kuvarsit anakayasını üzerinde gelişen topraklar erozyon oranı, kil oranı ve dispersiyon oranı bakımından diğer anakaya gruplarına göre erozyona daha duyarlı olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla elde edilen verilere göre anakayanın toprak özellikleri üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir.

Ortalama dispersiyon oranı değerleri bakımından en yüksek değer Kuvarsit anakayasını üzerinde gelişen topraklarda; ortalama kolloid/nem ekivalanı oranı bakımından en yüksek değer Kum taşı anakayasını üzerinde gelişen topraklarda; ortalama erozyon oranı ve kil oranı değerleri bakımından en yüksek değer Kuvarsit anakayasını üzerinde gelişen topraklarda ve ortalama toprak erodibilite faktörü değerleri bakımından en yüksek değer Kum taşı anakayasını üzerinde gelişen topraklarda tespit edilmiştir.

Yapılan arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda araştırma alanındaki topraklar erozyona duyarlı bulunduğu; toprakların mutlaka korunması için gerekli önlemlerin alınması, ekonomik ve toprağı koruyucu türlerle bitki-toprak-su arasındaki dengenin kurulması öncelikli

olmalıdır. Çemrengeç Deresi Yağış Havzasında orman ve mera alanlarına olan baskıyı azaltmak, bu alanların tarım alanlarına dönüştürülmesini önlemek amacıyla orman ve arazi kadastrosunun yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Anşin, R., 1983. Türkiye'nin flora bölgeleri ve bu bölgelerde yayılan asıl vejetasyon tipleri. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 6(2): 318-339.
- Antal, J., 1994. Erosion Factors. *Soil Conservation and Silviculture* (Eds: Dvorak, J. and Novak, L.). Elsevier.
- Aydın, M., 2000. Giresun Yağlıdere yağış havzasında farklı anamateryaller üzerinde gelişen toprakların erozyon eğilim değerleri ve vejetasyon yapısı üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Babalık, A.A., 1999. Erozyon ve Türkiye. T.C. Orman Bakanlığı Teknik Bülteni, Sayı: 6, Sayfa: 3, Ankara.
- Balci, A.N., 1978. Erodibility Characteristics of Some Forest Soils Developed under the Influence of Arid and Humid Climatic Conditions, İstanbul Üniversitesi Orman Fak. Yayınları, Orm. Fak. Yayın No: 248, İstanbul.
- Balci, A.N., 1996. Toprak Koruması Ders Notları. İ.Ü. Orman Fak., Yay. No: 439, Üniversite Yayın No: 3947, İstanbul.
- Ball, A., 1990. *Soil Properties and Their Uses*. John Wiley and Sons. London.
- Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A., 2001. Influences of soil properties and the aggregation of some mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena*, 44: 47-67.
- Bouyoucos, G.J., 1935. The clay ratio as a criterion of the susceptibility of soil to erosion. *Jour. Am. Soc. Argon*, 27: 738-741.
- Charman, P.E., Murphy, B.W., 1991. *Soil Their Properties and Management*. Oxford University Press, New York.
- Çelebi, H., 1971. Toprak Erozyonu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 37, Erzurum.
- Çepel, N., 1988. Orman Topraklarının Karakteristikleri, Toprakların Oluşumu, Özellikleri ve Ekolojik Bakımdan Değerlendirilmesi. Toprak İlimi Ders Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları Yayın No: 3416, İstanbul.
- Doğan, O., Cebel, H., Akgül, S., Küçükçakar, N., 2000. Türkiye Büyük Toprak Grupları (K) Faktörleri Köy Hizmetleri. APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No:111, Rehber No: 17, Ankara.
- Doğan, O., Güçer, C., 1976. Su erozyonunun nedenleri, oluşumu ve üniversal denklem ile toprak kayıplarının saptanması. T.C. Köy İşleri Bak. TOPRAKSU Genel Müd. TOPRAKSU Araş. Enst. Müd. Yay. No: 41, Ankara, 159s.
- Dryness, C.T., 1967. Erodibility and Erosion Potential of Forest Watersheds. Symposium on Forest Hydrology, Pergamon Press, London.
- Erol, A., Babalık, A.A., Sönmez, K., Serin, N., 2009. Isparta-Darıdere Havzası topraklarında erozyona duyarlılığın arazi kullanım şekillerine bağlı değişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A (2), 21-36.
- Evans, R., 1980. Mechanics of Water Erosion and Their Spatial and Temporal Controls; an Empirical Viewpoint. In Kirkby, N. Y. And R.P.C. Morgan, (Eds.), *Soil Erosion*, Wiley, 109-128.
- Farmer, E.E., 1973. Relative detactibility of soil particles by simulated rainfall. *Soil Science Society of America Proceedings*, 37(4): 629-633.
- Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. İ.Ü. Orman Fakültesi. Yay. No: 201, İstanbul.
- Günay, T., 2008, Orman, Ormansızlaşma, Toprak, Erozyon, TEMA Vakfı Yayınları, Yayın No:1, ISBN: 978-7169-05-5, İstanbul.
- Haynes, R.J., Beare, M., 1997. Influence of six crop species on aggregate stability and some labile organic matter fractions. *Soil Biol. Biochem.*, 29: 647-1653.

- Haynes, R.J., Naidu, R., 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications of soil organic matter content and soil physical conditions: A review. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 51: 123-137.
- Kantarci, M.D., 1980. The research on distinguishing and mapping of forest site unity and soil types in Belgrade forest. Istanbul University Faculty of Forestry publication No: 2636, İstanbul.
- Kantarci, M.D., 1987. Toprak İlimi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3444, Orman Fak. Yayın No: 387, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- Kantarci, M.D., 2000. Toprak İlimi. İ.Ü. Orman Fak. Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 4261, Orman Fak. Yayın No: 462, Çantay Matbaası, İstanbul.
- Karagül, R., 1999. Investigations on soil erodibility and some properties of soils under different land use types in Soğutludere creek watershed near Trabzon. *Turkish J. Agric. For.*, 23: 53-68.
- Lal, R., 1988. *Soil Erosion Research Methods*, Soil and Water Conservation Society, ISBN 0-935734-18-X, St. Lucie, USA.
- Lutz, J.H., Chandler, F.R., 1947. *Forest Soils*. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Martens, D.A., 2000. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. *Soil Biol. Biochem.*, 32: 361-369.
- Morgan, R.P.C., 1985. Soil erosion measurement and soil conservation research in cultivated areas of the UK. *Journal of Geography*, 151: 11-20.
- Morgan, R.P.C., 1996. *Soil Erosion and Conservation*. Addison-Wesley Boston MA.
- Ngatunga, E.L.N., Lal, R., Singer, M.J., 1984. Effect of surface management on run off and soil erosion from some plot Milangano, Tanzania. *Geoderma*, 33: 1-12.
- O'Geen, A. T., Elkins, R., Lewis, D., 2006. *Reducing Runoff from Irrigated Lands: Erodibility of Agricultural Soils, with Examples in Lake and Mendocino Counties*.
- Okatan, A., 1986. Trabzon-Meryemana Deresi Yağış Havzası Alpin Meralarının Bazı Fiziksel ve Hidrolojik Toprak Özellikleri ile Vegetasyon yapısı Üzerine Araştırmalar. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Okatan, A., Yüksel, A., Reis, M., 2000. Kahramanmaraş ayvalı barajı kızdere yağış havzasında toprakların erozyon eğilim değerlerinin hidrofiziksel toprak özelliklerine bağlı olarak değişimi. *Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(1): 28-42.
- Özhan, S., 2004. *Havza Amenajmanı Ders Kitabı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Havza Amenajmanı Anan Bilim Dalı Rektörlük Yayın No: 4510, Orman Fakültesi Yayın No: 481, İstanbul.
- Öztan, Y., 1980. Meryemana Deresi Havzasında değişik bakıldaki orman ve mera arazileri topraklarının erozyon eğilimi (erodibility) değerlerindeki farklılıklarının araştırılması. *KTÜ Orman Fak. Dergisi*, 3(2): 185-213.
- Özyuvacı, N., 1978. Kocaeli Yarımadası Topraklarında Erozyon Eğiliminin Hidrolojik Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi. İ.Ü. Orman Fak. Yay. No: 233, İstanbul.
- Özyuvacı, N., 1975. Topraklarda Erozyon Eğiliminin Tahmini Açısından Yapılan Bazı Değerlendirmeler. TÜBİTAK V. Bilim Kongresi, Tarım ve Ormanlık Araştırma Grubu Tebliği Ormanlık Seksiyonu, 29, 123-134.
- Plante, A., McGill, W., B., 2002. Soil aggregate dynamics and the retention of organic matter in laboratory- incubated soil with differing simulated tillage frequencies. *Soil Tillage Res.*, 66: 79-92.
- Reis, M., 1997. Trabzon-Araklı-Karadere Yağış Havzası orman içi meralarının bazı fiziksel ve hidrolojik özellikleri ile vejetasyon yapısı üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Richter, G., Negendank, J.F.W., 1997. Soil erosion processes and their measurement in the German area of the Mosella River. *Earth Surface Processes*, 2: 261-278.
- Schwertmann, U.W.V., Kainz, M., 1990. *Bodenerosion Durch Wasser-Vorhersage Des Abtrags Und Bewertung von Gegenmaßnahmen*.
- Sönmez, K., 1994. *Toprak Koruma Ders Kitabı*. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayınları. No: 169, S.192, Erzurum.
- U.S. Department of Agriculture, 1964. *Soil Erodibility Related to Rock Types in California*, Ext. From Rep. Pacif. Sthwest. For Range. Exp. Sta., USDA Pasific Southwest Forest and Range Experiment Station, 33p.
- Veihte, A., 2002. The spatial variability of erodibility and its relation to soil type: A study from Northern Ghana. *Geoderma*, 106: 101-120.
- Wawer, R., Nowocien, E., Podolski, B., 2005. Real calculated K-USLE erodibility factor for selected polish soils. *Polish J. Environ. Stud.*, 14(5): 665-658.
- Wildman, W.E., Gowans, K.D., 1978. *Soil physical environment and how it affects plant growth*. Oakland: University of California Division of Agricultural Sciences, Leaflet 2280.
- Wischmeier, W.H., Manner, J.V., 1969. Relation of soil properties to erodibility. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 33: 131-137.
- Yamanlar, O., 1962. A new erosion classification suited for Turkey conditions. *Rewiev of Istanbul University, Faculty of Forestry, Serial B, XII: 53-66*.
- Yazici, N., Turan, A., 2016. Effect of forestry afforestation on some soil properties: A case study from Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(7): 2509-2513.
- Yılmaz, E., Alagöz, Z., 2008. Toprak bozulması. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(45): 58-65.
- Yüksek, T., 2001. Rize-Pazar Deresi Yağış Havzasında farklı arazi kullanım şekilleri altındaki toprakların bazı özellikleri ile aşınım eğilimi değerlerinin araştırılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Trabzon.
- Zhang, Z.G., Fan, B.E., Bai, W.J., Jiao, J.Y., 2007. Soil anti-erodibility of plant communities on the Removal lands in Hilly-Gully Region of the Loess Plateau. *Science Soil Water Conser.*, 5: 7-13.

Comparison of insect biological diversity parameters in natural and degraded habitats in Gölcük Nature Park (Isparta, Turkey)

Gökhan Aydın^{a,*} 

Abstract: The study was carried out to compare the biodiversity parameters of the insect species in natural and un-natural habitats in Gölcük Nature Park (Isparta Province) between 2018 and 2019. Two natural and two unnatural habitats (impact of tourism) were selected to realize mentioned aim. Totally 40 pitfall traps (10 traps for each habitat) were set up to sample Coleoptera species. Species richness was found higher in natural habitats than unnatural ones. Diversity index (both Shannon-Wiener and Simpson) were calculated higher in natural habitats and as expected, dominancy inversely proportional to diversity was measured lower in natural habitats. Shannon Evenness, population density due to individual of the species showed mostly evenly distributed on the graphs in natural habitats. The Sørensen Coefficient results showed that selected natural and unnatural habitats groups were found similar to each other. The results of the study showed that human activity plays an important role in habitat destruction. It has been revealed that species richness and diversity are negatively affected in habitats with human impact.

Keywords: Coleoptera, Shannon-Wiener, Simpson, Sørensen, Evenness

Gölcük Tabiat Parkın'da doğal ve bozulmuş habitatlarında böcek biyolojik çeşitlilik parametrelerinin karşılaştırılması (Isparta, Türkiye)

Özet: Çalışma, 2018-2019 yılları arasında Gölcük Tabiat Parkı'nda (Isparta İli) doğal ve doğal olmayan habitatlarda bulunan böcek türlerinin biyoçeşitlilik parametrelerinin karşılaştırılması amacıyla yapılmıştır. Bahsedilen amaca ulaşmak için iki doğal ve iki doğal olmayan (turizmin etkisi) orman ekosistemi seçilmiştir. Coleoptera türlerini örneklemek için toplam 40 adet çukur tuzak (her habitat için 10'ar adet) kurulmuştur. Çalışma sonunda doğal habitatlarda tür zenginliği doğal olmayanlara göre daha yüksek bulunmuştur. Çeşitlilik indeksi (hem Shannon-Wiener hem de Simpson) doğal habitatlarda daha yüksek hesaplanmış ve beklendiği gibi, çeşitlilikle ters orantılı olan baskınlık, doğal olmayan habitatlarda daha yüksek ölçülmüştür. Shannon Evenness, popülasyon yoğunluk ilişkisi doğal yaşam ortamlarında çoğunlukla eşit dağılımlı grafikler oluşturmuştur. Sørensen katsayısı sonuçları, seçilen doğal ve doğal olmayan ekosistemlerin gruplar halinde birbirine benzer olduğunu göstermiştir. Çalışmanın sonuçları, insan faaliyetinin habitat tahribatında önemli bir rol oynadığını göstermiştir. İnsan etkisi ile habitatlarda tür zenginliği ve çeşitliliğinin olumsuz etkilendiği ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Coleoptera, Shannon-Wiener, Simpson, Sørensen, Evenness

1. Introduction

Turkey was formed by the coming together of the different geographical zones thus different habitats have enabled different animal and plant species to live there. That's why Turkey is the one of the most important areas in planet in terms of species richness as a natural consequence of this diversity (Aydın, 2006).

Gölcük Nature Park is the one of the six protected area in Isparta Province in Turkey. Gölcük Nature Park is located in Lakes Areas, Turkey's most important biodiversity areas, in the western part of Taurus. It is located on the transition zone between the Mediterranean and the terrestrial climate, and its altitude varies between 900-2000 meters. Extensive studies have been carried out in the Gölcük Nature Park in terms of plant diversity, but unfortunately almost no scientific study has been done in terms of insect diversity in this valuable area. Studies have shown that there are 227 species of plants

belonging to 47 families in the mentioned protected area (Fakir and Dutkuner, 1999). However, the biodiversity values in these areas are negatively affected due to the richness of species that have recently been destroyed by human activity.

In this study, the habitats of human activity were compared with natural similar ones, and the reasons for the difference between natural and destructed habitats were discussed by calculating the biological diversity parameters.

2. Materials and methods

2.1. Study areas

This study was carried out in Gölcük Nature Park from May to September between 2018 and 2019. The habitats dominated by with *Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe were chosen as study area. Two natural

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Atabey Meslek Yüksekokulu, Atabey Isparta, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): gokhanaydin@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.10.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 20.11.2021



Citation (Atıf): Aydın, G., 2021. Comparison of insect biological diversity parameters in natural and degraded habitats in Gölcük Nature Park (Isparta, Turkey). Turkish Journal of Forestry, 22(4): 362-365.

DOI: [10.18182/tjf.1006039](https://doi.org/10.18182/tjf.1006039)

(NF_1, NF_2) and two unnatural habitat (effected of tourism) (UnNF_1, UnNF_2) were selected to compare differentiation of habitats.

2.2. Sampling method

Totally 40 pitfall traps (10 traps for each habitat) are placed in all habitat. Plastic containers of approximately 15 cm in diameter and 20 cm in depth were buried in the soil in habitats, with 10 pieces at 10 meters intervals, with the open parts at the soil level (New, 1998). Biodiversity parameters were calculated with the data obtained from pitfall traps. Sampled insects that fell into pitfall traps were killed with the help of a killing bottle and brought to the "Insect Biodiversity Laboratory" in Isparta University of Applied Sciences, Atabey Vocational School for labelling, pinning, and counting. Distinctions were made on the basis of family, genus and species level.

2.3. Measurement of biological diversity parameters

Biodiversity basic parameters of habitats were calculated using the EvenDiv 1.1 program (Heimann, 2004), the parameters used and their calculation methods are given below:

Shannon-Wiener and Simpson diversity indices were used to determine species diversity.

- Shannon-Wiener diversity index (H')

$$H' = -\sum p_i \ln(p_i) \tag{1}$$

where H' is the index of diversity, pi is the importance value of a species as a proportion of all species, and ln is the natural logarithm

- Simpson diversity index (S)

$$S = 1 - \sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1) \tag{2}$$

where S is the index of diversity, ni is the importance value of a species as a proportion of all species, and N is the sum of the number of individuals (Magurran, 1988; Magurran, 2004; Özkan, 2016).

Simpson dominance index was used to determine dominance

- Simpson's dominance index (Sd)

$$Sd = \sum n_i(n_i - 1) / N(N - 1) \tag{3}$$

where Sd is the index of dominance, i is number of species, ni is the importance value of a species as a proportion of all species, and N is the sum of the number of individuals

Shannon Evenness and Simpson Evenness index were used to determine population density relationships of the species.

- Shannon evenness index (EH)

$$EH = H' / \ln(N) \tag{4}$$

where EH is Evenness index, H' is the index of Shannon-Wiener diversity, ln is the natural logarithm, and N is the sum of the number of individuals.

- Simpson Evenness index (Esm)

$$Esm = S / N \tag{5}$$

where Esm is Simpson Evenness, S is Simpson diversity, N is species richness (Magurran, 1988 ve 2004; Özkan, 2016).

Percentage similarity index (Bs) was used to determine the compositional similarity between the habitats

- Percent similarity

$$\%S = \sum \min(a, b, \dots, x) \tag{6}$$

where %S is percent similarity, $\sum \min$ is the sum of the smallest values whose percentages are calculated in the habitat with the smallest values in the other habitat whose similarity is calculated (Kreps, 1999).

Multi Variate Statistical Package (MVSP) 3.11c program was used to classify selected habitats (Kovach, 1999).

The identification of the insects sampled at the family level is carried out by Borror et al. (1981). Insects diagnosed at the family level were identified at the "morpho-species" level (Lodge and Cantrell, 1995; Clauson, 2002, Ryder et al., 2005; Borgelt and New, 2006; Dudgeon, 2006; Yanoviak et al., 2006; Grimbacher and Stork, 2007).

3. Results

During the study, 1544 individuals belonging to 50 species from 13 different families under Coleoptera were sampled (see appendix). Species richness were found much higher in natural habitats than habitat under tourism activity in both study years (Table 1). The most individuals were collected in NF_2 with 218 and 264 in 2018 and 2019, respectively. Shannon-Wiener were found the highest values in natural habitats in both NF_1 and NF_2 with 3.39 and 3.46 in 2018 and 3.49 and 3.52 in 2019. Simpson diversity index gave similar results around 0.96±1 in both study years (Table 1).

Table 1. Biodiversity parameter values calculated with the data obtained from the pitfall trap sampling method in Natural *Pinus nigra* Forest (NF_1 and NF_2) and un-natural *Pinus nigra* Forest effected by tourism activity (UnNF_1 and UnNF_2) between 2018 and 2019.

	2018			
	NF_1	NF_2	UnNF_1	UnNF_2
No. of Species	39	41	28	28
No. of Individuals	185	218	130	141
Diversity indices				
Shannon-Wiener[H]	3.3956	3.4602	2.9276	2.7147
Simpson Index[D]	0.0426	0.0393	0.0755	0.1065
Simpson Diversity[1-D]	0.9574	0.9607	0.9245	0.8935
Evenness indices				
Shannon-Evenness[EH]	0.9269	0.9318	0.8786	0.8147
Simpson-Evenness [E1/D]	0.6019	0.6206	0.473	0.3353
	2019			
No. of Species	43	43	29	30
No. of Individuals	206	264	187	213
Diversity indices				
Shannon-Wiener[H]	3.4992	3.5296	3.0025	2.8112
Simpson Index[D]	0.0415	0.035	0.0715	0.0991
Simpson Diversity[1-D]	0.9585	0.9650	0.9285	0.9009
Evenness indices				
Shannon-Evenness[EH]	0.9303	0.9384	0.8917	0.8265
Simpson-Evenness [E1/D]	0.5604	0.6645	0.4823	0.3364

In contrast to diversity, dominance values were found higher in habitats with tourism activity. Result of the Evenness index, both Shannon and Simpson, showed that individual of the species living in natural habitats were more balanced distribution than un-natural ones although obtained values were found close to each other (Table 1).

Similarity index found that naturally selected habitats (NF_1 and NF_2) have higher similarities to each other than unnatural habitats (UnNF_1 and UnNF_2) during the first study year while un-natural habitats were found more similar than natural ones in 2019 (Figure 1).

4. Discussion

The reason why the species richness and other biodiversity values measured in habitats that have been exposed to human activity for a long time can be measured lower when compared to natural habitats can be explained the displacement of the species and the increase and decrease of their populations (Aydin et al., 2005; Aydin and Kazak, 2007 ve 2010; Aydin and Karaca, 2011; Aydin, 2018). In this study, although the biodiversity measurement results show high biodiversity values in natural habitats, the biodiversity and evenness calculated values in unnatural habitats are found to be close to each other, which cannot be underestimated.

The present study showed that the habitat changes due to tourism activities had changed not only to the insect diversity but also to their structure within communities (see appendix). Many scientific studies showed similar results (Morris, 2010; Sutrisno, 2010; Barron et al., 2019; Forister et al., 2019).

Similarity results showed different results in both years. This is because the study was conducted for only two years. Long-term biological diversity measurements in the same habitats are necessary to obtain results that can explain the reason for the difference.

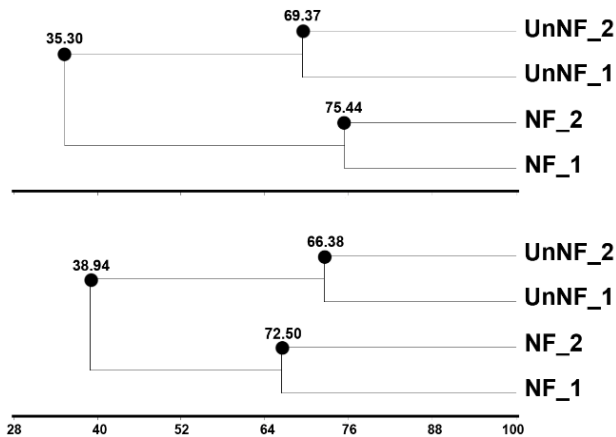


Figure 1. Percentage similarity classification analysis calculated considering the insect species sampled in Natural *Pinus nigra* Forest (NF_1 and NF_2) and un-natural *Pinus nigra* Forest effected by tourism activity (UnNF_1 and UnNF_2) (UPGMA: Unweighted Pair Group with Arithmetic Mean) * 2018 upper; 2019 bottom.

5. Conclusion

Biodiversity parameter values to be measured each year in order to ensure the sustainability of protected areas may indicate whether the habitats are degraded or not. Even though insects are not used frequently in the sustainability of protected areas, benefit can be gained by selecting insect groups that sustain their lives on the soil surface such as Carabidae, Tenebrionidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, etc. and have high potential to be used as biological indicators.

The use of insect species in habitat protection can be achieved by using them as a single indicator, as well as by considering insect assemblages as a whole. This can be achieved by periodically measuring biological diversity parameters in order to carry protected areas into the future.

References

- Aydin, G., Sekeroglu, E., Arndt, E., 2005. Tiger beetles as bioindicators of habitat degradation in the Çukurova Delta, Southern Turkey (Coleoptera: Cicindelidae). *Zoology in the Middle East*, 36: 51-58.
- Aydin, G., 2006. Çukurova Deltası'nda böceklerin sürdürülebilir alan kullanımında biyolojik gösterge olarak değerlendirilme olanakları. Doktora tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Aydin, G., Kazak, C., 2007. Çukurova Deltası (Adana) biyotoplarında böceklerin farklı insan aktivitelerine biyolojik gösterge olarak kullanıma olanakları. *Türk.Entomol.Dergisi*, 31 (2):111-128.
- Aydin, G., Kazak, C., 2010. Selecting indicator species habitat description and sustainable land utilization: A case study in a Mediterranean Delta. *International Journal of Agriculture & Biology*, 12(6): 931-934
- Aydin, G., Karaca, İ., 2011. Human threats to population of endemic sand dune cricket (*Schizodactylus inexpectatus*). *International Journal of Agriculture & Biology*, 13(6): 1016-1020.
- Aydin, G., 2018. Determination of indicator species in coastal successions in Tentsmuir National Nature Reserves (NNR), Scotland. *Fresenius Environmental Bulletin*. 27 (7): 5037-5044.
- Barron, M.C., Liebhold, A.M., Kean, J.M., Richardson, B., Brockerhoff, E.G., 2019. Habitat fragmentation and eradication of invading insect herbivores. *Journal of Applied Ecology*, 57 (3): 590-598.
- Borgelt, A., New, T.R., 2006. Pitfall trapping for ants (Hymenoptera, Formicidae) in mesic Australia: what is the best trapping period? *Journal of Insect Conservation*: 10: 75-77.
- Borror, D.J., DeLong M.D., Triplehorn, C.A., 1981. An introduction to the study of insects. Fifth edition Sounders College Publishing, Philadelphia.
- Clauson, D., 2002. III. Environmental Restoration. Restoration's Influence on Aerial Arthropod Diversity - Damien Clauson (John Latto, Matt Orr, Justin Remais and Manish Desai, (Editors) Senior Research Seminar Environmental Sciences Group Major University of California at Berkeley Berkeley, California. 9 p.
- Dudgeon, D., 2006. The impacts of human disturbance on stream benthic invertebrates and their drift in North Sulawesi, Indonesia. *Freshwater Biology*, 51: 1710-1729.
- Fakir, H., Dutkuner, İ., 1999. Isparta Gölçük Tabiat Parkı Florası üzerine araştırmalar. 1st International Symposium on Protection of Natural Environment and Ehrami Karaçam, 23-25 September, Kütahya-Türkiye, pp. 77-87.
- Forister, M.L., Pelton, E.M., Black, S.H., 2019. Declines in insect abundance and diversity: We know enough to act now. *Conservation Science and Practice*. 1 (8): 1-8
- Grimbacher, P.S., Stork, N.E., 2007. Vertical stratification of feeding guilds and body size in beetle assemblages from an Australian tropical rainforest. *Austral Ecology*, 32: 77-85.

- Heimann, D., 2004. EvenDiv 1.1. Based on a DBase Program Code Supplied by Jörg Perner and Martin Schnitter. Institute of Ecology, University of Jena.
- Kovach, W.L., 1999. A Multi variate Statistical Package. United Kingdom: Kovach Computing Services.
- Krebs, C.J., 1999. Ecological Methodology. An Imprint of Addison Wesley Longman, Inc.
- Lodge, D.J., Cantrell, S., 1995. Diversity of litter agarics at cuyabeno, Ecuador: calibrating sampling efforts in tropical rainforest. *Mycologist*, 9 (4): 149-151.
- Magurran, A.E., 1988 Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Magurran, A.E., 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Science Ltd.
- Morris, R.J., 2010. Anthropogenic impacts on tropical forest biodiversity: a network structure and ecosystem functioning perspective. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, 365(1558): 3709–3718.
- New, T.R., 1998. Invertebrate Surveys for Conservation. Oxford University Press.
- Özkan, K., 2016. Biyojik Çeşitlilik Bileşenleri Nasıl Ölçülür? Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 98, Isparta.
- Ryder, C., Moran J., MC Donnell, R., Gormally, M., 2005. Conservation implications of grazing practices on the plant and dipteran communities of a turlough in Co. Mayo, Ireland. *Biodiversity and Conservation*, 14: 187–204.
- Sutrisno, H., 2010. The impact of human activities to dynamic of insect communities: A case study in Gunung Salak, West Java. *Hayati Journal of Biosciences*, 17 (4): 161-166.
- Yanoviak, S.P., Nadkarni, N.M., Solano, J.R., 2006. Arthropod Assemblages in Epiphyte Mats of Costa Rican Cloud Forests. *Biotropica*, 36(2): 202–210.

Appendix. The list of Coleoptera species sampled by pitfall traps during 2018 and 2019 in Gölcük Nature Park in Isparta, Turkey.

Family	Species	NF_1	NF_2	UnNF_1	UnNF_2
Apionidae	<i>Apion</i> sp. Herbst, 1797	10	6	0	0
Buprestidae	<i>Anthaxia diadema</i> (Fischer von Waldheim, 1824)	0	1	3	3
	<i>Capnodis miliaris</i> (Klug, 1829)	3	0	6	10
	<i>Julodis ehrenbergii</i> Laporte, 1835	4	9	27	10
	<i>Trachypteris picta</i> (Pallas, 1773)	3	5	7	9
Carabidae	<i>Abax</i> sp. Bonelli, 1810	16	22	0	0
	<i>Abax</i> sp. Bonelli, 1810	2	0	0	0
	<i>Amara</i> sp. Bonelli, 1810	13	11	0	0
	<i>Amara</i> sp. Bonelli, 1810	6	3	47	71
	<i>Amara</i> sp. Bonelli, 1810	2	1	0	1
	<i>Acinopus</i> sp. Dejean, 1821	12	27	5	10
	<i>Agonum</i> sp. Bonelli, 1810	5	8	5	7
	<i>Carabus cribratus</i> (Motschulsky, 1850)	9	19	7	3
	<i>Carabus glabratus</i> Paykull, 1790	50	39	0	0
	<i>Carabus graecus</i> Dejean, 1826	20	39	11	5
	<i>Carabus gotschii</i> Chaudoir, 1846	7	11	0	0
	<i>Carabus scabripennis</i> Chaudoir, 1850	12	20	0	0
	<i>Carabus tenuitarsis</i> (Kraatz, 1877)	3	8	3	5
	<i>Carabus victor</i> Fischer von Waldheim, 1836	14	15	4	5
	<i>Harpalinus</i> sp. Jeannel, 1946	7	17	4	7
	<i>Lamprostus torosus</i> (I.Frivaldszky von Frivald, 1835)	12	11	0	0
	<i>Pachystus</i> sp. Motschoulsky, 1865	9	17	0	0
	<i>Pachystus graecus</i> (Dejean, 1826)	8	10	7	6
	<i>Procrustes anatolicus</i> Chaudoir, 1857	13	13	0	0
	<i>Procerus scabrosus</i> (A.G.Olivier, 1790)	5	7	11	3
Cerambycidae	<i>Cerambyx</i> sp. Linnaeus, 1758	0	4	8	7
	<i>Stictoleptura excisipes</i> (K.Daniel & J.Daniel, 1891)	0	4	5	10
Cetoniidae	<i>Cetonia aurata</i> (Linnaeus, 1758)	11	14	18	11
Chrysomelidae	<i>Chrysolina herbacea</i> (Duftschmid, 1825)	9	14	11	3
	<i>Chrysomela populi</i> Linnaeus, 1758	3	0	0	4
	<i>Cryptocephalus duplicatus</i> Suffrian, 1845	0	3	0	0
	<i>Cryptocephalus flavipes</i> Fabricius, 1781	1	0	1	0
	<i>Labidostomis</i> sp. Germar, 1817	7	3	0	0
Cicindelidae	<i>Cicindela campestris</i> Linnaeus, 1758	7	8	0	0
Coccinellidae	<i>Adalia bipunctata</i> (Linnaeus, 1758)	7	5	0	0
	<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus, 1758	15	7	15	47
	<i>Exochomus quadripustulatus</i> (Linnaeus, 1758)	7	9	11	5
Curculionidae	<i>Larinus onopordi</i> (Fabricius & J.C., 1787)	6	0	0	0
	<i>Otiorhynchus</i> sp. Germar, 1822	9	13	7	16
	<i>Phyllobius incanus</i> Gyllenhal, 1834	5	11	0	0
	<i>Sitona macularius</i> (Marsham, 1802)	0	0	5	9
Melolonthidae	<i>Anoxia asiatica</i> Desbrochers, 1871	14	18	14	5
	<i>Melolontha melolontha</i> (Linnaeus, 1758)	8	4	9	7
	<i>Polyphylla fullo</i> (Linnaeus, 1758)	0	7	4	2
Scarabaeidae	<i>Scarabaeus sacer</i> Linnaeus, 1758	4	8	50	64
Scolytidae	<i>Blastophagus minor</i> (Hartig, 1834)	7	0	0	0
	<i>Blastophagus piniperda</i> Eichhoff, 1864b	1	5	5	3
	<i>Ips</i> sp. De Geer, 1775	5	10	7	6
Tenebrionidae	<i>Colpotus vogti</i> Koch, 1944	0	7	0	0
	<i>Tenebrio</i> sp. Linnaeus, 1758	20	9	0	0

Makedonya meşesi (*Quercus trojana* P.B. Webb.) fidanlarında kuraklık stresinin su potansiyeli ve gaz değişim parametreleri üzerindeki etkisi

Ayşe Deligöz^a , Esra Bayar^{a,*} 

Özet: Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak yaz kuraklıklarının süre uzunluğunun ve şiddetinin artması ormanları olumsuz etkileyecek olup, artan kuraklık nedeniyle ağaçların maruz kaldığı kuraklık stresinin tür bazında incelenmesi, türün verdiği tepkinin anlaşılması oldukça önemlidir. Bu çalışmada *Quercus trojana* P.B. Webb. fidanlarında kuraklık stresinin fizyolojik (gün ortası su potansiyeli, relatif su içeriği, gaz değişim parametreleri) ve biyokimyasal (toplam çözünebilir şeker içeriği) özellikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Sera koşullarında 1+0 yaşlı fidanlara kontrol (haftada 2-3 kez sulama) ve kuraklık stresi (30 gün susuz bırakma) olmak üzere iki işlem uygulanmıştır. Kuraklık stresi ardışık iki kez tekrar edilmiştir. İki aylık stres döngüsü sonunda kuraklık stresi, gün ortası su potansiyelini, relatif su içeriğini, net fotosentez hızını, stoma iletkenliğini ve terleme oranını düşürürken, su kullanım etkinliğini ve toplam çözünebilir şeker içeriğini arttırmıştır. Çalışmada gün ortası su potansiyeli, net fotosentez hızı, stoma iletkenliği, terleme oranı ve toplam çözünebilir şeker içeriği arasında güçlü ilişkiler tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Su stresi, *Quercus trojana*, Gün ortası su potansiyeli, Fotosentez, Çözünebilir şeker

Impact of drought stress on water potential and gas exchange parameters in Macedonian oak (*Quercus trojana* P.B. Webb.) seedlings

Abstract: The increase in the duration and severity of summer droughts due to global climate change will adversely affect forests, and it is very important to examine the drought stress that trees are exposed to as a species due to increasing drought and to understand the response of the species. In this study, the effects of drought stress on physiological (midday water potential, relative water content, gas exchange parameters) and biochemical (total soluble sugar content) characteristics were investigated in *Quercus trojana* P.B. Webb. seedlings. Under greenhouse conditions, two treatments were applied to 1+0 old seedlings: control (2-3 times a week for watering) and drought stress (no watering for 30 days). Drought stress was repeated twice, consecutively. At the end of the two-month stress cycle, drought stress decreased the midday water potential, relative water content, net photosynthesis rate, stomatal conductance and transpiration rate, while increasing the water use efficiency and total soluble sugar content. In the study, strong relationships were found between midday water potential, net photosynthesis rate, stomatal conductance, transpiration rate and total soluble sugar content.

Keywords: Water stress, *Quercus trojana*, Midday water potential, Photosynthesis, Soluble sugar

1. Giriş

Türkiye sahip olduğu topoğrafik yapısı ve iklim özelliğiyle, kuraklık ve çölleşme tehdidi ile karşı karşıya kalmakla birlikte (Türkeş, 2012), iklim değişikliğinden de önemli oranda etkilenecek ülkeler arasındadır (Türkeş, 2012; Tüfekçioğlu ve Tüfekçioğlu, 2018). İklim değişikliğinin sebep olduğu olaylardan biri de kuraklıktır. Kuraklığın artması, dünya çapında türlerin ve ekosistemlerin karşı karşıya olduğu en kritik zorluklardan biridir (Barlett vd., 2012). Bitki büyüme sürecinde ana kısıtlayıcı faktörlerden biri olan kuraklık, bitkilerin büyümesini, gelişimini (Farooq vd., 2009) ve fizyolojik metabolizmasını etkileyebilmektedir (Zhu, 2002; Yang vd., 2021). Fizyolojik parametrelerden biri olan yaprak su potansiyeli bir bitkinin doğrudan su durumunu göstermektedir. Gün ortası su potansiyeli, bitkinin hücre büyümesi veya fotosentez gibi fizyolojik faaliyetlerini sınırlandırabilen bir değer olup, en düşük bitki su potansiyelini değerini yani azami su stresini ifade etmektedir (Genç ve

Yahyaoğlu, 2007) ve kuraklık stresıyla birlikte gün ortası su potansiyeli azalmaktadır (Deligöz ve Bayar, 2018). Bitkilerin hayatta kalması için en önemli biyolojik süreçlerden biri olarak kabul edilen fotosentez, kuraklık stresinden büyük ölçüde etkilenmektedir (Razi ve Muneer, 2021). Kuraklık stresi bitki yapraklarının relatif su içeriğini (RWC), su potansiyelini (Siddique vd., 2000), net fotosentez hızını (Zhang vd., 2015), terleme oranını ve stoma iletkenliğini azaltmakta, su kullanım etkinliğini arttırmaktadır (Galeano vd., 2019). Kuraklığın ilerlemesi aynı zamanda yapısal olmayan karbonhidrat dinamiklerini de etkileyebilmektedir (McDowell, 2011). Glikoz ve fruktoz gibi yapısal olmayan karbonhidrat grubundaki şekerler osmotik ayarlama ile birikebilmektedir (Turner, 2018).

Ülkemiz 22.93 milyon hektar orman alanına sahip olup, 6.75 milyon hektarı meşe türlerinden oluşmaktadır (OGM, 2020). Yapraklı ormanlar arasında yayılış alanı olarak en fazla meşe türleri yer almaktadır. *Quercus trojana* P.B. Webb. ülkemizde yayılış gösteren meşe türlerinden biri olup,

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): esrabayar@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 29.09.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 02.12.2021



Citation (Atıf): Deligöz, A., Bayar, E., 2021. Makedonya meşesi (*Quercus trojana* P.B. Webb.) fidanlarında kuraklık stresinin su potansiyeli ve gaz değişim parametreleri üzerindeki etkisi. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 366-370. DOI: [10.18182/tjf.1001789](https://doi.org/10.18182/tjf.1001789)

300 m rakımdan 1800 m rakıma kadar yetişebilmekte ve ortalama 10-12 m boy yapmaktadır. Soğuğa dayanıklı bir ağaç türüdür. Batı, Kuzeybatı ve Güneybatı Anadolu'da doğal yayılış alanı bulunmaktadır (Öztürk, 2013). Meşe türleri geniş bir coğrafi alana dağılmış olup (Epron vd., 1993), kurak dönemi tolere etme yetenekleri çevre koşullarına göre farklılık göstermektedir (Epron vd., 1993; Kuster vd., 2013). Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak türün/türlerin vereceği tepkilerin anlaşılması, fizyolojik mekanizmaların anlaşılması ile bağlantılıdır. Bu çalışmada 1+0 yaşlı *Quercus trojana* fidanlarının kuraklık stresine verdiği tepki, kuraklık stresinin fizyolojik (gün ortası su potansiyeli, relatif su içeriği, net fotosentez hızı, stoma iletkenliği, terleme oranı ve su kullanım etkinliği) ve biyokimyasal (toplam çözünebilir şeker içeriği) parametreler üzerindeki etkisiyle değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Tohum temini ve deneme kuruluşu

Araştırma materyali olarak Karaman orijinli (36° 40' K; 32° 33' D; Rakım: 1450 m) *Quercus trojana* subsp. *trojana* (Makedonya meşesi) fidanları kullanılmıştır. 2018 yılı kasım ayında toplanan tohumlar, boş ve çürük tohum ayırımı yapıldıktan sonra ekim tarihine kadar polietilen torbalarda +4°C'de soğuk hava deposunda bekletilmiştir. 2019 yılı mart ayında yetiştirme ortamı olarak turba ve perlit karışımı (3:1) kullanılan 18x30 cm ebatlarındaki polietilen tüplere tohumlar ekilmiştir. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Fidanlığında açık alan koşullarında yetiştirilen fidanlar 2020 yılı mayıs ayında cam sera içerisine taşınmıştır. Deneme başlayana kadar sera ortamında fidanlar düzenli aralıklarla sulanmıştır. Kuraklık stresi denemesi kontrol ve kuraklık olmak üzere temmuz ayında başlatılıp eylül ayında sonlandırılmıştır. Deneme süresince art arda iki kez kuraklık stresi uygulanan fidanlar, bir ay boyunca susuz bırakılıp bir ay sonunda tarla kapasitesinde sulanırken, kontrol fidanları deneme süresince haftada 2-3 kez sulanmıştır. Seranın sıcaklığı ve nemi data logger (Elitech RC-4HC) yardımıyla tespit edilmiştir. Buna göre deneme süresince ortalama sıcaklık 23.5 °C ile 28.0 °C arasında değişirken, ortalama nem % 32.0 ile % 55.0 arasında değişmiştir.

2.2. Fizyolojik ve biyokimyasal ölçümler

Gün ortası su potansiyeli ölçümleri hem kontrol hem kuraklık işlemlerinde 4 fidandan alınan örneklerde Scholander vd. (1965) tarafından geliştirilen bitki basınç odası cihazı (Model 600; PMS Instruments, Corvallis, Oregon) yardımıyla saat 12:00-13:00 arasında gerçekleştirilmiştir. Yaprığın relatif su içeriği (RWC), taze ağırlık (FW), turgor ağırlık (TW) ve kuru ağırlık (DW) temel alınarak hesaplanmıştır. Relatif su içeriğinin (RWC) belirlenmesinde, yaprak örnekleri hemen tartılıp (FW), karanlık ortamda yaklaşık 24 saat doymuş hale getirilerek yeniden tartılmış (TW) ve ardından 24 sa 105 C°'de fırın kurusu ağırlığı (DW) belirlenmiştir. RWC aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$RWC (\%) = 100 [(FW - DW) / (TW - DW)]$$

Gaz değişim parametreleri kontrol ve kuraklık işlemlerinde 4'er fidanın olgun yapraklarında LI-6400XT (Lincoln, USA) model taşınabilir fotosentez cihazı ile saat 09:00-11:00 arasında ölçülmüştür. Cihazın kalibrasyonu yapıldıktan sonra, fotosentetik aktif radyasyonu (PAR) 1250 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, CO₂ miktarı 400 ppm, akış oranı 500 $\mu\text{mol s}^{-1}$ olarak ayarlanmıştır. Yaprak sıcaklığı, ölçüm sırasında seranın sıcaklığına bağlı olarak ayarlanmıştır. Tüm ölçümler dört tekerrürlü olarak kaydedilmiştir. Daha sonra ölçüm yapılan yapraklar kesilerek, Image J yazılım programı (NIH, Bethesda, MD, USA) yardımıyla yaprak alanı hesaplanmıştır. Net fotosentez hızı (A_{net}) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), stoma iletkenliği (gs) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ve terleme oranı (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) belirlenmiş ve su kullanım etkinliği (WUEi) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) hesaplanmıştır. Toplam karbonhidrat içeriği için yaprak örnekleri 65° C'de 48 sa kurutulmuş Dubois vd. (1956) tarafından belirlenen fenol sülfürik asit yöntemine göre analiz edilmiştir.

2.3. İstatistiksel analizler

Fidanlarda belirlenen fizyolojik ve biyokimyasal özelliklere ait ortalama değerler SPSS 25.0 Windows paket programı yardımıyla belirlenmiştir. Her iki kuraklık döngüsü için kontrol ve kuraklık işlemleri arasında relatif su içeriği, gün ortası su potansiyeli, gaz değişim parametreleri ve toplam çözünebilir şeker içeriği bakımından farklılık olup olmadığını tespit etmek için Student's t testi uygulanmıştır. Yüzde olan değerlerde analiz öncesi arcsin dönüşümü yapılmıştır. Özellikler arasındaki ilişki korelasyon analizi ile tespit edilmiştir.

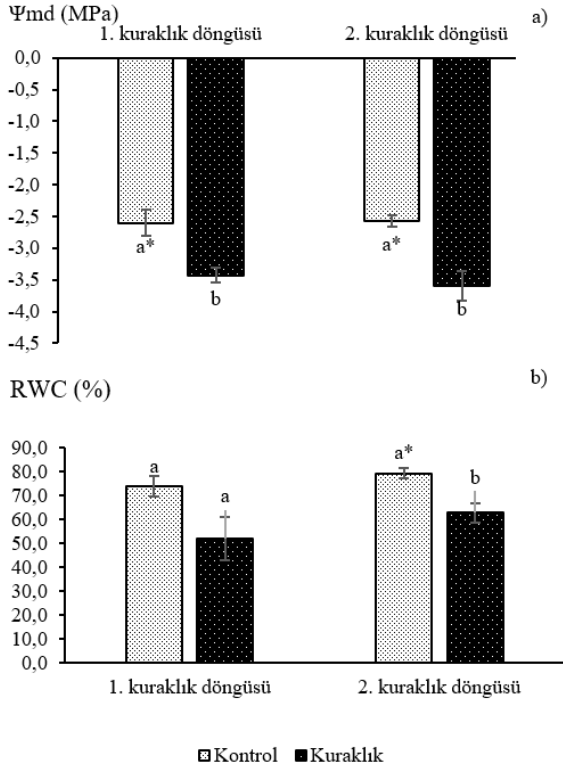
3. Bulgular

Birinci ve ikinci kuraklık döngüsü sonunda, kuraklık stresi uygulanan fidanlarda kontrol fidanlarına kıyasla gün ortası su potansiyeli önemli ölçüde azalmıştır. Kuraklık stresli fidanlarda birinci ve ikinci kuraklık döngüsünde sırasıyla gün ortası su potansiyeli -3.43 MPa ve -3.60 MPa olarak ölçülmüştür (Şekil 1a). İşlemler arasında birinci kuraklık döngüsünde relatif su içeriği bakımından fark çıkmazken, ikinci kuraklık döngüsünde kuraklık stresi uygulanan fidanlarda relatif su içeriği önemli ölçüde azalmıştır (Şekil 1b).

Kuraklık stresi uygulanan fidanlarda net fotosentez hızı, stoma iletkenliği ve terleme oranı daha düşüktür. Su kullanım etkinliği ikinci kuraklık döngüsü sonunda, kuraklık stresi uygulanan fidanlarda daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 1).

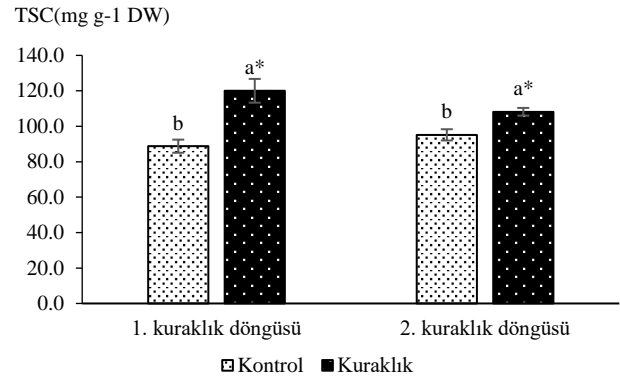
Birinci ve ikinci kuraklık döngüsü sonunda işlemler arasında toplam çözünebilir şeker içeriğinde 0.05 önem düzeyinde anlamlı farklılık çıkmıştır. Kuraklık stresi uygulanan fidanlar daha yüksek toplam çözünebilir içeriğine sahiptir (Şekil 2).

Özellikler arasındaki ilişkiler incelendiğinde, gün ortası su potansiyeli ile net fotosentez hızı, stoma iletkenliği ve terleme oranı ile güçlü ve pozitif ilişki tespit edilirken, toplam çözünebilir şeker içeriği arasında güçlü ve negatif bir ilişki belirlenmiştir (Çizelge 2). Gün ortası su potansiyelinin azalması ile net fotosentez hızı, stoma iletkenliği ve terleme oranı azalmakta, toplam çözünebilir şeker içeriği artmaktadır.



Şekil 1. Kuraklık stresinin a) gün ortası su potansiyeli (Ψ_{md}) ve b) relatif su içeriği (RWC) üzerindeki etkisi (Sütunlar

ortalama±ortalamanın standart hatası (n=4) şeklinde verilmiştir. *İşlemler arasında 0.05 önem düzeyinde anlamlı fark vardır)



Şekil 2. Kuraklık stresinin toplam çözünebilir şeker içeriği (TSC) üzerindeki etkisi (Sütunlar ortalama±ortalamanın standart hatası şeklinde verilmiştir. *İşlemler arasında 0.05 önem düzeyinde anlamlı fark vardır)

Çizelge 1. Kuraklık stresinin A_{net} (net fotosentez hızı), g_s (stoma iletkenliği), E (terleme oranı) ve WUE_i (su kullanım etkinliği) üzerindeki etkisi

İşlemler		A_{net} ($\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	g_s ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	WUE_i ($\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1} / \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
1. kuraklık döngüsü	Kontrol	11.53±0.44a	296.13±18.03a	10.64±0.54a	1.12±0.07
	Kuraklık	3.10±0.53b	48.86±7.83b	2.14±0.32b	1.51±0.22
	Önem Düzeyi	**	**	**	ns
2. kuraklık döngüsü	Kontrol	12.49±1.08a	258.22±32.23a	8.97±0.97a	1.53±0.10
	Kuraklık	5.13±0.60b	58.31±6.36b	2.50±0.27b	1.97±0.11
	Önem Düzeyi	**	**	**	*

**İşlemler arasında 0.01 önem düzeyinde anlamlı fark vardır. * İşlemler arasında 0.05 önem düzeyinde anlamlı fark vardır. ns: İşlemler arasında 0.05 önem düzeyinde anlamlı fark yoktur.

Çizelge 2. Bazı özelliklere ilişkin korelasyon analizi sonuçları

	Ψ_{md}	A	G_s	E	TSC
Ψ_{md} (MPa)	1				
A_{net} ($\mu\text{molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	.855**	1			
g_s ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	.853**	.905**	1		
E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	.852**	.908**	.996**	1	
TSC (mg g^{-1} DW)	-.791**	-.697*	-.864**	-.865**	1

Ψ_{md} : Gün ortası su potansiyeli, A_{net} : Net fotosentez hızı, g_s : Stoma iletkenliği, E: Terleme oranı, TSC: Toplam çözünebilir şeker içeriği, *Korelasyon p= 0.05 seviyesinde anlamlı, ** Korelasyon p= 0.01 seviyesinde anlamlı

4. Tartışma ve sonuç

Kuraklık stresi fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerinde etkili olmuştur. Özellikle *Quercus trojana* fidanlarının su potansiyelini değiştirmiştir. *Quercus trojana* fidanları ikinci kuraklık döngüsü sonunda gün ortası su potansiyelini -3.6 MPa'ya düşürmüştür. Benzer şekilde *Quercus brantii* Lindl. fidanlarında da şiddetli kuraklık stresi ksilem su potansiyelini düşürmüştür (Jafarnia vd., 2018). Bitkiler su potansiyelini mümkün olduğunca yüksek tutarak

veya düşük su potansiyelini tolere ederek kurak koşullara dayanabilirler (Chaves vd., 2003). Kurak dönemde yapılan başka bir çalışmada gün ortası su potansiyeli *Q. frainetto* Ten. için -5.9 MPa, *Q. macrolepis* Kotschy için -6.0 MPa, *Q. ilex* L. için -4.8 MPa ve *Q. pubescens* Willd. 'de -5.0 MPa olarak tespit edilmiştir. Kuraklık stresi, su potansiyeli ve relatif su içeriğini azaltmaktadır (Fotelli vd., 2000). RWC bitki su durumunu gösteren uygun bir gösterge olabilir (Chaves, 1991). İkinci kuraklık döngüsü sonunda kuraklık stresli fidanlarda RWC azalmıştır. Relatif su içeriğindeki değişimler

kökler tarafından su alımı ve yapraklardan terleme yoluyla su kaybı ile ilişkilidir (Anjum vd., 2011). Gün ortası su potansiyeli ile fotosentez hızı, stoma iletkenliği ve terleme oranı arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Kuraklık stresi sonunda gün ortası su potansiyelinin azalmasıyla net fotosentez hızı, stoma iletkenliği ve terleme oranı da azalmıştır. Bitkiler su kaybını en aza indirmek için stomalarını hızlı bir şekilde daraltır veya kapatırlar. Dolayısıyla CO₂ alımı azaldığı için fotosentez hızı doğrudan etkilenmektedir (Chaves vd., 2009). Kuraklık stresi, bitkilerin fizyolojisinin birçok yönünü, özellikle fotosentez kapasitesini olumsuz etkilemektedir (Osakabe vd., 2014). Birçok çalışmada kuraklık stresi altında gaz değişim parametrelerinin azaldığı belirtilmektedir (Allam, 1999; Peguero-Pina vd., 2009). Su kullanım etkinliği (WUE), kuraklığa dayanıklılığın değerlendirilmesi için önemli bir göstergedir (Yin vd., 2005). Kuraklık stresi uygulanan fidanlarda su kullanım etkinliği yüksek çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda da kuraklık stresinin, su kullanım etkinliğini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir (Zhang vd., 2004; Yin vd., 2006). Kuraklık koşullarında bitkiler stoma kapanması yoluyla terlemeyle su kaybını en aza indirerek net CO₂ alımını azaltır, ancak bitkinin düşük su potansiyelinden kaçınmasına izin verirken anlık su kullanım etkinliğini arttırabilmektedir (Williams vd. 1999). Benzer şekilde Taiz ve Zeiger (2002), kuraklık stresinin erken evrelerinde stomaların kapanmasının terlemeyi engellediğini ve su kullanım etkinliğinin arttırabildiğini ifade etmiştir. Su kullanım etkinliğinin artması iyi adapte olmuş genotiplerde gözlenmektedir (Chaves, 1991).

Kuraklık toleransını artırmanın bir yolu, ozmolit olarak bilinen aktif çözünen maddelerin birikmesidir (Yin vd., 2005). Toplam çözünbilir şeker içeriği ozmolit olarak bilinen maddelerden biri olup, kuraklık stresi sonucunda artmıştır. İki kuraklık döngüsünde de kontrol fidanlarına kıyasla, kuraklık stresi uygulanan fidanlarda toplam çözünbilir şeker içeriği yüksektir. Benzer sonucu Holland vd. (2016) *Quercus pubescens* Willd.'de, Wu vd. (2013) *Quercus variabilis* Bl.'de bulmuştur. Çözünbilir karbonhidratların ozmotik çözünenler olarak hareket edebileceği ve su stresi altındaki bitkilerde ozmoregülasyona katkıda bulunabileceği iyi bilinmektedir (Epron ve Dreyer, 1996). Yani kuraklık stresi altında bitkinin su stresi oranına büyük ölçüde bağlı olan bu tür çözünen maddelerin birikim süreci, osmotik ayarlama olarak bilinmektedir (Anjum vd., 2011).

Sonuç olarak, kuraklık stresine maruz kalan *Quercus trojana* fidanlarının fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerinde birtakım değişiklikler meydana gelmiştir. Gün ortası su potansiyeli ile net fotosentez hızı, stoma iletkenliği, terleme oranı ve toplam çözünbilir şeker içeriği arasında güçlü ilişkiler tespit edilmiştir. Kuraklık stresi altında gün ortası su potansiyelini düşüren fidanlar, fotosentez hızı, stoma iletkenliği ve terleme oranını azaltırken, su kullanım etkinliğini arttırmıştır. *Quercus trojana* fidanları kuraklık stresi karşısında toplam çözünbilir şeker birikimiyle strese uyum gücünü yükseltmiştir. Meşe cenneti olan ülkemizde meşe türlerinin kuraklık stresi karşısındaki tepkisinin anlaşılması ve küresel iklim değişikliğiyle birlikte değişen çevre koşullarına karşı kuraklığı tolere edebilecek türlerinin belirlenmesi, gelecekteki ağaçlandırma çalışmalarına yön verilebilmesi açısından oldukça önemlidir.

Kaynaklar

- Allam, S.M., 1999. Nutrient uptake by plants under stress conditions. In: Handbook of plant and crop stress (Ed:Pessaraki, M.), Marcel Dekker, New York. pp. 285–313.
- Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C., Lei, W., 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research, 6(9):2026-2032.
- Barlett, M.K., Scoffoni, C., Sack, L., 2012. The determinants of leaf turgor loss point and prediction of drought tolerance of species and biomes: a global meta-analysis. Ecology Letters, 15:393-405.
- Chaves, M.M., 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. Journal of Experimental Botany, 42(234):1-16.
- Chaves, M.M., Maroco, J.P., Pereira, J.S., 2003. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. Functional Plant Biology, 30:239-264.
- Chaves, M.M., Flexas, J., Pinheiro, C., 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103:551-560.
- Deligöz, A., Bayar, E., 2018. Drought stress responses of seedlings of two oak species (*Quercus cerris* and *Quercus robur*). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 42:114-123.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., Smith, F., 1956. Calorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, 28: 350-356.
- Epron, D., Dreyer, E., Aussenac, G., 1993. A comparison of photosynthetic responses to water stress in seedlings from 3 oak species: *Quercus petraea* (Matt) Liebl, *Q. rubra* L and *Q. cerris* L. Ann Sci For., 50(1):48-60.
- Epron, D., Dreyer, E., 1996. Starch and soluble carbohydrates in leaves of water-stressed oak saplings. Ann. Sci. For., 53: 263-268.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S.M.A., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29:185-212.
- Fotelli, M.N., Radoglou, K.M., Constantinidou, H.I.A., 2000. Water stress response of seedlings of four Mediterranean oak species. Tree Physiology, 20:1065-1075.
- Galeano, E., Vasconcelos, T.S., Novais de Oliveira, P., Carrer, H., 2019. Physiological and molecular responses to drought stress in teak (*Tectona grandis* L.f.). Plos One, 14(9): e0221571.
- Genç, M., Yahyaoglu, Z., 2007. Kalite sınıflamasında kullanılan özellikler ve tespiti. Fidan Standardizasyonu, Standart Fidan Yetiştiriminin Biyolojik ve Teknik Esasları (Ed: Yahyaoglu, Z., Genç, M.), Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın No. 75, Isparta, s:467-491.
- Holland, V., Koller S., Lukas, S., Brüggemann W., 2016. Drought- and frost-induced accumulation of soluble carbohydrates during accelerated senescence in *Quercus pubescens*. Trees, 30:215-226.
- Jafarnia, S., Akbarinia M., Hosseinpour, B., Modarres Sanavi S.A.M., Salami S.A., 2018. Effect of drought stress on some growth, morphological, physiological, and biochemical parameters of two different populations of *Quercus brantii*. iForest, 11: 212-220.
- Kuster, T.M., Arend, M., Günthardt-Goerg, M.S., Schulin, R., 2013. Root growth of different oak provenances in two soils under drought stress and air warming conditions. Plant Soil, 369:61-71.
- McDowell, N.G., 2011. Mechanisms linking drought, hydraulics, carbon metabolism, and vegetation mortality. Plant Physiology, 155:1051-1059.
- OGM, 2020. Ormancılık İstatistikleri 2020. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>. Erişim:01.09.2021
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L.S., 2014. Response of plants to water stress. Frontiers in Plant Science. 5(86):1-8.

- Öztürk, S., 2013. Türkiye Meşeleri Teşhis ve Tanı Kılavuzu. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Peguero-Pina, J.J., Sancho-Knapik, D., Morales F., Flexas, J., Gil-Pelegrín E., 2009. Differential photosynthetic performance and photoprotection mechanisms of three Mediterranean evergreen oaks under severe drought stress. *Functional Plant Biology*, 36: 453-462.
- Razi, K., Muneer, S., 2021. Drought stress-induced physiological mechanisms, signaling pathways and molecular response of chloroplasts in common vegetable crops. *Critical Reviews in Biotechnology*, 41(5):669-691.
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148:339-346.
- Siddique, M.R.B., Hamid, A., Islam, M.S., 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Bot. Bull. Acad.Sin.*, 41:35-39.
- Taiz, L., Zeiger E., 2002. *Plant Physiology*, Third Edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, U.S.A.
- Turner, N.C., 2018. Turgor maintenance by osmotic adjustments: 40 years of progress. *Journal of Experimental Botany*, 69 (13):3223-3233.
- Tüfekçioğlu, A., Tüfekçioğlu, M., 2018. Kuraklık ve orman ekosistem dinamikleri etkileşimi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 19(1):103-108.
- Türkeş, M., 2012. Türkiye’de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2):1-32.
- Williams, D.G., McPherson G.R., Weltzin, J.F., 1999. Stress in Wildland Plants: Implications for ecosystem structure and function. In: *Handbook of Plant and Crop Stress* (Ed: Pessarakli M.) Marcel Dekker, New York, pp.907-929.
- Wu, M., Zhang, W.H., Ma, C., Zhou, J.Y., 2013. Changes in morphological, physiological, and biochemical responses to different levels of drought stress in Chinese cork oak (*Quercus variabilis* Bl.) seedlings. *Russian Journal of Plant Physiology*, 60(5): 681-692.
- Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z., Chen, S., 2021. A review on response mechanism of plants to drought stress. *Horticulturae*, 7:50.
- Yin, C., Peng, Y., Zang, R., Zhu, Y., Li, C., 2005. Adaptive responses of *Populus kangdingensis* to drought stress. *Physiologia plantarum*, 123:445-451.
- Yin, C.Y., Berninger, F., Li, C.Y., 2006. Photosynthetic responses of *Populus przewalski* subjected to drought stress. *Photosynthetica*, 44(1):62-68.
- Zhang, X., Zang, R., Li, C., 2004. Population differences in physiological and morphological adaptations of *Populus davidiana* seedlings in response to progressive drought stress. *Plant Science*, 166: 791-797.
- Zhang, T., Cao, Y., Chen, Y., Liu G., 2015. Non-structural carbohydrate dynamics in *Robinia pseudoacacia* saplings under three levels of continuous drought stress. *Trees*, 29:1837-1849.
- Zhu, J.K., 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu Rev Plant Biol.*, 53:247-273.

Sinipid (Hymenoptera: Cynipidae) mazılarında tespit edilen parazitoid arılar (Hymenoptera: Chalcidoidea)

Burak Ayn^a, Musa Azmaz^b, Yusuf Katılmış^{c,*}

Özet: Mazı arılarıyla (Hymenoptera: Cynipidae) ilişkili parazitoid arıları tespit etmek amacıyla 2018-2019 yılları arasında Antalya ilinde arazi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, dört familyaya (Eupelmidae, Eurytomidae, Torymidae ve Ormyridae) ait toplam 13 parazitoid arı türü tespit edilmiştir. Bu türlerden *Torymus scutellaris* (Walker, 1833) Türkiye için yeni kayıttır. Türlerin dağılımları, ilişkili oldukları mazılar ve konukçu bitkileri verilmektedir.

Anahtar kelimeler: Hymenoptera, Parazitoid, Chalcidoidea, Cynipidae, Antalya

Parasitoid wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea) found in Cynipid (Hymenoptera: Cynipidae) Galls

Abstract: Field studies were conducted between 2018 and 2019 in Antalya province in order to reveal the parasitoid wasps associated with cynipid galls (Hymenoptera: Cynipidae). As a result of these studies, a total of 13 parasitoid wasp species were identified belonging to four families; Eupelmidae, Eurytomidae, Torymidae, and Ormyridae. Among them, *Torymus scutellaris* (Walker, 1833) is a new record for Turkey. Data are given on the distribution of the species, their associated galls, and host plants.

Keywords: Hymenoptera, Parasitoid, Chalcidoidea, Cynipidae, Antalya

1. Giriş

“Parazitoid”, başka bir hayvanın (konukçu) varlığında yaşayan ve sonunda onu öldüren hayvanlara denmektedir (Godfray, 1994; Gullan ve Cranston, 2014; Kaiser vd., 2017). Bu parazitoidler konukçusunun dışında (ektoparazitoid) veya içinde (endoparazitoid) yaşayabilirler (Godfray, 1994). Parazitoidler, gelişimlerini tamamlamak için sadece tek bir bireye ihtiyaç duyarlar ve erginleşmemiş konaklarını daima öldürürler ve ergin evrede nadiren parazitirler. Böcek yiyen (entomofaj) parazitoidler, konakları üzerinde gelişmek için birkaç yöntemle sahiptirler. Ektoparazitoidler, yumurtalarını konukçunun vücudu üzerine ya da yakınına bırakırlar. Endoparazitoidler ise yumurtalarını genellikle delici bir ovipozitör (Hymenoptera takımı) yardımıyla ya da yedek bir ovipozitör (Diptera parazitoidlerde) aracılığıyla konukçunun içine bırakmaktadır (Gullan ve Cranston, 2014). Ayrıca, parazitoidler beslenme ve gelişim durumlarına göre idiobiont ve koinobiont olarak sınıflandırılır. *İdiobiont parazitoidler*, konukçuyu başlangıçta hareketsiz hale getirdikten sonra daha da gelişmesini engelleyerek hemen veya kısa süre sonra konağı öldürür. *Koinobiont parazitoidler*, konukçudan beslenirken konukçunun gelişimini sürdürmesine izin verir ve sadece parazitoid gelişiminin tamamlanmasından sonra konukçu öldürülür (Hance vd., 2007). Ektoparazitoidlerin

çoğu idiobiont iken, endoparazitoidler ise genellikle koinobiont canlılardır (Gullan ve Cranston, 2014). Hymenoptera (Insecta), neredeyse sadece omurgasız konukçuları kullanan parazitoid taksonların çeşitliliği ile ön plana çıkan türce zengin bir takımdır. Parazitoid arı türlerini içeren taksonlar özellikle Chalcidoidea ve Ichneumonoidea üstfamilyaları içerisinde bulunmaktadır (Gullan ve Cranston, 2014).

Mazı (gal) dokusu; mazı arılarının, fitofaj yerleşimcilerin, parazitoidlerin, hiperparazitoidlerin ve çeşitli fırsatçı predatör canlıların arasında bir besin ağı oluşmasını sağlamaktadır. Böylelikle sinipid (cynipid) mazıları, kendi mazı arısının (Cynipidae) yanı sıra farklı türleri de içinde barındırmaktadır. Ekosistemde mazı arılarının büyük oranda ölümüne sebep olan canlı grupları mazı yerleşimcileri ve parazitoid arılardır (Melika, 2006). Mazı arılarına saldıran tüm parazitoid arılar çoğunlukla Chalcidoidea ve Ichneumonoidea’da yer almaktadır. Kuzey yarı kürede mazı arılarıyla beslenen yaklaşık 200 parazitoid arı türü olduğu bilinmektedir (Melika, 2006). Mazı arılarıyla beslenen çoğu parazoid arı, idiobiont ektoparazitoid olarak bilinir. Bununla birlikte, bazı parazitoid larvalarının (*Eurytoma longavena* Bugbee, 1951; *E. bruniventris* Ratzeburg, 1852; *Glyphomerus stigma* (Fabricius, 1793); *Torymus cyaneus* Walker, 1847; *Dichatomus acerinus*

^a Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji, Denizli, Türkiye

^b Pamukkale Üniversitesi, Acıpayam Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Laborant & Veteriner Sağlık Programı, Acıpayam, Denizli, Türkiye

^c Pamukkale Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Denizli, Türkiye

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): ykatilmis@pau.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.10.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 08.11.2021



Citation (Atf): Ayn, B., Azmaz, M., Katılmış, Y., 2021. Sinipid (Hymenoptera: Cynipidae) mazılarında tespit edilen parazitoid arılar (Hymenoptera: Chalcidoidea). Turkish Journal of Forestry, 22(4): 371-374.

DOI: [10.18182/tjf.1005990](https://doi.org/10.18182/tjf.1005990)

Förster, 1878) mazi dokusuyla da beslendikleri (fakültatif fitofaji) kayıt edilmiştir. Mazi arılarına saldıran az sayıda endoparazitoid türler de bulunmaktadır: *Pediobius lysis* (Walker, 1839), *Sycophila biguttata* (Swederus, 1795), *Orthopelma* spp. (Ichneumonidae) (Melika, 2006).

Batı Palearktik bölgesinde mazılarla ilişkili parazitoid arıların listelendiği çalışmalar yapılmıştır (Askew vd., 2006 ve 2013). Türkiye’de ise son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde, kestane mazi arısının (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) doğal düşman faunası olarak 12 parazitoid tür (Chalcidoidea) ortaya konmuştur (Doğanlar, 2014). Sonraki yıllarda yapılan çalışmalarla birlikte mazılarla ilişkili parazitoid arıların çeşitliliğine katkıda bulunulmaya devam edilmiştir (Mete ve Mergen, 2016 ve 2017; Boyadzhiev vd., 2017; Mete vd., 2018; Mete ve Lotfalizadeh, 2019). Bu çalışmayla, zengin bir tür çeşitliliğine sahip olan mazi arılarının Antalya ilinde yayılış gösteren parazitoidlerini tespit ederek ülke faunasına katkı sağlamak amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2018-2019 yılları arasında sinipid arılarının (=mazi arıları) (Hymenoptera: Cynipidae) mazıları ile ilişkili parazitoid arıları belirlemek amacıyla Antalya il sınırları içerisinde yayılış gösteren mazi arılarının oluşturduğu mazılar konukçu bitkileri (Fagaceae: *Quercus aucheri* Jaub. & Spach, *Q. coccifera* L., *Q. cerris* L., *Q. ithaburensis* Decne., *Q. pubescens* Willd. ve Rosaceae: *Rosa canina* L.) üzerinden toplanmıştır. Toplanan mazıların fotoğrafları çekilmiş ve küflenmeyi önlemek için ağzı bezle kapatılan 1 L hacimli cam kavanozların içinde laboratuvara getirilmiştir. Mazi örneklerinin hangi tür tarafından oluşturulduğu literatüre (Melika, 2006) bakılarak tespit edilmiştir. Laboratuvar koşullarında (25 °C) mazılardan çıkan ergin mazi arıları ve parazitoid arılar ayrı ayrı %70’lik etanol içerisine alınmıştır. Parazitoid arılar, böcek yapıştırma kartlarına etiket bilgileri kaydedilerek yapıştırılmıştır. Standart müze materyali haline getirilen parazitoid arı örneklerinin teşhis işlemleri ilgili kaynaklarda (Burks, 1971; Goluet ve Huber, 1993; Graham ve Gijswijt, 1998; Zerova ve Seryogina, 1999 ve 2006; Doğanlar, 2011 ve 2017; Gibson ve Fusu, 2016) bulunan teşhis anahtarları ve tür tanımlamaları kullanılarak yapılmıştır. Teşhisi yapılan örnekler Pamukkale Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Entomoloji Araştırma Laboratuvarı’nda muhafaza edilmektedir. Yeni kayıt “*” ile işaretlenmiştir.

3. Bulgular

Konukçu bitki üzerinden toplanan mazılardan Chalcidoidea’ye ait dört farklı familyadan (Eupelmidae, Eurytomidae, Torymidae ve Ormyridae) toplamda 13 farklı parazitoid arı türü tespit edilmiştir.

3.1. Eupelmidae Walker, 1833

3.1.1. Eupelmus Dalman, 1820

3.1.1.1. Eupelmus urozonus Dalman, 1820

İncelenen Materyal: ANTALYA, Demre, Belören, 36°18’K, 29°58’D, 612 m, 27.IV.2019, *Andricus grossulariae* Giraud, 1859 mazısı, çıkış tarihi: 29.X.2019, 1♀; Demre, Gürses, 36°15’K, 29°56’D, 438 m, 27.IV.2019, *Andricus cecconii* Kieffer, 1901 mazısı, çıkış tarihi: 23.VIII.2019, 1♀; Demre, Karabel, 36°20’K, 29°56’D, 883 m, 28.X.2018, *Cerroneuroterus lanuginosus* (Giraud, 1859) mazısı, çıkış tarihi: 14.VII.2019, 1♀.

Konukçu Bitki: *Quercus ithaburensis*.

Dünya Yayılışı: Afganistan, Almanya, Amerika, Andorra, Avustralya, Avusturya, Belçika, Bosna Hersek, Bulgaristan, Cezayir, Çekya, Çin, Ermenistan, Fas, Finlandiya, Fransa, Güney Afrika, Hırvatistan, Hindistan, Hollanda, İngiltere, İran, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, Japonya, Karadağ, Kazakistan, Kıbrıs, Kore, Kuzey Afrika, Lübnan, Lüksemburg, Macaristan, Mısır, Moldova, Norveç, Pakistan, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya, Sırbistan, Slovakya, Slovenya, Suriye, Türkiye, Ukrayna, Yunanistan (Noyes, 2019).

3.2. Eurytomidae Walker, 1832

3.2.1. Eurytoma Illiger, 1807

3.2.1.1. Eurytoma caninae Lotfalizadeh & Delvare, 2007

İncelenen Materyal: ANTALYA, Manavgat, Kısalar, 36°49’K, 31°16’D, 6 m, 28.IX.2018, *Diplolepis fructuum* (Rübsaamen, 1895) mazısı, çıkış tarihi: 11.VI.2019, 5♀♀.

Konukçu Bitki: *Rosa canina*.

Dünya Yayılışı: Fransa, İran, Fas, Türkiye, Ukrayna (Noyes, 2019).

3.2.1.2. Eurytoma rosae Nees, 1834

İncelenen Materyal: ANTALYA, Manavgat, Kısalar, 36°49’K, 31°16’D, 6 m, 28.IX.2018, *D. fructuum* mazısı, çıkış tarihi: 22.X.2018, 11.VI.2019, 7♀♀, 1♂.

Konukçu Bitki: *Rosa canina*.

Dünya Yayılışı: Almanya, Andorra, Arjantin, Avusturya, Belçika, Birleşik Krallık, Bulgaristan, Çekya, Çin, Ermenistan, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İran, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Kazakistan, Macaristan, Malezya, Polonya, Romanya, Sırbistan, Slovakya, Türkiye, Yunanistan (Noyes, 2019).

3.3. Ormyridae Foerster, 1856

3.3.1. Ormyrus Westwood, 1832

3.3.1.1. Ormyrus nitidulus Fabricius, 1804

İncelenen Materyal: ANTALYA, Demre, Belören, 36°18’K, 29°58’D, 627 m, 28.IX.2018, *Pseudoneuroterus saliens* (Kollar, 1857) mazısı, çıkış tarihi: 06.V.2019, 1♂; Demre, Gürses, 36°15’K, 29°56’D, 438 m, 27.IV.2019, *Plagiotrochus quercusilicis* (Fabricius, 1798) mazısı, çıkış tarihi: 07.IX.2019, 3♂♂; Manavgat, Gündoğdu, 36°50’K,

31°16'D, 30 m, 28.IV.2019, *Andricus infectorius* (Hartig, 1843) mazısı, çıkış tarihi: 03.IX.2019, 1♀.

Konukçu Bitki: *Quercus coccifera*, *Q. ithaburensis*, *Q. pubescens*.

Dünya Yayılışı: Almanya, Amerika, Andorra, Avusturya, Azerbaycan, Belçika, Birleşik Krallık, Bosna Hersek, Bulgaristan, Cezayir, Çekya, Danimarka, Fransa, Gürcistan, Hırvatistan, Hollanda, İngiltere, İran, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Kuzey Afrika, Macaristan, Makedonya, Romanya, Sırbistan, Slovakya, Türkiye, Ukrayna, Ürdün, Yunanistan (Noyes, 2019).

3.3.1.2. *Ormyrus pomaceus* Geoffroy, 1785

İncelenen Materyal: ANTALYA, Alanya, Bayırköy, 36°43'K, 31°56'D, 760 m, 24.XI.2018, *Aphelonyx cerricola* (Giraud, 1859) mazısı, çıkış tarihi: 22.VI.2019, 4♀♀, 3♂♂.

Konukçu Bitki: *Quercus ithaburensis*.

Dünya Yayılışı: Almanya, Andorra, Avusturya, Birleşik Krallık, Bulgaristan, Çekya, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Güney Kore, Hırvatistan, Hollanda, Karadağ, İngiltere, İran, İrlanda, İspanya, İsveç, İtalya, Japonya, Macaristan, Polonya, Rusya, Romanya, Sırbistan, Slovakya, Türkiye, Ukrayna, Ürdün, Yunanistan (Noyes, 2019).

3.4. Torymidae Walker, 1833

3.4.1. *Glyphomerus* Foerster, 1856

3.4.1.1. *Glyphomerus stigma* Fabricius, 1793

İncelenen Materyal: ANTALYA, Manavgat, Kısalar, 36°49'K, 31°16'D, 6 m, 28.IX.2018, *D. fructuum* mazısı, çıkış tarihi: 15.V.2019, 11.VI.2019, 13♀♀, 12♂♂.

Konukçu Bitki: *Rosa canina*.

Dünya Yayılışı: Almanya, Amerika, Andora, Avusturya, Birleşik Krallık, Bulgaristan, Çekya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İngiltere, İran, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Japonya, Kanada, Kırgızistan, Macaristan, Romanya, Rusya, Sırbistan, Slovakya, Türkiye, Ukrayna, Yunanistan (Noyes, 2019).

3.4.2. *Bootanomyia* Girault, 1915

3.4.2.1. *Bootanomyia almusiensis* (Doğanlar, 1989)

İncelenen Materyal: ANTALYA, Demre, Karabel, 36°20'K, 29°56'D, 883 m, 28.X.2018, *Andricus istvani* Melika, 2008 mazısı, çıkış tarihi: 07.IX.2019, 2♀♀.

Konukçu Bitki: *Quercus ithaburensis*.

Dünya Yayılışı: İran, Türkiye (Noyes, 2019).

3.4.2.2. *Bootanomyia dorsalis* (Fabricius, 1798)

İncelenen Materyal: ANTALYA, Demre, Davazlar, 36°15'K, 29°54'D, 552 m, 27.IV.2019, *Chilaspis israeli* Sternlicht, 1968 mazısı, çıkış tarihi: 07.IX.2019, 3♀♀, 4♂♂; Gündoğmuş, Akyar, 36°44'K, 32°12'D, 720 m, 24.XI.2018, *Synophrus politus* Hartig, 1843 mazısı, çıkış tarihi: 08.VII.2019, 1♂.

Konukçu Bitki: *Quercus ithaburensis*.

Dünya Yayılışı: Almanya, Andora, Avusturya, Belçika, Birleşik Krallık, Bosna Hersek, Bulgaristan, Çekya, Çin, Danimarka, Fransa, Hırvatistan, Hindistan, Hollanda,

İngiltere, İran, İsrail, İspanya, İsveç, İtalya, Macaristan, Makedonya, Moldova, Portekiz, Romanya, Rusya, Sırbistan, Slovakya, Tunus, Türkiye, Ukrayna, Yunanistan (Noyes, 2019).

3.4.2.3. *Bootanomyia synophri* (Mayr, 1874)

İncelenen Materyal: ANTALYA, Alanya, Dim Barajı, 36°33'K, 32°08'D, 140 m, 04.VIII.2018, *S. politus* mazısı, çıkış tarihi: 22.X.2018, 3♀♀; Demre, Belören, 36°18'K, 29°58'D, 612 m, 27.IV.2019, *S. politus* mazısı, çıkış tarihi: 06.IX.2019, 1♀, 1♂.

Konukçu Bitki: *Quercus cerris*.

Dünya Yayılışı: Avusturya, Bulgaristan, Cezayir, Macaristan, Türkiye, Yunanistan (Noyes, 2019).

3.4.3. *Megastigmus* Dalman, 1820

3.4.3.1. *Megastigmus rosae* Bouček, 1971

İncelenen Materyal: ANTALYA, Manavgat, Kısalar, 36°49'K, 31°16'D, 6 m, 28.IX.2018, *D. fructuum* mazısı, çıkış tarihi: 11.VI.2019, 1♀.

Konukçu Bitki: *Rosa canina*.

Dünya Yayılışı: Almanya, Avusturya, Azerbaycan, Çekya, Ermenistan, Fransa, Gürcistan, İran, İsviçre, Kazakistan, Rusya, Tacikistan, Türkiye, Türkmenistan, Ukrayna (Noyes, 2019).

3.4.4. *Torymus* Dalman, 1820

3.4.4.1. *Torymus bedeguaris* (Linnaeus, 1758)

İncelenen Materyal: ANTALYA, Manavgat, Gündoğdu, 36°50'K, 31°16'D, 17 m, 30.III.2019, *Neuroterus quercusbaccarum* (Linnaeus, 1758) mazısı, çıkış tarihi: 21.VII.2019, 1♂; Manavgat, Kısalar, 36°49'K, 31°16'D, 6 m, 28.IX.2018, *D. fructuum* mazısı, çıkış tarihi 22.X.2018, 3.XII.2018, 7♀♀, 5♂♂.

Konukçu Bitki: *Quercus ithaburensis*, *Rosa canina*.

Dünya Yayılışı: Almanya, Amerika, Andora, Avusturya, Azerbaycan, Belçika, Birleşik Krallık, Bulgaristan, Çekya, Çin, Danimarka, Ermenistan, Fransa, Gürcistan, Hırvatistan, Hollanda, İngiltere, İran, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Kanada, Kazakistan, Kırgızistan, Macaristan, Moldova, Romanya, Rusya, Sırbistan, Slovakya, Tacikistan, Türkiye, Türkmenistan, Ukrayna, Yunanistan (Noyes, 2019).

3.4.4.2. *Torymus flavipes* (Walker, 1833)

İncelenen Materyal: ANTALYA, Alanya, Bayırköy, 36°43'K, 31°56'D, 760 m, 24.XI.2018, *Ap. cerricola* mazısı, çıkış tarihi: 22.VIII.2019, 5♂♂; Demre, Belören, 36°18'K, 29°58'D, 612 m, 27.IV.2019, *A. grossulariae* mazısı, çıkış tarihi: 29.X.2019, 1♂; Demre, Davazlar, 36°15'K, 29°54'D, 552 m, 27.IV.2019, *Ch. israeli* mazısı, çıkış tarihi: 07.IX.2019, 2♂♂; Manavgat, Gündoğdu, 36°50'K, 31°16'D, 17 m, 30.III.2019, *N. quercusbaccarum* mazısı, çıkış tarihi: 21.VII.2019, 5.IX.2019, 12♀♀, 10♂♂; Manavgat, Gündoğdu, 36°50'K, 31°16'D, 30 m, 28.IV.2019, *Biorhiza pallida* (Olivier, 1791) mazısı, çıkış tarihi: 7.IX.2019, 1♀.

Konukçu Bitki: *Quercus cerris*, *Q. ithaburensis*, *Q. pubescens*.

Dünya Yayılışı: Almanya, Amerika, Andora, Avusturya, Azerbaycan, Belçika, Birleşik Krallık, Bulgaristan, Çekya, Çin, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İngiltere, İskoçya, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, Macaristan, Polonya, Romanya, Rusya, Slovakya, Slovenya, Türkiye, Ukrayna (Noyes, 2019).

3.4.4.3. *Torymus scutellaris* (Walker, 1833) *

İncelenen Materyal: ANTALYA, Manavgat, Gündoğdu, 36°50'K, 31°16'D, 17 m, 30.III.2019, *N. quercusbaccarum* mazısı, çıkış tarihi 21.VII.2019, 25.X.2019, 5♂♂.

Konukçu Bitki: *Quercus pubescens*.

Dünya Yayılışı: Almanya, Birleşik Krallık, Danimarka, Fransa, Hollanda, İngiltere, İsveç, İtalya, Moldova, Romanya (Noyes, 2019).

4. Tartışma ve sonuç

Arazi çalışmaları neticesinde konukçu bitkiler üzerinden toplam 20 farklı türe ait sinipid mazısı toplanmıştır. *Diplolepis fructuum* mazısından 5 farklı parazitoid arı türü, *Neuroterus quercusbaccarum* mazısından ise 3 farklı parazitoid arı türü tespit edilmiştir. *Aphelonyx cerricola*, *Andricus grossulariae*, *Chilaspis israeli* ve *Synophrus politus* mazılarından ikişer parazitoid arı türü, *Andricus infectorius*, *Andricus istvani*, *Andricus ceconii*, *Biorhiza pallida*, *Cerroneuroterus lanuginosus*, *Pseudoneuroterus saliens* ve *Plagiotrochus quercusilicis* mazılarından ise birer parazitoid arı türü tespit edilmiştir. Parazitoid türlerin farklı mazılarda görülme dağılımına bakıldığında; *Torymus flavipes* beş mazi türünde, *Eupelmus urozunos* ve *Ormyrus nitidulus* üç mazi türünde, *Bootanomyia almusiensis* ve *Torymus bedeguaris* iki mazi türünde, *Bootanomyia dorsalis*, *Bootanomyia synophri*, *Eurytoma caninae*, *Eurytoma rosae*, *Glyphomerus stigma*, *Ormyrus pomaceus*, *Megastigmus rosae* ve *Torymus scutellaris* ise bir mazi türünde tespit edilmiştir.

Çalışma sonucunda, *T. scutellaris* türünün Türkiye için yeni kayıt olduğu ve ilk kez *N. quercusbaccarum* arısı tarafından oluşturulan mazi ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, çalışma alanında tespit edilen 13 türün tamamı Antalya ilinden ilk kez bu çalışma ile kaydedilmiştir. Yapılacak yeni ve kapsamlı çalışmalar ile Cynipidae türleri ile ilişkili parazitoid tür sayısının daha fazla artması beklenmektedir.

Açıklama

Çalışmaya olan katkıları ve teşhis işlemlerindeki yardımlarından dolayı Araş. Gör. Dr. Özlem METE'ye (Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü) teşekkürlerimizi sunarız. Çalışma bir yüksek lisans tezinden üretilmiş ve Pamukkale Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2018FEBE034 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Askew, R.R., Plantard, O., Gómez, J.F., Nieves, M.H., Nieves-Aldrey, J.L., 2006. Catalogue of parasitoids and inquiline in galls of Aylacini, Diplolepidini and Pediaispidini (Hym., Cynipidae) in the West Palaearctic. *Zootaxa*, 1301: 1-60.
- Askew, R.R., Melika, G., Pujade-Villar, J., Schönrogge, K., Stone, G.N., 2013. Catalogue of parasitoids and inquiline in cynipid oak galls in the West Palaearctic. *Zootaxa*, 3643(1): 1-133.
- Boyadzhiev, P.S., Yefremova, Z.A., Tozlu, G., Mergen, Y.O., Mete, O., 2017. Description of *Stepanovia fructirosae* sp. n. (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eulophidae) from Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, Supplement 8: 113-117.
- Burks, B.D., 1971. A synopsis of the genera of the family Eurytomidae (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Transactions of the American Entomological Society*, 97(1): 1-89.
- Doğanlar, M., 2011. Review of Palearctic and Australian species of *Bootanomyia* Girault 1915 (Hymenoptera: Torymidae: Megastigminae), with descriptions of new species. *Turkish Journal of Zoology*, 35(2): 123-157.
- Doğanlar, M., 2014. Yalova'da (Türkiye) Kestane gal arısı, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) nin doğal düşman faunası hakkında ilk kayıtlar. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 5(1): 67-74.
- Doğanlar, M., 2017. Turkish species of *Torymus* Dalman, 1820 (Hymenoptera: Torymidae: Torymini), with descriptions of new species. *Munis Entomology & Zoology*, 12(1): 5-22.
- Gibson, A.P.G., Fusu, L., 2016. Revision of the Palaearctic species of *Eupelmus* (Eupelmus) Dalman (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae). *Zootaxa*, 4081(1): 1-331.
- Godfray, H.C.J., 1994. *Parasitoids, Behavioral and Evolutionary Ecology*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Goulet, H., Huber, J.T., 1993. *Hymenoptera of the World: An identification guide to families*. Agriculture Canada, Ottawa, Ontario, John Wiley and Sons.
- Graham, M.W.R., Gijswijt, M.J., 1998. Revision of the European species of *Torymus* Dalman (Hymenoptera: Torymidae). *Zoologische Verhandelingen*, 317: 1-202.
- Gullan, P.J., Cranston, P.S., 2014. *The Insects: An Outline of Entomology* (5th ed.). Wiley-Blackwell.
- Hance, T., van Baaren, J., Vernon, P., Boivin, G., 2007. Impact of extreme temperatures of parasitoids in a climate change perspective. *Annual Review of Entomology*, 52: 107-126.
- Kaiser, L., Ode, P., van Nouhuys, S., Calatayud, P.-A., Colazza, S., Cortesero, A.-M., Thiel, A., van Baaren, J., 2017. The plant as a habitat for entomophagous insects. *Advances in Botanical Research*, 81: 179-223.
- Melika, G., 2006. Gall Wasps of Ukraine, Cynipidae. *Vestnik Zoologii*, 21(1-2): 1-644.
- Mete, Ö., Azmaz, M., Lotfalizadeh, H., Katılmış, Y., 2018. Some records of parasitoid wasps associated with gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae) in Istanbul, Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 13(2): 542-547.
- Mete, Ö., Lotfalizadeh, H., 2019. Parasitoid wasps associated with *Diplolepis* galls (Hymenoptera: Cynipidae) in Turkey: an updated checklist and report of three non-regular species. *Phytoparasitica*, 47: 361-374.
- Mete, Ö., Mergen, Y.O., 2016. The community members associated with rose gall wasp *Diplolepis fructuum* (Rübsaamen, 1895) (Hymenoptera: Cynipidae) in Tokat Province of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40(3): 411-416.
- Mete, Ö., Mergen, Y.O., 2017. The community components associated with two common rose gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae: Diplolepidini) in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 41: 696-701.
- Noyes, J.S., 2019. *Universal Chalcidoidea Database*. World Wide Web electronic publication. <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>, Accessed: 01.09.2021.
- Zerova, M.D., Seryogina L.Y., 1999. A review of Palearctic species of the Genus *Glyphomerus* (Hymenoptera, Torymidae) with description of two new species. *Entomological Review*, 79(8): 977-981.
- Zerova, M.D., Seryogina, L.Y., 2006. Review of Palearctic ormyridae (Hymenoptera, Chalcidoidea), with description of two new species. *Vestnik zoologii*, 40(1): 27-40.

Zaman etütleri için geliştirilen ölçüm ve kayıt araçlarının veri hassasiyeti yönünden birbirleriyle ve kronometreyle karşılaştırılması

Mehmet Eker^{a*} , Yasin Kurt^b 

Özet: Bu çalışmanın amacı; ormancılık işlerinde zaman etütlerinde kullanılmak üzere son zamanlarda geliştirilmiş olan android tabanlı Zaman Ölçme ve Kaydetme (ZÖKA) uygulaması ile Windows işletim sistemi tabanlı zaman kayıt ve analiz yazılımı olan Time Analysis (TA) programını, veri hassasiyeti ve kullanım özellikleri bakımından birbirleriyle ve dijital kronometre ile karşılaştırmak ve uygulanabilirliklerini tartışmaktır. Zaman etütlerinin etkililiğini arttırmak amacıyla geliştirilmiş olan ZÖKA uygulaması ve TA programının zaman etütlerindeki performansları, kronometreye göre olumlu-olumsuz yönleri ve hangisinin daha kullanılabilir olabileceği konusundaki soruların giderilmesi için bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Oduna dayalı orman ürünleri üretim faaliyetleri sırasında, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaç türüne ait tomruk kabuklarının motorlu testereye montajlı kabuk soyma aleti ile soyulması işine ait çalışma süreleri, video kaydedicilerle iş yeri zamanı ölçeğinde kaydedilmiştir. Kaydedilen görüntüler video oynatıcı yazılımlar yardımıyla izlenerek dolaylı gözlem yöntemiyle iş dilimlerine ait gerçek süreler ölçülmüş ve bunlar kontrol verisi olarak kullanılmıştır. Aynı görüntüler üzerinden aynı etütçü ile dijital kronometre, ZÖKA uygulaması ve TA programı ile zaman ölçümleri yapılarak elde edilen veriler, kontrol verisiyle ve birbirleriyle veri hassasiyeti yönünden karşılaştırılmıştır. Kronometre, ZÖKA uygulaması ve TA programına yönelik kullanım özellikleri ile bu üç aracın yapısal nitelikleri de göz önünde bulundurularak basit bir kıyaslama yapılmıştır. Kısa süreli iş dilimlerinin (3 sn ve altı) yer aldığı işlere ait zaman ölçümlerinde göz-el ve kulak-el koordinasyonu ZÖKA uygulamasının daha hassas veri ölçüp kaydedebildiği ve daha etkili olduğu belirlenmiştir. İş dilimi sürelerinin 5 sn' nin üzerine çıktığı ve özellikle dolaylı gözlemlerin yapıldığı durumlarda TA programının da dijital kronometreye göre daha hassas olduğu ve veri kaydedebilme üstünlüğüne sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Zaman etütlerinde, özellikle kısa süreli iş dilimlerinin ölçülmesi ve kaydedilmesinde ZÖKA uygulaması hassasiyetle kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Zaman ölçme araçları, Zaman ölçme ve kaydetme uygulaması, Time analysis programı, Dijital kronometre, Zaman etütü

Comparison of time measurement and recording tools with each other and stopwatch in terms of data sensitivity

Abstract: The aim of the study is to compare the android-based "time measurement and recording tool" (ZÖKA) application which has been developed to be used in time studies in forestry works and the "time analysis" (TA) program, which is a Windows operating system-based time recording software, with each other and with a digital stopwatch in terms of data precision and usage characteristics. This study was carried out in order to eliminate the questions about the performance of ZÖKA and TA program developed for the purpose of time studies, their positive and negative aspects compared to the chronometer, and which one could be more effective. During the wood-based harvesting activities, the working times of the debarking work were recorded with real-time by video recorders. The recorded images were watched with the help of video player software and the actual times of the work elements (which were later used as control data) were determined by the indirect observation method. Time measurements were made on the same images with the same surveyor using a digital stopwatch, ZÖKA application and TA program. The obtained data were compared with the control data and with each other in terms of data sensitivity. A simple comparison was made by considering the usage features of the stopwatch, ZÖKA application and TA program, and the structural characteristics of these three tools. It has been determined that the ZÖKA application can measure and record more sensitive data and is more effective with eye-hand and ear-hand coordination in time measurements of jobs with short-term work periods (3 seconds and less). It has been revealed that the TA software is also more sensitive than the digital chronometer and has the advantage of recording data, especially in cases where the duration of the work slices exceeds 5 seconds and especially indirect observations are made. ZÖKA application can be used with precision in time studies, especially in measuring short-term work cycles.

Keywords: Time measurement tools, Time measurement and recording tool, Time analysis program, Digital stopwatch, Time studies

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

^b YK Mühendislik Ormanlık ve Danışmanlık Hizmetleri, Denizli

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): mehmeteker@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 15.10.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 07.12.2021



Citation (Atıf): Eker, M., Kurt, Y., 2021. Zaman etütleri için geliştirilen ölçüm ve kayıt araçlarının veri hassasiyeti yönünden birbirleriyle ve kronometreyle karşılaştırılması. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 375-385. DOI: [10.18182/tjf.1010148](https://doi.org/10.18182/tjf.1010148)

1. Giriş

İşlerin planlanması, yönlendirilmesi, kontrolü ve ücretlendirilebilmesi amacıyla iş etütleri yapılmaktadır (Berkel, 1976; Yıldırım, 1989; MPM, 1997; Üçüncü ve Acar, 2020). İş etüdünün iki önemli bileşeninden biri, metot etüdü ve diğeri de zaman etüdüdür (REFA, 1988; MPM, 1991; Doğan, 1998; Kanawaty, 2004). Zaman etüdü; işyerinde, iş ölçümü ile birlikte çalışma zamanının ölçümü, kaydı ve analizidir. Zaman ölçümleri; işlerin gerçekleştirilmesi için gerekli olan standart çalışma zamanlarının tespit edilmesi açısından kilit rol üstlenir. Teknoloji değişimlerinde, işçilik ücretlerindeki dalgalanmalarda, mekanizasyon seviyesinin değişiminde, yeni iş basamaklarının eklenmesi veya çıkarılması ya da mevzuat değişikliklerinin olması durumunda zaman etütleri yapılmaktadır (Eker ve Kurt, 2019). İş akışı, iş çevrimleri, ölçme noktaları, ölçülecek zaman türleri, dağılım ve paylar vb. konular itibarıyla bakıldığında zaman ölçümleri emek, süre ve hassasiyet gerektirmektedir. Ormancılık bilim ve uygulamalarındaki hassas ormancılık yaklaşımı (Eker ve Özer, 2015; Gülci vd., 2015) bu tip verilerdeki hassasiyetin önemini daha da belirgin hale getirmiştir.

Ormancılık işlerinde zaman etütlerinde değişik koşullar ve amaçlar için kaydedici voltmetre ve wattmetre, kimograf (kymograph), kronosayklografi (chronocyclegraph), elektronik sayıcı, Wink sayıcısı, elektrikli saat, Marsto-Chron makinesi, ayırıcı göstergeli kronometre ve analog kronometre gibi çeşitli niteliklerde araçlar kullanılmıştır (Aykut, 1972). 1990'lı yıllardan önce çoğunlukla farklı tipteki kronometrelerden yararlanılarak (Barnes, 1963; Björheden, 1991) ölçülen iş dilimlerine ait zaman değerleri, daha önceden hazırlanmış etüt formlarına kaydedilerek kronometraj yöntemi izlenmiştir (ILO, 1981). Klasik kronometreler, olağan zaman etütleri için yeterli olmakla beraber; teknolojinin ve çalışma koşullarının değişmesi ile çalışanın tempo ve performansının değerlendirilmesinde çeşitli tipte zaman ölçerlerin geliştirilmesine ve kullanılmasına önemli bir destek sağlamıştır (Aykut, 1972). Taşınabilir bilgisayar, kişisel bilgisayar ve cep telefonu gibi bilgisayar özellikli taşınabilir cihazların kullanımının yaygınlaşması, dijital veri girişini olanaklı kıldığından etüt karneleri yerine dijital ekranlar üzerinden ölçüm verilerinin girişi mümkün duruma gelmiştir (Leech vd., 1989; Kariniemi, 2006; Nuutinen vd., 2008; Laforest ve Pulkki, 2011). Özellikle ormancılık işlerinin zaman etütlerinde saha bilgisayarları, el (mikro)bilgisayarları ve veri kaydedicilerinin (data logger) efektif olarak kullanıldığına rastlanmıştır (Harstela, 1988; Spinelli ve Visser, 2008; Palander vd., 2013; Szweczyk vd., 2014). Öte yandan özellikle makine hareketlerine ve seslerine bağlı olarak iş adımlarını ayırt edip ona göre kayıt yapabilen otonom algılayıcılarla (sensörlerle) çalışan otomatik veri toplayıcıların kullanılmaya başlanmasıyla zaman ölçümlerinde farklı bir aşamaya gelinmiştir (Peltola 2003; Kellog vd., 2004; Nakagawa vd., 2007; Ovaskainen, 2009).

Son 20 yılda, iş etüdü araştırmalarında zaman etüdü yazılımı ile donatılmış tümleşik bilgisayar sistemleri, mikrobilgisayarlar ve dijital video görüntülerine bağlı etüt yöntemleri de yaygınlaşmıştır (Nurminen vd., 2006; Sowa ve Szweczyk 2013; Szweczyk vd., 2014; Eliasson vd., 2015). Mikrobilgisayar tarafından oluşturulan ölçümler, kronometreler kullanılarak alınan karşılaştırılabilir ölçümlerden çok daha doğru sonuçlar sunabilmiştir. Ancak

gözlemlenen faaliyetlere insan tepkisindeki belirli bir gecikme ve belirli faaliyetler arasındaki ölçme noktalarını ayırt etmedeki zorluk nedeniyle veri doğruluğunun hala sınırlı olduğu da bilinmektedir (Szweczyk and Sowa, 2017).

Makineli ormancılık operasyonlarının zaman etütlerinde, makinelere montajlanmış bilgisayar sistemleri tarafından da çalışma sürelerini ölçmek mümkündür (Purfürst ve Erler 2011). Otomatik araçlarla zaman etütlerinin hassasiyetine rağmen (McDonald ve Fulton, 2005) tüm avantaj ve dezavantajlarıyla birlikte hala manuel yöntemlerle zaman ölçümleri devam ettirilmektedir (Peltola, 2003; Spinelli vd., 2013). Halihazırda, özellikle manuel ve yarı mekanize (motor-manuel) işlerin zaman etütleri için doğrudan veya dolaylı gözleme dayalı zaman ölçümü metodolojileri ve araçları tercih edilmektedir. Bununla birlikte manuel ya da motor-manuel işlerdeki zaman ölçümlerinde kronometraj yönteminin olumsuz yönlerinden (Üçüncü, 2005) kaçınılması ve de zaman ölçümünün daha hassas şekilde yapılabilmesi için elektronik esaslı sistemlere ihtiyaç duyulur (Eker ve Kurt, 2019). Zaman ölçümünün hızlandırılması, veri hassasiyetinin (kesinlik, tamlık ve doğruluk) artırılması, veri aktarımının analize hazır olacak şekilde anlık ya da hızlı-kolay biçimde aktarılması veya iletilmesi bu gereksinimi ortaya çıkarmıştır. Bu gereksinim, ormancılık işlerinin zaman etütleri için kronometre ile ölçülüp elle kaydedilen zaman ölçüm (kronometraj) teknolojisine koşut, bilgisayarlarda ve cep telefonlarında çalışan iki farklı zaman ölçme ve kaydetme aracının geliştirilmesini tetiklemiştir. Bunlardan biri, windows işletim tabanlı sistemlerde çalışan zaman kayıt, ölçme ve analiz yazılımı olan "Time Analysis (TA)" programıdır (Yılmaz, 2015). Diğeri de taşınabilir bilgisayarlar veya bilgisayar nitelikli cep telefonlarına özgün, android tabanlı bir "Zaman Ölçme ve Kaydetme (ZÖKA)" uygulamasıdır (Kurt, 2019).

Bu çalışmanın amacı; günümüz teknolojiyle geliştirilen TA programı ve ZÖKA uygulaması ile klasik kronometraj (dijital kronometre ve etüt formları kullanılarak uygulanan) yöntemini; veri hassasiyeti, kullanım nitelikleri ve uygulanabilirlikleri bakımından karşılaştırmaktır. Bu çalışmanın varsayımı; ormancılık işlerindeki zaman etütlerinde, TA programı ve ZÖKA uygulamasıyla kolay, başarılı ve kronometraj yöntemi kadar hassas veri elde edilebileceğidir. Bu çalışmada; dijital kronometre, TA programı ve ZÖKA uygulamasının performanslarının, kızılçam tomruğu kabuklarının motorlu testereye montajlı kabuk soyma aleti ile soyulması iş aşamasının etüt edilmesiyle elde edilen kontrol (referans) verisine bağlı olarak sınılanması, ormancılıktaki çeşitli işler için işlevsel ve hassas bir zaman ölçme ve kayıt aracının belirlenmesi ve bunun uygulanabilirliğinin tartışılması hedeflenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmanın objesini; özellikle ormancılık faaliyetlerine yönelik zaman etütlerinde kullanılan ve kullanılabilir zaman ölçme ve kayıt araçları (yazılım ve donanım) oluşturmuştur. Çalışmada; zaman ölçme ve kaydetmeye ve zaman analizine yarayabilecek dört farklı araçtan faydalanılmıştır. Bunlar; dijital kronometre, dizüstü bilgisayar üzerinde çalışan TA programı, cep telefonu üzerinde çalışan ZÖKA uygulaması ve tam zamanlı

görüntü-ses kaydetme özelliğine sahip bir video kaydedici ile kaydedilen görüntülerin izlenip analiz edileceği video oynatıcı programdır. Bununla birlikte, zaman etütlerinde kullanılan; zaman etüt formu, etüt tablası ile iş ölçümü için kullanılan çap ölçer ve şerit metre çalışmada kullanılan diğer araç-gereçlerdir. Bu araç-gereçler; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (ISUBÜ) Orman Fakültesi, Transport ve Geomatik Laboratuvarından tedarik edilmiştir.

Dijital Kronometre

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde; doğrudan ya da dolaylı zaman ölçümleri için kullanılmakta olan ve desimal sistemde ölçüm yapabilen 1/1000 sn duyarlılıktaki, çift koşumlu ekrana sahip Kasper Richter Vario II marka ve modeldeki dijital kronometreden yararlanılmıştır (Şekil 1).

TA programı

TA programı, C Sharp yazılım platformunda üretilmiş ve daha çok masaüstü ve dizüstü bilgisayarların işletim sistemlerinde çalıştırılabilecek nitelikte bir zaman kaydetme, analiz ve sunma aracıdır. TA programı, Windows tabanlı bilgisayarlar ile ikisi bir arada (2 in 1) olarak adlandırılan Windows tabanlı tabletlerde kullanılabilir. Bu program, Yılmaz (2015) tarafından, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman İnşaatı Geodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı'nda Lisans Tezi kapsamında geliştirilmiştir (Şekil 2).

ZÖKA uygulaması

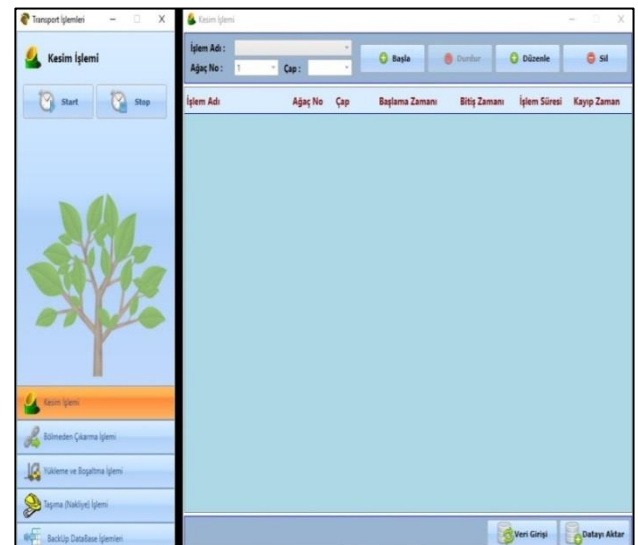
ZÖKA, zaman ölçümü ve kaydedilmesi amacıyla açık kaynak kodlu ve özgür bir tümleşik yazılım geliştirme platformu/ortamı olan Eclipse program alt yapısı üzerinde geliştirilmiş android tabanlı bir uygulamadır. Uygulama, aktüel olarak kullanılan akıllı mobil telefonlarda çalışabilmesi için Android 2.2 froyo sürümü üzerinden konfigüre edilmiştir. Uygulamanın geliştirilmesi, android emülatörü olarak Genymotion işlemleri üzerinden sağlanmıştır. ZÖKA uygulamasının ana ekranı ve bu ekranda yer alan sekmelerin oluşturulması için açık kaynak kodlarından, kronometre yazılım mimarilerinden ve hata denetim mekanizmalarına yönelik yazılımlardan yararlanılmıştır. Donanım ve yazılım itibarıyla ortalama niteliklere sahip akıllı telefonlarda kullanılabilir bu uygulamanın açılış ekranında 2 adet sayaç, 6 adet sabit buton ve 13 adet özelleştirilebilir işlem butonu bulunmaktadır (Şekil 3). Uygulamanın görünür ekran yapısında; toplam zamanı ve birim zamanı ölçen iki ayrı zaman sayacı, başlatma-duraklatma-devam ettirme-durdurma/sıfırlama butonları, özelleştirilebilir butonlar, ayarlar ve kaydetme butonları yer almaktadır. ZÖKA uygulaması, mobil telefona yüklenmiş vaziyetteyken tek elle kullanıma uygun niteliktedir. Mouse, mouse pad, etüt formu, etüt tablası gibi ek araçların kullanılmasını gerektirmemektedir. Bu uygulama, Kurt (2019) tarafından ISUBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tamamlanan Yüksek Lisans tezi kapsamında geliştirilmiştir.

Video kaydedici ve oynatıcı

Arazide, tomruk kabuklarının soyma operasyonlarına ait zaman ölçümlerinin kontrol verisi olarak kullanılabilmesi amacıyla; soyma iş adımının ve iş dilimlerinin kaydedilmesinde, tam zamanlı görüntü ve ses kaydetme özelliğine sahip, hafıza ve batarya kapasitesi ek donanımlarla arttırılmış Sony DCR-SX34E marka video kamera kullanılmıştır. Kaydedilen görüntüler üzerinde zaman analizi yapıp gerçek ve temel süreleri belirleyebilmek için; çalışmada kullanılan bilgisayar donanım ve yazılım özelliklerine uygun olağan video oynatıcı programlardan ve ölçülen zaman değerlerini kaydetmek için de Eker (2015) tarafından geliştirilen etüt kayıt formlarından yararlanılmıştır.



Şekil 1. Dijital Kronometre



Şekil 2. Time analysis programının ana ekran görüntüsü



Şekil 3. ZOKA uygulamasının ana ekranı

Çalışma alanı ve kabuk soyma işleri

TA, ZÖKA, dijital kronometre ve video sayacı ile elde edilen verilerin hassasiyetinin kıyaslanabilmesi için kısa süreli iş dilimleri içermesi açısından tomruk kabuklarının soyulması operasyonları, çalışmadaki iş objesini oluşturmuştur. Bu bakımdan, Denizli Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Sarayköy Orman İşletme Şefliği, 2018-2019 yıllarını kapsayan silvikültür programı kapsamında bakım çalışmalarının yapıldığı saf Kızılcıcam (*Pinus brutia* Ten.) meşceresinde, farklı çaplardaki rastgele seçilmiş 35 adet tomruk üzerinde, motorlu testereye monteli kabuk soyma aleti ile yapılan kabuk soyma işleri zaman etütlerine konu edilmiştir.

Çalışmada; ağaç kesme ve boylama operatörü (AKBO) eğitimi almış tecrübeli bir işçinin yaptığı işler etüt edilmiştir. Böylelikle aynı işçi gözlemlenerek performans ve tempo farklılıklarına bağlı olarak iş dilimlerine ait çalışma sürelerinin farklılığından kaçınılmaya çalışılmıştır. Tomruklarda, motorlu testereye monteli kabuk soyma aleti ile kabuk soyma iş akışı; kabuk soymaya hazırlık, soyma ve çevirme şeklinde 3 iş dilimi ile gerçekleştirilen bir eylem dizininin oluşmaktadır (Çizelge 1, Şekil 4).

Çizelge 1. Kabuk soyma iş dilimleri ve ölçme noktaları (Eker ve Şefik, 2019)

İş akışı	İş dilimi	Ölçme noktası	
		Başlangıç anı	Bitiş anı
Kabuk soyma	Hazırlık (tomruğa yürüme/yönelme)	Kabuk soyma işlemi için yapılacak hazırlıkların başlaması	Kabuk soyma aracının/aletinin ele alınıp tomruğa yönelme ve/veya aracın kabuk soymak için çalıştırılması
	Soyma	Çalıştırılmış kabuk soyucu aletin ele alınıp tomruğa temas ettirilmesi	Tomruğun yüzeyinin tamamen soyulup aletin tomruktan uzaklaştırılması
	Çevirme	Çevirmeyi sağlayacak şekilde alet ya da elle tomruğa temas edilmesi	Tomruğun kendi ekseninde döndürülüp sabitlenmesi



Şekil 4. Kabuk soyma aleti ile soyma (solda) ve balta ile çevirme (sağda) işleri

2.2. Yöntem

Zaman ölçümlerinde kullanılabilir oldukları daha önceki çalışmalarda (Eker ve Kurt, 2019) ayrı ayrı tespit edilmiş olan TA programı, ZÖKA uygulaması ve dijital kronometrenin birbirleriyle karşılaştırabilmesi için diğer koşulların mümkün olduğunca sabitlendiği gözlenebilir/izlenebilir bir iş ortamına ve gerçek çalışma zamanlarından olan sapmaları belirleyebilmek için kontrol verisine gerek duyulmuştur. Bunun için sahada video kayıt yöntemiyle kabuk soyma işlerine ait çalışma süreleri, iş çevriminin bütününe kapsayacak şekilde tam zamanlı olarak kaydedilmiştir. Büroda bu kayıtlar açılarak (hassasiyeti başkaca saat ve kronometre ile kontrol edilen) bilgisayar saati ve video oynatıcı programın sayacı kullanılarak etüt formlarına her bir tomruğa ait iş dilimi sürelerinin başlangıç ve bitiş zamanları kaydedilerek analize hazır hale getirilmiştir. Video oynatıcı program üzerinde başlatmak, duraklatmak, geri almak, devam etmek veya durdurup yeniden başlatmak şeklinde izleme olanağı elde edildiğinden videonun zaman sayacına göre ölçülen süreler ve bilgisayar saati, sabit kabul edilerek buradan elde edilen zaman verileri, kontrol verisi yani referans değeri olarak nitelendirilmiştir. Bundan sonra da kabuk soyma işlerine ait video kayıtları her defasında baştan izlenerek adeta arazide çalışma yapıyormuşçasına, üç farklı araçla aynı araştırmacı tarafından ayrı ayrı zaman ölçümleri yapılmıştır.

Zaman etütünde hangi sürelerinin ölçüleceği önemli olduğundan, bu çalışmada yalnızca iş dilimlerinin ana ve yan faaliyet zamanlarından oluşan temel faaliyet zamanının (Magagnotti ve Spinelli, 2012) ölçümüne yönelik bir gözlem gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, kontrol verisinin elde edilmesinde kümülatif zaman ölçme tekniğinden (REFA,1988; MPM, 1997; Yıldırım, 1989) yararlanılmıştır. Kronometre ile zaman ölçümünde, video oynatıcı program üzerinden izleme gerçekleştirilerek okunan değer, etüt formuna elle işlendiğinden burada da kümülatif zaman ölçme tekniği kullanılmıştır. ZÖKA uygulamasının kullanılmasında hem kümülatif hem de tekrarlı zaman ölçme tekniğine uyan bir ölçme sistemi kullanılabilmiştir. TA programı ise kendi butonlarına göre çalışma esasına sahip olduğundan genellikle tekrarlı zaman ölçme tekniğine uygun bir sistemle çalıştırılmıştır. Ölçme noktalarını görsel veya işitsel sinyalle algılamak mümkün olduğundan bu çalışmada, TA programı için göz-el ve göz-göz yönteminden, kronometre ile yapılan ölçmede de göz-göz yönteminden ve ZÖKA uygulamasında ise göz-el ve

kulak-göz koordinasyon yöntemlerinden (Doğan, 2015; Eker ve Kurt, 2019) yararlanılarak veri kaydedilmiştir.

Kontrol verisi de dahil 4 farklı teknikte toplanan veri; Microsoft Excel programına aktarılmış ve tanımlayıcı istatistikler yapıldıktan sonra ayrı ayrı olmak üzere önce kontrol verisiyle sonra da birbirleriyle karşılaştırılmış ve aralarında veri hassasiyeti yönünden anlamlı bir farklılık olup olmadığı istatistiki olarak denetlenmiştir. 35 adet tomruk için alınan görüntü ve ses kaydı üzerinden yapılan zaman analizi sonuçlarının kıyaslaması; tomruk başına harcanan iş dilimi süreleri ile toplam sürenin ölçüm performansı esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu verilerin karşılaştırılması amacıyla SPSS 22.0 programı yardımıyla ikili örneklem t-testi kullanılmıştır. İlaveten, zaman ölçme araçlarının genel özellikleri ile olumlu (avantaj; güçlü yönleri) ve olumsuz (dezavantaj; zayıf yönleri) yönleri dikkate alınarak genel bir değerlendirme de yapılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Video oynatıcı program sayacıyla zaman analizi

35 adet tomruğa ait kabuk soyma işinin video oynatıcı programın zaman sayacıyla ölçülmesi sonucunda elde edilen ve iş dilimlerine ait gerçek süreleri (kontrol verisini) ifade eden bulgular Çizelge 2’de verilmiştir.

Video görüntüleri üzerinden tekrarlı izleme yöntemiyle yapılan zaman etütünde, işyeri çalışma şartları ve gözlenen operatör performansı sabitlenmiş ve zaman etütüsünden kaynaklı zaman ölçme hataları da tekrarlı çalışmalarla en aza indirilmeye çalışılmıştır. Etütçü; ölçme araçlarını kullanırken tepki süresine, iş dilimlerinin ölçme noktasını kavramaya ve kasıtlı davranışlarından kaçınmaya azami dikkat sarf etmiştir. Elde edilen bulgularda, Çizelge 2’de görüldüğü gibi tomruk başına ortalama toplam soyma süresinin 460.24 sn olduğu ve en kısa süreli iş diliminin, hazırlık aşamasına ait olduğu belirlenmiştir. Bu en kısa süreli iş dilimi için ölçülen en küçük değer, zaman ölçme araçlarının karşılaştırılmasında, bir gösterge olarak kullanılabilmesine karar verilmiştir.

3.2. ZÖKA uygulamasıyla zaman analizi

ZÖKA uygulaması kullanılarak video görüntüleri üzerinden 35 adet tomruğun kabuğunun soyulmasına ilişkin yapılan zaman analizi ile Çizelge 3’teki bulgular elde edilmiştir.

Çizelge 2. Video görüntülerinden ölçülen kabuk soyma sürelerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı nitelikler	Tomruk boyutları			İş akış dilimlerinin zaman değerleri (sn)		
	Orta çap (cm)	Boy (m)	Hazırlık	Soyma	Çevirme	Toplam
En küçük	20.00	2.00	3.53	38.43	18.42	63.07
En büyük	50.00	3.00	119.52	533.62	260.60	862.73
Ortalama	31.17	2.76	33.59	289.96	136.68	460.24
Standart sapma	8.00	0.32	25.98	128.87	69.54	198.91

Çizelge 3. ZÖKA uygulaması ile ölçülen kabuk soyma sürelerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı nitelikler	Tomruk boyutları			İş akış dilimlerinin zaman değerleri (sn)		
	Orta Çap (cm)	Boy (m)	Hazırlık	Soyma	Çevirme	Toplam
En küçük	20.00	2.00	3.67	38.70	20.18	63.48
En büyük	50.00	3.00	121.87	574.88	287.85	917.98
Ortalama	31.17	2.76	35.25	311.52	148.37	495.15
Standart sapma	8.00	0.32	30.48	138.76	74.74	213.29

Çizelge 3' te görüldüğü gibi, ZÖKA uygulaması ile ölçülüp kaydedilebilen kabuk soyma iş akış dilimleri birlikte değerlendirildiğinde; tomruk başına ortalama toplam soyma süresinin 495.15 sn ve en kısa süreli en küçük iş dilimi süresinin de 3.67 sn olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, ZÖKA uygulamasının kısa süreli iş dilimi zamanlarının etüdünde başarılı şekilde kullanılabileceğini işaret etmektedir.

3.3. TA programıyla zaman analizi

Aynı video kayıtları üzerinden, TA programı ile 35 adet tomruk kabuğunun soyulmasına ilişkin yapılan zaman ölçümünden elde edilen bulgular Çizelge 4' te özetlenmiştir.

TA programıyla yapılan zaman analizlerinde kabuk soyma sürecinde gözlemlenip kayda aktarılan en kısa süreli hazırlık iş dilimi için tomruk başına en küçük soyma zamanının 3.77 sn bulunması, bu programla da kısa süreli iş dilimlerine ilişkin zaman ölçümlerinin yapılabileceğini göstermiştir.

3.4. Dijital kronometreyle zaman analizi

Video görüntüleri üzerinden dijital kronometre ile yapılan zaman ölçümünden elde edilen bulgular Çizelge 5' te özetlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan çift koşumlu dijital kronometre sayesinde dolaylı gözlem yönteminin sunduğu avantajdan yararlanılarak en kısa süreli iş dilimi için 3.82 sn ölçeğinde zaman okumalarının yapılabildiği belirlenmiştir.

3.5. Zaman ölçme araçlarının veri hassasiyeti yönünden karşılaştırılması

Kabuk soyma sürecindeki her bir iş dilimi için ölçme araçlarıyla elde edilen temel süre, hem kontrol verisi ile hem de birbirleriyle karşılaştırılmış ve özellikle kontrol verisinden olan sapmalar (+; pozitif yönlü farklar) gerçek değer ve % değer üzerinden belirlenmiştir (Çizelge 6 – 9).

Çizelge 4. TA programı ile ölçülen kabuk soyma sürelerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı nitelikler	Tomruk boyutları			İş akış dilimlerinin zaman değerleri (sn)		
	Orta çap (cm)	Boy (m)	Hazırlık	Soyma	Çevirme	Toplam
En küçük	20.00	2.00	3.77	38.67	20.62	64.07
En büyük	50.00	3.00	123.53	580.80	291.80	926.75
Ortalama	31.17	2.76	35.68	314.83	149.94	500.45
Standart sapma	8.00	0.32	30.80	139.80	75.01	214.75

Çizelge 5. Kronometre ile ölçülen kabuk soyma sürelerine ait tanımlayıcı istatistikler

Tanımlayıcı nitelikler	Tomruk boyutları			İş akış dilimlerinin zaman değerleri (sn)		
	Orta çap (cm)	Boy (m)	Hazırlık	Soyma	Çevirme	Toplam
En Küçük	20.00	2.00	3.82	38.73	21.03	63.77
En Büyük	50.00	3.00	124.03	582.42	295.28	930.48
Ortalama	31.17	2.76	35.96	316.76	151.11	503.83
Standart sapma	8.00	0.32	30.95	140.83	75.73	216.35

Çizelge 6. Hazırlık zamanlarının kontrol verisinden olan (+) farkları

Özellikler	Kontrol verisi		Kronometre		ZÖKA		TA	
	sn	%	sn	%	sn	%	sn	%
En küçük	3.53	100	0.20	5.66	0.13	3.77	0.20	5.66
En büyük	119.52	100	8.00	6.69	5.93	4.96	7.28	6.09
Ortalama	33.60	100	2.36	7.04	1.65	4.92	2.08	6.19

Çizelge 7. Soyma zamanlarının kontrol verisinden olan (+) farkları

Özellikler	Kontrol verisi		Kronometre		ZÖKA		TA	
	sn	%	sn	%	sn	%	sn	%
En küçük	38.43	100	0.30	0.78	0.27	0.69	0.23	0.61
En büyük	533.62	100	55.05	10.32	45.57	8.54	49.68	9.31
Ortalama	289.96	100	26.80	9.24	21.56	7.44	24.87	8.58

Çizelge 8. Çevirme zamanlarının kontrol verisinden olan (+) farkları

Özellikler	Kontrol verisi		Kronometre		ZÖKA		TA	
	sn	%	sn	%	sn	%	sn	%
En küçük	18.42	100	0.12	0.63	0.02	0.09	0.53	2.90
En büyük	260.60	100	34.68	13.31	27.25	10.46	31.20	11.97
Ortalama	136.68	100	14.43	10.56	11.70	8.56	13.26	9.70

Çizelge 9. Toplam zamanlarının kontrol verisinden olan (+) farkları

Özellikler	Kontrol verisi		Kronometre		ZÖKA		TA	
	sn	%	sn	%	sn	%	sn	%
En küçük	63.07	100	0.70	1.11	0.42	0.66	1.00	1.59
En büyük	862.73	100	85.90	9.96	72.70	8.43	78.82	9.14
Ortalama	460.24	100	43.59	9.47	34.91	7.59	40.21	8.74

Çizelge 6-9' da görüldüğü gibi üç farklı zaman ölçme aracıyla yapılan ölçüm sonuçlarının, tüm iş dilimleri ölçeğinde, kontrol verisinden daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Kabuk soyma toplam iş zamanı ölçeğinde, kontrol verisi ile zaman ölçme araçlarına ait bulgular arasındaki göreceli farklılığın, ikili örneklem t-testine göre de istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 10).

Kontrol verisinin, video oynatıcıda çok kez izlenen görüntüler üzerinden elde edildiği dikkate alındığında; referans kabul edilen bu verinin, zaman ölçme araçlarınınkinden daha düşük (gerçek süreye daha yakın) değerlerde olması beklenen bir durumdur. Arazide, kabuk soyma işine ait fiili çalışma sürelerinin video kayıtları, tam zamanlı ve kesintisiz şekilde yapıldığından video oynatıcı programın ve bilgisayarın zaman sayacının yardımıyla ölçülen iş dilimi sürelerinin en doğru veya doğruya en yakın süreler olduğunu söylemek mümkündür. Gerek videodan görüntü analizinde gerekse üç araçla yapılan zaman analizlerinde, 1 salise (1/60 sn) hassasiyetinde ölçümler yapılabilmektedir. Nurminen vd. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada da, video görüntülerinin analizinde, video sayacıyla 1/24 sn hassasiyetinde veri elde edilebildiği belirlenmiştir. Veri hassasiyeti konusunda karşılaştırılabilir bir ölçek olması bakımından ormancılıktaki üretim makinelerine monte edilen otomatik kaydedicilerle saniyenin binde biri ölçeğinde zaman ölçümü yapılabildiği belirtilmiştir (Ovaskainen vd., 2004; Nuutinen vd., 2008). Kabuk soyma iş akışında, en kısa süreli temel çalışma zamanlarının hazırlık iş diliminde olduğu görülmüştür. Hazırlık zamanı esas alındığında, ölçülebilen en küçük süreden (3.53 sn) olan pozitif yönlü sapmalar her üç zaman aracında da 1 sn' nin altındadır. Szewczyk ve Sowa (2017), video görüntülerinin analizleri sırasında çalışma süresi veritabanları oluşturulurken genel olarak 1 sn doğrulukla gerçekleştirilen zaman ölçümlerinin uygun standartlara karşılık geldiğini bildirmiştir. Pukkila (1959) ise odun üretiminde zaman etütleri için 2 sn' lik doğruluk seviyesi ile çalışılabileceğine işaret etmiştir. Bu çalışmada erişilen 1 sn' nin altındaki doğruluk seviyesi, veri hassasiyeti yönünden karşılaştırılabilir bir düzlem oluşturulduğunu göstermektedir. Buna göre de, yeni sayılabilecek ZÖKA uygulaması ve TA programının da kronometre gibi, zaman etütlerinde kabullenilebilir doğrulukta ölçüm yapabilen araçlar olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6'da da görüldüğü gibi, kontrol verisinden olan en düşük sapmanın (0.13 sn; % 3.77), ZÖKA uygulaması ile kaydedildiği belirlenmiştir. Kronometre ve TA programının da bu ölçekte, aynı yönlü ve aynı sapma değerine (0.20 sn; %5.66) sahip olduğu görülmüştür. Kısa süreli iş dilimlerinin gözlenmesinde; göz-el veya göz-göz koordinasyonu ile iş diliminin başlama ve bitiş noktalarının ayırt edilerek ZÖKA uygulamasının ya da TA programının butonlarına basılması veya kronometrenin komut edilmesine bağlı güçlüğü; bu sürelerin ölçümündeki sapmaları arttırdığı düşünülmektedir. Örneğin kronometre ile zaman ölçümünde göz-el, kulak-el koordinasyonu aşırı derecede önemli olduğundan (Doğan, 2015) bu çalışmada kronometre ile küçük zaman dilimlerini yakalamak oldukça güçleşmiştir. Ölçme noktalarını görerek ölçüm yapmak gerektiğinden kronometrenin ekranını okumak, tuşlarına basmak, başlatıp durdurmak, Acar ve Eroğlu (2015) tarafından da ortaya konulduğu gibi bu çalışmada da, zaman kayıplarının kaynağı olabilir.

Çizelge 10. Kontrol verisi ile zaman ölçme araçlarının, toplam iş akışı sürelerine göre, ikili örneklem t-testi ile analizi

Toplam süre	Ortalama	Standart sapma	t	df	p
Kontrol-kronometre	-43.592	20.83781	-12.376	34	.000
Kontrol-ZÖKA	-34.909	17.74311	-11.640	34	.000
Kontrol-TA	-40.210	19.31255	-12.318	34	.000

En uzun iş dilimi süresinin gözlemlendiği soyma iş akışı süresinde ölçülen en büyük değer (533.62 sn) den olan sapmanın 45.57 sn (%8.54; ZÖKA uygulaması) ile 55.05 sn (%10.32; kronometre) arasında olduğu belirlenmiştir. Yaklaşık 9 dakikalık bir iş dilimi süresinin ölçülmesinde her üç araçla da 1 dakikanın altında bir sapma değeriyle karşılaşılmıştır. Ancak üç araç, kontrol verisiyle göreceli olarak kıyaslandığında ZÖKA uygulamasının kontrol verisine en yakın; kronometrenin ise en uzak değerinde sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Buna göre, tomruk başına toplam ortalama çalışma süreleri ölçeğinde üç aracın kontrol verisinden olan farklılıklarına bakıldığında; %11' den daha yüksek süre farklılıklarına rastlanmadığı görülmektedir. Literatürde, manuel zaman etüdü araçları ile referans kabul edilen otomatik veri kaydediciler karşılaştırıldığında ortalama zaman ölçüm değerlerinde % 8 ile % 38 arasında sapmanın olabileceği belirtilmiştir (Nordén ve Granlund, 2003; Nuutinen vd., 2008). Bu çalışmadaki zaman ölçme araçlarının, kontrol verisinden olan sapma miktarlarının kabul edilebilir seviyede olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, ZÖKA uygulamasının hem kısa süreli iş dilimlerinde hem de uzun süreli iş dilimlerinde daha hassas veri ölçümü ve kaydı yaptığı belirlenmiştir. Tomruk başına kabuk soyma iş dilimi sürelerinin zaman olması durumunda (soyma temel zamanı gibi), zaman ölçme araçlarının performansları arasındaki farklılığın oldukça azaldığı da tespit edilmiştir.

Bu çalışmada sınıanan üç araçla ölçülebilen tomruk başına en küçük iş dilimi süresi, 3.67 sn olarak kaydedilmiştir. Ormancılıkta, Acar vd. (1997) tarafından odun hammaddesinin sürütülmesi için kronometreyle yapılan zaman etüdünde en küçük zaman değeri, 3 sn olarak ölçülmüştür. Pukkila' nın (1959) yaptığı bir çalışmada analog kronometre ile ölçülebilen en kısa iş dilimi süresi 2 saniye olarak belirlenmiştir. Ölçülen iş dilimi süresi ile hiç ölçülmemiş iş dilimi arasında bir ilişki bulunmakta olup etütçünün 2 saatten uzun süreli manuel zaman ölçümlerinde hata yapma olasılığı artmaktadır (Pehkonen, 1978; Spinelli vd., 2013). Güvenilir ve hassas bir zaman etüdü yapılabilmesi için manuel yöntemlerle gerçekleştirilen zaman ölçümlerinde, seçilen araç ve teknik, ortaya çıkabilecek olası hatalar üzerinde oldukça etkilidir (Harstela, 1991). Sowa (2009), odun üretiminde motorlu testere ile kesim işlerinde 6 sn' den kısa süreli iş dilimlerinin klasik yöntemlerle ölçülemeyeceğini belirtmiştir. Nuutinen vd. (2008), zaman ölçümlerinde hata kaynaklarının etkilerini belirlemek için yaptığı çalışmada, 4 sn' den kısa süreli iş dilimlerinin ölçülmesinde manuel zaman ölçme tekniklerinin başarısız olduklarını ortaya koymuş ve hassas veri toplamaya yarayacak bir veri kaydedicinin varlığına ihtiyaç olduğunu işaret etmiştir. Aykut (1972), desimal dakika taksimatlı kronometre, Wink sayıcısı ve Marsto – Chron adlı 3 aracı karşılaştırdığı çalışmasında; Marsto - Chron'un 3 sn' den daha kısa süreli

iş dilimi sürelerinin ölçülmesinde; kronometrenin 3 sn' nin üzerindeki iş dilimi sürelerinin ölçülmesinde, Wink sayıcısı adlı aracın ise 1.8 sn' den daha uzun süreli iş dilimlerinin ölçülmesinde kullanılabileceğini belirlemiştir. Bununla birlikte, kısa süreli iş dilimi zamanlarını ölçebilen araçların hassasiyetinin de yüksek olabileceği ve daha az tekrarlı ölçmelerin istenilen sonuca erişmede yeterli olabileceği ortaya konulmuştur. Bu nedenle, etütçüyü yormayacak ve kısa iş dilimi sürelerini ölçebilecek pratik bir zaman ölçme-kaydetme aracının gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Kontrol verisindeki en kısa süreli iş dilimine en yakın sonucu veren araç ZÖKA uygulaması olduğundan bu uygulamanın kısa süreli iş dilimlerinde daha hassas veri ölçme ve kaydı yaptığını söylemek mümkündür. Bununla birlikte hem kısa süreli hem de uzun süreli iş dilimi zamanlarının ölçülmesinde TA programının dijital kronometreye göre daha hassas ölçme yaptığı söylenebilir.

Üç zaman ölçme aracıyla elde edilen zaman verileri arasındaki farklılıkların anlamlı olup olmadığını istatistiksel olarak ortaya koymak için eşleştirilmiş ikili örneklem t-testi uygulanmış ve elde edilen bulgular Çizelge 11' de özetlenmiştir.

Zaman ölçüm araçlarının kendi aralarındaki ikili karşılaştırmalardan anlaşıldığı kadariyle (Çizelge 11); kabuk soyma sürecinin iş dilimlerinin ölçülen toplam zaman değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak ($p < 0,01$) anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Aynı operatör ve aynı iş üzerinde aynı etütçü tarafından yapılan zaman analizlerinin sonucunda; kronometre, TA programı ve ZÖKA uygulamasının ölçtüğü süreler arasında anlamlı bir farkın olması, her üç aracın da birbirlerinden farklı bir hassasiyete sahip olduğu yargısını desteklemektedir.

Zaman etütlerinde en çok kullanılan ölçme aracının kronometre olduğu dikkate alındığında, ZÖKA uygulaması ile tomruk başına toplam ortalama kabuk soyma süresi ölçüğünde, kronometreye göre % 2 (8.68 sn) daha hassas ölçme yapılabilmektedir. En kısa süreli iş diliminde tomruk başına ölçülebilen en küçük süre ölçüğünde, ZÖKA uygulamasıyla, kronometreden yaklaşık % 4 (0.15 sn) daha hassas ölçüm gerçekleştirilebilmiştir (Çizelge 11). Toplam ortalama kabuk soyma süresi ölçüğünde TA programı da kronometreden %1 (3.38 sn) daha hassas sonuçlar vermiştir. Aynı iş dilimi için ZÖKA uygulamasıyla da, TA programından %1 (5.30 sn) daha hassas ölçüm yapılabilmektedir. Ancak en kısa süreli iş diliminin en küçük değeri ölçüğünde ZÖKA uygulamasıyla, TA programından % 2.7 (0.10 sn) daha hassas süre ölçülebilmektedir. Vaatainen vd. (2003), ağaç kesim sürecinde hasat makinesinin çalışma zamanlarının ölçülmesinde; el bilgisayarı ile otomatik veri kaydedicinin performansını karşılaştırmış ve el bilgisayarı üzerinden manuel yöntemle yapılan zaman ölçüm hatasının 0.367 - 0.599 sn arasında olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmada da, kısa süreli iş dilimlerinin tomruk başına en küçük zaman değerlerinin ölçümünde ZÖKA uygulaması ve TA programıyla, kronometreye göre sırasıyla 0.15 sn ve 3.30 sn daha düşük değerlerin ölçülebilmesi, her iki yeni aracın da veri hassasiyeti açısından kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu göstermiştir. Kronometreye beraber ZÖKA uygulaması ve TA programının da zaman etütlerinde kullanılabileceği ancak kısa süreli iş dilimlerine sahip iş akışlarının ölçülmesinde ZÖKA' nın veri hassasiyeti bakımından daha üstün özellikler sunabileceği belirlenmiştir. Buna rağmen, etütçülerin zaman

ölçümlerinde bu üç araçtan hangisini tercih edecekleri, bu araçların kullanılabilirliklerine ilişkin bir değerlendirmeyle belirlenebilir.

3.6. Zaman ölçme araçlarının kullanım özelliklerinin karşılaştırılması

Bu çalışmada gerçek çalışma zamanına en yakın değerleri veren video analizi sonuçlarının, kontrol verisi olarak kullanılması; bu yönteminin (bu çalışma kapsamındaki diğer araçlara göre) hassas bir yöntem olduğunu gösterse de, bundan sonraki iş-zaman etütlerinde video kayıt-görüntü analizinin kesinlikle tercih edilmesi gerekliliğini dikte etmez. Çünkü video analizine dayalı zaman etütlerinde hem sahada veri toplamak hem de büroda iş dilimlerine ait çalışma sürelerini ölçüp analiz etmek için harcanan süre ve emek artmaktadır (Walczyk vd., 2009; Smidt ve McDaniel 2012; Borz vd., 2015). Bu yüzden sahada pratik ve kolaylıkla kullanılabilen zaman ölçme araçlarıyla çalışılması ihtiyacı, önemini sürdürmektedir (Spinelli vd., 2013). Sahada zaman etütleri sırasında da, kısa süreli iş dilimlerinin zamanlarını ölçmek oldukça zor olduğundan, tercih edilecek ölçme aracının hassas olması yanında kullanım kolaylığı sunması gerekmektedir (Pehkonen, 1978).

Android işletim sistemine sahip akıllı cep telefonunda çalışan ZÖKA uygulamasıyla, ek araç ve gereçlere ihtiyaç duyulmadan istenilen anda zaman etüdü yapılabilmektedir. Bu uygulama istenildiğinde, android tabanlı tablet gibi diğer mobil cihazlarda da kullanılabilir. Verilerin kayıt edilmesi işlemi, sadece bir butona komut vererek MS Excel programı formatında hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirilmiş ve veri aktarımı (kablolu veya kablosuz yollarla) yapılabilmektedir. Uygulamada bulunan 12 adet zaman ölçüm butonunun isimlendirilebilir olmasından dolayı zaman etütünde kullanım kolaylığı elde edilmiştir. ZÖKA uygulaması bu çalışmada kümülatif zaman ölçme tekniği (Yıldırım, 1989) ile kullanılmasına rağmen tekrarlı zaman ölçme tekniğine de uygundur. Çünkü uygulamadaki zaman sayacı her türlü iş dilimi süresinin ölçülmesine uygun olay iş yeri süresi, çevrim süresi, sefer süresi, yan faaliyet ve ek faaliyet sürelerini de (Magagnotti ve Spinelli, 2012), ölçüp kaydedebilecek kapasitedir. ZÖKA uygulamasının en büyük avantajlarından biri, birkaç saniye ölçüğünde iş dilimlerinin gözlenmesi ve ölçülmesi için başarılı şekilde kullanılabilir olmasıdır. Zaman ölçümü sırasında göz-el (Doğan, 2015) koordinasyonuna dayalı bir ölçme taktiği uygulanmıştır. Bu nedenle etütçü koordinasyon için daha az enerji ve dikkat sarf ederek çalışma hızı kazanmıştır. Geliştirilen bu uygulamanın kullanılabilirliğinin, mobil cihazın niteliğine bağlı olduğu belirlenmiştir. Çünkü cihazın batarya durumu, hafızası, ısınmadan kaynaklı takılmaların meydana gelmesi gibi aksaklıklara bağlı olarak çeşitli çalışma hatalarının ortaya çıkabileceği gözlenmiştir.

Çizelge 11. Kabuk soyma toplam iş akışı sürelerine göre üç farklı aracın ikili örneklem t-testi ile karşılaştırılması

Toplam süre	Ortalama	Standart sapma	t	df	p
Kronometre-ZÖKA	8.682	3.88814	13.211	34	.000
TA - ZÖKA	5.300	2.64525	-11.855	34	.000
Kronometre-TA	3.381	2.44329	8.188	34	.000

Zaman ölçme ve kaydedebilme, sonrasında da analiz ve raporlama imkanlarına sahip olacak şekilde masaüstü ve dizüstü bilgisayarlarda kullanılmaya elverişli olan TA programının (Yılmaz, 2015), fonksiyonel ve profesyonel bir yapıda olduğuna kanaat getirilmiştir. Veri kaydedilmesi otomatik olarak yapıldığından veri aktarımında doğabilecek hatalar ortadan kaldırılmıştır. Zaman ölçümü sırasında veya hemen sonrasında verilerin hızlı ve kolay bir şekilde işlenmesine olanak sağlanmaktadır. Elde edilen verileri başka bir cihaza aktarmadan veriler gözlemlenebilmekte veya işlenebilmektedir. Kayıt miktarı, kullanılan bilgisayarın depolama kısmının kapasitesine göre değişmekle birlikte çok fazla veri kayıt edilebilmesine olanak sağlayan zaman ölçüm aracıdır. Ancak çalışma sırasında, etüt edilen iş dilimlerini izleme ile programı kullanma arasında yüksek derecede koordinasyonun (eş güdümün) sağlanması gerektiği tespit edilmiştir. Etütçünün ölçüm sırasında cihaza bağlı ek araçlar (fare, klavye, vb.) kullanması gerektiğinden kaba ölçüm hatalarının ortaya çıkma potansiyeli bulunabilmektedir. Etütçünün zaman ölçümü yapmadan önce program üzerinde eğitim alması, pratik yapması ve de komut sistemini öğrenmesi gerekmektedir.

Zaman ölçümlerinde şu anda kullanılmakta olan en yaygın araç olan kronometre (Koşir et al., 2015); etüt formu ve tablasıyla birlikte kullanılmıştır. Zaman ölçümlerinde etütçü sürekli çalışması ve/veya makineyi ya da yapılan işi gözlemek, ölçme noktalarını takip etmek, kronometre butonlarına komuta etmek ve aynı zamanda ekranı okuyup etüt formuna not almak zorunda kalmıştır. Çalışma kapsamında, tekrarlı zaman etütlerinin denenmesi sırasında, kronometrenin durdurulup yeniden başlatılması gerektiğinden zaman kayıpları oluşmuştur. Kronometre ile zaman ölçümünde birden fazla araç kullanılması gerektiğinden hem büro hem de arazi şartlarında etütçü olumsuz yönde etkilenmiş; okuma ve aktarma hataları ortaya çıkmıştır. Bundan dolayı, kronometre ve etüt tablasıyla çalışma, kullanıcı açısından ergonomik bulunmamıştır. Ayrıca verilerin, işlenebilmesi için sayısal ortama tek tek aktarılması gerektiğinden etüt ve analiz zamanı uzamıştır.

Teknik açıdan ana ekran ve arayüz yapısı gelişmiş olan zaman ölçüm aracının, TA programı olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak ara yüz bakımından ilk kullanıcıya karmaşık gözükmeleri ve iş akış şekilleri incelendiğinde ölçüm yapan gözlemcinin iş yükünü arttırması, zaman ölçümlerinde hataların ortaya çıkma riskini de taşımaktadır. TA programının diğer zaman ölçüm araçları ile kıyaslandığında en önemli farkı; elde edilen verilerin doğrudan depolanması, işlenmesi, aktarılması ve paylaşılmasını daha hızlı yapma imkânına sahip olmasıdır.

Arazi şartlarında kullanılabilirliği bakımından ZÖKA uygulaması öne çıkmaktadır. Tek elle kullanıma uygun, basit ve ergonomik bir yapıya sahip olan ZÖKA uygulaması iş sağlığı ve güvenliği açısından tehlikeli durumların algılanması için etütçüye fırsat sunabilir ve etütçünün tehlikeli davranışlar sergilemesini gerektirmeyebilir. Diğer zaman ölçüm araçları çift el ile kullanım gerektirmekle birlikte göz – göz, göz – el ve göz – kulak koordinasyonu gerektirdiği için arazi şartlarında kullanımında zorluklar meydana gelebilir.

Yıldırım (1989) zaman ölçümünde, veri toplama araçlarının sahip olması gereken özellikleri; 1) zaman değerlerini otomatik olarak kaydedebilmeli, 2) kayıt sistemi,

iş akış dilimi sürelerinin düzeltilmesine uygun olmalı, 3) orman işlerinin özelliği ve uzun süreli çalışma gereği akülü/bataryalı olmalı, 4) arazi şartlarında kullanımına uygun ve dayanıklı olmalı, şeklinde sıralamıştır. Bu özellikler itibarıyla ZÖKA uygulamasının bütün bu gereklilikleri karşılayabilecek nitelikte olduğunu iddia etmek mümkündür.

4. Sonuç ve öneriler

Ormancılık işlerinde çeşitli amaçlar için zaman etütlerinin yapılmasına gereksinim duyulmaktadır. Beden gücü ağırlıklı ve yarı mekanize işlerde; işyerinde temel iş sürelerinin doğrudan gözlemlerle ölçülmesi manuel zaman ölçüm teknikleri ve araçlarıyla gerçekleştirilmektedir. Toplanan zaman verisinin hassasiyetinin arttırılması, zaman ölçüm işlerinin kolaylaştırılması ve çeşitli ölçüm hatalarının bertaraf edilmesi için doğrudan ya da dolaylı zaman etütü yöntemlerinde kullanılmak üzere teorik ve teknik yönden uygulanabilirliği ispatlanmış, bilgisayar (işletim sistemi) destekli zaman ölçme ve kaydetme aracı olan TA programı ile android tabanlı ZÖKA uygulaması geliştirilmiştir. Bu çalışmada hem birbirleriyle hem de kronometre ve kontrol verisiyle hassasiyet ve kullanım özellikleri bakımından karşılaştırılması yapılan bu iki zaman ölçme aracı, ormancılık uygulamalarında yaygın ve etkili şekilde kullanılabilir niteliktedir.

Video görüntü analizleriyle elde edilen referans verilerinden olan sapmalara göre; ZÖKA uygulaması, TA programı ve dijital kronometreden daha hassas ölçüm yapabilen ve kaydedebilen bir araçtır. TA programı da veri hassasiyeti ve kaydı açısından kronometreye göre daha üstün niteliklere sahiptir. Bu araçlarla yapılan zaman ölçümlerinden elde edilen sonuçlar; hem kısa süreli hem de uzun süreli iş dilimleri ölçeğinde, gerçek çalışma sürelerine çok yakındır. Bu yönüyle, kronometreler yanında bu araçların da zaman etütlerinde kullanılması, zaman ölçme işlerinin kolaylaştırılması ve hassaslaştırılmasına fırsat sunacaktır.

Zaman etütünde, 3 sn' nin altında zaman aralıklarına sahip iş dilimlerini ölçmek ve kaydetmek gerekli ise, o zaman android tabanlı yazılımla üretilmiş ZÖKA uygulaması kullanılabilir. Etütçü gözlerini iş ve çalışandan ayırmadan ve ölçme cihazına bakmaksızın herhangi bir iş diliminin ölçme noktalarını, mobil bir telefon veya benzeri cihazın dokunmatik ekranı üzerindeki iki butona, göz-el veya kulak-el koordinasyonunda, parmakla dokunarak ölçüp kayıt edebilecektir.

Zaman ölçümünün hassas şekilde yapılması yanında elde edilen verinin kaydedilmesi, işlenmesi, analiz edilip sunulması gibi işlevleri olan veri tabanı kayıt sistemine sahip; windows veya android işletim sistemli mobil cihazlarda çalışabilen TA programı ve ZÖKA uygulaması; uygulanabilirlik, kullanılabilirlik ve erişilebilirlik açısından uygun birer zaman ölçüm aracıdır.

Bir defada etüt edilen iş miktarı, gözlem sayısı, etüt süresi, elde edilen verilerin aktarımı, paylaşımı, depolanması ve gerektiğinde verilerin işlenme hızı ve doğruluğu açısından ZÖKA uygulaması ve TA programı makul sonuçlar ortaya koyabilmiştir. Ancak bu uygulama ve programın çalıştırıldığı cihazların pil (batarya) ve bellek (hafıza) özelliklerinin veri kaydı ve depolanması işlemlerini farklılaştırabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte hem ZÖKA uygulamasının hem de TA programının

yapısal mimarisinin eksik noktalarının kontrol edilip giderilmesi ve daha gelişmiş bir ara yüze dönüştürülmesi halinde arazi şartlarında gerek duyulan zaman ölçüm araçlarına olan ihtiyacı tamamıyla giderebilir.

Açıklama

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, Prof. Dr. Mehmet EKER danışmanlığında, SDÜ Fen Bilimleri (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim) Enstitüsü'nde Yasin KURT tarafından hazırlanan Yüksek Lisans tezinden yararlanılmıştır. İlgililere teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Acar, H.H., Aykut T., Şentürk, N., 1997. Artvin yöresinde bölmeden çıkarmada kullanılan Koller K 300, Urus M III ve Gantner Tipi hava hatlarının karşılaştırılması üzerine bir araştırma. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 47(2): 29-58.
- Acar, H.H., Eroğlu, H., 2015. Ormanlık İş Bilgisi ve İş Güvenliği, KTÜ Orman Fakültesi, Yayın No: 235/41, Trabzon.
- Aykut, T., 1972. Zaman etütlerini yapılmasında kullanılan aletler ve metotlar. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 1(B): 17-32.
- Barnes, M.R., 1963. Motion and Time Study: Measurement of Work, John Wiley and Sons, INC, Fifth Edition, New York, London, Sydney.
- Berkel, A., 1976. Ormanlık İş Bilgisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 220, İstanbul.
- Björheden, R., 1991. Basic time concepts for international comparisons of time study reports. Journal of Forest Engineering, 2(2): 33-39.
- Borz, SA, Ignea, G, Popa, B, Spârchez, G, Iordache, E., 2015. Estimating time consumption and productivity of roundwood skidding in group shelterwood system—a case study in a broadleaved mixed stand located in reduced accessibility conditions. Croatian Journal of Forest Engineering, 1:137-146.
- Doğan, A., 1998. Yönetebilmenin en önemli aracı: İş etüdü. Anahtar Dergisi, 10(117):8-21.
- Doğan, A., 2015. İş Etüdü Yöntem Bilgisi. Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Verimlilik Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Eker, M., 2015. Asli Orman Ürünlerinin Üretim İşlerinde İş-Zaman Analizlerinin Yapılması ve Standart Zamanların Hesaplanması. Orman Genel Müdürlüğü Üretim İşlerinde İş-Zaman Analizleri Projesi (Yayınlanmamış), Isparta.
- Eker, M., Özer, D., 2015. Üretim işlerinde hassas ormanlık yaklaşımı. Türkiye Ormanlık Dergisi, 16 (2): 183-194.
- Eker, M., Kurt, Y., 2019. Ormanlık işlerine yönelik bir zaman ölçme ve kaydetme aracının geliştirilmesi. Türkiye Ormanlık Dergisi, 20(3): 157-167.
- Eker, M., Şefik, M., 2019. Motorlu tırpana montajlı kabuk soyma aracının (motosoyar) geliştirilmesi ve denemesi. Türkiye Ormanlık Dergisi, 20(4): 411-420.
- Eliasson, L, Hofsten, H, Johansson, T, Spinelli, R, Thierfelder, T., 2015. Effects of sieve size on chipper productivity, fuel consumption and chip size distribution for open drum chippers. Croatian Journal of Forest Engineering, 1:11-18.
- Gülci, N., Erdaş, O., Akay, A.E., 2015. Üretim işlerinde hassas ormanlık yaklaşımı. Üretim İşlerinde Hassas Ormanlık Sempozyumu, 4-6 Haziran, Iğaz, s. 238-256.
- Harstela, P., 1988. Principle of comparative time studies in mechanized forest work. Scand. J. For. Res. 3: 253-257.
- Harstela, P., 1991. Work studies in forestry. Silva Carelica, 18:41.
- ILO, 1981. Introduction to work study. International Labour Office, Geneva, Switzerland.
- Kanawaty, G., 2004. İş Etüdü. MPM Yayınları, No:29, Ankara.
- Kariniemi, A., 2006. Kuljettajakeskeinen hakkuukonetyön malli – työn suorituksen kognitiivinen tarkastelu. Helsingin yliopiston metsätalouden laitoksen julkaisuja 38:126 p.
- Kellog L., Davis, C., Bolding, C., 2004. Measuring machine productivity with a multi_dat data logger; a demonstration on three forest machines. Oregon State University, Department of Forest Engineering, USA, <http://www.cof.orst.edu/cof/ferm/research/kg/WR-COFE-%2005.pdf>, Accessed :18.06.2019.
- Koşir, B., Magagnotti, N., Spinelli, R., 2015. The role of work studies in forest engineering: status and perspectives, International Journal of Forest Engineering, 26(3):160-170.
- Kurt, Y., 2019. Odun üretim işlerinde kullanılan zaman ölçüm metotları ve araçlarının değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Laforest, S.M., Pulkki, R., 2011. Case study of integrating on-board computers in northern Ontario's forest supply chains. Proceedings of 34th Council on Forest Engineering, 12-15 June, Quebec City, 13 p.
- Leech, J.W., Sutton, M.W., Archer, G.R., 1989. Recording field measurements on Husky Hunter microcomputers. Australian Forestry, 52(2): 68-73.
- Magagnotti, N., Spinelli, R., 2012. Good practice guidelines for biomass production studies, european cooperation in science and technology, COST Action FP-0902, 50 p., Italy.
- McDonald, T., Fulton, J., 2005. Automated time study of skidders using global positioning system data. Computers and Electronics in Agriculture, 48:19-37.
- MPM, 1991. İşletmelerde Verimlilik Denetimi, Ölçme ve Değerlendirme Modelleri. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No: 435, Ankara.
- MPM, 1997. İş Etüdü. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Yayın No:29, Ankara.
- Nakagawa, M., Hamatsu, J., Saitou, T., Ishida, H., 2007. Effect of tree size on productivity and time required for work phases in selective thinning by a harvester. Int. J. For. Eng., 18(2):24-28.
- Nordén B., Granlund, P., 2003. Horisontering av förarstolen ökar skördarens prestation – även i relativt flack terräng. Skogforsk 1, 63 p.
- Nurminen, T., Korpunen, H., Uusitalo, J., 2006. Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. Silva Fennica, 40(2):335-363.
- Nuutinen, Y., Väätäinen, K., Heinonen, J., Asikainen, A., Röser, D., 2008. The accuracy of manually recorded time study data for harvester operation shown via simulator screen. Silva Fennica, 42(1): 63-72.
- Ovaskainen, H., Uusitalo, J., Väätäinen, K., 2004. Characteristics and significance of a harvester operators' working technique in thinnings. International Journal of Forest Engineering, 15(2):67-77.
- Ovaskainen, H., 2009. Timber harvester operators' working technique in first thinning and the importance of cognitive abilities on work productivity. Ph.D. thesis, University of Eastern Finland, Joensuu, Finland.
- Palander, T., Nuutinen, Y., Kariniemi, A., Vaatinen, K., 2013. Automatic time study method for recording work phase times of timber harvesting. Forest Science, 59(4):472-483.
- Pehkonen, A., 1978. Accuracy of timing in some time study methods. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland, 50(1): 66.
- Peltola, A., 2003. IT-time for mechanised forest work study. Proceedings of 2nd Forest Engineering Conference, 12-15 May, Växjö, Sweden, pp.107-112.
- Pukkila, A., 1959. Työntutkimus (Job Researches). Otava, Helsinki.
- Purfürst, FT, Erler, J., 2011. The human influence on productivity in harvester operations. International Journal of Forest Engineering, 2:15-22.
- REFA, 1988. İş Etüdü Yöntem Bilgisi: İş Etüdünün Temelleri. MPM Yayınları, Yayın No:544, Ankara.
- Smidt, M.F., McDaniel, J., 2012. Utilization, cost, and landowner return from whole-tree chipping young loblolly pine thinnings. Croatian Journal of Forest Engineering, 2: 211-223.

- Sowa J.M., 2009. Współczesne pożytki z lasu. In: Starzyk R.J. (ed.). Leśnictwo w górach i regionach przemysłowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków. pp. 129–152.
- Sowa J.M., Szewczyk G., 2013. Time consumption of skidding in mature stands performed by winches powered by farm traktor. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2: 255–265.
- Spinelli, R., Visser, R., 2008. Analyzing and estimating delays in harvester operations. *Int. J. For. Eng.*, 19(1):36–41.
- Spinelli, R., Laina-Relaño, R., Magagnotti, N., Tolosana, E., 2013. Determining observer and method effects on the accuracy of elemental time studies in forest operations. *Baltic Forestry*, 19(2):301-306.
- Szewczyk G., Sowa J. M., Grzebieniowski W., Kormanek M., Kulak D., Stańczykiewicz A., 2014. Sequencing of harvester work during standard cuttings and in areas with windbreaks. *Silva Fennica*, 48 (4):1-16.
- Szewczyk, G., Sowa, J.M., 2017. The accuracy of measurements in a time study of harvester operations. *N.Z. j. of For. Sci.*, 47: 24.
- Üçüncü, K., 2005. Ergonomi ve İş Etüdü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Ders Notları, No:77, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon.
- Üçüncü, K., Acar, H.H., 2020. Ergonomi. Nobel Akademik Yayıncılık, İstanbul.
- Vaatainen, K., Ovaskainen, H., Asikainen, A., Sikanen, L. 2003. Chasing the tacit knowledge – automated data collection to find the characteristics of a skillful harvester operator. *Proceedings of 2nd Forest Engineering Conference 12–15 May, Växjö, Sweden*, pp. 3–10.
- Walczyk, J., Kormanek, M., Walczykova, M., 2009. Video-computer technique in determining of the skidding tractors soil-wheel contact area. In A Skoupy (Ed.), *Krajina, les a lesni hospodářství [Landscape, forests and forestry]*, Prague: Česká Zemědělská Univerzita v Praze, pp. 292–299.
- Yıldırım, M., 1989. Ormançılık İş Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Yılmaz, K., 2015. Zaman analizlerine yönelik zaman etüdü kayıt programının oluşturulması. Lisans Bitirme Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta.

Pandemi sürecinde orman mühendisliği eğitim-öğretimine ilişkin öğrenci görüşlerinin belirlenmesi: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi örneği

Murat Özen^{a*} , Hasan Alkan^a 

Özet: Bu çalışmada Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin uzaktan eğitim sürecine yönelik görüşleri araştırılmıştır. Verilerin toplanmasında anket ve mülakat tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda 235 öğrenciye internet üzerinden anket yapılmıştır. Mülakatlar ise seçilen bazı öğrenci ve öğretim elemanları ile yürütülmüştür. Verilerin değerlendirilmesinde temel istatistik testlerden ve ki-kare testinden yararlanılmıştır. Araştırma bulgularına göre öğrenciler orman mühendisliği eğitim-öğretiminde örgün eğitimin uzaktan eğitime göre çok daha uygun olduğu görüşündedir. Öğrencilerin uzaktan eğitimde memnun kaldığı üç özellik sırasıyla; dersleri tekrar izleme imkânının olması, örgün eğitime göre daha ucuz olması, okula gelme-devam zorunluluğunun olmamasıdır. Öğrencilerde memnuniyetsizlik oluşturan üç husus ise sırasıyla; internet erişiminde yaşanan sorunlar nedeniyle derslere katılımda zorlanma, ödev sayısındaki artış ve verilen ödevlerin çok zaman alması ve yaşam alanlarında ders ortamı için yeterince uygun bir yer olmamasıdır.

Anahtar kelimeler: Covid-19, Pandemi süreci, Uzaktan eğitim, Ormancılık eğitimi

Determining student opinions on forest engineering education in the pandemic process: The case of Isparta University of Applied Sciences Faculty of Forestry

Abstract: In this study, the opinions of the students of Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Department of Forestry Engineering on the distance education process were investigated. Questionnaire and interview techniques were used to collect data. In this context, an online questionnaire was applied to 235 students. Interviews were conducted with some selected students and instructors. Basic statistical tests and chi-square test were used to evaluate the data. According to the research findings, students think that formal education in forest engineering education is much more appropriate than distance education. The three features that students are satisfied with in distance education are respectively; having the opportunity to watch the lessons again, being cheaper than formal education, not having to attend school. The three issues that cause dissatisfaction among students are respectively; difficulty in attending classes due to problems in internet access, increase in the number of homework and assignments that take a lot of time and there is not a suitable place for the lesson in living spaces.

Keywords: Covid-19, Pandemic process, Distance education, Forestry education

1. Giriş

Türkiye’de uzaktan eğitim ilk kez 1927’de okur-yazar olmayanlara mektupla okuma yazma öğretilmesi amacıyla gündeme gelmiş; ancak 1956’ya kadar sadece bir düşünce olarak kalmıştır. Daha sonraki yıllarda ise mektupla, TRT yayınlarıyla, vb. yollarla uygulamaları ülkemizde görülmeye başlanmıştır. Üniversite düzeyindeki çalışmaların kökeninin ise 1981 yılında Anadolu Üniversitesi bünyesinde kurulan Açık Öğretim Fakültesine dayandığı söylenebilir (Alkan, 1987; Kaya ve Odabaşı, 1996; Özbay, 2015). Üniversitelerdeki güncel uygulamaların fitilini ise 29 Aralık 2019’da Çin’in Wuhan kentinde ortaya çıkan virüsün hızlı bir şekilde yayılarak küresel bir salgın (pandemi) haline gelmesi ateşlemiştir. Zira salgının sağlık sektöründen sonra en çok etkilediği alanlardan birisi de eğitim-öğretim olmuştur

(Macit, 2020; TÜBA, 2020; Üstün ve Özçiftçi, 2020; Yamamoto ve Altun, 2020). Karantina, sosyal izolasyon vb. önlemlerin zorunlu olduğu salgın döneminde henüz aşılama çalışmalarının da yapılamaması nedeniyle uzaktan eğitim modeli yüksek öğretim alanında alternatif çözüm olarak öne çıkmıştır (Aktaş vd., 2020; Hotar vd., 2020).

Türkiye’de ilk vakanın 11 Mart’ta bildirilmesinin ardından vaka sayısı olarak kısa sürede Dünyada ilk 10’a girilmesiyle birlikte 16 Mart 2020’de tüm eğitim kurumlarında 3 hafta süreyle eğitime ara verilmiş (YÖK, 2020a), salgının etkisini arttırarak devam etmesi nedeniyle de Yükseköğretim Kurulu (YÖK) 18 Mart 2020 tarihinde örgün önlisans, lisans ve lisansüstü programların teorik derslerinin uzaktan eğitimle yürütülmesi hususunda üniversitelere yetki devri yapmıştır. Bu kararlar birlikte Türkiye’deki üniversiteler örgün programlardaki teorik derslerini çeşitli uzaktan eğitim

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): muratozen@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 25.10.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 29.11.2021



Citation (Atıf): Özen, M., Alkan, H., 2021. Pandemi sürecinde orman mühendisliği eğitim-öğretimine ilişkin öğrenci görüşlerinin belirlenmesi: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi örneği. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 386-394.
DOI: [10.18182/tjf.1014523](https://doi.org/10.18182/tjf.1014523)

yöntemleriyle yürütmeye başlamışlardır (YÖK, 2020b). 26 Mart 2020 tarihinde YÖK, 2019-2020 eğitim öğretim yılı bahar döneminde sadece uzaktan eğitim, açık öğretim ve dijital öğretim imkânlarıyla eğitim-öğretimin sürdürüleceğine ve yüz yüze eğitimin yapılamayacağına karar vermiştir (YÖK, 2020c). YÖK 13.08.2020 tarihli kararıyla ise üniversitelerden 2020-2021 eğitim öğretim yılının 1 Ekim 2020 tarihinden sonra başlayacak şekilde ve uzaktan eğitim modeli ile yapılacak şekilde planlanmasını istemiştir. Bu kararlar kampüslerdeki öğrenci hareketliliği azaltıldığı gibi üniversitelere karar alma süreçlerinde de geniş imkân tanımıştır. Bunun sonucunda üniversitelerin fakülte ve program bazında farklı farklı programlar kullanmaları ve uygulamalar yapmaları olanaklı hale gelmiştir (YÖK, 2020d). YÖK'ün Ağustos 2021'de yayınladığı "Küresel Salgında Eğitim ve Öğretim Süreçlerine Yönelik Uygulamalar Rehberi" ile 2021-2022 eğitim-öğretim yılı güz yarısından itibaren tekrar yüz yüze eğitime geçilmesi, bununla birlikte derslerin %40'ına kadarının uzaktan eğitimle verilebilmesine olanak sağlanması karara bağlanmıştır. Muhtemeldir ki önümüzdeki yıllarda da bazı üniversiteler belli ölçülerde uzaktan eğitime devam edecektir (YÖK, 2020e).

Türkiye'de 123 üniversitede Uzaktan Öğretim Uygulama ve Araştırma Merkezi (UZEM) bulunması ve son zamanlarda YÖK'ün dijitalleşme ile ilgili önemli adımlar atması pandemi dönemine hazırlıksız yakalanmamasında ve hızlı kararlar alınmasında önemli rol oynamıştır. (YÖK, 2020b). Daha çok yükseköğretimdeki açık öğretim fakülteleri ile bilinen uzaktan eğitim pandemi nedeniyle eğitimin her kademesinde kullanılmaya ve bilinmeye başlanmıştır.

Salgının ilk gününden itibaren ilgili kurum ve kuruluşlar eğitim öğretimin aksamaması için gerekli çalışmaları imkânları ölçüsünde yürütmüşlerdir. Bu çalışmalarda yöneticilerin gözlemleri ve eğitim-öğretim sürecine yönelik yapılan araştırmaların bulguları rehber rol oynamaktadır. Salgın sürecinde öğrencilere, eğitimcilere, velilere vb. kişilere pandemi ve pandeminin ilişkili olduğu konulara yönelik farklı alanlarda bazı bilimsel çalışmalar yapılmış durumdadır. Bununla birlikte ormancılık eğitim-öğretimine yönelik ise yayınlanmış bir çalışma henüz bulunmamaktadır. Bu eksikliğin giderilmesine katkı sağlamak amacıyla bu çalışmada konu *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (ISUBÜ), Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü* örneği ele alınmıştır. Araştırmada ağırlıklı olarak öğrencilerin görüşlerine yer verilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

Araştırmada aşağıdaki yol izlenmiştir.

- Mevcut literatür ve dokümanların incelenerek kavramsal çerçevenin oluşturulması,
- Mülakat ve gözlemler,
- Anket formunun geliştirilmesi ve uygulanması,
- Elde edilen verilerin istatistiksel analizi ve yazımı şeklindedir.

Araştırma verilerinin toplanmasında anket ve mülakat tekniklerinden yararlanılmıştır. Anket formlarının oluşturulmasında Serçemeli ve Kurnaz (2020) ile Öz Ceviz vd. (2020) çalışmalarından kullanılan formlardan da yararlanılmıştır. Anket formları 2021 Mayıs ayında ISUBÜ,

Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü öğrencilerine uygulanmıştır. 2020-2021 eğitim öğretim yılında kayıt yenileyen 261 öğrenciye internet ortamında "Google Formlar" aracılığıyla hazırlanan anket formlarının linkleri gönderilmiş ve 235 öğrenciden geri dönüş alınmıştır. Bu oran hedef kitlenin %90'ına ulaşıldığını göstermektedir.

Anket formu öğrencilerin profil özelliklerini, barınma yeri ve olanaklarını, uzaktan eğitim kullanma durumunu ve uzaktan eğitimle ilgili görüşlerini belirlemeye yönelik soru ve önermelerden oluşmaktadır. Ölçek güvenilirliğini hesaplamak için Cronbach's Alpha katsayısından yararlanılmıştır. Cronbach's Alpha katsayı 0.953 olarak bulunmuştur. Cronbach's alfa katsayısı sürekli, aralıklı ya da ardışık 4 ya da 5 seçeneği cevaplar içeren k sayıdaki soruyu içeren bir ölçeğin, herhangi bir yargıyı sorgulama gücünü, yeterliliğini, güvenilirliğini, genel tutarlılığını ve soru türdeşliğini ölçmeye yarayan bir katsayıdır. Cronbach's alfa katsayısı $0.80 \leq \alpha < 1.00$ aralığında olması ölçeğin yüksek derecede güvenilir olduğunu göstermektedir (Özdamar, 2013).

Anket formlarıyla elde edilen veriler SPSS 20.0 (Statistical Package for Social Science 20.0) istatistik paket programı ve MS Excel yazılımı yardımıyla değerlendirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde temel istatistik testlerden ve ki-kare analizinden yararlanılmıştır. Ki-kare testi parametrik olmayan testlerden olup, iki veya daha fazla değişken grubu arasında ilişki bulunup bulunmadığını incelemek amacıyla kullanılmaktadır (Kalaycı, 2006). Mülakatlar ise yapısal olmayan şekilde bazı öğretim elemanı ve öğrencilerle konu hakkında değerlendirmeler şeklinde gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Katılımcı profilleri

Araştırmaya katılan öğrencilerin profil özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Görüldüğü üzere araştırmaya katılanların büyük bir çoğunluğunu (%71.9) erkek öğrenciler oluşturmaktadır. Bu durum her ne kadar son yıllarda kız öğrenciler tarafından da tercih edilen bir bölüm olsa da hala erkeklerin sayıca üstün olduğunu göstermektedir. Araştırmaya en çok dördüncü sınıflar katılırken en az üçüncü sınıflar katılmıştır. Öğrencilerin %93.2'si 2.00 ve üzeri ortalamaya sahipken, %6.8'i ise 2.00'nin altında not ortalamasına sahiptir. Öğrencilerin %42.6'sı uzaktan eğitimin kendi kişilik özelliklerine uygun; %37.4'ü ise uygun olmadığını düşünmektedir. %20.0'lık kısım ise bu konuda kararsızdır.

Çizelge 1. Profil özellikleri

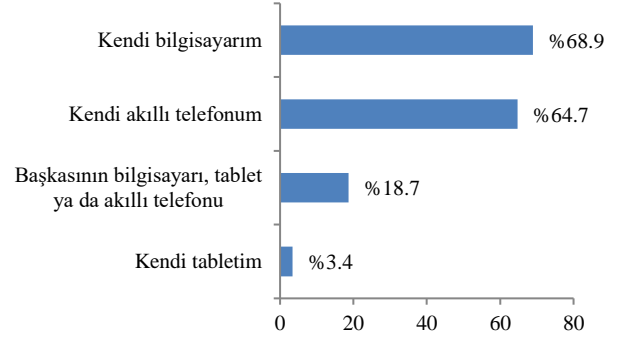
Özellikler	Değer	Sayı	%
Cinsiyet	Erkek	169	71.9
	Kadın	66	28.1
Sınıf	1. Sınıf	49	20.9
	2. Sınıf	50	21.3
	3. Sınıf	31	13.2
	4. Sınıf	68	28.9
	4'ün üzeri (uzatmalı)	37	15.7
	2.00'nin altında	16	6.8
Not ortalaması	2.00 - 2.50 arası	80	34.1
	2.51 - 3.00 arası	88	37.4
	3.01 ve üzeri	51	21.7

3.2. Öğrencilerin kişisel-fiziksel olanakları

Araştırmaya katılan öğrencilerin pandemi sürecinde barındıkları yer ve sahip oldukları olanaklara ilişkin bazı bilgiler Çizelge 2’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere öğrencilerin %83.8’i pandemi süreci ile birlikte ailesinin yanına yerleşmiştir. Öz Ceviz vd. (2020) tarafından Türkiye geneli için yapılan bir araştırmada da neredeyse aynı bulguya (%85.1) ulaşılmıştır. Öğrencilerin %74’ü barındığı yeri, ders takibi ve çalışma açısından uygun olarak değerlendirirken; %26’sı ise uygun değildir cevabını vermiştir. Uygun değildir cevabının oluşmasındaki en önemli etken internet ve internete bağlanacak ekipmanların yokluğu ya da sınırlılığıdır. Kaya ve Akın Işık (2021) tarafından yapılan çalışmada da bilgisayar ve internet noksanlığı en önemli kaygı ve stres kaynağı olarak tanımlanmıştır. Katılımcıların yaklaşık %34.0’lık kısmı yeterli internet olanaklarına sahip olamamışlardır. Özellikle kırsal yörelerde yaşayan ve maddi olanakları sınırlı olan öğrenciler için bu durum önemli bir engel oluşturmuştur. Öğretim elemanlarıyla yapılan mülakatlarda da öğrencilerin bazılarının bu durumdan şikayet ettikleri anlaşılmıştır. YÖK ve Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından operatörlere göre değişen miktarlarda öğrencilere bazı internet destekleri sağlansa da bu destek ya yerinde kullanılmamış ya da yetersiz kalmıştır.

Öğrencilere yöneltilen “Uzaktan eğitime katılmak için kullanmış olduğunuz araçlar nelerdir?” sorusuna alınan cevaplar ise Şekil 1’deki gibidir.

Öğrencilerin %68.9’u kendi bilgisayarından, %64.7’si kendi akıllı telefonundan, %3.4’ü kendi tabletinden uzaktan eğitime katılırken, %18.7’si ise başkasının bilgisayar, tablet ya da akıllı telefonu ile uzaktan eğitime katılmaktadır. Sarıtaş ve Barutçu (2020), Öz Ceviz vd. (2020) tarafından yapılan araştırmalarda ise sadece akıllı telefonla bağlanma (sırasıyla %55 ve %66.6) oldukça yüksek çıkmıştır. Gerek öğrenciler gerekse öğretim elemanları telefonla katılmadan elde edilen verimin bilgisayara göre daha düşük olduğunu ifade etmektedir. Buna bir de kulaklık, hoparlör, vb. araç gereç eksikliği eklenince derslerdeki iletişim düzeyi düşmekte ve verimlilik daha da azalmaktadır. Araştırma kapsamında öğrencilere kamera, mikrofon vb. olanaklarının yeterliliği de sorulmuş ve öğrencilerin sadece %46.8’inden yeterlidir cevabı alınmıştır. Öğretim üyelerinden alınan bilgilere göre derslere sesli ve/veya görüntülü katılım neredeyse yok denecek düzeydedir.



Şekil 1. Öğrencilerin uzaktan eğitime katılmak için kullanmış olduğu araçlar (Birden fazla seçenek işaretlenmiştir)

“Sınıf ortamındaki derslerin uzaktan eğitime göre daha etkileşimli geçmektedir.” önermesine öğrencilerin %46,5’i katılmakta; %34,4’ü ise bu önermeyi ret etmektedir. Öğrencilerin %19,1’i ise bu konuda kararsızdır. Bu önerme ile öğrencilerin cinsiyeti bakımından da istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır ($\chi^2 = 13.315$, $sd=4$, $P=0.010$). Farklılık kız öğrencilerin erkek öğrencilere göre önermeyi yüksek oranlarda desteklememesinden kaynaklanmaktadır. Keskin ve Özer Kaya (2020) tarafından yapılan çalışmada da öğrencilerin büyük çoğunluğu uzaktan eğitim modelinin sınıftaki iletişimi, sosyal bağı, dayanışmayı ve takım çalışmasını azalttığı ifade edilmiştir.

Keskin ve Özer Kaya (2020)’de uzaktan eğitim modelinin öğretim elemanlarıyla olan iletişime de olumsuz yansıdığı, öğrencilerin öğretim elemanı ile rahatlıkla iletişim kuramadıkları ve yeterli düzeyde geri bildirim alamadıkları tespitini belirtmiştir. Araştırmamıza katılan öğrencilerin bir kısmı (%38.3) uzaktan eğitimin dersin öğretim üyesi ile iletişim kurmayı zorlaştırdığı görüşüne sahiptir. Bu görüşe katılmayanların yüzdesi 39.6, kararsızların yüzdesi ise 22.1’dir.

Çizelge 2. Barınma yeri ve olanakları

Özellikler	Değer	Sayı	%
Uzaktan eğitim sürecinde nerede barındınız?	Aile ile birlikte	197	83.8
	Aileden ayrı	38	16.2
Barındığınız yer ders takibi ve çalışma açısından uygun muydu?	Evet	174	74.0
	Hayır	61	26.0
Uzaktan eğitim sürecinde barındığınız yerde internet bağlantısı var mı?	Var	155	66.0
	Yetersiz	73	31.0
	Yok	7	3.0
İnternet limitinin yetmediği durumlarda uzaktan eğitime nasıl bağlandınız?	Bağlanamadım	91	38.7
	Limit yükseltmek zorunda kaldım	48	20.4
	Limit sorunu yaşamadım	96	40.9

3.3. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'nde uzaktan eğitim ve öğrencilerin üniversitenin bazı hususlardaki performansına ilişkin görüşleri

ISUBÜ uzaktan eğitime 2019-2020 eğitim öğretim yılının bahar dönemi ile başlamış; 2020-2021 eğitim öğretim yılının güz ve bahar dönemleri ile devam etmiştir (ISUBÜ, 2020a ve 2020b, ISUBÜ, 2021). 2020-2021 yılında bazı dersler için karma (hibrit) eğitim yapılabileceği karara bağlansa da katılım Isparta'da yaşayan birkaç öğrenci ile sınırlı kalmıştır. Karma eğitimde dersler kamera sistemi kurulu sınıflarda yapılmış isteyen öğrenciler derse bizzat katılırken; isteyenler de derse senkron ve asenkron olarak internet üzerinden takip edebilmiştir. ISUBÜ öğrenci bilgi sistemine entegre edilen Adobe Connect programı yardımıyla öğretim üyeleri ve öğrenciler (her ders için) sesli ve/veya görüntülü olarak bir odada buluşarak dersleri gerçekleştirmiştir. Canlı ders süreleri 20 dakika, aralar ise 10'ar dakika olacak şekilde belirlenmiştir. Kayıt altına alınan derslerin daha sonra izlenmesine olanak sağlanmıştır. Sınavlar kamera kaydı olmadan ödev, çevrimdışı klasik sınav, çevrimiçi test ve çevrimdışı test sınavı olarak yapılmıştır (ISUBÜ, 2020c ve 2020d).

Pandemi sürecinde öğrencilere sağlanan diğer olanaklar ise şu şekildedir:

- Uzaktan eğitime devam etme olanağı olmayan öğrenciler için kayıt dondurma (azami süreden sayılmama şartı ile) imkanı tanınmıştır (ISUBÜ, 2020e).
- Tek ders sınav hakkı üçe çıkarılmıştır. Pandemi dönemindeki başarısız olunan derslerle sınırlı olmak kaydıyla güz döneminden bir ders ve bahar döneminden iki dersten başarısız olan ya da pandemi döneminde üç dersten başarısız olan öğrencilere sınav hakkı verilmiştir (ISUBÜ, 2020f).
- Pandemi döneminde öğrencilere ilgili birimin bölüm kurullarınca belirlenen proje, araştırma ya da ödev olarak staj yapma imkânı verilmiştir (ISUBÜ, 2020g).

- İster ISUBÜ isterse başka bir üniversitenin öğrencisi olsun Isparta ilinde ve ilçelerinde bulunan ve dijital ortamlara erişim sorunu yaşayan öğrencilere bilgisayar laboratuvarları kullanırlmıştır (ISUBÜ, 2020h).

Öğrencilerin üniversiteye yönelik değerlendirmeleri incelendiğinde (Çizelge 3) öğrencilerin yarısından fazlası üniversitenin uzaktan eğitim sürecine hızlı bir şekilde kendini hazırladığını, uzaktan eğitim konusunda yeterli olanaklara sahip olduğunu, uzaktan eğitim ve kullanımı konusunda yapmış olduğu açıklama ve bilgilendirmelerin yeterli olduğunu ve uzaktan eğitim kaynaklı sorunları hızlı bir şekilde çözdüğünü belirtmişlerdir. Görüldüğü üzere üniversitenin yetkili birimleri çizelgede belirtilen çalışmalarını yapmasına rağmen, yine de öğrencilerin beklentilerinin tam olarak karşılanmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3'te yer alan önermelerin tamamı ile öğrencilerin not ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık söz konusudur. Benzer şekilde bir ve dördüncü önerme ile öğrencilerin sınıfları arasında da istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmaktadır (Çizelge 4). Dördüncü sınıfa giden öğrenciler ile not ortalaması daha yüksek olan öğrencilerin önermeleri çoğunlukla desteklemesi farklılığın ana nedeni olarak gösterilebilir.

3.4. Öğretim üyelerinin uzaktan eğitim performansına yönelik öğrenci görüşleri

Öğrencilerin öğretim üyelerine yönelik değerlendirmeleri incelendiğinde (Çizelge 5) öğrencilerin %46.4'ü öğretim üyelerinin uzaktan eğitim konusunda yeterli bilgi ve tecrübeye sahip olduğunu, %50.7'si uzaktan eğitim için gerekli donanımlarının yeterli düzeyde olduğunu, %53.6'sı Adobe Connect uygulamasını yeterli ve etkili bir şekilde kullandığını ve %40'ı uzaktan eğitim derslerinin sınıftaki yüz yüze dersler kadar etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 3. Üniversiteye yönelik değerlendirmeler

SN	Önermeler	Katılım durumu* (%)				
		1	2	3	4	5
1	Üniversitemiz uzaktan eğitim sürecine hızlı bir şekilde kendini hazırlamıştır.	18.7	8.9	18.3	26.4	27.7
2	Üniversitemiz uzaktan eğitim konusunda yeterli olanaklara sahiptir.	18.7	7.2	20.1	27.2	26.8
3	Üniversitemizin uzaktan eğitim ve kullanımı konusunda yapmış olduğu açıklama ve bilgilendirmeler yeterlidir.	14.9	9.8	17.9	31.5	25.9
4	Üniversitemiz uzaktan eğitim kaynaklı sorunları/sorunlarımızı hızlı bir şekilde çözmüştür.	13.6	11.1	21.3	28.5	25.5

* (1) Kesinlikle Katılmıyorum (2) Katılmıyorum (3) Kararsızım (4) Katılıyorum (5) Kesinlikle Katılıyorum

Çizelge 4. Önermeler ile profil özellikleri arasındaki ilişkiler

Önermeler	Not ortalamasına göre			Sınıfa göre		
	χ^2	sd	P	χ^2	sd	P
Üniversitemiz uzaktan eğitim sürecine hızlı bir şekilde kendini hazırlamıştır.	24.944	12	0.015	31.662	16	0.011
Üniversitemiz uzaktan eğitim konusunda yeterli olanaklara sahiptir.	22.247	12	0.035	21.295	16	0.167
Üniversitemizin uzaktan eğitim ve kullanımı konusunda yapmış olduğu açıklama ve bilgilendirmeler yeterlidir.	23.800	12	0.022	20.827	16	0.185
Üniversitemiz uzaktan eğitim kaynaklı sorunları/sorunlarımızı hızlı bir şekilde çözmüştür.	28.852	12	0.004	55.445	16	0.000

* $P < 0.05$

Çizelge 5. Öğretim üyelerine yönelik değerlendirmeler

SN	Önermeler	Katılım durumu* (%)				
		1	2	3	4	5
1	Öğretim üyeleri uzaktan eğitim konusunda yeterli bilgi ve tecrübeye sahiptir.	15.3	12.3	26.0	25.5	20.9
2	Öğretim üyelerinin uzaktan eğitim için gerekli (kamera, mikrofon vb.) donanımları yeterli düzeydedir.	16.1	14.9	18.3	28.1	22.6
3	Öğretim üyeleri Adobe Connect uygulamasını yeterli ve etkili bir şekilde kullanmaktadır.	15.7	11.1	19.6	28.5	25.1
4	Öğretim üyeleri uzaktan eğitim derslerinde sınıftaki dersler kadar etkilidir.	17.9	19.6	22.5	22.1	17.9

* (1) Kesinlikle Katılmıyorum (2) Katılmıyorum (3) Kararsızım (4) Katılıyorum (5) Kesinlikle Katılıyorum

“Öğretim üyeleri Adobe Connect uygulamasını yeterli ve etkili bir şekilde kullanmaktadır” önermesi sınıfa göre istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir ($\chi^2 = 33.568$, $sd=16$, $P= 0.006$). Bu önerme ile öğrencilerin not ortalaması arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusudur ($\chi^2 = 22.177$, $sd=12$, $P= 0.036$). Benzer şekilde Çizelge 5’te yer alan birinci ($\chi^2 = 35.633$, $sd=12$, $P= 0.000$) ve ikinci ($\chi^2 = 26.356$, $sd=12$, $P= 0.010$) önermeler ile öğrencilerin not ortalamaları arasında, ikinci ($\chi^2 = 27.610$, $sd=16$, $P= 0.035$) ve dördüncü ($\chi^2 = 38.530$, $sd=16$, $P= 0.001$) önermeler ile de öğrencilerin sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar söz konusudur. Farklılıkların temel nedeni dördüncü sınıfa giden öğrenciler ile not ortalaması görece daha yüksek olan öğrencilerin önermeleri daha çok desteklemesidir. Bunda son sınıf öğrencilerinin okulu zamanında bitirme ve not ortalaması yüksek öğrencilerin de ortalamalarını koruma istekleri etkili olmuş olabilir.

3.5. Uzaktan eğitime ilişkin bazı tercih ve görüşler

Öğrencilerin ders-sınav süreleri ve derse katılım sıklıkları Çizelge 6’daki gibidir. Buna göre öğrencilerin sadece yarısı dersleri anlık (senkron) olarak takip edebilmiştir. Ders kayıtlarının sonradan izlenmesi (asenkron) ile birlikte derslere katılım yüzdesi artmıştır. Bununla birlikte asenkron derslerde sınıf içi etkileşim neredeyse hiç olmadığı için öğretim üyesi ve öğrenci performanslarının olumsuz etkilenebileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda öğrencilere sunulan “Uzaktan eğitimde canlı dersler, video kayıtlı derslere göre daha çok etkilidir.” önermesine katılım (%37.8) ise beklenen düzeyde olmamıştır. Öğrencilerin %32.8’i önermeyi ret ederken, %29.4’lük kesim ise bu konuda kararsız kalmıştır. Öğretim üyeleriyle yapılan mülakatlarda ise söz konusu olumsuzluk sıklıkla dile getirilmiştir.

Öğrencilerin %85,9’u canlı ders sürelerini 30 ya da daha az dakika olmasını istemiştir. ISUBU’da dersler 20 dakika olarak işlenmektedir. Bununla birlikte sadece öğretim üyesinin bilgi aktarıcılığına dayalı olarak derslerin işlendiği, öğrencilerin etkin katılımının gerçekleşmediği eğitim ortamlarında ders süresi ne kadar kısa olursa olsun öğrencilerin dikkatlerinin sürdürülmesi ve anlamlı öğrenmenin gerçekleşmesi mümkün değildir (Senemoğlu, 2001). Daha önce de ifade edildiği gibi uzaktan eğitimde durum maalesef bu şekildedir.

Öğrencilerin %45.5’i uzaktan eğitimle yapılan sınavların örgün eğitimdeki sınavlara nazaran daha kolay olmadığını düşünmektedir. Bu konuda öğrencilerin %27.7’si kararsız kalırken; %26.8’ise sınavların daha kolay olduğunu söylemektedir. Bu önerme ile öğrenci profil özellikleri bakımından sadece bulunduğu sınıf arasında istatistiksel olarak bir ilişki söz konusudur ($\chi^2 = 40.529$, $sd=16$ ve $P= 0.001$). Bu durumun başlıca nedeni ikinci sınıf öğrencilerinin çoğunluğunun önermeyi desteklememesi olabilir.

Öğrencilerin %34.0’ı uzaktan eğitim kapsamında yapılan sınavların sınıfta yapılan sınavlar kadar güvenli olmadığını düşünürken, %43.4’ü ise güvenli olduğunu düşünmektedir. %22.6’lık kısım ise bu konu hakkında kararsızdır. Bu konuda farklı öğrenci profilleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark söz konusu değildir. Bununla birlikte öğretim üyeleri ise uzaktan eğitim kapsamında yapılan sınavların güvenilirliği konusunda çok daha fazla endişelidir. Çizelge 6’ya göre öğrencilerin %94.9’u uzaktan eğitim sınavlarının süresiz ve kamera kayıtsız olmasını isterken, %5.1’i sınavların süreli ve kamera kaydı alınarak yapılmasını istemiştir. Öğretim üyeleriyle yapılan görüşmelerde sınavların süresiz ve kamera kayıtsız yapılması sınavların güvenilirliğini olumsuz etkileyen en önemli etmenlerdendir. Öğrencilerin yarısından fazlası (%54.1) uzaktan eğitimin sınav notlarını ve başarı ortalamasını artırdığını belirtmiştir. Sınavların uzaktan eğitim yöntemiyle yapılmasının ve derse devam zorunluluğunun eskiye oranla önemini yitirmesinin bu sonuçta etkili olduğu düşünülmektedir.

Uluöz (2020), Kaya ve Akın Işık (2021) tarafından yapılan araştırmalarda öğrenciler öğretim elemanlarının sınav ve ödevleri değerlendirirken yeterince adil olmadığını, hatta gönderilen ödevlerin bazen okunmadığını, herkese aynı puanlar verilerek çalışan öğrenci ile çalışmayanın ayırt edilmediğini belirtmişlerdir. Değerlendirme sürecinde karşılaşılan bir diğer sorun ise kopya çekenlerin çokluğu ve bunun önüne geçilememesidir.

Can (2020) tarafından yapılan araştırmada online ve denetimsiz sınavlarda, sınavın güvenliği ile güvenilirliğinin sağlanması ve objektif olması bakımından gerekli koşulların sağlanmasının büyük önem taşıdığı vurgulanmıştır. Bu amaçla online gerçekleştirilecek sınavların geçerliği, güvenilirliği, şeffaflığı, güvenliği ve denetlenebilir olmasına yönelik yasal ve pedagojik uygulamalar geliştirilmesi gerektiği önerisinde bulunmuştur.

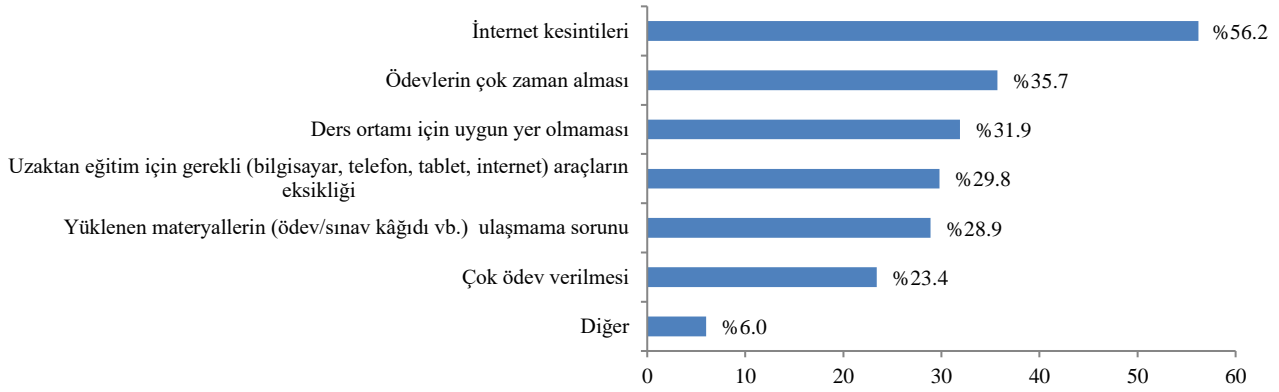
Çizelge 6. Uzaktan eğitim kullanım durumu

Özellikler	Değer	Sayı	%
Hangi sıklıkta uzaktan eğitim derslerini takip ediyorsunuz?	Dersim olduğunda her zaman	120	51.1
	İki günde bir	51	21.7
	Haftada bir	48	20.4
	Ayda bir	12	5.1
	Hiçbir zaman	4	1.7
Uzaktan eğitim ile verilen canlı derslerin süresinin ne kadar olmasını istersiniz?	30 dk. dan az	63	26.8
	30 dakika	139	59.1
	30 dk. dan fazla	26	11.1
	Diğer	7	3.0
Uzaktan eğitimde sınavların nasıl olmasını istersiniz?	Sürelili ve kamera kaydı alınarak	12	5.1
	Süresiz ve kamera kayıtsız	223	94.9
Uzaktan eğitimde sınav notlarını ve başarı ortalamam	Arttı	127	54.1
	Azaldı	32	13.6
	Değişmedi	76	32.3

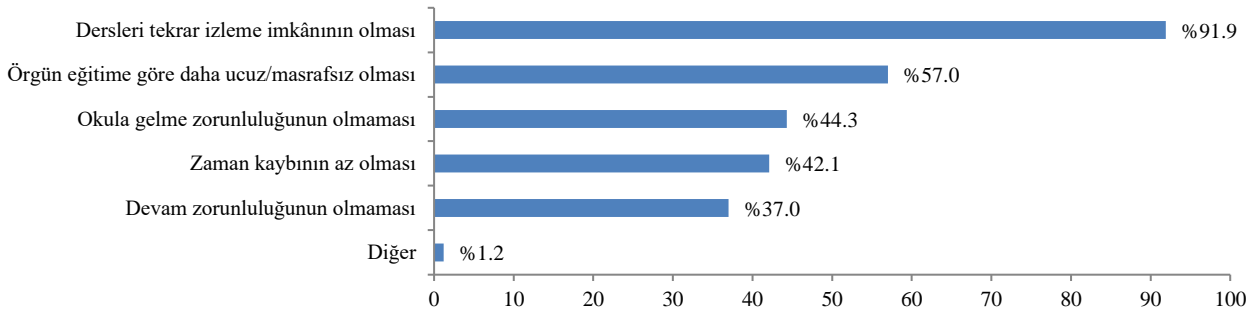
Öz Ceviz vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada Cain vd. (2009), Gerdprasert vd. (2010), McMullan vd. (2011) gibi eserlere atıfla uzaktan eğitim modelinin öğrenciler tarafından desteklenebildiği ancak kendi çalışmalarında ise öğrencilerin, uzaktan eğitim modeli yerine yüz yüze eğitimi tercih ettikleri ifade edilmektedir. Öğrencilerin uzaktan eğitimi desteklediği ve tercih ettiği çalışmaların yılları dikkate alındığında bu çalışmaların pandemi öncesine ait olduğu görülmektedir. Araştırma bulgularına öğrencilerin %39.6'sı uzaktan eğitimin teorik dersler için uygun olduğunu %43.0'ı ise uygun olmadığını düşünmektedir. Geri kalan %17.4'lük kesim ise bu konuda kararsızdır. Uygulamalı dersler için söz konusu yüzdeler sırasıyla %16.1, %69.8 ve %14.1'dir. Görüldüğü gibi özellikle uygulamalı derslerin uzaktan eğitim modeli ile verilmesi önemli ölçüde uygun bulunmamaktadır. Kürtüncü ve Kurt (2020), Kaya ve Akın Işık (2021) tarafından hemşirelik eğitimi alan öğrenciler için yapılan çalışmalarda da katılımcılar uzaktan eğitim sürecinde mesleki derslerin uygulamasına çıkamadıklarını, teoride öğrendikleri bilgileri uygulamaya aktaramadıklarını, mesleki dersle ilgili öğrenmeleri gereken becerileri öğrenemediklerini ve daha önce edinilen becerilerin de unutulduğunu ve bu durumun mesleki yetersizlik duygularını arttırdığını belirtmişlerdir. Uzaktan eğitimin orman mühendisliği eğitiminde teorik ($\chi^2 = 22.874$, $sd=4$ ve $P=0.002$) ve uygulamalı ($\chi^2 = 24.966$, $sd=4$ ve $P=0.000$) derslerin uygun olup olmadığı ile öğrencilerin cinsiyeti arasında istatistiksel bakımdan anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Özellikle uygulamalı dersler için kız öğrenciler örgün eğitimin uzaktan eğitime göre daha uygun olduğunu düşünmektedir. Zira "Uzaktan eğitim orman mühendisliği eğitiminde uygulamalı dersler için uygundur." önermesine kız öğrencilerin hiç biri katılmamaktadır. Uzaktan eğitimin teorik ve uygulamalı eğitime uygunluğu ile öğrencilerin okumakta oldukları sınıflar arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusudur. Bu ilişki istatistiksel olarak teorik dersler için $\chi^2 = 33.146$, $sd=16$, $P=0.007$ ve uygulamalı dersler için $\chi^2 = 42.860$, $sd=16$, $P=0.000$ değerleri ile ifade edilebilmektedir. Bunun temel nedeni ise üçüncü sınıf öğrencilerin konuya ilişkin kararsızlıklarıdır. Öte yandan, öğrencilerin not ortalamaları ile uzaktan eğitimi uygun bulup bulmama arasında istatistiksel bakımdan anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

Öğrencilerin uzaktan eğitimi uygun bulmama nedenlerinin başlıcaları Şekil 2'de verilmiştir. Öğrencilerin uzaktan eğitimde memnun olmadığı konuların başında internet kesintileri (%56.2) gelmektedir. Benzer şekilde Aktaş vd. (2020), Altun Ekiz (2020), Karakuş vd. (2020), Kürtüncü ve Kurt (2020), Serçemeli ve Kurnaz (2020) tarafından yapılan çalışmalarda da uzaktan eğitimde internet kaynaklı sorunlara değinilmiştir. Bunu sırayla ödevlerin çok zaman alması (%35.7), ders ortamı için uygun yer olmaması (%31.9), uzaktan eğitim için gerekli araç-gereç eksikliği (%29.8), yüklenen materyallerin ulaşmama sorunu (%28.9), çok ödev verilmesi (%23.4) ve diğer (örgün eğitime göre iletişim, sosyalleşme ve verimin düşük olması) önermeleri izlemektedir. Uzaktan eğitimin beğenilmeyen yönlerinden birisi de sosyalleşmeye uygun olmamasıdır. Zira öğrencilerin %51.5'i "Uzaktan eğitim öğrencilerin sosyalleşmesini engellemiştir." önermesine katılmaktadır. Bu önermeye katılmayanların yüzdesi 32.3, kararsızların yüzdesi ise 16.2'dir. Bu önermeye öğrencilerin vermiş oldukları cevaplar sınıflar arası istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar içermektedir. ($\chi^2 = 33.399$, $sd=16$, $P=0.007$) Farklılık birinci sınıfa giden öğrencilerin önermeleri daha fazla desteklemesinden kaynaklanmaktadır. Birinci sınıf öğrencilerinin önermeyi daha fazla desteklemesinde hem sınıf arkadaşlarıyla hem de öğretim elemanlarıyla sadece online dersler sayesinde tanışma imkanı bulmalarının etkili olduğu düşünülmektedir. Bayram vd. (2019), Karakuş vd. (2020), Keskin ve Özer Kaya (2020) tarafından yapılan çalışmalarda da uzaktan eğitimin sosyalleşmeyi engellediği ifade edilmiştir.

Uzaktan eğitimin beğenilen yönleri ise Şekil 3'de gösterilmiştir. Öğrenciler uzaktan eğitimde en çok derslerin tekrar izlenme imkânının olması (%91.9) özelliğini beğenmektedir. Afşar ve Büyükdogan (2020), Altun Ekiz (2020), Öz Ceviz (2020), Serçemeli ve Kurnaz (2020), Uluöz (2020), Kaya ve Akın Işık (2021) tarafından yapılan çalışmalarda da benzer bulgular söz konusudur. Bu durum not tutma açısından da önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Bunu sırasıyla örgün eğitime göre daha ucuz olması (%57), okula gelme zorunluluğunun olmaması (%44.3), zaman kaybının az olması (%42.1), devam zorunluluğunun olmaması (%37) ve diğer (internetin olduğu her yerden derse katılma imkânının olması vb.) önermeleri izlemektedir.



Şekil 2. Uzaktan eğitimin beğenilmeyen yönleri (Birden fazla seçenek işaretlenmiştir)



Şekil 3. Uzaktan eğitimin beğenilen yönleri (Birden fazla seçenek işaretlenmiştir)

Öğrencilerin %13.6'sı salgının bitmesinden sonra da uzaktan eğitim modeli ile devam edilmesi gerektiğini, %31.9'u karma eğitim modelinin daha yararlı olacağını ve %54.5'ininde yüz yüze-örgün eğitimin mutlaka gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Ki-kare testi bulgularına göre ankete katılan öğrencilerin cinsiyet ($\chi^2=10.544$, $sd=2$, $P=0.005$), sınıf ($\chi^2=15.709$, $sd=8$, $P=0.047$) ve not ortalaması ($\chi^2=17.031$, $sd=6$, $P=0.009$) bakımından hangi eğitim modelinin ormancılık eğitimi için uygundur önermesine verdikleri cevaplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmaktadır ($P<0,05$). Cinsiyete göre farklılığın nedeni kız öğrencilerin erkek öğrencilere göre daha yüksek oranda örgün eğitim seçeneğini desteklemesidir. Sınıfa göre farklılık birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıflar çoğunlukla örgün eğitim seçeneğini desteklerken, dördün üzeri (uzatmalı) öğrencilerin hibrit eğitim seçeneğini desteklemesinden kaynaklanmaktadır. Not ortalamasına göre farklılığın nedeni ise not ortalaması 2.00'nin üzerinde olan öğrencilerin çoğunluğu örgün eğitim seçeneğini seçerken, not ortalaması 2.00'nin altında kalan öğrencilerin ise çoğunlukla uzaktan eğitim seçeneğini seçmesidir.

4. Sonuç ve öneriler

Pandemi nedeniyle diğer alanlarda olduğu gibi eğitim alanında da bazı zorunlu değişimler meydana gelmiştir. Nitekim, 2019-2020 eğitim öğretim yılının bahar döneminden günümüze kadar olan dönemde üniversitemizde uzaktan eğitim modeliyle eğitim-öğretime devam edilmiştir. Mevcut dönem itibarıyla ise YÖK'ün talimatlarıyla hibrit bir modele (dönem derslerinin

%40'ına kadar uzaktan eğitim) geçilmiştir. Bununla birlikte pandemi seyrinde bir iyileşme sağlanmadığı takdirde önümüzdeki günlerde tam kapanma ile birlikte tamamen uzaktan eğitime geçilmesi de ihtimaller arasındadır.

Geçmiş yıllarda bazı sertifika programları ve açık öğretim fakültelerindeki uygulamalar olarak bilinen uzaktan eğitim modeli Uzaktan Öğretim Uygulama ve Araştırma Merkezleri aracılığıyla artık tüm üniversitelerin uygulamaları arasına girmiş durumdadır. Bu bağlamda uzaktan eğitim modelinin beklentileri karşılayıp karşılayamadığı ve aksayan yönleri ile ilgili paydaş grupların görüşleri oluşmuş durumdadır. Bu görüşlerin dikkate alınarak aksayan yönlerin ortadan kaldırılması ülkemizin geleceği olan gençlerimizin liyakat sahibi olabilmeleri bakımından hayati öneme sahiptir. Üniversitelerin büyük çoğunluğu gibi ISUBÜ'de mevcut uzaktan eğitim uygulamalarını katılımcı bir şekilde ve kurumsal düzeyde henüz değerlendirmemiştir. Bu yüzden acilen her bir üniversite deneyimlerinden yola çıkarak gerek fiziksel gerekse insan kaynakları yönünden bir SWOT analizi ile durum tespiti yapmalı, tüm paydaş görüşleri dikkate alınarak aksayan yönlerin giderilmesine yönelik adımlar atılmalıdır. Geleneksel sınıf ortamı ile uzaktan eğitimde ortaya çıkan sanal sınıf ortamı bazı yönlerden benzerlik gösterse de pek çok açıdan farklılıklar içermektedir. Dolayısıyla uzaktan eğitim modelinde sınıf yönetiminin farklı olacağı açıktır. Sınıf yönetiminin baş aktörü ise şüphesiz öğretim elemanlarıdır. Üniversiteler olanakları ölçüsünde fiziksel olarak çeşitli ölçülerde çaba göstermiş olsa da öğretim elemanları ve öğrencilerinin uzaktan eğitim modeline oryantasyonu bağlamında sadece bilgilendirici videolar yayınlamakla yetinmiştir. Uzaktan eğitimin ilk

dönemi için bu tarz uygulamalar yeterli görülebilir. Ancak öğretim elemanları ve öğrencilerin okulda olduğu bu dönemde hala neden bu tarz eğitimlerin yüz yüze verilmediği anlaşılır değildir. Zira, hala %40 düzeyinde uzaktan eğitimin devam ettiği ve önümüzdeki günlerde tekrar tam kapanmanın olabileceği muhtemel seçenekler arasında olduğuna göre her iki kesime yönelik uzaktan eğitimde sınıf yönetimi, ölçme ve değerlendirme, ödevler, vb. hususlarda yüz yüze eğitimler verilmesi çok yararlı olacaktır. Hatta uzaktan eğitim sürecine yönelik bir ders, üniversitelerin ortak seçimlik havuzları içerisine eklenebilir.

Üniversiteler kendi içinde yeterli tespit ve değerlendirmeleri yapmadığı gibi üniversiteler arasında da yeterli uygulama birliği sağlanamamıştır. Örneğin, daha önce de belirtildiği gibi YÖK bölümlerin %40'a kadar uzaktan eğitim, %60'lık kısımda ise yüz yüze eğitim verebileceklerini karara bağlamış durumdadır. Bununla birlikte bu hususta da üniversiteler ve bölümler arasında bir birliklilik söz konusu olamamıştır. Zira kararı bazı üniversiteler müfredatlarının %40'ı olarak algılamak, bazıları dönemlik %40 olarak uygulamaya başlamışlardır. Uzaktan ve yüz yüze verilecek derslerin seçiminde ise ne dersin uygulamalı olup olmadığına ne de öğrenim çıktıklarına bakılmış; sadece dersi veren öğretim üyelerinin tercihleri dikkate alınmıştır. Bunun sonucunda orman mühendisliği eğitiminin özellikleri gereği yüz yüze verilmesi gereken dersler uzaktan eğitim kapsamına veya uzaktan verilebilecek dersler de yüz yüze eğitim kapsamına alınmıştır. Benzer birçok sorun söz konusudur. Bu bağlamda farklı üniversitelerde bulunan orman fakülteleri arasında ortak bir değerlendirme sürecinin başlatılması yararlı olacaktır. Değerlendirme sürecine, salgın döneminde ormancılık eğitimi temalı Dekanlar Toplantısı ile başlanabilir.

Öğrencilerin büyük çoğunluğu pandemi döneminde memleketlerine dönerek aileleri ile birlikte ikamet etmişlerdir. Bu durum öğrencilerin barınma ve beslenme gibi giderlerini etkilediği için aile ekonomilerine olumlu yönde yansımıştır. Bununla birlikte bazı ailelerin yaşadıkları yerlerin konuları ve sahip olunan fiziksel olanaklar uzaktan eğitim modeli performansına olumsuz yönde yansımıştır. Özellikle şehir merkezlerinden uzak yerleşim birimlerinde internet olanaklarının kısıtlı olması en önemli sorun olarak öne çıkmıştır. Araştırma bulgularına göre öğrencilerin %34.0'lık kesimi internet kaynaklı ciddi sorunlarla yüz yüze gelmiştir. Öğrencilerin internet ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla YÖK eğitime destek kotası altında 6 GB internet desteği sağlamış olsa da internet desteklerinin her alanda kullanılamaması, limitinin düşük olması, birçok öğrencinin bu durumdan haberinin olmaması vb. nedenlerle bu destek beklentileri karşılayamamıştır. Dolayısıyla uzaktan eğitim modelinin daha sağlıklı işletilebilmesi için yeterli internet olanaklarının sağlanmasına yönelik tedbirlerin de alınması gerekmektedir. Araştırmaya katılan öğrencilerin yaklaşık beşte biri başkasının bilgisayar, tablet ya da akıllı telefonu ile uzaktan eğitime katıldığı ifade etmiştir. Cep telefonu gibi araçlarla derslere katılanların verimlerinin oldukça düşük olabildiği dikkate alındığında bu bakımdan bir çalışma yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Milli Eğitim Bakanlığı'nın EBA sistemi ya da açık öğretim fakültelerince zaman zaman kullanılan televizyon, vb. kitle iletişim araçlarının üniversitelerce de kullanımına yönelik atılacak adımlar yararlı olabilir. Ayrıca mesleki örgütlerimizden Orman Mühendisleri Odası ve Türkiye Ormancılar Derneği pandemi sürecinde öğrencilere yönelik yeterli burs ve destek

çalışması yapmamıştır. En azından ihtiyacı olan öğrencilere yönelik burs ve/veya tablet-internet destek programlarının acilen gündeme alınması ve fakülte temsilcilikleri yardımıyla hayata geçirilmesi sorunun çözümüne katkı sağlayacaktır.

Çeşitli nedenlerle çoğu öğrencinin derslere sesli-görüntülü katılmaması/katılamaması ve sadece öğretim üyesinin bilgi aktarıcılığına dayalı bir sistemde gerçek başarının oluşması oldukça zordur. Yukarıda sözü edilen önlemlerin alınması iletişimin artmasına bağlı olarak verimliliğin ve başarının artmasına katkı sağlayacaktır.

Araştırma bulguları ve gözlemlerimize göre sadece not ortalamasına göre bir akademik başarı değerlendirmesi yapılacak olursa uzaktan eğitim modelinde başarının arttığı gibi bir sonuca ulaşılabilir. Ancak, kanımızca bu artışın en önemli nedeni ölçme değerlendirme sistemi-sınav güvenilirliği ile ilgilidir. Bazı üniversiteler kamera kaydı altında bu sınavları yaparken, birçok üniversite gibi ISUBÜ'de sınavları kamera kayıtsız olarak gerçekleştirmiştir. Öğrencilerin tercihi de bu yöndedir. Araştırma bulgularına göre öğrencilerin yaklaşık %95'i sınavların süresiz ve kamera kayıtsız yapılmasını istemiştir. Bununla birlikte derslerin özelliklerine bakılmaksızın sadece öğretim üyesi tercihleri ile çevrim içi ve dışı test-klasik ve ödev şeklindeki sınavlara yönelmiştir. Bazı derslerde birkaç gün süreli ödev tarzı sınavlar yapılırken, bazı derslerde kopya çekileceği endişesiyle onar, yirmişer dakikalık cevaplanan bir önceki soruya dönme fırsatı tanımayan acımasız sınavlar yapılabilmektedir. Daha önce belirtildiği gibi Uluöz (2020), Kaya ve Akın Işık (2021) tarafından yapılan araştırmalarda öğrenciler öğretim elemanlarının sınav ve ödevleri değerlendirirken yeterince adil olmadığını, hatta gönderilen ödevlerin bazen okunmadığını, herkese aynı puanlar verilerek çalışan öğrenci ile çalışmayanın ayırt edilmediğini belirtmişlerdir. Öz bir ifadeyle ne üniversiteler arasında ne de üniversite içinde sınavlar bakımından bir standardizasyon sağlanamamış ve çok ciddi fırsat eşitsizlikleri ve adaletsizlik ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla uzaktan eğitim modelinde sınavlar üzerinde özenle durulması gereken konulardan birisidir.

Öğrencilerin uzaktan eğitim modelinde en çok beğendikleri husus derslerin kayıt altına alınması nedeniyle tekrar tekrar izlenme imkânının olmasıdır. Böylelikle derslerde not tutma zorunluluğu da ortadan kalkmıştır. Uzaktan eğitim modelinden vazgeçilse bile kurulan kayıt sisteminin birkaç ekleme ile yüz yüze eğitimde de kullanılabilmesi olasılığı söz konusudur.

Sonuç olarak diğer bazı araştırmalara benzer olarak araştırma bulgularına göre uzaktan eğitim öğrencilerce (özellikle de uygulamalı dersler için) çok tercih edilen bir model olmamıştır. Ne var ki eğitim-öğretimin aksayacağı bazı durumlarda zorunlu hale gelebildiği gibi hayat kurtarıcı da olabilmektedir. Bununla birlikte bu modelin eğitim-öğretim sistemimiz ve ülke gerçeklerine göre tasarlanması ve uygulanması gerekmektedir. Söz konusu olumsuzluklar giderildiği takdirde hibrit eğitim modeli üniversite eğitim-öğretiminde birçok bölüm için uygulanabilir ideal bir model olabilir.

Kaynaklar

- Afşar, B., Büyükdöğen, B., 2020. Covid-19 pandemisi döneminde İİBF ve SBBF öğrencilerinin uzaktan eğitim hakkındaki değerlendirmeleri. *Karatay Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5: 161-182.
- Aktaş, Ö., Büyüktaş, B., Gülle, M., Yıldız, M., 2020. Covid-19 virüsünden kaynaklanan izolasyon günlerinde spor bilimleri öğrencilerinin uzaktan eğitime karşı tutumları. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 1(1): 1-9.
- Alkan, C., 1987. Uzaktan Eğitim Sistemlerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Altun Ekiz, M., 2020. Beden eğitimi ve spor yüksekokulu öğrencilerinin karantina dönemindeki uzaktan eğitim ile ilgili görüşleri (nitel bir araştırma). *Spor ve Rekreasyon Araştırmaları Dergisi*, 2(ÖS1): 1-13.
- Bayram M., Peker A.T., Aka, S.T., Vural M., 2019. Üniversite öğrencilerinin uzaktan eğitim dersine karşı tutumlarının incelenmesi. *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 4(3): 330-345.
- Can, E., 2020. Coronavirüs (Covid-19) pandemisi ve pedagojik yansımaları: Türkiye’de açık ve uzaktan eğitim uygulamaları. *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi (AUAD)*, 6(2): 11-53.
- Hotar, N., Omay, R.E., Bayrak, S., Kuruözüm, Z., Ünal, B., 2020. Pandeminin toplumsal yansımaları. *İzmir İktisat Dergisi*, 35(2): 211-220.
- ISUBÜ, 2020a. Bahar Dönemi Boyunca Uzaktan Eğitim İle Devam Ediyoruz. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, <https://isparta.edu.tr/duyuru/8537/ogrencilerimizin-dikkatine-bahar-donemi-boyunca-uzaktan-egitim-ile-devam-ediyoruz>. Erişim 12.07.2021.
- ISUBÜ, 2020b. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi 2020-2021 Yılı Güz Dönemi Eğitim-Öğretim Süreci Planlaması. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, https://obs.isparta.edu.tr/Dokumanlar/2020_2021_Guz_Donemi_Ogrenim_Sureci.pdf. Erişim 12.07.2021.
- ISUBÜ, 2020c. Ödev, Çevrimdışı Klasik Sınav ve Çevrimdışı Test Sınavı öğrenci İşlemleri Yardım Kılavuzu. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, https://obs.isparta.edu.tr/Dokumanlar/Yardim_Sunusu.pdf. Erişim 12.07.2021.
- ISUBÜ, 2020d. İsubü Öğrencilerimiz İçin Sık Sorulan Sorular ve Cevaplar. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, <https://isparta.edu.tr/duyuru/8542/sik-sorulan-sorulara-cevaplar>. Erişim 12.07.2021.
- ISUBÜ, 2020e. Yeni Koronavirüs Hastalığı Salgınında Eğitim-Öğretim Süreçleri (Kayıt Dondurma). Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, <https://isparta.edu.tr/duyuru/8541/yeni-koronavirus-hastaligi-salgininda-egitim-ogretim-surecleri-kayit-dondurma>. Erişim 12.07.2021.
- ISUBÜ, 2020f. Pandemi dönemindeki başarısız olunan derslerle sınırlı olmak kaydıyla “tek ders sınav hakkının 3 derse yükseltilmesi”. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, <https://isparta.edu.tr/duyuru/8575/pandemi-donemindeki-basarisiz-olunan-derslerle-sinirli-olmak-kaydiyla-tek-ders-sinav-hakkinin-3-derse-yukseltilmesi>. Erişim 12.07.2021.
- ISUBÜ, 2020g. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Pandemi Dönemi “Yaz Stajı Uygulama Esasları”. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, <https://isparta.edu.tr/duyuru/8574/isparta-uygulamali-bilimler-universitesi-pandemi-donemi-yaz-staji-uygulama-esaslari>. Erişim 12.07.2021.
- ISUBÜ, 2020h. İlimizde ve İlçelerimizde İhtiyaç Duyan Tüm Üniversite Öğrencileri İçin Bilgisayar Laboratuvarlarımızı Açıyoruz. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, <https://isparta.edu.tr/duyuru/8570/ilimizde-ve-ilcelerimizde-ihhtiyac-duyan-tum-universite-ogrencileri-icin-bilgisayar-laboratuvarlarimizi-aciyoruz>. Erişim 12.07.2021.
- ISUBÜ, 2021. 2020/2021 Bahar Dönemi Öğretim Hakkında. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, <https://isparta.edu.tr/duyuru/8768/20202021-bahar-donemi-ogretim-hakinda>. Erişim 12.07.2021.
- Kalaycı, Ş., 2006. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayın Dağıtım, Ankara.
- Karakuş, N., Ucuzsatar, N., Karacaoğlu, M.Ö., Esendemir, N., Bayraktar, D., 2020. Türkçe öğretmeni adaylarının uzaktan eğitime yönelik görüşleri. *RumeliDE Dil ve Edebiyat Araştırmaları Dergisi*, 19: 220-241.
- Kaya, Y., Akın Işık R., 2021. Covid-19 pandemisi’nin ilk döneminde uygulanan zorunlu uzaktan eğitim sisteminin hemşirelik eğitimine katkısı ve zorlukları: Nitel bir çalışma. *Journal of Education and Research in Nursing*. 18(1): 76-84.
- Kaya, Z., Odabaşı, F., 1996. Türkiye’de uzaktan eğitimin gelişimi. *Anadolu Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1): 29-41.
- Keskin, M., Özer Kaya D., 2020. Covid-19 sürecinde öğrencilerin web tabanlı uzaktan eğitime yönelik geri bildirimlerinin değerlendirilmesi. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 5(2): 59-67.
- Kürtüncü, M., Kurt, A., 2020. Covid-19 pandemisi döneminde hemşirelik öğrencilerinin uzaktan eğitim konusunda yaşadıkları sorunlar. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(5): 66-77.
- Macit, A., 2020. Küresel Salgınların Tarihi ve Dünya Tarihsel Dönüşüm. İLEM Covid-19 Soruşturma Dosyası.
- Öz Ceviz, N., Tektaş N., Basmacı G., Tektaş M., 2020. Covid-19 pandemi sürecinde üniversite öğrencilerinin uzaktan eğitime bakışı: Türkiye örneği. *Ulakbilge Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(54): 1322-1335.
- Özbay, Ö., 2015. Dünyada ve Türkiye’de uzaktan eğitimin güncel durumu. *Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2(5): 376-394.
- Özdamar, K., 2013. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi. 9. baskı Eskişehir, Nisan Kitabevi.
- Sarıtaş, E., Barutçu, S., 2020. Öğretimde dijital dönüşüm ve öğrencilerin çevrimiçi öğrenmeye hazır bulunuşluğu: Pandemi döneminde Pamukkale Üniversitesi öğrencileri üzerinde bir araştırma. *Journal of Internet Applications and Management*, 11 (1): 5-22.
- Senemoğlu, N., 2001. Gelişim, Öğrenme ve Öğretim. ISBN:975-96386-0-6, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Serçemeli, M., Kumaz, E., 2020. Covid-19 pandemi döneminde öğrencilerin uzaktan eğitim ve uzaktan muhasebe eğitimine yönelik bakış açıları üzerine bir araştırma. *Uluslararası Sosyal Bilimler Akademik Araştırmalar Dergisi*, 4(1): 40-53.
- TÜBA, 2020. Covid-19 Pandemi Değerlendirme Raporu. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, Ankara.
- Uluöz, E., 2020. Opinions of the faculty of sport sciences students on the changes in education system during Covid-19 pandemic: A qualitative research. *African Educational Research Journal*, 8(3): 481-490.
- Üstün, Ç., Özçiftçi, S., 2020. COVID-19 Pandemisinin sosyal yaşam ve etik düzlem üzerine etkileri: Bir değerlendirme çalışması. *Anadolu Kliniği Tıp Bilimleri Dergisi*, 25(1): 142-153.
- Yamamoto-Telli, G., Altun, D., 2020. Coronavirüs ve çevrimiçi (Online) eğitimin önlenemeyen yükselişi. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 3(1): 25-34.
- YÖK, 2020a. Koronavirüs (Covid-19) Bilgilendirme Notu: 1. <https://covid19.yok.gov.tr/alinan-kararlar>. Erişim: 20.05.2021
- YÖK, 2020b. Üniversitelerde Verilecek Olan Uzaktan Eğitime İlişkin Açıklama (18.03.2020). <https://covid19.yok.gov.tr/alinan-kararlar>. Erişim: 20.05.2021.
- YÖK, 2020c. Üniversitelerdeki Uzaktan Eğitim Sürecine İlişkin Basın Açıklaması (26.03.2020). <https://covid19.yok.gov.tr/alinan-kararlar>. Erişim: 20.05.2021.
- YÖK, 2020d. Yükseköğretim Kurumlarımızdaki 2020-2021 Eğitim ve Öğretim Dönemine Yönelik Açıklama. <https://covid19.yok.gov.tr/alinan-kararlar>. Erişim: 20.05.2021.
- YÖK, 2020e. Küresel Salgında Eğitim ve Öğretim Süreçlerine Yönelik Uygulamalar Kılavuzu 2021.pdf. <https://www.yok.gov.tr/Documents/Yayinlar/Yayinlarimiz/2021/K%C3%BCresel%20Salg%C4%B1nda%20E%C4%9Fitim%20ve%20C3%96%C4%9Fitim%20S%C3%BCre%C3%A7lerine%20Y%C3%B6nelik%20Uygulamalar%20K%C4%B1lavuzu%202021.pdf>. Erişim 10.10.2021

Sosyal medya verileri ile Ihlara Vadisi'ne yapılan ziyaretlerin zamansal ve mekânsal değişimlerinin belirlenmesi

Ahmet Uslu^{a,*} 

Özet: Korunan alanlar doğaya dayalı turizm ve rekreasyon faaliyetleri açısından önemli turizm destinasyonları haline gelmiştir. Korunan alanların yönetimi için ziyaretçilerin davranışları ve tercihleri hakkında gerçek zamanlı verilere gereksinim duyulmaktadır. Sosyal medya verileri, ziyaretçi bilgilerini toplamanın zahmetli ve maliyetli olduğu durumlarda doğadaki insan varlığı ve faaliyetleri hakkında benzersiz ve yerinde bilgi kaynağı sağlamaktadır. Bu çalışmada, Flickr'daki coğrafi etiketli fotoğraflar kullanılarak Ihlara Vadisi'ne gelen ziyaretçilerin zamansal ve mekânsal değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Coğrafi etiketli fotoğraf verilerinden oluşturulan eğilim grafikleri ve yoğunluk haritaları ile ziyaretçi davranışının ve tercihlerinin ayrıntılı analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları; Flickr verilerinin, korunan alanların özelliklerini değerlendirmek, ziyaretçi davranışı ve tercihlerini zamansal-mekânsal açıdan analiz etmek için yararlı bir kaynak olduğunu ve gelecekteki araştırmalar için yeni fırsatlar sunduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Sosyal medya, Coğrafi etiketli fotoğraf, Ziyaretçi davranışı, Zamansal-mekânsal analiz

Determination of temporal and spatial changes of visits to Ihlara Valley with social media data

Abstract: Protected areas have become important tourism destinations in terms of nature-based tourism and recreation activities. Real-time data on the behavior and preferences of visitors are needed for the management of protected areas. Social media data provides a unique and on-site source of information about human existence and activities in nature when collecting visitor information is laborious and costly. In this study, it is aimed to determine the temporal and spatial changes of visitors to Ihlara Valley by using geotagged photographs on Flickr. Detailed analysis of visitor behavior and preferences was carried out with trend charts and density maps created from geotagged photo data. The results of the study revealed that Flickr data is a useful resource for evaluating the characteristics of protected areas, analyzing visitor behavior and preferences from a temporal-spatial point of view, and providing new opportunities for future research.

Keywords: Social media, Geotagged photography, Visitor behavior, Temporal-spatial analysis

1. Giriş

Son yıllarda dünya genelinde çok sayıda turist korunan alanları, milli parkları ve doğal sit alanlarını ziyaret etmektedir (Moreno-Llorca vd., 2020). Ziyaretçilerin zamansal-mekânsal ziyaret dinamiklerinin ve onların turizm deneyimlerinin izlenmesi, bu alanların yönetiminde ve pazarlanmasında oldukça önemlidir (Moreno-Llorca vd., 2020). Ziyaretçileri karakterize eden veriler, talep eğilimlerinin saptanması, geleceğe yönelik tahminlerin oluşturulması, korunan alan içindeki gerekli altyapı tesislerinin tahsisi, hizmetlerin planlanması, personel istihdamı ve kaynakların sağlanması bakımından büyük önem arz etmektedir (Tenkanen vd., 2017). Bu amaçla ziyaretçi davranışı ve tercihleri hakkında doğru bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır (Schägner vd., 2017). Ziyaretçilerin özellikleri ve deneyimleri geleneksel yöntemlerle anketler, mülakatlar ve GPS cihazları kullanılarak elde edilmiştir (Cessford ve Muhar, 2003). Fakat, bu tür verilerin elde edilmesi çoğu zaman zahmetli, zaman alıcı ve maliyetlidir

(Wood vd., 2013). Bununla birlikte bilet gişeleri gibi noktalarda derlenen ziyaretçi bazlı analizler, ziyaretçilerin ne zaman nereye gittiğinin ve hangi kaynakları etkilediğinin mekânsal dağılımını anlamayı zorlaştırmaktadır (Chun vd., 2020). Bu noktada sosyal medya verileri, ziyaretçilerin izlenmesi gibi doğa-insan etkileşimlerini anlamının alternatif bir yolu olarak görülmüştür (Levin vd., 2015). Özellikle, fotoğraf paylaşım web sitelerine (örneğin Flickr) yüklenen coğrafi etiketli fotoğraflar gibi sosyal medya veri kümeleri, rekreasyon alanlarına yapılan ziyaretleri tahmin etmek, insan tercihlerini ve karar verme süreçlerini belirlemek için başarıyla kullanılmıştır (Keeler vd., 2015) Flickr'a yüklenen kitle kaynaklı görüntülerin dağılımları, rekreasyon alanlarında gözlemlenen ziyaret verileriyle güçlü bir korelasyon göstermiştir (Sessions vd., 2016). Ayrıca sosyal medya verileri, doğa-insan etkileşimlerini birden çok ölçek ve çözünürlükte, uygun maliyetli ve açık bir şekilde değerlendirmesine ve haritalamasına imkân sağlamaktadır (Barros vd., 2020).

✉ ^a Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Tavşanlı Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Kütahya, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): ahmet.uslu1@dpu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 17.05.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 19.10.2021



Citation (Atf): Uslu, A., 2021. Sosyal medya verileri ile Ihlara Vadisi'ne yapılan ziyaretlerin zamansal ve mekânsal değişimlerinin belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 395-407.

DOI: [10.18182/tjf.938660](https://doi.org/10.18182/tjf.938660)

Sosyal medya verileri, kültürel ekosistem hizmetlerinin dağılımını modellemek (Arslan ve Örcü, 2020; Gülçin, 2020), doğa temelli turizm ve rekreasyon faaliyetlerini ölçmek (Wood vd., 2013; Sessions vd., 2016; Mancini vd., 2018), turizm akışlarını (Barros vd., 2020) veya insanlar tarafından çok ziyaret edilen destinasyonları haritalamak (Heikinheimo vd., 2017; Chun vd., 2020; Ullah vd., 2019; Uslu, 2021) için kullanılmıştır. Bu çalışmada, sosyal medya platformu Flickr'daki coğrafi etiketli fotoğraflar kullanılarak, Ihlara Vadisi'ne yapılan ziyaretlerin ve ziyaretçi tercihlerinin zamansal-mekânsal değişimlerinin modellenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada coğrafi etiketli fotoğraf verilerinden oluşturulan eğilim grafikleri ve yoğunluk haritaları ile ziyaretçi davranışının ayrıntılı analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma dört bölüm halinde düzenlenmiştir. Giriş bölümünün ardından 2. Bölüm, analiz için kullanılan veri kaynaklarını ve çalışmada kullanılan yöntemi içermektedir. 3. Bölüm, bulguları ve son olarak 4. Bölüm çalışmanın sonuçlarını kapsamaktadır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanı ve veri kaynakları

Aksaray İli Güzelyurt İlçesi sınırları içerisinde yer alan Ihlara Vadisi, bitki örtüsü, kilise ve şapelleriyle; doğa, tarih, sanat ve kültür olgusunun bir araya geldiği dünya üzerindeki nadir kanyonlardan biridir. Ihlara Vadisi 18 km uzunluğunda, ortalama 150 m derinliğinde ve 200 m genişliğindedir. Ihlara Vadisini şekillendiren ve vadiye hayat veren Melendiz Nehri'nin kenarında, bağlar ve bahçelerden oluşan yoğun bir yeşillik şeridi yer almaktadır (Şekil 1). Bölgedeki karasal iklimden farklı olarak vadi tabanında Akdeniz iklimine yakın bir iklim görülmesi özelliği ile vadi doğal bir mikroklima alanıdır. Antep fıstığı başta olmak üzere birçok çeşitte bitki türü yetişmektedir. Alanın jeolojik özelliğine bağlı olarak kayalara oyulmuş freskli kiliseler vadiyi dünyanın en önemli kültür ve medeniyet merkezlerinden biri haline getirmiştir. Bu kiliselerin çoğu korunarak günümüze kadar ulaşmıştır. Ağaçaltı, Sümüllü, Yılanlı, Kokar, Prenliseki, Eğritiş, Direkli, Saint Georgeus, Karagedik, Ala, Bezirhane, Bahattin Samanlığı ve Batkın Kiliseleri ziyarete açıktır (KTB, 2021).

Çalışmada veri kaynağı olarak, zengin fotoğraf koleksiyonuna sahip olması ve daha önce pek çok çalışmada kullanılması itibarıyla Flickr platformu seçilmiştir. 2004 yılında kurulan Flickr, kullanıcıların fotoğraflarını ve videolarını çevrimiçi paylaştıkları bir sosyal ağ sitesidir (FLICKR, 2021). Flickr tarafından sağlanan Uygulama Programlama Arayüzü (API) aracılığıyla Ihlara Vadisi'ndeki coğrafi etiketli fotoğraflar ve bu fotoğraflara ait meta veriler, Python (PYTHON, 2021) komut dosyası (Gede, 2018) kullanılarak indirilmiştir. Ticari amaçlı kullanım olmadığı sürece API, fotoğraflara ücretsiz erişim imkânı sunmaktadır. Tüm veri kaynaklarında olduğu gibi sosyal medya platformlarının da sınırlamaları mevcuttur. Fotoğraf ve video paylaşım hizmetleri sunan Facebook ve Instagram platformları, gizlilik politikaları gereği 2019 yılı itibarıyla veri paylaşımını durdurmuştur (Gülçin, 2020). Bu platformlardan yazılım, paket veya ara yüz aracılığıyla veri sağlanamamaktadır (Gülçin, 2020). Bu bağlamda, çalışmanın sınırlılıklarından birisi popüler diğer sosyal medya platformlarından coğrafi etiketli fotoğraflara ilişkin meta verilerin elde edilememiş olmasıdır.

2.2. Yöntem

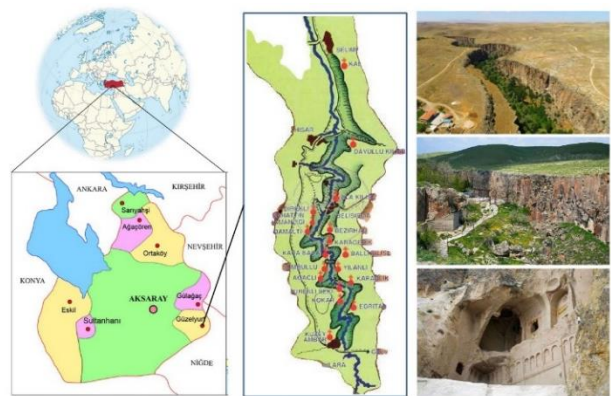
Çalışmanın yöntemi verilerin elde edilmesi, elde edilen verilerin analizi ve sonuçların yoğunluk haritaları, eğilim ve değişkenlik grafikleri şeklinde görselleştirilmesi aşamalarından oluşmaktadır. Şekil 2' de çalışmanın yöntemi gösterilmiştir.

2.3. Veri toplama ve hazırlama

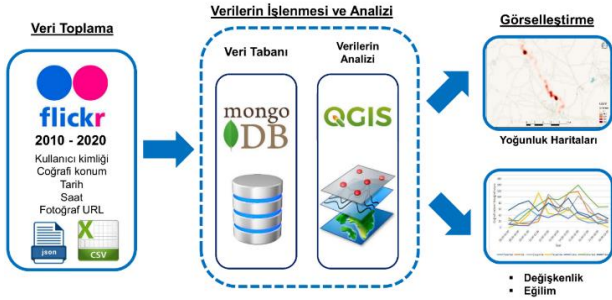
Flickr API, fotoğrafları coğrafi konumlarına göre sorgulamaya izin vermektedir. Dikdörtgen sınırlayıcı kutu veya merkez ve yarıçap şeklinde belirli bir konum içinde çekilen fotoğraflar elde edilebilir. Coğrafi etiketli fotoğraflar ve bu fotoğraflara ait meta veri kaydı, çalışma alanını kapsayan dikdörtgen sınırlayıcı kutu baz alınarak python tabanlı Flickr API aracılığıyla JSON (JavaScript Object Notation) uzantısında bir dosya olarak elde edilmiştir. Meta veri kaydının içeriği kullanıcı ve fotoğraf kimliği, fotoğrafın çekim zamanı, tarihi, lokasyonu (enlem ve boylam) ve fotoğraf URL adresi gibi özelliklerden oluşmaktadır. Ayrıntılı zamansal ve mekânsal analiz işlemleri için veri seti, CSV (Virgülle Ayrılmış Değerler) formatında bir dosya olarak ilişkisel bir veritabanında saklanmıştır. Çalışma ile ilgisi olmayan herhangi bir kültürel değeri yansıtmayan fotoğraflar, özçekim fotoğrafları, kişisel fotoğraflar, hayvan içerikli fotoğraflar ve düşük çözünürlükteki fotoğraflar değerlendirme dışı bırakılmıştır.

2.4. Verilerin analizi ve görselleştirme

Ihlara Vadisi'nde paylaşılan coğrafi etiketli fotoğraflar kullanılarak ziyaretçi davranışının ve tercihlerinin keşfi için günlük, haftalık, yıllık ve mevsimsel kategorilerde zamansal ve mekânsal analizler gerçekleştirilmiştir. Kültürel ekosistem hizmetlerinin ve ziyaretçi tercihlerinin sınıflandırılması amacıyla MEA 2005 ekosistem hizmetleri sınıflandırılması referans alınmıştır (Çizelge 1).



Şekil 1. Ihlara Vadisi ve coğrafi konumu (KTB, 2021)



Şekil 2. Çalışmanın yöntemi

Coğrafi etiketli fotoğraflar, kültürel ekosistem hizmetleri değerine göre bir arkeolog, bir sanat tarihçi ve üç peyzaj mimarında oluşan uzman bir grup tarafından sınıflandırılmıştır. Fotoğraflar estetik değer, turizm ve rekreasyon değeri, kültürel miras değeri ve dini ve ruhani değerler kapsamında değerlendirilmiştir. Ihlara Vadisi'ndeki ziyaretçi yoğunluğunun mekânsal yapısını modellemek için çekirdek yoğunluğu tahminini (KDE) ve QGIS yazılımı kullanılmıştır.

KDE, tanımlanan bir yarıçapa sahip çember içerisinde kalan noktasal verilerin yoğunluğunu tahmin eden bir mekânsal analiz tekniğidir (Borruso, 2008). Coğrafi etiketli sosyal medya verileri ile KDE tekniği kullanılarak korunan alanlarda ziyaretçilerin mekânsal modellerinin analizi gerçekleştirilmiştir (Ullah vd., 2019). Son olarak, zamansal ve mekânsal analiz sonuçları tablolar, grafikler ve yoğunluk haritaları şeklinde görselleştirilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Ziyaretçi ve mekânsal dağılımı

Çalışmanın veri seti 1 Ocak 2010 - 31 Aralık 2020 tarihleri aralığını kapsamaktadır. Ihlara Vadisi'nde 2010 yılı öncesi paylaşılan coğrafi etiketli fotoğraf sayısının az olması, akıllı telefon ve mobil internet kullanımının henüz yaygınlaşmamış olması sebepleriyle 2005 - 2010 yılları arasına ait veriler çalışmaya dahil edilmemiştir. Bununla birlikte herhangi bir kültürel değeri yansıtmayan fotoğraflar, özçekim fotoğrafları, kişisel fotoğraflar, hayvan içerikli fotoğraflar ve düşük çözünürlükteki fotoğraflar

değerlendirme dışı bırakılmıştır. Çalışmanın veri seti hakkındaki tanımlayıcı bilgiler Çizelge 2'de açıklanmıştır.

Coğrafi etiketli veri seti zamansal ve mekânsal yoğunluk haritaları oluşturmak amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) formatına dönüştürülmüştür. Şekil 3'te 2010-2020 yılları arasında ziyaretçiler tarafından Ihlara Vadisi sınırları içinde paylaşılan coğrafi etiketli Flickr fotoğraflarının estetik değer, turizm ve rekreasyon değeri, dini ve ruhani değerler ve kültürel miras değeri bazı noktasal dağılımı gösterilmiştir.

3.2. Zamansal analiz

Zamansal analiz için fotoğrafların meta veri kaydında yer alan çekim zamanı ve tarihi verileri kullanılmıştır. Ihlara Vadisi'ne yapılan ziyaretlerin zamansal modelleri hakkında bilgi edinmek için coğrafi etiketli fotoğraflar yıllık, aylık, haftalık, günlük ve mevsimsel dönemlerde analiz edilmiştir.

Yıllık modeller, 2010 ve 2020 yılları arasında gerçekleştirilen fotoğraf paylaşımlarının yıllara göre dağılımını içermektedir (Şekil 4).

Şekil 4 incelendiğinde en fazla fotoğraf paylaşımı 2014 yılında, en az fotoğraf paylaşımı ise 2020 yılında gerçekleştirilmiştir. Koronavirüs (COVID-19) Pandemisi sürecinde ülkelerin tedbir niteliğinde almış oldukları kararlar, seyahat kısıtlamaları, karantina uygulamaları, iptal edilen etkinlikler ve organizasyonlar turizm sektörünü doğrudan olumsuz etkilemiştir. 2020 yılında yaşanan düşüş bu durum ile ilişkilendirilebilir.

Aylık modeller, 2010 ve 2020 yılları arasında gerçekleştirilen fotoğraf paylaşım sayılarının aylık bazda dağılımını içermektedir.

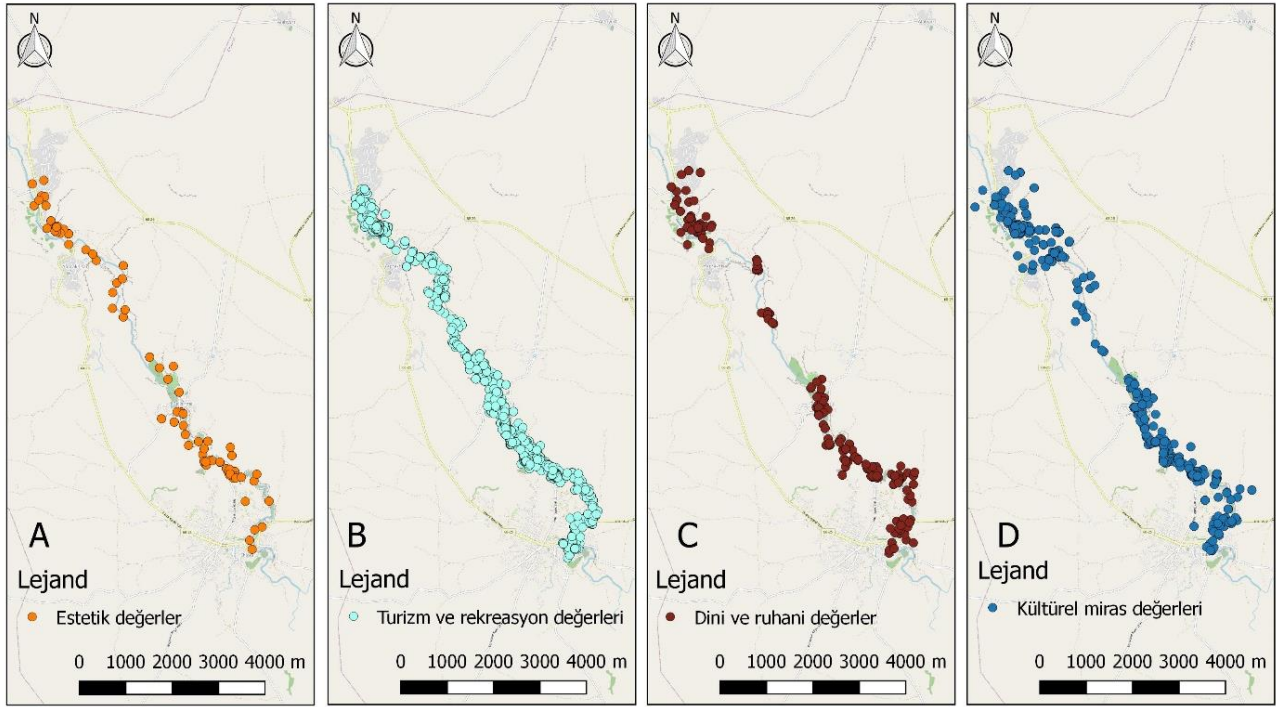
Şekil 5'e göre en fazla fotoğraf paylaşımı Haziran ayında, en az fotoğraf paylaşımı ise Şubat ayında yapılmıştır. Barros vd. (2020), çalışmalarında en yoğun ziyaretlerin yaz tatili olması dolayısıyla Temmuz ve Ağustos aylarında, en az yoğun ziyaretlerin ise Aralık ve Ocak aylarında gerçekleştirildiği; Ullah vd. (2019), araştırmalarında ise en yoğun ziyaretlerin Nisan ve Mayıs aylarında, en az yoğun ziyaretlerin ise Ocak ve Şubat aylarında gerçekleştirildiğini tespit etmişlerdir. İlgili araştırmalarda aylık bazda ziyaretçi davranışlarını etkileyen önemli faktörlerden birinin mevsimsel koşullar olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmanın aylık ziyaret analizi sonuçları diğer çalışmaların aylık ziyaret analizi sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 1. Kültürel ekosistem hizmetleri (Haines-Young ve Potschin-Young, 2018; Clemente ve County, 2019)

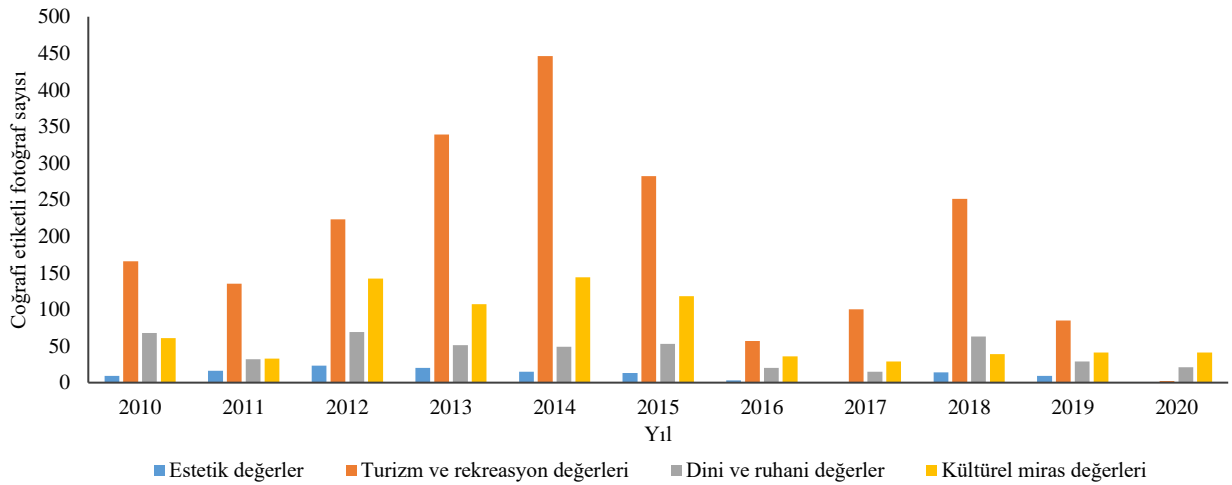
Hizmet türü	Kültürel ekosistem hizmeti	Tanım	Sınıflandırma
Fiziksel	Turizm ve rekreasyon değeri	Eğlence amaçlı fiziksel etkinliğe dayalı faaliyetler	Eğlence aktiviteleri (yürüyüş, kamp, piknik su sporları) ilgili fotoğraflar
Deneysel	Estetik değer	Doğanın sanatsal temsilleri	Kültürel ve doğal peyzaj içerikli fotoğraflar
Entelektüel	Kültürel miras değeri	Yerel tarih ve kültürle ilgili mekanlar	Somut (Anıt, heykel, arkeolojik eserler vb.) veya soyut miras (Folklor, gelenekler b.) içerikli fotoğraflar
İlham verici	Dini ve ruhani değerler	Manevi veya ritüel kimlik için önemli olan kutsal veya manevi yerler	Camiler, kiliseler ve ibadethaneleri gösteren fotoğraflar

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan veri seti

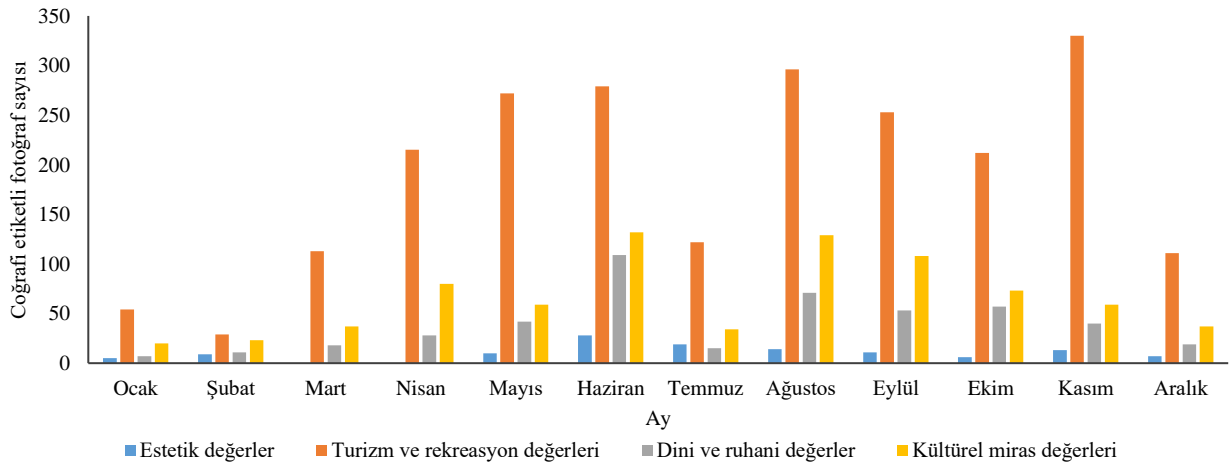
Kategori	Açıklama
Çalışma alanı	Ihlara Vadisi
Tarih aralığı	1 Ocak 2010 - 31 Aralık 2020
Toplam kullanıcı	253
Toplam coğrafi etiketli fotoğraf sayısı	3528
Estetik değerler	122
Turizm ve rekreasyon değerleri	2143
Dini ve ruhani değerler	471
Kültürel miras değerleri	792



Şekil 3. Coğrafi etiketli fotoğrafların noktasal dağılımı (A: Estetik değer, B: Turizm ve rekreasyon değeri, C: Dini ve ruhani değerler, D: Kültürel miras değeri)



Şekil 4. Coğrafi etiketli fotoğraf sayılarının 2010 – 2020 yılları arasındaki dağılımı



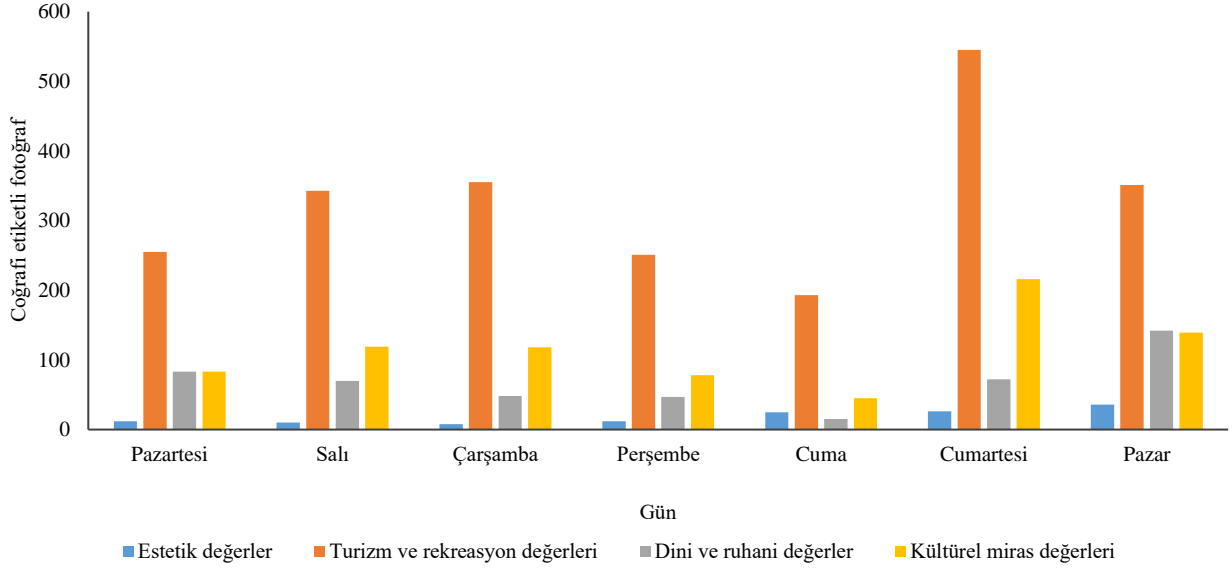
Şekil 5. Coğrafi etiketli fotoğraf sayılarının aylık bazda dağılımı

Haftalık modeller, hafta içi ve hafta sonu yapılan fotoğraf paylaşımlarının dağılımını ve Ihlara Vadisi'nin kullanım durumunu göstermektedir (Şekil 6).

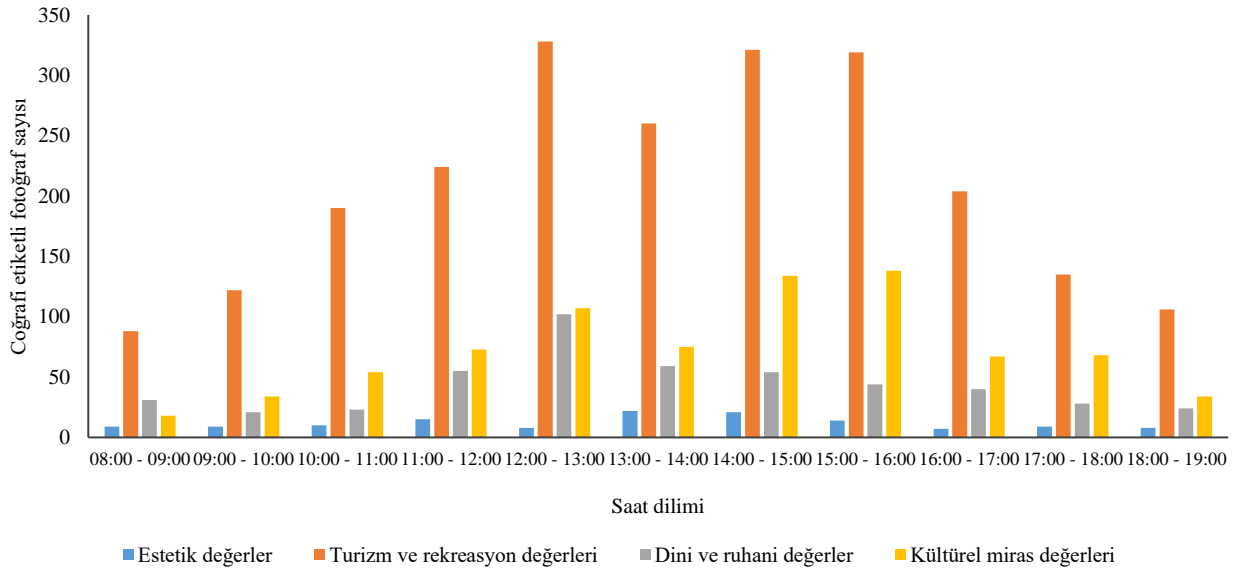
Şekil 6 incelendiğinde haftalık kalıplar, Cumartesi ve Pazar günlerinin tatil olmasına bağlı olarak daha fazla fotoğraf paylaşımının yapıldığını göstermiştir. Bunun yanı sıra, kalan günler normal davranış göstermektedir. Hafta içi

günleri iş günleri olması sebebiyle bu günlerde paylaşım sıklığı nispeten düşük ve neredeyse aynıdır.

Günlük modeller, gün içindeki fotoğraf paylaşımlarının saatlik dağılımını göstermektedir. Ihlara Vadisi'nin ziyaret saatlerine bağlı olarak sabah 08:00 ile akşam 19:00 saatleri arasında ziyaretçilerin fotoğraf paylaşım davranışı gözlemlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 6. Coğrafi etiketli fotoğraf sayılarının günlere göre dağılımı



Şekil 7. Coğrafi etiketli fotoğraf sayılarının günlük saat dilimlerine göre dağılımı

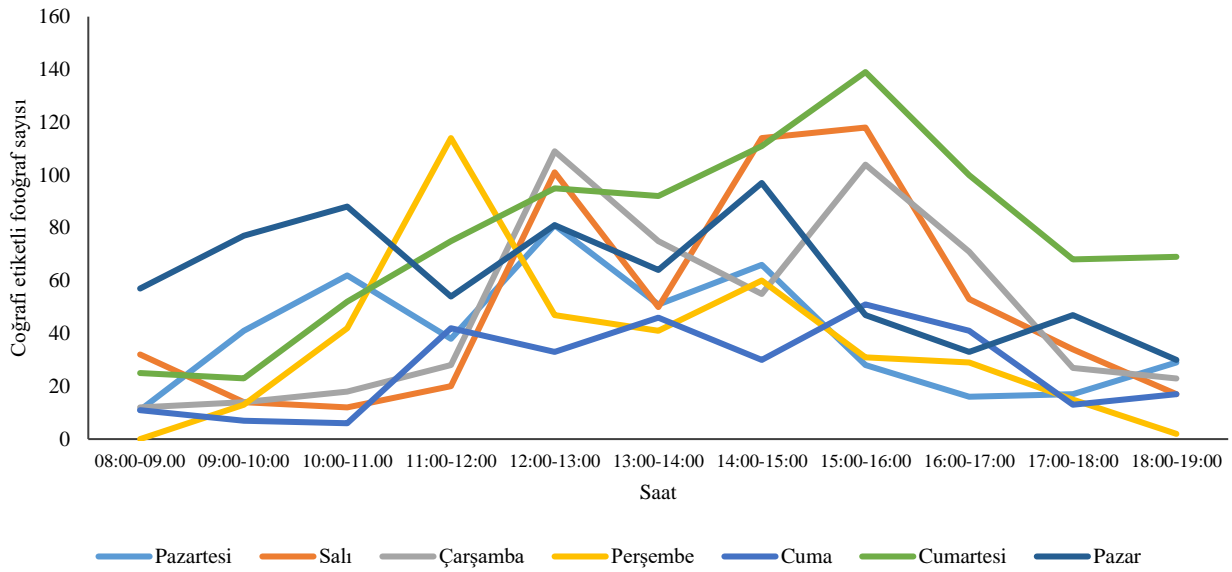
Şekil 7 incelendiğinde en fazla paylaşım 14:00-16:00 saatleri arasında, en az paylaşım ise 08:00-09:00 ve 18:00-19:00 saatleri arasında yapıldığı görülmüştür.

Ihlara Vadisi'nin günlük fotoğraf paylaşım eğilimini gözlemlemek için ziyarete açılış ve kapanış saatleri arasında analiz gerçekleştirilmiştir (Şekil 8).

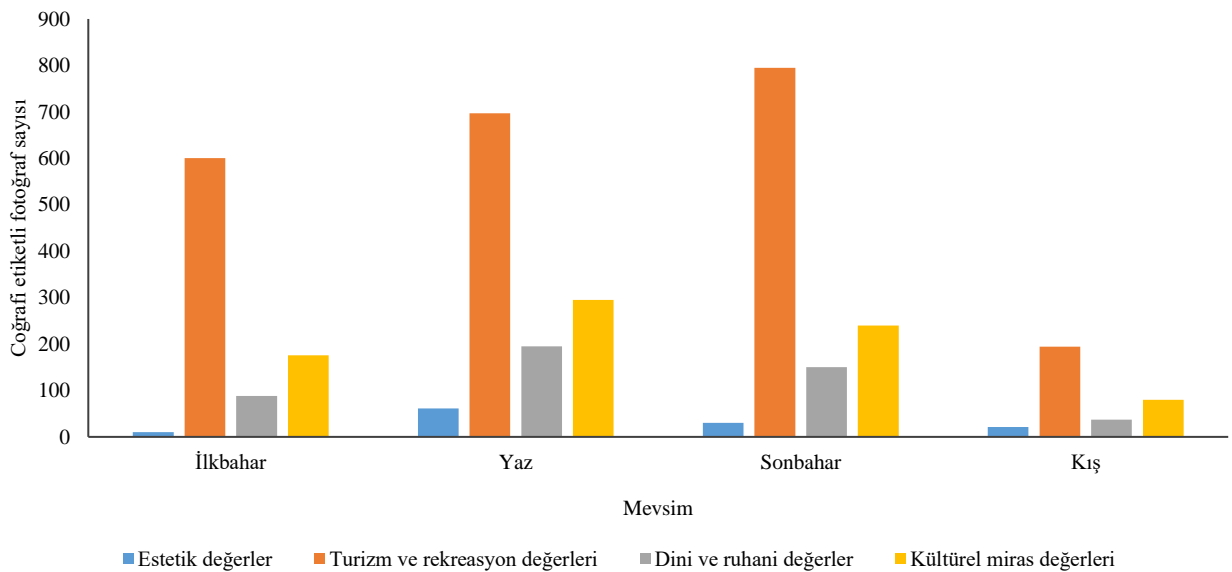
Şekil 8 incelendiğinde, 08:00-15:00 saatleri arasında fotoğraf paylaşım eğiliminde artış olduğu, saat 15:00'dan itibaren ise fotoğraf paylaşım eğiliminde bir düşüş olduğu görülmüştür.

Mevsimsel faktörler ve iklim koşulları bir korunan alanın işlevselliğini etkileyebilir. İlkbahar, yaz, sonbahar ve kış dönemi için Ihlara Vadisi'ne gelen ziyaretçilerdeki mevsimsel değişimler incelenmiştir (Şekil 9).

Şekil 9'daki mevsimsel dağılım grafiği, yaz ve sonbahar mevsimlerinde daha fazla fotoğraf paylaşımının yapıldığını göstermiştir. Kış mevsiminde yapılan fotoğraf paylaşım sayısı ise oldukça düşüktür. Ullah vd. (2019) çalışmalarında korunan alanlara yapılan ziyaretlerin yaz tatili dolayısıyla yaz mevsiminde yüksek yoğunlukta, kış mevsimi süresince olumsuz hava koşulları nedeniyle ziyaretlerin düşük yoğunlukta olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar korunan alanlara yönelik gerçekleştirilen ziyaretlerdeki mevsimsel değişkenliği açıklamak için hava koşullarını önemli bir faktör olarak belirtmişlerdir. Araştırmanın mevsimsel analiz sonuçları, bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 8. Ihlara Vadisi'nden gerçekleştirilen fotoğraf paylaşımının günlük saatlere göre eğilimi



Şekil 9. Coğrafi etiketli fotoğraf sayılarının mevsimsel bazda dağılımı

3.3. Mekânsal analiz

Bu bölümde, KDE yöntemi kullanılarak Ihlara Vadisi sınırları içinde paylaşılan coğrafi etiketli fotoğrafların her bir kültürel ekosistem hizmeti (estetik değeri, turizm ve rekreasyon değeri, dini ve ruhani değerler ve kültürel miras değerleri) açısından mekânsal analizi araştırılmıştır. Fotoğrafların konumunu ifade eden enlem ve boylam değerleri ile ziyaretçilerin günlük ve mevsimsel periyotlarda kültürel ekosistem hizmetleri değerine göre aktiviteleri CBS ortamında haritalanmış ve karşılaştırılmıştır. Haritalarda kırmızı renkteki alanlar daha yüksek insan yoğunluğunu, aktivite sıklığını ve sosyal medya kullanım yoğunluğunu göstermektedir. Analiz sonuçları mekânsal açıdan Ihlara Vadisi'nin dinamiğini ortaya koymuştur. Şekil 10'da kültürel ekosistem hizmetlerinin Kernel yoğunluk tahmini haritaları gösterilmiştir.

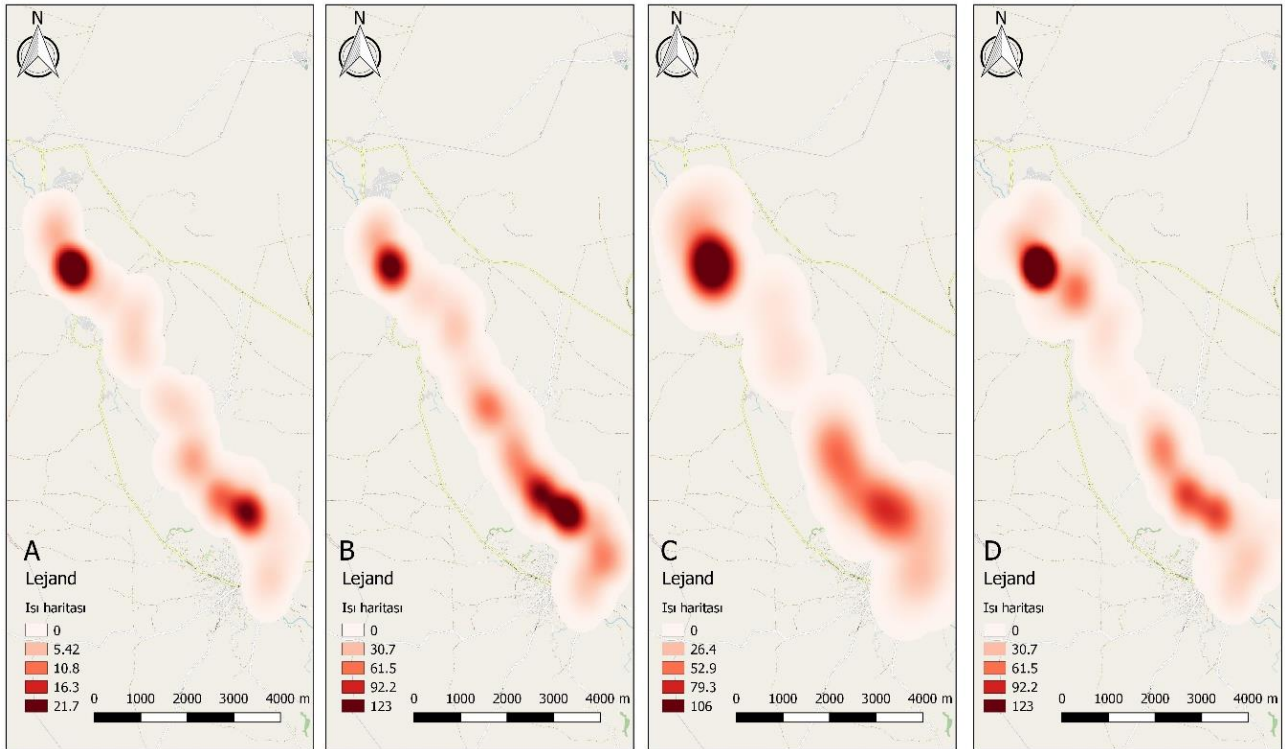
Estetik değer açısından Ağaçalı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi, Selime Katedrali ve Selime Sultan Türbesi ziyaretçi; Turizm ve rekreasyon değeri açısından Melendiz Nehri'nin kenarındaki manzaraya sahip alanlar, Ağaçalı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi, Selime Katedrali ve Peribacaları; Dini ve ruhani değerler açısından Selime Katedrali ve Selime Sultan Türbesi, Ağaçalı Kilisesi ve Sümbüllü Kilisesi; Kültürel miras değeri açısından Ağaçalı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi,

Selime Katedrali, Peribacaları, Selime Kalesi ve Selime Sultan Türbesi ziyaretçi faaliyetlerinin merkezi olarak görülmüştür. Isı haritasında ziyaretçilerin mekânsal tercihlerinin ilgili yerler etrafında kümelenmesini etkileyen çeşitli faktörlerin olduğu tahmin edilmiştir. Ihlara Vadisi'nin tarihi, sanatsal ve kültürel dokusu ile doğal güzelliklerini bir arada deneyimlemek ve fotoğraflamak isteyen gününbirlik ziyaretçilerce tercih edildiği düşünülmektedir.

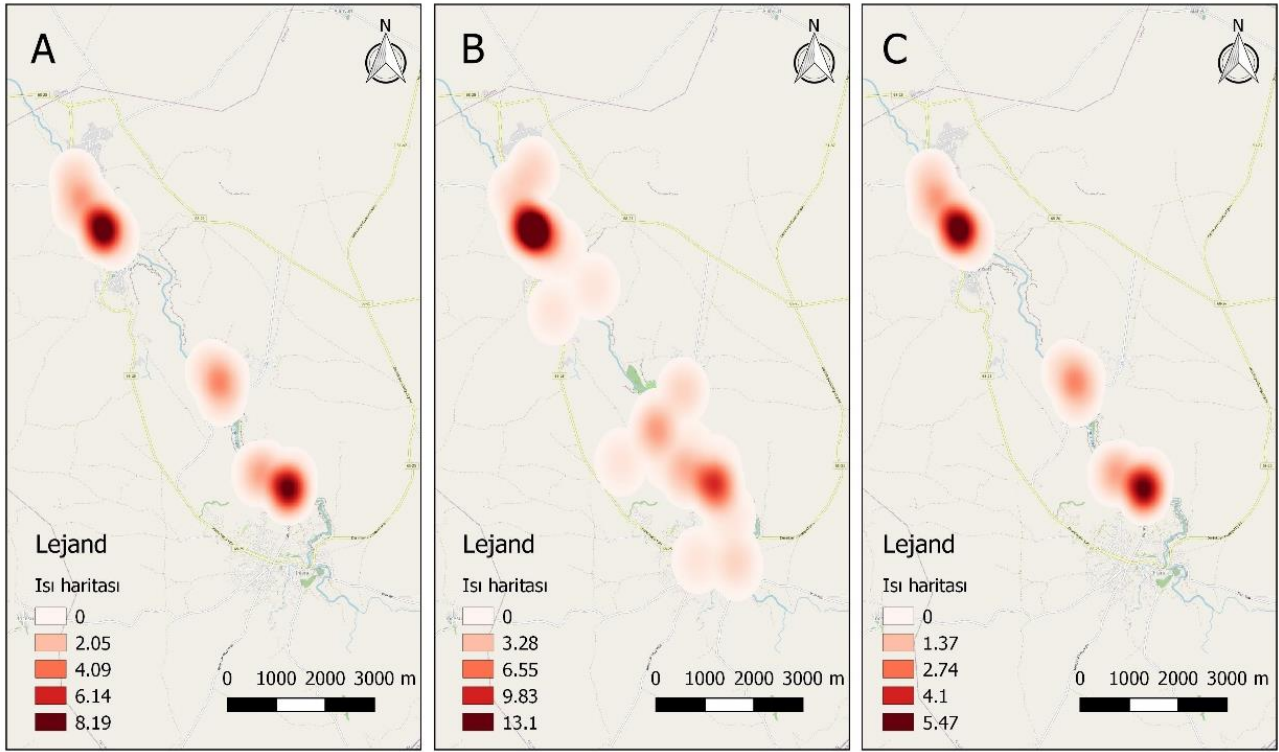
Günün farklı saatlerinde ziyaretçilerin vadi içerisindeki davranışlarını ve tercihlerini gözlemek amacıyla her bir kültürel ekosistem hizmeti için 08:00-12:00, 12:00-16:00 ve 16:00-19:00 zaman dilimleri aralığında mekânsal analizler gerçekleştirilmiştir. Şekil 11 estetik değeri açısından Ihlara Vadisi'nin zamansal-mekânsal dinamiklerini ortaya koymaktadır.

Analiz sonuçları hem mekân hem de saat dilimi yönünden vadinin dinamiğini ortaya çıkarmıştır. 08:00-12:00 aralığında Ağaçalı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi, Selime Katedrali ve Selime Sultan Türbesi; 12:00-16:00 ve 16:00-19:00 aralığında ise Ağaçalı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi, Selime Katedrali ve Peribacaları en fazla fotoğraf paylaşım yoğunluğunu içeren mekanlar olarak görülmüştür.

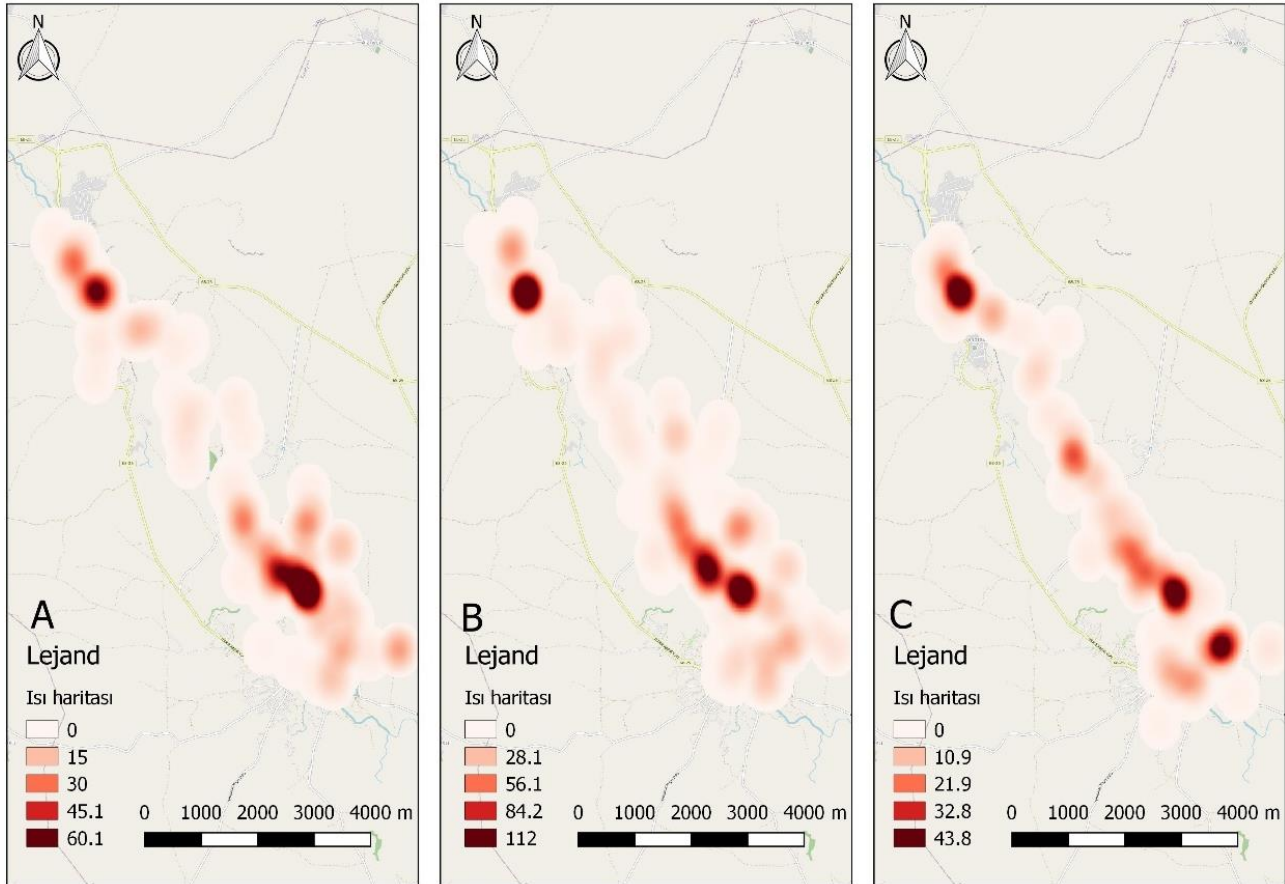
Şekil 12 turizm ve rekreasyon değerleri açısından Ihlara Vadisi'nin zamansal-mekânsal dinamiklerini ortaya koymaktadır.



Şekil 10. Ihlara Vadisi'ndeki kültürel ekosistem hizmetlerinin Kernel yoğunluk tahmini haritası (A: Estetik değer, B: Turizm ve rekreasyon değeri, C: Dini ve ruhani değerler, D: Kültürel miras değeri)



Şekil 11. Günün farklı saatleri için estetik değerlere göre coğrafi etiketli fotoğraf yoğunluğu (A:08:00-12:00; B:12:00-16:00; C:16:00-19:00)



Şekil 12. Günün farklı saatleri için turizm ve rekreasyon değerlerine göre coğrafi etiketli fotoğraf yoğunluğu (A:08:00-12:00; B:12:00-16:00; C:16:00-19:00)

Turizm ve rekreasyon değerlerine göre 08:00-12:00 ve 12:00-16:00 aralığında Melendiz Nehri'nin kenarındaki manzaraya sahip alanlar, Ağaçaltı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi, Yılanlı Kilisesi, Selime Katedrali, Peribacaları ve Selime Sultan Türbesi; 16:00-19:00 aralığında ise Ağaçaltı Kilisesi, Yılanlı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi, Selime Katedrali ve Peribacaları en fazla fotoğraf paylaşım yoğunluğunu içeren mekanlar olarak görülmüştür.

Şekil 13 dini ve ruhani değerleri açısından Ihlara Vadisi'nin zamansal-mekânsal dinamiklerini ortaya koymaktadır.

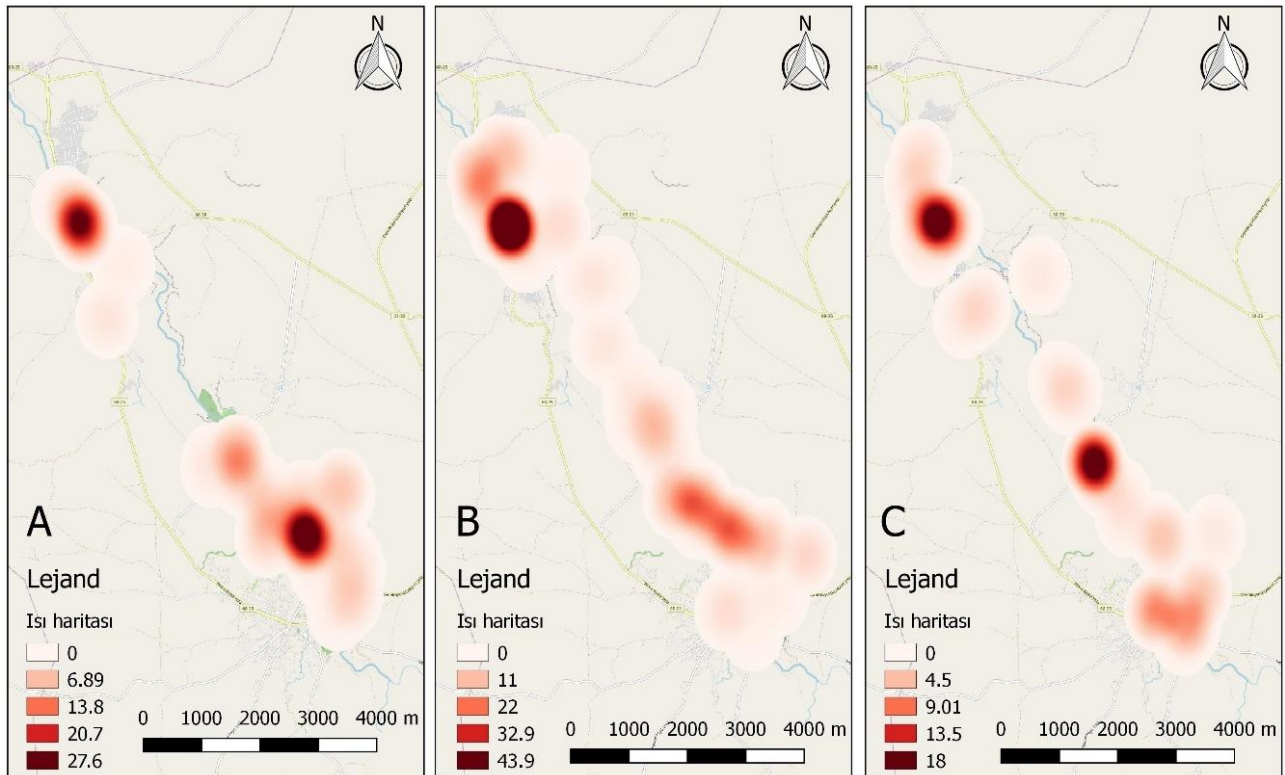
Dini ve ruhani değerlere göre 08:00-12:00 aralığında Ağaçaltı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi, Yılanlı Kilisesi, Selime Katedrali; 12:00-18:00 aralığında Selime Katedrali; 16:00-19:00 aralığında ise Karagedik Kilisesi, Direkli Kilisesi, Selime Katedrali en fazla fotoğraf paylaşım yoğunluğuna sahip yerler olarak görülmüştür.

Şekil 14 kültürel miras değerlerine göre Ihlara Vadisi'nin zamansal-mekânsal dinamiklerini ortaya koymaktadır.

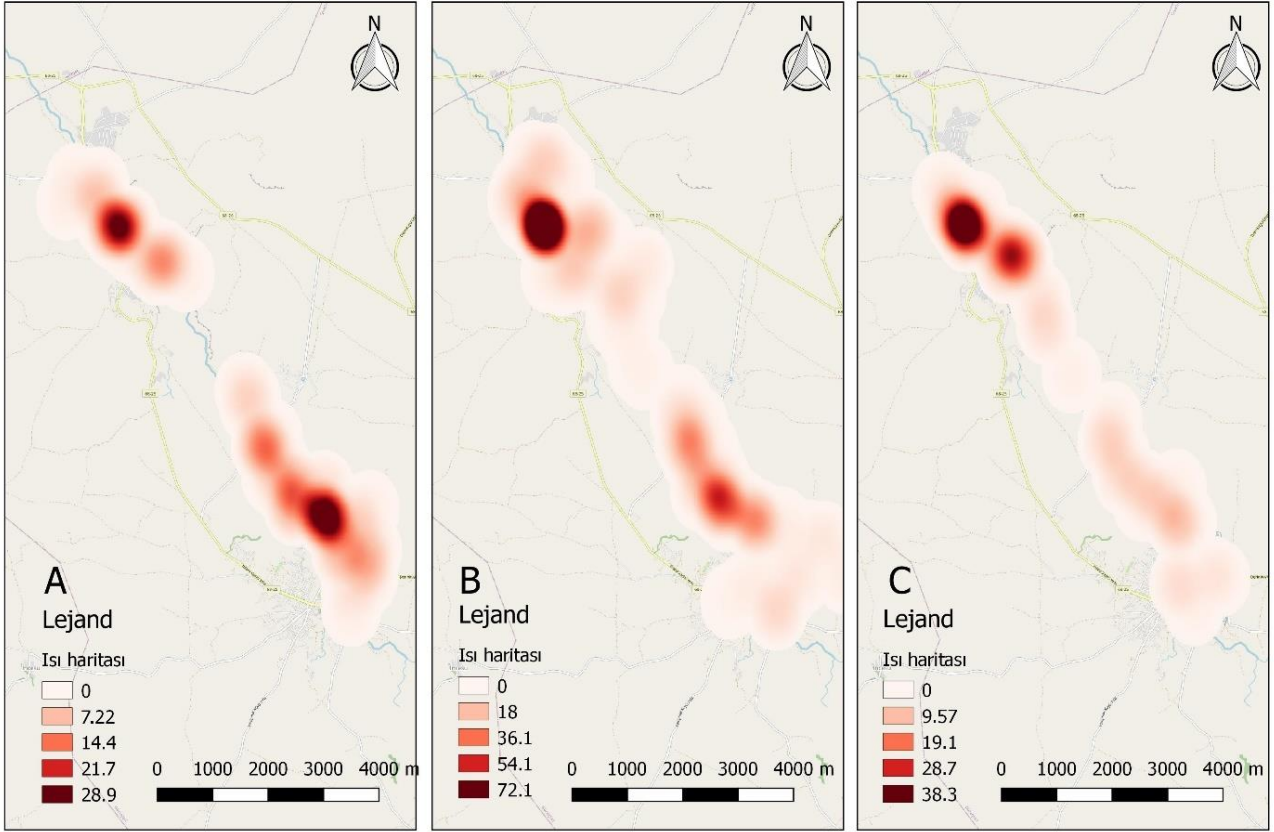
Kültürel miras değerlerine göre 08:00-12:00 aralığında Ağaçaltı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi, Yılanlı Kilisesi, Selime Katedrali ve Peribacaları; 12:00-18:00 aralığında Selime Katedrali; 16:00-19:00 aralığında ise Selime Katedrali ve Peribacaları en fazla fotoğraf paylaşım yoğunluğuna sahip mekanlar olarak görülmüştür.

Ziyaretçilerin Ihlara Vadisi'ne sabahın erken saatlerinde gelmeye başladıkları ve akşama kadar ziyaret deneyimlerini sürdürdükleri söylenebilir. Tabiat, tarih, sanat ve kültür olgusunu bir arada deneyimlemek isteyen ziyaretçilerce bölgenin öğleden sonraki saatlerde ilgi odağı haline geldiği düşünülmektedir.

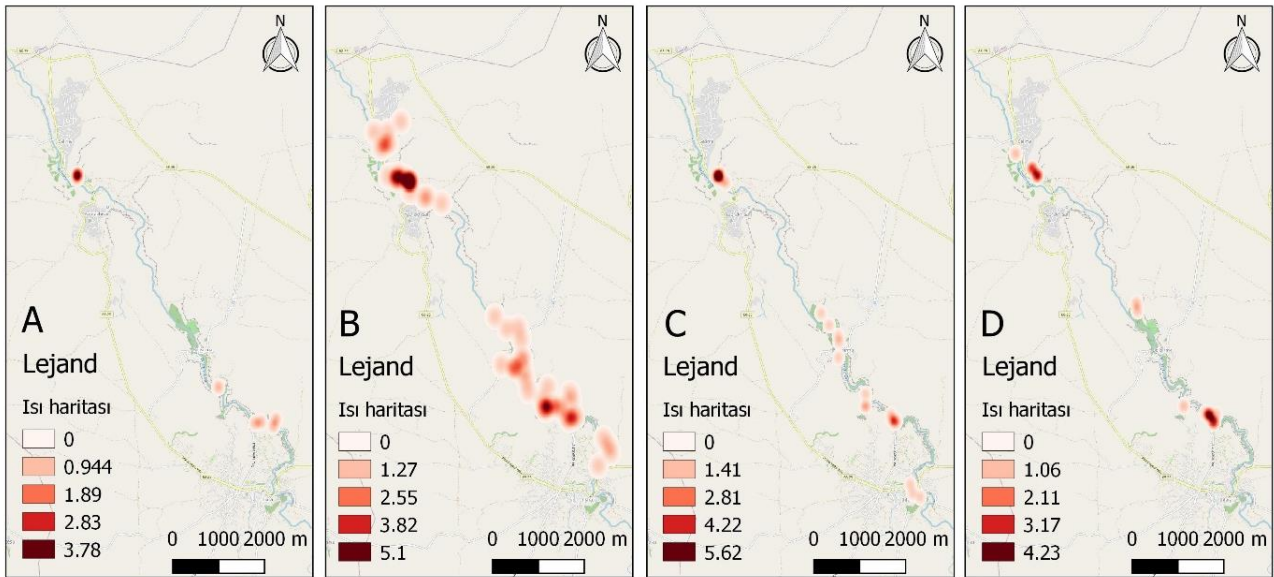
Ziyaretçilerin mevsimsel davranış modellerini irdelemek amacıyla ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış dönemleri için mekânsal analizler gerçekleştirilmiştir. Şekil 15'te estetik değer açısından mevsimsel dönemlere ait mekânsal analiz sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 13. Günün farklı saatleri için dini ve ruhani değerlere göre coğrafi etiketli fotoğraf yoğunluğu (A:08:00-12:00, B:12:00-16:00; C:16:00-19:00)



Şekil 14. Günün farklı saatleri için kültürel miras değerlerine göre coğrafi etiketli fotoğraf yoğunluğu (A:08:00-12:00, B:12:00-16:00; C:16:00-19:00)



Şekil 15. Mevsimlere göre estetik değer açısından coğrafi etiketli fotoğraf yoğunluğu (A:İlkbahar, B:Yaz; C:Sonbahar, D:Kış)

Eстетik değerlere göre İlkbahar ve sonbahar mevsiminde Selime Katedrali; Yaz mevsiminde Selime Katedrali, Yılanlı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi ve Peribacaları; Kış mevsiminde ise Selime Katedrali, Yılanlı ve Sümbüllü Kiliseleri en fazla fotoğraf paylaşım yoğunluğuna sahip mekanlar olarak görülmüştür.

Şekil 16'da turizm ve rekreasyon değerleri açısından mevsimsel dönemlere ilişkin mekânsal analiz sonuçları gösterilmiştir.

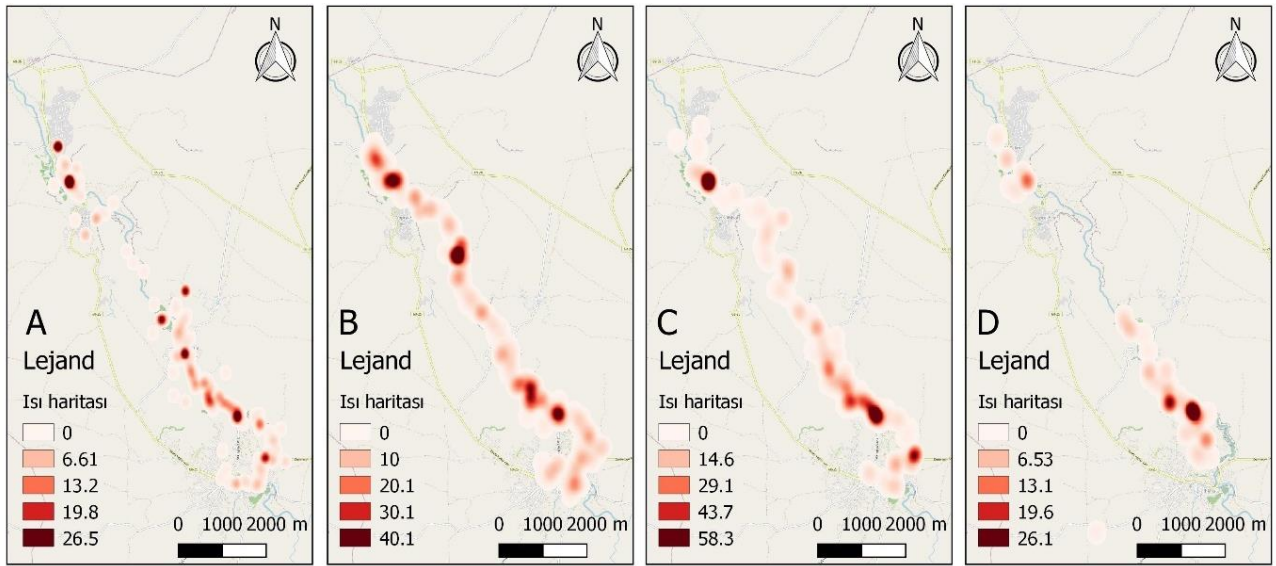
Turizm ve rekreasyon değerleri açısından İlkbahar mevsiminde Melendiz Nehri'nin kenarındaki manzaraya sahip alanlar, Ağaçalı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi, Yılanlı Kilisesi, Selime Katedrali ve Peribacaları; Yaz mevsiminde Melendiz Nehri'nin kenarındaki manzaraya sahip alanlar, Yılanlı Kilisesi ve Sümbüllü Kilisesi; Sonbahar mevsiminde Melendiz Nehri'nin kenarındaki manzaraya sahip alanlar,

Ağaçalı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi, Yılanlı Kilisesi, Selime Katedrali ve Peribacaları ; Kış mevsiminde ise Melendiz Nehri'nin kenarındaki manzaraya sahip alanlar, Ağaçalı Kilisesi, Sümbüllü Kilisesi en fazla fotoğraf paylaşım yoğunluğuna sahip mekanlar olarak görülmüştür.

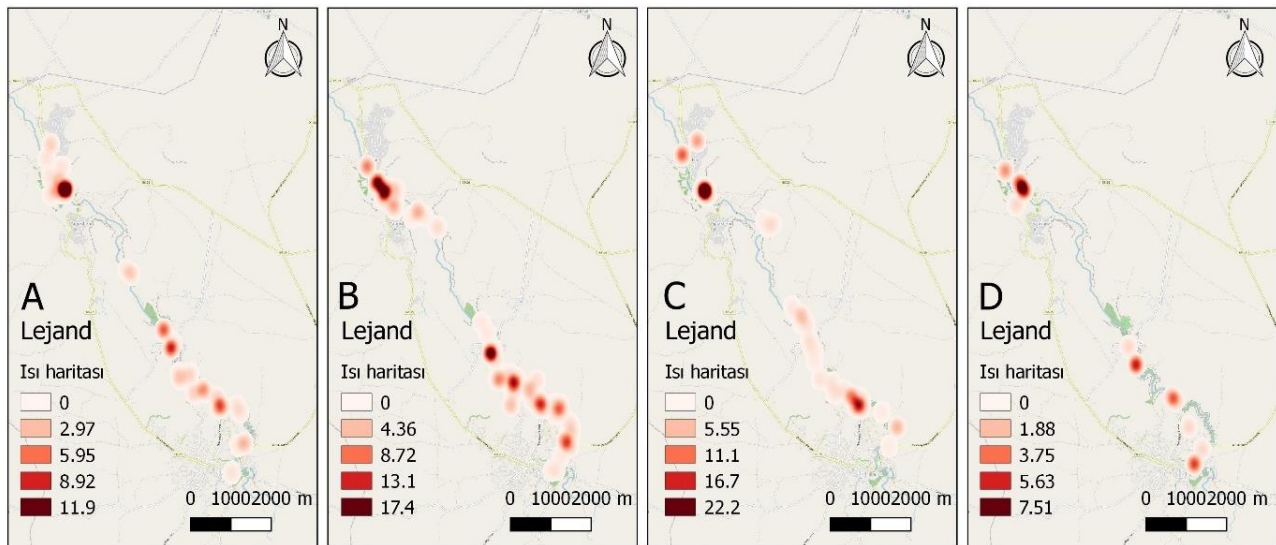
Şekil 17'de dini ve ruhani değerler açısından mevsimsel dönemlere ilişkin mekânsal analiz sonuçları gösterilmiştir.

Dini ve ruhani değerler açısından İlkbahar ve Kış mevsiminde Selime Katedrali; Yaz mevsiminde Selime Katedrali, Yılanlı Kilisesi ve Sümbüllü Kilisesi; Sonbahar mevsiminde Ağaçalı Kilisesi ve Selime Katedrali en fazla fotoğraf paylaşım yoğunluğuna sahip mekanlar olarak görülmüştür.

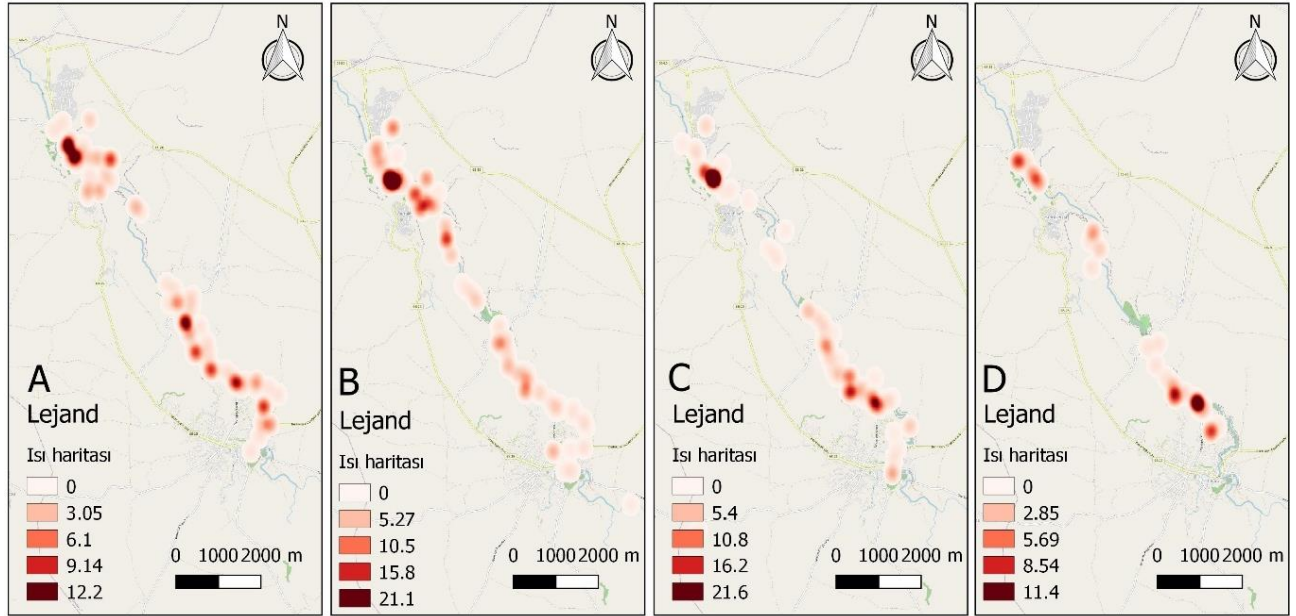
Şekil 18'de kültürel miras değerleri açısından mevsimsel dönemlere ilişkin mekânsal analiz sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 16. Mevsimlere göre turizm ve rekreasyon değerleri açısından coğrafi etiketli fotoğraf yoğunluğu (A:İlkbahar, B:Yaz, C:Sonbahar, D:Kış)



Şekil 17. Mevsimlere göre dini ve ruhani değerler açısından coğrafi etiketli fotoğraf yoğunluğu (A:İlkbahar, B:Yaz, C:Sonbahar, D:Kış)



Şekil 18. Mevsimlere göre kültürel miras değerleri açısından coğrafi etiketli fotoğraf yoğunluğu (A:İlkbahar, B:Yaz; C:Sonbahar, D:Kış)

Kültürel miras değerleri açısından İlkbahar mevsiminde Selime Katedrali, Peribacaları ve Ağaçalı Kilisesi; Yaz mevsiminde Selime Katedrali; Sonbahar mevsiminde Selime Katedrali ve Peribacaları; Kış mevsiminde ise Sümbüllü Kilisesi ve Yılanlı Kilisesi en fazla fotoğraf paylaşım yoğunluğuna sahip mekanlar olarak görülmüştür.

Mevsime bağlı olarak hava durumunun, ziyaretçilerin mekânsal tercihleri ve davranış modelleri üzerinde etkisi olduğu söylenebilir.

Çalışmanın bulguları ziyaretçilerin İhlara Vadisi'ndeki davranış modelleri ve tercihleri üzerindeki mevsimsel etkileri, sabah, öğleden sonra, akşam olmak üzere günün zamanına ve haftanın günlerine bağlı olarak ziyaretçi sayılarındaki değişimleri ortaya koymuştur. Ayrıca bulgular İhlara Vadisi'nin yönetimi için güncel ve daha ayrıntılı veriler sunması bakımından coğrafi etiketli sosyal medya verilerinin tamamlayıcı veriler olarak kullanılabilirliğini göstermektedir.

4. Sonuç

Ziyaretçi verileri, ziyaretçilerin zamansal-mekânsal davranış özellikleri ve tercihleri korunan alanların yönetimi, doğal kaynakların sürdürülebilirliği ve doğa temelli turizm araştırmaları için çok önemlidir. Korunan alanlara yönelik ziyaretçi bilgilerine ulaşmanın zahmetli, zaman alıcı ve maliyetli olduğu durumlarda, coğrafi etiketli sosyal medya fotoğrafları bu bilgilere erişmek için alternatif bir veri kaynağı olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, sosyal ağ uygulaması Flickr'dan elde edilen coğrafi etiketli fotoğrafların, ziyaretçi davranışının ve tercihlerinin zamansal-mekânsal modellerini belirlemek amacıyla alternatif veri kaynağı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma, korunan alanlarda yönetim planlamasına yönelik olarak konum tabanlı sosyal medya verileri aracılığıyla ziyaretçilerin zamansal ve mekânsal davranış kalıplarının modellenmesi ve haritalanması açısından kaynak oluşturabilecek yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. İhlara Vadisi sınırları içinde ziyaretçiler tarafından Flickr'da

paylaşılan coğrafi konumlu fotoğraflar kullanılarak yoğunluk haritaları ve zamansal eğilim grafikleri ile ziyaretçi davranışının ve tercihlerinin ayrıntılı analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak; konum tabanlı Flickr verilerinin haftalık ve günlük zamansal dağılımları, en çok yoğun ve en az yoğun ziyaretçi dönemlerini belirlemeye, ziyaretçi yoğunluğunun yönetiminde ilave önlemler almaya ve genel ziyaretçi faaliyetlerini iyileştirmeye yardımcı olabilecek değerli bilgiler sunmuştur. Çalışmanın korunan alanlarda etkili planlama ve sürdürülebilir alan yönetimi konularında karar vericilere önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte konum tabanlı sosyal medya verilerinin, korunan alanlarda ziyaretçileri izlemek için potansiyel veri kaynağı olarak kullanılabilirliği ve gelecekteki araştırmalara yönelik yeni fırsatlar sunduğu görülmüştür.

Kaynaklar

- Arslan, E.S., Örcü, Ö.K., 2020. Kültürel ekosistem hizmetlerinin sosyal medya fotoğrafları kullanılarak modellenmesi: Eskişehir örneği. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 21(1): 94-105.
- Barros, C., Moya-Gómez, B., Gutiérrez, J., 2020. Using geotagged photographs and GPS tracks from social networks to analyse visitor behaviour in national parks. *Current Issues in Tourism*, 23(10):1291-1310.
- Borruso, G., 2008. Network density estimation: A GIS approach for analysing point patterns in a network space. *Transactions in GIS*, 12(3): 377-402.
- Cessford, G., Muhar, A., 2003. Monitoring options for visitor numbers in national parks and natural areas. *Journal for nature conservation*, 11(4):240-250.
- Clemente, L.L.C., County, M.D., 2019. State-Dependent subnetworks of parvalbumin expressing interneurons in Neocortex. *Cell Reports*, 2282-2288.
- Chun, J., Kim, C.K., Kim, G.S., Jeong, J., Lee, W.K., 2020. Social big data informs spatially explicit management options for national parks with high tourism pressures. *Tourism Management*, 81: 104136.
- Flickr, 2021. Fotoğraf paylaşım platformu ve sosyal ağ aracı. SmugMug, <https://www.flickr.com>, Erişim:10.04.2021.

- Gede, 2018. Flickr Metadata Downloader. QGIS Python Plugins Repository, <https://plugins.qgis.org/plugins/flickrdl/>, Erişim: 07.04.2021.
- Gülçin, D., 2020. Kültürel ekosistem hizmetlerinin sosyal medya verileri kullanılarak haritalanması: Datça yarımadası örneği. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 21(4): 407-416.
- Haines-Young, R., Potschin-Young, M., 2018. Revision of the common international classification for ecosystem services (CICES V5. 1): A policy brief. *One Ecosystem*, 3, e27108.
- Heikinheimo, V., Minin, E. D., Tenkanen, H., Hausmann, A., Erkkonen, J., Toivonen, T., 2017. User-generated geographic information for visitor monitoring in a national park: A comparison of social media data and visitor survey. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(3):85-99.
- Keeler, B.L., Wood, S.A., Polasky, S., Kling, C., Filstrup, C.T., Downing, J.A., 2015. Recreational demand for clean water: Evidence from geotagged photographs by visitors to lakes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(2):76-81.
- KTB, 2021. Aksaray İli Tanıtım Broşürleri. TC Kültür ve Turizm Bakanlığı. <https://aksaray.ktb.gov.tr>, Erişim:17.04.2021.
- Levin, N., Kark, S., Crandall, D., 2015. Where have all the people gone? Enhancing global conservation using night lights and social media. *Ecological Applications*, 25(8): 2153-2167.
- Mancini, F., Coghill, G.M., Lusseau, D., 2018. Using social media to quantify spatial and temporal dynamics of nature-based recreational activities. *PloS one*, 13(7), e0200565.
- Moreno-Llorca, R., Méndez, P.F., Ros-Candeira, A., Alcaraz-Segura, D., Santamaria, L., Ramos-Ridao, Á.F., Vaz, A.S., 2020. Evaluating tourist profiles and nature-based experiences in Biosphere Reserves using Flickr: Matches and mismatches between online social surveys and photo content analysis. *Science of The Total Environment*, 737, 140067.
- Python, 2021. Python Programming Language. Python Software Foundation, <https://www.python.org>, Erişim:10.04.2021.
- Schägner, J.P., Maes, J., Brander, L., Paracchini, M.L., Hartje, V., Dubois, G., 2017. Monitoring recreation across European nature areas: A geo-database of visitor counts, a review of literature and a call for a visitor counting reporting standard. *Journal of outdoor recreation and tourism*, 18:44-55.
- Sessions, C., Wood, S.A., Rabotyagov, S., Fisher, D.M., 2016. Measuring recreational visitation at US National Parks with crowd-sourced photographs. *Journal of environmental management*, 183:703-711.
- Tenkanen, H., Di Minin, E., Heikinheimo, V., Hausmann, A., Herbst, M., Kajala, L., Toivonen, T., 2017. Instagram, Flickr, or Twitter: Assessing the usability of social media data for visitor monitoring in protected areas. *Scientific reports*, 7(1): 1-11.
- Ullah, H., Wan, W., Ali Haidery, S., Khan, N.U., Ebrahimpour, Z., Luo, T., 2019. Analyzing the spatiotemporal patterns in green spaces for urban studies using location-based social media data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(11): 506-525.
- Uslu, A., 2021. Sosyal medya verileri kullanılarak milli park ziyaretlerinin mekânsal ve zamansal değişiminin modellenmesi: Beydağları Sahil Milli Parkı örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23 (2):386-398.
- Wood, S.A., Guerry, A.D., Silver, J.M., Lacayo, M., 2013. Using social media to quantify nature-based tourism and recreation. *Scientific reports*, 3(1):1-7.

Toros göknarı için uyumlu hacim ve gövde çapı modelleri

Onur Alkan^{a,*} , Ramazan Özçelik^a 

Özet: Bu çalışmada, orman envanteri uygulamaları için bir gövde çapı modelinin seçiminde kullanılabilecek istatistiksel ve pratik hususları göstermek amacıyla Toros göknarı (*Abies cilicica* Carr.) için dört gövde çapı modeli karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla Kozak vd. (1969), Demaerschalk (1972), Max ve Burkhart (1976) ve Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen uyumlu gövde çapı modelleri seçilmiştir. Modeller, ortalama hata (MD), tahminlerin standart hatası (SEE) ve uyum indeksi (FI) ölçüt değerleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen modelin gövde çapı ve gövde hacmi tahminlerinde diğer modellerden daha üstün olduğu görülmüştür. Ancak bu model gövde çapı ve hacim tahminleri için 5.30 m'deki çap değerine de ihtiyaç duyması nedeniyle Max ve Burkhart (1976) modelinin test edilen modeller arasında pratik ormancılık uygulamaları için daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Clark vd. (1991), Max ve Burkhart (1976) ve Demaerschalk (1972) modelleri çap ve hacim tahminlerindeki MD ve SEE değerleri bakımından hem tüm gövde hem de gövdenin farklı bölümleri için tutarlı tahmin performansları göstermiştir. Test edilen modeller için çap tahminlerindeki ortalama hata 2.0 cm'den, hacim tahminlerindeki ortalama hata ise 0.01 m³'ten daha azdır. Karşılaştırılan tüm modeller, 10 farklı nispi boy sınıfı esas alındığında, herhangi bir noktadaki çap ve ticari gövde hacim tahminleri için güvenilir sonuçlar üretmiştir.

Anahtar sözcükler: Uyumlu gövde çapı modeli, Gövde çapı ve hacim, Toros göknarı

Compatible stem volume and taper equations for Cilicica fir

Abstract: Four taper estimating systems were evaluated for Cilicica fir (*Abies cilicica* Carr.) in Turkey to demonstrate statistical and practical considerations that should be used when selecting a taper estimating system for forest inventory purposes. The four equations selected were: Kozak et al. (1969), Demaerschalk (1972), Max and Burkhart (1976), and Clark et al. (1991). Tested models have been compared using evaluation statistics like as: mean difference (MD), standard error of the estimate (SEE), and Fit index (FI). Clark et al. (1991)'s segmented taper model was superior in predicting Cilicica fir stem form and stem volume than the other models. However, since this model also requires the measurement of the upper stem diameter value at 5.30 m for stem diameter and volume estimations, it was concluded that Max and Burkhart (1976) model is more suitable for practical forestry purposes among the models tested. Clark et al.'s, Max and Burkhart's, and Demaerschalk's models showed consistent prediction performances for both the whole stem and different parts of the stem in terms of MD and SEE values in diameter and volume estimates. Average diameter and volume prediction errors were less than 2.0 cm and 0.01 m³, respectively. All models produced reliable results for diameter and merchantable taper volume estimates at any point, based on 10 different relative height classes.

Keywords: Compatible stem diameter model, Taper and volume, *Abies cilicica*

1. Giriş

Ağaç gövde hacim tahminleri, orman envanteri ve planlama çalışmalarının en önemli aşamalarından birisini oluşturmaktadır. Uzun yıllardır Türkiye'de ağaç türlerine ilişkin gövde hacim tahminlerinde, yöresel tek girişli hacim tabloları kullanılmaktadır. Ancak değişen pazar şartları ve farklı faydalanma alternatifleri için doğru hacim tahminlerine olan ihtiyacın karşılanması konusunda günümüzde kullanılan yöresel hacim tabloları yetersiz kalmaktadır. Son yıllarda, herhangi bir ticari standart için gövde hacmini ya da herhangi bir noktadaki gövde çapını tahmin etmek için en doğru yaklaşımlardan birisinin, uyumlu hacim ve gövde çapı modelleri olduğu ifade edilmektedir (Jiang vd. 2005; Özçelik ve Alkan, 2012; Özçelik ve Crecente-Campo, 2016; Alkan vd., 2019). Bir gövde çapı denkleminin dip kütük ile tepe noktası

arasındaki integrali alındığında, elde edilen hacim toplam gövde hacmine; dip kütük ile gövdenin belirli yükseklikleri arası için integrali alındığında elde edilen hacim, hacim oran denklemi ile hesaplanan hacme eşit ise böyle denklemler "uyumlu gövde çapı denklemi" olarak isimlendirilmektedir (Demaerschalk, 1972). Ülkemizdeki pek çok ağaç türü için özellikle yöresel düzeyde geliştirilmiş uyumlu gövde çapı ve hacim modeli bulunmamaktadır.

Kozak (2004)'e göre, gövde çapı modelleri; (1) gövde boyunca herhangi bir noktadaki çap değerinin, (2) toplam gövde hacminin, (3) dipten gövde üzerindeki herhangi bir uç çap değeri için ticari boyun ve ticari hacmin ve (4) dipten herhangi bir yükseklikteki ve boydaki tomruk hacimlerinin tahminine imkân sağlamaktadır. Yüz yılı aşkın bir süredir gövde formunun modellenmesi amacıyla değişik formda pek çok gövde çapı modeli geliştirilmiştir (McTague ve Weiskittel, 2021). Bununla birlikte, pek çok araştırmacı

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, 32260, Isparta

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): onuralkan@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 01.09.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 23.09.2021



Citation (Atıf): Alkan, O., Özçelik, R., 2021. Toros göknarı için uyumlu hacim ve gövde çapı modelleri. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 408-416. DOI: [10.18182/tjf.989732](https://doi.org/10.18182/tjf.989732)

tarafından bu konuda farklı ağaç türleri ve yetiştirme ortamları için daha fazla çalışmanın yapılmasının gerekli olduğu da vurgulanmıştır (Sharma ve Parton 2009; Eker vd., 2017; Jiang vd., 2005). Newnham (1988)'e göre, bu alanda yeni çalışmaların yapılması gerektiğinin iki önemli nedeni bulunmaktadır. Bunlardan ilki, farklı ağaç türleri için gövde formlarındaki varyasyonu tanımlamaya yetecek tek bir teorinin geliştirilememiş olmasıdır. İkincisi ve ormancılık uygulamaları açısından daha da önemlisi, sürekli değişen pazar koşullarına bağlı olarak değişen odun çeşidi standartlarını dikkate alan bir yöntemin elde edilememiş olmasıdır.

Geçen yüzyıl boyunca farklı formlarda basit gövde çapı modellerinden (Kozak vd., 1969; Demaerschalk, 1972; Ormerod, 1973; Hilt, 1980; Biging, 1984; McTague ve Bailey, 1987; Thomas ve Parresol, 1991; Sharma ve Oderwald, 2001; Zakrzewski ve MacFarlane, 2006) karmaşık gövde çapı modellerine kadar (Max ve Burkhart, 1976; Demaerschalk ve Kozak, 1977; Cao vd., 1980; Clark vd., 1991; Kozak 1988 ve 2004; Bi, 2000; Fang vd., 2000; Jiang vd., 2005; Jordan vd., 2005) pek çok model geliştirilmiştir. Basit gövde çapı modelleri, ağaçların genel gövde formunu tek bir model ile tanımlamada genel olarak yeterliyken, tüm gövdeyi tanımlamada yetersiz kalmaktadır. Bu tip gövde çapı modelleri, gövdenin orta bölümünü nispeten başarılı bir şekilde tanımlarken, dip ve üst gövde bölümlerini tanımlamada yetersiz kalmaktadır (Max ve Burkhart 1976; Demaerschalk ve Kozak 1977; Kozak 1988; Newnham 1992). Basit gövde çapı modellerinin bu dezavantajları, ilk örneği Max ve Burkhart (1976) tarafından tanımlanan parçalı gövde çapı modelleri ile giderilmeye çalışılmıştır. Bu model formunda, gövde üç parçaya ayrılmış ve her bir gövde parçası farklı fonksiyonlar yardımı ile tanımlanmıştır. Birçok araştırmacı, bu yaklaşım tarzını farklı ağaç türlerinin gövde çapı ve gövde hacim tahminlerinde başarı ile kullanmışlardır (Coble ve Hilpp, 2006; Brooks vd., 2008; Shahzad vd., 2021).

Özellikle son yirmi yılda yapılan çalışmalarda, değişik formdaki gövde çapı modellerinin; gövde çapı, ticari hacim ve toplam hacim tahminlerindeki performansı karşılaştırılmıştır. Örneğin Martin (1981) tarafından yapılan bir çalışmada, bazı gövde çapı modelleri karşılaştırılmış ve çap, boy ve hacim tahminleri için tek bir model formunun en başarılı model olmamasına rağmen, Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen modelin genel olarak daha başarılı olduğu görülmüştür. Cao vd. (1980), gövde çapı tahminleri amacıyla altı farklı modeli karşılaştırmış ve Max ve Burkhart (1976) parçalı gövde çapı modelini daha başarılı bulmuştur. Figueiredo-Filho vd. (1996) ise beş farklı gövde çapı modelini çap, ticari hacim ve toplam hacim tahminleri açısından dört farklı ölçüt değeri kullanılarak değerlendirmiştir. Bu çalışmada kullanılan değerlendirme istatistiklerinin pek çoğuna göre, Clark vd. (1991) gövde çapı modelinin, gövde profilinin modellenmesi ve gövde hacim tahminleri açısından diğer modellerden daha başarılı olduğu görülmüştür. Kozak ve Smith (1993), orman envanteri amaçları açısından dört farklı gövde çapı modelini karşılaştırmıştır. Sonuçlar, Kozak (1988) modelinin Ormerod (1986), Max ve Burkhart (1976) ve Newnham (1988)'den çap ve toplam hacim tahminleri açısından daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur. Özçelik ve Crecente-Campo (2016) tarafından yapılan çalışmada ise, değişik formlarda (basit, parçalı ve değişken şekil) on farklı model, çap, toplam hacim, ticari hacim ve ticari boy tahminleri

açısından karşılaştırılmış ve Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen modelin diğer modellere göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Aynı çalışmada, genel olarak parçalı gövde çapı modellerinin, diğer formlardaki gövde çapı modellerine göre daha iyi tahmin performansı gösterdiği de görülmüştür. Hussain vd. (2020) tarafından üç farklı ağaç türü için beş farklı model; gövde çapı, ticari hacim ve toplam hacim tahminlerindeki başarı durumları açısından karşılaştırılmış ve en başarılı sonuçlar Clark vd. (1991) ile elde edilmiştir. Shahzad vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, farklı formlardaki sekiz gövde çapı modeli; çap, ticari ve toplam hacim tahminleri açısından karşılaştırılmış ve kullanılan değerlendirme ölçütleri açısından Fang vd. (2000) tarafından geliştirilen gövde çapı modelinin en başarılı sonuçları verdiği görülmüştür. Hussain vd. (2021) ise iki farklı ağaç türü için farklı formlardaki sekiz gövde çapı modelini; gövde çapı, ticari ve toplam hacim tahminlerindeki başarı durumları açısından karşılaştırmış ve en başarılı sonuçların Clark vd. (1991) ile elde edildiğini belirlemişlerdir. Shahzad vd. (2021) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise, üç farklı gövde çapı modeli, gövde çapı tahminlerindeki başarısı açısından karşılaştırılmış ve en başarılı sonuçlar Max ve Burkhart (1976) modeli ile elde edilmiştir. Tüm bu çalışmaların ortak bir sonucu olarak, parçalı gövde çapı modellerinin diğer gövde çapı modellerine göre daha başarılı oldukları ve özellikle Clark vd. (1991) ve Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modellerinin diğer modellere oranla daha yüksek tahmin performansına sahip olduğu söylenebilir. Ülkemizde değişen piyasa şartlarına bağlı olarak orman ürünleri endüstrisindeki talepleri karşılamak amacıyla, farklı ağaç türleri ve yöreler için gövde çapı ve gövde hacim tahminlerinde kullanılacak uyumlu gövde çapı modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, seçilecek modelin hem rutin orman envanteri çalışmalarında kolayca kullanılabilmesi hem de elde edilen sonuçların istatistiki açıdan tatmin edici olması gereklidir.

Kozak ve Smith (1993) tarafından yapılan bir çalışmada, değişik formlardaki dört farklı gövde çapı modeli pratik ormancılık uygulamaları açısından istatistiki ölçütlerle değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, bir gövde çapı modelinin pratik ormancılık uygulamaları açısından;

- Değişik ticari standartlara sahip odun hacmini doğru tahmin edebilmesi,
- Model katsayılarının kolayca tahmin edilebilmesi,
- Denklem kolay uygulanabilir olması,
- Ticari ve toplam hacim tahminleri için kolayca hacim denklemine dönüştürülebilir olması,
- Denklem için gerekli olan bağımsız değişkenlerin (çap, boy vb.) kolay ölçülebilir olması
- Modelin ilgili ağaç türü için geniş bir coğrafi bölgede test edilmiş olması gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir.

Model performanslarının değerlendirilmesinde kullanılacak istatistiki değerlendirme ölçütleri açısından ise;

- MD, SEE ve FI gibi ölçütlerin birlikte kullanılması gerektiği,
- Bunun mümkün olmadığı ya da tek bir ölçütün kullanılacağı durumlarda ise FI'nin kullanılmasının yararlı olacağını belirtilmiştir.

Bu çalışma kapsamında dört farklı uyumlu gövde çapı modeli, tüm ağaç ve on farklı nispi boy sınıfı için yukarıda belirtilen pratik ormancılık uygulamaları ve farklı tahmin performans ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla, Türkiye'nin en önemli asli ağaç türlerinden birisi olan Toros göknarı meşcerelerinden alınan örnek ağaç verileri kullanılmıştır. Toros göknarı ormanları ülkemizde yaklaşık 279,020.6 ha alan kaplamakta ve bu alan üzerinde yaklaşık 41,7 milyon m³ ağaç serveti bulundurmaktadır (OGM, 2006). Toros göknarı, Türkiye'de orman ürünleri endüstrisinde; ambalaj, mobilya, kâğıt hamuru ve kâğıt ve kalıp yapımı vb. alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, Toros göknarı meşcerelerinin sürdürülebilir yönetim ilkeleri ve odununun kullanım alanları incelendiğinde, çok yönlü ve doğru hacim tahmin yöntemlerine ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

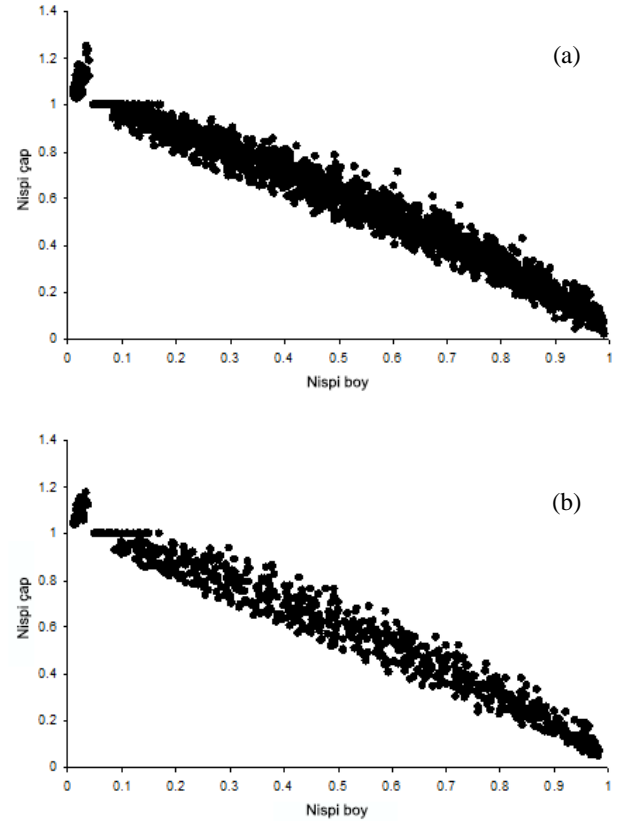
Bu çalışmada kullanılan toplam 204 örnek ağaç verisi eşit yaşlı ve doğal Toros göknarı meşcerelerinden elde edilmiştir. Örnek ağaçlar, Bucak Orman İşletme Müdürlüğündeki doğal Toros göknarı meşcerelerinin yayılış gösterdiği alanlar boyunca, mümkün olduğunca farklı çap ve boy sınıflarından homojen bir dağılımla toplanmıştır. Her örnek ağaç üzerinde göğüs çapı dijital çap ölçer yardımı ile 0.1 cm hassasiyetle ölçülmüştür. Örnek ağaçlar yaklaşık 0.3 m yükseklikten kesildikten sonra, 0.05 m hassasiyetle önce ağaç boyları şerit metre yardımı ile ölçülmüş; ardından 0.3 m'den başlanarak 1'er metre aralıklarla ağaç gövdesi boyunca tepe tomurcuğuna kadar çap ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Her ölçüm noktasında, birbirine dik iki çap ölçümü gerçekleştirilmiş ve ortalaması alınmıştır. Her ağaçta, gövde bölümünün hacmi Bailey (1995) tarafından geliştirilen "overlapping bolt method" yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Örnek ağaçların seçiminde, çalışma alanındaki genel meşcere koşullarının (sıklık, gelişme çağı, vb.) ve farklı çap-boy kademelerinin en iyi şekilde temsil edilebilmesine özen gösterilmiştir. Ölçümü yapılan 204 örnek ağaç, tesadüfi olarak model geliştirmek ve geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla iki gruba ayrılmıştır. Bu amaçla örnek ağaçların %75'i ($n=150$) model parametrelerinin tahmini amacıyla; geri kalan yaklaşık %25'i ($n=54$) ise geliştirilen modellerin gövde çapı ve toplam hacim tahminlerindeki performanslarının tahmini amacıyla kullanılmıştır. Her iki veri grubuna ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir. Şekil 1'de ise, her iki veri grubuna ilişkin nispi çap değerlerine karşılık gelen nispi boy değerlerini gösteren grafik verilmiştir.

Çizelge 1. Model geliştirme verileri için nitelendirici istatistikler

	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Toros göknarı ($n = 150$)				
Göğüs çapı (D, cm)	34.50	12.35	14.00	70.00
Toplam boy (H, m)	15.82	4.36	7.60	27.30
Disk kabuklu çapı (d, cm)	20.44	19.24	1.00	74.00
Disk boyu (h, m)	8.35	5.52	0.30	26.30

Çizelge 2. Model test verileri için nitelendirici istatistikler

	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maksimum
Toros göknarı ($n = 54$)				
Göğüs çapı (D, cm)	36.83	14.63	15.00	73.00
Toplam boy (H, m)	16.27	5.05	8.00	26.00
Disk kabuklu çapı (d, cm)	21.74	21.00	1.00	76.00
Disk boyu (h, m)	8.74	5.85	0.30	25.30



Şekil 1. Model geliştirme (a) ve model test (b) verileri için nispi çap-nispi boy grafiği

2.2. Yöntem

Gövde çapı ve hacim denklemleri

Bu çalışma için dört farklı uyumlu gövde çapı modeli seçilmiştir. Bu modellerden ikisi basit gövde çapı modeli (Kozak vd., 1969 ve Demaerschalk, 1972) iken, diğer ikisi parçalı gövde çapı modelidir (Max ve Burkhart, 1976 ve Clark vd., 1991). Yapılan çalışmalar, parçalı gövde çapı modellerinin, diğer gövde çapı modellerine göre gövde formunu tanımlamada daha başarılı olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada kullanılan Max ve Burkhart (1976) ve Clark vd. (1991) parçalı gövde çapı modelleri, son yıllarda değişik ağaç türleri için çap ve hacim tahminleri amacıyla en çok test edilen ve çoğunlukla da en başarılı sonuçları üreten modeller olarak karşımıza çıkmaktadır (Cao vd., 1980; Martin, 1981; Figueiredo-Filho vd., 1996; Özçelik ve Crecente-Campo, 2016; Shahzad vd., 2020).

Model 1: Kozak vd. (1969) tarafından önerilen uyumlu hacim ve gövde çapı modeli:

$$d = \left[D^2 \left(b_1 \left(\frac{h}{H} - 1 \right) + b_2 \left(\frac{h^2}{H^2} - 1 \right) \right)^{0.5} + \varepsilon \right] \quad (1)$$

$$V = 0.0000785 * D^2 \left[\frac{b_1(h_u^2 - h_l^2)}{2H} + \frac{b_2(h_u^3 - h_l^3)}{3H^2} - (b_1 + b_2)(h_u - h_l) \right] + \varepsilon \quad (2)$$

Burada, H , toplam ağaç boyu (m); D , kabuklu göğüs çapı (cm); V , toplam kabuklu gövde hacmini (m³); d , ağaç gövdesi üzerinde değişik noktalarda ölçülen çap değerlerini (cm); h , d çapının ölçüldüğü yüksekliği (m); h_u , gövde bölümünün üst noktasını; h_l , gövde bölümünün alt noktasını; z , oransal boyu (h/H) ve b_i ise denklem katsayılarını ifade etmektedir.

Model 2: Demaerschalk (1972) tarafından, mevcut hacim denklemlerinin uyumlu gövde çapı denklemlerine kolayca dönüştürülebileceği yeni bir yaklaşım sunulmuştur. Bu yöntemde, gövde çapı denklemi, mevcut bir logaritmik hacim denkleminde elde edilmektedir.

$$d = [D^2((10^{2b_1}) * (D^{2b_2} - 2) * [(H - h)^{2b_3}] * (H^{2b_4}))]^{0.5} \quad (3)$$

$$V = \frac{(0.0000785) * (10^{2b_1}) * (D^{2b_2}) * (H^{2b_4}) * (X_1^Z - X_2^Z)}{Z} \quad (4)$$

Burada,

$$Z = (2b_2) + 1; X_1 = H - h_l; X_2 = H - h_u \text{ 'yi ifade etmektedir.}$$

Model 3: Max ve Burkhart (1976) parçalı gövde çapı modeli:

Üç farklı denklemden oluşan bu model, gövdenin en alt kısmının neiloid, orta bölümünün kesik paraboloid, en üst bölümünün ise koni şeklinde olduğu varsayımından hareket etmektedir. Bu üç farklı denklem, iki ayrı katılma noktası ile birleştirilerek, tek bir denklem haline getirilmektedir. Model formu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\frac{d^2}{D^2} = b_1(Z - 1) + b_2(Z^2 - 1) + b_3(a_1 - Z)^2 I_1 + b_4(a_2 - Z)^2 I_2 \quad (5)$$

Burada,

$$I_i = \begin{cases} 1 & Z \leq a_i \\ 0 & Z > a_i \end{cases} \quad i = 1, 2$$

a_i =örnek veriler ile hesaplanan katılma noktaları. $i = 1, 2$,

$$V = KD^2H \left\{ \begin{aligned} & \frac{b_2}{3}(Z_u^3 - Z_l^3) + \frac{b_1}{2}(Z_u^2 - Z_l^2) - (b_1 + b_2)(Z_u - Z_l) \\ & - \frac{b_3}{3}[(a_1 - Z_u)^3 J_1 - (a_1 - Z_l)^3 K_1] \\ & - \frac{b_4}{3}[(a_2 - Z_u)^3 J_2 - (a_2 - Z_l)^3 K_2] \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Burada,

$$Z_l = \frac{h_l}{H}, Z_u = \frac{h_u}{H},$$

$$J_i = \begin{cases} 1 & Z_u \leq a_i \\ 0 & Z_u > a_i \end{cases} \quad i = 1, 2$$

$$K_i = \begin{cases} 1 & Z_l \leq a_i \\ 0 & Z_l > a_i \end{cases} \quad i = 1, 2$$

Tüm değişkenler daha önceki bölümlerde açıklanmıştır.

Model 4: Clark vd. (1991) tarafından, Schlaegel'in ve Max ve Burkhart (1976) modellerinin daha iyi özelliklerini birleştiren karmaşık bir parçalı gövde çapı modeli geliştirilmiştir. Bu model ağaç gövdesini dört farklı parçaya incelemektedir.

- (1) Dip kısım: Kütük ile 1.30 m arasındaki bölümü.
- (2) Alt kısım: Gövdenin 1.30 m ile 5.30 m. arasındaki bölümü.
- (3) Orta kısım: Gövdenin 5.30 m ile toplam boyun %40-70'i arasındaki bölüm
- (4) Üst kısım: Toplam boyun %40-70'inden ağacın uç kısmına kadar olan bölüm.

Bu model farklı ağaç türlerindeki çap tahminlerinde, gövdenin 1.30 m altındaki bölümünde varyasyonun %90'dan fazlasını; 1.30 m ile 5.30 m arasındaki bölümünde %97 ile %99'unu; 5.30 m'nin üstündeki bölümlerde ise toplam varyasyonun %93 ile %99'unu açıklayabilmektedir. Clark vd. (1991) model formu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$d = \left\{ \begin{aligned} & I_s \left[D^2 \left(1 + \frac{(b_2 + b_3/D^2)((1-h/H)^{b_1} - (1-1.30/H)^{b_1})}{1 - (1-1.30/H)^{b_1}} \right) \right] + \\ & I_B \left[D^2 - \frac{(D^2 - F^2)((1-1.30/H)^{b_4} - (1-h/H)^{b_4})}{(1-1.30/H)^{b_4} - (1-5.30/H)^{b_4}} \right] + \\ & I_T \left[F^2 \left(b_6 \left(\frac{h-5.30}{H-5.30} - 1 \right)^2 + I_M \left(\frac{1-b_5}{b_5^2} \right) \left(b_5 - \frac{h-5.30}{H-5.30} \right)^2 \right) \right] \end{aligned} \right\}^{0.5} \quad (7)$$

Burada,

b_1, b_2, b_3 = gövdenin 1.30 m altındaki kısmı için regresyon katsayılarını,

b_4 = gövdenin 1.30 m ile 5.30 m arasındaki kısmı için regresyon katsayılarını,

b_5, b_6 = gövdenin 5.30 m üstündeki kısmı için regresyon katsayılarını,

$F = 5.30$ m yükseklikteki kabuklu gövde çapını (cm) ifade etmektedir.

Denklem (7) ve (9) için 5.30 m'deki çap değerinin bilinmesi gerekmektedir. Clark vd. (1991) tarafından 5.30 m'deki çap değerini tahmin edebilen bir denklem geliştirilmiştir. Bu denklem aşağıdaki gibi ifade edilebilir. Bu denklemdeki c_i model katsayılarıdır.

$$F_{dob5.3} = D(c_1 + c_2(\frac{5.30}{H})^2) \quad (8)$$

Gövde çapı modeli için dört gösterge değişkeni, aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$I_S = \begin{cases} 1 & h < 1.30 \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}, I_B = \begin{cases} 1 & 1.30 \leq h < 5.30 \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}, \\ I_T = \begin{cases} 1 & h > 5.30 \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}, \\ I_M = \begin{cases} 1 & h < (5.30 + b_5(H - 5.30)) \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases},$$

Diğer tüm değişkenler daha önceki bölümlerde açıklanmıştır.

Clark vd. (1991) tarafından güney Appalachian yapraklı ve ibrelili ağaç türleri için parçalı gövde çapı denklemleri geliştirilmiş ve üç katılma noktasına sahip parçalı polinom modellerle, gövde profilinin daha doğru bir şekilde modellendiğini ortaya konmuştur.

$$V = k \left\{ \begin{array}{l} I_1 D^2 \left[(1 - GW)(U_1 - L_1) + \frac{W((1-L_1/H)^{b_1}(H-L_1) - (1-U_1/H)^{b_1}(H-U_1))}{(b_1+1)} \right] \\ + I_2 I_3 \left[T(U_2 - L_2) + \frac{Z((1-L_2/H)^{b_2}(H-L_2) - (1-U_2/H)^{b_2}(H-U_2))}{(b_2+1)} \right] \\ + I_4 F^2 \left[\begin{array}{l} b_6(U_3 - L_3) - \frac{b_6((U_3-5.30)^2 - (L_3-5.30)^2)}{(H-5.30)} \\ + \frac{b_6/3((U_3-5.30)^3 - (L_3-5.30)^3)}{(H-5.30)^2} \\ + \frac{I_5(1/3)(1-b_6/b_5^2)(b_5(H-5.30) - (L_3-5.30))^2}{(H-5.30)^2} \\ - \frac{I_6(1/3)(1-b_6/b_5^2)(b_5(H-5.30) - (U_3-5.30))^3}{(H-5.30)^2} \end{array} \right] \end{array} \right\} \quad (9)$$

Burada,

$$G = (1 - \frac{1.30}{H})^{b_1}, W = (b_2 + b_3/D^3)/(1 - G), \\ x = (1 - 1.30/H)^{b_4}, y = (1 - 5.30/H)^{b_4}, T = D^2 - ZX, \\ z = (D^2 - F^2)/(x - y), L_1 = \max(L, 0.30), \\ L_2 = \max(L, 1.30), L_3 = \max(L, 5.30), \\ U_1 = \min(U, 1.30), U_2 = \min(U, 5.30), U_3 = \min(U, H), \\ I_1 = \begin{cases} 1 & L < 1.30 \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}, I_2 = \begin{cases} 1 & L < 5.30 \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}, I_3 = \begin{cases} 1 & U > 1.30 \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}, \\ I_4 = \begin{cases} 1 & U > 5.30 \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}, \\ I_5 = \begin{cases} 1 & (L_3 - 5.30) < b_5(H - 5.30) \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}, I_6 = \begin{cases} 1 & (U_3 - 5.30) < b_5(H - 5.30) \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}, k = 0.0000785$$

Diğer tüm değişkenler daha önceki bölümlerde açıklanmıştır.

Model performanslarının değerlendirilmesi

Model performanslarını değerlendirmek amacıyla, ortalama hata (MD), tahminlerin standart hatası (SEE) ve Schlaegel (1981) tarafından önerilen uyum indeksi (FI)

ölçütleri kullanılmıştır. Bu değerlendirme kriterleri aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir.

$$MD = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{n} \\ SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-k}} \\ FI = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \right]$$

Burada,

Y_i = i . gözlem için ölçülen değeri,

\hat{Y}_i = i . gözlem için tahmin edilen değeri,

\bar{Y} = ölçülen değerlerin ortalamasını

k = parametre sayısını,

n = veri setindeki gözlem sayısını ifade etmektedir.

Gövde çapı ve hacim tahminlerindeki hataları en aza indirmek amacıyla, her iki denklem eşzamanlı olarak SAS paket programındaki PROC MODEL ile çözülmüştür (SAS Institute, 2002). Bu yaklaşımda genelleştirilmiş moment metodu (GMM), tam bilgi maksimum olabilirlik yöntemi (FIML) ve görünürde uyumsuz regresyon yöntemi (SUR) gibi parametre tahmin yöntemleri bulunmaktadır. Bu çalışmada, parametre tahmini için görünürde uyumsuz regresyon metodu (SUR) kullanılmıştır. Model parametreleri, gövde çapı ve gövde hacim denklemlerine paylaştırılmıştır. Bilindiği gibi, uyumlu gövde çapı modellerinde, gövde çapı modelinin herhangi iki nokta için integrali alınarak hacim denklemi elde edilebilmektedir. Böyle bir durumda, gövde çapı modeli ile hacim modeli için ortaya çıkacak hataların ilişkisiz olmasını beklemek gerçekçi olmayacaktır. Model sistemi içerisindeki gövde çapı modeli ile hacim modeli ilişkisiz görüldüğü için SUR metodu kullanılmıştır, ancak modeller ilişkili hata yapısına sahiptir (Jiang vd., 2007). Bu nedenle, model geliştirme sürecinde ilişkili hata yapısı hesaba katıldığı durumlarda bile, modelin tahmin başarısı, ilişkili hata yapısından çok az etkilendiği için veri setindeki ilişkili hata yapısı SAS MODEL yaklaşımında dikkate alınmamıştır (Williams ve Reich, 1997; Kozak, 1997; Brooks vd., 2008).

3. Bulgular ve tartışma

Toros göknarı için test edilen modellere ilişkin parametre tahminleri, gövde çapı ve hacim denklemlerinin eş zamanlı olarak çözülmesiyle elde edilmiştir. Tüm parametreler <0.0001 önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Ticari gövde için genel uyum istatistikleri (MD, SEE ve FI), çalışma kapsamında test edilen tüm denklemler için hesaplanarak, Çizelge 3'te verilmiştir. Sonuçlar, tüm gövde çapı modellerinin, çap tahminlerindeki varyasyonun %98'inden fazlasını açıkladığını göstermiştir. Tahminlerin standart hatası (SEE) ise yaklaşık olarak 1.2-1.8 cm arasında değişmektedir.

Çizelge 3. Toros göknarı için uyumlu gövde çapı ve hacim denklemleri için elde edilen uyum istatistikleri

Modeller	MD	SEE	FI
Kozak vd. (1969)			
Gövde Çapı (cm)	0.2745	1.7701	0.9833
Hacim (m ³)	0.0026	0.0116	0.9651
Demaerschalk (1972)			
Gövde Çapı (cm)	0.1914	1.2912	0.9907
Hacim (m ³)	0.00016	0.0086	0.9771
Max-Burkhardt (1976)			
Gövde Çapı (cm)	0.2370	1.7402	0.9841
Hacim (m ³)	0.0020	0.0112	0.9668
Clark vd. (1991)			
Gövde Çapı (cm)	0.1740	1.2333	0.9916
Hacim (m ³)	0.00006	0.0082	0.9795

Gövde çapı modellerinin ticari ağaç gövdesinin farklı noktalarındaki tahmin başarısını değerlendirmek amacıyla farklı nispi boy (h/H) sınıfları için tahmin performansları değerlendirilmiştir. Bu amaçla, veri seti 10 nispi boy sınıfına ayrılmıştır. Nispi boy sınıfları itibarıyla modellerin çap ve hacim tahminlerindeki performanslarını değerlendirmek amacıyla, MD ve SEE değerleri her bir denklem için hesaplanmış ve çap değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4'de; hacim tahminleri için elde edilen sonuçlar ise Çizelge 5'te verilmiştir.

Clark vd. (1991) modelinin çap tahmin performansı incelendiğinde, SEE değerinin gövdenin alt kısımlarında nispeten daha düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Buna karşılık, Demaerschalk (1972) modeli için MD ve SEE değerlerinin, gövdenin alt bölümlerinde daha yüksek olduğu görülmektedir. Kozak (1969), Demaerschalk (1972) ve Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen modellerin, çap tahminlerinde genel olarak toplam boyun %10 ile %85 arasındaki kısımlarında başarılı sonuçlar verdiği görülürken, ağaç gövdesinin dip ve uç kısımlarında yapılan çap tahminlerinde ise nispeten daha başarısız olduğu söylenebilir. Max ve Burkhardt (1976) ve Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen modeller, model geliştirme ve test verileriyle yapılan değerlendirmeler sonucunda Toros göknarı türü için gövdeni farklı bölümleri bakımından tutarlı performanslar göstermiştir. Demaerschalk (1972) ve Kozak vd. (1969) tarafından geliştirilen modellerin MD değerlerinde yüksek varyasyonlar görülmektedir (Şekil 1). Genel olarak, model test verileri ile yapılan değerlendirmeler sonucunda elde edilen MD değerlerinin, Kozak vd. (1969) modeli için yüksek; Clark vd. (1991) modeli için düşük olduğu görülmektedir.

Toplam gövde hacmi tahminlerine ilişkin olarak test edilen modellerin uyum istatistikleri (MD, SEE ve FI)

Çizelge 3'te verilmiştir. Çalışma kapsamında test edilen modellerden Kozak vd. (1969), Max ve Burkhardt (1976), Demaerschalk (1972), ve Clark vd. (1991), Toros göknarı toplam gövde hacim tahminlerindeki varyasyonun sırasıyla, yaklaşık %97, %98, %97 ve %98'ni açıklayabilmektedir. Modeller, bu bakımdan önemli bir farklılık göstermemektedir.

Gövde çapı modellerinin hacim tahminleri için SEE değerlerinin 0.008 ile 0.012 m³ arasında değiştiği ve en düşük sonuçların Clark vd. (1991) ile elde edildiği görülmektedir. Çalışma kapsamında nispi boylar itibarıyla hacim tahminleri de değerlendirilmiştir (Çizelge 5). Ortalama hata (MD) değerleri; Kozak vd. (1969) için 0.0010-0.0069 m³, Demaerschalk (1972) için 0.0002-0.0030 m³, Max ve Burkhardt (1976) için 0.0003-0.0037 m³ ve Clark vd. (1991) için 0.0000-0.0019 m³ arasında değişmektedir. Model test verileri itibarıyla yapılan değerlendirme sonucunda, modellerin tüm gövde hacmi dışında, birçok gövde bölümü için düşük MD ve SEE değerleri ile başarılı tahminler ürettiği görülmüştür. Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen model, gövde çapı tahminlerinde ve özellikle büyük çaplar için hacim tahminlerinde, diğer modellerden daha başarılı sonuçlar vermiştir. Bu özellik, uygulanabilirlik veya ekonomik açıdan önem arz etmektedir. Kozak vd. (1969) ve Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen modeller, hacim tahminlerinde gövdenin ticari açıdan en önemli bölümü olan ana gövde kısmında (dipten toplam boyun yaklaşık %40'ına kadar olan kısım), diğer modellere göre daha başarısız sonuçlar üretmiştir.

Kozak ve Smith (1993), birçok araştırmacının, MD veya SEE'yi kullanan tek bir sıralama sistemini kullandıklarını, sıralamalar toplamının ise nadiren kullanıldığını belirtmişlerdir. Gövde çapı modellerini sıralamanın bir başka yolu da MD ve SEE değerleri kullanarak, gövdenin farklı çap değerleri için elde edilen tahmin performansını sıralamaktır. Çizelge 6'nın 3-6 satırları bu şekilde elde edilmiş; her bir gövde çapı modeli, boy sınıfları itibarıyla sıralanmıştır. Model performanslarının değerlendirilmesi, söz konusu bu yardımcı sıralama sistemleri ile daha başarılı bir şekilde yapılabilmektedir. Demaerschalk (1972) tarafından geliştirilen model, bu beş kategoride ikinci sırada yer almaktadır. Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen model, yerden uca kadarki çap tahminlerinde ortalama hata (MD) itibarıyla ikinci sırada yer almaktadır. Kozak vd. (1969) tarafından geliştirilen model ise genel olarak dördüncü sırada yer almaktadır. Bu sonuçlar, Figueiredo-Filho vd. (1996) tarafından elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4. Çap tahminleri için farklı nispi boylar (RH) itibarıyla elde edilen ortalama hata (MD) ve tahminlerin standart hatası (SEE) değerleri

RH	N	Kozak vd. (1969)		Demaerschalk (1972)		Max ve Burkhardt (1976)		Clark vd. (1991)	
		MD (cm)	SEE (cm)	MD (cm)	SEE (cm)	MD (cm)	SEE (cm)	MD (cm)	SEE (cm)
0.0-0.1	281	0.0324	1.3396	0.5487	1.2103	0.2872	1.3386	0.0013	0.7858
0.1-0.2	255	0.6141	1.6620	-0.3272	0.9396	0.0893	1.4235	-0.1351	0.8886
0.2-0.3	238	0.4536	1.9739	-0.2741	1.2480	0.1584	1.8723	0.0622	1.3007
0.3-0.4	251	0.2193	1.9430	-0.1382	1.2884	0.1352	1.9264	0.1599	1.2485
0.4-0.5	261	0.1595	2.1305	-0.1216	1.5221	0.2522	2.1804	0.1536	1.4552
0.5-0.6	236	0.1138	1.8801	0.0494	1.3173	0.3245	1.9740	0.3409	1.4149
0.6-0.7	247	0.0035	1.8194	0.2938	1.4115	0.2278	1.9087	0.4817	1.4205
0.7-0.8	250	0.2525	1.8034	0.3738	1.3803	0.3395	1.8541	0.3493	1.3932
0.8-0.9	253	0.4532	1.7045	0.5896	1.3367	0.3064	1.6413	0.1891	1.3223
0.9-1.0	234	0.4786	1.3724	0.9134	1.2382	0.2466	1.2567	0.1724	1.0868
Tümü	2506	0.2745	1.7701	0.1914	1.2912	0.2370	1.7402	0.1740	1.2333
		FI	0.9836	FI	0.9907	FI	0.9841	FI	0.9916

Not: MD ve SEE için hesaplanan "Tümü" genel ortalama ile elde edilmiştir.

Çizelge 5. Hacim tahminleri için farklı nispi boylar (RH) itibariyle elde edilen ortalama hata (MD) ve tahminlerin standart hatası (SEE) değerleri

RH	n	Kozak vd. (1969)		Demaerschalk (1972)		Max ve Burkhardt (1976)		Clark vd. (1991)	
		MD (m ³)	SEE (m ³)	MD (m ³)	SEE (m ³)	MD (m ³)	SEE (m ³)	MD (m ³)	SEE (m ³)
0.0-0.1	281	0.0030	0.0221	-0.0030	0.0205	0.0018	0.0218	0.0000	0.0198
0.1-0.2	255	0.0064	0.0155	0.0028	0.0074	0.0037	0.0131	-0.0019	0.0075
0.2-0.3	238	0.0044	0.0138	0.0019	0.0083	0.0031	0.0128	-0.0004	0.0080
0.3-0.4	251	0.0028	0.0119	0.0011	0.0069	0.0027	0.0118	0.0004	0.0064
0.4-0.5	261	0.0023	0.0107	0.0010	0.0069	0.0028	0.0112	0.0003	0.0064
0.5-0.6	236	0.0015	0.0076	0.0001	0.0051	0.0023	0.0083	0.0010	0.0050
0.6-0.7	247	0.0011	0.0060	-0.0004	0.0040	0.0017	0.0065	0.0009	0.0040
0.7-0.8	250	0.0013	0.0047	-0.0006	0.0029	0.0014	0.0048	0.0004	0.0030
0.8-0.9	253	0.0010	0.0027	-0.0007	0.0017	0.0007	0.0026	0.0001	0.0018
0.9-1.0	234	0.0004	0.0011	-0.0002	0.0007	0.0003	0.0009	-0.0001	0.0004
Tümü	2506	0.0024	0.0116	0.00015	0.0086	0.0020	0.0112	0.00006	0.0082
		FI	0.9651	FI	0.9771	FI	0.9668	FI	0.9795

Not: MD ve SEE için hesaplanan "Tümü" genel ortalama ile elde edilmiştir.

Çizelge 6. Gövde çapı modellerinin sıra toplamlarına (parantez içinde) dayalı sıralaması

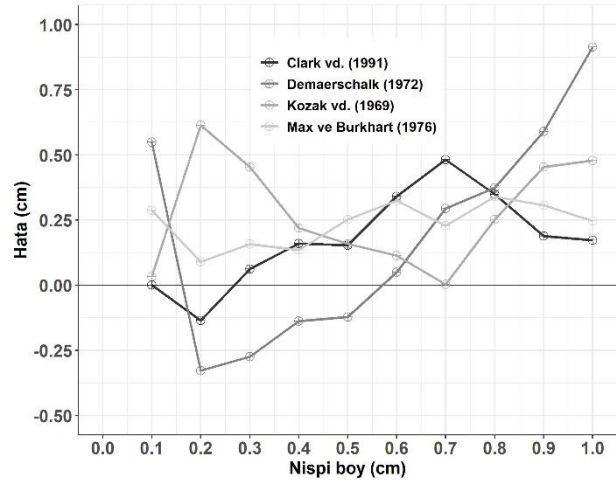
Açıklama	Modeller			
	Kozak vd. (1969)	Demaerschalk (1972)	Max ve Burkhardt (1976)	Clark vd. (1991)
Çap (<i>d</i>) ve hacim (<i>V</i>) için genel SEE	8 (4)	4 (2)	6 (3)	2 (1)
Çap (<i>d</i>) ve hacim (<i>V</i>) genel MD	8 (4)	4 (2)	6 (3)	2 (1)
Farklı nispi boy değerleri için SEE (<i>d</i>)	37 (4)	16 (2)	34 (3)	13 (1)
Farklı nispi boy değerleri için MD (<i>d</i>)	28 (4)	26 (3)	24 (2)	22 (1)
Farklı nispi boy değerleri için SEE (<i>V</i>)	36 (4)	17 (2)	34 (3)	13 (1)
Farklı nispi boy değerleri için MD (<i>V</i>)	36 (4)	20 (2)	32 (3)	12 (1)
Toplam	153 (24)	87 (13)	136 (17)	64 (6)

Son olarak, dört gövde çapı modeli, tüm veri seti (model geliştirme ve model test verilerinin birleştirilmesi) kullanılarak yeniden değerlendirilmiş ve elde edilen parametre tahminleri Çizelge 7'de gösterilmiştir.

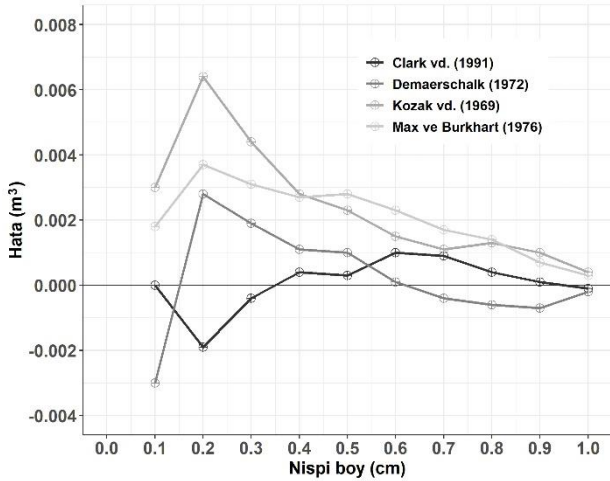
Modellerin çap ve hacim tahminlerindeki performansları grafiksel olarak da gösterilmiştir. Şekil 2 ve Şekil 3, sırasıyla dört model için nispi boy (RH) sınıfları itibariyle çap ve hacim tahminlerindeki hataların dağılımını göstermektedir.

Çizelge 7. Toros göknarı için uyumlu gövde çapı ve hacim denklemleri için elde edilen parametre tahminleri

Parametre	Kozak vd. (1969)	Demaerschalk (1972)	Max ve Burkhardt (1976)	Clark vd. (1991)
b_1	-2.0466	0.2110	-2.3621	5.2524
b_2	0.8733	0.9435	1.0462	0.1783
b_3		0.8148	-0.3624	1218.746
b_4		-0.8895	11.3651	2.3669
b_5				0.9861
b_6				10.3318
a_1			0.7350	
a_2			0.1152	



Şekil 2. Toros göknarı çap tahminlerinin nispi boy (RH) sınıfları itibariyle MD dağılımı



Şekil 3. Toros göknarı hacim tahminlerinin nispi boy (RH) sınıfları itibariyle MD dağılımı

4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada, bir gövde çapı modelinin seçiminde dikkat edilmesi gereken pratik ormancılık uygulamaları ve istatistiki değerlendirme ölçütleri, iki basit gövde çapı modeli (Kozak vd., 1969 ve Demaerschalk, 1972) ve iki parçalı gövde çapı modeli (Max ve Burkhart, 1976 ve Clark vd., 1991) kullanılarak karşılaştırılmıştır. Sayısal tutarlılığı sağlamak ve gövde çapı ve hacim tahminlerindeki hataları en aza indirmek amacıyla, her bir gövde çapı ve hacim denkleminin ait parametre tahminleri eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen modelin, gövde profilinin modellenmesi ve gövde hacminin tahmininde en iyi performansı gösterdiği belirlenmiştir. Önerilen gövde çapı modeli, ağaç gövdesi üzerindeki herhangi iki çap veya iki boy değeri arasındaki gövde hacmini tahmin etmek için kullanılabilir olup, aynı ağaçtaki farklı ticari ürünlerin hacminin hesaplanmasında, yine bu denklemlerden faydalanılabilir. Bu model, gövde çapı ve hacim tahminleri için, bağımsız değişken olarak, göğüs çapı ve toplam ağaç boyun yanında, 5.30 m'deki çap değerine de ihtiyaç duymaktadır. Ancak, ülkemizdeki orman envanteri uygulamalarında, dikili ağaçlarda bu yükseklikteki çap değeri ölçülmemektedir. Üstelik sık meşcerelerdeki tüm ağaçlarda bu çap değerinin ölçülmesi neredeyse mümkün olamamaktadır. Orman envanteri maliyetleri de düşünüldüğünde, göğüs çapı ve ağaç boyuna ilave olarak her ağacın 5.30 m yüksekliğindeki çap değerinin de ölçümü maliyetleri önemli ölçüde arttıracaktır. Clark vd. (1991), bu çap değerinin ölçülemediği durumlarda, 5.30 m'deki çap değerinin tahmin edilebilmesi için bir denklem (8) önermiştir. Diğer yandan, Max ve Burkhart (1976) ve Demaerschalk (1972) tarafından geliştirilen modeller de çap ve hacim tahmininde, genel uyum istatistikleri (MD, SEE ve FI) dikkate alındığında, tüm ağaç ve seksiyonel tahmin performansı açısından tutarlı sonuçlar ortaya koymuştur.

Kozak ve Smith (1993) tarafından gövde çapı modelinin seçiminde pratik ormancılık uygulamaları ve istatistiki ölçütler açısından yapılan değerlendirmeler göz önüne alındığında, Toros göknarı meşcerelerinin hacim ve gövde çapı tahminleri için Demaerschalk (1972) ve Max ve

Burkhart (1976) tarafından geliştirilen modellerden birinin tercih edilmesi daha uygun olacaktır. Bu modeller, Clark vd. (1991) modeline göre gerek parametre tahminlerinin daha kolay olması ve gerekse uygulama kolaylığı açısından öne çıkmaktadır. Ancak, bu modeller arasında Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen modelin kullanılmasının daha uygun olacağı değerlendirilmiştir. Çünkü bu model, dünyanın pek çok yöresinde pek çok ağaç türü için test edilmiş; gövde çapı ve hacim tahminleri açısından başarılı sonuçlar üretmiştir. Model, gövde çapı ve hacim tahminleri için bağımsız değişken olarak sadece göğüs çapı ve ağaç boyuna ihtiyaç duymaktadır. Bununla birlikte, daha başarılı hacim tahminlerine ihtiyaç duyulan durumlarda ve ağaçların 5.30 m yüksekliğindeki çap değerlerinin elde edilmesinde bir sıkıntı yok ise, Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli tercih edilebilir.

Kaynaklar

- Alkan, O., Özçelik, R., Alkan, H. 2019. Development of regional stem taper models for some important tree species of Turkey: Case study of Bucak. Turkish Journal of Forestry, 20(4): 333-340.
- Bailey, R.L., 1995. Upper stem volumes from stem analysis data: An overlapping bolts method. Canadian Journal of Forest Research, 25(1):170-173.
- Bi, H., 2000. Trigonometric variable-form taper equations for Australian eucalypts. Forest Science, 46(3):397-409.
- Biging, G.S., 1984. Taper equations for second-growth mixed conifers of Northern California. Forest Science, 30(4): 1103-1117.
- Brooks, J.R., Jiang, L., Özçelik, R., 2008. Compatible stem volume and taper equations for Brutian pine, Cedar of Lebanon, and Cilicica fir in Turkey. Forest Ecology and Management, 256(1-2): 147-151.
- Cao, Q.V., Burkhart, H.E., Max, T.A., 1980. Evaluation of two methods for cubic-volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit. Forest Science, 26(1), 71-80.
- Clark, III, A., Souter, R.A., Schlaegel, B.E., 1991. Stem profile equations for southern tree species. USDA For. Serv. Res. Pap. SE-282.
- Coble, D.W., Hilpp, K., 2006. Compatible cubic-foot stem volume and upper-stem diameter equations for semi-intensive plantation grown loblolly pine trees in East Texas. Southern Journal of Applied Forestry, 30(3): 132-141.
- Demaerschalk, J.P., 1972. Converting volume equations to compatible taper equations. Forest Science, 18(3):241-245.
- Demaerschalk, J.P., Kozak, A., 1977. The whole-bole system: A conditioned dual-equation system for precise prediction of tree profiles. Canadian Journal of Forest Research, 7(3):488-497.
- Eker, M., Poudel, K.P., Özçelik, R., 2017. Aboveground biomass equations for small trees of brutian pine in Turkey to facilitate harvesting and management. Forests, 8(12): 477.
- Fang, Z., Borders, B.E., Bailey, R.L., 2000. Compatible volume-taper models for loblolly and slash pine based on a system with segmented-stem form factors. Forest Science, 46(1):1-12.
- Figueiredo-Filho, A., Borders, B.E., Hitch, K.L., 1996. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in Southern Brazil. Forest Ecology and Management, 83(1-2):39-46.
- Hilt, D.E., 1980. Taper-based system for estimating stem volume of upland oaks. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-458, 12 p.
- Hussain, A., Shahzad, M.K., He, P., Jiang, L., 2020. Stem taper equations for three major conifer species of Northeast China. Scandinavian Journal of Forest Research, 35(8): 562-576.
- Hussain, A., Shahzad, M.K., Burkhart, H.E., Jiang, L., 2021. Stem taper functions for white birch (*Betula platyphylla*) and costata birch (*Betula costata*) in the Xiaoxing'an Mountains, northeast China. Forestry: An International Journal of Forest Research.

- Jiang, L., Brooks, J.R., Wang, J., 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in West Virginia. *Forest ecology and management*, 213(1-3): 399-409.
- Jiang, L., Brooks, J.R., Hobbs, G.R., 2007. Using crown ratio in yellow-poplar compatible taper and volume equations. *Northern Journal of Applied Forestry*, 24(4): 271-275.
- Jordan, L., Berenhaut, K., Souter, R., Daniels, R.F., 2005. Parsimonious and completely compatible taper, total, and merchantable volume models. *Forest science*, 51(6):578-584.
- Kozak, A., 2004. My last words on taper equations. *The Forestry Chronicle*, 80(4):507-515.
- Kozak, A., 1988. A variable-exponent taper equation. *Canadian Journal of Forest Research*, 18(11): 1363-1368.
- Kozak, A. 1997. Effects of multicollinearity and autocorrelation on the variable-exponent taper functions. *Canadian Journal of Forest Research*, 27(5): 619-629.
- Kozak, A., Munro, D.D., Smith, J.H.G., 1969. Taper functions and their application in forest inventory. *The Forestry Chronicle*, 45(4): 278-283.
- Kozak, A., Smith, J.H.G., 1993. Standards for evaluating taper estimating systems. *The Forestry Chronicle*, 69(4):438-444.
- Martin, A.J., 1981. Taper and volume equations for selected Appalachian hardwood species. *USDA For. Serv. Res. Pap. NE-490*.
- Max, T.A., Burkhart, H.E., 1976. Segmented polynomial regression applied to taper equations. *Forest Science*, 22(3): 283-289.
- McTague, J.P., Bailey, R.L., 1987. Simultaneous total and merchantable volume equations and a compatible taper function for loblolly pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 17(1): 87-92.
- McTague, J.P., Weiskittel, A., 2021. Evolution, history, and use of stem taper equations: a review of their development, application, and implementation. *Canadian Journal of Forest Research*, 51(2):210-235.
- Newnham, R.M., 1988. A variable form taper function. *Information Report PI-X-83. Forestry, Canada*, p. 33.
- Newnham, R.M., 1992. Variable-form taper functions for four Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 22(2): 210-223.
- OGM, 2006. Orman Kaynakları. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, 159s.
- Ormerod, D.W., 1986. The diameter-point method for tree taper description. *Canadian Journal of Forest Research*, 16(3): 484-490.
- Ormerod, D.W., 1973. A simple bole model. *The Forestry Chronicle*, 49(3): 136-138.
- Özçelik, R., Crecente-Campo, F., 2016. Stem taper equations for estimating merchantable volume of Lebanon cedar trees in the Taurus Mountains, Southern Turkey. *Forest Science*, 62(1):78.
- Özçelik, R., Alkan, H., 2012. Okaliptüs ağaçlandırmaları için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 15:247-254.
- SAS Institute Inc., 2002. SAS/ETS User's Guide, Version 9.0, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schlaegel, B.E., 1981. Testing, reporting, and using biomass estimation models. *Southern Forest Biomass Workshop*, 11-12 June, Georgetown, South Carolina, USA, pp. 95-112.
- Shahzad, M.K., Hussain, A., Jiang, L., 2020. A model form for stem taper and volume estimates of Asian white birch (*Betula platyphylla*): a major commercial tree species of Northeast China. *Canadian Journal of Forest Research*, 50(3): 274-286.
- Shahzad, M.K., Hussain, A., Burkhart, H.E., Li, F., Jiang, L., 2021. Stem taper functions for *Betula platyphylla* in the Daxing'an Mountains, northeast China. *Journal of Forestry Research*, 32: 529-541.
- Sharma, M., Oderwald, R.G., 2001. Dimensionally compatible volume and taper equations. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(5): 797-803.
- Sharma, M., Parton, J., 2009. Modeling stand density effects on taper for jack pine and black spruce plantations using dimensional analysis. *Forest science*, 55(3): 268-282.
- Thomas, C.E., Parresol, B.R., 1991. Simple, flexible, trigonometric taper equations. *Canadian Journal of Forest Research*, 21(7): 1132-1137.
- Williams, M.S., Reich, R.M., 1997. Exploring the error structure of taper equations. *Forest science*, 43(3): 378-386.
- Zakrzewski, W.T., MacFarlane, D.W., 2006. Regional stem profile model for cross-border comparisons of harvested red pine (*Pinus resinosa* Ait.) in Ontario and Michigan. *Forest Science*, 52(4): 468-475.

Türkiye’de orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumuna ilişkin değerlendirmeler

Mehmet Korkmaz^{a,*}, Ozan Arif Adıgüzel^b

Özet: İklim değişikliği gelecek dönemlerde orman kaynaklarını ve ekosistem hizmetlerinin sürekliliğini daha fazla etkileyecektir. Bu açıdan orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumunun sağlanması önemli bir gerekliliktir. Bu makalede orman mühendislerinin iklim değişikliğine yönelik bilgi düzeyleri, iklim değişikliğinin orman kaynaklarına etkileri ve uyum süreçleri kapsamında mevcut ve öngörülen ormancılık yönetim ve uygulamalarına yönelik algı ve görüşleri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda 241 orman mühendisi ile anket çalışmaları yürütülmüştür. Çalışma sonuçlarına göre, iklim değişikliğinin orman kaynaklarına etkisine ilişkin olası değişimler; biyotik ve abiyotik zararların artacağı ve zamanla tür kompozisyonunda değişikliklerin yaşanacağı şeklindedir. Mevcut ulusal ormancılık politikaları iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin önlenmesi konusunda yetersiz bulunmuş, aynı zamanda mevcut bazı politikaların ormancılık uygulamalarına aktarımının da yeterli olmadığı ve iklim değişikliğine uyumun sağlanması için orman kaynakları yönetiminin değişmesi gerektiği görüşü büyük bir çoğunlukla ifade edilmiştir. Karışık meşcerelerin kurulmasının teşvik edilmesi, ağaçlandırmalarda gelecekteki iklime daha iyi uyum sağlayabilecek türlere yer verilmesi ve orman sağlığının izlenmesi en önemli önlemler olarak öne çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, Orman kaynakları yönetimi, Orman mühendisleri, Uyum

Evaluations on adaptation of forest resources management to climate change in Turkey

Abstract: Climate change will affect forest resources and the continuity of ecosystem services more in the future. In this respect, it is an important requirement to ensure the adaptation of forest resources management to climate change. In this article, the knowledge levels of forest engineers on climate change, the effects of climate change on forest resources and their perceptions and opinions of current and foreseen forestry management and practices within the scope of adaptation processes were evaluated. In this context, survey studies were conducted with 241 forest engineers. According to the results of the study, possible changes regarding the impact of climate change on forest resources; abiotic and biotic damages will increase and there will be changes in species composition over time. Existing national forestry policies were found to be insufficient to prevent the negative effects of climate change, at the same time, it was stated that the transfer of some existing policies to forestry practices was not sufficient, and that forest resources management should be changed to adapt to climate change. In this context, encouraging the establishment of mixed stands, including species that can better adapt to the future climate in afforestation and monitoring forest health have come to the fore as the most important preventions.

Keywords: Climate change, Forest resources management, Forest engineers, Adaptation

1. Giriş

Sanayi devriminden itibaren fosil yakıtların yoğun bir şekilde kullanılması, ormansızlaşma, arazi kullanım değişiklikleri ve sanayi üretiminin artışı gibi insan temelli etkinliklere bağlı olarak atmosferdeki sera gazı birikimi artmakta ve sıcaklıklar küresel düzeyde yükselmektedir (Türkeş, 2008). Sıcaklıkların artmasına bağlı olarak iklim koşulları küresel düzeyde değişmekte olup bu değişiklikler önemli düzeyde yerel etkilere yol açmaktadır (Türkeş vd., 2000). İklim değişikliğinin etkilerini azaltma kapsamında atmosferdeki sera gazlarının düzeyini kontrol altında tutma önem arz etmektedir. Ancak sera gazlarının birikimi belli bir düzeyde tutulabilse bile iklim değişikliğinin etkisi, uzun yıllar boyunca devam edecektir. Diğer taraftan, IPCC 5.

Değerlendirme Raporu’nda iklim değişikliğinin etkilerine uyum sağlayabilmek için karşılanacak ekonomik maliyetin, iklim değişikliğinin vereceği zararın maliyetinden çok daha düşük olacağı vurgulanmakta (Silkin, 2014) olup iklim değişikliğine uyumun önemi artmaktadır.

İklim değişikliğine uyum, “doğal sistemlerde veya insan sistemlerinde gerçek veya öngörülen iklim değişikliği ve değişkenliğinden etkilenebilirlik düzeyinin indirilmesini veya fırsatlardan yararlanılmasını amaçlayan ayarlamalar” olarak tanımlanabilmektedir (ÇŞB, 2011). Bir başka tanıma göre (Spittlehouse ve Stewart, 2003) ise iklimdeki değişikliklerin etkilerine yanıt olarak ekolojik, sosyal ve ekonomik sistemlerdeki ayarlamalardır. Uyum, toplumun her kesimi ve her bir sektör açısından ayrı ayrı stratejileri ve hedefleri içermektedir. Örneğin “Türkiye’nin İklim

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

^b Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğü, Isparta

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): mehmetkorkmaz@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 05.11.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 06.12.2021



Citation (Atf): Korkmaz, M., Adıgüzel, O.A., 2021. Türkiye’de orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumuna ilişkin değerlendirmeler. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 417-425.
DOI: [10.18182/tjf.1019556](https://doi.org/10.18182/tjf.1019556)

Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı”nda (ÇŞB, 2011) uyum; (a) su kaynakları yönetimi, (b) tarım sektörü ve gıda güvencesi, (c) ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık, (d) doğal afet risk yönetimi, (e) insan sağlığı ve (f) iklim değişikliğine uyum bağlamında yatay kesen ortak konular olarak ayrı ayrı ele alınmış ve planlanmıştır.

İklim değişikliği orman kaynaklarını olumsuz düzeyde etkileyecektir. Bu etkilere, biyolojik çeşitlilik kaybı ve dolayısıyla ekosistem hizmetlerinin sektöre uğraması, orman sağlığı ve verimliliğindeki değişiklikler ve bazı türlerin coğrafi dağılımlarındaki değişiklikler örnek olarak verilebilir. Bu etkilerin üstesinden gelmek için ormancılık yönetim ve uygulamalarında değişiklik yapılması gerekmektedir (Sousa-Silva vd., 2018). Ormancılıkta uyum, iklim değişikliği odağını içeren sürdürülebilir orman yönetimi olup iklim değişikliğine uyum stratejileri, sürdürülebilir orman yönetim planlarının bir risk yönetimi bileşeni olarak görülebilir (Spittlehouse ve Stewart, 2003). Uyum önlemlerinin geliştirilmesi aciliyet arz etmektedir. Çünkü gençleştirilen veya ağaçlandırmalarla oluşturulan ormanlar, idare süresi boyunca büyük ölçüde değişebilecek iklim koşullarıyla başa çıkmak zorunda kalacaktır (Kolström vd., 2011).

Türkiye'nin 2011-2023 yıllarını kapsayan “İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı”nda, ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık başlığı altında aşağıda gösterilen öncelikli hedefler/alt hedefler belirlenmiştir (ÇŞB, 2011);

1. İklim değişikliğine uyum yaklaşımının ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve ormancılık politikalarına entegre edilmesi
 - Mevcut stratejilerin iklim değişikliği etkilerine uyum için gözden geçirilmesi
2. İklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve izlenmesi
 - İklim değişikliğinin orman alanlarındaki türler üzerine etkileri açısından tespiti ve izlenmesi
 - Orman alanlarında iklim değişikliğinin etkilerinden kaynaklanan arazi kullanım değişiminin tespit edilmesi
 - Orman ekosistemlerinin sağlığının izlenmesi
 - Korunan alanlarda iklim değişikliğinin etkilerini belirleme ve izlemeye yönelik araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması
 - Orman köylülerinin sosyo-ekonomik kalkınmasında iklim değişikliğine uyum faaliyetlerinin dikkate alınması ve bu yolla kırsal kalkınmaya destek olunması
 - Dağ, step, iç su, deniz kıyı ekosistemlerinde ve sağladıkları ekosistem hizmetlerinde iklim değişikliği etkilerinin belirlenmesi, izlenmesi, iklim değişikliğine uyuma yönelik önlemlerin geliştirilmesi
 - Deniz ve kıyı alanları yönetimi çerçevesine iklim değişikliğine uyumun entegre edilmesi
 - Ormanların yangınlara karşı korunması.

Yukarıda belirlenen hedeflere göre ormancılık politikalarında uyum süreçlerinin yönetimi için değişikliklerin yapılması gerektiği ve henüz iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetleri üzerindeki etkilerinin tam olarak belirlenemediği görülmektedir. 2019-2023 yıllarını kapsayan “Orman Genel

Müdürlüğü Stratejik Planı” incelendiğinde stratejik amaç ve hedeflerin bir kısmı iklim değişikliğine uyum ile ilişkilidir (OGM, 2018). Yine Ulusal Ormancılık Programı, 11. Kalkınma Planı ve Ormancılık Özel İhtisas Komisyon Raporu’nda orman kaynaklarının iklim değişikliğine uyumu konusunda hedef ve eylemlere yer verilmiştir. Bunun yanında yerel düzeyde de iklim değişikliğine uyum kapsamında çalışmalar yürütülmektedir (Zeydanlı vd., 2010). Görüldüğü üzere iklim değişikliğine uyum süreçlerinin henüz başında olduğumuzu belirtmek gerekir. Bu makalede orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyum süreçlerine yönelik orman mühendislerinin algı ve görüşleri belirlenmiş, iklim değişikliğine yönelik bilgi düzeyleri, iklim değişikliğinin orman kaynaklarına etkileri ve uyum süreçleri kapsamında mevcut ve öngörülen ormancılık yönetim ve uygulamaları değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

Çalışmada veriler anket yoluyla toplanmıştır. Anket formlarının tasarımında Sousa-Silva vd. (2018) ve Peterson St-Laurent vd. (2018)’den de faydalanılmıştır. Anket formunun ilk bölümünde iklim değişikliğine yönelik bilgi düzeyi, iklim değişikliğinin orman kaynakları üzerine etkileri ve iklim değişikliğine uyum kapsamında ormancılık yönetim ve uygulamalarının değerlendirilmesine yönelik soru ve ifadeler yer verilmiştir. İkinci bölümde ise anket çalışmalarına katılan orman mühendislerinin profil özelliklerinin belirlenmesine yönelik sorular yer almıştır. Hazırlanan anket formlarının uygulanabilmesi için Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulunun 26.10.2020 tarih ve 33/01 nolu kararı ile etik kurul izni alınmıştır. Anket formunda yer alan ölçekli ifadeler için tutarlılık katsayısı (Cronbach alfa değeri) 0,803 olarak bulunmuş olup 0,8 değerinden büyük olduğu için kullanılan ölçeğin istatistiki olarak yüksek güvenilirlikte olduğu görülmektedir (Kılıç, 2016).

Son hal verilen anket formlarının uygulanması için örnek büyüklüklerinin belirlenmesinde sınırlı toplumlarda kullanılan ve aşağıda açıklanan eşitlikten (1) faydalanılmıştır (Baş, 2010);

$$n = \frac{Nt^2pq}{d^2(N-1)+t^2pq} \quad (1)$$

Burada;

n: Örnek büyüklüğü,

t: Belirli bir anlamlılık düzeyinde t tablosuna göre bulunan teorik değer (%95 güven düzeyi için 1.96),

N: Ana kütle büyüklüğü,

p: Ölçmek istenilen büyüklüğün ana kütlede bulunma olasılığını (0.5),

q: Ölçmek istenilen büyüklüğün ana kütlede bulunmama olasılığını (0.5),

d: Kabul edilen örnekleme hatasını (Bu çalışmada %7 olarak alınmıştır) göstermektedir.

Yukarıdaki formüle göre hesaplanan örnek büyüklüğü, asgari 194 kişi olarak belirlenmiş olup, 241 orman mühendisi anket çalışmalarına katılmıştır. Anket çalışmaları ile elde edilen veriler, SPSS 22 paket programı kullanılarak ilk aşamada yüzdeler oranlara dönüştürülmüştür. Anket verilerinin parametrik veri olup olmadığı Shapiro-Wilk testi ile araştırılmış ve %95 güven düzeyinde verilerin normal

dağılıma sahip olmadığı ($p<0,05$) yani parametrik olmadığı belirlenmiştir. Bundan dolayı ki-kare testi ile orman mühendislerinin verdikleri yanıtların, profil özelliklerine (cinsiyet, yaş, görev yılı, eğitim düzeyi ve görev yapılan sektöre) göre farklı olup olmadığı analiz edilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Orman mühendislerinin profili

Anket çalışmalarına katılan orman mühendislerine ilişkin cinsiyet, yaş, görev yılı, eğitim düzeyi ve görev yapılan sektörlere ilişkin bilgiler Çizelge 1’de gösterilmiştir. Cinsiyet bakımından yapılan değerlendirmelere göre katılımcıların yaklaşık %80’i erkektir. Çalışmaya katılan mühendislerin %61,8’i 26-45 yaş aralığındadır. Görev yılları bakımından 20 yıldan fazla süredir görev yapanların oranı yaklaşık %35 ile ilk sırada, 1-5 yıl arası görev yapanlar ise ikinci sıradadır. Anket çalışmalarına katılan orman mühendislerinin %40’tan fazlası lisansüstü eğitimi tamamlamış durumdadır. Katılımcıların yarısından fazlası ormancılık ile ilgili kamu sektöründe görev yapmaktadır.

3.2. İklim değişikliğine yönelik bilgi düzeyi

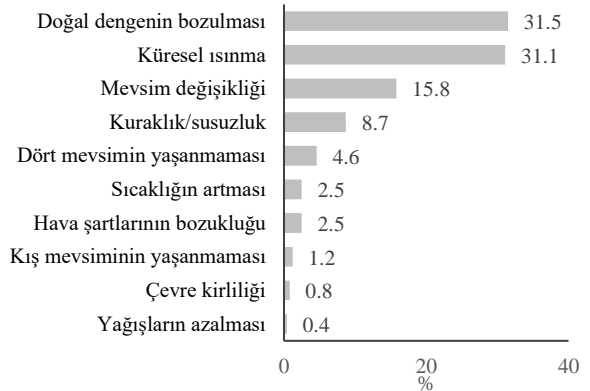
Orman mühendislerine yöneltilen “iklim değişikliği denilince aklınıza ilk gelen kavram hangisidir?” sorusuna verilen yanıtlara göre, ilk üçte sırasıyla doğal dengenin bozulması, küresel ısınma ve mevsim değişikliği kavramları yer almaktadır. Yağışların azalması, çevre kirliliği, kış mevsiminin yaşanmaması ve hava şartlarının bozulması kavramları ise iklim değişikliğini tanımlamak için daha düşük düzeyde tercih edilmektedir (Şekil 1). İklim değişikliğine yönelik kamuoyu algılarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda da benzer kavramlar öne çıkmıştır (Gülsoy ve Korkmaz, 2020; Korkmaz, 2018; Şen ve Özer, 2018; Steenjes vd., 2017; Demirkaya, 2008). Görüldüğü üzere iklim değişikliği farkındalığı daha çok gözlenebilir değişikliklerin etkisi ile oluşmaktadır. Lujala vd. (2015) bu durumu, duygusal ve deneyime dayalı öğrenmenin, entelektüel temelli öğrenmeye göre daha etkili olması ile açıklamaktadır. Ancak belirtilen çalışmaların aksine bu çalışmada doğal dengenin bozulması ilk sırada yer almıştır. Bunun en önemli nedeni çalışma evreninin doğal kaynak yöneticileri konumunda olan orman mühendislerinden oluşması ile açıklanabilir.

İklim değişikliğine yönelik bilgi düzeylerinin ölçümü önemlidir. Çünkü iklim değişikliğinin etkilerini azaltma ve uyum süreçlerinin başarısı, bu konulardaki bilgi düzeyi ile ilişkilidir. Farklı toplum kesimlerini ele alan çalışmalarda, iklim değişikliğine yönelik bilgi düzeylerinin düşük veya istenilen seviyede olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Gülsoy ve Korkmaz, 2020; Alkan ve Özçelik, 2019; Korkmaz, 2018; Ochieng ve Koske, 2013; Semenza vd., 2008; Michail vd., 2007; Papadimitriou, 2004). Orman mühendisleri, iklim değişikliği ile mücadele ve uyum ile iklim değişikliğinin hayatımıza etkileri konularında bilgi düzeylerinin yeterli olduğunu belirtmektedir (Şekil 2). Ancak karbon ayak izi konusunda ise bilgi düzeyi görece olarak düşüktür. Karbon ayak izi, birim karbondioksit cinsinden ölçülen, kurum veya bireylerin ulaşım, ısınma, elektrik tüketimi vb. faaliyetlerinden kaynaklanan toplam sera gazı salım miktarı olup bireysel karbon salımının yönetimi açısından önemli bir kavramdır (Ekici, 2019).

İklim değişikliğinin nedenleri ile ilgili verilen yanıtlar incelendiğinde (Şekil 3), en önemli üç neden sırasıyla; sera gazlarındaki artış, ormansızlaşma ve endüstrileşme olarak sıralanmaktadır. Bu yanıtlar sera gazları salımının azaltılması ve karbon tutulumu sayesinde iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasında karasal ekosistemler arasında hayati öneme sahip olan orman kaynaklarının korunması gerekliliği görüşünü ortaya koyması bakımından önemlidir.

Çizelge 1. Anket çalışmalarına katılan orman mühendislerine ilişkin bazı bilgiler

Cinsiyet	Sayı	%
Kadın	50	20.7
Erkek	191	79.3
Yaş Grupları	Sayı	%
≤25	17	7.1
26-45	149	61.8
46-65	75	31.1
Görev yılı	Sayı	%
1-5 yıl	75	31.1
6-10 yıl	30	12.5
11-15 yıl	26	10.8
16-20 yıl	27	11.2
>20 yıl	83	34.4
Eğitim düzeyi	Sayı	%
Lisans	141	58.5
Yüksek lisans	52	21.6
Doktora	48	19.9
Görev yapılan sektör	Sayı	%
Ormancılık ile ilgili kamu sektörü	128	53.1
Üniversite	62	25.7
Ormancılık ile ilgili özel sektör	26	10.8
Diğer (özel sektör)	16	6.7
Diğer (kamu)	9	3.7

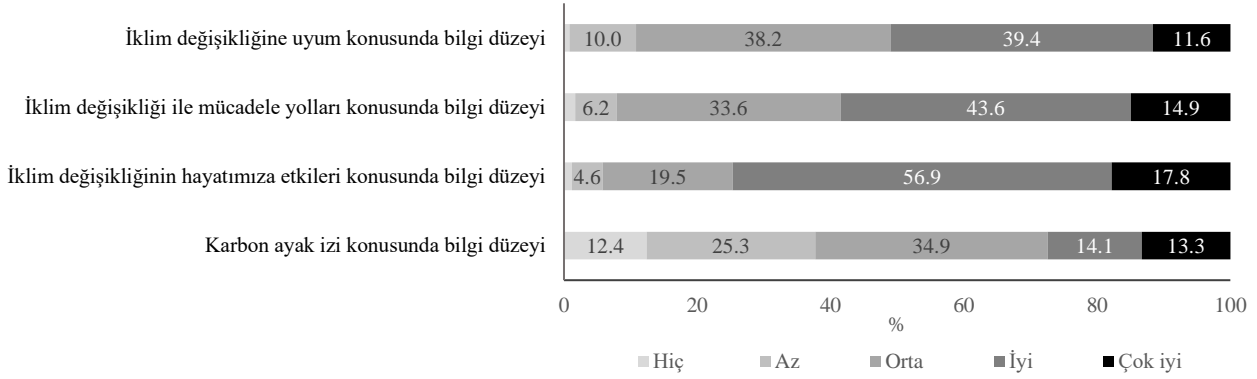


Şekil 1. İklim değişikliğini tanımlamak için ilk aklı gelen kavramların dağılımı

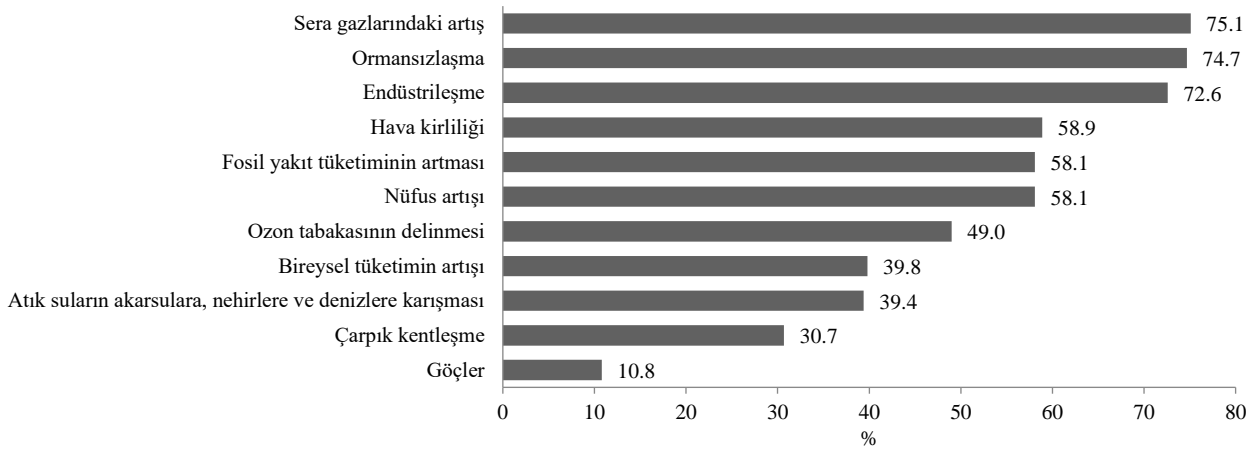
İklim değişikliğinin sonuçlarına yönelik değerlendirmelere göre (Şekil 4) iklim değişikliği nedeniyle orman yangınlarının sayısı, şiddeti ve yanan alan miktarı artacaktır. Ayrıca iklim değişikliği deniz seviyesinin yükselmesinde, şiddetli yağış sıklığının artmasında, tatlı su kaynaklarının azalmasında, buzulların erimesinde, kuraklıkların artmasında ve sıcaklıkların mevsim normallerinin üzerinde seyretmesinde etkili olarak görülmektedir. Ankete katılan orman mühendislerinin %90.9'u iklim değişikliğini yüksek düzeyde endişe verici olarak değerlendirerek bu durumu desteklemektedir. Bununla birlikte iklim değişikliğinin sonuçları ile ilgili olarak orman mühendislerinin %14.1'inin deniz seviyelerinin yükselmesi,

%10.8'inin şiddetli yağış sıklığının artması, %10.4'ünün tatlı su kaynaklarının azalması ve %8.3'ünün ise orman yangınlarının sayısı, şiddeti ve yanan alan miktarının artması konularında kararsız oldukları görülmektedir.

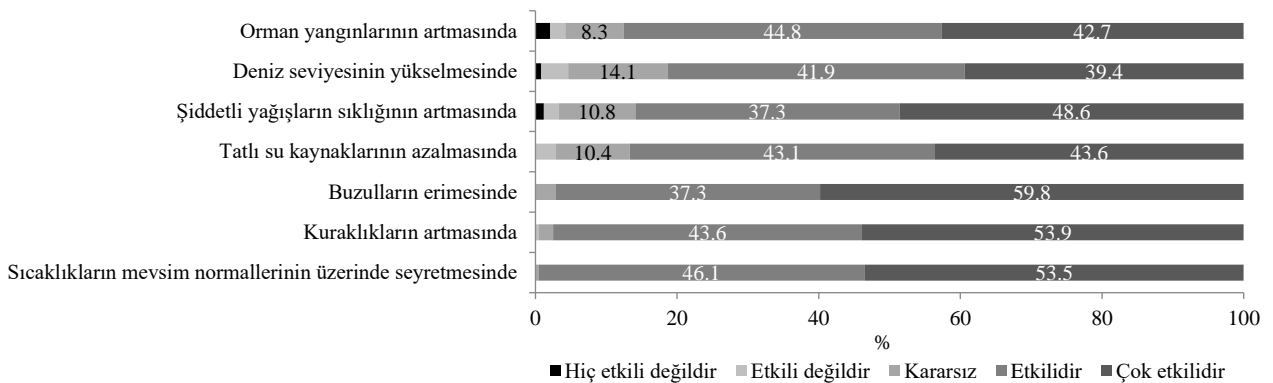
Katılımcılar tarafından "iklim değişikliğinin neden olduğu şekilde yorumladığımız herhangi bir aşırı hava olayı yaşadınız mı?" sorusuna %83.4 oranında evet yanıtı verilerek bu olaylar arasında ilk üç sırada; yaz sıcaklıklarında artış, kuraklık ve kış soğuklarında azalma olduğu belirtilmektedir (Şekil 5). Sousa-Silva vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise kuvvetli rüzgar ve fırtınalar ilk sırada yer alırken bunu, kuraklık ve yaz sıcaklıklarındaki artışlar izlemiştir.



Şekil 2. İklim değişikliğine yönelik bilgi düzeyi



Şekil 3. İklim değişikliğinin nedenleri (Birden fazla seçenek işaretlemiştir)



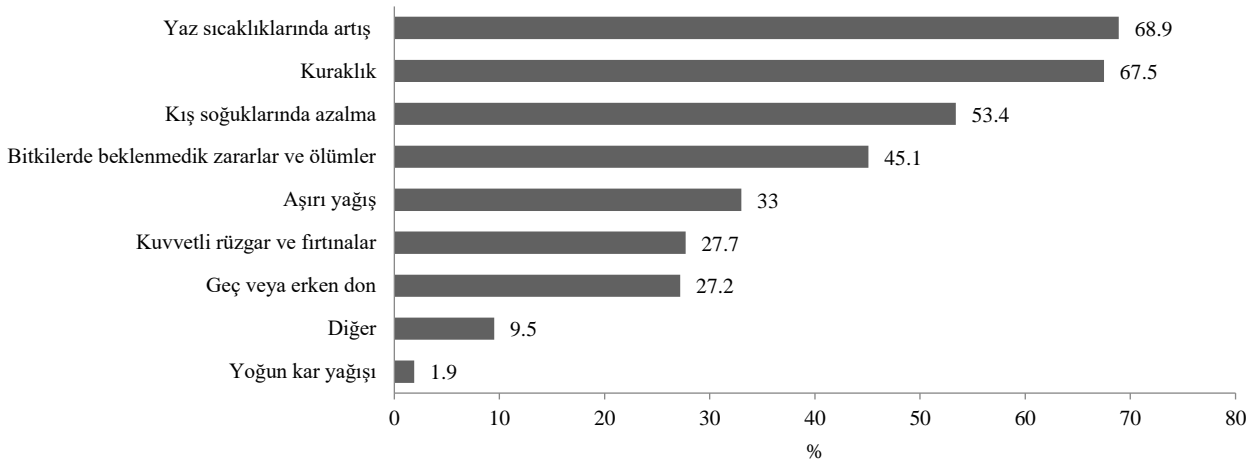
Şekil 4. İklim değişikliğinin sonuçları

3.3. İklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkisine yönelik görüşler

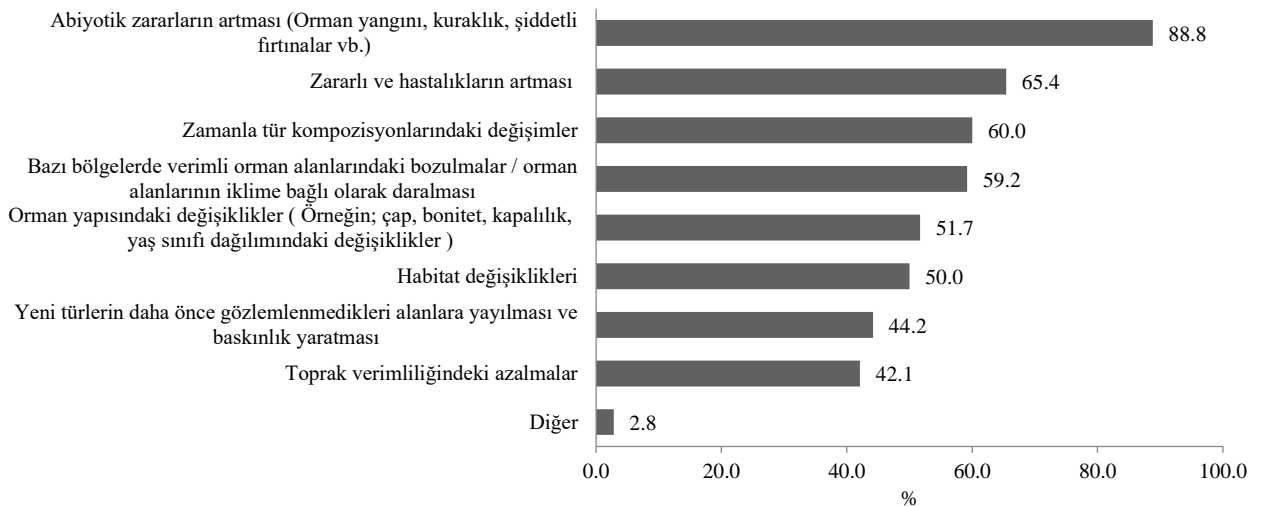
Orman mühendislerinin %91.7'si değişen ölçeklerde (Çok iyi derecede: %30.7; İyi derecede: %44.0; Orta düzeyde: %17.0) iklim değişikliğinin ülkemiz ormanları üzerindeki olası etkileri hakkında bilgiye sahiptir. Benzer şekilde iklim değişikliğini azaltmak için ülkemiz ormanlarının yönetim stratejileri hakkında bilgi sahibi olanların oranı (Çok iyi derecede: %36.9; İyi derecede: %37.4; Orta düzeyde: %20.3) %94.6 ile yüksek düzeydedir. Ki-kare testi sonuçlarına göre yaş grupları itibarıyla verilen yanıtlar istatistiksel olarak anlamlı farklılık ($p < 0.05$) arz etmekte olup yaş arttıkça bilgi düzeyi artmaktadır. 26 yaş altı mühendislerde iyi veya çok iyi düzeyde bilgi sahibi olanların oranı %52.9 iken bu oran 26-45 yaş grubunda %71.1'e, 46-65 yaş grubunda ise %85.3'e yükselmektedir.

İklim değişikliğinin orman kaynaklarına yönelik olası etkilerine ilişkin görüşler incelendiğinde (Şekil 6), abiyotik zararlar (orman yangını, kuraklık, şiddetli fırtınalar vb.) ve entomolojik/fitopatolojik zararların artışı ve zamanla tür kompozisyonundaki değişimler ilk sıralarda yer almıştır. Belirtilen öncelikli etkiler yazın incelendiğinde yapılan

çalışmalarla da uyumludur. 2021 yılı orman yangını-iklim değişikliği ilişkisinin en yoğun tartışıldığı yıl olmuştur. Çünkü özellikle Antalya ve Muğla illerinde meydana gelen ve yangın istatistiklerinin tutulmaya başlandığı 1937 yılından bugüne kadar en fazla alanın yanmasına neden olan orman yangınları bu yıl meydana gelmiştir. İklim değişikliğinin orman yangınları üzerine etkilerine yönelik olarak örneğin Türkeş ve Altan (2012), gözlenen ve kestirilen iklim değişikliği ve değişkenlikleri göz önünde bulundurularak yöneticiler tarafından orman yangınlarının önlenmesine yönelik ulusal, bölgesel ve yöresel çözüm önerilerinin geliştirilmesi gerektiğini vurgulayarak bu duruma dikkat çekmiştir. Ayrıca yapılan bilimsel çalışmalarda iklim değişikliği ile böcek ve patojenlerden kaynaklanan zararlı riskinin artacağına yönelik tespitlere yer verilmektedir (IPCC Secretariat, 2021; Sarıkaya ve Şen, 2020; Sarıkaya vd., 2018; Şimşek vd., 2010). Tür kompozisyonlarına yönelik değişimlere ilişkin senaryo analizlerinde de değişimlerin olacağı hatta bazı türlerin yaşam alanlarının daralacağına ilişkin belirlemeler yapılmaktadır (Kıraç ve Ertuğrul, 2021; Babalık vd., 2021; Li vd., 2021; Briceño vd., 2020; Dagtekin vd., 2020; Akyol ve Orucu, 2019; Qin vd., 2017). Diğer değişimlere ilişkin oranlar Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 5. İklim değişikliğinin neden olduğu hava olayları (Birden fazla seçenek işaretlemiştir)



Şekil 6. İklim değişikliğinin ormanlara etkisine yönelik olası değişimler (Birden fazla seçenek işaretlemiştir)

Genel olarak ormancılık politikalarının iklim değişikliğinin orman kaynakları üzerindeki olumsuz etkilerini önlemek için uygunluğu değerlendirildiğinde katılımcıların sadece %5.8'i mevcut politikaların uygun olduğunu ve iyi bir şekilde uygulandığını belirtmiştir. Bu bulgu mevcut politikaların mevcut hali ile yeterli olmadığını ve/veya ormancılık uygulamalarına yeterli düzeyde aktarılmadığını ortaya koymuştur (Çizelge 2). Yaş grupları itibariyle verilen yanıtlar incelendiğinde (ki-kare, $p<0.05$) mevcut politikaların önemli ölçüde değişmesi gerektiğini belirtenlerin oranı 46-65 yaş grubunda %50.7 iken 26-45 yaş grubunda %32.9 ve 25 ve altı yaş grubunda %23.5'e düşmektedir. Görev yapılan yıl itibariyle de benzer bulgulara ulaşılmıştır (ki-kare, $p<0.05$). Eğitim düzeyine göre bir değerlendirme yapıldığında da verilen yanıtlar istatistiksel olarak farklılaşmaktadır (ki-kare, $p<0.05$). Buna göre lisans mezunu olan mühendisler arasında mevcut politikaları ve uygulamaları yeterli bulanların oranı %9.2 iken yüksek lisans mezunu olanlarda bu oran %1.9'a gerilemektedir. Doktora mezuniyetine sahip mühendislerin tamamı mevcut politikaları ve/veya uygulamaları yetersiz bulmaktadır. Bunun yanında mevcut politikaların önemli ölçüde değişmesi gerektiği konusunda lisans mezunlarının %33.3'ü hem fikir iken bu oran yüksek lisans mezunlarında %40.4, doktora mezunlarında ise %47.9'dur.

İklim değişikliğinin orman kaynakları üzerinde olumsuz etkilerinin yanında "iklim değişikliği sayesinde ormanların toplu nezdinde önemi artmaktadır" ifadesine %85.5 oranında katılım sağlanmıştır. Yani daha önce de söz edildiği gibi toplumun iklim değişikliğinin nedenleri arasında ormansızlaşmayı görmesi ve iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasında orman kaynaklarının hayati önem sahip olması, bu ifadeye katılım oranının yüksek çıkmasını açıklayabilmektedir.

3.4. İklim değişikliğine uyum kapsamında ormancılık yönetim ve uygulamalarına ilişkin algılar ve görüşler

Orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumunun henüz sağlanmadığını (%42.3) ya da kısmen sağlandığını (%44.8) düşünenlerin oranı %87.1'dir. Yaş grupları itibariyle verilen yanıtlar istatistiksel olarak farklılaşmaktadır (ki-kare, $p<0.05$). Buna göre 46-65 yaş grubunda uyumun sağlanmadığını belirtenlerin oranı %54.7 iken bu oran 26 yaş altı grubundaki mühendislerde %17.6'ya gerilemektedir. Yani genç bireyler bu konuda daha olumlu yanıtlar vermiştir. Görev yapılan yıla göre de benzer bulgulara ulaşılmıştır (ki-kare, $p<0.05$). Cinsiyet itibariyle yapılan değerlendirmede de verilen yanıtlar farklılaşmaktadır (ki-kare, $p<0.05$). Buna göre orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumunun sağlandığını düşünenlerin büyük bir bölümü erkek mühendislerdir. "İklim değişikliğine uyum için orman kaynaklarının yönetim biçimi değişmelidir" görüşüne sahip olanların oranı %85.1 ile yüksek düzeydedir. Mühendislerin görev yaptıkları sektörler itibariyle bu soruya verilen yanıtlar istatistiksel olarak farklılaşmakta (ki-kare, $p<0.05$) olup üniversitelerde görev yapan orman mühendislerinin bu soruya %93.5 ve diğer özel sektör alanında görev yapan mühendislerin ise %68.8 oranında evet yanıtı vermiş olması bu farklılığın nedenidir. Britanya Kolumbiyası'nda yapılan bir araştırmada da uygulayıcı görüşlerine göre iklim değişikliğine uyum konusunda orman kaynakları yönetiminin sistem yaklaşımı çerçevesinde

yeniden gözden geçirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır (Nelson vd., 2016).

Orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumunun sağlanması için yapılması gerekenler hakkındaki görüşler Şekil 7'de görülmektedir. Öne çıkan ilk görüş; karışık meşcerelerin kurulmasının teşvik edilmesidir. Karışık meşcerelere genel ilgi son yıllarda artmıştır. Ancak karışık ormanların yönetimi, karışımların çevresel değişikliklere direnç ve uyumu ile topluma ekosistem hizmetlerinin sağlanmasındaki rolü konusunda bilgi düzeyi düşüktür (Coll vd., 2018).

Ağaçlandırmalarda gelecekteki iklim daha iyi uyum sağlayabilecek türlere yer verme bir diğer önemli görüştür. Zeydanlı vd. (2010)'a göre iklim değişikliği nedeniyle meşcerelerin içerisinde yer alan türler arasında baskınlık durumunun değişmesi veya komşu bölgelere geçiş daha sık karşılaşılabilecek bir durum olup bu özellikteki alanlarda gerçekleşen değişimleri desteklemek yerinde bir yaklaşım olacaktır.

Bir diğer önemli görüş orman sağlığının izlenmesini sağlamaktır. Orman Genel Müdürlüğü tarafından "Ormanlar Üzerine Hava Kirliliğinin Etkilerinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi Uluslararası İşbirliği Programı (ICP Forest)" kapsamında orman ekosistemlerinin sağlığının izlenmesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Özellikle Seviye II alanlardaki otomatik meteorolojik gözlem istasyonu sayısının artırılması, iklim modelleme çalışmaları kapsamında daha fazla noktadan veri alınmasının sağlanması, veri sayısının artırılması ve karşılaştırılabilir sonuçlara ulaşma açısından önemlidir (Demir ve Şahin 2014). Ülkemizin sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergeler setinde 2018 yılından itibaren ormanların sağlığı, canlılığı ve bütünlüğü ölçütü altında "ormanların hava kirliliği iklim değişikliği etkilerinin izlenmesi göstergesi yer almıştır (Hakverdi, 2020). Akyol ve Tolunay (2014) tarafından yapılan çalışmada "Karbon ve Su Döngüsü" konusu sürdürülebilir orman yönetimi için ayrı bir ölçüt olarak önerilmiştir. 2018 yılındaki revizyonda gösterge niteliğinde yapılan düzenlemelerin gelecekte daha geniş kapsamlı ölçüt ve gösterge düzenlemelerinin yapılacağını bir işaret olarak yorumlanabileceğini göstermektedir.

Odun üretim hedeflerini küçültme, yeni korunan alanlar ilan etme, doğal ormanlarda üretimi sınırlandırma ve yaşlı ormanları koruma şeklinde öncelikle koruma odaklı yönetim seçenekleri de alınabilecek önlemler arasında yer almaktadır. Doğal gençleştirmeye ağırlık verme seçeneği de öne çıkmaktadır. Zeydanlı vd. (2010)'da benzer önlemlere çalışmalarında yer vermiştir.

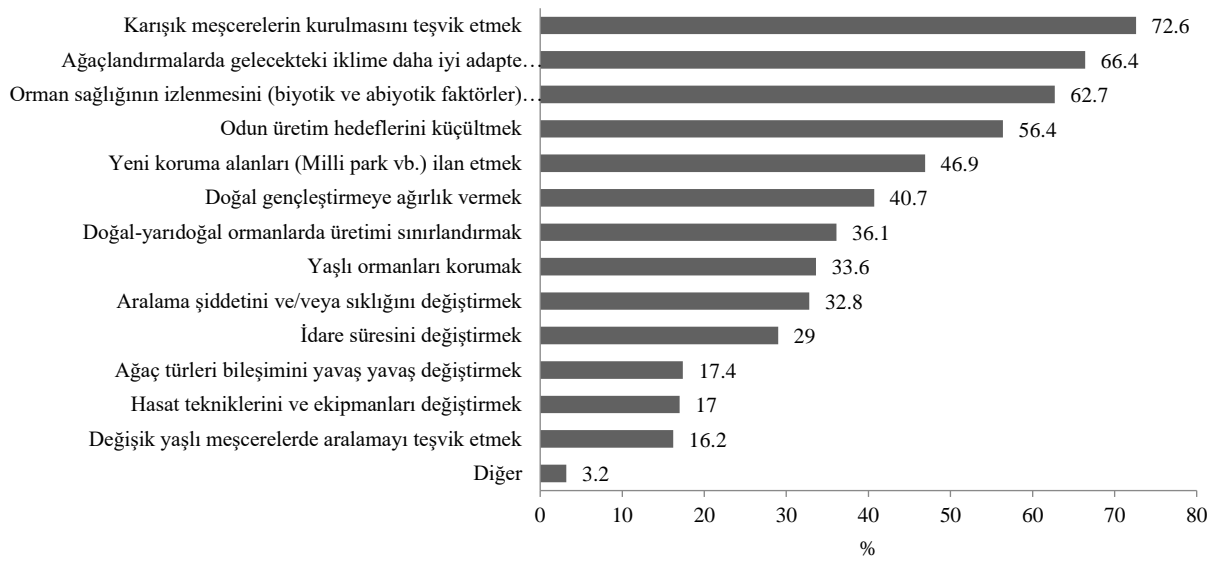
Çizelge 2. Genel olarak, ülkemiz ulusal ormancılık politikalarının iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini önlemek için uygunluğu

Seçenekler	Sayı	Yüzde
Mevcut politikalar uygun ve iyi uygulanıyor.	14	5.8
Mevcut politikalar uygun ancak yetersiz uygulanıyor.	37	15.3
Mevcut politikaların bazı yönleri ve uygulamaları iyileştirilmelidir.	99	41.1
Mevcut politikalar önemli ölçüde değiştirilmelidir.	91	37.8

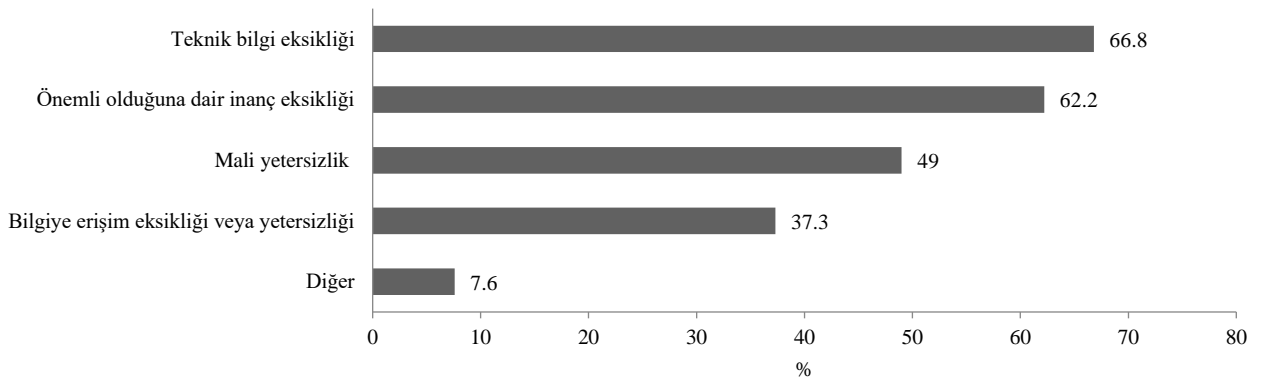
Orman ekosisteminin direncini ve uyum kapasitesini arttırmak için, sadece ekolojik değil aynı zamanda bölgenin sosyal ve ekonomik dinamikleri de göz önünde bulundurularak önlemler geliştirilmelidir (Zeydanlı vd., 2010). Ülkemizde 2008 yılından itibaren orman amenajman planlarında “Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlama” esasına geçilmiş olması önemli bir gelişmedir. Bu kapsamda planlama aşamalarında katılımcılık esas olmalıdır. Spies vd. (2010), iklim değişikliğiyle başa çıkmak için etkili uyarlanabilir stratejilerin, sosyoekolojik bir sistem perspektifi gerektirdiğini ve ekolojik temelli orman kaynakları yönetimine geçişin, iklim değişikliği altında biyolojik çeşitliliğin korunması için iyi bir başlangıç noktası sağlayacağını belirtmektedir.

Orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumu kapsamında en önemli kısıt, teknik bilgi eksikliği olarak öne

çıkılmaktadır. Bunu önemli olduğuna dair inanç eksikliği ve mali açıdan yetersizlik izlemektedir (Şekil 8). Sousa-Silva vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada da iklim değişikliğine uyum eylemlerinin uygulamaya aktarılmasındaki en önemli engel, bilgi eksikliği olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde Nelson vd. (2016)’da iklim değişikliğinin etkileri ve uyum konusundaki araştırmalara yönelik önemli kaynak aktarımlarına rağmen uygulayıcı düzeyinde önemli bilgi boşlukları olduğu belirtilmektedir. Orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumunu sağlamada en önemli dışsal destekler ise iklim değişikliği ve orman kaynakları üzerindeki etkileri konusunda toplumun bilinçlendirilmesi ve uyum sağlamaya yönelik politika ve mali teşvikler olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. Orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumunun sağlanması için yapılması gerekenler hakkındaki görüşler (Birden fazla seçenek işaretlemiştir)



Şekil 8. İklim değişikliğine uyum eylemlerinin uygulamaya aktarılmasını sınırlayan en önemli kısıtlamalar (Birden fazla seçenek işaretlemiştir)

4. Sonuç ve öneriler

İklim değişikliğinin orman kaynaklarına etkisine ilişkin olası değişimler; abiyotik ve biyotik zararların artacağı ve zamanla tür kompozisyonunda değişikliklerin yaşanacağı şeklindedir. Bu bağlamda orman kaynaklarının iklim değişikliğine karşı direncinin ve uyum kapasitesinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması önem arz etmektedir. Aynı zamanda bu değişimler daha etkin bir biçimde izlenmeli ve değerlendirilmelidir.

Mevcut ulusal ormancılık politikaları iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin önlenmesi konusunda hem yetersiz bulunmuş hem de ormancılık uygulamalarına aktarımında sorunlar olduğu belirlenmiştir. İklim değişikliğinden etkilenme potansiyeli yüksek ormanlar için uygulama hedeflerinin belirlenmesi ve hedeflerin orman amenajman planlarına yansıtılması gerekmektedir. Bu noktada ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama bir fırsat olarak değerlendirilebilir.

Bunun yanında iklim değişikliğine uyumun sağlanması için orman kaynakları yönetiminin değişmesi gerektiği görüşü büyük bir çoğunlukla ifade edilmiştir. Karışık meşcerelerin kurulmasının teşvik edilmesi, ağaçlandırmalarda gelecekteki iklime daha iyi uyum sağlayabilecek türlere yer verilmesi ve orman sağlığının izlenmesi en önemli önlemler olarak öne çıkmıştır. Ayrıca odun üretim hedeflerinin düşürülmesi, korunan alanların sayısının ve dolayısıyla alansal büyüklüğünün artırılması, doğal ormanlarda odun hammaddesi üretiminin sınırlandırılması ve yaşlı ormanların korunması diğer önlemler olarak belirlenmiştir. Görüldüğü üzere iklim değişikliğine uyum konusunda koruma odaklı yönetim seçenekleri de öne çıkmaktadır.

İklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması, uyum ve yaşamsal etkileri konusunda orman mühendislerinin büyük bir bölümü yeterli düzeyde bilgi sahibi olduğunu belirtmiştir. İklim değişikliğinin nedenleri ve sonuçları ile ilgili ifadeler verilen yanıtlar değerlendirildiğinde de bilgi düzeyinin yeterli olduğu anlaşılmaktadır. Genel olarak orman mühendislerinin iklim değişikliğine yönelik endişe duymaları ve iklim değişikliği ile ilgili hususları orman kaynakları yönetimine dahil etme ihtiyaçlarının farkında olmaları önemlidir. Ancak orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumu konusunda teknik bilgi eksikliği en önemli kısıttır. Bu açıdan belirtilen bilgi eksikliklerinin giderilmesine yönelik çalışmalar ve ormancılık sektörü çalışanlarının iklim değişikliğine uyum konusundaki farkındalık ve bilgi düzeyinin artırılmasına yönelik programlar önemsenmelidir.

Gerek kamuoyu algılarını belirlemeye yönelik yapılan ve daha önce söz edilen bilimsel araştırmalarda iklim değişikliğinin nedenleri arasında ormansızlaşmanın gösterilmesi, gerekse bu çalışma kapsamında orman mühendislerinin iklim değişikliği sayesinde ormanların toplum nezdinde önemini artacağı algısına sahip olmaları uyum kapsamında bir fırsat olarak görülmelidir. Çünkü orman kaynakları yönetiminin iklim değişikliğine uyumunu sağlamada en önemli dışsal destek, iklim değişikliği ve orman kaynakları üzerindeki etkilerine yönelik toplumun bilinç düzeyinin artırılmasıdır. Bu bağlamda iklim değişikliğine yönelik kamuoyunun bilgi düzeyinin yeterli olmadığı değerlendirilmeli, öncelikle bilgi ardından da bilinç seviyesini artırmaya yönelik çalışmaların yapılması ile bu dışsal destekten daha yüksek düzeyde faydalanılmalıdır.

Açıklama

Bu makalede, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yürütülmekte olan “Ormancılık Sektöründe İklim Değişikliğine Yönelik Algular ve İklim Değişikliği ile Mücadele ve Uyum Önlemlerinin Önceliklendirilmesi” başlıklı yüksek lisans tezinin verileri kullanılmıştır.

Kaynaklar

- Akyol, A., Orucu, O.K., 2019. Investigation and evaluation of Stone Pine (*Pinus pinea* L.) current and future potential distribution under climate change in Turkey, *Cerne*, 25:415-423.
- Akyol, A., Tolunay, A., 2014. Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerinin Türkiye için modellenmesi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15: 21-32.
- Alkan, H., Özçelik, R., 2019. A research on awareness of climate change and environmental issues. *International Conference on Climate Change and Forestry*, 12-15 November, Antalya, Turkey, pp. 88-97.
- Babalık, A.A., Sarıkaya, O., Orucu, O.K., 2021. The Current and future compliance areas of Kermes Oak (*Quercus coccifera* L.) under climate change in Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(01): 406-413.
- Baş, T., 2010. Anket. Seçkin Yayıncılık, Altıncı Baskı, Ankara.
- Briceño, N.R., Sánchez, D.C., Castillo, E.B., Gurbillón, M.B., Sarmiento, F., Sotomayor, D., Oliva, M., López, R.S., 2020. Current and future distribution of five timber forest species in Amazonas, Northeast Peru: Contributions towards a restoration strategy. *Diversity*, 12:305.
- Coll, L., Ameztegui, A., Collet, C., L'Écof, M., Mason, B., Pach, M., Verheyen, K., Abrudan, I., Barbat, A., Barreiro, S., Bielak, K., Bravo-Oviedo, A., Ferrari, B., Govedar, Z., Kulhavy, J., Lazdina, D., Metslaid, M., Mohren, F., Pereira, M., Peric, S., Rasztovits, E., Short, I., Spathelf, P., Sterba, H., Stojanovic, D., Valsta, L., Zlatanov, T., Ponette, Q., 2018. Knowledge gaps about mixed forests: What do European forest managers want to know and what answers can science provide? *For. Ecol. Manag.* 407: 106e115.
- ÇŞB, 2011. Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2011-2023). Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Dagtekin, D., Şahan, E.A., Denk, T., Köse, N., Dalfes, H.N., 2020. Past, present and future distributions of Oriental beech (*Fagus orientalis*) under climate change projections. *PLoS ONE* 15 (11): e0242280.
- Demir, M., Şahin, U., 2014. Hava kirliliğinin ormanlar üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi ve izlenmesi hakkında Uluslararası İşbirliği Programı (ICP Forests), meteorolojik ölçümler. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta, s. 380-391.
- Demirkaya, H., 2008. Sınıf öğretmeni adaylarının küresel ısınma kavramı algılamaları ve öğrenme stilleri: Fenomenografik bir analiz. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi*, 8(1): 33-58.
- Ekici, M., 2019. İklim değişikliğine direnç: Yerküre için karbon detoksu (Karbon Arınımı). *Dirençlilik Dergisi*, 3(2): 113-125.
- Gülsoy, E., Korkmaz, M., 2020. Üniversite öğrencilerinin sosyo-ekonomik özelliklerinin küresel ısınma ve iklim değişikliği algıları üzerine etkileri. *Turkish Journal of Forestry*, 21(4): 428-437.
- Hakverdi, A.E., 2020. Türkiye'de sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergelerinin değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 21 (3): 332-343.
- IPPC Secretariat, 2021. Scientific review of the impact of climate change on plant pests – A global challenge to prevent and mitigate plant pest risks in agriculture, forestry and ecosystems. Rome. FAO on behalf of the IPPC Secretariat.
- Kılıç, S., 2016. Cronbach'ın alfa güvenirlik katsayısı. *Journal of Mood Disorders*, 6(1): 47-48.

- Kıraç, A., Ertuğrul, E., 2021. Maskeli örümcek kuşunun (*Lanius nubicus*, Lichtenstein 1823) iklim değişikliği etkisi altındaki dağılımı. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6 (2):245-251.
- Kolström, M., Lindner, M., Vile'n, T., Maroschek, M., Seidl, R., Lexer, M.J., Netherer, S., Kremer, A., Delzon, S., Barbati, A., Marchetti, M., Corona, P., 2011. Reviewing the science and implementation of climate change adaptation measures in European Forestry. *Forests*, 2:961-982.
- Korkmaz, M., 2018. Public awareness and perceptions of climate change: differences in concern about climate change in the West Mediterranean Region of Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(4):4039-4050.
- Li, J., Fan, G., He, Y., 2021. Predicting the current and future distribution of three Coptis herbs in China under climate change conditions, using the MaxEnt model and chemical analysis. *Science of The Total Environment*, 698:134141.
- Lujala, P., Lein, H., Rød, J.K., 2015. Climate change, natural hazards, and risk perception: The role of proximity and personal experience. *Local Environment*, 20(4): 489-509.
- Michail, S., Atamou, A.G., Stamou, G.P., 2007. Greek primary school teachers' understanding of current environmental issues: An exploration of their environmental knowledge and images of nature. *Science Education*, 91(2): 244-259.
- Nelson, H.W., Williamson, T.B., Macaulay, C., Mahony, C., 2016. Assessing the potential for forest management practitioner participation in climate change adaptation. *For. Ecol. Manag.*, 360:388-399.
- Ochieng, M.A., Koske, J., 2013. The level of climate change awareness and perception among primary school teachers in Kisumu Municipality, Kenya. *International Journal of Humanities and Social Science*, 3(21):174-179.
- OGM, 2018. Orman Genel Müdürlüğü Stratejik Plan (2019-2023). Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Papadimitriou, V., 2004. Prospective primary teachers' understanding of climate change, greenhouse effect, and ozone layer depletion. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2): 299-307.
- Peterson St-Laurent, G., Hagerman, S., Kozak, R., Hoberg, G., 2018. Public perceptions about climate change mitigation in British Columbia's forest sector. *PLoS ONE* 13(4): e0195999.
- Qin, A., Liu, B., Guo, Q., Bussmann, R.V., Ma, F., Jian, Z., Xu, G., Pei, S., 2017. Maxent modeling for predicting impacts of climate change on the potential distribution of *Thuja sutchuenensis* Franch., an extremely endangered conifer from southwestern China. *Glob. Conserv.*, 10: 139-146.
- Sarıkaya, O., Şen, İ., 2020. Estimation to current and future potential distribution areas of *Pityogenes calcaratus* (Eichhoff) in Turkish Forests, *International Journal of Agriculture, Forestry and Fisheries*, 8(4):118-122.
- Sarıkaya, O., Karaceylan, İ.B., Şen, İ., 2018. Maximum entropy modeling (maxent) of current and future distributions of *Ips mansfeldi* (Wachtl, 1879) (Curculionidae: Scolytinae) in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(3): 2527-2535.
- Semenza, J.C., Hall, D.E., Wilson, D.J., Bontempo, B.D., Sailor, D.J., George, L.A., 2008. Public perception of climate change: Voluntary mitigation and barriers to behavior change. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5):479-487.
- Silkin, H., 2014. İklim değişikliğine uyum özelinde bazı uygulamaların Türkiye açısından değerlendirilmesi. Orman ve Su İşleri Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Sousa-Silva, R., Verbist, B., Lomba, Á, Valent, P., Suškevičs, M., Picard, O., et al., 2018. Adapting forest management to climate change in Europe: linking perceptions to adaptive responses. *For. Policy Econ.* 90:22-30.
- Spies, T.A., Giesen, T.W., Swanson, F.J., Franklin, J.F., Lach, D., Johnson, K.N., 2010. Climate change adaptation strategies for federal forests of the Pacific Northwest, USA: Ecological, policy, and socio-economic perspectives. *Landscape Ecol.*, 25:1185-1199.
- Spittlehouse, D.L., Stewart, R.B., 2003. Adaptation to climate change in forest management. *BC Journal of Ecosystems and Management*, 4(1):1-11.
- Steenjes, K., Pidgeon, N., Poortinga, W., Corner, A., Arnold, A., Böhm, G., Mays, C., Poumadère, M., Ruddat, M., Scheer, D., Sonnberger, M., Tvinnereim, E., 2017. European perceptions of climate change (EPCC): Topline findings of a survey conducted in four European countries in 2016. Cardiff: Cardiff University.
- Şen, G., Özer, Y.E., 2018. Üniversite öğrencilerinin iklim değişikliği ve çevre sorunları konusundaki farkındalıklarının değerlendirilmesi: Dokuz Eylül Üniversitesi Kamu Yönetimi örneği. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2): 667-688.
- Şimşek, Z., Kondur, Y., Öner, N., Şimşek, M., 2010. Küresel iklim değişikliği dikkate alınarak kabukböceklerinin yönetimi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 10(1): 44-54.
- Türkeş, M., 2008. Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1:26-37.
- Türkeş, M., Altan, G., 2012. Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı orman arazilerinde 2008 yılında çıkan yangınların kuraklık indisleri ile çözümlenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 9: 912-931.
- Türkeş, M., Sümer, U.M., Çetiner, G., 2000. Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları, 13 Nisan 2000, s.7-24.
- Zeydanlı, U., Turak, A., Bilgin, C., Kınıkoğlu, Y., Yalçın, S., Doğan, H., 2010. İklim Değişikliği ve Ormanlık: Modellerden Uygulamaya. Doğa Koruma Merkezi, Ankara.

Chemical characterization of black poplar (*Populus nigra* L.) sawdust hemicelluloses esterified with acyl chlorides

Samim Yaşar^{a,*} , Gürcan Güler^a 

Abstract: In the present study, hemicelluloses were isolated from black poplar (*Populus nigra* L.) sawdust, which is generated by the wood industry in large quantities as lignocellulosic waste. The monosaccharide composition of hemicelluloses was determined by gas chromatography. Xylose was the predominant monosaccharide unit, at 81.13%. Isolated hemicelluloses were then esterified with octanoyl, decanoyl, and lauroyl chloride, and the produced derivatives were characterized in terms of percent yield, degree of substitution (DS), solubility, Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), and thermogravimetric analysis (TGA). Hemicellulose derivatives had DS values ranging from 0.83 to 0.97, and percent yields ranging from 61.54% to 62.31%. FTIR analysis confirmed esterification. TGA indicated that the hemicellulose derivatives offered lower thermal stabilities than native hemicelluloses. Solubility analysis indicated that esterification increased the hydrophobic capacity of hemicelluloses. Generally, the hemicellulose derivatives obtained could be used to make biodegradable and environmentally friendly plastics, resins, films, and coatings for industrial utilization.

Keywords: Degree of substitution, Esterification, Hemicelluloses, Percent yield, Solubility, Thermal stability

Açıl klorürler ile esterlenmiş karakavak (*Populus nigra* L.) talaşına ait hemiselülozların kimyasal karakterizasyonu

Özet: Bu çalışmada, orman ürünleri endüstrisinde büyük miktarlarda lignoselülozik atık olarak açığa çıkan karakavak (*Populus nigra* L.) talaşından hemiselülozlar izole edilmiştir. Hemiselülozların monosakkarit bileşimi gaz kromatografisi ile belirlenmiştir. Ksiloz, %81.13 ile baskın monosakkarit birimi olarak tespit edilmiştir. İzole edilmiş hemiselülozlar daha sonra oktanoil, dekanoil ve lauroil klorür ile esterlenmiş ve elde edilen türevler yüzde verim, süstitüsyon derecesi (DS), çözünürlük, Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ve termogravimetrik analiz (TGA) ile karakterize edilmiştir. Hemiselüloz türevlerinin DS değerleri 0.83 ile 0.97 arasında değişirken, yüzde verimleri %61.54 ile %62.31 arasında yer almıştır. FTIR analizi esterlenmeyi destekleyen sonuçlar sunmuştur. TGA, hemiselüloz türevlerinin, doğal hemiselülozlardan daha düşük termal stabiliteye sahip olduklarını göstermiştir. Çözünürlük analizi, esterlenmenin hemiselülozların hidrofobik kapasitesini geliştirdiğini ortaya koymuştur. Genel olarak çalışma, elde edilen hemiselüloz türevlerinin, endüstriyel kullanıma yönelik biyolojik olarak bozunabilir ve çevre dostu plastik, reçine, film ve kaplama ürünlerinin elde edilmesinde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Süstitüsyon derecesi, Esterlenme, Hemiselülozlar, Yüzde verim, Çözünürlük, Termal stabilite

1. Introduction


Due to the gradual depletion of worldwide forest resources, there is a great need for creative use and recycling of natural products to conserve the environment and manage natural resources sustainably. In the wood industry, there are many by-products such as wood shavings and sawdust. Therefore, one of the big troubles in the wood industry is how to enhance the properties and efficiency of wood products using the woody residues and how to recycle them. Among the recognized techniques of wood usage, wood plasticization is a proficient process with potential (Wu et al. 2004).


Black poplar (*Populus nigra* L.) is a riparian tree species distributed throughout north Africa, central and west Asia, and Europe (Rathmacher et al., 2010). Black poplar plantations in Turkey occupy 70,000 hectares, from which


1.9 million m³ of wood is obtained annually (Kahraman et al., 2011). In total, there are 22.3 million hectares of forest in Turkey, from which 20-20.5 million m³ of wood can be produced annually (OGM, 2016).

The wood of black poplar is utilized as raw material for matches, furniture, packaging, particleboard, fiberboard, plywood, and building components. It has no fragrance, so is also useful for the manufacture of fruit boxes (Gaudet et al., 2008). In recent years, black poplar has received increasing attention as a renewable source for energy and short fiber furnish for paper-making (Stettler et al., 1996). The use of this wood as a raw material in many industrial applications results in the production of a significant amount of black poplar sawdust as waste.

After cellulose, hemicelluloses are the most abundant polysaccharides in wood (Fengel and Wegener, 1984). Being produced from renewable resources and mostly consisting of

 ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

 ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): samimiyasar@isparta.edu.tr

 **Received** (Geliş tarihi): 09.08.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 22.11.2021



Citation (Atıf): Yaşar, S., Güler, G., 2021. Chemical characterization of black poplar (*Populus nigra* L.) sawdust hemicelluloses esterified with acyl chlorides. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 426-431.
DOI: [10.18182/tjf.980457](https://doi.org/10.18182/tjf.980457)

production waste, hemicelluloses are economically remarkable raw materials (Williamson and McCormick, 1998). They are characterized by high stability and easy biodegradability, but when mixed with hydrophobic synthetic polymers, the hydrophilic structures of hemicelluloses yield weak surface adhesion and poor mechanical properties in the resultant products. This flaw can be overcome by modifying the molecular structures of hemicelluloses, producing hemicellulosic derivatives. In particular, the hydrophilic -OH groups in hemicelluloses can be converted to hydrophobic groups, and such derivatives have attracted interest as extenders and replacements for polymers prepared from petrochemicals (Fan and Feng, 1987; Fang et al., 1999). Plastic materials of petroleum origin are widely used and characteristically resistant to natural degradation, which causes significant environmental pollution and presents problems for disposal both during production and after use. In addition, it is known that chemicals produced in the recycling of synthetic plastic materials threaten human health (Thompson et al., 2009).

For these reasons, this study investigated the practicability of black poplar sawdust as an additional raw material for the production of hemicellulose derivatives. Hemicelluloses were isolated from black poplar wood sawdust and then esterified with octanoyl, decanoyl, and lauroyl chloride. The resulting derivatives were characterized in terms of percent yield, degree of substitution (DS), solubility, Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), and thermogravimetric analysis (TGA).

2. Material and method

2.1. Material

Black poplar sawdust was obtained from Yuceer Sawmill in Isparta-Turkey in 2019. The sawdust was screened between 40 and 100 mesh.

2.2. Method

Extractives were removed from sieved sawdust using cyclohexane: ethanol (2:1, v/v) extraction for 6 h in a Soxhlet apparatus. From extract-free sawdust, holocellulose was prepared according to the method of Wise and Karl (1962). Subsequently, the ASTM D1103 (1980) method was performed to isolate hemicelluloses from holocellulose using alkali extraction.

Briefly, the alkali extract containing hemicelluloses was adjusted to pH 6 by the addition of glacial acetic acid. Afterwards, three volumes of 95% ethanol were added, and this mixture was kept in a deep freeze at -20 °C for 24 h to allow precipitation of hemicelluloses. Precipitated hemicelluloses were centrifuged at 14,000 rpm for 5 min, washed with 95% ethanol, and then air-dried (Tanrıverdi, 2011).

Hemicelluloses (1 g, oven-dried weight) were hydrolyzed in 20 mL 72% HR₂RSOR₄R at 30 °C for 60 min and then diluted to 360 mL with distilled water. After dilution, hydrolysis of hemicelluloses continued at 120 °C for 60 min in a JP-Selecta autoclave (Pettersen et al., 1984). Afterwards, monosaccharides were separated from residual lignin by centrifugation at 14,000 rpm for 10 min, and the hydrolysate collected. The monosaccharide composition of hemicelluloses was determined using a Perkin Elmer

Autosystem XL gas chromatograph according to the method developed by Cao et al. (1997).

For esterification, hemicelluloses equivalent to 0.3 g oven-dried material in 15 mL distilled water were first incubated at 80 °C with stirring for 5 min. After adding 15 mL N,N-dimethylformamide (DMF), the mixture was stirred for another 5 min to produce a swollen gel, from which water was removed by evaporation at 50 °C. Acyl chlorides (octanoyl, decanoyl, or lauroyl chloride) were prepared at a molar ratio of 2:1 in accordance with the number of xylose units in the hemicelluloses. To each acyl chloride, 0.075 g LiCl, 0.05 g 4-dimethylaminopyridine (DMAP), 115 µL triethylamine (TEA), and 7.5 mL DMF were added. Prepared acyl chloride mixtures were gradually added to evaporated water-free gels with stirring at 75 °C. These mixtures were incubated with stirring for another 20 min, allowed to cool to room temperature, and then gradually added to 60 mL ethanol. The resulting ester products were filtered, air-dried for 24 hours, and then dried at 55 °C for another 24 hours (Fang et al., 1999).

FTIR spectra of the hemicelluloses and ester derivatives were obtained using a Perkin Elmer BX FTIR spectrometer. Briefly, a 10 mg sample was dispersed in a matrix of 1,000 mg KBr and pressed to form a self-supporting pellet. The FTIR spectra of pellets were obtained at room temperature between 4000 and 400 cm⁻¹ with a spectral resolution of 4 cm⁻¹.

TGA was carried out using 5 mg of hemicelluloses or ester derivatives in a Perkin Elmer SII Diamond thermograph at a heating rate of 10 °C/min across the temperature range of 25-800 °C, under nitrogen.

Carbon contents of hemicelluloses and ester derivatives were determined using a Leco CHNS-932 device. DS values of samples were calculated from their carbon contents according to equations 1a, 1b, and 1c. The percent yields of samples were established from their DS values according to equations 2a, 2b, and 2c. Calculations were performed with the assumption that xylan contains two free hydroxyl groups per xylose unit.

$$C(\%) = \frac{9608.8 \cdot DS + 6005.5}{126.2 \cdot DS + 132.1} \quad \text{for octanoylated hemicelluloses} \quad (1a)$$

$$C(\%) = \frac{12011 \cdot DS + 6005.5}{155.3 \cdot DS + 132.1} \quad \text{for decanoylated hemicelluloses} \quad (1b)$$

$$C(\%) = \frac{14413.2 \cdot DS + 6005.5}{182.3 \cdot DS + 132.1} \quad \text{for lauroylated hemicelluloses} \quad (1c)$$

$$Yield(\%) = \frac{DS + 1.0469}{0.0305} \quad \text{for octanoylated hemicelluloses} \quad (2a)$$

$$Yield(\%) = \frac{DS + 0.8531}{0.0286} \quad \text{for decanoylated hemicelluloses} \quad (2b)$$

$$Yield(\%) = \frac{DS + 0.7248}{0.0272} \quad \text{for lauroylated hemicelluloses} \quad (2c)$$

Solubility was measured using 5 g of hemicellulose or ester derivatives in 100 mL each of pyridine, dimethylsulfoxide (DMSO), tetrahydrofuran (THF), toluene, chloroform, and dichloromethane solvents.

3. Results and discussion

3.1. Monosaccharide composition of hemicelluloses from black poplar sawdust

Black poplar sawdust contained a large quantity of hemicelluloses, comprising 21.47% of oven-dried material. Isolated hemicelluloses included residual lignin in the amount of 3.68%. By gas chromatography, the highest-content monosaccharide unit in the hemicelluloses of black poplar sawdust was xylose, at 81.13% (Figure 1). Other monosaccharides were glucose, galactose, rhamnose, arabinose, and mannose in the respective amounts of 2.14%, 3.61%, 1.22%, 3.58%, and 4.64%.

3.2. Carbon contents, DS values, and percent yields of esterified hemicelluloses

If no esterification of hemicelluloses occurred, the subsequent carbon content would be 45.46% and the DS value would be 0. In contrast, if all of the recovered hemicelluloses had reacted, the octanoylated, decanoylated, and lauroylated hemicelluloses would have respective carbon contents of 65.60%, 68.15%, and 70.12%, and the DS values would be 2 for all three esterified hemicelluloses. The determined carbon contents were 59.03%, 61.94%, and 64.70%, for octanoylated, decanoylated, and lauroylated hemicelluloses, respectively. From these values, the DS values were calculated as 0.83, 0.91, and 0.97, respectively, for octanoylated, decanoylated, and lauroylated hemicelluloses (Table 1).

If the hemicelluloses did not react with the acyl chlorides (DS=0), the percent yields would be 34.36% for octanoylation, 29.98% for decanoylation, and 26.60% for lauroylation. If the hemicelluloses fully reacted with the acyl chlorides during esterification (DS=2), the percent yield would be 100% for each hemicellulose ester. The percent yields determined from DS values were 61.54% for octanoylation, 61.65% for decanoylation, and 62.31% for lauroylation (Table 2).

The DS values and percent yields obtained in this study are consistent with findings reported in the literature (Yaşar, 2018; Fang et al., 1999; Sun et al., 1999, 2000; Ren et al., 2008; Xu et al., 2008; Tanrıverdi, 2011) for different native hemicelluloses where those hemicelluloses were esterified with octanoyl, decanoyl, and lauroyl chlorides at a molar ratio of 1:2.

3.3. FTIR spectra of hemicelluloses and esterified hemicelluloses

FTIR spectra of the hemicelluloses and the esterified hemicelluloses are given in Figure 2, and the band frequencies with their assignments are given in Table 3.

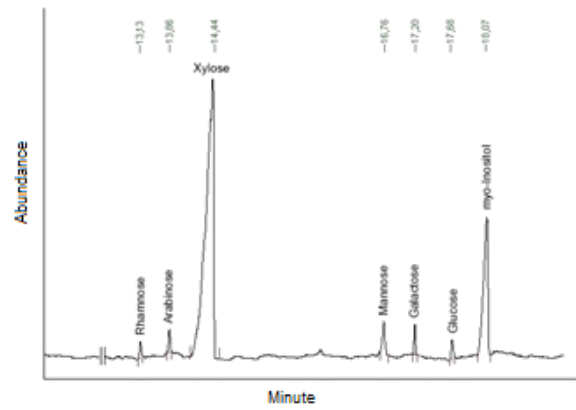


Figure 1. GC chromatogram of monosaccharides in hemicelluloses of black poplar sawdust.

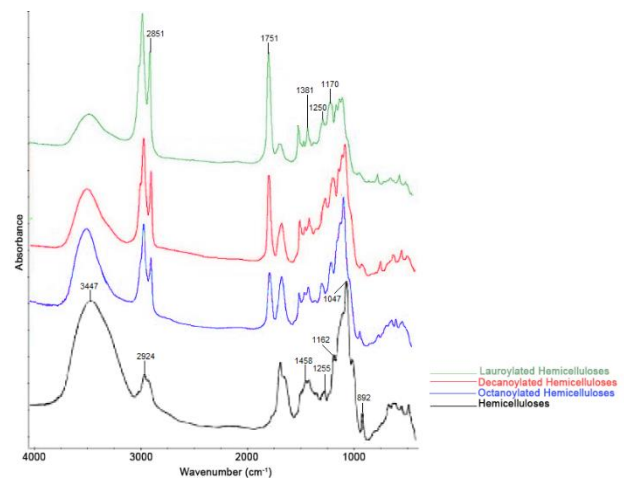


Figure 2. FTIR spectra of hemicelluloses and esterified hemicelluloses.

Table 1. Carbon contents and DS values of esterified hemicelluloses.

Hemicellulose ester	Molar ratio*	%C for DS=0	%C for DS=2	%C	DS
Octanoylated sample	1:2	45.46	65.60	59.03	0.83
Decanoylated sample	1:2	45.46	68.15	61.94	0.91
Lauroylated sample	1:2	45.46	70.12	64.70	0.97

*: mol of xylose units in hemicelluloses/mol of OC, DC or LC.

Table 2. Yields of esterified hemicelluloses.

Hemicellulose ester	Molar ratio*	Temperature (°C)	Time (min)	Yield (%) for DS=0	Yield (%) for DS=2	Yield (%)
Octanoylated sample	1:2	75	30	34.36	100	61.54
Decanoylated sample	1:2	75	30	29.98	100	61.65
Lauroylated sample	1:2	75	30	26.60	100	62.31

*: mol of xylose units in hemicelluloses/mol of OC, DC or LC.

Table 3. Spectral interpretations from FTIR analysis of hemicelluloses and esterified hemicelluloses.

Band (cm ⁻¹)	Assignment	Reference
3447	H-bonded H-O stretching	Sun et al., 1999
2924	aliphatic CHR ₃ R stretching	Joly et al., 2006
2851	aliphatic CHR ₂ R stretching	Joly et al., 2006
1751	C=O (ester) stretching	Saikia et al., 1995; Joly et al., 2006
1458 - 1047	C-H and C-O stretching in hemicelluloses	Wang et al., 2012
1381	C-H bending	Sun et al., 1999
1250	C-O stretching	Saikia et al., 1995; Yang and Wang, 1996
1170	C—C stretching	Sun et al., 1999
892	characteristic of β-glycosidic linkage between the sugar units in hemicelluloses	Gupta et al., 1987

The FTIR bands at 3447, 2924, 1458, 1255, 1162, 1047, and 892 cm⁻¹ are declarative of hemicelluloses. The intensities of all these characteristic bands were markedly reduced in the esterified products. Additionally, the appearance of distinctive bands at 2851, 1751, 1381, 1250, and 1170 cm⁻¹ in the spectra of octanoylated, decanoylated, and lauroylated hemicelluloses is indicative of esterified hemicelluloses. Successful esterification is further confirmed by an observed decrease in intensity of the band at 3447 cm⁻¹; an increase in the intensities of the bands at 2924, and 2851 cm⁻¹; and the appearance of ester bands at 1751 and 1170 cm⁻¹ in the spectra of esterified products. The changes in the intensity of the spectral bands could be interpreted in terms of reduction in the quantity of hydrogenbonded hydroxyl groups as they were transformed into ester groups. The band at 3447 cm⁻¹ and the bands at 2924, 2851, 1751, and 1170 cm⁻¹ were affected in proportion with the increasing DS values of esterified hemicelluloses.

3.4. TGA and DTG thermograms of hemicelluloses and esterified hemicelluloses

Thermograms from TGA and differential thermogravimetric analysis (DTG) of the hemicelluloses and esterified hemicelluloses are given in Figure 3.

During thermal decomposition, it was observed that water was removed from native hemicelluloses until a temperature of 145 °C and from esterified hemicelluloses until a temperature of 115 °C. The actual decomposition occurred at temperatures from 145 to 567 °C for native hemicelluloses, 115 to 481 °C for octanoylated hemicelluloses, 115 to 463 °C for decanoylated hemicelluloses, and 115 to 429 °C for lauroylated hemicelluloses. In native hemicelluloses, maximum degradation occurred at 305 °C. Relative to native hemicelluloses, the maximum degradation temperature decreased by 40 °C in octanoylated hemicelluloses, 52 °C in decanoylated hemicelluloses, and 63 °C in lauroylated hemicelluloses. The quantities of carbonized residue obtained at the end of thermal decomposition (800 °C) were 9.89% for native hemicelluloses, 7.63% for octanoylated hemicelluloses, 4.39% for decanoylated hemicelluloses, and 3.54% for lauroylated hemicelluloses.

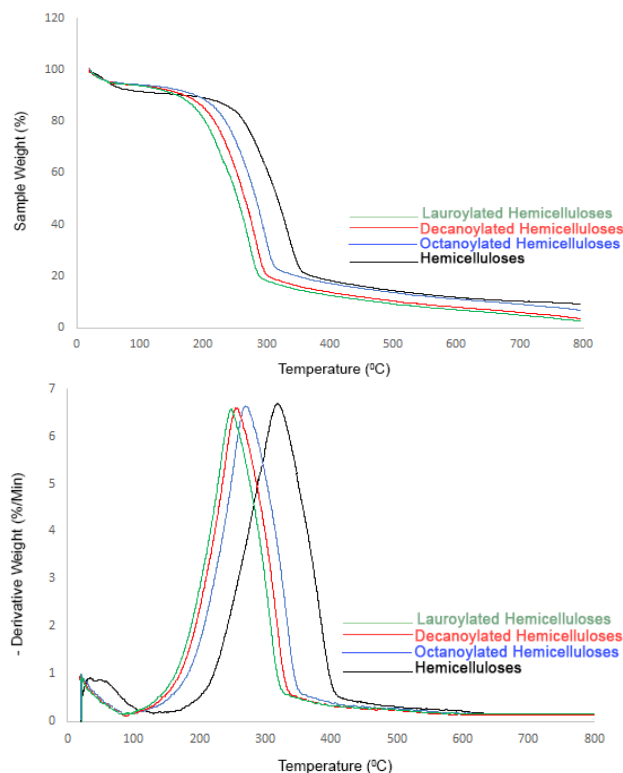


Figure 3. TGA and DTG thermograms of hemicelluloses and esterified hemicelluloses.

These findings indicate that the esterified products have lower thermal stability than the native hemicelluloses, and this stability continuously decreased with increasing DS values. These findings are consistent with the study by Wang et al. (2012) showing that the weak thermal stability of esterified products is potentially due to the acyl group attached to the hemicelluloses and to the depolymerization of derivaives in the solvent system during esterification. Moreover, partial degradation may occur from conversion of the hydrophilic OH groups of hemicelluloses in the solvent system to hydrophobic groups.

3.5. Solubility of esterified hemicelluloses

Hemicelluloses are by nature hydrophilic polymers owing to the OH groups (Fengel and Wegener, 1984). Hydrophobic acyl groups introduced into the structures of hemicelluloses are expected to change the solubility. In addition to the depolymerization that occurs during esterification, the participation of acyl groups in a hemicellulosic polymer may open the molecular structure of hemicelluloses, improving the solubility of ester derivatives (Sun et al., 1999). Such a change in solubility would fundamentally rely on the DS. In the literature, it was reported

that polysaccharides esterified with acyl chlorides were soluble in pyridine and in dimethylsulfoxide (DMSO), while those with low DS values were only partially soluble in tetrahydrofuran (THF), toluene, chloroform, and dichloromethane (Rahn et al., 1996; Lepeniotis and Feuer, 1997; Sun et al., 1999 and 2000). In this study, hemicellulosic derivatives produced by octanoylation, decanoylation, and lauroylation with low DS values from 0.83 to 0.97 solubilized in pyridine at a temperature of 80 °C and in dimethylsulfoxide (DMSO) at temperature of 45°C, and partially solubilized in tetrahydrofuran (THF), toluene, chloroform and dichloromethane at room temperature. These findings indicate that the esterification of hemicelluloses isolated from black poplar sawdust using octanoylation, decanoylation, and lauroylation improved their hydrophobic capacity.

4. Conclusion


Black poplar sawdust is widely available as lignocellulosic waste generated by the wood industry. In this study, the feasibility of using black poplar sawdust as a raw material for the production of hemicellulose derivatives was investigated. Isolated hemicelluloses comprised 21.47% of oven-dried black poplar sawdust, and xylose was the predominant monosaccharide unit, at 81.13%. The obtained hemicelluloses were esterified with octanoyl, decanoyl, and lauroyl chloride. The esterified hemicelluloses had low DS values (0.83-0.97) and percent yields (61.54-62.31%). A continuous decrease in the intensity of the FTIR spectral band at 3447 cm⁻¹ and continuous increase in the intensities of the bands at 2924, 2851, 1751, and 1170 cm⁻¹ with increasing DS values confirmed the esterification of hemicelluloses. The esterified derivatives had lower thermal stability than the native hemicelluloses, and stability decreased with increasing DS values. Solubility analysis showed that the esterification of hemicelluloses improved their hydrophobic capacity. Generally, the study indicated that the obtained hemicellulose derivatives could be used as raw material in the production of biodegradable and environmentally friendly plastics, resins, films, and coatings for industrial utilization.

References

- ASTM D1103, 1980. Standard test method for alpha-cellulose in wood. ASTM International, West Conshohocken, USA.
- Cao, B., Tschirner, U., Ramaswamy, S., Webb, A., 1997. A rapid modified gas chromatographic method for carbohydrate analysis of wood pulps. *TAPPI Journal*, 80(9): 193-197.
- Fan, X.R., Feng, Z.H., 1987. Effects of carboxymethyl-modified hemicellulose on the activity of T lymphocytes and the amount of immunocytes. *Zhongguo yao li xue bao: Acta pharmacologica Sinica*, 8(2): 169-173.
- Fang, J.M., Sun, R., Fowler, P., Tomkinson, J., Hill, C.A.S., 1999. Esterification of wheat straw hemicelluloses in the N, N-dimethylformamide/lithium chloride homogeneous system. *Journal of Applied Polymer Science*, 74(9): 2301-2311.
- Fengel, D., Wegener, G., 1984. *Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter Verlag, Berlin, Germany.
- Gaudet, M., Jorge, V., Paolucci, I., Beritognolo, I., Mugnozza, G.S., Sabatti, M., 2008. Genetic linkage maps of *Populus nigra* L. including AFLPs, SSRs, SNPs, and sex trait. *Tree Genetics & Genomes*, 4(1): 25-36.
- Gupta, S., Madan, R.N., Bansal, M.C., 1987. Chemical composition of *Pinus caribaea* hemicellulose. *Tappi Journal*, 70(8): 113-116.
- Joly, N., Martin, P., Lienard, L., Rutot, D., Stassin, F., Granet, R., 2006. Effect of degree of substitution on the mechanical and thermomechanical properties of lauroyl cellulose ester film. *E-Polymers*, 6(1): 1-9.
- Kahraman, T., Kahraman, F.K., Karakaya, S., Karahan, A., Ünsal, G., Karatay, H., Toplu, F., 2011. Türkiye’de Karakavakta (*Populus nigra* L.) Islah Çalışmaları ‘Fidanlık Aşaması Sonuçları’. *Teknik Bülten No: 210, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmit, Türkiye*.
- Lepeniotis, S., Feuer, B.I., 1997. Synthesis of starch acetate: Statistical designed experiments to optimize the reaction conditions. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 36(2): 229-243.
- OGM, 2016. *Oduna Dayalı Orman Ürünlerinin Üretim ve Pazarlama Faaliyetleri*. Ankara, Türkiye.
- Pettersen, R.C., Schwandt, V.H., Effland, M.J., 1984. An analysis of the wood sugar assay using HPLC: a comparison with paper chromatography. *Journal of Chromatographic Science*, 22(11): 478-484.
- Rahn, K., Diamantoglou, M., Klemm, D., Berghmans, H., Heinze, T., 1996. Homogeneous synthesis of cellulose p-toluenesulfonates in N,N-dimethylacetamide/LiCl solvent system. *Die Angewandte Makromolekulare Chemie: Applied Macromolecular Chemistry and Physics*, 238(1): 143-163.
- Rathmacher, G., Niggemann, M., Köhnen, M., Ziegenhagen, B., Bialozyt, R., 2010. Short-distance gene flow in *Populus nigra* L. accounts for small-scale spatial genetic structures: Implications for in situ conservation measures. *Conservation Genetics*, 11(4): 1327-1338.
- Ren, J., Xu, F., Sun, R.C., Peng, B., Sun, J., 2008. Studies of the Lauroylation of Wheat Straw Hemicelluloses under Heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(4): 1251-1258.
- Saikia, C.N., Ali, F., Goswami, T., Ghosh, A.C., 1995. Esterification of high a-cellulose extracted from *Hibiscus cannabinus* L. *Industrial Crops and Products*, 4(4): 233-239.
- Stettler, R., Bradshaw, T., Heilman, P., Hinckley, T., 1996. *Biology of Populus and its Implications for Management and Conservation*. NRC Research Press, Ottawa, Canada.
- Sun, R.C., Fang, J.M., Tomkinson, J., 2000. Characterization and esterification of hemicelluloses from rye straw. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 48(4): 1247-1252.
- Sun, R.C., Fang, J.M., Tomkinson, J., Hill, C.A.S., 1999. Esterification of Hemicelluloses from Poplar Chips in Homogenous Solution of N,N-Dimethylformamide/Lithium Chloride. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 19(4): 287-306.
- Tanrıverdi, H., 2011. Haşhaş sapı (*Papaver somniferum* L.) hemiselülozlarının N,N-dimetilformamit/lityum klorür homojen sisteminde esterifikasyonu. *Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta*.
- Thompson, R.C., Moore, C.J., Vom Saal, F.S., Swan, S.H., 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical transactions of the royal society B: Biological sciences*, 364(1526): 2153-2166.
- Wang, H.T., Yuan, T.Q., Meng, L.J., She, D., Geng, Z.C., Sun, R.C., 2012. Structural and thermal characterization of lauroylated hemicelluloses synthesized in an ionic liquid. *Polymer degradation and stability*, 97(11): 2323-2330.
- Williamson, S.L., McCormick, C.L., 1998. Cellulose derivatives synthesized via isocyanate and activated ester pathways in homogeneous solutions of lithium chloride/N, N-dimethylacetamide. *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry*, A35(12): 1915-1927.
- Wise, E.L., Karl, H.L., 1962. *Cellulose and Hemicellulose in Pulp and Paper Science and Technology*. Libby, C.E. (Ed.), Vol:1, Mc Graw Hill Book Co., New York, USA.
- Wu, J.H., Hsieh, T.Y., Lin, H.Y., Shiau, I.L., Chang, S.T., 2004. Properties of wood plasticization with octanoyl chloride in a solvent-free system. *Wood Science and Technology*, 37(5): 363-372.

- Xu, F., Jiang, J.X., Sun, R.C., She, D., Peng, B., Sun, J.X., Kennedy, J.F., 2008. Rapid esterification of wheat straw hemicelluloses induced by microwave irradiation. *Carbohydrate Polymers*, 73(4): 612-620.
- Yang, C.Q., Wang, X., 1996. Formation of cyclic anhydride intermediates and esterification of cotton cellulose by multifunctional carboxylic acids: An infrared spectroscopy study. *Textile Research Journal*, 66(9): 595-603.
- Yaşar, S., 2018. Ilgın (*Tamarix parviflora*) hemiselülozlarının oktanoil, dekanoil ve lauroil klorür ile esterlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1): 91-97.

Evaluation of heating temperature and time on bending properties of Taurus cedar wood

Tuğba Yılmaz Aydın^{a,*} 

Abstract: Heat treatment is one of the environmentally friendly and cost-effective modification methods applied for improvements of wood properties. However, influences of exposure duration and temperature should be known to provide balanced improvements for properties. In this study, effect of temperature (80, 120, 150, 180, and 210°C) and exposure duration (2, 5, and 8 h) on the longitudinal ultrasonic wave velocity, density, dynamic Modulus of Elasticity-MOE (E_{dyn}), MOE in bending, and Modulus of Rupture (MOR) properties of Taurus cedar (*Cedrus libani*) was figured out. E_{dyn} was predicted using ultrasonic wave velocity of 2.25 MHz longitudinal ultrasonic wave propagated through the longitudinal axis. The three-point bending test was performed to determine static mechanical properties. According to results, the highest adverse effects of extended duration and temperature were observed for MOR and followed by E_{dyn} , and MOE in bending. Up to 150°C and 8 h treatment levels, some remarkable increases (15.3%) were observed particularly for MOE in bending. Coefficients of determinations were calculated as 0.83, 0.38, and 0.37 for E_{dyn} vs MOE in bending, E_{dyn} vs MOR, and MOE in bending vs MOR, respectively.

Keywords: Cedar, Ultrasound, Modulus of elasticity, Modulus of rupture

Toros sediri odununun eğilme özellikleri üzerine ısıtma sıcaklığı ve süresinin değerlendirilmesi

Özet: Isıl işlem, ağaç malzeme özelliklerinin geliştirilmesinde kullanılan çevre dostu ve uygun maliyetli modifikasyon yöntemlerinden biridir. Fakat özelliklerde dengeli iyileşmeler sağlayabilmek için sıcaklık ve işlem süresi etkilerinin bilinmesi gereklidir. Bu çalışmada, sıcaklık (80, 120, 150, 180 ve 210°C) ve işlem süresinin (2, 5 ve 8 saat) Toros sediri (*Cedrus libani*) odununda boyuna ultrasonik dalga hızı, yoğunluk, dinamik elastikiyet modülü (E_{dyn}), eğilmede elastikiyet modülü ve eğilme direnci üzerine etkisi incelenmiştir. E_{dyn} lif doğrultusunda yayınım gerçekleştirilen 2.25 MHz frekanslı boyuna ultrasonik dalganın ses hızı ile tahmin edilmiştir. Üç nokta eğilme testi ile statik mekanik değerler belirlenmiştir. Sonuçlara göre yoğun işlem süresi ve sıcaklığın olumsuz yönde en yüksek etkisi eğilme direncinde görülmüş ve bunu dinamik ve statik elastikiyet modülleri takip etmiştir. 150°C'ye kadar ve 8 saatlik işlem seviyelerinde, özellikle eğilmede elastikiyet modülü için bazı kayda değer iyileşmeler (%15.3) görülmüştür. E_{dyn} ile eğilmede elastikiyet modülü, E_{dyn} ile eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü ile eğilme direnci arasındaki determinasyon katsayıları sırası ile 0.83, 0.38 ve 0.37 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Sedir, Ultrases, Elastikiyet modülü, Eğilme direnci

1. Introduction

Wood, as a natural and renewable bio-material, is one of the commonly used constructions and building materials. Wood has some significant physical and mechanical properties. However, dimensional instability, photo, and biodegradation, burning, etc. are some of the significant disadvantages of wood materials that vary in terms of species. Different modification methods are being used to reduce or eliminate such undesired properties of wood materials, and heat-treatment is one of these techniques. Heat-treatment came into the forefront due to its cost-effectiveness and environmental friendliness against costly and time-consuming chemical methods (Chien et al. 2018). In the heat-treatment process, from 100 to 300°C and up to 24 h temperatures and exposure durations are utilized for thermal wood modification (Gennari et al. 2021). Wood loses free and

bounded water when exposed to temperatures up to 150 °C. However, exposure beginning from 180 to 250 °C temperatures causes significant chemical transformations, and carbonization occurs above 250°C (Esteves and Pereira 2009). There is an interrelation between the exposure duration and temperature, and indeed, the effect of temperature increases with the increase in exposure duration particularly for high-temperature levels.

When literature was reviewed, the effect of heat-treatment on the properties of Taurus cedar was studied in a limited manner. Ayata and Bal (2019) evaluated the influences of microbiologically active soil (around 16 weeks exposure) on the heat-treated (140, 170, and 200 °C for 2 h) Taurus cedar, and stated that heat treatment advanced the biological resistance. Bal (2016a) determined the influences of hot (160, 180, 200, and 220 °C) oil treatment on some physical properties of Taurus cedar, and stated that

^a Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Forestry, Forest Products Engineering, Isparta, Turkey

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): tugbayilmaz@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 04.11.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 09.12.2021



Citation (Atıf): Yılmaz Aydın, T., 2021. Evaluation of heating temperature and time on bending properties of Taurus cedar wood. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 432-438. DOI: [10.18182/tjf.1019032](https://doi.org/10.18182/tjf.1019032)

dimensional stabilization improved with this modification. Bal (2013) evaluated the effect of heat-treatment (140, 160, 180, 200, and 220°C) on density, MC, volumetric swelling, thickness swelling in radial and tangential directions, mass loss, equilibrium MC for heart and sapwood of Taurus cedar. Nabil et al. (2018) evaluated the effect of heat treatment (160, 180, 200, and 220°C for 2, 4, and 6h) on MOR, CS, mass loss, and color change for Taurus cedar. The authors stated that MOR and CS were steadily decreased with the increase in temperature and duration. Kılınçarslan et al. (2020) used ANN and random forest algorithm to predict swelling and shrinkage of commercially obtained heat-treated Taurus cedar.

Even defect detection is one of the most widespread applications, strength, and elastic parameter determinations are successfully applied inspection field of ultrasonic testing and evaluation (Senalik et al. 2014). And, following studies dealt with the evaluation of cedar (particularly Japanese) properties. Chen et al. (2014) evaluated the effect of thinning on ultrasonic wave velocities (V_{LL} and V_{RR}) and dynamic MOE (E_{dyn}) standing Japanese cedar trees using 22 kHz ultrasonic wave. Thinning-related V_{LL} , V_{RR} , and E_{dyn} were ranged from 2665 to 2879 m/s, 1477 to 1643 m/s, and 1053 to 1363 MPa, respectively. The authors stated that there were no statistically significant differences between the thinning and determined properties. Chuang and Wang (2001) predicted the E_{dyn} of standing Japanese cedar using 16 kHz ultrasound (US) propagation. Yeh et al. (2007) compared the E_{dyn} (determined using 0.02, 0.04, 0.1, 0.2, 0.5, and 1MHz frequency longitudinal ultrasonic wave propagated by direct, semi-direct, and surface transmission methods) and static MOE (3 points bending) and thinned logs of Japanese cedar. The authors reported V_{LL} values ranged from 4882 to 5196 m/s V_{LL} corresponding to 0.04 and 0.2 MHz frequencies in the direct method, respectively. Furthermore, it's reported that using flat transducers with coupling agents provided higher values which were statistically significant. A strong relationship (R^2 : 0.855) between E_{dyn} and UWV (for direct method) was also reported. Chiu et al. (2013) measured the V_{LL} for the calculation of E_{dyn} for standing Taiwan incense cedar using 22 kHz frequency and compared with static MOE determined by 3 points bending test. The longitudinal ultrasonic wave was propagated through north-south and east-west directions and different height positions of standing trees. The authors reported that static MOE is lower than E_{dyn} . Hasegawa et al. (2011) evaluate the effect of tracheid length and microfibril angle on ultrasonic wave velocity (500 kHz frequency) in Japanese cedar, and reported strong correlations between variables. Wang et al. (2008) determined V_{LL} (2366 and 2677 m/s) and calculated E_{dyn} (2624 and 3466 MPa, respectively) for Japanese cedar using 22 kHz frequency. Hasegawa et al. (2016) determined V_{LL} (ranged from 3468 to 3964 m/s) for Japanese cedar using non-contact air-coupled ultrasonic wave propagation (200 kHz). The V_{LL} were around 4126, 4310, and 4950 m/s when contact type transducers with 0.2, 0.5, and 2.5 MHz frequencies were used, respectively. Oh et al. (2011) used longitudinal ultrasonic wave propagation to evaluate the sorting of Japanese cedar logs by comparing the E_{dyn} predicted using a grading tool. Apart from the above-mentioned studies, the followings are the few studies that evaluated the Taurus cedar properties using US. Yılmaz Aydın and Aydın (2018a) evaluated the effect of density and propagation length on ultrasonic wave velocity. Güntekin and Yılmaz Aydın (2016)

determined V_{LL} , static and E_{dyn} and MOR for around 12% MC. The authors performed 3 point bending test to determine static MOE and MOR, and longitudinal ultrasonic wave (2.25 MHz) propagation. Güntekin et al. (2016) predicted some elastic constants using 1 MHz shear wave propagation. Güntekin et al. (2015a; b) predicted moisture induced dynamic and static MOE of Taurus cedar using US (22kHz) propagation and compression test, respectively. Güntekin et al. (2015) evaluated the effect of moisture on V_{LL} , static and E_{dyn} , and Young's modulus for Taurus cedar wood. However, effect of temperature and exposure duration on some physical and mechanical properties of Taurus cedar wood was not evaluated using both non-destructive and destructive tests. Therefore, this study aimed to figure out this issue using US measurements and comparison with static values

2. Materials and methods

Taurus cedar (*Cedrus libani*) timber was purchased from a commercial company. Air-dried defect-free cedar samples (22*70*350mm) were exposed to five different temperatures (80, 120, 150, 180, and 210°C) for three different times (2, 5, and 8 h). A laboratory furnace FN 500 (Nüve Co., Ankara, Turkey) was used in ambient air. Nondestructive test samples (20*20*20mm) were cut from the end of 3 point bending test samples to make exact matching. The final size of the bending test samples was 20*20*350mm. All the samples were conditioned at 20 °C and 65% relative humidity (RH) to achieve around 12% moisture content (MC). TS 2472 (2005) was used to calculate density.

Equations 1 and 2 were used to calculate MOE and MOR, respectively. Load deformation curves were obtained by performing 3 points bending test using a universal test machine (Marestek, Istanbul, Turkey).

$$MOE = \frac{\Delta F * L^3}{\Delta d * 4 * b * h^3} \text{ (MPa)} \quad (1)$$

where; ΔF is the difference between the two loads (F2-F1) in the linear elastic region, L is the span (mm), Δd is the deflection (mm), b and h are the width (mm) and thickness (mm) of the sample, respectively.

$$MOR = \frac{3 * F * L}{2 * b * h^2} \text{ (MPa)} \quad (2)$$

where; F is the load at failure (N), L is the span between supports (mm), b and h are the width (mm) and thickness (mm) of the sample, respectively.

EPOCH 650 flaw detector (Olympus, USA) and contact type transducers (Panametrics, USA) were used for US measurement. Also, a coupling agent was used to eliminate noise. Longitudinal ultrasonic wave (2.25 MHz) was propagated through the longitudinal direction of samples to measure transmission time. And, longitudinal ultrasonic wave velocity in the longitudinal direction (V_{LL}) was calculated using transmission time (μs) and propagation length (sample size). The E_{dyn} was calculated using Equation 3.

$$E_{dyn} = \rho V_{LL}^2 10^{-6} \text{ (MPa)} \quad (3)$$

where; ρ is the density of the sample (kg/m^3) and V_{LL} is the velocity of US (m/s).

Pearson correlation coefficients and linear regression models were determined to interpret the relations between the variables.

3. Results and discussion

Average values for density, V_{LL} , E_{dyn} , MOE in bending, and MOR are presented in Table 1, and coefficients of variations were at reasonable levels for all measured properties. As can be seen in Table 1, the densities of the samples were ranged from 0.45 g/cm^3 (210°C for 8h) to 0.48 g/cm^3 (80°C Control). Densities were decreased with the increase in duration. However, the decrease in density with the increase in duration is more apparent when the temperature was 210°C , and around 6.25% decrease was observed. Density of the unmodified samples are in harmony with reported values (g/cm^3) of 0.497 (Efe 2021), 0.502 (Sofuoğlu and Kurtoğlu 2015), 0.510 (Söğütü 2017), 0.520 (As et al. 2001), 0.523 (Berkel 1951), 0.512 (Demetçi 1986), 0.574 and 0.588 for juvenile and mature wood, respectively (Bal et al. 2012), 0.468 and 0.512 for heart and sapwood wood, respectively (2013), 0.498 (Güntekin and Yılmaz Aydın 2016), 0.570 (Güntekin et al. 2015a; b; c), 0.53 (Güntekin et al. 2016) and 0.480 to 0.490 (Yılmaz Aydın and Aydın 2018a).

The average V_{LL} of the samples were ranged from 4119 m/s (210°C for 8h) to 4720 m/s (120°C for 8 h). Some increases in velocity were observed at moderate temperatures up to 150°C . However, the increase in temperature and duration adversely affected the velocity, and around 8.3% decrease was observed for 210°C and 8 h. On the contrary, a maximum 5.96% increase was obtained when wood was treated at 150°C for 2 h. Such a positive effect was also reported by Yılmaz Aydın and Aydın (2018b, 2020) for oak wood. As can be seen in Figure 1, increases or decreases were not stable, indeed, they fluctuated. The same behavior was reported by Yılmaz Aydın and Aydın (2018b) for heat-treated oriental beech. Literature V_{LL} (m/s) values for Taurus cedar

were 3332 to 3780 (Yılmaz Aydın and Aydın 2018a), 4388 (Güntekin et al. 2015b; c), and 4510 (Güntekin and Yılmaz Aydın 2016). It can be said that V_{LL} generally agree with the literature.

The average E_{dyn} of the samples were ranged from 7744 MPa (210°C for 8h) to 10573 MPa (80°C for 8 h). At relatively low temperatures, some increases (up to 10.32% at 150° for 2h) were obtained with the increase in duration. However, intensive treatments caused remarkable decreases (21.25% at 210° for 8h). Yılmaz Aydın and Aydın (2018b) stated that the effect of treatment became more pronounced when duration increased at 180°C and particularly at 210°C . Reported E_{dyn} values predicted by US for untreated Taurus cedar were 10929 (Güntekin et al. 2015b; c), and 10137 (Güntekin and Yılmaz Aydın 2016), and it's seen that results of this study conform to literature.

The average MOE in bending values of the samples were varied from 7731 MPa (150° 0 h) to 9042 MPa (80°C 8 h). The MOE values were increased with the increase in duration at 80 and 120°C while were decreased at 180 and 210°C . The maximum increase and decrease percentages were 15.27% (80°C 8 h) and 18.43% (210°C 8h), respectively. Increase and then decreases were observed at 150°C . Average MOE of the unmodified samples are in harmony with reported values (MPa) of 7326 (As et al. 2001), 6668 and 8963 for juvenile and mature wood, respectively (Bal et al. 2012), 7184 (Demetçi 1986), 7803 (Keskin 2001), 8069 (Efe 2021), 9767 (Güntekin and Yılmaz Aydın 2016), 9200 (by compression test-CT) (Güntekin et al. 2016), and 7496 (by CT) (Güntekin et al. 2015b; c).

Average MOR values were ranged from 64.68 MPa (150°C for 8h) to 85.28 MPa (80°C for 8h). MOR values were steadily increased with the increase in duration at 80 and 120°C treatments. But, MOR was significantly decreased with the increase in temperature and duration. Among all, MOR was the most affected properties by around 25.14% decrease at 210°C for 8 h treatment. Average MOR of the unmodified samples are in harmony with reported values (MPa) 77 (As et al. 2001), 75.32 (Öktem and Sözen 1992; Şenel 1994), 75.8 and 94.4 for juvenile and mature wood, respectively (Bal et al. 2012), 86.8 (Keskin 2001), 75.2 (Berkel 1951), 94.3 (Efe 2021), and 91 (Güntekin and Yılmaz Aydın 2016).

Table 1. Average values of the density, V_{LL} , E_{dyn} , MOE in bending, and MOR

Temp. [°C]	Exposure [Hours]	Density [g/cm^3]	V_{LL} [m/s]	E_{dyn} [MPa]	MOE [MPa]	MOR [MPa]
			Mean (CoV)	Mean (CoV)	Mean (CoV)	Mean (CoV)
80	0	0.48	4486.22 (5.88)	9868.38 (11.01)	7843.88 (7.66)	76.22 (5.26)
80	2	0.48	4418.64 (3.78)	9491.31 (5.99)	8132.97 (6.15)	81.12 (7.32)
80	5	0.48	4554.95 (6.14)	9899.68 (8.22)	8531.08 (8.20)	82.59 (4.58)
80	8	0.47	4676.30 (2.75)	10572.88 (6.24)	9041.53 (6.03)	85.28 (6.21)
120	0	0.46	4641.56 (4.93)	10016.83 (11.19)	8319.11 (11.92)	80.45 (4.93)
120	2	0.46	4658.19 (4.69)	10150.58 (6.40)	8619.11 (7.40)	82.54 (6.97)
120	5	0.45	4653.73 (5.49)	9920.54 (7.65)	8703.05 (6.71)	82.70 (9.23)
120	8	0.45	4720.07 (4.82)	10147.74 (6.11)	8924.44 (4.56)	85.01 (8.92)
150	0	0.46	4340.75 (5.03)	8791.88 (8.65)	7731.76 (6.83)	72.62 (5.03)
150	2	0.45	4599.45 (7.10)	9698.93 (12.13)	8393.63 (12.59)	68.56 (5.64)
150	5	0.45	4546.25 (7.03)	9450.42 (9.99)	8220.00 (8.56)	66.40 (10.43)
150	8	0.45	4507.75 (5.29)	9143.5 (12.01)	7979.48 (8.88)	64.68 (9.27)
180	0	0.47	4604.58 (5.06)	10037.48 (8.94)	8416.18 (10.48)	84.39 (5.05)
180	2	0.46	4558.12 (5.84)	9714.96 (8.35)	8345.58 (7.79)	80.38 (8.1)
180	5	0.46	4499.82 (5.38)	9418.76 (8.52)	8174.04 (8.33)	75.62 (6.20)
180	8	0.45	4528.53 (3.05)	9340.22 (6.39)	7988.73 (6.30)	71.81 (7.68)
210	0	0.48	4491.78 (3.66)	9833.99 (6.23)	8110.04 (6.65)	83.46 (7.28)
210	2	0.47	4408.67 (4.31)	9212.26 (6.09)	7754.312 (6.82)	78.31 (9.60)
210	5	0.46	4389.29 (3.24)	8897.20 (6.73)	7509.168 (8.13)	68.47 (5.74)
210	8	0.45	4119.18 (5.11)	7743.96 (6.93)	6615.54 (8.50)	62.48 (6.16)

As illustrated in figure 1, increases and decreases occurred within the groups. However, stable increases or decreases were not observed within and between the groups. Indeed, values fluctuated between the groups. But, MOE and MOR were steadily increased within the groups of 80 and 120°C. Therefore, treatment using such temperatures provides higher MOE and MOR for Taurus cedar. Furthermore, all the properties were significantly decreased with the increase in exposure duration at 180 and particularly at 210 °C. Sözbir et al. (2019) stated that MOE and MOR were negatively affected by the increase in temperature (120, 160, and 200 °C for 1 and 3 h). Esteves et al. (2008) expressed that the effect of heat treatment (170-200°C for 2 and 24 h) is more pronounced in MOR than MOE for maritime pine. As seen in the results, thermal treatment at relatively low temperature and durations provide more advances for MOE than MOR, but, when temperature and duration were increased MOR was affected more adversely than MOE. Consequently, the results of this study agree with this conclusion.

As in this study, Esteves and Pereira (2009) reported that the influences of heat-treatment on MOE are limited but static and dynamic MOR decreased with the process. The degradation of hemicelluloses (can be affected even at low temperatures) is assumed as the dominant factor for the decreases in mechanical strength. Furthermore, another essential factor might be the crystallization of amorphous cellulose. On the contrary, cross-linking process due to the poly-condensation reaction of lignin positively influenced the longitudinal properties.

Şahin Kol et al. (2017) stated that an increase in temperature (up to 212°C) caused gradual decreases in MOR for beech. On the contrary, MOE reached its maximum level at 180 °C and then decreased with the increase in temperature but was not lower than the control value. Perçin et al. (2016) stated that MOR and MOE in bending of beech were increased when heat treatment was performed at 150 °C for 1 and 3 h. However, these properties were decreased further temperature applications. Yang et al. (2016) evaluated the effect of temperature (170, 190, and 210°C) and duration (1, 2, and 4 h) on MOR and MOE of Japanese cedar, and stated that values were decreased with the increase in temperature and duration. However, as in this study, some fluctuations were observed while temperature and duration increased.

It's known that ultrasonically determined mechanical values are generally higher than values those of statically determined. When compared to static results, an overestimation of MOE is the fact when using US, and differences were more pronounced in the wood species that has diffuse-porous structures (Borůvka et al. 2020). As seen in Table 1, dynamic values were higher than static values for all treatment groups. Numerical differences between E_{dyn} and MOE in bending were varied from 12.06 % (120°C 8h) to 20.52 % (80°C Control). As in this study, significant differences between E_{dyn} (US – 54 kHz) and static MOE in bending for thermally treated (130 °C and 0.2 MPa for 3 h in an autoclave and 160 °C for 3 h in a kiln) *Eucalyptus grandis* were reported by Missio et al. (2013).

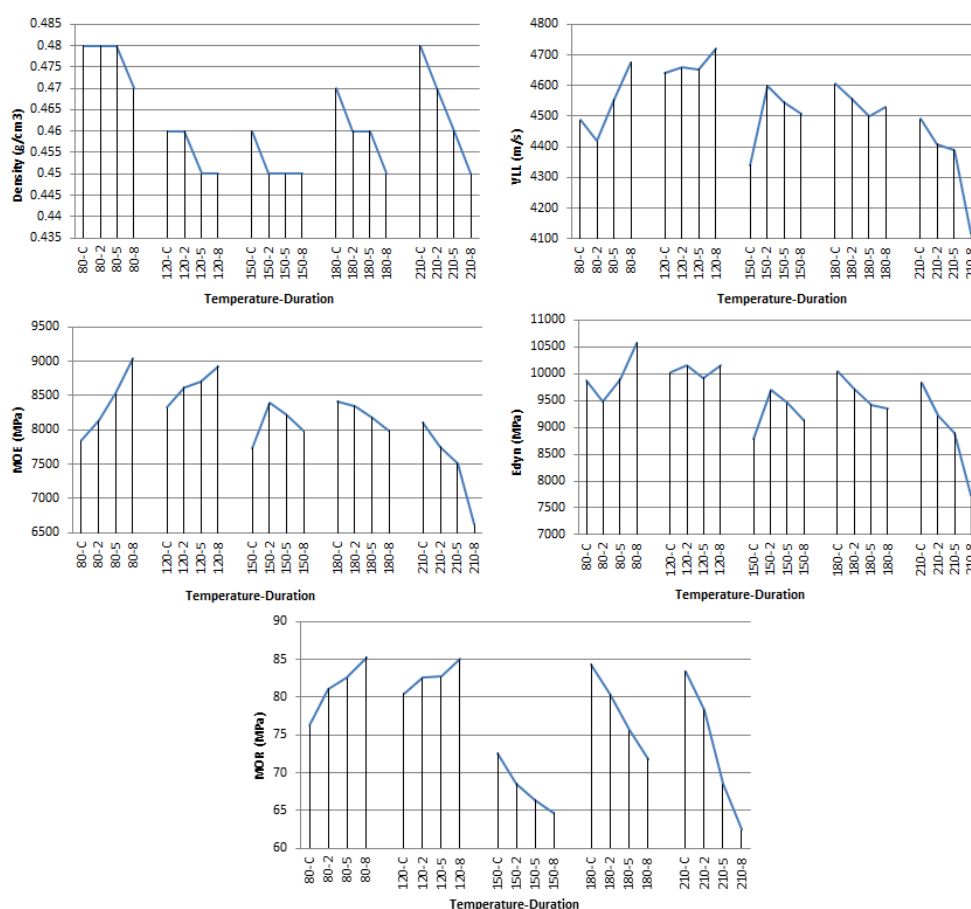


Figure 1. Property changes in terms of treatment groups

Pearson correlation coefficients are presented in Table 2. As can be seen in the table, almost no linear dependency between the MOR vs V_{LL} for 180 and 210° 8h values were calculated. Apart from those of coefficients, there are moderate and strong relationships between the treatment-influenced variables.

Linear regression models and coefficients of determination (R^2) are presented in Figures 2 to 4. As can be seen in figure 2, around 83% of the data can be reliably predicted using the linear regression model for E_{dyn} vs MOE. But, such a strong relationship was not obtained between E_{dyn} vs MOR (R^2 : 0.38) and MOE vs MOR (R^2 :0.37). However, highly significant correlations between MOR and E_{dyn} (determined by resonance frequency), and MOR and static MOE of heat-treated (180°C for 12 and 24 h, and 210°C for 3 and 6h) red pine (0.76 and 0.81) and larch (0.58 and 0.83) woods were reported by Won et al. (2015).

Such strong relationships between the ultrasonically determined E_{dyn} and MOE in bending for heat-treated woods

were reported by Yılmaz Aydın and Aydın (2018b) for oriental beech (R^2 : 0.75 to 0.82), Yılmaz Aydın (2020) for oak wood (R^2 : 0.75 to 0.89), and Holeček et al. (2016) for Norway spruce (R^2 : 0.91 to 0.92). Furthermore, the R^2 between E_{dyn} and MOE (Young’s modulus) determined by US and compression test were reported by Güntekin et al. (2015a; b) for Taurus cedar (R^2 : 0.95), and Yılmaz Aydın and Aydın (2017) for oriental beech (R^2 : 0.84 to 0.94).

Güntekin and Yılmaz Aydın (2016) reported 0.66 and 0.54 R^2 values for MOE in bending vs MOR and E_{dyn} (US 2.25 MHz) and MOR of Taurus cedar, respectively. The authors conclude that R^2 values were lower than other nondestructive test techniques such as stress wave and vibration. Yılmaz Aydın and Aydın (2018a; b; c) reported 0.84 to 0.89, 0.64, and 0.77 to 0.91 R^2 values reported between the density and V_{LL} for Taurus cedar, oriental beech, and oak woods, respectively.

Table 2. Pearson correlation coefficients (r) between variables

Temp. [°C]	Exposure [Hours]	E_{dyn} -MOE	E_{dyn} -MOR	E_{dyn} - V_{LL}	MOE-MOR	MOE- V_{LL}	MOR- V_{LL}
80	0	0.84	0.62	0.82	0.82	0.81	0.71
80	2	0.80	0.72	0.65	0.87	0.55	0.41
80	5	0.78	0.58	0.78	0.70	0.63	0.54
80	8	0.77	0.73	0.69	0.64	0.58	0.42
120	0	0.94	0.67	0.59	0.73	0.58	0.22
120	2	0.86	0.52	0.67	0.61	0.63	0.17
120	5	0.77	0.27	0.70	0.47	0.72	0.27
120	8	0.82	0.52	0.56	0.67	0.33	0.26
150	0	0.85	0.66	0.69	0.80	0.60	0.61
150	2	0.87	0.52	0.70	0.59	0.67	0.45
150	5	0.79	0.61	0.74	0.77	0.56	0.33
150	8	0.81	0.47	0.66	0.60	0.55	0.28
180	0	0.91	0.88	0.52	0.86	0.39	0.41
180	2	0.71	0.42	0.67	0.77	0.49	0.18
180	5	0.83	0.67	0.76	0.73	0.72	0.67
180	8	0.70	0.32	0.32	0.38	0.29	0.01
210	0	0.92	0.82	0.25	0.91	0.29	0.16
210	2	0.75	0.53	0.35	0.64	0.32	0.14
210	5	0.68	0.24	0.62	0.57	0.61	0.48
210	8	0.72	0.33	0.56	0.60	0.23	0.06

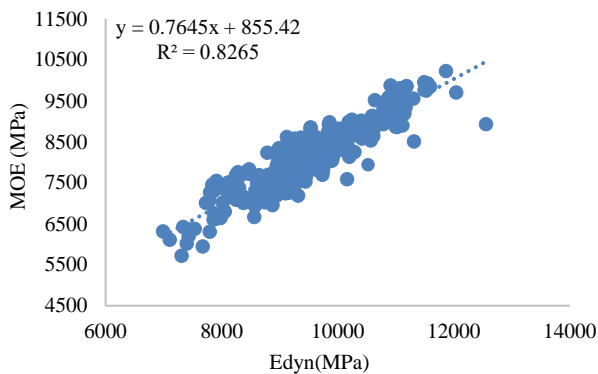


Figure 2. The relationship between E_{dyn} and MOE of all species tested

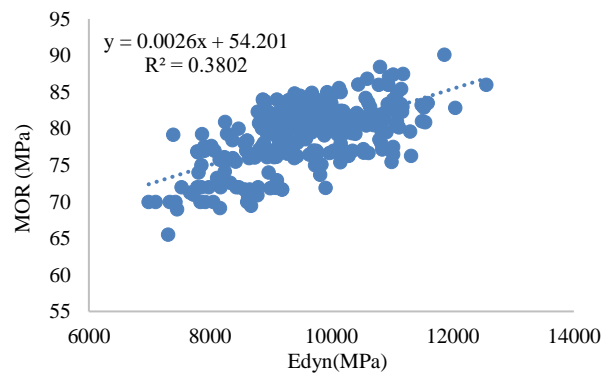


Figure 3. The relationship between E_{dyn} and MOR of all species tested

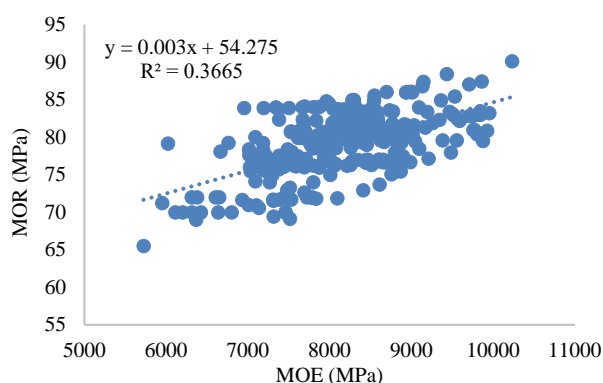


Figure 4. The relationship between MOE and MOR of all species tested

Heat treatment applications, particularly at high temperatures and long exposure duration, cause intense color changes. According to Ünsal et al. (2003) color is one of the major factors in the quality evaluation of wood material that is affected by heat treatment. Therefore, not only mechanical properties should be taken into consideration to perform heat-treatment but also aesthetic appearance.

According to Awoyemi and Jones (2011) tracheid walls, ray tissues, and pit de-aspiration were destructed by heat treatment, and besides the chemical degradation which is the major reason for the changes in wood, these anatomical changes are also responsible for the degradation of wood.

Dilic and Hızıroğlu (2012) and Korkut and Hızıroğlu (2013) reported adverse effects of heat-treatment on some properties of Eastern red cedar. According to Bal (2016b) heat treatment has significant influences when the process is performed at moderate temperature levels. The same conclusion was expressed by Yılmaz Aydın (2020). The author stated that some advances can be achieved for the mechanical properties when moderate temperature and durations are used while over 150°C applications eliminate these advances.

Higher the MOE, higher the rigidity (Liang and Fu 2007), and according to results, 8 h exposure at 80 and 120°C can be used to advance the rigidity of wood.

4. Conclusion

In this study, influences of duration and temperature on longitudinal ultrasonic wave velocity, density, E_{dyn} , MOE in bending, and MOR were evaluated. It's shown that MOR was the most affected property by the heat treatment, and followed by E_{dyn} and MOE in bending. Up to 150°C temperature, increase in exposure duration provided some remarkable advances in mechanical properties and UWV. At some temperature levels, an increase in exposure duration caused oscillations in some values instead of providing stable increases or decreases. A strong relationship was observed between E_{dyn} and MOE in bending. However, such a strong relationship was not observed between E_{dyn} and MOR, and MOE in bending and MOR.

It should be considered that there might be differences in the influences of using the constant temperature levels and stepwise heating process on the properties of wood in thermal treatment. Such a study should be performed to figure out this issue.

References

- As, N., Koç, K.H., Doğu, A.D., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, E.S., 2001. Türkiye'de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 51(1): 71–88.
- Awoyemi, L., Jones, I.P., 2011. Anatomical explanations for the changes in properties of western red cedar (*Thuja plicata*) wood during heat treatment. Wood Science and Technology, 45(2): 261–267.
- Ayata, Ü., Bal, B.C., 2019. The effect of heat treatment on Taurus cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) wood exposed to microbiologically active soils. EURO ASIA 4. International Congress on Applied Sciences, September 27-29, Kiev, pp.13–18.
- Bal, B.C., 2013. Effects of heat treatment on the physical properties of heartwood and sapwood of *Cedrus libani*. BioResources, 8, 211–219.
- Bal, B.C., 2016a. Some physical properties of Taurus fir wood (*Abies cilicica*) treated with hot vegetable oil. KSU. Journal of Engineering Sciences, 19(2): 20–26.
- Bal, B.C., 2016b. Physical properties of beech wood thermally modified in hot oil and in hot air at various temperatures. Maderas Ciencia y Tecnología, 17(4): 789–798.
- Bal, B.C., Bektaş, I., Kaymakçı, A., 2012. Some physical and mechanical properties of juvenile wood and mature wood of Taurus cedar. KSU. Journal of Engineering Sciences, 15(2): 17–26.
- Berkel, A., 1951. Lübnan sedirinde teknolojik araştırmalar. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, A1(1): 182–211.
- Borůvka, V., Novák, D., Šedivka, P., 2020. Comparison and analysis of radial and tangential bending of softwood and hardwood at static and dynamic loading. Forests, 11(8).
- Chen, J.H., Wang, S.Y., Lin, C.J., Chiu, C.M., Tsai, M.J., 2014. Evaluation of quality of Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) trees grown under different row thinning treatments. Journal of Tropical Forest Science, 26(2): 275–283.
- Chien, Y.C., Yang, T.C., Hung, K.C., Li, C.C., Xu, J. W., Wu, J.H., 2018. Effects of heat treatment on the chemical compositions and thermal decomposition kinetics of Japanese cedar and beech wood. Polymer Degradation and Stability, 158, 220–227.
- Chiu, C.M., Lin, C.H., Yang, T.H., 2013. Application of nondestructive methods to evaluate mechanical properties of 32-year-old taiwan incense cedar (*Calocedrus formosana*) wood. BioResources, 8(1): 688–700.
- Chuang, S.T., Wang, S.Y., 2001. Evaluation of standing tree quality of Japanese cedar grown with different spacing using stress-wave and ultrasonic-wave methods. Journal of Wood Science, 47(4): 245–253.
- Dilic, T., Hızıroğlu, S., 2012. Bonding strength of heat treated compressed Eastern redcedar wood. Materials and Design, 42(2012): 317-320.
- Efe, F., 2021. A study on the determination of some physical and mechanical properties of wood of Taurus cedar. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 8(1): 43–52.
- Esteves, B.M., Domingos, I.J., Pereira, H.M., 2008. Pine wood modification by heat treatment in air. BioResources, 3(1): 142–154.
- Esteves, B. M., Pereira, H.M., 2009. Wood modification by heat treatment - A review. Bioresources, 4(1965): 370–404.
- Gennari, E., Picchio, R., Monaco, A.Lo., 2021. Industrial heat treatment of wood: Study of induced effects on ayous wood (*Triplochiton scleroxylon* K. Schum). Forests, 12(6):730.
- Güntekin, E., Aydın, T.Y., Niemi, P., 2015a. Prediction of compression properties in three orthotropic directions for some important Turkish wood species using ultrasound. BioResources, 10(4): 7252–7262.
- Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., Niemi, P., 2015b. Determination of Young's modulus in three orthotropic directions for Calabrian pine and Taurus cedar using ultrasound and digital image correlation (DIC). 3rd. Int. ISITES, June 3-5, Valencia, pp.42–51.
- Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., Niemi, P., 2015c. Prediction of Young's modulus in three orthotropic directions for some important Turkish wood species using ultrasound. 19th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, September 22-25, Forest Products Laboratory, Madison, pp.7–14.
- Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., 2016. Prediction of bending properties for some softwood species grown in Turkey using ultrasound. Wood Research, 61(6): 993–1002.

- Güntekin, E., Yılmaz Aydın, T., Aydın, M., 2016. Elastic constants of Calabrian pine and Cedar. International Forestry Symposium, December 7-10, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, pp.645–649.
- Hasegawa, M., Mori, M., Matsumura, J., 2016. Non-contact velocity measurement of Japanese cedar columns using air-coupled ultrasonics. World Journal of Engineering and Technology, 4(1):45-50.
- Hasegawa, M., Takata, M., Matsumura, J., Oda, K., 2011. Effect of wood properties on within-tree variation in ultrasonic wave velocity in softwood. Ultrasonics, 51(3): 296–302.
- Holeček, T., Gašparík, M., Lagaňa, R., Borůvka, V., Oberhofnerová, E., 2016. Measuring the modulus of elasticity of thermally treated Spruce wood using the ultrasound and resonance methods. BioResources, 12(1):819-838.
- Keskin, H., 2001. Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kılınçarslan, Ş., Şimşek Türker, Y., İnce, M., 2020. Prediction of heat-treated cedar wood swelling and shrinkage with artificial neural networks and random forest algorithm. Journal of Engineering Sciences and Design, 8(5): 200–205.
- Korkut, S., Hiziroglu, S., 2013. Selected properties of heat-treated Eastern red cedar (*Juniperus virginiana* L.) Wood. BioResources, 8(2): 4756–4765.
- Liang, S. Q., Fu, F., 2007. Comparative study on three dynamic modulus of elasticity and static modulus of elasticity for Lodgepole pine lumber. Journal of Forestry Research, 18(4): 309–312.
- Missio, A.L., Gatto, D.A., Modes, K.S., Santini, E.J., Stangerlin, D.M., Calegari, L., 2013. Ultrasonic method for estimation of modulus of elasticity of Eucalyptus grandis wood. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 8(1): 102–107.
- Nabil, E., Mahmoud, N., Youssef, A., Saber, E., Kamel, S., 2018. Evaluation of physical, mechanical and chemical properties of Cedar and sycamore woods after heat treatment. Egyptian Journal of Chemistry, 61(6): 1131–1149.
- Oh, J.-K., Yeo, H.-M., Choi, I.-G., Lee, J.-J., 2011. Feasibility of ultrasonic log sorting in manufacturing structural lamination from Japanese cedar logs. Journal of the Korean Wood Science and Technology, 39(2): 163–171.
- Öktem, E., Sözen, R., 1992. Sedir odununun anatomik ve teknolojik özellikleri ile kullanım yerleri. In: Sedir, (Ed., Eler, Ü.), Ormançılık Araştırma Enstitüsü, Ankara, 287–297.
- Perçin, O., Peker, H., Atılğan, A., 2016. The effect of heat treatment on the some physical and mechanical properties of Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) wood. Wood Research, 61(3): 443–456.
- Sofuoğlu, S.D., Kurtoglu, A., 2015. Effects of machining conditions on surface roughness in planing and sanding of solid wood. Drvna industrija, 66(4): 265–272.
- Söğütü, C., 2017. Determination of the effect of surface roughness on the bonding strength of wooden materials. BioResources, 12(1): 1417–1429.
- Sözbir, G.D., Bektaş, I., Ak, A.K., 2019. Influence of combined heat treatment and densification on mechanical properties of Poplar wood. Maderas: Ciencia y Tecnología, 21(3): 481–492.
- Şahin Kol, H., Aysal Keskin, S., Gündüz Vaydoğan, K., 2017. Effect of heat treatment on the mechanical properties and dimensional stability of beech wood. Journal of Advanced Technology Sciences, 6(3): 820–830.
- Senalik, C., Schueneman, G., Ross, R., 2014. Ultrasonic-Based Nondestructive Evaluation Methods for Wood a Primer and Historical Review. Madison.
- Şenel, A., 1994. Toros sediri (*Cedrus libani*) ağacının malzeme olarak bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri. Gazi Üniversitesi, End. San. Eğt. Fak. Der., 2(2): 145–150.
- TS 2472, 2005. Wood - Determination of Density for Physical and Mechanical Tests, Wood, sawlogs and sawn timber (ICS 79.040), Ankara.
- Ünsal, O., Korkut, S., Atik, C., 2003. THE effect of heat treatment on some properties and colour in Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* DEHN.) wood. Maderas Ciencia y tecnología, 5(2): 145-152.
- Wang, S.Y., Chen, J.H., Hsu, K.P., Lin, C.J., Jane, M.C., 2008. Ring characteristics and compressive strength of Japanese cedar trees grown under different silvicultural treatments. Wood and Fiber Science, 40(3): 384–391.
- Won, K.R., Hong, N.E., Park, H.M., Moon, S.O., Byeon, H.S., 2015. Effects of heating temperature and time on the mechanical properties of heat-treated woods. Journal of the Korean Wood Science and Technology, 43(2): 168–176.
- Yang, T.H., Chang, F.R., Lin, C.J., Chang, F.C., 2016. Effects of temperature and duration of heat treatment on the physical, surface, and mechanical properties of Japanese cedar wood. BioResources, 11(2): 3947–3963.
- Yeh, M.C., Liu, C.K., Lin, Y.L., 2007. Effects of ultrasonic detection modes on the longitudinal ultrasonic wave transmission in domestic plantation lumber. Taiwan Journal of Forest Science, 22(1): 57–68.
- Yılmaz Aydın, T., 2020. Ultrasonic evaluation of time and temperature-dependent orthotropic compression properties of Oak wood. Journal of Materials Research and Technology, 9(3):6028-6036.
- Yılmaz Aydın, T., Aydın, M., 2017. Determination of compression properties in radial direction of Oriental beech exposed to temperature using ultrasound and static tests. 20th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, September 12-15, Forest Products Laboratory, Madison, pp.249–254.
- Yılmaz Aydın, T., Aydın, M., 2018a. Relationship between density or propagation length and ultrasonic wave velocity in Cedar (*Cedrus libani*) wood. International Science and Technology Conference, July 18-20, Paris, pp. 531–535.
- Yılmaz Aydın, T., Aydın, M., 2018b. Prediction of bending properties of Oriental beech wood exposed to temperature. International Forest Products Congress, September 26-29, Trabzon, pp.772–778.
- Yılmaz Aydın, T., Aydın, M., 2018c. Relationship between density or propagation length and ultrasonic wave velocity in Sessile oak (*Quercus petraea*) wood. 4th Int. Conf. on Advances in Mechanical Engineering, December 19-21, Yıldız Technical University, İstanbul, pp. 1708–1712.
- Yılmaz Aydın, T., Aydın, M., 2020. Influence of temperature and exposure duration on the bending properties of Oak wood. Journal of Bartın Faculty of Forestry, 22(3), 871–877.

Farklı çözücü türlerinin ekstraksiyon reçinesinin verimi ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Naile Angın^{a,*} , Murat Ertaş^a 

Özet: İğne yapraklı ağaçlardan farklı tekniklerle üretilen doğal çam reçinesi, oldukça kıymetli ve kadim bir silvikimyasal üründür. Başta kimya sanayi olmak üzere, kağıt, yol boyası, plastik sanayi, tıp ve kozmetikte sayısız kullanımı mevcuttur. Doğal çam reçinesinin üç kaynağı bulunmaktadır. Bunlar; 1) çam ağacı reçinesi 2) sülfat reçinesi 3) ekstrakt reçinesidir. Son yıllarda bütün dünyada sentetik reçine tüketimine getirilen yasal kısıtlamalar sektörü zorunlu olarak biyobozunur ürünlere yönlendirmektedir. Türkiye’de reçine üretimine uygun kızılçam ormanları olmasına rağmen, bugün ticari anlamda doğal ham reçine üretimi ve bu konu üzerine bilimsel çalışmalar istenilen düzeyde değildir. Bu çalışmanın amacı, farklı çözücü türlerinin çam kökü ekstraksiyon reçinesinin verimi ve kimyasal özellikleri üzerine etkisini incelemektir. Analizler sonucunda ekstraksiyon verimleri %16 ile %22 arasında bulunmuş olup en yüksek verim alkol-benzen çözücü sisteminde elde edilmiştir. Verime paralel şekilde, en yüksek asit ve sabunlaşma sayıları da alkol-benzen kullanılan örneklerde sırasıyla 174,87 ve 180,33 mgKOH/g bulunmuştur. Milli kaynaklarımızın ve ekstraksiyon reçinesi üretimindeki mevcut potansiyelimizin değerlendirilmesi için doğal reçinenin verimini ve kalitesini etkileyen fiziksel ve kimyasal faktörler üzerine daha detaylı ve etkin çalışmalar yürütülmesi gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Ekstraksiyon reçinesi, Kolofan, Asit sayısı, Sabunlaşma sayısı, Odun dışı orman ürünleri

Effect of solvent types on the yield and chemical properties of crude wood resin

Abstract: Natural pine resin, produced from coniferous species with different techniques is a very valuable and ancient biochemical product. It has wide uses in the chemical industry, paper, road paint, plastic, medicine and cosmetic industries. In recent years, legal restrictions all over the world on consumption of synthetic resin lead the industry to biodegradable products. Although there are suitable forests for natural resin production in Turkey, commercial manufacturing and scientific studies on this subject are not at the desired level today. The aim of this study is to examine the effect of different solvent types on the yield and chemical properties of crude wood resin. As a result of the analysis, extraction yields were found between 16% and 22%, and the highest yield was obtained in the ethanol-benzene solvent system. Collaterally to the yield, the highest acid and saponification numbers were found in alcohol-benzene extracts as 174,87 and 180,33 mg KOH /g, respectively. In order to evaluate our national resources and our current potential in crude wood rosin production, more detailed and effective studies should be carried out on the physical and chemical factors that affect the yield and quality of crude wood rosin .

Keywords: Crude wood resin, Colophony, Acid number, Saponification number, Non-wood forest products

1. Giriş

Değişen çevre ve yaşam şartları ile birlikte, orman kaynaklarından odun eldesi yanında katma değerli odun dışı orman ürünlerinin üretilmesine de dair ilgi ve talep gün geçtikçe artmaktadır (Büyükgebiz vd., 2008). Son yıllarda ülkemizde bu talebin karşılanmasına yönelik atılan bilinçli adımlar hem milli servetlerin etkin kullanımına hem de kırsal kalkınmaya fayda sağlamaktadır (Kurt vd., 2016).

Doğal reçine, kadim ve kıymetli bir odun dışı orman ürünüdür. Reçinenin tarihinin milattan önceki zamanlara kadar dayandığı ve kutsal kitaplarda çam katranı, odun zifti vb isimlerle adlandırıldığı bilinmektedir. Hz. Nuh’un ahşaptan yaptığı gemisini korumak amacıyla suya değen kısımların içini ve dışını reçine (zift) ile kapladığı rivayet edilmektedir (Zinkel, 1975). Benzer şekilde, yabancı literatürde reçine ürünleri “Naval Stores” adıyla geçmektedir. Naval, ingilizcede denizcilikle kullanılan

kimyasallara verilen genel bir isimdir. Gemi endüstrisinde kullanılan reçineli odun katranı halat ve yelkenlerin çürümelerini önlemiş ve teknenin kenar ve diplerinden olabilecek sızıntıları önlemiştir (Outland, 1996).

Reçine çoğunlukla iğne yapraklı ağaç türleri tarafından salgılanmaktadır ve ekseriyetle gövde ve köklerde üretilmektedir (Erdin ve Bozkurt, 2013). Geçmiş yıllar boyunca ağaçlardan ekstrakte edilebilen tüm yapışkan ve akıcı kıvamlı maddeleri reçine olarak karakterize etme eğilimi olmuştur ve genellikle sakızlar, yağlar, vakslar ve balzamlar ile karıştırılmaktadır. Ancak reçinenin salgılanışı ve kimyasal yapısı bu bileşiklerden daha farklıdır (Langenheim, 1990). Reçine, salgılandıktan sonra bir daha ağaç bünyesi tarafından kullanılmayan, ağacın öz savunmasında etkili bir kimyasal bileşimdir (Kolossova ve Bohlmann, 2012). Günümüzde bilimsel atılımlarla ilişkili olarak, reçinelerin bitkilerdeki fonksiyonları ile ilgili anatomik ve ekolojik kavramlarda ilerlemeler olmuştur.

✉ ^a Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Bursa Teknik Üniversitesi, 16310, Bursa, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): naile.angin@btu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 01.07.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 22.11.2021



Citation (Atf): Angın, N., Ertaş, M., 2021. Farklı çözücü türlerinin ekstraksiyon reçinesinin verimi ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 439-443. DOI: [10.18182/tjf.960674](https://doi.org/10.18182/tjf.960674)

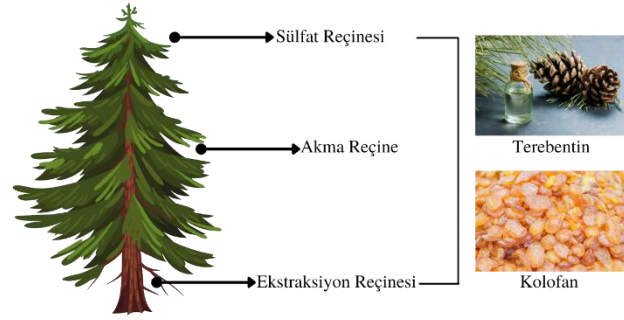
Örneğin Lopez-Goldar vd. (2020), reçinenin kimyasal içeriğinin yalnızca coğrafi ve anatomik etmenlere bağlı olmadığını, uyarıcı biyolojik tehlikenin cinsine göre reçine asitleri bileşiminde farklılık görüleceğini öne sürmüşler ve ağaca arız olan böcek türüne göre reçinenin kimyasal kompozisyonunda farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir.

Doğal reçine, günümüzde akma reçine, sülfat reçinesi ve ekstraksiyon reçinesi olmak üzere üç farklı teknik ile üretilmektedir (Şekil 1). Her üç teknikte de temel reçine kaynağı ağaçtır ancak üretim tekniği ve elde edilen ürünün kimyasal özelliklerinin birbirinden farklı olduğu bilinmektedir (Joye vd., 1973).

En eski ve en bilinen yöntem akma reçine yöntemidir. Bu yöntemde dikili, canlı çam ağacının gövdesine farklı yöntemlerle pencereler açılarak; salgılanan reçine oldukça emek gerektiren işlemlerle toplanmaktadır (Deniz, 2002; Deniz, 2018). İkinci yöntem olan sülfat reçinesi; reçineli çam yongalarından sülfat yöntemiyle (kraft yöntemi) kâğıt hamuru üretiminde yan ürün olarak elde edilmektedir. Yongaların pişirilmesi esnasında açığa çıkan gazların distilasyonu ile sülfat terebentini, pişirmeden sonra oluşan alkali siyah çözümden de ham tall oil ve yağ asitleri elde edilmektedir (Aro ve Fatehi, 2017). Üçüncü yöntem olan ekstraksiyon reçinesi; kesimden sonra uzun süre toprakta bekleyerek çıralanmış reçineli çam köklerinin yongalanarak, tesislerde uygun çözücü ekstraksiyonu ile elde edilmektedir. Ekstraksiyon sonucunda, odun ekstraksiyon terebentini, odun ekstraksiyon kolofanı, dipenten ve doğal pineoil elde edilmektedir (Humphrey, 1943).

Ekstraksiyon reçinesi, diğer reçine türlerine göre hem hammadde tedariki hem de üretim tekniği olarak oldukça farklıdır ve endüstriyel üretime daha uygun bir yöntemdir. Ekstraksiyon metodunda önemli olan kökteki reçinenin yapısını ve kalitesini bozmadan; en ucuz ve uygun çözücü kullanarak reçineyi ağaçtan izole etmektir (Linlin vd., 2005). Bu teknikte kullanılan çam kökleri kesim yapılmış, yanmış veya bozuk orman sahalarının toprak altında kalmış atıl ürünlerdir. Bu köklerin işlenmesiyle doğaya ve ekonomiye hiç de azımsanmayacak katkılar sağlanır. Toprak altında kalan, terkedilmiş çam kökleri ekonomiye kazandırılır. Dahası, kök çıkarma işlemi, bu işte çalışacak orman köylüsüne büyük ekonomik katkı sağlar ve orman köylüsüne yeni iş sahası açar. Ülkemizde çam köklerinden ekstraksiyon yöntemi ile reçine üretimine bakıldığında, geçmiş yıllarda özellikle Balıkesir bölgesinde reçine üretilmesine rağmen, uluslararası pazarlarda belirlenen fiyatlarla rekabet edilemediği için, bu fabrikaların zamanla kapandığı görülmektedir (Güle, 2019). Günümüzde, Balıkesir-Edremit'te ekstraksiyon reçinesi üreten bir fabrika çalışmaktadır.

Doğal reçinenin kimyasal yapısı incelendiğinde; benzer temel yapıya sahip reçine asitlerinden ve terpenlerden oluşan doğal bir karışım olduğu görülmüştür (Wilbon vd., 2013). Literatürde, katı ya da yarı akışkan, berraklaşması güç, suda çözünmeyen, organik çözücülerde çözünen, ısıtılınca yumuşayan ve eriyen şekillenmemiş maddeler olarak tanımlanmıştır (Güner, 2015; Öz vd., 2012).



Şekil 1. Doğal reçine üretim teknikleri ve reçinenin bileşenleri (CanvaPro ile düzenlenmiştir.)

Doğal reçine temel olarak kolofan ve terebentin olmak üzere iki kısımdan oluşur. Bu bileşenleri birbirinden ayırmak için distilasyona tabi tutmak gerekmektedir (Beglinger, 1958). Uçucu kısım terebentin adı alır ve yapısında terpenler bulundurulur. Distilasyon sonrasında geriye kalan ve reçine asitleri içeren katı kısım ise kolofan olarak adlandırılmaktadır (Huş, 1959; Deniz vd., 2019). Reçinenin %60-70 oranında kolofan içerdiği bildirilse de reçine bileşenleri üretim tekniğine ve distilasyon prosesine bağlı olarak değişken bir kimyasal bileşim oranlarına sahiptir ve ihtiva ettiği reçine asitleri ve miktarları da farklıdır (Angın, 2020). Reçinenin kimyasal kompozisyonun yanında asit ve sabunlaşma sayısı gibi önemli kimyasal indikatörler de bundan etkilenmektedir (Panda, 2013). Öte yandan, reçinenin fiziksel ve kimyasal özellikleri, reçinenin kalite sınıfını belirlemektedir ve kullanım yeri ve fiyatlandırılması üzerine doğrudan etki ederek piyasadaki rekabet unsurlarını oluşturmaktadır. Distilasyon sonunda elde edilen, hem terebentin hem de kolofan endüstriyel anlamda çok kıymetli olup, eczacılık, kağıtçılık, boya ve mürekkep sanayi, otomotiv vb. olmak üzere birçok farklı alanda ara ve temel kimyasal madde olarak kullanılmaktadırlar (Karlborg ve Hagvall, 2020).

Bu çalışmada, farklı çözücü türlerinin çam kökü ekstraksiyon reçinesinin verimi ve asit ve sabunlaşma sayısını belirlemek için kimyasal özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Hammadde olarak yongalanmış kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) kökü kullanılmıştır. Yongalanmış ve kullanıma hazır çam kökü örnekleri İVA Reçine Biyokütle A.Ş.'den bedelsiz olarak temin edilmiştir. Kökler herhangi bir ön işleme ve ayırmaya tabi tutulmadan ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon işleminde çözücü olarak; etanol (%99,9, IsoLab), n-hekzan (%99, VWR Chemicals), dietil eter (Sigma-Aldrich) ve yüzde 30:70 oranında etanol-benzen (Sigma-Aldrich) kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Ekstraksiyon

Yongalanmış ve hava kuru hale getirilmiş çam kökleri TS 4424 nolu standart uyarınca her bir çözücü ile 6 saat süreyle soxhlet cihazında (Behr, Germany) üç tekrarlı olarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonunda, balonda biriken

çözelti içerisinde kalan çözücü bir vakumlu evaporatör (Heidolph, Germany) yardımı ile geri kazanılmış ve elde edilen ekstrakt miktarı tartılmıştır. Reçine veriminin hesabı tam kuru kök ağırlığı üzerinden hesaplanmıştır (Eşitlik 1).

$$RM = \frac{Ex}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

Bu eşitlikte;
RM = Reçine verimi (%),
Ex = Balondaki ekstraktın ağırlığı (g),
M₀ = Tam kuru kök ağırlığı (g)'ni ifade etmektedir.

2.2.2. Distilasyon

Asit ve sabunlaşma sayısı kolofan üzerinden hesaplanmaktadır, bu nedenle reçinenin terebentin ve kolofana ayrılması gerekmektedir. Bu işlem için sıcaklık ayarlı ve manyetik karıştırıcı özellikli mantolu ısıtıcı (Elektromag, India) kullanılmıştır. Yoğurturucu olarak; su soğutmalı köprü tipi bir geri soğutucu kullanılmıştır. Distilasyona 30 °C'den başlanmış ve her 10 dakikada bir 10 °C artırılarak 240 °C'ye kadar ısıtılmış ve distilasyon sonunda balonda kalan kolofan numune kaplarına alınıp soğumaya bırakılmıştır.

2.2.3. Asit sayısı tayini

Asit sayısı tayini TS 4862 nolu standart uyarınca gerçekleştirilmiştir. 4 gram kolofan örneği 100 mL etanol (IsoLab, %99.9) içerisinde çözüldükten sonra karışımın üzerine, indikatör olarak %1'lik (w/v) olarak hazırlanmış, fenolftalein (Sigma Aldrich) çözeltisinden 1 mL damlatılmıştır. Hazırlanan karışım, etil alkol ile hazırlanmış 0,5 N potasyum hidroksit (KOH) çözeltisi kullanılarak titre edilmiştir. Dönüm noktasında harcanan KOH çözeltisi miktarı kaydedilmiş ve Eşitlik 2 yardımıyla asit sayısı hesaplanmıştır.

$$\text{Asit Sayısı} = \frac{A \times N \times 56,1}{B} \quad (2)$$

Bu eşitlikte;
A= Harcanan KOH çözeltisinin hacmi (ml)
N= KOH çözeltisinin normalitesi
B= Başlangıçta kullanılan kolofanın ağırlığı (g)
56,1= KOH molekül ağırlığı'nı ifade etmektedir.

2.2.4. Sabunlaşma sayısı tayini

Bu analiz TS 4863 nolu standart uyarınca gerçekleştirilmiştir. 4 gram kolofan örneği 50 mL etanol içerisinde çözüldükten sonra karışımın üzerine 50 mL KOH eklenmiş ve sabunlaşma reaksiyonu için 1 saat süreyle geri soğutucu altında kaynatılmıştır. Aynı işlemler şahit deneme için de tekrarlandıktan sonra çözeltiler oda sıcaklığına soğutulmuş ve 0,5 N sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisi ile titre edilmiştir. Dönüm noktasında harcanan miktarlar kaydedilmiş ve Eşitlik 3 yardımıyla sabunlaşma sayısı hesaplanmıştır.

$$\text{Sabunlaşma Sayısı} = \frac{(B-A) \times N \times 56,1}{C} \quad (3)$$

Bu eşitlikte;

A= Dene örneği için harcanan H₂SO₄ çözeltisinin hacmi (ml)

B= Şahit örnek için harcanan H₂SO₄ çözeltisinin hacmi (ml)

C= Başlangıçta kullanılan kolofanın ağırlığı (g)

N= H₂SO₄ çözeltisinin normalitesi

56,1= KOH molekül ağırlığı'nı ifade etmektedir.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Reçine verimi

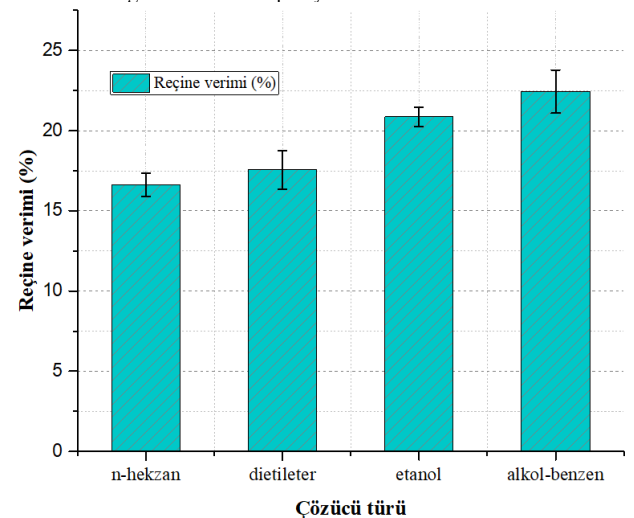
Farklı çözücülerle gerçekleştirilen ekstraksiyon sonucunda hesaplanan reçine verimleri Çizelge 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde, en yüksek reçine verimi sırasıyla %22,44 ve %20,86 olmak üzere alkol-benzen ve etanol kullanılan örneklerde elde edilmiştir. Dietil eter ve n-hekzan kullanılan örneklerden görece daha az verim elde edilmiştir. Bu durum, çözücü türlerinin farklı polariteye sahip olmasına atfedilebilir. Bilindiği üzere n-hekzan ve dietil eter apolar özellikteyken, etanol bunlara kıyasla daha polar bir çözücüdür (Efthymiopoulos vd., 2018). İdeal bir ekstraksiyon işleminde mümkün olduğunca çok hedef bileşiğin çözücü fazına geçmesi beklenmektedir ve dolayısıyla "benzer benzeri çözer" presibinden yola çıkılarak uygun polaritede çözücü ile ekstrakte edilir (Handa, 2008; Swami vd., 2008). Bu bağlamda, polar organik çözücüler (etanol, metanol, aseton vb.) genellikle biyo-bazlı örneklerin ekstraksiyonunda tercih edilmektedir. Bunun nedeni alkollü çözücülerin hücre duvarını daha iyi geçmeleri, çok sayıda orta ve düşük polariteye sahip bileşikler daha iyi bir şekilde ekstre etmelerine dayanmaktadır (Abubakar ve Haque, 2020). Bu bilgiler ışığında, etanol ve alkol-benzen kullanılan örneklerin daha yüksek reçine verimine sahip olmasının literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Çözücü türlerinin reçine verimine etkisi

Örnek	Çözücü türü	Reçine verimi (%)*
1	n-hekzan	16,62 ± 0,75
2	dietil eter	17,56 ± 1,21
3	etanol	20,86 ± 0,60
4	alkol(%30)-benzen(%70)	22,44 ± 1,34

*Ortalama değer ve standart sapmayı belirtmektedir.



Şekil 2: Çözücü türlerinin reçine verimine etkisi

Her ne kadar alkol-benzen kullanımında ekstraksiyon verimi daha yüksek olsa da; çözücü karışımlarında bir çözücü diğerinden daha önce kaynayabilmekte bu da ekstraksiyon çözücüsünün karışım oranlarının değişmesine neden olabilmektedir (Swami vd., 2008). Bu durum bilhassa endüstriyel uygulamalarda prosesin kontrol edilmesini zorlaştırabilir. Öte yandan, günümüzde verimliliğin yanı sıra çevresel etki ve işçi sağlığı faktörleri de çözücü seçiminde oldukça önemli bir rol oynamaktadır (Poliakoff ve Licence, 2007). Benzen'in insan sağlığını tehdit eden zararları nedeniyle endüstriyel kullanımında sınırlamalar olduğu bilinmektedir (McQuaid, 1991).

Çözücü seçiminde göz önünde bulundurulması gereken bir diğer faktör ise enerji sarfiyatıdır (Woerfel, 1995). Seçilen çözücünün yüksek kaynama noktasına sahip olması ısıtma için kullanılan enerji sarfiyatını artırırken, diğer yandan düşük kaynama noktalı uçucu çözücülerin de fabrika sahalarında depolanması ve taşınması için ilave işlemler ve enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Böyle durumlarda ekstraksiyon verimi daha düşük olmasına rağmen, sağladığı enerji tasarrufu ve geri kazanım kolaylığı nedeni ile n-hekzan gibi optimum 65-69°C arasında kaynayan çözücüler endüstriyel uygulamalarda tercih edilmektedir. Örneğin, Edremit'te bulunan kök reçinesi üretim tesisinde ekstraksiyonun hekzan kullanılarak gerçekleştirildiği bilinmektedir.

3.2. Asit ve sabunlaşma sayısı

Kolofan örneklerinin asit ve sabunlaşma sayıları Çizelge 2'de verilmiştir. Asit sayısı, 1 gram kolofanda bulunan serbest asidi nötrleştirmek amacıyla kullanılan potasyum hidroksit (KOH) miligram cinsinden miktarı olarak tanımlanmaktadır (TS 4862). En yüksek asit sayısı alkol-benzen ekstraksiyonundan elde edilen kolofan örneğinde, $174,87 \pm 3,22$ mg KOH/g olarak bulunmuştur. Asit sayısı, kolofanın içerdiği serbest reçine asitleri miktarıyla doğrudan ilgilidir. Örnek içerisinde ne kadar fazla serbest reçine asiti varsa nötrleştirilmesi için o kadar fazla KOH çözücüsü harcanacaktır ve asit sayısının da bu nispete daha yüksek çıkması beklenmektedir (Baldwin vd., 1958). Bu bağlamda alkol-benzen kullanılan örnekte, apolar-polar çözücü sisteminin olumlu etkisiyle daha fazla asidik yapıda bileşenin ekstrakte edildiği ve bunun asit sayısına yansıtıldığı düşünülmektedir. Öte yandan bu düşünceyi destekler şekilde, yalnızca polar veya apolar çözücü kullanılan örneklerin asit sayısında kayda değer bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 2. Çözücü türlerinin asit ve sabunlaşma sayısına etkisi

Örnek	Çözücü türü	Asit sayısı* (mg KOH/g)	Sabunlaşma sayısı* (mg KOH/g)
1	n-hekzan	$162,26 \pm 1,35$	$174,88 \pm 2,73$
2	dietil eter	$163,47 \pm 1,78$	$173,31 \pm 4,06$
3	etanol	$169,11 \pm 2,65$	$177,05 \pm 2,84$
4	alkol(%30)-benzen(%70)	$174,87 \pm 3,22$	$180,33 \pm 2,71$

*Ortalama değer ve standart sapmayı belirtmektedir.

Sabunlaşma sayısı; 1 gram kolofanın nötrleştirilmesinin akabinde sabunlaştırılmasında kullanılan potasyum hidroksit (KOH) miligram miktarı olarak tanımlanmaktadır (TS 4863). Asit sayısında da olduğu gibi; sabunlaşma sayısının belirlenmesinde de reçine içerisindeki abietik asit, pimarik asit, palustrik asit vb. serbest asitlerin konsantrasyonu önemlidir. Nötrleşen reçine asidi miktarıyla doğru orantılı olarak sabunlaşma olması beklenmektedir. En yüksek sabunlaşma sayısı alkol-benzen ekstraksiyonundan elde edilen kolofan örneğinde, $180,33 \pm 2,71$ mg KOH/g olarak bulunmuştur. Bu sonucu destekler nitelikte, daha önceki çalışmalar daha polar çözücü kullanılarak elde edilen yağların, doymuş yağ asitlerinin ve vaksların daha yüksek sabunlaşma sayısı verdiğini göstermiştir (Efthymiopoulos vd., 2018; Smith, 1937). Bulunan değerler diğer reçine türleri ile kıyaslandığında, SEKA kâğıt fabrikasından elde edilen tall oil reçinesinin sabunlaşma sayısının 162 mg KOH/g ve akma reçine üzerine yapılan bir çalışmada ise sabunlaşma sayısının yaklaşık 170 mg KOH/g civarında bulunduğu bildirilmiştir (Keskin vd., 2007; Sukarno, 2018; Deniz, 1987; Coppen vd., 1995). Endüstriyel kullanımda sabunlaşma sayısının 150 mg KOH/g üzerinde olması istenir ve ne kadar yüksek olursa türevlendirme reaksiyonlarında kullanıma o kadar elverişli hale gelir. Bu açıdan değerlendirildiğinde ekstraksiyon reçinesinin diğerlerine göre endüstriyel anlamda daha avantajlı olduğu düşünülmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, farklı çözücü türlerinin çam kökü ekstraksiyon reçinesinin verimine ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, polar çözücüyle gerçekleştirilen ekstraksiyon veriminin daha yüksek olduğunu ve apolar çözücü kullanılarak elde edilen örnekler göre yaklaşık %5 oranında arttığını göstermiştir. Diğer taraftan, ekstraksiyon verimine paralel olarak asit ve sabunlaşma sayılarında da artışlar olmuştur. Özellikle alkol-benzen çözücü sisteminde ortalama 10 mg KOH/gr civarında kayda değer bir artış gözlemlenmiştir. Günümüzde, küresel reçine piyasasındaki rekabeti reçinenin kalite sınıfı belirlemektedir. Asit ve sabunlaşma sayısının yüksek olması endüstriyel açıdan arzu edilen bir durumdur ve kalite sınıfına doğrudan etki eden önemli parametrelerdir. Bu nedenle, ham reçine üretilirken ve fraksiyonlanırken tüm proses adımlarının bu parametreler üzerine olan etkisinin incelenmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- Abubakar, A.R., Haque, M., 2020. Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 12(1): 1–10.
- Angın, N., 2020. Çam kökü ekstraksiyon reçinesinin distilasyonu ve kimyasal karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Aro, T., Fatehi, P., 2017. Tall oil production from black liquor: Challenges and opportunities. *Separation and Purification Technology*, 175:469–480.
- Baldwin, D., Loeblich, V., Lawrence, R., 1958. Acidic composition of oleoresins and rosins. *Industrial Engineering Chemistry Chemical and Engineering Data Series*, 3(2): 342–346.
- Beglinger, E., 1958. Distillation of resinous wood (Revised Report 496). Madison (WI): Forest Products Laboratory, United States Department of Agriculture, Forest Service.

- Büyükgöbeç, T., Fakir, H., Negiz, M., 2008. Sütçüler (Isparta) Yöresinde doğal odun dışı bitkisel orman ürünleri ve geleneksel kullanımları. Türkiye Ormanlık Dergisi, 9(1): 109-120.
- Coppen, J.J. W., Hone, G.A., 1995. Gum Naval Stores: Turpentine And Rosin From Pine Resin. FAO, Italy.
- Deniz, İ., 2002. Dikili ağaçlarda reçinenin biyosentezi ve reçine üretimi. Gazi Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi, 10(2): 375-386.
- Deniz, İ., 2018. Odun Dışı Orman Ürünleri Endüstrisi. KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ders Notu, 256 s., Trabzon.
- Deniz İ., Pekgözlü K.A., Dönmez İ.E., Karaoğlu E., Yılmaz B., Ceylan E., Aydın, İ., 2019. Ülkemizde Üretilen Kolofanların Kimyasal Özellikleri, Kolofan ve Türevleri Çalıştayı, 2 Mayıs, İstanbul, s. 16.
- Deniz, İ., 1987. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) reçinesinin kimyasal özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Efthymiopoulos, I., Hellier, P., Ladommatos, N., Russo-Profil, A., Eveleigh, A., Aliev, A., Kay, A., Mills-Lamprey, B., 2018. Influence of solvent selection and extraction temperature on yield and composition of lipids extracted from spent coffee grounds. Industrial Crops and Products, 119, 49-56.
- Erdin, N., Bozkurt, Y., 2013. Odun Anatomisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları. İstanbul.
- Güle, M.E., 2019. Vazgeçilmez Ürün Kolofan. 1. Kolofan ve Türevleri Çalıştayı Bildirileri. 2 Mayıs, İstanbul, s. 49.
- Güner, E., 2015. Toros Gökarnı (*Abies Cilicica*) reçinesinin kimyasal analizi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Handa, S.S., 2008. Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants, International Centre For Science And High Technology, Italy.
- Humphrey, I.W., 1943. Solvent refining of wood rosin. Industrial & Engineering Chemistry, 35(10): 1062-1067.
- Huş, S., 1959. Kolofan ve terebantın yağından elde edilen yeni türevler ve bunların endüstrideki önemi. İstanbul Orman Fakültesi Dergisi, 9(1): 80-94.
- Joye Jr, N.M., Proveaux, A.T., Lawrence, R.V., 1973. Composition of neutral oils from rosin. Journal of the American Oil Chemists' Society, 50(4): 104-107.
- Karlberg, A.T., Hagvall, L., 2020. Colophony: Rosin in unmodified and modified form. Kanerva's Occupational Dermatology, 41(1): 607-624.
- Keskin, A., Gürü, M., Altıparmak, D., 2007. Biodiesel production from tall oil with synthesized Mn and Ni based additives: Effects of the additives on fuel consumption and emissions. Fuel, 86(7-8): 1139-1143.
- Kolosova, N., Bohlmann, J., 2012. Conifer defense against insects and fungal pathogens: In Growth and defence in plants. Springer. New York.
- Kurt, R., Karayılmazlar, S., İmren, E., Cabuk, Y., 2016. Türkiye ormancılık sektöründe odun dışı orman ürünleri: İhracat analizi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 18(2): 158-167.
- Langenheim, J.H., 1990. Plant resins. American Scientist, 78(1): 16-24.
- Linlin, W., Xiaopeng, C., Youyan, L., Yuanjiao, Z., Zhangfa, T., 2005. Isolation and application of rosin acids. Chemical Industry and Engineering Progress, 24(11): 1301.
- López-Goldar, X., Lundborg, L., Borg-Karlson, A. K., Zas, R., Sampedro, L., 2020. Resin acids as inducible chemical defences of pine seedlings against chewing insects. PloS One, 15(5):1651.
- McQuaid, J.L., 1991. Risk Assessment of Hazardous Air Pollutants Under the EPA's Final Benzene Rules and the Clean Air Act Amendments of 1990, 70: 427.
- Outland, R.B., 1996. Slavery, work, and the geography of the North Carolina naval stores industry, 1835-1860. The Journal of Southern History, 62(1): 27-56.
- Öz, M., Deniz, İ., Yaşar, M., Komut, O., Fidan, M.S., 2012. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.)'da reçine kelebeği (*Dioryctria sylvestrella* Ratz.) ve gövde reçinesinin uçucu yağ miktarları. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, Özel Sayı: 89-95
- Panda, H., 2013. Handbook on tall oil rosin production, processing and utilization. Asia Pacific Business Press Inc. India.
- Poliakoff, M., Licence, P., 2007. Green chemistry. Nature, 450(7171): 810-812.
- Smith, W.C., 1937. Influence of solvent on the saponification number of rosin. Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition, 9(10): 469-471.
- Sukarno, A., 2018. Physical properties of turpentine and gum rosin pinus merkusii jungh et de vriese tapped oleoresin by borehole method. The Journal of Experimental Life Science, 8(1): 43-46.
- Swami, H.S., Singh, K.S.P., Gennaro, L., Dutt, R.D., 2008. Extraction technologies for medicinal and aromatic plants. Trieste: United Nations Industrial Development Organization and the International Centre for Science and High Technology, 200-266.
- TS 4862, 1986. Çam Reçinesi - Kolofanda Asit Sayısının Tayini. TSE, Ankara.
- TS 4863, 1986. Çam Reçinesi - Kolofanda Sabunlaşma Sayısının Tayini. TSE, Ankara.
- Wilbon, P.A., Chu, F., Tang, C., 2013. Progress in renewable polymers from natural terpenes, terpenoids, and rosin. Macromolecular Rapid Communications, 34(1): 8-37.
- Woerfel, J. B., 1995. Extraction In Practical handbook of soybean processing and utilization. AOCS Press. United States of America.
- Zinkel, D. F., 1975. Naval stores: silvichemicals from pine. Applied Polymer Symposium, 28: 309-327.

Jeotermal kaynak sularının ahşabın hacimsel daralma ve genişleme özelliklerine karşı önleyici etkinliği

Ahmet Ali Var^{a,*}, Aykut Yalçındağ^b

Özet: Bu çalışmada, jeotermal kaynak sularının, ahşabın hacimsel daralma ve genişleme özelliklerine (çalışma özelliği) karşı önleyici etkinliği araştırılmıştır. Bu amaçla, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunu örnekleri Türkiye'nin üç farklı jeotermal enerji sahasından (Afyonkarahisar, Denizli ve Kütahya) dokuz farklı jeotermal kaynak suyu ile batırma yöntemine göre muamele edilmiştir. Denizli'nin jeotermal kaynak suları ile muamele edilen odun örneklerinde genişleme ve daralmaya karşı daha yüksek bir performans gözlenmiştir. Ayrıca, işlem görmüş tüm ahşap numuneler, işlem görmeyenlere kıyasla daha düşük genişleme ve daralma değerlerine sahip olmuştur. Genişleme ve daralma değerlerindeki bu azalmalar, jeotermal kaynak sularının ahşabın hacimsel çalışma özelliğini azaltmada etkili olabileceklerini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Ahşap, Odun, Hacimsel çalışma, Jeotermal su, Boyutsal stabilite

Preventive activity of geothermal resource waters against volumetric shrinkage and swelling properties of wooden

Abstract: This study investigated the preventive effectiveness of geothermal resource waters on the volumetric shrinkage and swelling properties (working property) of wooden. For this purpose, Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) wood samples were treated by immersion method with nine different geothermal source water from Turkey's three different geothermal fields (Afyonkarahisar, Denizli, Kütahya). A higher performance against shrinkage and swelling was observed in wood samples treated with Denizli's geothermal resource waters. Also, all treated wood samples had lower swelling and shrinkage values compared to untreated ones. These reductions in swelling and shrinkage values show that geothermal resource waters could be effective in reducing the volumetric working property of wooden.

Keywords: Wooden, Volumetric working, Geothermal water, Dimensional stability

1. Giriş

Ahşap üç farklı yönde çalışma (daralma-genişleme) özelliği nedeniyle boyutları değişebilen doğal bir malzemedir (Rindler vd., 2017). Bu özelliğini lif doygunluk noktası (LDN) rutubet içeriğine kadar gerçekleştirebilen ahşap LDN rutubeti altında su kaybederse daralır, fakat su alırsa genişler. Bu daralma ve genişleme, boyutsal değişimin yanında, yarılmaya, çatlamaya vb sakıncalı durumlara da neden olabilir (Ogunjobi vd., 2018). Bu nedenle ahşap, kullanımdan önce, çeşitli ön koruma işlemlerine tabi tutulur (Xie vd., 2013). Taghiyari vd. (2015), nanosüspaniyonlu gümüşoksit ve çinkooksit ile muamele edilen Paulownia odununda boyutsal değişikliğin azaldığını belirtmiştir. Bak vd. (2019), nanopartiküllü SiO₂ işleminin kayın ve sarıçam odunlarında daralma ve genişlemeyi azalttığını ve boyutsal stabiliteyi iyileştirdiğini ifade etmiştir. Simsek vd. (2010) ise sodyumtetrafloroborat, amonyumtetrafloroborat ve amonyumpentaboratohidrat uygulamalarının kayın ve sarıçam odunlarında boyutsal değişim performansını iyileştirdiğini rapor etmiştir.

Günümüzde giderek artan çevresel duyarlılık ve bilinç, ahşap koruma işlerinde su çözücülü ahşap emprenye maddelerinin kullanımını öncellemektedir (Lebow, 2010). Bu bağlamda, klasik su çözücülü ahşap emprenye maddelerinin formülasyonlarında da yer bulabilen faklı kimyasal/mineral içeren jeotermal enerji kaynakları da tartışılmalıdır. Bu doğal kaynaklardan Kütahya bölgesel jeotermal enerji kaynaklarının ahşap emprenye maddelerine katılan Na, K, Ca, B, Mg, Al, F, Cl gibi farklı kimyasal madde ve mineral çeşitleri bakımından zengin oldukları belirtilmiştir (Var ve Kardaş, 2017). Bununla beraber, Demer ve Memiş (2015) tarafından Afyonkarahisar Ömer-Gecek bölgesel jeotermal kaynaklarının Na-Cl-HCO₃ tipli sular olduğu; bölgedeki Gazlıgöl jeotermal kaynağının yüksek HCO₃ ve düşük SO₄ içerdiği; ildeki tüm jeotermal enerji sahalalarının yüksek derişimli B ve F içerdiği bildirilmiştir. Ayrıca Denizli bölgesel jeotermal enerji kaynaklarının sülfatlı ve karbonatlı sular grubunda olduğu; bunların Ca, Cl, Na, K, Mg, HCO₃, SO₄, klorürlü bileşikler, CO₂, SiO₂ gibi çok farklı kimyasal/mineral maddeler içerdiği rapor edilmiştir (Barut vd., 2013).

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

^b Emniyet Genel Müdürlüğü, Adana Emniyet Müdürlüğü, Yüreğir İlçe Emniyet Müdürlüğü, 01358, Yüreğir/Adana

© * **Corresponding author** (İletişim yazarı): alivar@isparta.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 06.07.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 07.12.2021



Citation (Atf): Var, A.A., Yalçındağ, A., 2021. Jeotermal kaynak sularının ahşabın hacimsel daralma ve genişleme özelliklerine karşı önleyici etkinliği. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 444-448.

DOI: [10.18182/tjf.962675](https://doi.org/10.18182/tjf.962675)

Farklı sahalarda kullanımına yönelik pek çok çalışma bulunan jeotermal enerji kaynaklarının ahşabın çalışma özelliği üzerindeki boyutsal stabilite etkinliğine yönelik çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu düşünceden hareketle, bu makalede, jeotermal kaynak sularının kızılçam odununun daralma ve genişleme (çalışma özelliği) özelliklerine karşı önleyici etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmadan beklenen sonuç, jeotermal kaynak sularının boyutsal stabilite etkisi yaparak odununun çalışma özelliğini azaltması yönündedir. Literatürdeki söz konusu bu eksiklikleri gidermeyi hedefleyen makale, ahşap teknolojisi çalışmalarına katkı sağlamak açısından önem arz etmektedir.

2. Materyal ve yöntem

Deneyel odun örnekleri, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) tomruğunun diri odun kısmından elde edilmiştir. 40 mm × 50 mm × 300 mm [Radial (R) × Tangential (T) × Longitudinal (L)] boyutlarında kesilen latalardan 20 mm × 20 mm × 30 mm mm ölçülerinde nünuneler hazırlanmıştır. Her test için, herhangi bir kusur içermeyen örneklerden tesadüfi-rastgele örnekleme yöntemiyle 10'ar adet numune seçilmiştir. Bu örnekler hava kurusu rutubete kadar kondisyonlanmış, etüvde 103±2°C'de tam kuru (fırın kurusu) rutubete kadar kurutulmuş ve desikatörde normal oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur (TS 2471, 1976). Sırasıyla, hava kurusu ve tam kuru rutubetlerdeki ölçümleri yapılan örneklerin muamele öncesi rutubet içerikleri fırın kurusu duruma getirilmiştir.

Deneyel çalışma için Çizelge 1'de verilen jeotermal enerji sahaları ve jeotermal kaynak suları seçilmiştir. Seçimde en belirleyici unsur, bunların ciddi oranda ahşap emprenye maddesi formülasyonlarına katılan B, Na, Ca, K, Mg, Cl, Al, F, S O₄, HCO₃ (Barut vd., 2013) gibi mineral tuzları içermeleri olmuştur. Bu kaynaklardan özel kaplara sıcak halde doldurulan jeotermal sular, normal çevre

koşullarında herhangi bir işlem uygulanmadan oda sıcaklığına dek soğutulmuş, laboratuvara taşınmış ve pH değeri değişmeyecek şekilde depolanmıştır.

Odun örnekleri jeotermal sular ile laboratuvar şartlarında batırma yöntemine göre muamele edilmiştir (ASTM D1413-07e1, 2007). Bunun için numuneler öncelikle jeotermal su içerisine, üzerine ağırlık bırakılarak tamamen batırılmıştır. 24 saat sonra çıkarılan numunelerin üzerindeki jeotermal su fazlalığı-kalıntısı bir kâğıt havlu yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Ardından, sırasıyla, brüt ağırlıkları ve boyutları ölçülmüştür. Daha sonra net ağırlıkları ve boyutları tekrar ölçülmeden önce, tüm numuneler etüvde 60±2°C'de tam kuru ağırlığa kadar kurutulmuş ve desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur (TS 2471, 1976). Her jeotermal su kaynağı için, bu işlemler tekrarlanmıştır.

Hacimsel çalışma özelliğini belirlemek için jeotermal kaynak suları ile muamele edilmiş ve edilmemiş odun örneklerinin hacimsel daralma ve genişleme değerleri ölçülmüştür. Bu amaçla, hacimsel daralma değerleri TS 4085 (1983)'e göre ölçülürken hacimsel genişleme değerleri TS 4086 (1983)'ya göre hesaplanmıştır. Boyuna yöndeki daralma ve genişlemeler dikkate alınmamıştır.

İstatistiksel analizlerde bilgisayar destekli istatistik programı, SPSS 20 Statistics, kullanılmıştır. Deneyel ölçümlerden edinilen tüm verilerin istatistiksel analizi %95 güvenilirlik (p≤0.05) düzeyinde varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. Gruplar (Ortalamalar) arasındaki istatistiksel karşılaştırmalarda Duncan testinden faydalanılmıştır.

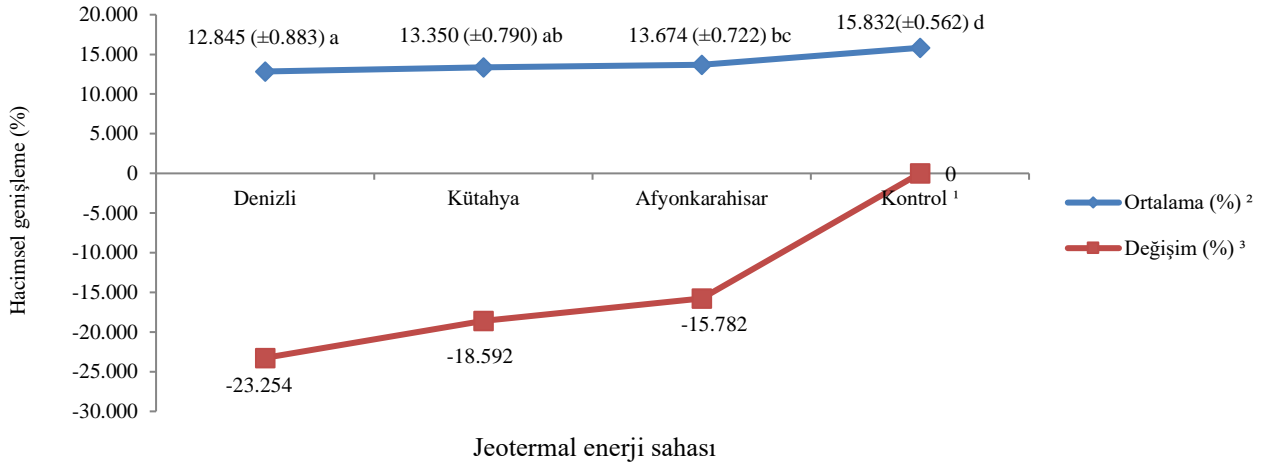
3. Bulgular ve tartışma

3.1. Hacimsel genişleme

Şekil 1 ve Çizelge 2 jeotermal kaynak suları ile muamele edilmiş ve edilmemiş kızılçam odununun hacimsel genişleme özelliğine dair sonuçları göstermektedir.

Çizelge 1. Deneyel jeotermal enerji sahaları ve jeotermal su kaynakları

Jeotermal enerji sahası	Jeotermal su kaynağı				
	Kaynak adı	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (L/Sn)	pH
Afyonkarahisar	Gazlıgöl (GZL-1)	138	66	2	7.4
	Gecek (R-260)	165	92	1.5	7.5
	Ömer (AF-23)	125	95	2.16	7.2
Denizli	Gölemezli	-	65	6	6.3
	İnaltı	-	55	3	6.4
	Tekkeköy	-	97	3	7.6
Kütahya	Eynal	220	96	3.5	8.2
	Çitgöl	101	83	2.0	7.0
	Naşa	200	64	2.0	6.6



Şekil 1. Jeotermal enerji sahasına göre kızılçam odun örneklerinin hacimsel genişleme sonuçları (¹ İşlem görmemiştir, ² Ayıraçtakiler standart sapmadır. Farklı harfle gösterilenler arasındaki fark anlamlıdır ($p \leq 0,05$), ³ Kontrolle göre hesaplanmıştır.)

Çizelge 2. Jeotermal su kaynağına göre kızılçam odun örneklerinin hacimsel genişleme sonuçları

Jeotermal su kaynağı	Ortalama (%) ²	Değişim (%) ³
Tekkeköy	12.244 (±0.739) ef	-29.304
İnaltı	12.650 (±0.553) fg	-25.154
Gölemezli	12.678 (±0.487) fg	-24.878
Çitgöl	12.907 (±0.389) fgh	-22.662
Eynal	13.406 (±0.615) ghi	-18.096
Ömer	13.614 (±0.801) ijk	-16.292
Naşa	13.993 (±0.565) ij	-13.142
Gazlıgöl	14.025 (±0.410) ij	-12.884
Gecek	14.091 (±0.613) ij	-12.355
Kontrol ¹	15.832 (±0.562) k	0

¹ İşlem görmemiştir. ² Ayıraçtakiler standart sapmadır. Farklı harfle gösterilenler arasındaki fark anlamlıdır ($p \leq 0,05$). ³ Kontrolle göre hesaplanmıştır.

Şekil 1 ve Çizelge 2 sonuçlarına göre, jeotermal kaynak suları ile işlem gören örneklerin hacimsel genişleme değerleri hem jeotermal enerji sahaları için hem de jeotermal kaynak suları için istatistiksel açıdan önemli ölçüde azalmıştır. Buna ilaveten, İnaltı ve Gölemezli muamelelerinde ölçülen hacimsel genişleme değerleri arasında önemli bir farklılık olmadığı; benzer sonuçların Naşa, Gazlıgöl ve Gecek muamelelerinde de elde edildiği ortaya çıkmıştır (Çizelge 2). Denizli jeotermal sahası için, işlem görmüş örneklerin hacimsel genişleme miktarları birbirine yakın bulunmuş, işlem görmemiş örneklerle kıyasla %23.254 oranında daha düşük bir hacimsel genişleme miktarı tespit edilmiştir (Şekil 1). Bunun anlamı; Denizli jeotermal kaynak suları odunun hacimsel genişleme özelliğini muamele edilmeyenlere göre %24.878 - %29.304 oranında daha fazla azaltmıştır. Bu oran diğer jeotermal kaynak suları için %12.355 - %22.662 arasında kalmıştır (Çizelge 2).

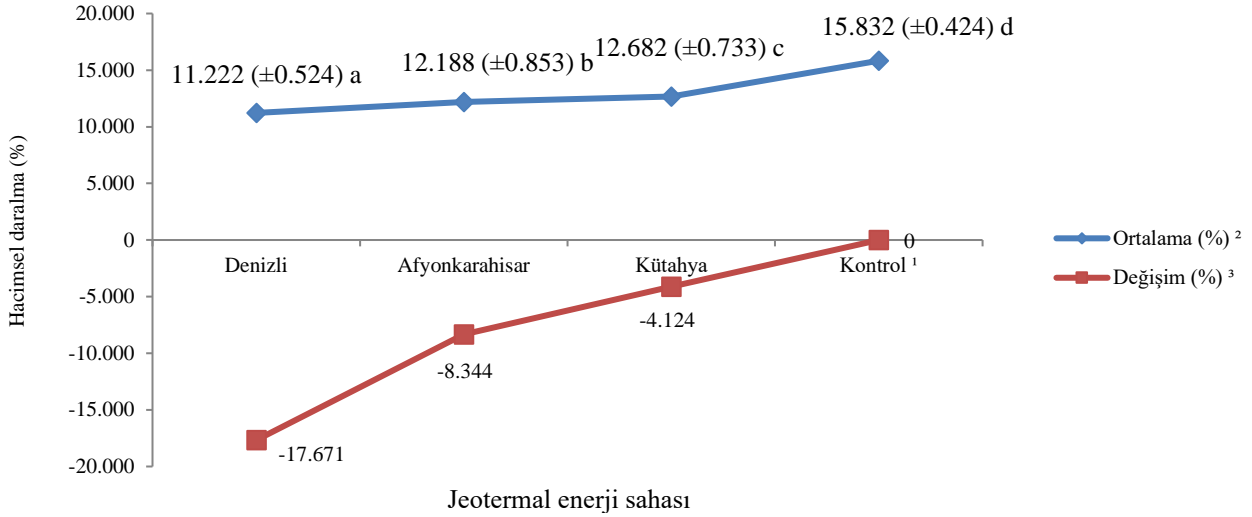
Tüm bu sonuçlar, farklı mineral maddeler içeren jeotermal kaynak suyunun odunun hacimsel genişleme

özelliğini azalttığını göstermiştir. Buna ilaveten, muhtemelen hücre çeperi çukurlarına ve gözeneklerine de giren bu mineraller toplam hacimsel genişlemeyi daha fazla bloke etmiş olabilir. Ayrıca hücre boşluklarını dolduran ve hücre çeperlerinde tabaka oluşturan jeotermik mineraller buralarda da ilaveten bir genişleme karşıtı etkiler yapmış olabilir. Bu etkiye bağlı olarak muamele görmüş örneklerin hacimsel genişlemesi muamele görmemişlere kıyasla biraz daha düşük olabilir. Diğer yandan, hacimsel genişlemenin azalması, jeotermal su kaynaklarındaki anyonik ve katyonik maddelerin/minerallerin bileşik etkisiyle de açıklanabilir. Yani; azalan hacimsel genişleme hücre çeperi yüzeylerine dağılan jeotermik maddelerin odunun hacimsel genişleme özelliğini azalttığı anlamına gelmektedir.

Çetin ve Gündüz (2016), kızılçam odun örneklerinin hacimsel genişleme değerlerinin %10.8'den %15.5'e kadar değiştiğini göstermiştir. Bu çalışmamızda ise elde edilen söz konusu değerler %12.24 - %14.09 arasında değişmiştir. Bununla beraber, Bak vd. (2019), hidrofobik SiO₂ nanopartikülleriyle işlem gören odunlar için hacimsel genişlemenin önemli ölçüde azaldığı sonucuna yer vermiştir. Ayrıca, odunda polimerleşen kimyasal maddelerin hücre çeperi yüzeyini kaplayarak pürüzlü bir tabaka oluşturduğu (Dong vd., 2015), yüzeyin serbest enerjisini azaltan bu pürüzlü tabakanın kendi su iticiliğini geliştirdiği rapor edilmiştir (Bak vd., 2019). Bu durumda Şekil 1 ve Çizelge 2'deki sonuçların literatür bulgularıyla tutarlı olduğu açıktır.

3.2. Hacimsel daralma

Şekil 2 ve Çizelge 3 jeotermal kaynak sularıyla muamele edilmiş ve edilmemiş kızılçam odun örneklerinin hacimsel daralma sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 2. Jeotermal enerji sahasına göre kızılçam odun örneklerinin hacimsel daralma sonuçları (¹ İşlem görmemiştir. ² Ayıraçtakirler standart sapmadır. Farklı harfle gösterilenler arasındaki fark anlamlıdır ($p \leq 0,05$). ³ Kontrolle göre hesaplanmıştır.)

Şekil 2 sonuçlarına göre, en küçük hacimsel daralma Denizli jeotermal enerji sahası için %11.222 olarak ölçülürken, en büyük hacimsel daralma Kütahya bölgesi için %12.682 olarak ölçülmüştür. Çizelge 3 sonuçları, hesaplanan hacimsel daralmanın Tekkeköy muamelesi için en düşük (%11.164) olurken, Naşa muamelesi için en yüksek (%13.193) olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, farklı jeotermal enerji sahaları için uygulanan jeotermal kaynak suyu muamelelerinin, odun örneklerinin hacimsel daralma davranışını etkileyerek azaltabileceği anlamına gelmektedir. Yani; odunun hacimsel daralması uygulanan jeotermal suyu işlemleri ile bir miktar düşmüştür. Diğer bir deyişle, jeotermal kaynak suyu uygulamasını takiben damıtık suda 24 saat bekletilen odunda hacimsel daralmayı önleyici performans artmıştır. Bu anlamda, en iyi sonucu, sahalar bazında Denizli jeotermal enerji sahası verirken (Şekil 2), kaynaklar bazında Tekkeköy jeotermal su kaynağı vermiştir (Çizelge 3).

Şekil 2 ve Çizelge 3'de, uygulanan jeotermal kaynak suyu işlemlerinin etkisinin bir sonucu olarak, işlem gören odun örnekleri için belli bir düzeyde hacimsel daralma azalması görülmektedir. Bu değişen hacimsel daralma, Denizli, Afyonkarahisar ve Kütahya jeotermal enerji sahaları için %4.124-%17.671 arasında iken (Şekil 2), jeotermal su kaynakları için %2.867-%18.282 arasında değişmiştir (Çizelge 3). Çizelge 3 sonuçları göstermiştir ki, en düşük hacimsel daralma miktarları Tekkeköy, İnaltı ve Gölemezli kaynaklarında gözlenmiştir. Bu azalma (değişim), işlem görmeyen kontrol örneklerine kıyasla % 17.045 ile % 18.282 oranlarında seyretmiştir. Bu bakımdan, Tekkeköy muamelesi ile İnaltı (%17.681) ve Gölemezli (%17.045) muameleleri arasında istatistiksel anlamda benzerlik gözlenmiştir. Bu benzerliği Gecek, Çitgöl ve Ömer muameleleri de göstermiştir.

Çizelge 3. Jeotermal su kaynağına göre kızılçam odun örneklerinin hacimsel daralma sonuçları

Jeotermal su kaynağı	Ortalama (%) ²	Değişim (%) ³
Tekkeköy	11.164 (±0.557) e	-18.282
İnaltı	11.221 (±0.401) e	-17.681
Gölemezli	11.282 (±0.636) e	-17.045
Gecek	11.943 (±0.382) f	-10.567
Çitgöl	12.017 (±0.500) f	-9.886
Ömer	12.187 (±0.550) f	-8.353
Gazlıgöl	12.435 (±0.491) fg	-6.192
Eynal	12.837 (±0.539) gi	-2.867
Naşa	13.193 (±0.618) i	-0.091
Kontrol ¹	13.205 (±0.424) i	0

¹ İşlem görmemiştir. ² Ayıraçtakirler standart sapmadır. Farklı harfle gösterilenler arasındaki fark anlamlıdır ($p \leq 0,05$). ³ Kontrolle göre hesaplanmıştır.

Bu sonuçlara göre azalan hacimsel daralma, değişen selülozik yapı ve yumuşayan odunsu hücrelerle ilişkili olabilir. İşlem gören odunun selülozik sistemi ve odunsu hücreleri jeotermal su buharlaştıktan sonra daha az daralabilir. Odunsu hücreler jeotermal sularla işlem sırasında yumuşayabilir. Böyle yumuşayan hücrelerin esnekliği, jeotermal suyun buharlaşmasıyla azalabilir. Fileksibilitesi azalan odunsu hücreler, daha esnek hücreleri kendine çektiği için genel bir hacimsel daralma olabilir. Bu olayın doğal bir sonucu olarak daha fazla daralma gerçekleşebilir. Birkaç çalışmada, amonyak ve türevleriyle muameleden sonra, çözücülerin hücre, lümen ve çeper sistemlerinden buharlaşırken odunsu hücrelerin yumuşaklığının azaldığı, yumuşaklığı yitiren hücrelerin daha yumuşak hücreleri kendine doğru çektiği, bunun sonunda da daralmanın daha fazla olduğu bildirilmiştir (Stamm, 1955; Pentoney, 1966; Bariska, 1975). Ayrıca bu durum (hacimsel daralma azalması), jeotermal mineral retensiyonu ile de ilişkili olabilir. Retense mineraller hücre çeperi sistemlerini tıkayabilir, bu tıkalı sistemler hacimsel daralmayı azaltabilir. Tüm bunlar, jeotermal su muamelesi gören odunun absorbe ettiği anyonik ve katyonik minerallerin odunun hacimsel daralma eğilimini kısıtladığı sonucuna götürmüştür.

Bozkurt vd. (1993), mineral maddelerle işlem gören ahşabın daralma değerinin, işlem görmeyen ahşaba göre daha düşük olduğunu kaydetmiştir. Coles ve Walker (1978), absorbe edilen minerallerin odunun su alma kapasitesini azalttığını, bu azalmanın odunun daralma önleyici performansını iyileştirdiğini rapor etmiştir. Bazı araştırmacılar jeotermal kaynak sularında da bulunan, amonyak (Coles ve Walker, 1978), sıvı amonyak (Pollisco vd., 1971) ve amonyak buharı/gazı (Stamm ve Seborg, 1936) gibi, amonyak ve türevlerinin oduna azalan bir hacimsel daralma niteliği kazandırdığını kaydetmiştir. Bu durumda, jeotermal kaynak suyu muamelesinin kızılçam odununun hacimsel daralma değerini düşürdüğünü ortaya koyan Şekil 2 ve Çizelge 3'deki bulguların literatür sonuçları ile uyumlu olduğu söylenebilir.

4. Sonuç

Jeotermal enerji kaynakları çok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Ahşap kullanımında öne çıkan önemli kriterlerden birisi de hacimsel çalışmadır (daralma-genişlemedir). Bu makalede, Ege Bölgesinden bazı jeotermal kaynak suları ile muamele edilen kızılçam odununun hacimsel daralma ve genişleme özellikleri üzerinde durulmuştur.

Bu araştırmada kullanılan tüm jeotermal enerji sahaları ve kaynak suları için, jeotermal muameleler sonunda, işlem gören odun örneklerinin hacimsel genişleme ve daralma değerleri işlem görmeyenlere kıyasla bir miktar azalmıştır. Değişen azalma önleyici etkinlik derecesi jeotermal su kaynaklarına veya bunların kimyasal/mineral içerik farklılığına bağlı olabilir.

Azalan hacimsel çalışma, jeotermal enerji sahaları bazında, genişleme ve daralma için, sırasıyla, %15.782 - %23.254 ve %4.124 - %17.671 aralığında değişmiştir. Genellikle hacimsel çalışmanın en düşük olduğu lokasyon Denizli jeotermal enerji sahası olmuştur. En düşük hacimsel daralma miktarları Tekkeköy, İnaltı ve Gölemezli kaynaklarında gözlenmiştir. Tüm sahalar dikkate alındığında, hacimsel çalışmayı azaltma noktasında, Denizli jeotermal su kaynaklarının daha uygun olduğu sonucuna varılabilir.

Tüm bunlardan, jeotermal kaynak sularıyla işlem gören odunun boyutsal stabilite etkinliğine sahip olduğu sonucu çıkarılabilir. Bu etkinlik, seçilen jeotermal su kaynaklarının, odunun hücre çeperi sistemlerine penetre ve/veya retense olabilen farklı anyonik ve katyonik mineral içermeleri ile açıklanabilir. Mineral penetrasyonu ve/veya retensiyonu hücre çeperi sistemlerini tıkamakla beraber bu sistemlerin esnekliğini de azaltabilir. Azalan esneklik, tüm hacimsel davranışı kısıtladığı için odunun boyutsal stabilitesini iyileştirebilir. Böyle minerallerin, hacimsel çalışmaya karşı, işlem görmüş odunu işlem görmemiş odundan daha etkin hale getirdiği açıktır. Kalıcı ve uzun süreli bir boyutsal stabilite etkinliği, yeterli mineral penetrasyonu ve retensiyonu ile ancak mümkün olabilir.

Kaynaklar

ASTM D1413-07e1, 2007. Standard test method for wood preservatives by laboratory soil block cultures. Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA.
Bak, M., Molnár, F., Németh, R., 2019. Improvement of dimensional stability of wood by silica nanoparticles, Wood Material Science & Engineering, 14 (1): 48-58.

Bariska, M., 1975. Collapse phenomena in beechwood during and after NH₃-impregnation. Wood Sci. and Technol., 9: 293-306. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00353479>, Erişim: 25.02.2021
Barut, İ.F., Erdoğan, N., Erol, B.B., Güneri, F.D., 2013. Evaluation from past to present hydrochemical characteristics with use of thermal mineral waters of Denizli. Istanbul Journal of Earth Sciences, 26(1): 1-24. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/763591>, Erişim: 15.01.2021.
Bozkurt, A.Y., Goker, Y., Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği Ders Notları. Istanbul Univ. Orman Fakültesi yayınları, İstanbul.
Coles R.W., Walker J.C.F., 1978. Induced shrinkage and structural reorganisation in ammonia-treated wood of Corsican pine. Wood and Fiber, 10(1): 39-57.
Çetin, F., Gündüz, G., 2016. Evaluation of research studies about physical properties of some wood species in Turkey. Journal of Bartın Faculty of Forestry, 18(2): 175-193. DOI: 10.24011/barofd.267294
Demir, S., Memiş, Ü., 2015. Hydrogeochemistry and geothermometer applications to Afyonkarahisar geothermal fields. SDU Journal of Natural and Applied Science, 19(2): 66-77. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/194064>, Erişim: 25.12.2020.
Dong, Y., Yan, Y., Zhang, S., Li, J., Wang, J., 2015. Flammability and physical-mechanical properties assesment of wood treated with furfuryl alcohol and nano-SiO₂. European J. of Wood and Wood Products, 73(4): 457-464. DOI: 10.1007/s00107-015-0896-y
TS 2471, 1976. Wood – Determination of moisture content for physical and machanical tests. TSE, Ankara.
TS 4085, 1983. Wood – Determination of volumetric shrinkage. TSE, Ankara.
TS 4086, 1983. Wood – Determination of volumetric swelling. TSE, Ankara
Lebow, S.T., 2010. Wood preservation wood handbook: Wood as an engineering material: Chapter 15. Centennial ed. General technical report FPL; GTR-190. Madison, WI: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, pp. 15.1-15.28.
Ogunjobi, K.M., Ogundibo D.E., Adetogun A.C. and Omole A.O., 2018. Variation in anisotropic shrinkage of plantation-grown *Tectona Grandis* (Linn) wood. Journal of Research in Forestry, Wildlife & Environment, 10(2): 85-90. <https://www.ajol.info/index.php/jrfwe/article/view/174799>, Erişim: 10.10.2020.
Pentoney, R.E., 1966. Liquid ammonia-solvent combinations in wood plasticization. Properties of treated wood. Ind.Eng.Chem.Prod.Res.Dev., 5(2): 105-110.
Pollisco, F.S., Skaar, C., Davidson, R.W., 1971. Some physical properties of maple wood treated with ammonia vapor. Wood Sciences, 4/2: 65-70.
Rindler, A., Vay, O., Hansmann, C., Muller, U., 2017. Dimensional stability of multi-layered wood-based panels: a review. Wood Sci. Technol., 51: 969-996. DOI: 10.1007/s00226-017-0940-7
Simsek, H., Baysal, E., Peker, H., 2010. Some mechanical properties and decay resistance of wood impregnated with environmentally-friendly borates. Construction and Building Materials 24(11): 2279-2284. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2010.04.028
Stamm, A.J., Seborg, R.M., 1936. Minimizing wood shrinkage and swelling: Treating with synthetic resin-forming materials. Ind. Eng. Chem., 28 (10): 1165-1169.
Stamm, A. J., 1955. Swelling of wood and fiberboards in liquid ammonia. Forest Products Journal, 5(6): 413-416.
Taghiyari, H.R., Kalantari, A., Ghorbani, M., Bavaneghi, F., Akhtari, M., 2015. Effects of fungal exposure on air and liquid permeability of nanosilver and nanozinc oxide-impregnated Paulownia wood. International Biodeterioration & Biodegradation, 105: 51-57. DOI: 10.1016/j.ibiod.2015.08.014.
Var, A.A., Kardeş, İ., 2017. Modulus of rupture, compression strength parallel to grain and static quality value of pine wood treated with geothermal waters from Simav region of Turkey. J. of Bartın Faculty of Forestry, 19(1): 93-101. DOI: 10.24011/barofd.295682
Xie, Y., Fu, Q., Wang, Q., Xiao, Z., Militz, H., 2013. Effects of chemical modification on the mechanical properties of wood. Eur. J. Wood Prod., 71: 401-416. DOI: 10.1007/s00107-013-06.

Doğu kayını ağaç türünün CNC ile işlenmesinde işleme yüzeylerinin ve parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ile ilişkisinin araştırılması

Oruç Aras^{a,*} , Sait Dünder Sofuoğlu^b 

Özet: Bu çalışmada, ağaç işleri ve mobilya endüstrisinde kullanılan Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ağaç türüne ait numunelerin farklı yüzeylerinin (zemin ve yan) işlenmesinde işleme parametrelerinin yüzey kalitesi üzerine etkisi incelenerek optimum işleme koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemeler 8 mm çapında iki farklı kesici kullanılarak 8000, 12000 ve 16000 dev/dk devir sayılarında 1000, 1500 ve 2000 mm /dk ilerleme hızlarında ve farklı iki işleme adımında (her işlemede 3,33 mm ile 3 adımda veya 2,5 mm kesme derinliği ile 4 adımda 10 mm derinlikte alan boşaltma) gerçekleştirilmiştir. Farklı kesitlerde elde edilen yüzeylerde iğne taramalı yöntem kullanılarak ISO 4287' ye göre R_a ve R_z pürüzlülük ölçümleri gerçekleştirilmiştir. İşleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde farklı oranlarda etkisinin olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar literatür ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde R_a için zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dk devir sayısında, 1000 mm/dk ilerleme hızında ve 3 işleme adımında 5,18 μm elde edilmiştir. Yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (R_a) değerleri 1 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dk devir sayısında, 1000 mm/dk ilerleme hızında ve 4 işleme adımında 2,84 μm elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Fagus orientalis*, Masif ahşap, İşleme, Kayın, Yüzey pürüzlülüğü

Investigation the relationship of machining surfaces and the parameters with surface roughness in machining of Oriental beech tree species with CNC

Abstract: In this study, the effect of machining parameters on the surface quality of the machining of different surfaces of the Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) tree species used in the woodworking and furniture industry was investigated and it was aimed to determine the optimum machining parameters. The experiments were carried out at two different dept of cut (depth of cut 3.33 mm or 2.5 mm per machining, total 10 mm dept of cut) by using two different 8 mm diameter cutters at 8000, 12000 and 16000 rpm at feed rates of 1000, 1500 and 2000 mm/min. Surface roughness measurements were made according to ISO 4287 by using a test device with the stylus method on the surfaces obtained in different sections. R_a and R_z roughness measurements were performed on the surfaces obtained as a result of machining. It has been observed that the machining parameters have an effect in different rates on the surface roughness and the results are evaluated by comparing with the literature. The lowest average roughness ($R_a=5,18 \mu\text{m}$) value was obtained in 3-layer processing, 1000 mm/min feed rate at 16000 rpm, cutter type 2 for measurements perpendicular to the fibers on floor surfaces. The lowest values ($R_a=2,84 \mu\text{m}$) on the side surfaces were obtained as 4-layer machining, 1000 mm/min feed rate at 16000 rpm, cutter type 1 for measurements perpendicular to the fibers.

Keywords: *Fagus orientalis*, Solid wood, Machining, Beech, Surface roughness

1. Giriş

Mobilya endüstrisinde ahşap ve ahşap türevi ürünlerin kaliteli bir yüzeye sahip olması üretim sırasında ve sonrasında talep edilen bir özelliktir. Mobilya ve ağaç işleri sektöründe kaliteyi belirleyen etkenlerin en önemlisi yüzey kalitesi olarak düşünülmektedir. Ahşap malzemenin işlenmesinde yüzey kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden bir tanesi de işleme tekniğidir (Stumbo, 1961). Yüzey kalitesi ağaç malzemenin tekstürüne ve kullanılan işleme tekniğine bağlı olarak değişmektedir (Marian ve Suchland, 1962). Ağaç malzemenin; günümüzde giderek azalan orman varlığı nedeniyle, daha verimli işlenmesi ve daha uzun süre kullanımı zorunlu olmuştur (Sofuoğlu, 2008). Ağaç malzemenin işlenme aşamalarının herhangi bir

aşamasında bozuk yüzeylerin ortaya çıkması bir sonraki aşamada ek işlemlerin yapılmasını gerektirmektedir. Yüzey kalitesi ahşap ürünlerin değerlendirilmesinde son kullanıcının kalite kriterleri içerisinde bulunmaktadır (Aykaç, 2018). Ahşap malzemeler çoğunlukla yüzey düzgünlüğünün önemli olduğu benzeri malzemelere göre daha yüksek pürüzlülük değerleri vermektedir. Ağaç malzeme uygun alet ve makinelerle işlenmelidir. İşleme şekli ve ağacın yaşıyla orantılı olarak; yüzeylerde kesici izlerinin düzenli şekilleri ile beraber, kalkık liflilik, yongalı liflilik, yonga izi ve lif ayrılması gibi istenmeyen bozuk yüzeyler meydana gelebilmektedir. Masif ağaç malzemede birleştirme yerlerinde ve yüzeylerdeki yapışma gücü, ağaç türlerindeki mekanik özellikler yüzey pürüzlülüğü ile bağlantılıdır. Pürüzlü kaplamalarda yapışma kalitesi pürüzsüz yüzeylere

✉ ^a Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya, Türkiye

^b Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü 43500 Simav/Kütahya, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): sdundar.sofuoglu@dpu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 26.08.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 15.10.2021



Citation (Atıf): Aras, O., Sofuoğlu, S.D., 2021. Doğu kayını ağaç türünün CNC ile işlenmesinde işleme yüzeylerinin ve parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ile ilişkisinin araştırılması. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 449-456. DOI: [10.18182/tjf.987276](https://doi.org/10.18182/tjf.987276)

göre daha düşüktür. Masif ağaç malzemelerdeki yüzey pürüzlülüğü aynı zamanda üst yüzey işlemlerinin kalitesini de etkilemektedir (Jakub ve Martino, 2005). Özellikle masif ağaç malzeme kaliteli ve düzgün yüzeyler elde edilmesi ve işleme özelliklerinin bilinmesi son derece önemlidir (Sofuoğlu, 2008).

Ağaç işleri ve mobilya sektöründe ağaç ve ağaç kökenli malzemelerin işlenmesinde yüzey kalitesinin her açıdan önemli bulunmaktadır ve göz önüne alınmalıdır. Ağaç malzemenin günümüz modern teknolojisi CNC ile işlenmesinde, farklı işleme yüzeylerinde en pürüzsüz yüzeyi elde etmek için, işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ile ilişkisinin araştırılmış ve optimum işleme parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada deneme materyali olarak Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ağaç türü kullanılmıştır. Numune hazırlamada kullanılan keresteler Simav'da bulunan bir kereste fabrikasından rastgele seçilerek temin edilmiştir. Kullanılan ağaç türünün hava kurusu yoğunluğu 0,70 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir.

Numunelerin işlenmesinde Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi'nde bulunan SKILLED 2040 CNC makinesinden yararlanılmıştır. Şekil 1'de çalışmada kullanılan CNC tezgahı verilmektedir.

Kesici tipi olarak HSS malzemeden üretilmiş 8 mm çapında farklı kesici kenar sayısına sahip (Z=2, Z=3) düz parmak frezeler kullanılmıştır (Şekil 2). Bu tip kesiciler genellikle cep frezeleme, kanal açma gibi işlemlerde kullanılmaktadırlar. Kesiciler Netmak isimli firmadan temin edilmiştir.

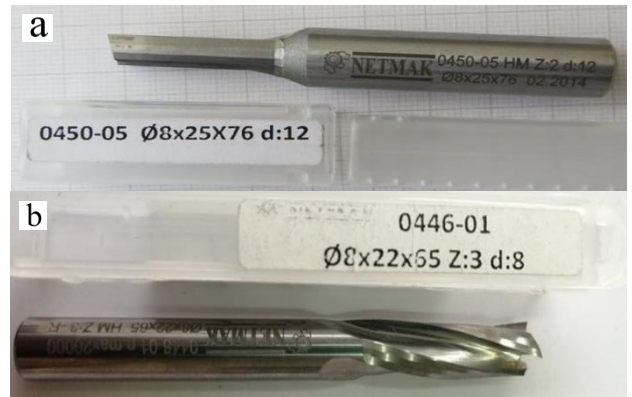
Pürüzlülük ölçümlerinde ardışık profil değişimini ölçebilen Time TR-200 dokunmalı (iğneli) pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

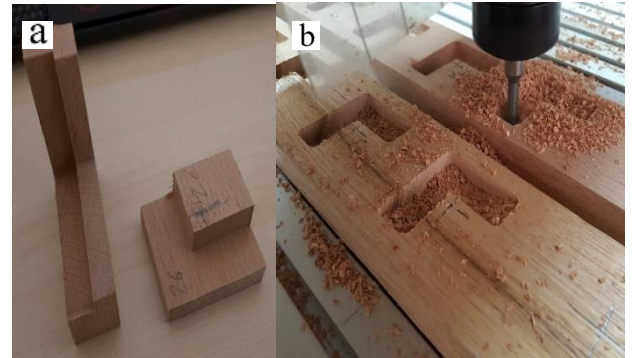
Denemeler için hazırlanan numuneler ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar (üç hafta süre ile) 20 ± 2°C sıcaklık ve %65 ± 5 nisbi rutubette klimatize edilerek rutubet miktarının %12 ± 2'ye gelmesi sağlanmıştır. CNC tezgahta işlenmek üzere ArtCAM yazılımı kullanılarak uzun kenarları 5 cm, kısa kenarları 2 cm ebatlarında, 10 mm işleme derinliğinde 36 adet L şeklinde işleme gerçekleştirmek için takım yolu oluşturulmuştur. 10 mm işleme derinliği, her bir işleme derinliği 3,33 mm olacak şekilde 3 adımda ve her bir işleme derinliği 2,5 mm olacak şekilde 4 adımda olacak şekilde iki farklı düzeyde gerçekleştirilmiştir. Deney tasarımının oluşturulmasında belirlenen işleme parametreleri ve düzeyleri Çizelge 1'de verilmektedir. Verilen işleme parametrelerine göre G kodları çıkarılmış ve CNC tezgaha aktararak zig zag takım yolu ile işleme gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 1. Skilled CNC 2040 CNC freze makinesi (Aras, 2019).



Şekil 2 a. İki ağızlı düz parmak freze (Netmak) b. Üç ağızlı spiral hassas kesim bıçağı (Netmak)



Şekil 3. a. CNC ile deney numunelerinin işlenmesi b. Numuneleri zemin ve yan yüzeylerinde kesilerek pürüzlülük ölçümü için uygun hale getirilmesi (Aras, 2019).

Çizelge 1. İşleme parametreleri, düzeyleri ve değerleri (Aras, 2019).

İşleme parametreleri	Düzyerler ve değerler
İşleme adım (katman) sayısı (10 mm kesiş derinliği elde etmek için)	3 (3,33 mm kesiş derinliği kullanılarak) 4 (2,5 mm kesiş derinliği kullanılarak)
Devir sayısı (dev/dk)	8000, 12000, 16000
İlerleme hızı (mm/dk)	1000, 1500, 2000
Kesici tipi	1, 2

Pürüzlülük ölçümlerinde ISO 4287 prensipleri uygulanmıştır. Ölçümler sonuçları ardışık profil değişimini ölçebilen Time TR-200 dokunmalı (iğneli) pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılarak numunelerin zemin yüzeylerinde ve yan yüzeylerinde liflere dik ve liflere paralel şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Ölçme adımı (cut-off) 0,8 mm alındıktan sonra numuneler ve cihaz yere paralel olacak şekilde ayarlanarak ölçme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 5'er defa tekrarlanmıştır. Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmede, genellikle ortalama pürüzlülük (R_a), on nokta yüksekliği (R_z) ve en büyük pürüzlülük R_y (R_{max}) ölçüt alınır (TS 6956, 2004). Elde edilen R_a (ortalama pürüzlülük) ve R_z (10 nokta pürüzlülüğü) değerleri cihazın LCD ekranından okunarak not edilmiştir. Ölçümler devam ederken cihazın kalibrasyonu belli aralıklarla kontrol edilmiştir.

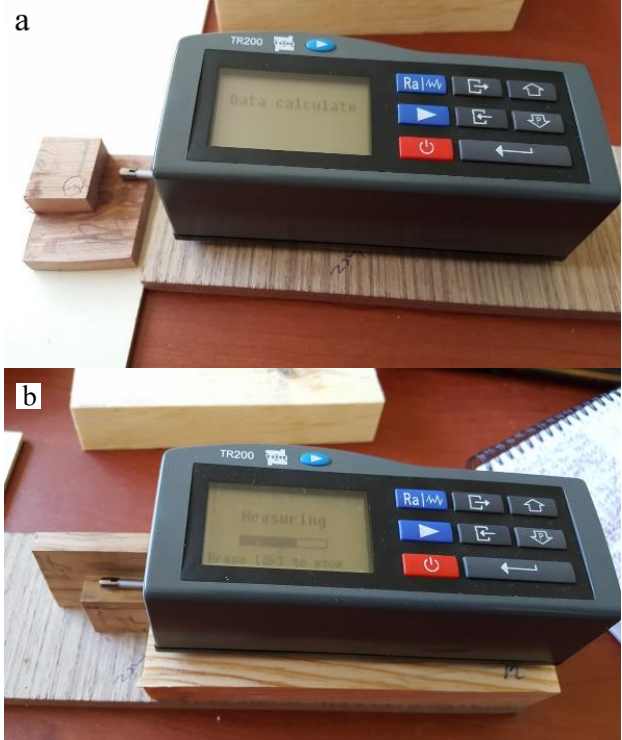
Elde edilen veriler üzerinde Minitab 19 yazılımı kullanılarak %95 güven düzeyinde varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Zemin ve yan yüzeylerde R_a ve R_z üzerinde kesici tipinin, devir sayısının, ilerleme hızının ve işleme adım sayısının etkisini belirlemek amacıyla yapılan denemelerde elde edilen değerler istatistiksel metotlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Çizelge 2'de elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri (R_a , ortalama pürüzlülük değeri ve R_z , 10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri) verilmektedir.

Zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde yüzey pürüzlülük parametreleri için varyans analizi sonuçları Çizelge 3'de verilmektedir.

Çizelge 3'e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tüm faktörler (kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı, işleme katman (adım) için $P > 0,05$ olduğundan istatistiki açıdan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 5'de ise zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (R_a) için ana etki grafiği verilmektedir.



Şekil 4. Zemin (a) ve yan yüzeylerin (b) pürüzlülük değerlerinin belirlenmesi

Çizelge 2. Liflere dik ve paralel yapılan ölçümlerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerine ait ortalamalar (Aras, 2019)

Kesici tipi	Devir sayısı (dev/dk)	İlerleme hızı (mm/dk)	İşleme adım sayısı	Zemin yüzey				Yan yüzey			
				Liflere dik		Liflere paralel		Liflere dik		Liflere paralel	
				R_a (μm)	R_z (μm)	R_a (μm)	R_z (μm)	R_a (μm)	R_z (μm)	R_a (μm)	R_z (μm)
1	8000	1000	3	6,19	36,44	4,09	20,89	3,24	21,53	2,81	15,29
1	8000	1000	4	5,22	31,85	3,37	16,19	4,00	24,16	2,63	13,78
1	8000	1500	3	5,49	32,17	4,46	24,26	3,53	19,13	1,91	9,62
1	8000	1500	4	5,98	38,21	3,05	16,56	4,92	26,32	2,83	15,94
1	8000	2000	3	6,73	38,29	4,75	24,89	3,83	25,07	2,61	16,27
1	8000	2000	4	5,55	31,25	3,91	19,61	3,78	21,58	1,84	9,63
1	12000	1000	3	4,35	30,28	2,61	15,93	2,75	17,09	2,46	11,55
1	12000	1000	4	5,05	32,23	2,89	15,06	2,10	13,26	3,12	17,45
1	12000	1500	3	5,46	33,55	3,34	17,92	3,18	21,11	1,91	15,02
1	12000	1500	4	5,97	35,15	3,79	20,48	2,82	18,65	3,19	17,21
1	12000	2000	3	5,14	27,82	3,62	19,30	4,27	25,43	2,23	11,92
1	12000	2000	4	5,68	33,31	3,36	17,92	2,35	12,78	2,55	12,54
1	16000	1000	3	2,84	19,29	3,14	17,90	2,63	17,21	2,56	12,37
1	16000	1000	4	4,81	29,57	2,49	13,58	2,84	19,48	1,45	7,77
1	16000	1500	3	6,32	34,45	4,11	22,30	2,78	18,30	2,72	14,89
1	16000	1500	4	5,46	32,73	4,53	27,47	3,35	24,47	2,54	13,56
1	16000	2000	3	3,67	25,95	3,41	18,78	2,37	15,58	2,82	15,20
1	16000	2000	4	5,23	31,18	4,71	24,29	2,67	18,99	2,78	16,29
2	8000	1000	3	6,62	36,81	3,27	18,10	3,02	16,77	2,14	12,10
2	8000	1000	4	4,28	27,64	2,70	15,06	3,75	21,07	1,71	11,21
2	8000	1500	3	5,69	33,73	3,22	16,19	5,14	33,21	2,60	13,45
2	8000	1500	4	4,27	27,09	4,94	27,21	2,98	17,81	2,20	13,15

Çizelge 2. devamı

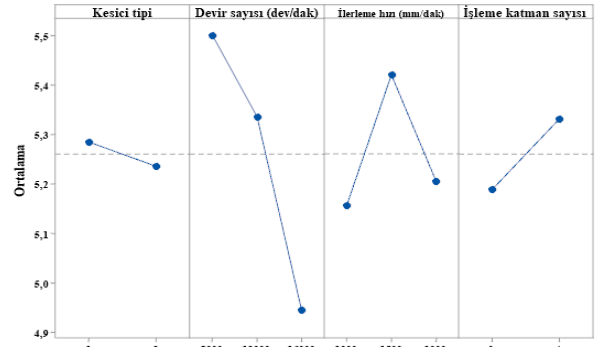
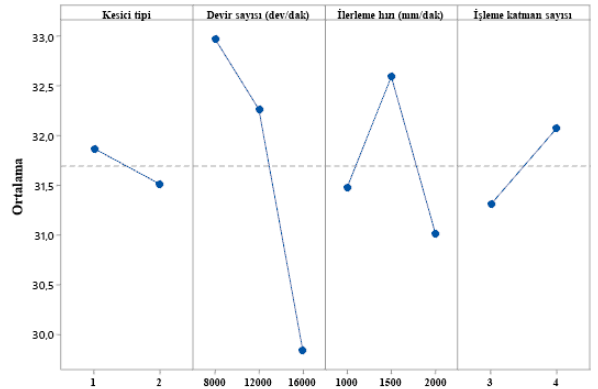
Kesici tipi	Devir sayısı (dev/dk)	İlerleme hızı (mm/dk)	İşleme adım sayısı	Zemin yüzey				Yan yüzey			
				Liflere dik		Liflere paralel		Liflere dik		Liflere paralel	
				Ra (µm)	Rz (µm)	Ra (µm)	Rz (µm)	Ra (µm)	Rz (µm)	Ra (µm)	Rz (µm)
2	8000	2000	3	4,11	26,97	5,02	24,86	3,49	19,68	2,38	12,80
2	8000	2000	4	5,90	35,26	3,26	17,90	3,02	18,28	1,39	7,77
2	12000	1000	3	5,18	32,55	3,88	22,74	4,62	29,11	2,62	11,05
2	12000	1000	4	6,57	37,27	5,29	25,61	3,49	22,61	2,35	13,33
2	12000	1500	3	5,38	33,91	3,85	21,67	4,89	29,37	2,44	14,03
2	12000	1500	4	6,49	38,20	4,57	26,71	2,23	15,22	2,01	10,29
2	12000	2000	3	4,67	27,28	3,48	19,37	4,28	28,17	1,53	8,12
2	12000	2000	4	4,11	25,64	2,72	16,06	3,93	22,13	2,08	10,63
2	16000	1000	3	5,18	32,94	2,54	18,79	1,84	11,00	2,38	16,29
2	16000	1000	4	5,58	30,83	3,75	19,87	2,57	15,56	1,70	9,89
2	16000	1500	3	4,81	28,67	3,62	18,62	2,64	15,42	1,34	7,32
2	16000	1500	4	3,74	23,27	2,82	15,55	3,37	20,69	1,31	9,74
2	16000	2000	3	5,60	32,47	4,15	28,11	3,43	21,35	2,16	13,32
2	16000	2000	4	6,08	36,69	3,02	16,43	1,88	11,14	1,87	10,82

Çizelge 3. Zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde yüzey pürüzlülük parametreleri (Ra ve Rz) için varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	Ra				Rz			
		Kareler toplamı	Ortalama kareler	F	P	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F	P
Kesici tipi	1	0,0217	0,02169	0,02	0,878	1,152	1,152	0,06	0,816
Devir sayısı (dev/dk)	2	1,9742	0,98711	1,08	0,352	65,018	32,509	1,56	0,227
İlerleme hızı (mm/dk)	2	0,4761	0,23807	0,26	0,772	15,946	7,973	0,38	0,685
İşleme katman sayısı	1	0,1837	0,18372	0,20	0,657	5,291	5,291	0,25	0,618
Hata	29	26,4255	0,91122			603,307	20,804		
Toplam	35	29,0813				690,716			

Şekil 5'deki ana etki grafiğine göre zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde; 2 no'lu kesici ile işlenen yüzeylerde daha düşük pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Devir sayısı 8000 dev/dk'dan 16000 dev/dk'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiştir. Dönerek işleyen kesicilerde devir sayısının artması ile birlikte pürüzlülük değerlerinde düşme meydana gelmekte ve daha düzgün yüzeyler elde edilebilmektedir (Davim, vd., 2009; Karagöz, 2010; Sütçü ve Karagöz, 2012; Sofuoğlu, 2015a; Sofuoğlu, 2015b; Koç, vd., 2017; Hazır, vd., 2018; Aykaç ve Sofuoğlu, 2021; Tosun, 2021). Genel olarak değerlendirildiğinde çalışmada elde edilen değerlerin çoğunlukla literatür ile benzer eğilimler gösterdiği görülmektedir. Kesicilerin malzeme yüzeyinde birim mesafedeki kesici izi sayısı ne kadar yüksekse o kadar düzgün yüzeyler elde edilebilmektedir (Malakoğlu ve Özdemir, 2006; Sofuoğlu, 2008; Sofuoğlu ve Kurtoğlu, 2014). 1000 mm/dk ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500'e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1500 mm/dk'da elde edilmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dk'ya çıkarıldığında ise yüzey pürüzlülük değeri tekrardan düşmüş ancak en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dk'da elde edilmiştir. En düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dk devir sayısında, 1000 mm/dk ilerleme hızında ve 3 işleme adım (katman) sayısında $Ra=5,18$ µm ve $Rz=32,94$ µm elde edilmiştir. Devir sayısı eğrisinin konumu dikkate alındığında diğerlerinden daha etkin olduğu söylenebilir. En az etkiye sahip olan parametre ise kesici tipi olarak görülmektedir.

Şekil 6'da ise zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde Rz için ana etki grafiği görülmektedir.

Şekil 5. Zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme adım (katman) sayısının Ra üzerine etkisi.Şekil 6. Zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman (adım) sayısının Rz üzerine etkisi.

En düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dk devir sayısında, 2000 mm/dk ilerleme hızında ve 3 işleme adım sayısında elde edilmiştir. R_a için en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dk ilerleme hızında elde edilirken, R_z de bu değer 2000 mm/dk da meydana gelmiştir.

Zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde yüzey pürüzlülük parametreleri için varyans analizi sonuçları Çizelge 4'de verilmektedir.

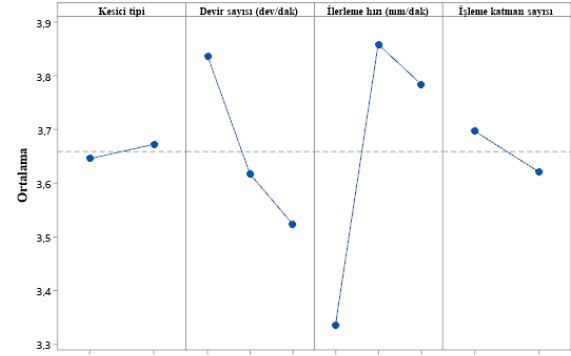
Çizelge 4'e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre tüm faktörler için $P > 0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 7'de ise zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (R_a) için ana etki grafiği görülmektedir.

Şekil 7'deki zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde R_a için ana etki grafiği incelendiğinde; 1 no'lu kesici ile işlemede az da olsa daha pürüzsüz yüzeyler elde edildiği görülmektedir. Devir sayısı 8000 dev/dk'dan 16000 dev/dk'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dk ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500'e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1500 mm/dk'da elde edilmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dk'ya çıkarıldığında ise yüzey pürüzlülük değeri tekrardan düşmüş ancak en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dk ilerleme hızında meydana gelmiştir. En düşük R_a 1 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dk devir sayısında, 1000 mm/dk ilerleme hızında ve 4 işleme adım sayısında $R_a=2,49 \mu\text{m}$ ve $R_z=13,58 \mu\text{m}$ elde edilmiştir.

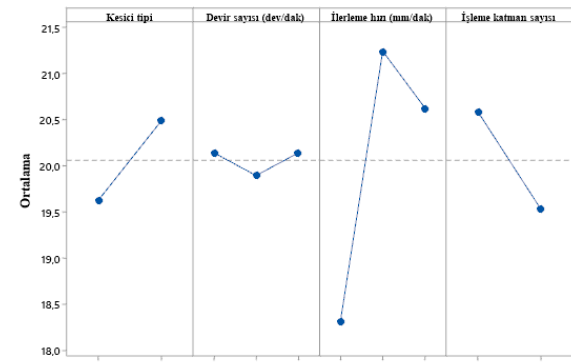
Şekil 8'deki zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde R_z için ana etki grafiği incelendiğinde, 1 no'lu kesici tipinin daha düşük pürüzlülük değerleri verdiği görülmektedir. Devir sayısı 8000 dev/dk'dan 12000 dev/dk'ya arttıkça R_z değerinde bir düşme, 16000 dev/dk'ya arttıkça R_z değerinde artma meydana gelmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dk ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500'e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1500 mm/dk'da meydana gelmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dk'ya çıkarıldığında ise yüzey pürüzlülük değeri tekrardan düşme meydana gelse de en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dk'da elde edilmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde en düşük R_z değerleri 1 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dk devir sayısında, 1000 mm/dk ilerleme hızında ve 4 işleme adım sayısında elde edilmiştir.

Yan yüzeylerde liflere dik yapılan ölçümlerde yüzey pürüzlülük parametreleri için varyans analizi sonuçları Çizelge 5'de verilmektedir.



Şekil 7. Zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman (adım) sayısının R_a üzerine etkisi.



Şekil 8. Zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman (adım) sayısının R_z üzerine etkisi.

Çizelge 4. Zemin yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde yüzey pürüzlülük parametreleri için varyans analizi sonuçları.

Kaynak	R_a					R_z				
	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F	P	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F	P	
Kesici tipi	1	0,0065	0,006454	0,01	0,919	6,689	6,6891	0,39	0,538	
Devir sayısı (dev/dk)	2	0,6165	0,308238	0,51	0,608	0,479	0,2397	0,01	0,986	
İlerleme hızı (mm/dk)	2	1,9300	0,965010	1,59	0,222	57,475	28,7377	1,67	0,205	
İşleme katman sayısı	1	0,0519	0,051899	0,09	0,772	10,066	10,0658	0,59	0,450	
Hata	29	17,6379	0,608202			498,344	17,1843			
Toplam	35	20,2427				573,054				

Çizelge 5. Yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde yüzey pürüzlülük parametreleri için varyans analizi sonuçları

Kaynak	R_a					R_z				
	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F	P	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F	P	
Kesici tipi	1	0,2764	0,2764	0,48	0,492	1,982	1,982	0,08	0,778	
Devir sayısı (dev/dk)	2	6,6294	3,3147	5,80	0,008	145,959	72,980	2,98	0,067	
İlerleme hızı (mm/dk)	2	1,0360	0,5180	0,91	0,415	40,529	20,265	0,83	0,447	
İşleme adım sayısı	1	0,9603	0,9603	1,68	0,205	45,211	45,211	1,84	0,185	
Hata	29	16,5654	0,5712			710,698	24,507			
Toplam	35	25,4675				944,380				

Çizelge 5'e göre %95 güven düzeyinde yapılan varyans analiz sonuçlarına göre R_a değerinde devir sayısı için $p=0,008<0,05$ olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır. R_a ve R_z için diğer tüm faktörler $P>0,05$ olduğundan anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Şekil 10'da ise yan yüzeylerde dik yapılan ölçümlerde R_a için ana etki grafiği görülmektedir.

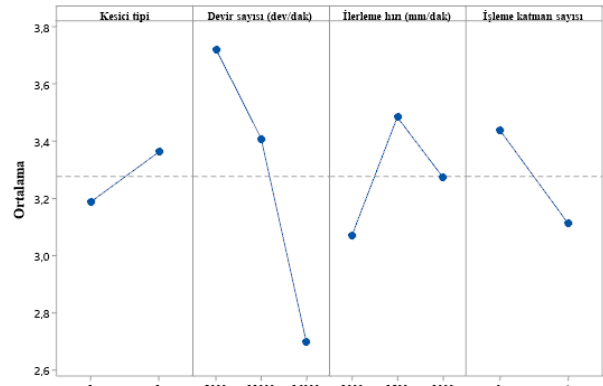
Şekil 9'daki yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ana etki grafiğine göre; 1 no' lu kesici daha düşük R_a değeri vermektedir. Devir sayısı 8000 dev/dk'dan 16000 dev/dk'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiştir. 1000 mm/dk ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500'e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1500 mm/dk'da elde edilmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dk'ya çıkarıldığında ise yüzey pürüzlülük değeri tekrardan düşmüş ancak en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dk'da meydana gelmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 1 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dk devir sayısında, 1000 mm/dk ilerleme hızında ve 4 işleme adım sayısında $R_a=2,84 \mu\text{m}$ ve $R_z=19,48 \mu\text{m}$ elde edilmiştir.

Şekil 10'da ise yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde R_z için ana etki grafiği görülmektedir.

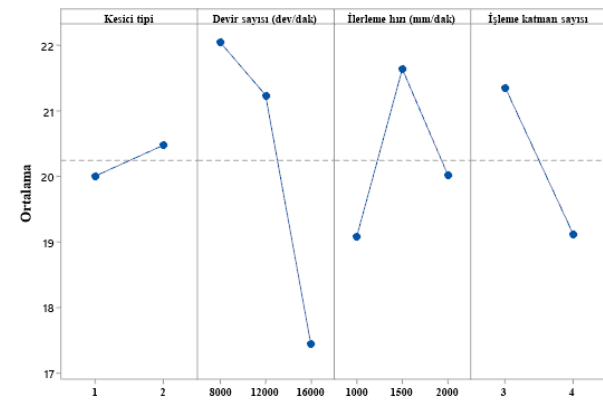
Şekil 10'daki yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde R_z için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 8000 dev/dk'dan 16000 dev/dk'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiştir. 8000 dev/dk'dan 12000 dev/dk'ya düşüş az bir miktar iken 12000 dev/dk'dan 16000 dev/dk'ya olan düşme yüksek bulunmuştur. 1000 mm/dk ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500'e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1500 mm/dk'da elde edilmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dk'ya çıkarıldığında ise yüzey pürüzlülük değeri tekrardan düşmüş ancak en düşük pürüzlülük değeri 1000 mm/dk'da olarak tespit edilmiştir. En düşük pürüzlülük değerleri 1 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dk devir sayısında, 1000 mm/dk ilerleme hızında ve 4 işleme adım sayısında elde edilmiştir.

%95 güven düzeyinde yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kesici tipi için $p=0,004<0,05$ olduğundan R_a ve R_z için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır. Liflere dik ve liflere paralel ölçümlerdeki %95 güven düzeyindeki anlamlılık farkının odunun anatomik

yapısının etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer tüm faktörler (devir sayısı, ilerleme hızı, işleme adım sayısı) için $p>0,05$ olduğundan istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 6).



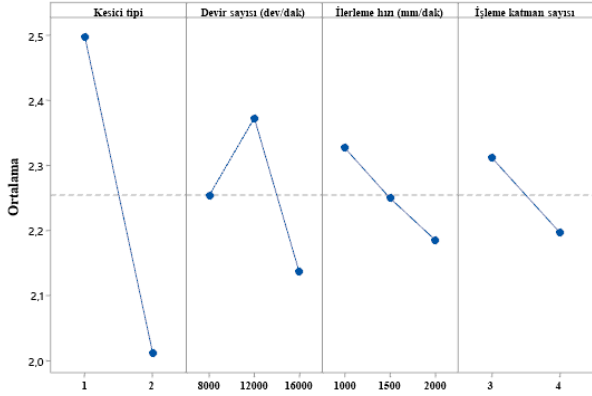
Şekil 9. Yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman (adım) sayısının R_a üzerine etkisi.



Şekil 10. Yan yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman (adım) sayısının R_z üzerine etkisi.

Çizelge 6. Yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde yüzey pürüzlülük parametreleri (R_a ve R_z) için varyans analizi sonuçları

Kaynak	Serbestlik derecesi	R_a				R_z			
		Kareler toplamı	Ortalama kareler	F	P	Kareler toplamı	Ortalama kareler	F	P
Kesici tipi	1	2,1359	2,13588	10,02	0,004	46,615	46,6148	6,14	0,019
Devir sayısı (dev/dk)	2	0,3368	0,16842	0,79	0,463	1,376	0,6882	0,09	0,914
İlerleme hızı (mm/dk)	2	0,1213	0,06065	0,28	0,754	3,602	1,8012	0,24	0,790
İşleme adım sayısı	1	0,1190	0,11896	0,56	0,461	2,567	2,5666	0,34	0,565
Hata	29	6,1833	0,21322			220,163	7,5918		
Toplam	35	8,8963				274,323			



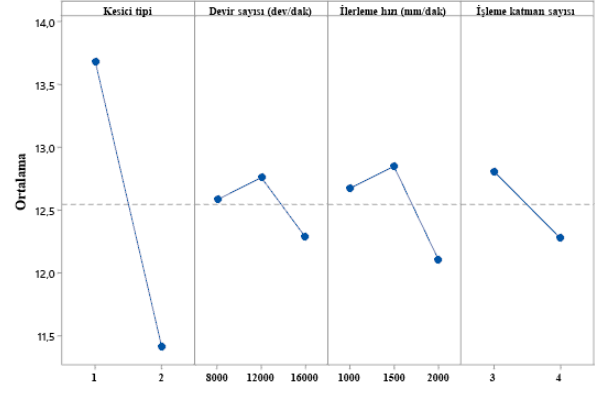
Şekil 11. Yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman (adım) sayısının R_a üzerine etkisi.

Şekil 11'deki ana etki grafiğinde yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde 2 no'lu kesici ile yapılan işlemlerde daha düşük R_a değerleri edilmiştir. Devir sayısı 8000 dev/dk'dan 12000 dev/dk'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. Devir sayısının 16000 dev/dk'ya çıkması ile en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dk ilerleme hızında en yüksek pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500' mm/dk'ya çıkması ile pürüzlülük değerinde düşüş meydana gelmiş ve en düşük pürüzlülük değeri 2000 mm/dk'da elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dk devir sayısında, 2000 mm/dk ilerleme hızında ve 4 işleme adım sayısında $R_a=1,87 \mu m$ ve $R_z=10,82 \mu m$ elde edilmiştir.

Şekil 12'deki yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde R_z için ana etki grafiği incelendiğinde 2 nolu kesici en düşük R_z değerini vermiştir. Devir sayısı 8000 dev/dk'dan 12000 dev/dk'ya arttıkça R_z değerinde artış meydana gelmiştir. Devir sayısının 16000 dev/dk'ya çıkması ile en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1000 mm/dk'dan 1500 mm/dk'ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. İlerleme hızı 2000 mm/dk'ya arttığında ise en düşük pürüzlülük değeri elde edilmiştir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 16000 dev/dk devir sayısında, 2000 mm/dk ilerleme hızında ve 4 işleme adım sayısında elde edilmiştir.

Düzensiz yüzeyler makinanın stabil olması, titreşimlerin engellenmesi vb. faktörlerin sabit tutulmasıyla birlikte ilerleme hızının düşürülmesi, devir sayısı ve bıçaktaki kesici sayısının artırılması ile mümkün olabilmektedir. Yan yüzeylerin işlenmesinde daha fazla gözlemlenebilmektedir. Literatürde de ağaç ve ağaç kökenli malzemelerin işlenmesinde ilerleme hızı arttıkça genel bir eğilim olarak pürüzlülük değerlerinde artış meydana geldiği araştırma sonuçlarında belirtilmektedir (İlter, vd., 2002; Davim, vd., 2009; Karagöz, 2010; Sütçü ve Karagöz, 2012; Koç, vd., 2017; Bal, 2018; Bal ve Akçakaya, 2018; Hazir, vd., 2018; Pinkowski, vd., 2018; İşleyen ve Karamanoğlu, 2019; Aykaç ve Sofuoğlu, 2021).

Şekil 12'de ise yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde R_z için ana etki grafiği görülmektedir.



Şekil 12. Yan yüzeyde liflere paralel yapılan ölçümlerde kesici tipi, devir sayısı, ilerleme hızı ve işleme katman (adım) sayısının R_z üzerine etkisi.

4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ağaç türünden hazırlanan test örneklerinin optimum işleme koşullarını belirlemek amacıyla, CNC makinesinde çeşitli parametreler değiştirilerek işleme gerçekleştirilmiş ve elde edilen yüzeylerin yüzey kalitesi yüzey pürüzlülüğü göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde;

- Belirli sınırlar arasında devir sayısı arttıkça pürüzlülük değerlerinde azalma meydana gelmektedir.
- Bir derin kesiş yerine iki sığ kesişin daha düzgün yüzey vereceği görülmektedir. Yüzey kalitesinin önemli olduğu durumlarda derin kesişlerden kaçınılmalıdır.
- Kesici devir sayısındaki artış belli bir yere kadar pürüzlülük değerinde iyileşme gösterirken daha fazla artması pürüzlü yüzeyler oluşturmuştur. Yüzey kalitesi için en uygun devir sayısını tespit ederek o devir sayısında kesiciyi gerçekleştirmek hem yüzey kalitesini arttıracak hem de kesicinin daha uzun süre keskin kalmasını sağlayacaktır.
- Kesici ilerleme hızı arttıkça pürüzlülükte paralel olarak artış göstermiştir. Daha düşük ilerleme hızlarında daha düzgün, pürüzsüz yüzeyler elde edilebilecektir. Ancak bu durum işleme süresini arttıracak ve süre açısından olumsuz bir durum oluşmasına yol açacaktır. Bu durumda hem kesiş süresi hem de ilerleme hızı değerlendirilerek optimum noktada kesiş sağlanmalıdır.
- Pürüzlülük değerlerinin minimum olarak elde edilmesi için elde edilen veriler değerlendirilerek optimum noktada işleme gerçekleştirilmelidir.
- Belirli sınırlar içinde kesicilerdeki bıçak sayısının artırılması işlenen yüzey kalitesini arttıracaktır.

Açıklama

Bu makale, Oruç ARAS isimli yazarın "CNC frezeleme operasyonlarında, farklı ahşap kesitlerinde işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkinin araştırılması" başlıklı yüksek lisans tezi baz alınarak hazırlanmıştır

Kaynaklar

- Aras, O., 2019. CNC frezeleme operasyonlarında, farklı ahşap kesitlerinde işleme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Aykaç, E., 2018. Bambu'da işleme parametrelerinin yüzey kalitesi üzerine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Aykac, E., Sofuoğlu, S.D., 2021. Investigation of the effect of machining parameters on surface quality in Bamboo. *Tehnicky Vjesnik-Technical Gazette*, 28(2): 684-689.
- Bal, B.C., 2018. CNC makinelerinin bazı ayarlarının parça işleme süresi ve lif levhanın yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(1): 21-30.
- Bal, B.C., Akçakaya, E., 2018. The effects of step over, feed rate and finish depth on the surface roughness of fiberboard processed with CNC machine. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(2): 86-93.
- Davim, J.P., Clemente, V.C., Silva, S., 2009. Surface roughness aspects in milling MDF (Medium Density Fibreboard). *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 40(1-2): 49-55.
- Hazır, E., Erdinler, E. S., Koc, K. H., 2018. Optimization of CNC cutting parameters using design of experiment (DOE) and desirability function. *Journal of Forestry Research*, 29(5): 1423-1434.
- İlter, E., Çamlıyurt, C., Balkız, O.D., 2002. Researches of the determination of the surface roughness values of bornmullerian fir (*Abies bornmülleriana* Mattf.). Central Anatolia Forestry Research Institute, Ankara, Turkey.
- İşleyen, Ü. K., Karamanoğlu, M., 2019. The influence of machining parameters on surface roughness of MDF in milling operation. *BioResources*, 14(2): 3266-3277.
- Jakub, S., Martino, N., 2005. Wood surface roughness-What is it, Rosenheim Workshop, September, Boku University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria.
- Karagöz, Ü., 2010. Ahşap malzemenin CNC ile işlenmesinde yüzey kalitesini etkileyen işleme parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Koç, K.H., Erdinler, E.S., Hazır, E., Öztürk, E., 2017. Effect of CNC application parameters on wooden surface quality. *Measurement*, 107:12-18,
- Malkoçoğlu, A., Özdemir, T. 2006. The machining properties of some hardwoods and softwoods naturally grown in Eastern Black Sea Region of Turkey. *Journal of Materials Processing Technology*, 173(3): 315-320.
- Marian, J.E., Suchland, O., 1962. Surface texture measurement theories, methods, applications, *Forest Product Journal*, 13: 303.
- Pinkowski, G., Szymański, W., Krauss, A., Stefanowski, S., 2018. Effect of sharpness angle and feeding speed on the surface roughness during milling of various wood species. *BioResources*, 13(3): 6952-6962.
- Sofuoğlu, S.D., 2008. Bazı yerli ağaç türü odunlarının işleme özelliklerinden yüzey kalitesi üzerine etkileri, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sofuoğlu, S.D., 2015a. Determination of optimal machining parameters of massive wooden edge-glued panels made of European larch (*Larix decidua* Mill.) using Taguchi design method. *BioResources*, 10(4): 6797-6808.
- Sofuoğlu, S.D., 2015b. Using artificial neural networks to model the surface roughness of massive wooden edge-glued panels made of scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) in a machining process with computer numerical control, *BioResources*, 10(4): 6797-6808.
- Sofuoğlu, S.D., Kurtoğlu, A., 2014. Some machining properties of 4 wood species grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(3): 420-427.
- Stumbo, D.A., 1961. Surface texture measurements for quality and production control, *Forest Products Journal*, 10 (12): 122-124.
- Sütçü, A., Karagöz, Ü., 2012. Effect of machining parameters on surface quality after face milling of MDF, *Wood Research*, 57 (2): 231-240.
- Tosun, M., 2021. Termo-mekanik yoğunlaştırmanın masif ağaç malzemenin işleme özellikleri üzerine etkisi, Yüksek lisans tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya.
- TS 6956 EN ISO 4287, 2004. Geometrik mamul özellikleri (GMÖ)-Yüzey yapısı: profil metodu terimler, tarifler ve yüzey yapısı parametreleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Instructions for authors

Manuscript should be prepared in A4 page size, with Times New Roman font and 12 pt font size, as plain text. Unless necessary, no special formatting should be used. Page and line numbers should be included into the manuscript. Please check out the explanations below for other details.

Cover page: Cover page should include title of the manuscript, names and contact information of the authors.

Title and abstract (Turkish and English): Abstract should not exceed 250 words, and briefly explains rationale, goals, methods, results and recommendations of the study. Keywords with 3-6 words should be included at the end of the abstract.

Main text: Main body of the manuscript should be written in single line spacing, and it should not exceed a total of 15 pages including tables and figures. Headings should be numbered as follows: 1., 1.1., 1.1.1.

Footnotes: Use of footnotes within the text should be avoided as much as possible. If necessary, it can be used below tables and figures.

Symbols and abbreviations: Unit symbols should comply with The International System of Units. Abbreviations should be explained briefly within a parenthesis where it appears first.

References: In the text, literature should be given with the last name of the author and year of the publication (For example: Oliver et al., 1996; Geray, 1998). At the end of the paper, references should be ordered first alphabetically and then chronologically. If there is more than one paper from the same author for a given year, these references should be identified by the letters a, b, c..., after the year of publication (For example: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). See Appendix 1 for details on references.

Tables and figures: All tables and figures (graphs, photographs, maps etc.) should be numbered in the order of their citation in the text. Titles of the tables should be located above, and titles of the figures should be located below the related table or figure. Tables and figures should be simple, and their text, number and symbol components should be easily visible and understandable. Figures should be prepared in at least 300 dpi resolution and 8.15 or 17 cm width. Characters within the figures should be in Times New Roman font type and 8 pt font size.

Submission of a manuscript: All review and publishing processes are carried out online in [DergiPark Akademik](#). Authors should first "[register](#)" and "[login](#)" to the system and then upload their manuscript with a "[cover letter and copyright transfer form](#)".

Yazar rehberi

Makale A4 sayfa boyutunda, 12 punto Times New Roman yazı tipinde ve düz metin şeklinde hazırlanmalıdır. Zorunlu olmadıkça hiçbir özel format kullanılmamalıdır. Makaleye sayfa ve satır numarası eklenmelidir. Diğer hususlar için lütfen aşağıdaki açıklamalara bakınız.

Kapak sayfası: Kapak sayfasında sırasıyla makale başlığı, yazar adı soyadı, yazar iletişim bilgileri yer almalıdır.

Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce): Özet, 250 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalı, kısaca araştırmanın gerekçesini, amaçlarını, uygulanan yöntemi, sonuç ve önerileri içermelidir. Özet sonuna 3-6 kelimedenden oluşan anahtar kelimeler eklenmelidir.

Ana metin: Makale ana metni tek satır aralıklı olarak yazılmalı, çizelge ve şekillerle birlikte toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Konu başlıkları 1., 1.1., 1.1.1., şeklinde numaralandırılmalıdır.

Dipnotlar: Metin içerisinde dipnotlardan olabildiğince kaçınılmalıdır. Çizelge ve şekillerde ise gerekli olması halinde ilgili objenin altında kullanılabilir.

Semboller ve kısaltmalar: Birim sembolleri Uluslararası Birimler Sistemine (The International System of Units; SI) uygun olmalıdır. Kısaltmalar ise metin içerisinde ilk geçtiği yerde parantez içinde açıklanmalıdır.

Kaynaklar: Metin içinde geçen kaynaklar yazarların soyadları ve yayın yılı ile birlikte verilmelidir (Örnek: Oliver vd., 1996; Geray, 1998). Metin sonundaki kaynaklar önce alfabetik sonra kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır. Bir yazarın aynı yılda birden fazla yayınına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayın yılından sonra gelecek a, b, c... harfleriyle ayrılmalıdır (Örnek: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). Kaynaklar hakkında detaylar için Ek 1'e bakınız.

Çizelgeler ve şekiller: Bütün çizelge ve şekiller (grafik, fotoğraf, harita vb.) metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalıdır. Çizelgelerin üzerinde ve şekillerin altında başlıkları yer almalıdır. Çizelge ve şekiller mümkün olduğu kadar sade olmalı, içerilerindeki metin, rakam, sembol vb. unsurlar net olarak görünür ve anlaşılabilir olmalıdır. Şekiller en az 300 dpi çözünürlüğünde ve 8.15 ya da 17 cm genişliğinde hazırlanmalıdır. Şekillerde kullanılan karakterler Times New Roman yazı tipinde ve 8 punto büyüklüğünde olmalıdır.

Makalenin gönderilmesi: Dergimizin tüm hakemlik ve yayıncılık faaliyetleri online olarak [DergiPark Akademik](#) üzerinden yürütülmektedir. Yazarların öncelikle dergimize "[kayıt](#)" olup sisteme "[giris](#)" yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte "[üst yazı ve telif devir](#)" formunu sisteme yüklemelidirler.

Appendix 1. References

In accordance with generally accepted principles; author, publication year, title, publisher, page numbers and other appropriate information should be given for each reference.

Electronic references: Ordinary internet sites sources with limited credibility and permanence should not be used as an electronic reference. If a publication exists in both print and electronic versions, the print version should be preferred as a reference.

If used, electronic sources should be treated as printed sources; author, year of publication, title of the article or web page, publisher's name and place should be given. DOI numbers should be included at the end if an online-only publication is used as reference.

Periyodik dergilerde makale / Article in periodical journals

Binkley, D., Stape, J.L., Ryan, M.G., 2004. Thinking about efficiency of resource use in forests. *Forest Ecology and Management*, 193: 5-16.

Acar, H.H., Ünver, S., 2012. Tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) yönteminde iş verimliliği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2): 97-102.

Kitap / Book

Boydak, M., Çalıköğlü, M., 2008. Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich) Biyolojisi ve Silvikültürü. Ormancılık Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Lazer Ofset Matbaası, Ankara.

Oliver, C.D., Larson, B.C., 1996. *Forest Stand Dynamics*. John Wiley and Sons, New York.

Kitapta bölüm / Reference to a chapter in an edited book

Little, C.H.A., Pharis, R.P., 1995. Hormonal control of tree stem growth. In: *Plant Stems: Physiology and Functional Morphology* (Ed: Gartner, B.L.), Academic Press, New York, pp. 281-319.

Öztekin, M., 2014. *Phlomis L. (Çalbalar)*. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları (Ed., Akkemik, Ü.), Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, s: 385-389.

Tez / Thesis and dissertation

Gürlevik, N., 2002. Stand and soil responses of a loblolly pine plantation to midrotation fertilization and vegetation control. PhD Dissertation, North Carolina State University, NC, USA.

Işık, F., 1998. Kızıldağın (*Pinus brutia* Ten.) genetik çeşitlilik, kalıtım derecesi ve genetik kazancın belirlenmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Konferans bildirisi / Conference proceedings

Erdönmez, C., Ok, K., 2009. Özel ağaçlandırmaları etkileyen sosyo-ekonomik etkenler. II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat, Isparta, s. 74-80.

Erkan, N., 2002. Growth performance of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) in natural forest and plantation in Turkey. Proceedings of IUFRO Meeting: Management of Fast Growing Plantations, 11-13 September, Izmit, Turkey, pp. 67-74.

Elektronik kaynak / Electronic reference

FAO, 2011. Fact and figures: Forest cover. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/forestry/28808/en/>, Accessed: 22.12.2012.

OGM, 2009. Ormancılık istatistikleri 2009. Resmi istatistik programı kapsamındaki ormancılık istatistikleri, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, http://web.ogm.gov.tr/Dkmanlar/istatistikler/ormancilik_ist_2009.pdf, Erişim: 06.02.2013.

Ek 1. Kaynaklar

Genel kabul görmüş ilkelere uygun olarak, her bir yayının yazarı, yayın yılı, başlığı, yayıncısı, sayfa numarası ve gerekli diğer bilgileri verilmelidir.

Elektronik kaynaklar: Sıradan bir internet sitesi gibi güvenilirliği ve devamlılığı şüpheli olan elektronik kaynaklar tercih edilmemelidir. Eğer bir kaynağın hem elektronik hem de basılı hali mevcutsa, basılı olanı referans gösterilmelidir.

Eğer kullanılacaksa, elektronik kaynaklar da basılı kaynaklar gibi düşünülmeli; yazar, yayın yılı, makale veya internet sayfasının başlığı, yayıncı adı ve yeri verilmelidir. Sadece çevrimiçi yayın yapan dergilerde DOI numarası da kaynağın sonuna eklenmelidir.

Standartlar/Standarts

TS 2472, 2005. Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. TSE, Ankara

ASTM-D 1413-007, 2007. Standart test methods of testing wood preservatives by laboratory soilblock cultures. Annual Book of ASTM Standarts, USA.

Çeviri kaynak/Translated reference

Eyüboğlu, A.K., 1979. Fidan (Çeviri: Cleary, B.D., Greaves, R.D., Owston, P.W., 1978. Seedlings. Oregon State University, School of Forestry, Forest Service U.S. Department of Agriculture, Corvallis, Oregon, USA). Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2:31-69.

Proje raporu/Project report

Yılmaz, E., Abbak, A., Kırış, R., Sayın, M.A., 2015. Orman Amenajman Planlamasının Sosyal Boyutu: Pozantı Orman İşletme Şefliğinde Örnek Uygulama. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: 20.5315/2014-2015, Tarsus.

Teknik rapor/Technical report

Davis, C.T., Kellogg, L.D., 2005. Measuring Machine Productivity with the MultiDAT Datalogger: a Demonstration on Three Forest Machines. USDA Forest Service, General Technical Report, PSWGTR-194.

Keskin, S., 1989. Kokulu Ardıç (*J. foetidissima* Willd.) ve Boylu Ardıç (*J. excelsa* Bieb.) Çeliklerinin Köklendirilmesi Üzerine Çalışmalar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Raporlar Serisi, No: 36-39, Ankara.

Teknik bülten/Technical bulletin

Eyüboğlu, A.K., Atasoy, H., Küçük, M., 1992. Doğu Karadeniz Bölgesinde Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Orijin Denemelerinin 9 Yıllık Sonuçları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi, No: 237, Ankara.

