



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN: 2149-3898

TURKISH JOURNAL OF FORESTRY

TÜRKİYE ORMANCILIK DERGİSİ



ISPARTA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Year:
Yıl: 2022

Volume:
Cilt: 23

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: 2022, Volume/Cilt: 23, 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 Ortaçesme, 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

- Estimating stem volume and measuring diameter and height of brutian pine trees from aerial photographs taken by unmanned aerial vehicle
Hakan Durgun, H. Oğuz Çoban, Mehmet Eker 255-267
- Assessing amount of soil organic carbon and some soil properties under different land uses in a semi-arid region of northern Türkiye
Ceyhan Göl, Serhat Mevrük..... 268-277
- Comparison of some debarking tools in terms of productivity and debarking quality
Mehmet Eker, Eray Öztürk..... 278-289
- Crisis management planning of the forest products industry enterprises in the process of institutionalization in the COVID-19 pandemic
Ahmet Bora Kırklıkçı, Tarık Gedik 290-298
- Investigation of stress-relaxation behaviors of wood plastic composites
Vedat Çavuş, Fatih Mengeloğlu..... 299-304
- Evaluation of various properties of gypsum particleboards reinforced with olivine mineral
Ömer Ümit Yalçın 305-312
- Investigation of bending properties of cross laminated timber made of Uludağ fir and black pine
Mesut Uysal, Orhan Eren, Halil Karatay, Doğan Memiş 313-319
- Effect of densification of heat-treated brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) wood on some physical, mechanical and chemical properties
Abdullah Canıyılmaz, Samim Yaşar..... 320-327
- Chemical properties of modified cedar wood
Muhammed Zakir Tufan, Tuğba Yılmaz Aydın, Ergün Güntekin, Birol Üner 328-334
- Chemical composition and fiber properties of pruning residues of some citrus species
İlhami Emrah Dönmez, Koray Başol, Sezgin Koray Gülsoy..... 335-340
- Evaluation of plant material used in urban open green areas: The case of Haliliye district of Sanliurfa province
İbrahim Halil Hatipoğlu, Erdi Ekren..... 341-347

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- İnsansız hava aracıyla elde edilen hava fotoğraflarından kızılçam ağaçlarının çap ve boylarının ölçümü ve gövde hacminin tahmini
Hakan Durgun, H. Oğuz Çoban, Mehmet Eker 255-267
- Türkiye'nin yarı kurak bir bölgesinde farklı arazi kullanımları altında toprak organik karbon miktarı ve bazı toprak özelliklerinin değerlendirilmesi
Ceyhan Göl, Serhat Mevrük..... 268-277
- Bazı kabuk soyma araçlarının verim ve kabuk soyma kalitesi açısından karşılaştırılması
Mehmet Eker, Eray Öztürk..... 278-289
- Kurumsallaşma sürecindeki orman ürünleri sanayi işletmelerinin COVID-19 pandemisinde kriz yönetim planlamaları
Ahmet Bora Kırklıkçı, Tarık Gedik 290-298
- Odun plastik kompozitlerin gerilme-gevşeme davranışlarının incelenmesi
Vedat Çavuş, Fatih Mengeloğlu..... 299-304
- Olivin minerali ile güçlendirilmiş alçılı yonga levhaların çeşitli özelliklerinin değerlendirilmesi
Ömer Ümit Yalçın 305-312
- Uludağ göknarı ve karaçam odunlarından elde edilen çapraz lamine kerestelerinin eğilme özelliklerinin incelenmesi
Mesut Uysal, Orhan Eren, Halil Karatay, Doğan Memiş..... 313-319
- Yoğunlaştırmanın ısı işlem görmüş kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi
Abdullah Canıylmaz, Samim Yaşar..... 320-327
- Modifiye sedir odununun kimyasal özellikleri
Muhammed Zakir Tufan, Tuğba Yılmaz Aydın, Ergün Güntekin, Birol Üner 328-334
- Bazı turuncuğil türlerinin budama artıklarının kimyasal bileşimi ve lif özellikleri
İlhami Emrah Dönmez, Koray Başol, Sezgin Koray Gülsoy..... 335-340
- Kentsel açık yeşil alanlarda kullanılan bitki materyalinin değerlendirilmesi: Şanlıurfa ili Haliliye ilçesi örneği
İbrahim Halil Hatipoğlu, Erdi Ekren..... 341-347

İnsansız hava aracıyla elde edilen hava fotoğraflarından kızılçam ağaçlarının çap ve boylarının ölçümü ve gövde hacminin tahmini

Hakan Durgun^{a,*} , H. Oğuz Çoban^a , Mehmet Eker^a 

Özet: Modern ormancılık çalışmalarında uzaktan algılama veri ve yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde insansız hava araçlarındaki (İHA) algılayıcı sistemlerle alınan hava fotoğrafları, yazılım fotogrametrisiyle işlenerek nokta bulutu ve ortomozaik gibi veriler üretilebilmektedir. Böylece orman ekosistemlerinde bazı ölçümlerin uzaktan yapılması mümkün olabilmektedir. Bir ormanlık alanda kesilen ya da herhangi bir nedenle devrilen ağaçların pratik bir şekilde kabuklu gövde hacimlerinin tahmini gerekebilir. Bu çalışmada İHA fotoğraflarından üretilen ortomozaik ve nokta bulutu verilerinden kesilmiş kızılçam ağaçlarının (*Pinus brutia* Ten.) çap ve boy ölçümleri yapılarak kabuklu gövde hacimlerinin tahmini amaçlanmıştır. Çalışma, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğü, Çandır Orman İşletme Şefliği sınırlarında bulunan 2 farklı kızılçam meşceresinde gerçekleştirilmiştir. Bu alanlarda İHA fotoğraflarından üretilen nokta bulutu ve ortomozaikler üzerinde toplam 175 adet kesilmiş kızılçam ağacının göğüs çapı ($d_{1.3}$) ve boyu ölçülmüş, elde edilen değerlerden çeşitli yöntemlerle hacim tahminleri yapılmış ve sonuçlar arazi ölçümleriyle karşılaştırılmıştır. Çalışmada hava fotoğraflarının yer örnekleme aralığına bağlı olarak hesaplanan çap ve boy ölçüm sonuçları da kıyaslanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, İHA fotogrametrisi ve referans veriler arasında çap ölçümünde en düşük 0.78, en yüksek 0.92, boy ölçümünde en düşük 0.96, en yüksek 0.99, hacim tahmininde de en düşük 0.70 ve en yüksek 0.93 korelasyon değeri bulunmuştur. Sonuç olarak, günümüzde pratik bir uzaktan algılama aracı olarak tercih edilen İHA'ların yerde yatık haldeki kızılçam ağaçlarının çap ve boy ölçümlerinde kullanılabilmesi ve bu ölçümler sonucunda gövde hacimlerinin İHA fotogrametrisiyle başarılı bir şekilde tahmin edilebileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: İHA, Nokta bulutu, Ortomozaik, Ağaç çap ve boy ölçümü, Kabuklu gövde hacmi

Estimating stem volume and measuring diameter and height of brutian pine trees from aerial photographs taken by unmanned aerial vehicle

Abstract: Remote sensing data and techniques are widely used in modern forestry studies. Today, aerial photographs taken with remote sensors on Unmanned Aerial Vehicles (UAV) can be processed by using softcopy photogrammetry to produce data such as point cloud and orthomosaic. Therefore, it is possible to make some remote measurements in forest ecosystems. It may be necessary to predict stem volumes of trees cut down in a forest area or felled for any reason in a practical way. In this study, it is aimed to predict the over-bark stem volumes by measuring the diameter and height of cut brutian pine trees (*Pinus brutia* Ten.) in orthomosaic and point cloud data produced from UAV photographs. The study was carried out in 2 different brutian pine stands located within the borders of Çandır Forestry Chief of Sütçüler Forestry Directorate in Isparta Regional Directorate of Forestry. In these areas, the diameter at breast height ($d_{1.3}$) and total height of 175 cut brutian pine trees were measured on the point cloud and orthomosaics, tree volume predictions were made from these values obtained by various methods and the results were compared with the references data based on field measurements. In the study, the diameter and height measurement results calculated depending on the ground sampling distance of the aerial photographs were also compared. According to the findings, the lowest correlation value of 0.78 and the highest 0.92 for diameter measurements, the lowest 0.96 and highest 0.99 correlation values in height measurements, the lowest 0.70 and the highest 0.93 correlation values in stem volume predictions were obtained between UAV photogrammetry and reference data. As a result, it has been understood that UAVs, which are preferred as a practical remote sensing tool today, can be used to measure the diameter and height of pine trees lying on the ground and stem volumes can be successfully predicted by UAV photogrammetry.

Keywords: UAV, Point cloud, Orthomosaic, Tree diameter and height measurement, Over-bark stem volume

1. Giriş

Modern ormancılık çalışmalarında üstün performansları nedeniyle Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile uzaktan algılama veri ve yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Orman ekosistemlerindeki değişkenlerin tanımlanması, ölçülmesi ve bazı konumsal analizlerin uzaktan elde edilen veriler

kullanılarak yapılabilmesi, bu sayısal sistemlerin ormancılık çalışmaları için vazgeçilmez bir araç ve önemli bir karar destek sistemi olmasını sağlamıştır (Akay ve Şakar, 2009; Çoban ve Erdin, 2020). Fiziksel temas kurulmaksızın bir obje veya bir olay hakkında bilgi toplama bilimi olan uzaktan algılama (Yomralıoğlu, 2000) verilerinin, yeryüzünde konumu bilinen verilerin toplanması, depolanması,

✉ ^a Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman İnşaatı Geodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 04.11.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 20.12.2022



Citation (Atıf): Durgun, H., Çoban, H.O., Eker, M., 2022. İnsansız hava aracıyla elde edilen hava fotoğraflarından kızılçam ağaçlarının çap ve boylarının ölçümü ve gövde hacminin tahmini. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 255-267. DOI: [10.18182/tjf.1199567](https://doi.org/10.18182/tjf.1199567)

ilişkilendirilmesi, işlenmesi, sorgulanması ve analizi gibi işlemlere sahip olan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'yle (Koç, 1993) entegrasyonu ve altlık veri olarak kullanılması, onu çok güçlü bir veri kaynağı durumuna getirmektedir (Balci vd., 2000).

Ormancılık çalışmalarının planlama, karar verme ve yönetim aşamalarında nitelikli ve hassas veriye büyük bir ihtiyaç bulunmaktadır (Eker ve Özer, 2015; Buğday, 2016). Uydu görüntüleri veya hava araçları yardımıyla elde edilen hava fotoğrafları gibi uzaktan algılama verileri, görüntü işleme teknikleriyle işlendikten sonra ormancılıkta çeşitli çalışma alanlarında kullanılabilir. 2010'lu yıllarda sivil amaçlar için kullanılmaya başlanan insansız hava araçları (İHA), diğer hava araçlarına nazaran çok daha düşük maliyetlerle erişilebilirliği ve pratik olması gibi avantajları sayesinde uzaktan algılamada tercih edilmektedir (Seki vd., 2017).

İHA'ların ormancılıkla ilgili bilimsel çalışmalarda, ağaç boylarının hesaplanması (Lim vd., 2015), meşcerelerin ağaç bireyi bazında sınıflandırılması (Yurtseven vd., 2015), biyokütle tahmin ve envanter çalışmaları (Messinger vd., 2016; Durgun vd., 2022a), ağaçların otomatik tespiti (Mohan vd., 2017; Morales vd., 2018) ve ağaç hacim tahmin çalışmalarında (Zhou vd., 2019) kullanılmış olduğu görülmektedir. Özellikle İHA'lardan elde edilen fotogrametrik ürünlerin yapay zekâ yöntemleriyle birlikte değerlendirilmesi İHA verilerini çok güçlü ve kıymetli bir hale getirmektedir (Liu vd., 2021). İHA verilerinin orman yönetimi ve planlaması aşamasında bilimsel veri olarak kullanılabilmesi, bu verilerin CBS yazılımlarıyla birlikte değerlendirilmesinin ormancılık çalışmalarına birçok alanda yararlı olabileceği belirtilmiştir (Buğday, 2019).

Orman ekosistemlerinde, orman envanteri ve planlama çalışmalarının önemli bir adımı ağaç gövde hacimlerinin tahminidir. Gövde hacimlerinin tahmini için ağaçların gövde çaplarının ve boylarının doğru bir şekilde ölçülmesi gereklidir. Ülkemiz ormancılık uygulamalarında, ağaç türlerine ait gövde hacim tahminlerinde çoğunlukla yöresel tek girişli hacim tabloları kullanılmaktadır (Alkan ve Özçelik, 2021). Tomruk hacim tahmini için çoğunlukla Huber, Smalian ve Newton-Riecke formülleri kullanılmasının yanında gövdenin eşit uzunluktaki seksiyonlara ayrılarak hacimlendirilmesi de mümkündür. Seksiyonlara ayırma yöntemi, bilimsel araştırma ve meşcere hacminin belirlenmesi gibi amaçlarla kesilen ağaçların ya da uzun ve değerli gövdelerin hacminin tahmininde kullanılmaktadır (Carus, 2002).

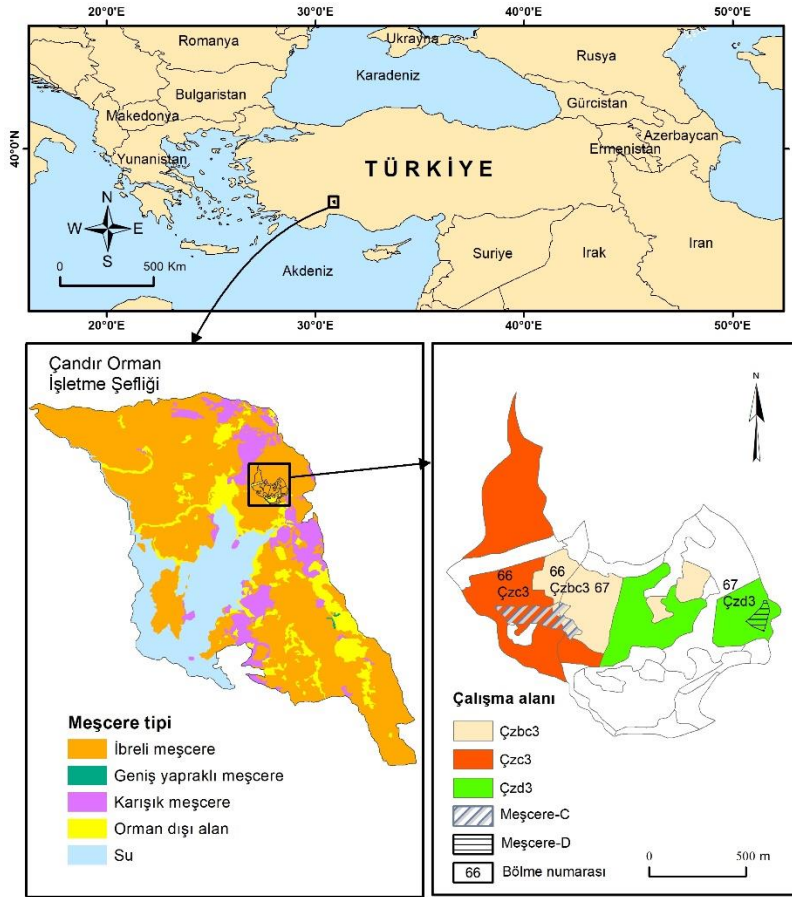
Bu çalışmada İHA'nın taşıdığı görünür dalga boyundaki ışığı algılayan bir kamera yardımıyla alınan hava fotoğrafları üzerinde yapılan ölçümlerle, kesilmiş haldeki kızılçam ağaçlarının kabuklu gövde hacimlerinin tahmini amaçlanmıştır. Hava fotoğraflarındaki kızılçam ağaçlarının çap ve boyları nokta bulutu ve ortomozaik (Goodbody vd., 2017) veriler üzerinde ölçülmüş ve elde edilen ölçüm sonuçları kullanılarak çeşitli yöntemlerle ağaçların kabuklu gövde hacim tahminleri yapılmıştır. Hava fotoğraflarındaki ölçümlere dayalı bulunan ağaç gövde hacim değerleri, yersel ölçümlere dayalı bulunan hacimlerle karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

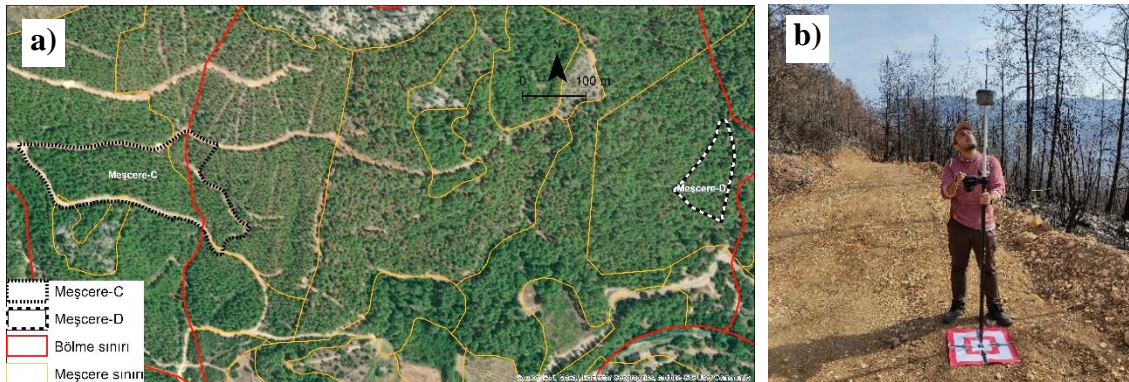
2.1. Çalışma alanı ve kullanılan veriler

Çalışma alanı, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Çandır Orman İşletme Şefliği idari sınırları içinde bulunmaktadır (Şekil 1). Çandır Orman İşletme Şefliği 10348.4 ha yüzölçümüne sahip olup, bölgedeki en düşük rakım 248 metre ve en yüksek rakım ise 1877 metredir (USGS, 2022). Çandır Orman İşletme Şefliği idari sınırlarındaki arazi örtüsü sınıflarının alansal dağılımları incelendiğinde %76.2'sinin (7883.4 ha) orman alanı olduğu görülmektedir. Çandır Orman İşletme Şefliği orman alanlarında yayılış gösteren ağaç türlerinin oransal dağılımı, % 91.8 kızılçam, % 5.8 ardıç, %1.9 karaçam, % 0.2 fıstıkçamı, % 0.2 sedir ve % 0.1 saçlı meşe şeklindedir. Bu bölgede kızılçam ağaç türünün odun üretiminde önemli bir payının olduğu anlaşılmaktadır (IOBM, 2021). Kızılçam Akdeniz Bölgesinde 0-1500 m yükseltiye kadar geniş yayılış alanlarına sahip önemli bir ağaç türüdür (Çoban ve Çoşgun, 2020). Hızlı gelişen bir tür olması nedeniyle de ekonomik açıdan değerlidir ve bölgede yoğun bir kızılçam üretimi yapılmaktadır. Ayrıca arazi çalışmalarından kısa süre önce yangından zarar gören bölgede, çok sayıda kızılçam meşceresinin boşaltılacak olması ve kesim ekiplerinin sahada bulunması nedeniyle çalışmanın odağında kızılçam yer almıştır.

Çandır Orman İşletme Şefliği idari sınırları içerisinde bulunan kızılçam meşcereleri içerisinde 2 farklı çalışma alanı belirlenmiştir (Şekil 2). Bu çalışma alanları belirlenirken ağaçların farklı çap ve boy özelliklerine sahip olmalarına dikkat edilmiştir. Çalışma alanlarından ilki çoğunluğu 66 numaralı bölme sınırları içinde olan, göğüs yüksekliğindeki (dipten 1.30 m yükseklikteki çapı, $d_{1.3}$) çapları 8-36 cm aralığında ve %70'ten fazla toprağı gölgeleme oranına sahip kapalılığı barındıran kızılçam meşcerelerini simgeleyen 'Çzbc3, Çzc3' ve çok küçük bir kısmı da kapalılığı %10'un altında ve yer yer taşlık açıklıklara sahip kızılçam meşceresini simgeleyen 'BÇz-T' alanlarını kapsamaktadır. Bu alan 'Meşcere-C' olarak anılacaktır. İkinci çalışma alanının tamamı 67 numaralı bölme sınırları içerisindeki ağaçların göğüs yüksekliğindeki çapları 36-52 cm aralığında ve %70'ten fazla toprağı gölgeleme oranına sahip kapalılığı barındıran kızılçam meşcerelerini simgeleyen 'Çzd3' meşceresidir (IOBM, 2021). Bu alan da 'Meşcere-D' olarak anılacaktır. Çalışma alanları birbirine komşu bölme sınırları içerisinde bulunmalarına rağmen komşu değildir. Meşcere-C 3.2 ha, Meşcere-D ise 0.76 ha büyüklüğe sahiptir. Meşcere-C'de en düşük rakım 355 m, en yüksek rakım ise 420 metredir. Meşcere-D ise en düşük 322 m ve en yüksek 371 m rakıma sahiptir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu



Şekil 2. a) Meşcere-C ve Meşcere-D çalışma alanları (IOBM, 2021; Google Earth, 2022), b) Yer kontrol noktası ve koordinat belirleme

Bu çalışmada 2018 yılının ilk çeyreğinde DJI markası tarafından piyasaya sürülen Air modeli İHA kullanılmıştır. Söz konusu İHA'nın uçuş ağırlığı 430 gram olup dahili 8 GB depolama alanına sahiptir. Maksimum 21 dakika uçuş süresi sağlayan İHA, GPS ve GLONASS küresel konumlandırma sistemlerine sahiptir. CMOS türünde ve 1/2.3 inç algılayıcıya sahip olan kamerası 12 MP (Megapiksel) çözünürlük, 2.8 diyafram açıklığı ve 85° görüş açısı sunmaktadır (DJI, 2018). Harici yazılımlar yardımıyla fotogrametrik amaçlı (bindirmeli) hava fotoğrafı alımları yapmaya yetecek asgari şartları sağlayan bu İHA, pratik kullanımı, taşıma kolaylığı

ve uygun maliyeti gibi nedenlerle bu çalışmada tercih edilmiştir.

Fotogrametrik ürünler üzerinde gerçekleştirilecek hassas çalışmalar için yer kontrol noktası (YKN) kullanımının gerekli olduğu (Ruzgiene vd., 2015; Stöcker vd., 2017) ve YKN kullanılan verilerden elde edilen ağaç çap ve boy ölçümlerinin arazide gerçekleştirilen ölçümlere daha yakın sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Durgun vd., 2022b). Bu nedenle İHA ile alınan hava fotoğraflarının işlenmesiyle elde edilecek ürünlerin konumsal doğruluğunun iyileştirilmesi için araziye 50x50 cm boyutlarındaki brandaya işaretlenmiş

YKN'ler tesis edilmiş ve TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı-Aktif) uyumlu GPS (Küresel Konum Belirleme Sistemi) yardımıyla ölçülmüştür. Çalışmada South markasının Galaxy G6 modeli GPS kullanılmış olup bu GPS santimetre hassasiyetinde konum belirleme yeteneğine sahiptir (South, 2022).

Bu çalışmada, arazi karnelerinin hazırlanması, arazi verilerinin işlenmesi, çeşitli tanımlayıcı istatistiklerin hesaplanması gibi işler için Microsoft Ofis yazılımları kullanılmıştır (Microsoft, 2022). Çalışmada konumsal analizlerin yapılması, kesilmiş haldeki ağaçların çap ve boy ölçümleri ve harita üretimi gibi amaçlar için bir CBS yazılımı olan ArcGIS (v10.6) kullanılmıştır (ArcGIS, 2022). Çalışmada İHA'dan elde edilen hava fotoğraflarının işlenmesi, geometrik düzeltmelerin yapılması ve kesilmiş ağaçların çap ve boylarının ölçülmesi amacıyla Pix4d Mapper fotogrametri yazılımı kullanılmıştır (Pix4d, 2022). Çalışmadan elde edilen sayısal verilerin çeşitli istatistiksel testlerle değerlendirilmesi ve istatistiksel raporların üretilmesi amacıyla bir istatistik yazılımı olan IBM SPSS v26 yazılımı kullanılmıştır (IBM, 2022). Arazi çalışmalarında İHA'nın fotogrametrik alım şartlarına uygun olarak otomatik uçuşunu sağlamak adına ise ücretsiz erişime açık ve mobil bir uygulama olan Pix4d Capture yazılımı kullanılmıştır (Pix4d, 2022). Çalışma alanındaki topoğrafyanın sayısal yükseklik modeli (SYM) için 30x30 m piksel boyutlarında yüzey yükselti değerlerine sahip SRTM-1 radar uydu verilerinden yararlanılmıştır (Çoban ve Eker, 2009; Çoban vd., 2021; USGS, 2022).

2.2. Yöntem

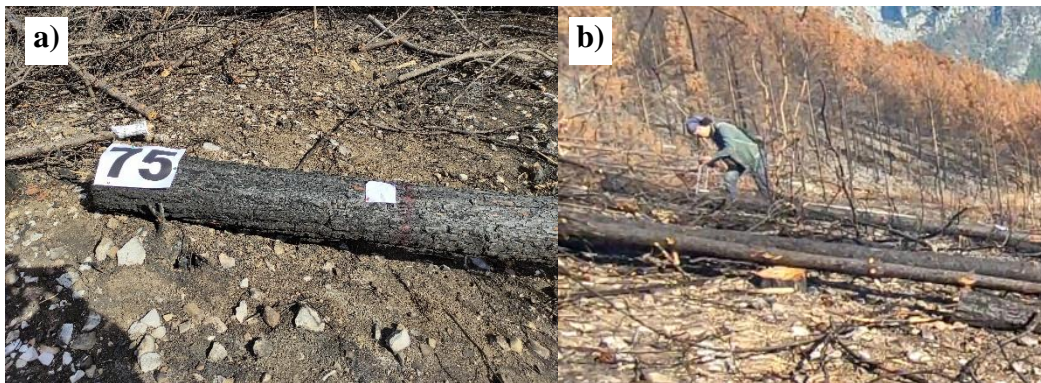
2.2.1. Arazi çalışmaları

Arazi çalışmalarında öncelikle kesilmiş halde bulunan, çap ve boy ölçümü yapılacak kızılçam ağaçları işaretlenmiştir. İHA ile yapılan deneme uçuşlarında, uçuş yüksekliğine bağlı olarak yaklaşık 1.5-2 cm boyutlarındaki bir objenin hava fotoğraflarında görülebilir olduğu anlaşılmıştır. Arazide kesilmiş halde bulunan ağaçların

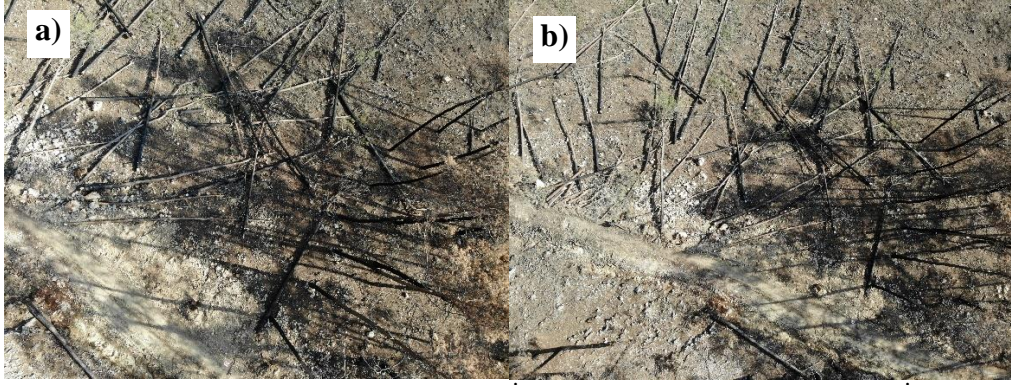
numaralandırılması için İHA fotoğraflarında görülebilecek büyüklükte yazılmış rakamların bulunduğu A4 kağıtlar, raptiye ile ağaç gövdelerinin dip kısmına (d_0), dipten 1 m uzağa (d_1) ve gövde bitimine (d_{son}) sabitlenmiştir. İşaretlenen ağaçların tam boyu şerit metre yardımıyla ölçülmüştür. Boy ölçümünden sonra şerit metre kaldırılmadan çap ölçüm işlemine geçilmiş, gövdenin 0 metredeki dip çapından başlayıp 1 m ve sonrasında iki metrede bir gövdenin uç kısmına kadar çapları bir çap ölçeği yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 3). Çap ölçümleri sırasında çap ölçeği gövdeye dik bir şekilde tutulmuş ve hassas ölçümler yapılmıştır. Arazide yapılan ölçümler sonrasında elde edilen çap ve boy değerleri bu çalışmada referans veri olarak kabul edilmiştir.

Arazide Meşcere-C'de 150 ve Meşcere-D'de 25 olmak üzere toplam 175 ağacın ölçümü yapılmıştır. Meşcerelerde farklı çaplara sahip olan ağaçlar rastgele seçilmiştir. Ancak birbirlerinin üzerine düşmüş hem yersel hem de fotoğraflar üzerinde çap ve/veya boy ölçümünün yapılamayacağı ağaçlar seçilmemiştir. Ağaç çap ve boy ölçümlerinin ardından YKN'ler çalışma alanlarının kenarlarına dağıtılarak homojen bir şekilde tesis edilmiş, tesis edilen YKN'lerin koordinatları TUSAGA-Aktif uyumlu GPS ile TUREF (Türkiye Ulusal Referans Sistemi) koordinat sisteminde ölçülmüştür.

Arazideki ölçümler tamamlandıktan sonra İHA uçuş planları yapılmış ve uçulmuştur. Uçuşlar planlanırken Meşcere-C ve Meşcere-D alanında iki farklı yer örnekleme aralığında (YÖA) veri elde edilmesi amaçlanmıştır. Uçuş yüksekliği belirlenirken çalışma alanındaki kot farkı, İHA'nın şeritler arası geçiş yaparken üzerinden dönüş yapacağı komşu meşcerelerdeki topoğrafik yapı ve o meşcerelerde dikili halde bulunan ağaçların boyları dikkate alınmıştır. Yapılan test uçuşlarının sonuçlarına göre Meşcere-C için 45 m ve 55 m, Meşcere-D için 38 m ve 52 m uçuş yüksekliği belirlenmiştir (Şekil 4). Buna göre hava fotoğrafların YÖA değerleri Meşcere-C için 1.5 cm ve 1.95 cm, Meşcere-D için 1.66 cm ve 2.14 cm olmuştur. Yapılan uçuşların tümünde fotoğraf alımları için %80 bindirme oranı, 4.75 m/sn uçuş hızı ve 90° kamera açısı kullanılmıştır (Çizelge 1).



Şekil 3. a) Ağaç numaraları, b) Gövde çapı ölçümü



Şekil 4. Meşcere-D alanında a) 38m irtifadan alınan İHA fotoğrafı, b) 52m irtifadan alınan İHA fotoğrafı

Çizelge 1. İHA uçuşlarının özellikleri

Çalışma alanı	Uçuş numarası	Uçuş yüksekliği (m)	Uçuş süresi (dk)	Uçuş mesafesi (m)
Meşcere-C	C1	45	14	2370
Meşcere-C	C2	55	11	2007
Meşcere-D	D1	38	7	887
Meşcere-D	D2	52	4	714

2.2.2. Hava fotoğraflarının işlenmesi ve hacim tahminleri

Arazide elde edilen İHA fotoğrafları yazılım fotogrametrisiyle işlenmiştir. Bindirmeli olarak alınmış ardışık hava fotoğraflarından Hareket ile Nesne Oluşturma (Structure from Motion; SfM) yöntemi ile yüksek çözünürlüklü nokta bulutu, SYM ve ortomozaik verilerin üretimi gerçekleştirilebilmektedir. SfM yöntemi, İHA ile elde edilmiş hava fotoğraflarının meta verisini kullanarak konumlarını düzenlemekte, fotoğraflarda bulunan aynı objelerin eşleştirilmesini sağlamaktadır. Fotoğraflarda eşleştirilen objeler ile öncelikle az yoğun nokta bulutu (x, y ve z koordinat bilgisine sahip renklendirilmiş noktalar) üretilmekte ve az yoğun nokta bulutu verisindeki noktaların artırılmasıyla yoğunlaştırılmış nokta bulutu üretimi gerçekleştirilmektedir. Yoğunlaştırılmış nokta bulutu üzerinde ise sayısal yükseklik modeli ve birleştirilmiş hava fotoğraflarının koordinatlandırılmasıyla elde edilen ortomozaik üretimleri gerçekleştirilebilmektedir (Snavely vd., 2007; Akay vd., 2019).

Çalışmada düşük ve yüksek YÖA'nın ölçüm sonuçlarına etkisini araştırmak amacıyla her iki çalışma alanında da iki farklı uçuş yüksekliğinde uçulmuştur. Çalışma alanlarının eğimli olması ve kullanılan İHA'nın topoğrafik şekle göre uçuş yüksekliğini düzeltme özelliği olmaması nedeniyle hedeflenen 1.5 cm ve 2 cm YÖA yerine Meşcere-C alanında 1.5 cm ve 1.95 cm, Meşcere-D alanında ise 1.66 ve 2.14 cm YÖA değerlerine sahip fotogrametrik veriler elde edilebilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Üretilen veri setlerinin özellikleri

Uçuş numarası	Yer örnekleme aralığı (cm)	Kullanılan yer kontrol noktası sayısı	RMSE* (cm)
C1	1.5	5	2.6
C2	1.95	6	2.6
D1	1.66	5	1.5
D2	2.14	4	1.3

*RMSE: Root Mean Square Error

Ortomozaik ve nokta bulutu üretiminin ardından görüntülerde ölçülecek ağaç gövdeleri tespit edilmiş, çap ve boy ölçümleri yapılmıştır. Çap ve boy ölçümleri için önceden belirlenen, çap ve boyları bilinen beş test ağacı üzerinde çap ve boy ölçümleri yapılarak operatörün kabiliyeti geliştirilmiştir. Ağaç çap ve boyları ölçülürken arazi çalışmaları sırasında ağaç gövdelerine (d_0 , $d_{1.3}$ ve d_{son}) yerleştirilen kâğıt işaretlerden faydalanılmıştır. Çap ve boy ölçümleri sırasında ağaç gövdesine mümkün olduğunca yaklaşılmış, görüntüdeki renk değişimine bağlı olarak ortalama yansıtma değerine sahip olduğu düşünülen (hem arazi hem de gövde rengini yansıttığı düşünülen) geçiş pikseli/noktaları tıklanarak ölçümler hassas bir şekilde yapılmıştır. Operatörün görüntü üzerinde ağaçların çap ve boyunu ölçerken referans çap ve boy değerlerinden bağımsız karar vermesi sağlanmıştır.

Nokta bulutu üzerinde Pix4d Mapper, ortomozaik üzerinde ArcGIS programlarıyla ağaçların çap ve boy ölçümleri yapılmıştır. Ağaçların çap ve boyları ikişer kez ölçülmüş ve ölçüm sonuçlarının ortalamaları alınmıştır. Nokta bulutu üzerinde yapılan ölçümler 3 boyutlu olup x, y ve z koordinatlarını kullanmakta yani yükseklik bilgisi de işlenmektedir. Bu ölçümlerde çoklu doğru fonksiyonu kullanılmış ve tamamlanan ölçümler "objeler" katmanında saklanmıştır. Yapılan her işaretleme daha sonra "özellikler" penceresi kullanılarak İHA fotoğrafları üzerinde hassas bir şekilde işaretlenmiştir. Ortomozaik üzerinde yapılan ölçümler ise 2 boyutlu olup, x ve y koordinatlarını kullanmakta yani yükseklik bilgisi işlenmemektedir. Bu ölçümler, coğrafi veri tabanı içerisinde "çizgi" veri sınıfı katmanı üzerinde oluşturulmuş ve saklanmıştır. Ölçümlerin tamamlanmasıyla Meşcere-C ve Meşcere-D için iki farklı yer örnekleme aralığına ait veriler elde edilmiştir. Sonuçlar MS Excel'e aktarılmış ve İHA fotoğraflarından elde edilen çap ve boy değerleri ile Tek Girişli Ağaç Hacim Tablosu (TGAHT) ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosu (ÇGAHT) kullanılarak gövde hacim tahminleri yapılmıştır.

Yersel ölçmelerden elde edilen çap ve boy değerleri de bu hacim tabloları kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca hacim tahminlerinde daha doğru bir tahmin yöntemi olarak kabul edilen Seksiyonlara Ayırma Yöntemi (SAY) de kullanılmıştır. TGAHT olarak Çandır Orman İşletme Şefliği amenajman planında (IOBM, 2021) bulunan hacim tablosu kullanılmıştır. Bu tablo 4 santimetrelilik göğüs çapı kademelerine bağlı olarak ağaç hacmini m^3 cinsinden vermektedir. Bu tabloda ağaç hacimleri belirlenirken ağaç çapına uygun çap kademesine karşılık gelen hacim değeri her bir ağaç için bulunmuş ve tabloya aktarılmıştır. ÇGAHT

olarak ise Alemdağ (1962) tarafından yayınlanan hacim tablosu kullanılmıştır. Söz konusu tablo ağacın çap ve boyuna bağlı olarak hacmi dm^3 cinsinden vermektedir.

Meşçere hacminin tahmini için önerilen SAY'da yuvarlak odun hacim formülü olan Smalian formülü (1) kullanılmıştır. Seksiyon uçlarındaki yüzeyler ortalamasının seksiyon uzunluğu ile çarpılmasıyla hacim değerini veren bu formülün (Kalıpsız, 1984) kısa gövde parçalarının parabolit ve silindirik şekillerine benzemesinden dolayı pratikte uygun sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Diker, 1946). Bu nedenle SAY'da Smalian formülü tercih edilmiş, arazide ölçülen kızılcım gövdeleri için hacim tahminleri yapılmıştır.

$$V = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_0^2 + d_n^2}{2} \right) l \quad (1)$$

V = Tomruk hacmi (cm^3)

d_0 = Kalın uçtaki tomruk çapı (cm)

d_n = İnce uçtaki tomruk çapı (cm)

l = Tomruk boyu (cm)

İHA fotoğraflarından üretilen fotogrametrik veriler üzerinde yapılan çap ve boy ölçümleri ile bu verilere bağlı tahmin edilen hacimler, referans veri olarak kabul edilen yerel ölçüm verilerine dayanarak yapılan karşılıklarıyla kıyaslanmıştır. İHA fotoğraflarından ve referans verilerden elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkinin yönü ve şiddeti Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Ayrıca veriler arasındaki farkları ortaya koymak için Bağımlı Örneklem T-Testi yapılmıştır. İstatistiksel veriler yardımıyla İHA'nın ağaç çap ve boy ölçümündeki başarısı, YÖA'nın etkisi ve İHA fotoğrafları üzerinde yapılan ağaç hacim tahminleri değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

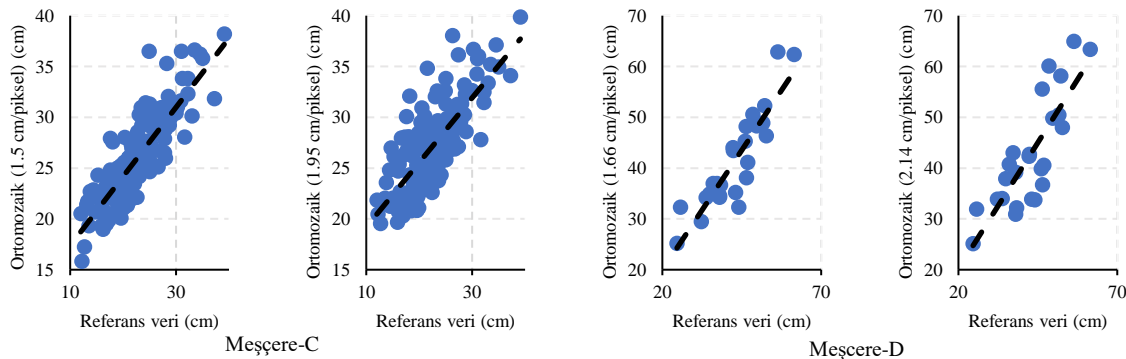
Ortomozaik veri üzerindeki çap ölçümleri ile referans verilere ait tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde yüksek YÖA değerlerine sahip ortomozaik veri üzerinde yapılan çap ölçümlerinin düşük YÖA'na sahip verilerdeki ölçümlere kıyasla referans veri ile daha güçlü bir korelasyona sahip oldukları anlaşılmaktadır (Şekil 5). Bu durum YÖA'nın çap ölçümleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Kılınçoğlu, 2016). Bunun yanında Meşçere-D alanındaki gövdelerde, Meşçere-C'dekilere kıyasla daha güçlü bir korelasyon değeri bulunmuştur. Bu sonucun büyük çaplı ağaçların fotoğraflar üzerinde daha kolay seçilmesine, çap ya da boy başlangıç ve son noktalarının daha doğru tespit edilebilmesine bağlı olduğu söylenebilir. Ayrıca çalışmadaki tüm ölçüm ve hacim tahminlerinde çarpıklık-basıklık değerlerinin 1.5 ile -1.5 arasında olması ise ölçüm sonuçlarının normal bir dağılıma sahip olduğunu göstermektedir (Tabachnick ve Fidell, 2013).

Nokta bulutundaki çap ölçümleri ve referans veriye ait tanımlayıcı istatistik bilgiler Çizelge 4'te verilmiştir. Meşçere-C ve Meşçere-D için iki farklı YÖA'da ölçülen verilerle referans verilerin korelasyonunda küçük farklılıklar görülmektedir. Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde çap ölçümlerinin nokta bulutu üzerinde başarılı bir şekilde yapılabileceğini ortaya koymaktadır (Şekil 6).

Ortomozaik ve nokta bulutu verilerinden elde edilen çap ölçüm değerleri ile referans veri arasındaki ilişkinin sorgulanması için Bağımlı Örneklem T-Testi uygulanmıştır (Çizelge 5). Sonuçlar incelendiğinde ortomozaik veriler üzerinde Meşçere-D'deki gövdelerde yapılan çap ölçümlerinin referans veri ile aralarında anlamlı bir farklılık görülmezken diğer tüm ölçüm sonuçlarının referans veri ile aralarında anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür (%95 güven düzeyinde $p < 0.05$). Meşçere-D'de yapılan çap ölçümlerinin Meşçere-C'de yapılan ölçümlere kıyasla daha başarılı olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Ortomozaik verideki çap ölçümlerine ait tanımlayıcı istatistikler

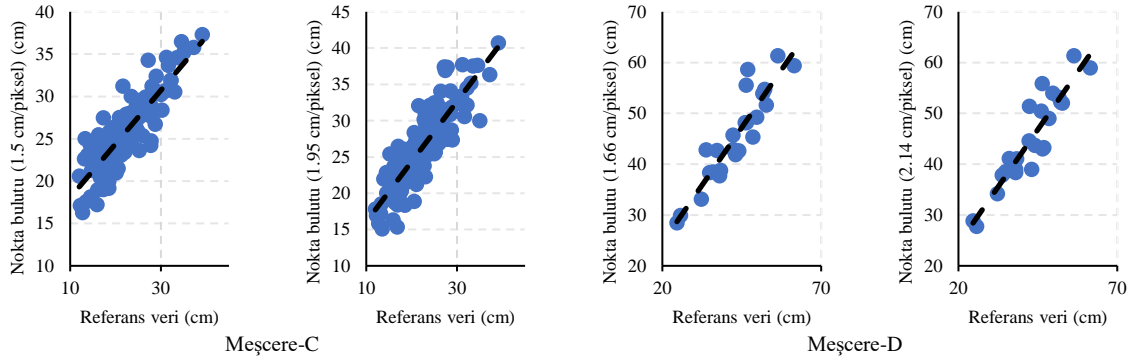
	Referans veri (cm)	Ortomozaik (1.5 cm/piksel)	Ortomozaik (1.95 cm/piksel)	Referans veri (cm)	Ortomozaik (1.66 cm/piksel)	Ortomozaik (2.14 cm/piksel)
Ortalama	22.40	25.81	27.08	42.72	41.37	42.75
Standart sapma	5.32	4.26	4.35	9.03	9.52	10.88
En büyük	39.10	38.18	39.86	61.50	62.82	64.91
En küçük	12.00	15.83	19.53	24.60	25.18	25.10
Korelasyon katsayısı	-	0.851	0.778	-	0.894	0.824
Birey sayısı	Meşçere-C (n=150)			Meşçere-D (n=25)		



Şekil 5. Ortomozaik verilerdeki çap ölçümlerinin referans veriyle ilişkisi

Çizelge 4. Nokta bulutu verisindeki çap ölçümlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	Referans veri (cm)	Nokta bulutu (1.5 cm/piksel)	Nokta bulutu (1.95 cm/piksel)	Referans veri (cm)	Nokta bulutu (1.66 cm/piksel)	Nokta bulutu (2.14 cm/piksel)
Ortalama	22.40	25.92	26.35	42.72	45.15	44.77
Standart sapma	5.32	3.90	5.12	9.03	8.94	8.81
En büyük	39.10	37.31	40.72	61.50	61.36	61.35
En küçük	12.00	16.29	15.12	24.60	28.48	27.82
Korelasyon katsayısı	-	0.863	0.861	-	0.916	0.924
Birey sayısı		Meşçere-C (n=150)			Meşçere-D (n=25)	



Şekil 6. Nokta bulutu verilerindeki çap ölçümlerinin referans veriyle ilişkisi

Çizelge 5. Çap ölçüm sonuçlarına ait bağımlı örneklem t-testi sonuçları

Referans veri ile ilişkilendirilen	Çalışma alanı	Eşleştirilmiş farklılıklar					t	df*	Sig.**
		Ortalama	Standart sapma	S. sapma hata ort.	Farkın %95 güven aralığı				
					En düşük	En yüksek			
Ortomozaik (1.5 cm/piksel)	Meşçere-C	-3.41	2.81	0.23	-3.86	-2.95	-14.87	149	0.000
Ortomozaik (1.95 cm/piksel)	Meşçere-C	-4.68	3.35	0.27	-5.22	-4.14	-17.11	149	0.000
Ortomozaik (1.66 cm/piksel)	Meşçere-D	1.35	4.29	0.86	-0.42	3.12	1.58	24	0.128
Ortomozaik (2.14 cm/piksel)	Meşçere-D	-0.03	6.16	1.23	-2.57	2.52	-0.02	24	0.983
Nokta bulutu (1.5 cm/piksel)	Meşçere-C	-3.52	2.77	0.23	-3.96	-3.07	-15.53	149	0.000
Nokta bulutu (1.95 cm/piksel)	Meşçere-C	-3.94	2.76	0.22	-4.39	-3.50	-17.53	149	0.000
Nokta bulutu (1.66 cm/piksel)	Meşçere-D	-2.43	3.68	0.74	-3.94	-0.91	-3.30	24	0.003
Nokta bulutu (2.14 cm/piksel)	Meşçere-D	-2.05	3.48	0.70	-3.48	-0.61	-2.94	24	0.007

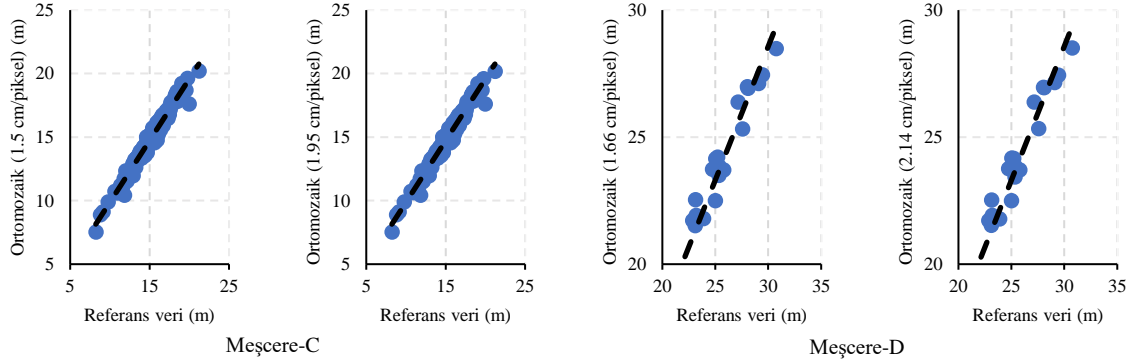
*df: serbestlik derecesi, **Sig.: anlamlılık

Ortomozaik ve nokta bulutu üzerinde yapılan boy ölçümleri ve referans veriye ait tanımlayıcı istatistik bilgileri Çizelge 6 ve 7'de verilmiştir. Ortomozaik veriler üzerinde yapılan boy ölçümlerinin birbirlerine ve referans veriye oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu nedenle referans veriyle güçlü bir korelasyon göstermektedirler. Bu durum çalışmada farklı YÖA değerlerinin ağaç gövde boyu ölçümlerinde çok etkili olmadığını göstermektedir. Buna göre, ortomozaik veriler üzerinde boy ölçümlerinin başarılı bir şekilde yapılabilirdiği söylenebilir (Şekil 7). Çizelge 7'de nokta bulutu üzerinde yapılan boy ölçümlerinin ortomozaik veridekinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmekte ve referans veriyle güçlü bir korelasyonunun bulunduğu anlaşılmaktadır (Şekil 8).

Ortomozaik ve nokta bulutu verilerinden elde edilen boy ölçüm değerleri ile referans veri arasındaki ilişkinin sorgulanması için Bağımlı Örneklem T-Testi uygulanmıştır (Çizelge 8). Bağımlı Örneklem T-Testi sonuçları incelendiğinde, nokta bulutu üzerinde yapılmış boy ölçüm sonuçları ile referans veri arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir (%95 güven düzeyinde $p>0.05$). Bunun yanında ortomozaik veri üzerinde yapılan tüm ölçüm sonuçlarının referans veri ile aralarında anlamlı bir farklılık bulunduğu anlaşılmaktadır (%95 güven düzeyinde $p<0.05$). Buna göre, boy ölçümünde nokta bulutundan elde edilen sonuçların ortomozaikten elde edilen sonuçlara göre daha başarılı olduğu, referans veriye daha yakın sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır. Bu durumun nokta bulutunda yapılan ölçümlerde yükseklik değeri (z koordinatları) kullanılırken ortomozaikte yapılan ölçümlerde kullanılmıyor olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 6. Ortomozaik verideki boy ölçümlerine ait tanımlayıcı istatistikler

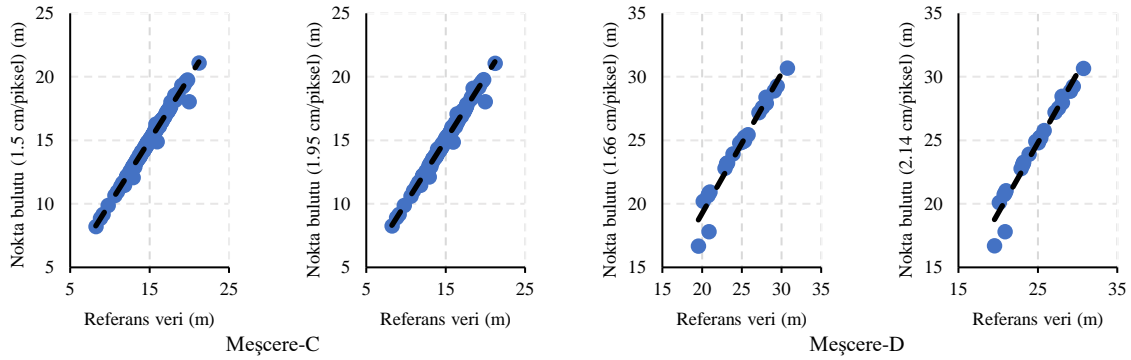
	Referans veri (m)	Ortomozaik (1.5 cm/piksel)	Ortomozaik (1.95 cm/piksel)	Referans veri (m)	Ortomozaik (1.66 cm/piksel)	Ortomozaik (2.14 cm/piksel)
Ortalama	15.07	14.80	14.80	24.63	22.92	22.91
Standart sapma	2.22	2.19	2.19	3.13	3.42	3.43
En büyük	21.20	20.20	20.19	30.75	28.49	28.51
En küçük	8.23	7.55	7.55	19.54	15.82	15.82
Korelasyon katsayısı	-	0.986	0.986	-	0.963	0.964
Birey sayısı		Meşcere-C (n=150)			Meşcere-D (n=25)	



Şekil 7. Ortomozaik verilerdeki boy ölçümlerinin referans veriyle ilişkisi

Çizelge 7. Nokta bulutundaki boy ölçümlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	Referans veri (m)	Nokta bulutu (1.5 cm/piksel)	Nokta bulutu (1.95 cm/piksel)	Referans veri (m)	Nokta bulutu (1.66 cm/piksel)	Nokta bulutu (2.14 cm/piksel)
Ortalama	15.07	15.08	15.10	24.63	24.35	24.39
Standart sapma	2.22	2.22	2.22	3.13	3.53	3.54
En büyük	21.20	21.09	21.08	30.75	30.70	30.67
En küçük	8.23	8.21	8.28	19.54	16.67	16.70
Korelasyon katsayısı	-	0.995	0.995	-	0.977	0.977
Birey sayısı		Meşcere-C (n=150)			Meşcere-D (n=25)	



Şekil 8. Nokta bulutu verilerindeki boy ölçümlerinin referans veriyle ilişkisi

Çalışmada elde edilen çap ve boy değerlerinden TGAHT ve ÇGAHT kullanılarak hacim tahminleri gerçekleştirilmiştir. SAY ise yalnızca araziden elde edilen ölçümler için kullanılmıştır. Yersel ölçümlere dayalı hacim tahmini yapılmış ve tanımlayıcı istatistikleri belirlenmiştir (Çizelge 9). Seksiyon yöntemi sonuçlarına en yakın değerlerin ve en güçlü korelasyonun ÇGAHT'den elde edildiği görülmektedir (Şekil 9).

Kızılcım gövdelerinin farklı YÖA olan ortomozaikler üzerinde yapılan çap ölçümlerine bağlı TGAHT kullanılarak yapılan hacim tahminlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 10'da verilmiştir. Burada küçük YÖA'na sahip ortomozaiklerden elde edilen hacim değerlerinin her iki çalışma alanı için de referans veri ile daha güçlü korelasyona sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda YÖA'nın TGAHT'ye dayalı olarak gerçekleştirilecek ağaç hacim tahminlerinde önemli bir etken olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 10).

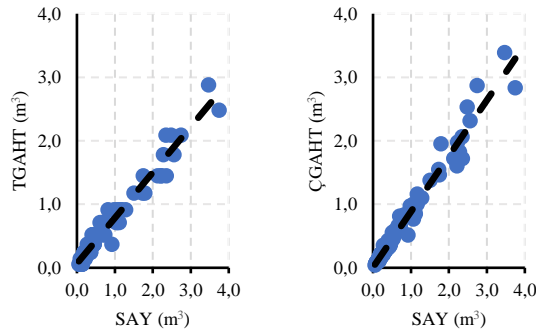
Çizelge 8. Boy ölçüm sonuçlarına ait bağımlı örneklem t-testi sonuçları

Referans veri ile ilişkilendirilen	Çalışma alanı	Eşleştirilmiş farklılıklar					t	df*	Sig.**
		Ortalama	Standart sapma	Standart sapma hata ort.	Farkın %95 güven aralığı				
					En düşük	En yüksek			
Ortomozaik (1.5 cm/piksel)	Meşçere-C	0.27	0.37	0.03	0.21	0.33	9.18	149	0.000
Ortomozaik (1.95 cm/piksel)	Meşçere-C	0.27	0.37	0.03	0.21	0.33	9.14	149	0.000
Ortomozaik (1.66 cm/piksel)	Meşçere-D	1.71	0.93	0.19	1.33	2.10	9.17	24	0.000
Ortomozaik (2.14 cm/piksel)	Meşçere-D	1.72	0.93	0.19	1.33	2.10	9.20	24	0.000
Nokta bulutu (1.5 cm/piksel)	Meşçere-C	-0.01	0.21	0.02	-0.04	0.03	-0.23	149	0.786
Nokta bulutu (1.95 cm/piksel)	Meşçere-C	-0.03	0.23	0.02	-0.07	0.00	-1.73	149	0.086
Nokta bulutu (1.66 cm/piksel)	Meşçere-D	0.28	0.82	0.16	-0.06	0.62	1.71	24	0.101
Nokta bulutu (2.14 cm/piksel)	Meşçere-D	0.24	0.82	0.16	-0.10	0.58	1.48	24	0.151

*df: serbestlik derecesi, **Sig.: anlamlılık

Çizelge 9. Arazi ölçümlerinden elde edilen hacim tahmin değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler (birey sayısı 175)

	Seksiyonlu hacim (m ³)	Tek girişli tablo hacmi (m ³)	Çift girişli tablo hacmi (m ³)
Ortalama	0.530	0.440	0.470
Standart sapma	0.630	0.460	0.560
En büyük	3.750	2.880	3.390
En küçük	0.050	0.050	0.040
Korelasyon katsayısı	-	0.979	0.987



Şekil 9. Arazi ölçümlerinden elde edilen hacim tahminlerinin SAY değerleriyle ilişkisi

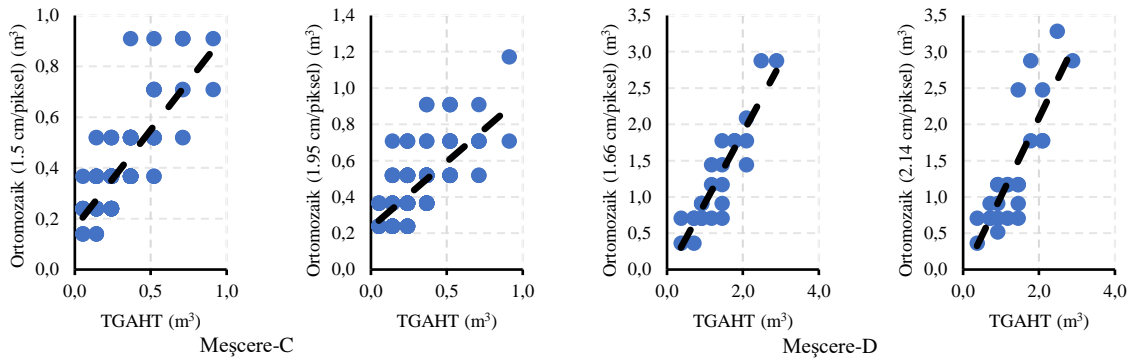
Çizelge 10. Ortomozaik verilerden TGAHT'ye dayalı bulunan hacim tahmin değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri

	TGAHT referans hacim (m ³)	Ortomozaik (1.5 cm/piksel)	Ortomozaik (1.95 cm/piksel)	TGAHT referans hacim (m ³)	Ortomozaik (1.66 cm/piksel)	Ortomozaik (2.14 cm/piksel)
Ortalama	0.30	0.39	0.45	1.33	1.24	1.37
Standart sapma	0.17	0.17	0.18	0.64	0.69	0.83
En büyük	0.91	0.91	1.17	2.88	2.88	3.28
En küçük	0.05	0.14	0.24	0.37	0.37	0.37
Korelasyon katsayısı	-	0.79	0.70	-	0.90	0.84
Birey sayısı		Meşçere-C (n=150)			Meşçere-D (n=25)	

Nokta bulutu verilerinde gerçekleştirilen çap ölçümlerine bağlı TGAHT kullanılarak bulunan hacim tahmin değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 11'de verilmiştir. Burada Meşçere-D alanı için yapılan ölçümlerin Meşçere-C alanındakilere göre daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Nokta bulutu verilerine dayalı bulunan hacim tahminlerinin ortomozaik verilerine göre referans veriye daha yakın olduğu bulunmuştur (Şekil 11).

ÇGAHT kullanılarak bulunan hacim tahmin değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 12 ve Çizelge 13'te verilmiştir. Çizelge 12'de yer örnekleme aralığı küçük ortomozaiklerden elde edilen hacim değerlerinin referans

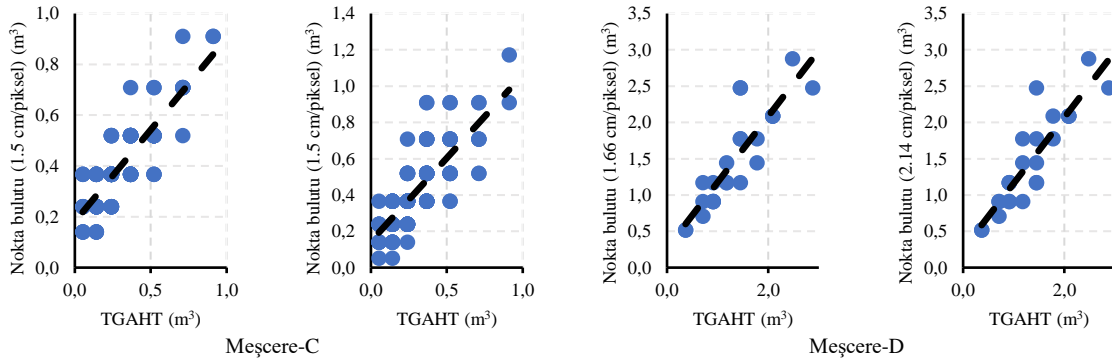
veri ile daha güçlü bir korelasyona sahip olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 12). Nokta bulutu verilerinden yapılan hacim tahmin değerlerinde YÖA'nın etkisi neredeyse hissedilmemektedir (Çizelge 13). Bu iki yöntemin sonuçlarını değerlendirdiğimizde, nokta bulutu verilerinden elde edilen hacim değerlerinin ortomozaik veriye göre referans veriye korelasyonu daha yüksek bulunmuştur (Şekil 13).



Şekil 10. Ortomozaik ve yersel verilerden TGAHT'ye dayalı olarak tahmin edilen hacimlerin ilişkisi

Çizelge 11. Nokta bulutu verilerinden TGAHT'ye dayalı bulunan hacim tahmin değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri

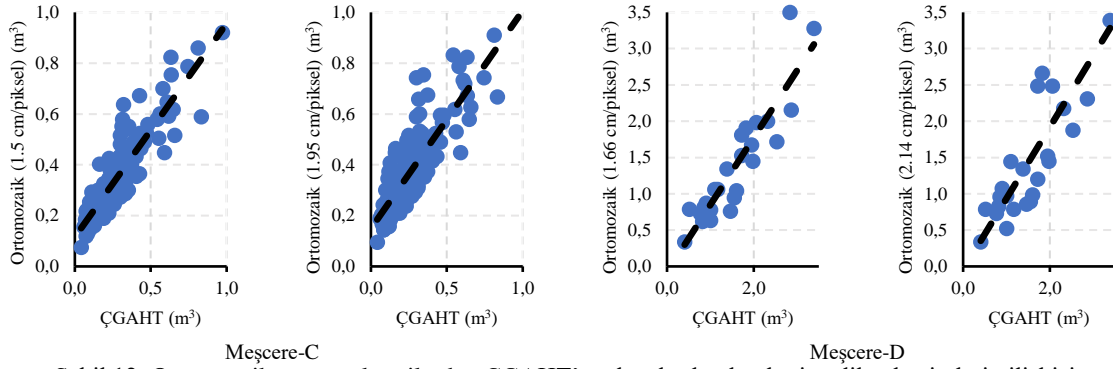
	TGAHT referans hacim (m ³)	Nokta bulutu (1.5 cm/piksel)	Nokta bulutu (1.95 cm/piksel)	TGAHT referans hacim (m ³)	Nokta bulutu (1.66 cm/piksel)	Nokta bulutu (2.14 cm/piksel)
Ortalama	0.30	0.40	0.42	1.33	1.48	1.46
Standart sapma	0.17	0.15	0.20	0.64	0.67	0.65
En büyük	0.91	0.91	1.17	2.88	2.88	2.88
En küçük	0.05	0.14	0.05	0.37	0.52	0.52
Korelasyon katsayısı	-	0.83	0.79	-	0.87	0.89
Birey sayısı	Meşcere-C (n=150)			Meşcere-D (n=25)		



Şekil 11. Nokta bulutu ve yersel verilerden TGAHT'ye dayalı olarak tahmin edilen hacimlerin ilişkisi

Çizelge 12. Ortomozaik verilerden ÇGAHT'ye dayalı bulunan hacim tahmin değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri

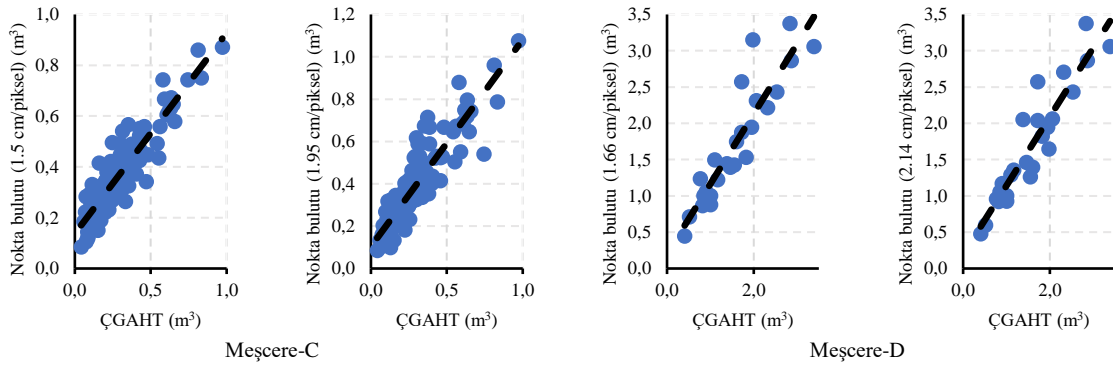
	ÇGAHT referans hacim (m ³)	Ortomozaik (1.5 cm/piksel)	Ortomozaik (1.95 cm/piksel)	ÇGAHT referans hacim (m ³)	Ortomozaik (1.66 cm/piksel)	Ortomozaik (2.14 cm/piksel)
Ortalama	0.28	0.35	0.39	1.59	1.39	1.51
Standart sapma	0.17	0.16	0.17	0.78	0.79	0.90
En büyük	0.97	0.92	1.02	3.39	3.50	3.73
En küçük	0.04	0.08	0.10	0.41	0.34	0.34
Korelasyon katsayısı	-	0.89	0.85	-	0.91	0.85
Birey sayısı	Meşcere-C (n=150)			Meşcere-D (n=25)		



Şekil 12. Ortomozaik ve yersel verilerden ÇGAHT'ye dayalı olarak tahmin edilen hacimlerin ilişkisi

Çizelge 13. Nokta bulutu verilerinden ÇGAHT'ye dayalı bulunan hacim tahmin değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri

	ÇGAHT referans hacim (m ³)	Nokta bulutu (1.5 cm/piksel)	Nokta bulutu (1.95 cm/piksel)	ÇGAHT referans hacim (m ³)	Nokta bulutu (1.66 cm/piksel)	Nokta bulutu (2.14 cm/piksel)
Ortalama	0.28	0.36	0.38	1.59	1.73	1.70
Standart sapma	0.17	0.14	0.18	0.78	0.82	0.79
En büyük	0.97	0.87	1.08	3.39	3.38	3.38
En küçük	0.04	0.09	0.09	0.41	0.45	0.48
Korelasyon katsayısı	-	0.92	0.90	-	0.91	0.93
Birey sayısı	Meşçere-C (n=150)			Meşçere-D (n=25)		



Şekil 13. Nokta bulutu ve yersel verilerden ÇGAHT'ye dayalı olarak tahmin edilen hacimlerin ilişkisi

İHA diğer uzaktan algılama platformlarına göre daha pratik, daha uygun maliyetli ve daha hassas veri üretimine olanak sağlayan bir teknoloji olarak nitelendirilmektedir (Buğday, 2019; Zhou vd., 2019; Liu vd., 2021). Günümüzde İHA'ların hacim hesaplama (Raeva vd., 2016; Urban vd., 2020), uzunluk ölçümü (Krause vd., 2019; Yin ve Wang, 2019) ya da objelerin otomatik tespitinde (Nevalainen vd., 2017; Kabadayı ve Uysal, 2020; Ceylan ve Uysal, 2021) başarıyla kullanıldığı açıklanmıştır. İHA fotogrametrisiyle bir nesnenin hacminin hesaplanmasında fotoğrafların yer örnekleme aralığı küçüldükçe gerçeğe daha yakın sonuçların elde edilebileceği, bunun yanında nokta bulutu verisinden alınan verilerin yersel ölçümlere daha yakın olduğu belirtilmektedir (Akay vd., 2019). İHA'nın ağaç boylarının belirlenmesinde 0.94 korelasyon değeri gösterdiği (Birdal, 2016), bireysel ağaç tespiti konusunda İHA'dan üretilen ortomozaik kullanılarak %85'ten daha yüksek bir başarı yakalandığı (Mohan vd., 2017) ve buğday bitkisinin boyunun ölçülmesinde 0.94'lük korelasyon değerine ulaşıldığı açıklanmıştır (Sönmez vd., 2021). Ayrıca ibrelî ormanlarda kesim sonrası İHA görüntülerine dayalı hacim tahmini üzerine yapılan bir çalışmada araştırmacılar (Zhou vd., 2019) İHA teknolojisinin uzaktan algılama aracı olarak kullanılabilmesiyle ağaç gövde hacim tahminlerinin yapılabilmesini, İHA verilerinden otomatik tahminlerin

yapılmasıyla arazi çalışmalarının büyük ölçüde azalacağını ve böylece zaman ve maliyetten tasarruf edilebileceğini vurgulamışlardır. İHA'dan elde edilen sayısal modellerin kullanımıyla dendrometrik değişkenlerin tahminine yönelik yapılan bir çalışmada ise tepe taç çapı için %18.4, ağaç yüksekliği için %11 ve hacim için %8.7 ortalama hata oranıyla sonuçların elde edildiği bildirilmiş ve biyometrik özelliklerin doğruluğunun, çalışma alanının yapısına ve üretilen sayısal modellerin kalitesine bağlı olduğu vurgulanmıştır (Tudoran, 2021). Bu çalışmada literatürde söz edildiği gibi İHA'ların pratik kullanım olanaklarının olduğu öne çıkmış, İHA fotogrametrisiyle ağaçların çap ve boylarının gerçeğe yakın olarak ölçülebileceği ve bu verilerin kullanılarak gövde hacim tahminlerinin yapılabilmesi sonucuna ulaşılmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda İHA'nın ağaç çap ve boy ölçümleri gibi hassas çalışmalarda başarılı bir şekilde kullanılabildiği, elde edilen değerler yardımıyla TGAHT ve ÇGAHT kullanılarak yapılan hacim tahminlerinin başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği görülmektedir. Çalışmada İHA fotoğraflarından üretilen verilerde yer örnekleme aralığının önemli olduğu sonucu

ortaya çıkmıştır. İHA fotoğrafları üzerinde yapılan ağaç boyu ölçümlerinde çap ölçümlerinden daha başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu bağlamda fotoğraflarda ölçümü yapılacak uzunluğun artmasıyla birlikte olası hata payının sonuçlara yansıyan olumsuz etkisinin zayıfladığı söylenebilir. Genel olarak çap ve boy ölçümlerinde ortomozaik veriye göre nokta bulutundan elde edilen değerlerin yersel ölçümlerle daha güçlü bir korelasyon gösterdiği anlaşılmıştır.

İHA verileri ve yersel ölçümler arasında çap ölçümünde 0.924 ve boy ölçümünde ise 0.99'lük korelasyon elde edilmiştir. Ağaç gövde hacim sonuçlarına göre yersel ölçümlerle yapılan karşılaştırmalarda TGAHT'ye dayalı hacim tahmininde 0.87 ve ÇGAHT'ye dayalı hacim tahmininde 0.93'lük korelasyon değeri hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, İHA fotoğrafları üzerindeki ölçmelerin kesilmiş kızılçam ağaç gövde hacimlerinin tahmini çalışmalarında başarılı bir şekilde kullanılabileceğini, böylece İHA uzaktan algılama veri ve yöntemlerini tercih etmenin arazi çalışmalarının yükünü hafifleterek iş gücü, para ve zamandan tasarruf sağlanabileceğini ortaya koymaktadır.

Açıklama

Bu çalışmayı 2021-YL1-0137 no'lu proje ile destekleyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne teşekkür ederiz. Bu makale, ISUBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde Hakan DURGUN'un yaptığı Yüksek Lisans tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Arazi çalışmalarındaki yardımları nedeniyle Orman Mühendisleri A. Cankut GÖZ, Erhan ERTAN ve Aytekin SARIŞAHİN'e, Çandır Orman İşletme Şefi İbrahim GÜLMEZ'e ve Orman Muhafaza Memuru Semih SARAC'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akay, A.E., Şakar, D., 2009. Yangın sahasına en kısa sürede ulaşımı sağlayan optimum güzergahın belirlenmesinde CBS tabanlı karar destekleme sisteminin kullanılması. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 02-06 Kasım, İzmir.
- Akay, S.S., Özcan, O., Şanlı, F.B., Bayram, B., Görüm, T., 2019. İHA görüntülerinden üretilen verilerin doğruluk değerlendirmesi. X. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Teknik Sempozyumu, 25-27 Nisan, Aksaray, s. 106-110.
- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara.
- Alkan, O., Özçelik, R., 2021. Toros göknarı için uyumlu hacim ve gövde çapı modelleri. Turkish Journal of Forestry, 22(4): 408-416.
- ArcGIS, 2022. ArcGIS Online, <https://www.arcgis.com/index.html> Erişim: 08.04.2022.
- Balcı, İ., Çoban, H.O., Eker, M., 2000. Coğrafi bilgi sistemi. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 1(A): 115-132.
- Birdal, A.C., 2016. Ağaç yüksekliklerinin belirlenmesinde insansız hava araçlarının kullanımı: Eskişehir kent ormanı örneği. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Buğday, E., 2016. Ormanlıkta üretimin planlaması ve hassas ormancılık anlayışı. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 2(1-2): 54-57.
- Buğday, E., 2019. Orman yönetiminde insansız hava aracı uygulamaları. II. International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences, 28-29 Haziran, Ankara, s. 1617-1621.
- Carus, S., 2002. Bazı hacim formüllerinin seksiyon, gövde ve bağlı uzunluklara göre kıyaslanması. Turkish Journal of Forestry, 3(1): 101-114.

- Ceylan, M.C., Uysal, M., 2021. İnsansız hava aracı ile elde edilen veriler yardımıyla ağaç çıkarımı. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 3(1): 15-21.
- Çoban, H.O., Coşgun, S., 2020. The role of topography in the spatial distribution of tree species in the Mediterranean Region of Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 29(3): 1369-1378.
- Çoban, H.O., Eker, M., 2009. SRTM verileri ile bazı topoğrafik analizler: Isparta Orman Bölge Müdürlüğü örneği. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 2(A): 76-91.
- Çoban, H.O., Eker, M., Durgun, H., 2021. Relations between topographic variables and forest ecosystems in Isparta Regional Directorate of Forestry. International Conferences on Science and Technology (ICONST LST'21), September 8-10, Budva, pp. 4.
- Çoban, H.O., Erdin, C., 2020. Forest fire risk assessment using GIS and AHP integration in Bucak Forest Enterprise, Turkey. Applied Ecology and Environmental Research, 18(1): 1567-1583.
- Diker, M., 1946. Orman Amenajman Bilgisi. Yüksek Ziraat Enstitüsü Yayını, No: 270, Ankara.
- DJI, 2018. Mavic Air User Manual Online, <https://dl.djicdn.com/downloads>, Erişim: 10.04.2022.
- Durgun, H., Eker, M., Çoban, H.O., 2022a. Odunsu biyokütle envanter çalışmalarında İHA fotogrametrisinin kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi. 5th International Conferences on Science and Technology, September 7-9, Budva, pp. 72-80.
- Durgun, H., Çoban, H.O., Eker, M., 2022b. İHA görüntülerinin geometrik düzeltmesinin ağaç çap ve boy ölçümlerine etkileri. 5th International Conferences on Science and Technology, September 7-9, Budva, pp. 59-71.
- Eker, M., Özer, D., 2015. Üretim işlerinde hassas ormancılık yaklaşımı: Kavramsal çerçeve. Türkiye Ormanlık Dergisi, 16(2): 183-194.
- Goodbody, T.R., Coops, N.C., Marshall, P.L., Tompalski, P., Crawford, P., 2017. Unmanned aerial systems for precision forest inventory purposes: A review and case study. The Forestry Chronicle, 93(1): 71-81.
- Google Earth, 2022. Google Earth Online, <https://earth.google.com/web>, Erişim: 10.04.2022.
- IBM, 2022. IBM Online, <https://www.ibm.com/tr-tr/products/spss-statistics>, Erişim: 08.04.2022.
- IOBM, 2021. Çandır Orman İşletme Şefliği 2021 Yılı Orman Amenajman Planı. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Isparta.
- Kabadayı, A., Uysal, M., 2020. Çok yüksek çözünürlüklü İHA verilerinden bina tespiti. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 2(2): 43-48.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Kılınçoğlu, D.B., 2016. Farklı insansız hava araçları ile elde edilen görüntülerin otomatik fotogrametrik yöntemlerle değerlendirilmesi ve doğruluk analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koç, A., 1993. Coğrafi bilgi sisteminde veriler ve elde edilmiş yöntemleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 43(1-2): 117-134.
- Krause, S., Sanders, T.G., Mund, J.P., Greve, K., 2019. UAV-based photogrammetric tree height measurement for intensive forest monitoring. Remote Sensing, 11(7): 758.
- Lim, Y.S., Park, J.S., Pyeon, M.W., Kim, J., 2015. Calculation of tree height and canopy crown from drone images using segmentation. Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, 33(6): 605-613.
- Liu, T., Sun, Y., Wang, C., Zhang, Y., Qiu, Z., Gong, W., Duan, X., 2021. Unmanned aerial vehicle and artificial intelligence revolutionizing efficient and precision sustainable forest management. Journal of Cleaner Production, 311: 127546.
- Messinger, M., Asner, G.P., Silman, M., 2016. Rapid assessments of amazon forest structure and biomass using small unmanned aerial systems. Remote Sensing, 8(8): 615.
- Microsoft, 2022. Microsoft Online, <https://www.microsoft.com/tr-tr/microsoft-365/> Erişim: 08.04.2022.

- Mohan, M., Silva, C.A., Klauber, C., Jat, P., Catts, G., Cardil, A., Dia, M., 2017. Individual tree detection from unmanned aerial vehicle (UAV) derived canopy height model in an open canopy mixed conifer forest. *Forests*, 8(9): 340.
- Morales, G., Kemper, G., Sevillano, G., Arteaga, D., Ortega, I., Telles, J., 2018. Automatic segmentation of *Mauritia flexuosa* in unmanned aerial vehicle (UAV) imagery using deep learning. *Forests*, 9(12): 736.
- Nevalainen, O., Honkavaara, E., Tuominen, S., Viljanen, N., Hakala, T., Yu, X., Tommaselli, A.M., 2017. Individual tree detection and classification with UAV-based photogrammetric point clouds and hyperspectral imaging. *Remote Sensing*, 9(3): 185.
- Pix4d, 2022. Pix4d Online, <https://www.pix4d.com/> Erişim: 08.04.2022.
- Raeva, P.L., Filipova, S.L., Filipov, D.G., 2016. Volume computation of a stockpile: A study case comparing GPS and UAV measurements in an open pit quarry. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41: 999.
- Ruzgiene, B., Berteška, T., Gečyte, S., Jakubauskienė, E., Aksamitauskas, V.Č., 2015. The surface modelling based on UAV photogrammetry and qualitative estimation. *Measurement*, 73: 619–627.
- Seki, M., Tiryakioğlu, I., Uysal, M., 2017. Farklı veri toplama yöntemleriyle yapılan hacim hesaplarının karşılaştırılması. *Geomatik*, 2(2): 106-111.
- Snavely, N., Seitz, S.M., Szeliski, R., 2007. Modeling the world from internet photo collections. *International Journal of Computer Vision*, 80(2): 189–210.
- South, 2022. Galaxy G6 measuring system user manual online. <https://globalgpsystems.com/wp-content/uploads/2020/03/Galaxy-G6-Measuring-System-User-Manual.pdf>, Erişim: 08.04.2022.
- Sönmez, N.K., Çoşlu, M., Demir, N., 2021. Farklı insansız hava araçlarından (İHA) elde edilen veriler ile buğday bitkisinin boyunun belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(2): 195-203.
- Stöcker, C., Nex, F., Koeva, M., Gerke, M., 2017. Quality assessment of combined IMU/GNSS data for direct georeferencing in the context of UAV- based mapping. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42: 355–361.
- Tabachnick, B.G., Fidell, L.S., 2013. *Using Multivariate Statistics*. 6th Edition, Allyn and Bacon, Boston, USA.
- Tudoran, G.M., Dobre, A.C., Cicşa, A., Pascu, I.S., 2021. Development of mathematical models for the estimation of dendrometric variables based on unmanned aerial vehicle optical data: A romanian case study. *Forests*, 12(2): 200.
- Urban, R., Štroner, M., Kuric, I., 2020. The use of onboard UAV GNSS navigation data for area and volume calculation. *Acta Montanistica Slovaca*, 25(3): 361-374.
- USGS, 2022. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Data Download. United States Geological Survey, <https://earthexplorer.usgs.gov/> Erişim: 18.05.2022.
- Yin, D., Wang, L., 2019. Individual mangrove tree measurement using UAV-based LiDAR data: Possibilities and challenges. *Remote Sensing of Environment*, 223: 34-49.
- Yomraloğlu, T., 2000. *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar*. Seçil Ofset Basımevi, İstanbul.
- Yurtseven, H., Akgül, M., Demir, M., Öztürk, T., Gülcü, S., 2015. İHA verileri üzerinden ibrelili meşcelerde obje tabanlı sınıflandırma teknikleri ile ağaç bireyi bazında verilerin elde edilmesi. IV. Orman İnşaatı-Transportu ve Teknolojileri Çalıştayı ve Üretim İşlerinde Hassas Ormanlık Sempozyumu, 6 Mayıs- 4 Haziran, Kastamonu, s. 35-45.
- Zhou, X., He, Y., Huang, H., Xu, X., 2019. Estimation of forest stand volume on coniferous forest cutting area based on two periods unmanned aerial vehicle images. *Scientia Silvae Sinicae*, 55(11): 117-125.

Assessing amount of soil organic carbon and some soil properties under different land uses in a semi-arid region of northern Türkiye

Ceyhun Göl^{a,*} , Serhat Mevrük^a 

Abstract: The objective of this study is to investigate the effects of representative land use types and land cover (LUT/LC) of heavily deforested areas on soil properties in semi-arid region of Türkiye. Some of the soil properties have been measured on a grid with a 50 m sampling distance on the top-soil (0-15 cm depth). Data has been analyzed by using Ordinary Kriging/Spherical geostatistical model. Results indicated that the soil properties differed in terms of organic carbon (SOC), pH, bulk density, and the amount of sand, depending on the land uses in the study areas. The SOC concentration of top-soil layers has referred a significant difference ($P<0.05$) according to the land use type. Top-soil SOC concentrations in the four LUTLCs have been in the following order: cultivated areas < grasslands < Scotch pine stands = Uludağ fir stands. The impacts of LUTLC change on SOC and soil properties have not been restricted to the soil surface; however, relative changes have equally been high in the sub-soil, stressing the importance of sufficiently deep sampling. Furthermore, it has been determined that some physical and chemical characteristics of the natural forest soil have been significantly changed after long term and continuous cultivation. SOC loss is remarkable under the land use conversion while cropland has considerable potential to sequester SOC.

Keywords: Land management, Anthropogenic conversion of ecosystem, Carbon, Soil

Türkiye'nin yarı kurak bir bölgesinde farklı arazi kullanımları altında toprak organik karbon miktarı ve bazı toprak özelliklerinin değerlendirilmesi

Özet: Bu çalışmada Türkiye'nin yarı kurak bir bölgesindeki birbirine komşu farklı Arazi Kullanım Türlerinin ve Arazi Örtüsünün (AKT/AÖ) toprak özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Toprak özellikleri üst toprakta (0-15 cm derinlik) 50 m örnekleme mesafesine sahip bir grid sistemine göre ölçülmüştür. Veriler, Ordinary Kriging/Spherical jeoistatistiksel model kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırma alanında Toprak Organik Karbonu (TOK), pH, hacim ağırlığı ve kum miktarının AKT/AÖ'ne göre istatistiksel bakımdan farklı olduğu belirlenmiştir. Üst topraklar TOK depolama kapasitesi bakımından, AKT/AÖ'ye göre istatistiksel bakımdan önemli ($P<0.05$) fark göstermiştir. Dört farklı AKT/AÖ'deki TOK depolama sıralaması tarım < mera < sarıçam ormanı = Uludağ göknarı ormanı şeklinde olmuştur. AKT/AÖ değişimi sadece üst topraklarda değil, aynı zamanda alt toprakların özelliklerinde önemli ölçüde değiştirmektedir. Uzun süreli tarımsal faaliyet etkisi ile doğal orman topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin önemli ölçüde değiştiği tespit edilmiştir. AKT/AÖ değişimi TOK depolama kapasitesi bakımından önemli aynı zamanda tarım arazilerini depolama kapasitesinin artırılması da gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Arazi yönetimi, Ekosistemin antropojenik dönüşümü, Karbon, Toprak

1. Introduction

Soil plays an important role in the global carbon cycle. It is recognized as the largest carbon reservoir in the terrestrial ecosystem. Soil organic carbon (SOC) is the main component of soil organic matter (SOM) and as such constitutes the fuel of any soil. SOC is vulnerable to changes in land use and climate (Pugh et al., 2015; Zhou et al., 2019; Berger et al., 2019). SOC and SOM is a crucial contributor to food production, mitigation and adaptation to climate change, and the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs) (Pribyl, 2010; FAO and ITPS, 2018). During the last two centuries, land use practices, such as deforestation and tillage, have resulted in a net loss of soil carbon to the atmosphere (FAO, 2017a). Recent concerns about rising concentrations of carbon dioxide

(CO₂) in the atmosphere have led to discussion that a large amount of carbon should be stored into the soil (Prentice et al., 2001).

The balance between inputs and outputs of SOC influences greenhouse gasses (GHGs) and therefore to the global climate change. Changes in land use type and land cover (LUTLC) are the second source of GHGs emissions to the atmosphere after burning of fossil fuel (IPCC, 2013). As a result, understanding the relationship between land use and SOC dynamics is fundamental for combating land degradation and climate change.

Land use and its various forms of development have become a key determinant of ecosystem health, biological productivity, and water quality in the watersheds. Quinton et al., (2010) state that stabilization of SOC pools increases the primary productivity and decreases soil erosion. Humanity

✉ ^a Department of Watershed Management, Faculty of Forestry University of Çankırı Karatekin, 18200, Çankırı, Türkiye

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): drceyhungol@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 17.05.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 03.11.2022



Citation (Atıf): Göl, C., Mevrük, S., 2022. Assessing amount of soil organic carbon and some soil properties under different land uses in a semi-arid region of northern Türkiye. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 268-277. DOI: [10.18182/tjf.1117835](https://doi.org/10.18182/tjf.1117835)

has become a major player within the Earth system, particularly by transforming large parts of the land surface and by altering the gas composition of the atmosphere. The conversion of forest and natural grassland to cropland may cause a reduction of SOC (Don et al., 2011; Robertson et al., 2015). Deforestation for agricultural purposes had started thousands of years ago and might have resulted in a detectable human influence on climate much earlier than the industrial revolution. The main causes of degradation include unsustainable logging, agriculture, invasive species, fire, fuel wood gathering, and livestock grazing. (Olofsson and Hickler, 2008; Thompson et al., 2013). A lot of studies (Lal, 2004; Göl, 2009; Houghton and Nassikas, 2018) show decreasing SOC concentrations when native ecosystems have been converted into agricultural land, while SOC concentrations tend to increase in the sequence from cropland to grassland and to forest. Most climate strategies require maintaining or increasing land-based carbon while meeting food demand, which is expected to grow by more than 50 per cent by 2050 (Searchinger et al., 2018). It is poorly understood how future climate and land-use changes will globally combine to alter the health of ecological areas. So, governments should make land-use decisions at least partially directed at reducing GHGs. Globally, SOC loss caused by land-use change has varied from 45 to 114 Pg C (79.5 Pg C on average, 1 Pg = 1015 g) during 1870-2014, mainly due to conversion from natural lands to cultivated areas (Liu et al., 2020). Many studies (Lal, 2004; Harris et al., 2012; Deng et al., 2014; Jeloudar et al. 2014; Wiesmeier et al., 2015; Mukhopadhyay et al., 2015) clearly show that LUTLC changes (especially forest destruction) will directly affect soil carbon pool, thus causes land degradation and global climate change. (Albaladejo et al., 2013) showed that land use was the most important factor controlling SOC concentration in the 0-40 cm depth. The paucity of data on soil carbon distribution in the profile in different landscapes has been identified as one of the major knowledge gaps in soil science (Lal et al., 1998). This is especially significant in the very fragile ecosystems of semiarid regions (Hoffmann et al., 2012).

Land use changes result in bio-geophysical climatic effects through modifications of surface albedo and

roughness (Brovkin et al., 2002) and biogeochemical effects through, for example, alterations in vegetation and soil carbon pools which influence atmospheric greenhouse gas levels and global climate (Houghton and Goodale, 2004; Sitch et al., 2008). Globally, two-thirds of terrestrial carbon is stored as organic matter in soil (Köchy et al., 2015). This makes soil one of the world's most important climate regulators (Wasak and Drewnik, 2015).

In most ecosystems worldwide, the conversion of land to agricultural use will drastically change the natural internal nutrient cycling (Batjes, 1996; Stumpf et al., 2018; FAO and ITPS, 2018). In Türkiye, massive deforestation of natural forest and common agricultural use of marginal lands has resulted in soil degradation (Göl, 2009). Despite these risks, there are important gaps still in quantifying and monitoring the forests degradation in semi-arid regions of Türkiye.

Soil properties are the basic data sets that indicate for which purpose the lands will be used. However, the information is insufficient on the effects of land-use change on soil properties in semi-arid regions in northern Türkiye. We hypothesized that in semiarid areas the factors controlling soil properties and SOC levels change with the land use. Therefore, the objectives of this study include (i) determining land-use change effects on SOC stock and some soil properties, (ii) evaluating the most suitable land use to reduce GHGs in the semi-arid regions. Both objectives focus on the context of typical land use changes in Anatolian semi-arid conditions.

2. Materials and methods

2.1. Field description of the study area

This study was conducted in the Tatlıçay catchment which is located in the transition zone of Türkiye from Black Sea region to inner Anatolia. The studied catchment is located between 40° 33'N to 40° 51'N latitude and 33° 17'E to 33° 46'E longitude and having an area of 65468 hectares, and an elevation of 720-1855m above sea level (Fig. 1).

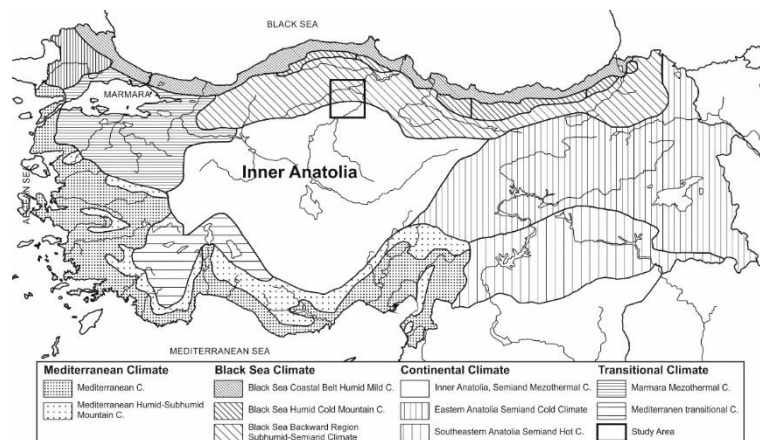


Figure 1. Location of study area is in the transition zone from Black Sea semi-humid climate to Inner Anatolia semi-arid climate

The topographic structure is diverse and shows a constantly changing characteristic. Topographic structure and elevation are the two main determinants of the diverse LUTLC in the catchment. In the upper part of the catchment, land types are not suitable for using agricultural purpose. Land cover has degraded forest type and cattle breeding are common. In the lower part of the catchment, dry land agriculture, degraded pasture and cattle breeding are common.

The catchment has dip slopes and 50% of it consists of steep and vertical fields (Fig. 2). This has significant effects in terms of land use types, land cover, erosion and distribution of settlement areas.

There are two meteorological stations in the catchment and five outside. Long term measurement results collected by these stations show that the catchment has three main climate zones. While the semi-arid climate is dominant in 84% of the catchment, sub-humid climates are dominant in the other 16% of the catchment. The annual average temperature of the catchment is 10.7 °C. Mean annual rainfall of the catchment is 391 mm and it shows that Tatlıçay catchment is generally under the influence of a semi-arid climate.

Bedrock and soil properties are the main factors that directly affect the water quality and vegetation structure of the catchment. There are two different geological formations (Oligo-miosen gypsum, Miocene series) (Doğan, 2002) in the catchment. Geological structure should be considered in the catchment management planning.

2.2. Soil data set and laboratory analyses

A total of 120 soil samples were collected from the surface (0-15 cm) (since it is effective depth of SOM and SOC accumulation of the study area), according to the grid squares on the 50×50m. Thirty replicate plots were selected in each LUTLC. Sampling from shallow soil layers is still

widely adopted today (Olson and Al-Kaisi, 2015; Jiang et al., 2015) including those completely ignored the response of SOC and TN to the LUTLC in deeper soil layers (Lozano-García and Parras-Alcántara, 2014). Soil samples were air-dried and crushed to determine soil properties after transporting to the laboratory. Then these samples were analyzed for particle size distribution (Bouyoucos, 1951), SOM and SOC (Nelson and Sommer, 1996) and total nitrogen (TN) by Kjeldahl (Bremner, 1996), bulk density (BD) (Blake and Hartge, 1986), soil pH (Rhoades, 1996), carbonate (CaCO₃-Lime) (Richard and Donald, 1996).

The total SOC storage in the study area was calculated by summarizing the SOC storage for each land-use type, which was calculated by multiplying the average SOC density for each land use type by the corresponding area. The area covered by each different LUTLC was calculated using the land use data in the ArcView software.

The SOC density for each sampling site, *SOC_D* (kg.m⁻²), was calculated using the following formula (Eq. 1) (Fang et al., 2012):

$$SOCD = \sum_i^m SOC_i BD_i D_i \quad (1)$$

Where *SOC_i* is the SOC content of the *i*th layer (g.kg⁻¹), *BD_i* is the bulk density of the *i*th layer (g.cm⁻³), *D_i* is the depth of the *i*th layer (m), *m* is the number of the layers. The total SOC (TSOC) storage in the study area, TSOC (kg) can be expressed as follows (Eq. 2.):

$$TSOC = \sum_i^n ASOCD_i S_i \quad (2)$$

Where *ASOCD_i* is the average SOC density of the *i*th class (kg.m⁻²), *S_i* is the area of the *i*th class (m²), *n* is number of the classes classified according to land use. This calculation excludes particles Ø > 2 mm as they are not a component of bulk density.

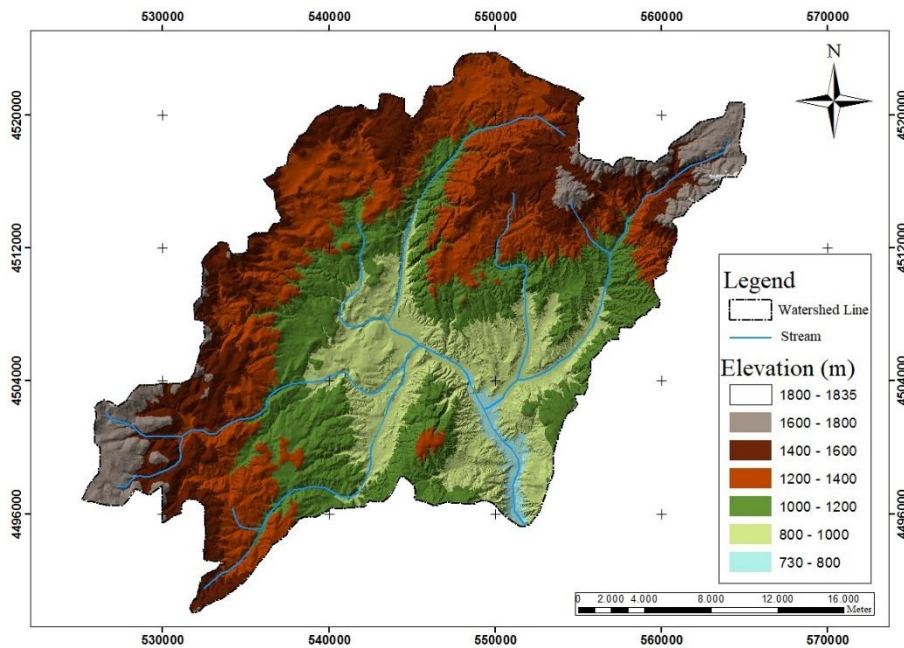


Figure 2. Elevation map of study catchment

2.3. Statistical and geostatistical analyses

Before geostatistical analysis, the normality test with Kolmogorov-Smirnov analysis was implemented by using SPSS® 20.0 software. The descriptive statistics were calculated by using the SPSS® 20.0. An analysis of variance (one-way ANOVA) was performed to evaluate if LUTLC has a relationship with soil properties especially SOC that is significant beyond that which would be expected by chance. If there was a significant effect ($P < 0.05$), least significant difference (LSD) post hoc multiple comparisons were used to compare means between different groups within each categorical variable, tested with $\alpha = 0.05$.

The block kriging (BK) method ($\gamma(h)$) (Eq. 3.) estimates spatial variability of SOM and SOC content from local area to larger areas. It is an average of all points over a local area. The stock of organic carbon estimates in the 0–15 cm top soil was calculated as follows:

$$\gamma(h) = 1/(2N(h)) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\|x_i - x_j\|^2}{h} \quad (3)$$

where: $N(h)$ is the number of pairs of observations separated by a given distance (h), x_i and x_{i+h} are observing values at locations, z is the random variable.

3. Results

3.1. Land use types and land cover (LUTLC) of Tatlıçay catchment

To determine land use types and land cover (LUTLC) of the study area digital elevation and forest management plan maps were used. According to LUTLC analysis, primary land uses are forest, cultivated land, grassland and settlement (Fig. 4).

Semi-arid climate, soil properties and topography are the main ecological factors that directly affect LUTLC of the catchment. LUTLC in downstream are generally dry land agriculture (wheat, barley, chickpea, sunflower etc.) and degraded grasslands (steppe). Cultivated areas are the highest LUTLC in the catchment and occupied 37%, followed by grassland area (31%), productive, degraded forest and afforestation area (30%) and the others (2%) (Fig. 3).

The dominant tree species of the forest areas in the catchment are: Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), Uludağ fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) Spach. ssp. *bormulleriana* (Mattf.) Code et Cullen). Forestlands are mostly located in north and northeast (upstream) of the catchment (Fig. 3). The forest density in these areas is due to the strong effect of the humid Black Sea climate. There are forests and rich alpine rangeland in the upstream. The soil structure of this area is salty and gypsum-free (GDF 1995a,b). Xerophytic plant (Degraded forests, shrub and herbaceous vegetation) exist in the downstream. There is excessive soil erosion in downstream because of the reasons of human impact and overgrazing. There is intense surface erosion in agricultural lands. The soil was dry at the time of the research.

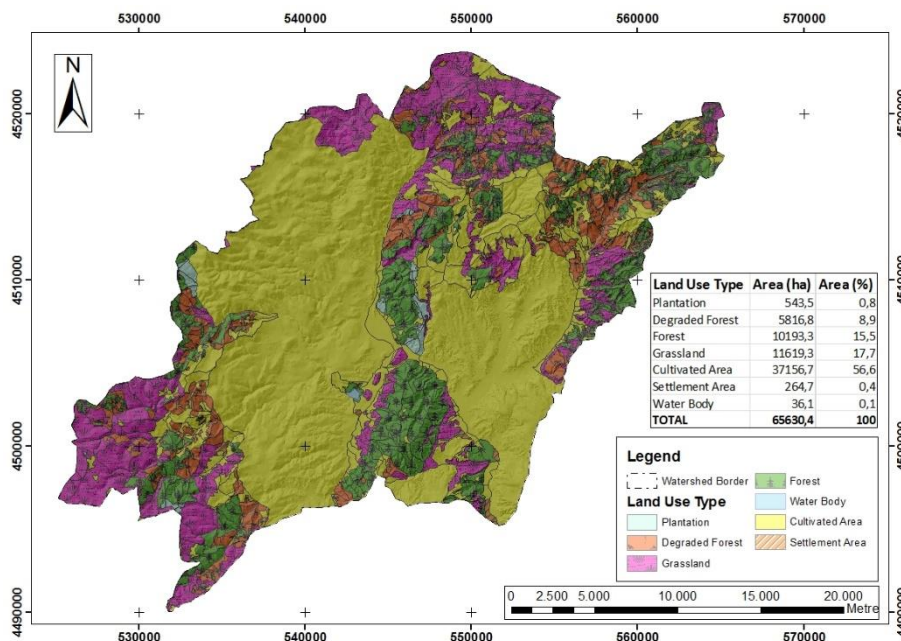


Figure 3. LUTLC spatial distribution of Tatlıçay catchment

3.2. Change of the soil properties under different land uses

The descriptive statistics i.e. mean, minimum (min.), maximum (max.), and standard deviation (SD) of observed soil properties were presented in the Table 1. In addition, the soil properties were also determined based on different LUTLC (Table 2).

The pH and lime levels were not significantly different among soil samples under all LUTLC. The results showed that SOM, SOC and TN in the cultivated area were significantly lower than the forest and grazing land. LSD analysis revealed that the difference ($p < 0.05$) was due to the variance among all LUTLC. SOC contents were significantly higher in the forest and grassland soils than in the cultivated soils. Long-term cultivation significantly ($p < 0.05$) decreased the SOM and SOC content in the top soils (Table 2). Bulk density (BD) under forest was significantly lower than the contents in the cultivated and grazing land soils. At the end of the variance analysis pertaining to BD according to the land use type the result was found statistically significant ($p < 0.05$) (Table 2). When LSD test was completed, the cultivated soils were found different than others. With respect to BD, various properties of cultivated, forest and grassland soils were identified in Table 1. The highest (1.44 gr.cm^{-3}) bulk BD was measured in the cultivated soils. The lowest (0.40 gr.cm^{-3}) BD was observed in Uludağ fir forest soils (Table 1).

In the surface soils of the research area, sand, clay, bulk density, lime and pH levels showed low variable ($CV < 40\%$) in four different LUTLC. On the other hand, SOM, SOC

and TN showed high variable ($CV > 40\%$) according to the type of LUTLC. In addition, SOC values of surface soils in Scotch pine forest and Uludağ fir forest showed very variable and min-max SOC content in these soils were $18.45\text{-}115.72 \text{ Mg.ha}^{-1}$, $61.76\text{-}348.1 \text{ Mg.ha}^{-1}$, respectively (Table 1, Fig. 4).

Except for bulk density, all measured soil properties showed normal distribution in Scotch pine and Uludağ fir forest top soils. Except for lime and pH, all values showed normal distribution in agricultural lands. Sand, lime and pH values showed normal distribution in Scotch pine forests and grassland areas (Table 1).

The highest (60.90%) sand mean value was determined in Scotch pine forest and the lowest (49.06%) in cultivated land soils. According to the bulk density (BD) mean variable, Scotch pine forest and grassland were in the same group, while the highest 1.11 gr.cm^{-3} mean value was obtained in cultivated area, the lowest 0.84 gr.cm^{-3} mean value was determined in Scotch pine forest soils. Soil reactions in the soils of the study area were determined to be moderately acidic (pH 5.76-5.92). The highest mean lime value (1.49%) was determined in cultivated areas, Scotch pine and Uludağ fir forest and grassland soils were in the same group.

The amount of SOM in the research area varies 16.54-1.40%, 15.63-1.03%, and 2.76-1.40%, among forest, grassland and cultivated areas respectively. The highest mean value (9.40%) of SOM was in Uludağ fir forest soils. The lowest mean value (1.75%) of SOM was in cultivated areas soils (Table 2).

Table 1. Descriptive statistics of variables at 0-15 cm soil depths according to different LUTLC

LUTLC	Variable	Unit	Min.	Max.	Mean	SD	Skewness	Kurtosis
Scots pine	Sand	%	52.00	70.00	60.90	3.79	-0.05	0.77
	Clay	%	9.00	21.00	17.20	2.33	-1.62	4.28
	SOM	%	1.14	16.54	3.93	4.24	1.72	2.14
	SOC	gr.kg^{-1}	13.86	42.75	27.18	7.70	0.11	-0.65
	SOC	Mg.ha^{-1}	18.45	115.72	71.27	26.39	-0.08	-0.99
	TN	%	0.06	0.83	0.20	0.21	1.72	2.14
	BD	%	0.40	1.10	0.87	0.20	-0.72	0.20
	Lime	%	0.28	1.69	0.98	0.29	0.30	0.70
	pH		5.23	6.31	5.78	0.24	-0.31	0.87
Uludağ fir	Sand	%	48.00	57.00	52.40	2.43	-0.10	-0.76
	Clay	%	19.00	25.00	22.77	1.77	-0.06	-1.10
	SOM	%	1.07	16.79	9.40	6.09	-0.04	-1.61
	SOC	gr.kg^{-1}	29.41	97.39	62.12	26.57	0.35	-1.86
	SOC	Mg.ha^{-1}	61.76	348.1	162.81	89.41	0.85	-0.67
	TN	%	0.05	0.84	0.47	0.30	-0.04	-1.61
	BD	%	0.63	1.24	0.85	0.16	1.05	0.59
	Lime	%	0.28	1.69	1.05	0.35	-0.08	-0.51
	pH		5.33	6.25	5.77	0.28	-0.02	-1.08
Grassland area	Sand	%	50.00	68.00	58.07	4.55	0.27	-0.63
	Clay	%	11.00	21.00	18.33	2.19	-1.31	3.10
	SOM	%	1.03	17.37	3.85	4.84	2.03	2.89
	SOC	gr.kg^{-1}	7.37	31.15	13.78	4.88	1.75	4.48
	SOC	Mg.ha^{-1}	17.68	84.12	39.11	14.55	1.46	3.02
	TN	%	0.05	0.87	0.19	0.24	2.03	2.89
	BD	%	0.65	1.18	0.95	0.14	-0.35	-0.34
	Lime	%	0.28	1.69	1.13	0.43	-0.41	-1.08
	pH		5.62	6.79	5.93	0.27	1.59	3.05
Cultivated area	Sand	%	45.00	54.00	49.07	2.63	0.22	-0.66
	Clay	%	19.00	28.00	22.73	2.66	0.41	-0.39
	SOM	%	0.66	2.76	1.76	0.56	0.14	-0.72
	SOC	gr.kg^{-1}	3.83	15.64	9.82	2.98	0.25	-0.41
	SOC	Mg.ha^{-1}	15.31	49.19	32.45	10.02	0.01	-1.08
	TN	%	0.03	0.14	0.09	0.03	0.15	-0.71
	BD	%	0.83	1.44	1.11	0.14	0.04	-0.09
	Lime	%	0.42	1.98	1.49	0.33	-1.43	3.10
	pH		5.59	6.92	5.89	0.30	1.86	4.29

SOM-soil organic material, SOC-soil organic carbon, TN-total nitrogen, BD-bulk density SD-standard deviation

Table 2. Comparison of LUTLC in terms of soil properties according to one-way ANOVA by followed LSD ($p < 0.05$).

LUTLC	Sand (%)	Clay (%)	pH	Lime (CaCO ₃) (%)	SOM (%)	SOC (gr.kg ⁻¹)	SOC (Mg.ha ⁻¹)	TN (%)	BD (gr.cm ⁻³)
	Means±SD	Means±SD	Means±SD	Means±SD	Means±SD	Means±SD	Means±SD	Means±SD	Means±SD
Scots pine	60.90±3.79 ^d	17.20±2.33 ^a	5.78±0.24 ^b	0.98±0.29 ^a	3.92±4.24 ^a	71.18±7.70 ^b	71.27±26.39 ^b	0.19±0.21 ^a	0.86±0.20 ^b
Uludağ fir	52.40±2.43 ^b	18.33±1.77 ^b	5.76±0.28 ^a	1.04±0.35 ^a	9.40±6.09 ^b	62.12±26.57 ^c	132.82±89.41 ^c	0.47±0.30 ^b	0.84±0.16 ^a
Grassland	58.06±4.55 ^c	18.33±2.19 ^b	5.92±0.27 ^c	1.13±0.43 ^a	3.84±4.84 ^a	13.78±4.88 ^a	39.11±14.55 ^a	0.19±0.24 ^a	0.94±0.14 ^b
Cultivated	49.06±2.63 ^a	22.73±2.66 ^b	5.88±0.30 ^b	1.49±0.33 ^b	1.75±0.56 ^a	9.82±2.98 ^a	32.45±10.02 ^a	0.08±0.03 ^a	1.11±0.14 ^c
F						85.02	48.05		

Abbreviations: pH-soil reaction, L-lime (CaCO₃), SOM-soil organic matter, SOC-soil organic carbon, TN-total nitrogen, BD-bulk density, SD- standart deviation, Lower case letters indicate statistically significant differences among soil properties affected by the different LUTLC ($p < 0.05$). The same letter means that land use types are not statistically different, $d > c > b > a$

3.3. Spatial variation of soil C

The change of SOC showed significant difference under different land use types in our study. Experimental semi-variograms were fitted using the Spherical model in the interpolation of SOC. Carbon contents of soils in different land-use types were interpolated for unsampled areas. Subsequently, the surface map of SOC for the study area was prepared by ordinary kriging (OK) (Fig. 4). The OK including organic matter as auxiliary variable showed the best performance among the methods used in this study (Root mean square error: 0.917, correlation coefficient (R²) is: 0.862, Pearson's correlation coefficient(r) is: 0.929 mean absolute error: 0.639).

The ordinary kriging model predicted SOC values more stable in agriculture and grassland areas. The range of variation in SOC values measured in forest soils is high (Fig. 5). Near-natural LUTLC classes (grasslands and forest) stock significantly ($P < 0.005$) higher topsoil SOC concentration than cultivated areas. On the other hand Uludağ fir forest soils showed low SOC concentration than Scotch pine forest soils.

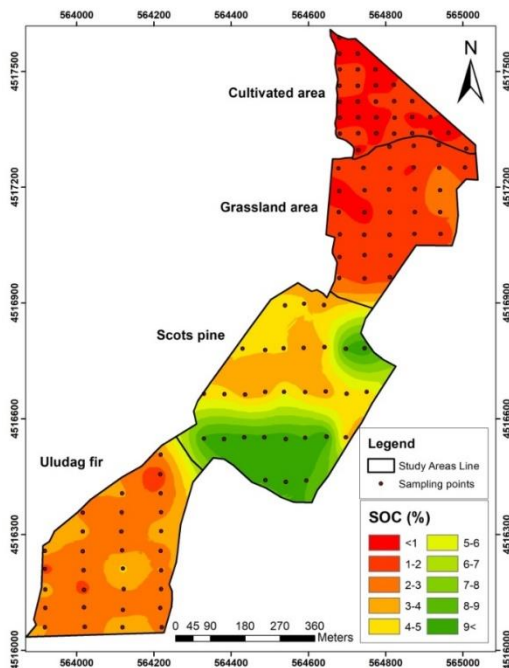


Figure 4. The SOC concentrations (%) map of surface soils in the different LUTLC

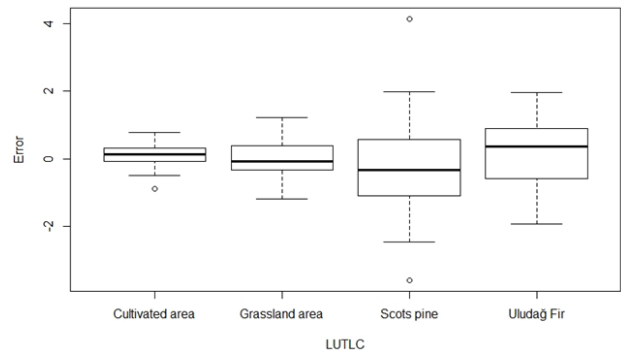


Figure 5. Boxplot of ordinary kriging (OK) method errors for different LUTLC. Hollow circles (○) denote the outliers and extreme outliers.

4. Discussion and conclusion

We investigated soil organic carbon (SOC) concentrations with respect to four adjacent land use types, which represent permanent and dynamic land use of forest-grass- cropland conversions in semi-arid region of Türkiye.

The world's soils are rapidly degraded after population growth and industrialization. Land-use type/land cover (LUTLC) change and consequent land degradation are considered the second greatest cause of carbon emission after fuel consumption (Quadrelli and Peterson, 2007; Schulp and Verburg 2009; FAO and ITPS, 2018).

The climate has a major influence on SOC at the global scale (Bird et al., 2001). At the local level several other factors of soil properties (soil texture, bedrock type, nutrients status, water holding capacity, aerobic microbial respiration etc.) geomorphology, soil erosion modulate the distribution of SOC across the landscape. The role of various natural and anthropogenic disturbances in modifying SOC inventories has received increasing attention in recent decades owing to the large role that LUTLC change plays in determining the magnitude of transfer between the terrestrial carbon sink and atmospheric CO₂ reservoir (Govers et al., 2013; Scharlemann et al., 2014; FAO, 2017b; FAO and ITPS, 2018). Therefore, it is suggested that the effect of LUTLC change on SOC accumulation should be taken into account in future studies to better understand the role of LUTLC change in the global C dynamics. Sustainable land management contributes to climate change mitigation depending on soil management practices.

LUTLC changes are the second-largest source of human-induced greenhouse gas emissions (GHGs), mainly due to deforestation all over the world. The conversion of

native vegetation to agricultural systems caused the highest SOC losses among all land use change types (Liu et al., 2017; Chatterjee et al., 2018). SOC has also long been used as an indicator of soil health, due to its capacity to improve the structural stability of soil, effecting porosity, aeration and water filtration capacities to supply clean water. However, SOC mineralization can be an important source of GHGs emissions. SOC dynamics under different LUTLC are still poorly understood, especially when the data collected from extensive areas and from different climatic zones (Schillaci et al., 2017). This means that changing SOM (and hence SOC) not only changes the provision of ecosystem services required for crop production, but also affects soils capacity to buffer against environmental changes, as it regulates the resilience of agricultural systems to climate change (FAO and ITPS, 2018).

The SOC storage is influenced by different factors such as climate, geology and soil biomass. On the other hand, the most important human effect on the rate of changes in SOC is attributed to land use conversion. LUTLC conversion from forest to cultivated or grazing land reduced soil carbon stock. In Türkiye most of LUTLC changes occur from forest to marginal agriculture and grazing lands. Semi-arid ecosystems in Türkiye are very fragile. On the other hand, insufficient rainfall and shallow soil are the most prominent properties of semi-arid regions of Türkiye. The main cause of soil erosion is the destruction of natural vegetation in these regions (Göl, 2009; Göl et al., 2017; Göl and Yılmaz, 2017). Rural population living in these regions has no income other than agriculture and animal husbandry. This situation causes natural areas to be rapidly destroyed.

Changes in LUTLC have a drastic effect on the physical, chemical, and biological properties of soil and hence it changes the soil quality (Liu et al., 2020; Kooch and Noghre, 2020). During the last few decades, as a result of increasing demand for agriculture and settlement area, particularly forest and grasslands are being cleared and converted to degraded areas. Studies about the impact of deforestation (Yazdanshenas et al., 2021) on SOC dynamics are particularly interesting as degradation affects large areas of forest in mountain areas all over the world (Seeber and Seeber, 2005; Barua and Haque, 2013; Zhou et al., 2018). The review of Guo and Gifford, (2002) pointed to a decrease of 59% in SOC due to a change from pasture to cropland. At regional scales, Vagen et al. (2005) report a decrease from 0% to 63% of soil organic C following deforestation in sub-humid and semi-arid savannas. In China (Wu et al., 2003; Zhou et al., 2019) reductions of 10% to 40% of the SOC in cultivated soils compared with the non-cultivated soils have been reported, the soils showing the highest losses being located in the semi-arid and sub-humid areas of that country (Boix-Fayos et al., 2009).

There have been a considerable number of studies on the dynamics of SOC concentration and its stock across the world (Friedlingstein et al., 2008; Poeplau et al., 2011; Wei et al., 2014; Pugh et al., 2015; Zhou et al., 2019; Kooch and Noghre, 2020). The results of our study show that, carbon content of the top soil section in forest and natural areas are higher than in cultivated soils because of LUTLC change. Similar results have also been reported that cultivation land had a 58% lower SOC level compared to forest land in inner Mongolia (Binyong et al., 2012), and 63% lower SOC level in cropland compared to forest after 30 years of cultivation

period in the southern highlands of Ethiopia (Assefa et al., 2017). The SOC mean level in grassland topsoil ($1.46 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) is less than the adjacent Uludağ fir forest topsoil ($162.81 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and Scots pine fir forest soil ($71.27 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$). In this study, Assefa et al. (2017) found that conversion of natural forest to grazing land also significantly reduced SOC stock in the soil by 53%. Bewket and Stroosnijder (2003) showed that grazing land had 48% lower levels of SOM than natural forest. Similarly, in our study, cultivated areas carbon stock $32.45 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ in top soils was very low compared to the adjacent forest and grassland areas carbon stock. This research has shown that carbon storage is decreasing as a result of overgrazing in grassland areas. Poor management of grasslands led to a decrease in SOC even in semi-arid areas. Since there is not enough rainfall in semi-arid areas of Türkiye, the use of fertilizers is very low. The increase of SOC stock in enclosures area indicates that an increase of vegetation growth and input of carbon can begin to restore SOC stocks (Li et al., 2012).

The conversion of forests to cultivated areas has had a negative impact on the SOC storage capacity of the topsoil the study area. It has been shown that cultivation exerts a negative role on SOC accumulation in various environments (Francaviglia et al., 2017). Similar results have been reported in the world (FAO and ITPS, 2018; Zhou et al., 2019; Liu et al., 2020; Kooch and Noghre, 2020).

The carbon stock of soils of Türkiye does not mirror the common problems of land-use changes. In semi-arid regions of Türkiye, the lack of knowledge on SOC dynamic is due to drought conditions and insufficient land management system.

This research will help to clarify how land-use change affects the soil properties and resulting carbon cycles dynamics. Land use contributes to SOC change more than temperature and precipitation change in semi-arid regions of Turkey. The SOC concentrations and some soil properties were statistically analyzed in relation to the land-use dynamics. The SOC, TN and BD of soil are strongly correlated with land use management practices. The Statistically significant differences in SOM, SOC, TN and BD were detected among the soils of grassland, forest and cultivated areas. These results demonstrate that the effect of land use and land cover change on BD was limited to shallower depths in the soil profiles. As far as I understand, the sentence could be as: The above results indicate that converting natural forests to grasslands and cultivated areas reduces SOC and SOM in soils. All these findings highlight that soil is the most important carbon sink area if suitably managed. On the other hand, when the soil is poorly managed, it will be the most important source of GHGs.

This study reveals that land-use change had a significant effect on soil organic carbon and soil properties. Our results refer the emission of GHGs under inappropriate land-use change. Conversion of forest to agriculture or grassland negatively affects the carbon storage of the surface soils.

Acknowledgements

This research was supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey, University Students Domestic Research Projects (TÜBİTAK 2209-A, 1919B011502795).

References

- Albaladejo, J., Ortiz, R., Garcia-Franco, N., Navarro, A.R., Almagro, M., Píntado, J.G., Mena, M.M., 2013. Land use and climate change impacts on soil organic carbon stocks in semi-arid Spain. *Journal of Soils and Sediments*, 19(2): 702-715. <https://doi.org/10.1007/s11368-012-0617-7>.
- Assefa, D., Rewald, B., Sandén, H., Rosinger, C., Abiyu, A., Yitafuru, B., Godbold D., 2017. Deforestation and land use strongly effect soil organic carbon and nitrogen stock in Northwest Ethiopia. *Catena*, 153: 89-99. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.02.003>.
- Barua, S.K., Haque N.S., 2013. Soil characteristics and carbon sequestration potentials of vegetation in the degraded hills of Chittagong, Bangladesh. *Land Degradation & Development*, 24: 63-71. <https://doi.org/10.1002/ldr.1107>.
- Batjes, N.H., 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 65(1): 10-21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x>.
- Berger, P.M., Yoksoolian, L., Freiburg J.T., 2019. Carbon sequestration at the Illinois Basin-Decatur Project: Experimental results and geochemical simulations of storage. *Environmental Earth Sciences*, 78: 646. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8659-4>.
- Bewket, W., Stroosnijder, L., 2003. Effects of agroecological land use succession on soil properties in Chemoga watershed, Blue Nile basin, Ethiopia. *Geoderma*, 111: 85-98. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(02\)00255-0](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(02)00255-0).
- Binyong L., Haiping T., Liheng W., Li Q., Zhou C., 2012. Relationships between the soil organic carbon density of surface soils and the influencing factors in differing land uses in Inner Mongolia. *Environmental Earth Science*, 65: 195-202. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1082-0>.
- Bird, M., Santrücková, H., Lloyd, J., Veenendaal, E., 2001. Global soil organic carbon pool. In: *Global Biogeochemical Cycles in the Climate System* (Ed: Schulze, E.D., Heimann, M., Harrison, S., Holland, E., Lloyd, J., Prentice, I.C., Schimel, D.), *Global Biogeochemical Cycles in the Climate System*, Academic Press, USA, pp. 185-199.
- Blake, G.R., Hartge K.H., 1986. Bulk density. In: *Methods of Soil Analysis, Part 1-Physical and Mineralogical Methods*, 2nd Edition (Ed: Klute, A.), American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, pp. 363-382.
- Boix-Fayos, C., Joris de Vente, J.D., Albaladejo, J., Martinez-Mena, M., 2009. Soil carbon erosion and stock as affected by land use changes at the catchment scale in Mediterranean ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 133: 75-85. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.05.013>.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A Recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-438. <https://doi.org/10.2134/agronj1951.00021962004300090005x>
- Bremner, J.M., 1996. Nitrogen total. In: *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods* (Ed: Sparks, D.L.; Page, A.L.; Helmke, P.A.; Loeppert, R.H.; Soltanpour, P. N.; Tabatabai, M. A.; Johnston, C. T.; Sumner M. E.), *SSSA Book Series 5*, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
- Brovkin, V., Bendtsen, J., Claussen, M., Ganopolski, A., Kubatzki, C., Petoukhov, V., Andreev, A., 2002. Carbon cycle, vegetation and climate dynamics in the Holocene: Experiments with the CLIMBER-2 model. *Global Biogeochemical Cycles*, 16: 1139. <https://doi.org/10.1029/2001GB001662>.
- Chatterjee, N., Nair, P.K.R., Saptarshi Chakraborty, S., Vimala, D., Nair, V.D., 2018. Changes in soil carbon stocks across the Forest-Agroforest-Agriculture/Pasture continuum in various agro ecological regions: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 266: 55-67. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.014>.
- Deng, L., Liu, G.B., Shangguan, Z.P., 2014. Land-use conversion and changing soil carbon stocks in China's 'Grain-for-Green' Program: A synthesis. *Global Change Biology*, 20(11): 3544-3556. <https://doi.org/10.1111/gcb.12508>.
- Doğan, U., 2002. Subsidence dolines formed by gypsum karstification at the east of Çankırı. Gazi University, Journal of Gazi Education Faculty, 22(1): 67-82.
- Don, A., Schumacher, J., Freibauer, A., 2011. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks—a meta-analysis. *Global Change Biology*, 17(4): 1658-1670. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x>.
- Fang, X., Xue, Z., Li, B., An, S., 2012. Soil organic carbon distribution in relation to land use and its storage in a small watershed of the Loess Plateau, China. *Catena*, 88: 6-13. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.07.012>.
- FAO and ITPS., 2018. *Global Soil Organic Carbon Map (GSOC map) Technical Report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Technical Report (VI.2.0). Rome. <https://doi.org/10.4060/ca7597en>.
- FAO 2017a. *Soil Organic Carbon: The Hidden Potential*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy. ISBN 978-92-5-109681-9
- FAO, 2017b. *Global Soil Organic Carbon Database (at 30 arcsec)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <https://doi.org/10.4060/ca7597en>
- Francaviglia, R., Renzi, G., Ledda, L., Benedetti, A., 2017. Organic carbon pools and soil biological fertility are affected by land use intensity in Mediterranean ecosystems of Sardinia, Italy. *Science of the Total Environment*, 599-600: 789-796. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.021>.
- Friedlingstein, P., Jones, C.D., Prentice, I.C., Woodward, F.I., 2008. Evaluation of the terrestrial carbon cycle, future plant geography and climate-carbon cycle feedbacks using five Dynamic Global Vegetation Models (DGVMs). *Global Change Biology*, 14(9): 2015-2039. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01626.x>.
- GDF, 1995a. 1995-2005, Çankırı Forest Management Unit Plan, General Directorate of Forestry (GDF), Regional Directorate of Ankara, Forest District Directorate of Çankırı.
- GDF, 1995b. 1995-2005, Yapraklı Forest Management Unit Plan, General Directorate of Forestry (GDF), Regional Directorate of Ankara, Forest District Directorate of Çankırı.
- Göl, C., Yılmaz, H., 2017. The effect of land use type/ land cover and aspect on soil properties at the Gökdere catchment in Northwestern Turkey. *Şumarski List*, 141: 9-10. <https://doi.org/10.31298/sl.141.9-10.2>.
- Göl, C., 2009. The effect of land use change on soil properties and organic carbon at Dağdamı river catchment in Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 30(5): 825-830.
- Göl, C., Bulut, S., Bolat, F., 2017. Comparison of different interpolation methods for spatial distribution of soil organic carbon and some soil properties in the Black Sea backward region of Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 134: 85-91. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.06.014>.
- Govers, G., Merckx, R., Van Oost, K., Wesemael, B.V., 2013. *Managing Soil Organic Carbon for Global Benefits: A STAP Technical Report*. Global Environment Facility, Washington, D.C.
- Guo, L.B., Gifford, R.M., 2002. Soil carbon stocks and land use change: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 8(4): 345-360. <https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x>.
- Harris, N.L., Brown, S., Hagen, S.C., 2012. Baseline map of carbon emissions from deforestation in tropical regions. *Science*, 336(6088): 1573-1576. [10.1126/science.1217962](https://doi.org/10.1126/science.1217962).
- Hoffmann, U., Yair, A., Hikel, H., Kuhn, N.J., 2012. Soil organic carbon in the rocky desert of northern Negev (Israel). *Journal of Soils and Sediments*, 12(6): 811-825. <https://doi.org/10.1007/s11368-012-0499-8>

- Houghton, R.A., Goodale C.L., 2004. Effects of land-use change on the carbon balance of terrestrial ecosystems. In: *Ecosystems and Land Use Change* (Ed: De Fries, R., Asner, G., Houghton, R.), American Geophysical Union, Washington DC.
- Houghton, R.A., Nassikas, A.A., 2018. Negative emissions from stopping deforestation and forest degradation, globally. *Global Change Biology*, 24(1): 350-359. <https://doi.org/10.1111/gcb.13876>.
- IPCC., 2013. Summary for policy makers. In: *Stocker, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Ed: Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jeloudar, Z.J., Shabanzadeh, S., Kavian, A., 2014. Spatial Variability of Soil Features Affected by Land use Type using Geostatistics. *Ecopersia*, 2(3): 667-679. <http://ecopersia.modares.ac.ir/article-24-368-en.html>.
- Jiang, P., Cheng, L., Li, M., Zhao, R., Duan, Y., 2015. Impacts of LUCC on soil properties in the riparian zones of desert oasis with remote sensing data: A case study of the middle Heihe River basin, China. *Science of the Total Environment*, 506-507: 259-271. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.004>.
- Köchy, M., Hiederer, R., Freibauer, A., 2015. Global distribution of soil organic carbon-Part I: Masses and frequency distributions of SOC stocks for the tropics, permafrost regions, wetlands, and the world. *Soil*, 1(1): 351-365. <https://doi.org/10.5194/soil-1-351-2015>.
- Kooch, Y., Noghre, N., 2020. Nutrient cycling and soil-related processes under different land covers of semi-arid rangeland ecosystems in northern Iran. *Catena*, 193: 104621. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104621>.
- Lal, R., 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304: 1623-1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>.
- Lal, R., Kimble, J.M., Follett, R.F., Cole, C.V., 1998. *The Potential of US Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*. Ann Arbor Press, Chelsea.
- Li, Y., Zhao, X., Chen, Y., Luo, Y., Wang, S., 2012. Effects of grazing exclusion on carbon sequestration and the associated vegetation and soil characteristics at a semi-arid decertified sandy site in Inner Mongolia, northern China. *Canadian Journal of Soil Science*, 92(6): 807-819. <https://doi.org/10.4141/cjss2012-030>.
- Liu, X., Chen, D., Yang, T., Huang, F., Fu, S., Li, L., 2020. Changes in soil labile and recalcitrant carbon pools after land-use change in a semi-arid agro-pastoral ecotone in Central Asia. *Ecological Indicators*, 110: 105925. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105925>.
- Liu, X., Yang, T., Wang, Q., Farong Huang, F., Lanhai Li, L., 2017. Dynamics of soil carbon and nitrogen stocks after afforestation in arid and semi-arid regions: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 618: 1658-1664. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.009>.
- Lozano-García, B., Parras-Alcántara, L., 2014. Variation in soil organic carbon and nitrogen stocks along a top sequence in a traditional Mediterranean olive grove. *Land Degradation and Development*, 25(3): 297-304. <https://doi.org/10.1002/ldr.2284>.
- Mukhopadhyay, S., Masto, R.E., Cerdà, A., Ram, L.C., 2015. Rhizosphere soil indicators for carbon sequestration in a reclaimed coal mine spoil. *Catena*, 141: 100-108. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.023>.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1996. *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. (Ed: Sparks, D.L.; Page, A.L.; Helmke, P.A.; Loeppert, R.H.; Soltanpour, P. N.; Tabatabai, M. A.; Johnston, C. T.; Sumner M. E.), Soil Science of America and American Society of Agronomy, SSSA Book Series Madison, USA.
- Olofsson, J., Hickler, T., 2008. Effects of human land-use on the global carbon cycle during the last 6,000 years. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17(5): 605-615. <https://doi.org/10.1007/s00334-007-0126-6>.
- Olson, K.R., Al-Kaisi, M.M., 2015. The importance of soil sampling depth for accurate account of soil organic carbon sequestration, storage, retention and loss. *Catena*, 125: 33-37. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.10.004>.
- Poepflau, C., Don, A., Vesterdal, L., Leiffield, J., Van Wesemael, B., Schumacher, J., Gensior, A., 2011. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone - carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology*, 17(7): 2415-2427. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x>.
- Prentice, I.C., Farquhar, G.D., Fasham, M.J.R., Goulden, M.L., Heimann, M., Jaramill, V.J., Kheshgi, H.S., LeQuéré, C., Scholes, R.J., Wallace Douglas, W.R., 2001. The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. In: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contributions of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Ed: Houghton et al.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 185-237.
- Pribyl, D.W., 2010. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. *Geoderma*, 156(3-4): 75-83. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.02.003>.
- Pugh, T., Armeth, A., Olin, S., Ahlström, A., Bayer, A., Goldewijk, K.K., Lindeskog, M., Schurgers, G., 2015. Simulated carbon emissions from land-use change are substantially enhanced by accounting for agricultural management. *Environmental Research Letters*, 10(12): 124008. [10.1088/1748-9326/10/12/124008](https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124008).
- Quadrelli, R., Peterson, S., 2007. The energy-climate challenge: Recent trends in CO2 emissions from fuel combustion. *Energy Policy*, 35(11): 5938-5952. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.07.001>.
- Quinton, J.N., Govers, G., Van Oost, K. & Bardgett, R.D., 2010. The impact of agricultural soil erosion on biogeochemical cycling. *Nature Geoscience*, 3(5): 311-314. <https://doi.org/10.1038/ngeo838>.
- Rhoades, J.D., 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods* (Ed: Sparks, D.L.; Page, A.L.; Helmke, P.A.; Loeppert, R.H.; Soltanpour, P. N.; Tabatabai, M. A.; Johnston, C. T.; Sumner M. E.), Soil Science of America and American Society of Agronomy, SSSA Book Series, Madison-USA, pp. 417-437. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3>.
- Richard, H.L., Donald, L.S., 1996. Carbonate and gypsum. In: *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods* (Ed: Sparks, D.L.; Page, A.L.; Helmke, P.A.; Loeppert, R.H.; Soltanpour, P. N.; Tabatabai, M. A.; Johnston, C. T.; Sumner M. E.) Soil Science of America and American Society of Agronomy, SSSA Book Series, Madison-USA, pp. 437-475.
- Robertson, F., Armstrong, R., Partington, D., Perris, R., Oliver, I., Aumann, C., Crawford, D., Rees, D., 2015. Effect of cropping practices on soil organic carbon: evidence from long-term field experiments in Victoria, Australia. *Soil Research*, 53: 636-646. <http://dx.doi.org/10.1071/SR14227>.
- Scharlemann, J.P.W., Tanner, E., Kapov, V., 2014. Global soil carbon: Understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, 5(1): 81-91. <https://doi.org/10.4155/cmt.13.77>.
- Schillaci, C., Acutis, M., Lombardo, L., Lipani, A., Fantappiè, M., Märker, M., Saia, S., 2017. Spatio-temporal topsoil organic carbon mapping of a semi-arid Mediterranean region: The role of land use, soil texture, topographic indices and the influence of remote sensing data to modeling. *Science of the Total Environment*, 601-602: 821-832. [10.1016/j.scitotenv.2017.05.239](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.239).

- Schulp, C.J.E., Verburg, P.H., 2009. Effect of land use history and site factors on spatial variation of soil organic carbon across a physiographic region. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 133(1-2): 86-97. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2009.05.005>.
- Searchinger, T.D., Wierseni, S., Beringer, T., Dumas, P., 2018. Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. *Nature*, 564: 249-253. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0757-z>.
- Seeber, J., Seeber, G.U.H., 2005. Effects of land-use changes on humus forms on alpine pastureland (Central Alps, Tyrol). *Geoderma*, 124(3-4): 215-222. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.05.002>.
- Sitch, S., Huntingford, C., Gedney, N., Levy, P.E., Lomas, M., Piao S.L., Betts, R., Ciais, P., Cox, P., Friedlingstein, P., Jones, C.D., Prentice, I.C., Woodward, F.I., 2008. Evaluation of the terrestrial carbon cycle, future plant geography and climate-carbon cycle feedbacks using five Dynamic Global Vegetation Models (DGVMs). *Global Change Biology*, 14(9): 2015-2039.
- Stumpf, F., Keller, A., Schmidt, K., Mayr, A., Gubler, A., Schaepman, M., 2018. Spatio-temporal land use dynamics and soil organic carbon in Swiss agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 258: 129-142. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.02.012>.
- Thompson, I.D., Guariguata, M.R., Okabe, K., Bahamondez, C., Nasi, R., Heymell V., Sabogal, C., 2013. An operational framework for defining and monitoring forest degradation. *Ecology and Society*, 18(2): 20. <https://doi.org/10.5751/ES-05443-180220>.
- Vagen, T.G., Lal, R., Singh, B.R., 2005. Soil carbon sequestration in sub-Saharan Africa: A review. *Land Degradation & Development*, 16(1): 53-71. <https://doi.org/10.1002/ldr.644>.
- Wasak, K., Drewnik, M., 2015. Land use effects on soil organic carbon sequestration in calcareous Leptosols in former pastureland – a case study from the Tatra Mountains (Poland). *Solid Earth Discussions*, 7(2): 1577-1610. <https://doi.org/10.5194/se-6-1103-2015>.
- Wei, X., Shao, M., Gale, W., Li, L., 2014. Global pattern of soil carbon losses due to the conversion of forests to agricultural land. *Scientific Reports*, 4(1): 1-6. <https://doi.org/10.1038/srep04062>.
- Wiesmeier, M., Lützw, M., Spörlein, P., 2015. Land use effects on organic carbon storage in soils of Bavaria: The importance of soil types. *Soil and Tillage Research*, 146(B): 296-302. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.10.003>.
- Wu, H.B., Guo, Z.T., Peng, C.H., 2003. Land use induced changes of organic carbon storage in soils of China. *Global Change Biology*, 9: 305-315. [10.1046/j.1365-2486.2003.00590.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00590.x).
- Yazdanshenas, H., Tehrani, M.S.G., Ajirloo, M.K., Tarnian, F., 2021. Changes in soil organic carbon across an atmospheric CO₂ gradient under natural and artificial vegetation of semiarid lands. *Environmental Earth Science*, 80(2): 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09319-2>.
- Zhou, Y., Hartemink, A.E., Shi, Z., Liang, Z., Lu, Y., 2019. Land use and climate change effects on soil organic carbon in North and Northeast China. *Science of the Total Environment*, 64: 1230-1238. [10.1016/j.scitotenv.2018.08.016](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.016).
- Zhou, Z., Wang, C., Lou, Y., 2018. Effects of forest degradation on microbial communities and soil carbon cycling: A global meta-analysis. *Global Ecology Biogeography*, 27(1): 110-124. <https://doi.org/10.1111/geb.12663>.

Bazı kabuk soyma araçlarının verim ve kabuk soyma kalitesi açısından karşılaştırılması

Mehmet Eker^{a,*} , Eray Öztürk^a 

Özet: Türkiye ormancılığında, ibrelî ağaç türlerinin hasadında, kabuk soyma işleri çoğunlukla meşcere içinde (kütük dibinde) gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, motorlu testerele monte edilmesi için tasarlanan kabuk soyma aparatının, modifiye edilip motorlu çalı tırpanına montajlanmasıyla elde edilen ve motosoyar adı verilen aracın kabuk soyma operasyonlarındaki kullanılabilirliği konu edilmiştir. Çalışmanın amacı; motosoyarın kabuk soymadaki uygulama potansiyelini ortaya koyabilmek için motosoyarın iş verimi ve kabuk soyma kalitesini, balta ve motorlu testere ile karşılaştırıp değerlendirmektir. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Akseki Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içindeki devlet ormanlarında aynı ağaç türünde (kızılcım; *Pinus brutia* Ten.), aynı meşcere koşullarında, tecrübeli ve sertifikalı bir operatörle, aynı zaman periyodunda hasat edilmiş benzer boy ve farklı çaplardaki tomrukların kabukları, üç farklı araç-gereçle soyulmuştur. Araç-gereç farklılıklarından kaynaklanan kabuk soyma performansı, iş-zaman etütlerinden elde edilen iş verimiyle; kabuk soyma kalitesi ise tomrukta kalan kabuklu alan miktarından elde edilen oranla belirlenmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar; ortalama 25 cm orta çap ve 3 m boya sahip tomrukların kabuklarının soyulmasında, tüm zaman dilimleri ölçeğinde motorlu testerenin en yüksek verime sahip olduğunu (3.65 m³/sa); motosoyarın (3.06 m³/sa) baltaya (1.25 m³/sa) göre daha verimli olmasına karşın motorlu testereye göre veriminin düşük olduğunu göstermiştir. Soyma kalitesi yönünden baltanın daha temiz (kalan kabuk miktarı; %1.65) soyma yaptığı, motorlu testerenin % 2.73' lük oranla onu izlediği ve motosoyarın ise %3.42'lik bir düzeyde kabuk bıraktığı tespit edilmiştir. Motosoyar; sistem yapısının iyileştirilmesiyle (kayış ve şaft kolunun düzenlenmesi) motorlu testere kadar verimli ve kullanışlı olabilecek bir performans göstermiştir. Motosoyarın, kabuk soyma işlerindeki (daha önceki çalışmalarda belirlenen) teorik, teknik, ekonomik ve ergonomik potansiyeli yanında, uygulama potansiyeline de sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Kabuk soyma, Motosoyar, Kabuk soyma aparatı, Motorlu testereye montajlı kabuk soyma, Balta, İş verimi

Comparison of some debarking tools in terms of productivity and debarking quality

Abstract: In this research, the use of the motosoyar, which was previously developed by mounting a peeling device on a brush cutter, in the field and the determination of the resulting efficiency; in addition, it was aimed to determine the implementation potential of the motosoyar by comparing the work productivity of the motosoyar with the chainsaw-mounted debarking equipment and the axe. In addition, it was aimed to compare the debarking quality of these three tools by accepting the amount of bark remaining on the log surface as an indicator. A certified employee; in the same field conditions, in the same stand, in the same tree species (*Pinus brutia* Ten.), cut and sorted on the same dates, the bark of logs of similar height and different diameters was stripped with these three tools. Work efficiency was determined through time studies; debarking quality was calculated over the amount of bark remaining on the log. In debarking operations of logs with an average diameter of 25 cm, medium diameter and 3 m length, the chainsaw was more efficient in all time periods (3.65 m³/h), motosoyar (3.06 m³/h) was found to be efficient compared to the axe (1.25 m³/h), but inefficient compared to the chainsaw. In terms of debarking quality, it has been determined that the axe peels more cleanly (remaining shell amount; 1.65%), the chainsaw follows it with a rate of 2.73%, and the motosoyar peels at a level of 3.42%. With the improvement of the system structure (arrangement of belt and shaft arm) of motosoyar, it has shown a performance that can be as efficient and useful as a chainsaw. It has been revealed that Motosoyar has implementation potential as well as theoretical, technical, economic and ergonomic potential in debarking works.

Keywords: Debarking, Motosoyar, Debarking tool, Chainsaw-mounted debarker, Axe, Productivity

1. Giriş

Artan nüfusun orman ürünlerine olan talebinin artması, buna paralel olarak tedarik maliyetlerinin de artması ve çeşitli faktörlere bağlı olarak kıtlaşan orman kaynakları karşısında; kolektif faydalanmanın sürdürülebilirliğinin sağlanması için yeni ve tutarlı çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır (Alkan vd., 2010). Oduna dayalı orman ürünleri üretim sürecinde

yapılacak bazı teknolojik iyileştirmeler, bu kapsamda değerlendirilebilecek niteliktedir (Alkan ve Eker, 2005). Örneğin, bu süreçte, meşcere içinde gerçekleştirilen ve zaman-maliyet ölçeğinde önemli etkilere sahip kabuk soyma operasyonları için motosoyar (kabuk soyma aparatı montajlanmış motorlu çalı tırpanı) gibi alternatif araçlar kullanılması; teknik, ekonomik ve ergonomik faydalar sunabilir.

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

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 23.11.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 23.12.2022



Citation (Atf): Eker, M., Öztürk, E., 2022. Bazı kabuk soyma araçlarının verim ve kabuk soyma kalitesi açısından karşılaştırılması. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 278-289. DOI: [10.18182/tjf.1168983](https://doi.org/10.18182/tjf.1168983)

Endüstriyel yuvarlak odunların kabuklarının soyulması, birincil orman ürünlerini işlemeye dayalı orman endüstrisinin değer zincirini oluşturmada önemli bir katkıya sahiptir. Orman endüstrisinin neredeyse tüm sektörlerinde, odun hammaddesi başkaca ürünlere dönüştürülmeden önce kabuğu soyulmaktadır. Kabuk soyma işlemi, meşcere içindeki elle yapılan operasyonlardan doğrudan fabrikalarda bulunan tam mekanize kabuk soyma tesislerine doğru, önemli bir evrim geçirmiştir. Ayrıca, atık bertarafı kapsamında, maliyetleri artırmak yerine ek değer yaratmak için fabrikalarda, kalan kabukların başkaca amaçlarla (örneğin; biyoenerji tesislerinde) kullanımına yönelik dağıtım kanalları kurulmuştur. Fabrikalarda yapılan kabuk soyma işlerinin bu teknik başarılarına rağmen, hasat edilmiş ağaçtan elde edilen ürünlerin doğrudan meşcere içinde soyularak orman ekosistemi içinde bırakılması, halihazırda birçok fayda da sunmaktadır.

Kabuğun meşcere içinde soyulmasıyla; orman ağaçları biyokütlesinin bir bileşeni olan kabuğun (örneğin; kızılçam ağacının hacmen %12-30' u (Sun vd., 1977); taze ağırlık olarak da %8-12' sini oluşturan kabuk biyokütlesinin (Eker vd., 2013) meşcere içinde bırakılması halinde, kabukta bulunan bitki besin elementleri ekosistem içinde kalır ve biyojeokimyasal döngü için orman toprağı tarafından kullanılabilir duruma gelir (Hopmans vd., 1993; Yan vd., 2017; Rustad vd., 2020). Kabuğun soyulmasıyla ağaç gövdesinin kütlesi ve hacmi azalır ve gövde kabuklu oduna kıyasla daha hızlı kurur (kuruma hızı 3 kat artış gösterebilir). Bu değişiklikler, gövde neminin ve dolayısıyla taşınması gereken kütle ağırlığının azalmasını sağlar (Heppelmann vd., 2019). Orman sağlığı açısından kabuk böceği zararlarının önlenmesinde, hasat sürecinde ürünün kabuğunun meşcere içinde soyulması önemli bir role sahiptir. Orman endüstrisinde ve biyoenerji sektöründe kabuğu soyulmuş ahşabın kullanılması; ahşabın termal kullanımındaki sorunları azaltır ve daha az kül kalıntısı ve ince toz emisyonu üretilmesine neden olur (Werkelin vd., 2005).

Hasat sürecinin bir parçası olan kabuk soyma operasyonlarının hızlandırılması, maliyetlerin düşürülmesi, kabuğun meşcere içinde kalmasının sağlanması ve transport işlerinin kolaylaştırılması açısından kabuk soyma işlerinin modern ve mekanize hale getirilmesi yöntemleri aranmaktadır (Çoban ve Eker, 2014). 2000' li yıllarda Türkiye' de kullanılmaya başlanan motorlu testereye doğrudan (motora) veya dolaylı şekilde (palaya) montajlanmak üzere tasarlanan kabuk soyma aparatları buna örnek sayılabilir. Motorlu testere, ormancılıkta ağaç hasadında çok amaçlı olarak uzun yıllardan beri kullanılmakta olduğundan, kabuk soyma aparatının bu araca eklenmesiyle motor-manuel bir soyma aracının üretilmesi; orman işlerini yapanlar tarafından kolayca kanıksanmış ve bu, verimli bir çözüm olmuştur. Kabuk soyma için balta, kabuk soyma demiri/kaşığı gibi geleneksel gereçler yanında, motorlu testerenin de kullanılması teknik ve ekonomik çözümler sunsa da iş kolaylığı ve ergonomik açıdan arayışlar devam etmektedir. Kabuk soyma aparatının motorlu çalı tırpanına montajlanmasıyla elde edilen motosoyar da bu çözümlerden birisi olmuştur. Kabuk soymada kullanılan motorlu testerenin iş tekniğı, çalışma ergonomisi, iş sağlığı ve güvenliği yönünden bazı olumsuzluklarına karşı; çalışanın ayakta, belini büküp kıvrımadan, gürültü-toz-gaz-vibrasyon kaynağından uzakta çalışmasına fırsat sunması açısından yararışlı bir araç olarak motosoyar tasarlanmış ve prototip

olarak imal edilip test edilmiştir (Şefik, 2019; Eker ve Şefik, 2019).

Türkiye ormancılığında oduna dayalı orman ürünleri hasadının %90' ından fazlası tomruk üretim metoduyla ve yarı-mekanize sistemlerle yapıldığından motorlu testere yanında motorlu tırpanın da ibrelili ormanlardaki kabuk soyma operasyonları için uygulama potansiyeline sahip (herkes tarafından benimsenip yaygın şekilde kullanılabilir) olup olmadığı sorusu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, motosoyarla kabuk soyma potansiyelini ve bu aracın genel uygulanabilirliğini araştırmak için bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma, balta ve motorlu testere gibi gelenekselleşmiş araç-gereç yanında, kabuk soyma işlerindeki operasyonel esnekliği koruyup arttırmak, verimi yükseltmek ve maliyetleri düşürmek için motosoyarın kullanılma potansiyelinin araştırılması üzerine odaklanmıştır. Bu yaklaşımla, motosoyarın uygulanabilirliğini ortaya koymak için balta ve motorlu testere ile karşılaştırılmasında, iş verimi ve kabuk soyma kalitesi ölçüt olarak esas alınmıştır. Kabuk soymaya yönelik çalışmaların çoğunluğu, genellikle iş verimi odaklıdır. Kabuk soyma kalitesinin söz edildiğı çalışmalara çok az rastlanmış olup bu çalışmalarda da gövdede kalan kabuk miktarı ölçü kabul edilerek kabuk soymadaki iş kalitesi değerlendirilebilmiştir (Stokes ve Watson, 1991; Franklin, 1992; Gingras, 1992; Hartsough vd., 2000; Laganier ve Hernandez, 2005; McEwan vd., 2017). Bu çalışmanın amacı; meşcere içindeki kabuk soyma işlerinde motosoyarın uygulama potansiyelini ortaya çıkarmaktır. Çalışma kapsamında, tecrübeli ve sertifikalı bir operatör tarafından olağan üretim sürecinde motosoyarın kullanılması ve ortaya çıkan iş veriminin ölçülmesi; motorlu testere ve baltanın da iş verimlerinin ölçülüp birbirleriyle karşılaştırılması; tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarına bağlı olarak bu üç aracın kabuk soyma kalitesinin karşılaştırılması ve elde edilen sonuçlara göre motosoyarın kullanılabilirliğinin saptanması hedeflenmiştir. Motosoyarın iş veriminin baltadan daha yüksek olması ve motorlu testereye yakın bir değere erişmesi halinde, uygulama potansiyeline sahip olduğunun iddia edilebileceğı varsayımıyla, bu araştırma gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışma, halihazırda odun hammaddesi hasadında motorlu testereye montajlanarak kullanılmakta olan kabuk soyma aparatının, bazı modifikasyonlar yapılarak çalı tırpanına eklenmesiyle türetilen kabuk soyma aracının (motosoyarın) uygulanabilirliği üzerine odaklanmıştır. Motosoyar, Şefik (2019) tarafından Baseh marka kabuk soyma aparatının çeşitli değişikliklerle, Orac BG 520 marka ve modeldeki çalı tırpanına monte edilmesiyle geliştirilmiştir. İmalat ve saha testleri ile iki aracın uygun bir şekilde eşleşmesi ve teknik uyumluluğı daha önceden sağlanmıştır. Motosoyarın, meşcere içindeki kabuk soyma operasyonlarındaki teorik, teknik ve ergonomik potansiyeli Şefik (2019) tarafından, ekonomik potansiyeli de Eker ve Şefik (2019) tarafından yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur. Motosoyarın uygulama potansiyeli ise bu araştırmada, iş verimi ve soyma kalitesi üzerinden karşılaştırmalı olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmanın ana objesini, kabuk soyma işinde kullanılan balta, kabuk soyma aparatı, gövdesine kabuk soyma aparatı montajlanmış motorlu testere ve çalı tırpanı (motosoyar) oluşturmuştur. Balta; yerel sanayide üretilmiş, ortalama ağırlığı 1.5 kg, ahşap sap uzunluğu 80-100 cm olan bir gereçtir (Şekil 1). Motorlu testereye ve çalı tırpanına monte edilen kabuk soyma aparatı, Baseh firması tarafından üretilen, kayış sistemiyle doğrudan motorlu testereye montajlanıp bu şekilde güç alan; 2.9 kg ağırlığında, en az 1.2 kW motor gücüne ihtiyaç duyan, her biri 3 cm ağız genişliğine sahip 4 adet çift taraflı çelik bıçağa sahip bir araçtır (Şekil 2) (Eker, 2004; Baseh, 2022).

Çalışmada yer alan kabuk soyma araçları; mevcut parça ve sistem yapılarıyla sınırlandırılıp kullanılmış ve bu çalışmaya özgün herhangi bir modifikasyon yapılmamıştır. Özellikle motosoyarın olağan hasat operasyonlarında kullanılabilirliğini belirlemek için operatörlerin motosoyarla çalışmayı algılaması ve tutumlarının oluşması açısından halihazır yapısıyla kullanılmasına özen gösterilmiştir.

Kabuğu meşcere içinde soyulan ve geniş yayılış alanları (toplam ormanlık alanın % 23' ü) ile ülkenin yıllık yuvarlak odun üretiminin önemli (%34' lük) kısmını oluşturan kızılçam ağaç türünün (OGM, 2022) bu çalışma için uygun olduğu düşünülmüştür. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Akseki Orman İşletme Müdürlüğü, Gökçebel Orman İşletme Şefliği, 124 no.lu bölmede, tıraşlama kesimleri sırasında, bu üç araç-gerecin kabuk soyma aktivitelerindeki performansı ve iş kalitesine yönelik iş-zaman ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bölme, saf kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşceresinden oluşmakta ve Çzd₃ meşcere tipindedir. 5.7 ha büyüklüğündeki bölmenin arazi eğimi %31-75 arasında değişmektedir.

Kabuk soyma araçlarını karşılaştırabilmek için aynı bölme içinden kesilmiş, aynı veya farklı ağaçlardan elde edilen, çap ve boyları farklı 210 adet tomruğun kabuğu, 3 araçla, aynı operatöre soydurulmuştur (Şekil 5, 6 ve 7). Operatör farklılığı faktörünü ortadan kaldırmak için araştırma sahasında aktif olarak çalışan 15 adet ağaç kesme ve boylama operatöründen gönüllülük esas alınarak 1 adet operatör seçilmiştir (operatör; fotoğraflarının bilimsel amaçlı yayınlarda yer almasında sakınca görmediğini beyan etmiştir). Bu operatör; 170 cm boyunda, 80 kg ağırlığında ve 45 yaşında olup herhangi sağlık problemi olmadığını belirtmiştir.

Kabuk soyma aparatının monte edildiği motorlu testere, Husqvarna 268 marka ve modelde olup 66.7 cc silindir hacmi, 4.4 hp motor gücü ve 6.2 kg ağırlığa sahiptir (Şekil 3). Bu motorlu testere, çalışılan yörede; fiyat, performans, ağırlık ve ergonomi açısından oldukça yaygın şekilde kullanılan bir araçtır. Bu çalışmada kullanılan motosoyar; Şefik (2019) tarafından tasarlanıp geliştirilmiş olup Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Transport ve Geomatik laboratuvarından temin edilmiştir. Motosoyarın güç kaynağını oluşturan Orac BG 520 marka ve modeldeki çalı tırpanı; 51.7 cc silindir hacmi, 1.9 hp motor gücü 8.2 kg ağırlığa sahiptir (Şekil 4). Bu çalı tırpanına da Baseh marka kabuk soyma aparatı montajlanmış durumdadır (Şefik, 2019; Eker ve Şefik, 2019).



Şekil 1. Kabuk soymada kullanılan balta (nacak)



Şekil 2. Baseh marka kabuk soyma aparatı



Şekil 3. Kabuk soyma aparatlı motorlu testere



Şekil 4. Motosoyar (Eker ve Şefik, 2019)



Şekil 5. Balta ile kabuk soyma



Şekil 6. Motorlu testereyle kabuk soyma



Şekil 7. Motosoyarla kabuk soyma

Tomrukların çapını ölçmek için çap ölçer, boyunu ölçmek için ise şerit metre kullanılmıştır. Tomruk kabuğunun kalınlığını ölçmek için Haglöf marka ağaç kabuk kalınlığı ölçer ve cetvelden yararlanılmıştır. Tomruğun yüzeyinde kalan kabuk kalıntılarını ölçmek için milimetrik aydınler kâğıdı, cetvel vb. araçlar kullanılmıştır. Zaman etütlerini yapmak için dijital kronometre, veri kaydı için ise Eker (2004) tarafından geliştirilmiş arazi etüt formları ile tam zamanlı video kaydedici kullanılmıştır. Analizlerin yapılması sırasında ise Microsoft Excel ile SPSS (IBM, 2022) istatistik paket programları kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Motosoyar adlı kabuk soyma aracı operatörler tarafından daha önceden görülüp bilinmediğinden öncelikle bu aracın tanıtımı yapılmış ve test etmeleri sağlanmıştır. Operatörlere araştırma amacı da aktarıldıktan sonra, halihazır teknik ve yöntemlerle yapılan kabuk soyma işleri; iş akışı, çalışan performansı ve etkin çalışma saatleri yönünden farklı günlerde incelenmiştir. Verilerin birbirleriyle karşılaştırılmasında çeşitli değişkenlerin etkilerini azaltmak için daha önceden belirlenmiş operatörün motosoyara hâkimiyetinin artması ve rutin bir çalışma düzenine erişmesi sağlanıncaya kadar denemeler yapılmıştır. Ağustos ve Eylül aylarında gerçekleştirilen çalışmada, tomrukların soyulmasını etkileyen mevsimlik ve günlük şartlar (örneğin, nem içeriği etkisi), 210 adet tomruk için sabit kabul edilmiştir. Bu çalışmada, operatörün olağan çalışma düzenine müdahale edilmeden iş ve zaman etüdü gerçekleştirilmiştir. Operatör, işyerinde işgünü içerisinde belirli bir periyotta işleyebileceği kadar ağacı kesip boyladıktan sonra tomrukları yan yana toplamış ve sonra da seri bir şekilde kabuk soyma faaliyeti gerçekleştirmiştir. Operatör, balta ile kabuk soymanın uzunca zamandır tercih edilmediğini ifade ederek (rastgele seçilen) 30 adet tomruğu baltayla soymaya gönüllü olmuştur. Motorlu testere ve motosoyarla soyulan 90' ar adet tomruk, rastgele olacak şekilde seçilmiştir. Tomrukların seçiminde, sistematik olarak bir örnekleme deseni kullanılmasa da görsel olarak ince, orta ve kalın çaplı tomruklardan tercih yapılmış, orta çap ölçümleriyle de kontrollü bir seçim yapılmaya çalışılmıştır. İş ve zaman ölçümlerinde, tomruk kabuklarının soyulmasına ilişkin iş dilimlerinin belirlenmesinde Eker ve Şefik (2019) tarafından kullanılan yöntemden yararlanılmıştır. İş dilimlerinin sırası, başlangıç ve bitiş anları ile buna bağlı ölçme noktaları (Yıldırım, 1989; Doğan, 2015) Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Kabuk soyma iş dilimleri ve ölçme noktaları

İş akışı	İş ögesi (İş akış dilimi)	Ölçme noktası	
		Başlangıç anı	Bitiş anı
Kabuk soyma	Hazırlık (tomruğa yürüme/yönelme)	Kabuk soyma işlemi için yapılacak hazırlıkların başlaması ile başlar.	Kabuk soyma işlemi için kullanılacak aracın/aletin ele alınıp tomruğa/gövdeye yönelmeyle ve/veya aracın kabuk soymak için çalıştırılmasıyla biter.
	Soyma	Kabuk soymada kullanılacak aletin ya da aracın tomruk yüzeyine temas ettirilmesiyle başlar.	Kabuğu soyulması gerekli olan tomruğun yüzeyi tamamen soyulup alet ya da araç tomruktan uzaklaştırılınca/çekilince iş biter.
	Çevirme	Çevirmeyi sağlayacak şekilde aletle ya da elle tomruğa temasla başlar.	Tomruğun kendi eksenine etrafında döndürülüp sabitlenmesiyle son bulur.
	Bekleme (Gecikme)	Kabuk soymada kullanılan alet ya da aracın soyma eylemini durdurmasıyla başlar.	Kabuk soyma eylemine yeniden başlanmasıyla son bulur.

Kabuk soyma işi; kabuk soyma için hazırlık, soyma ve çevirme iş dilimlerine ayrılmıştır (Eker, 2015). Bununla birlikte bazı nedenlerden dolayı iş akışı gereği işe ara verme (gecikmeler) süreleri de iş dilimi süreleri kapsamında ele alınmıştır. Çünkü bir tomruk soyulduktan sonra diğerine geçişlerde operatör, tomrukların vaziyetine veya soyucu aracın durumuna bağlı olarak gecikmeler yaşadığından iş süreci kesintiye uğramıştır. Bu çalışmada, yalnızca verimli temel çalışma zamanının/süresinin (ana ve yan faaliyet zamanlarının/sürelerinin) (Eker vd., 2011) ölçümüne yönelik doğrudan bir gözlem gerçekleştirilmiştir. İş dilimlerine ait süreler, kümülatif zaman ölçme tekniğine göre dijital kronometreden yararlanılarak ölçülmüş ve etüt kayıt formlarına işlenmiştir. İş dilimlerinin temel (elementel) zamanları ölçüğünde (Magagnotti ve Spinelli, 2012) bir ölçme ve değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Kabuk soyma araç-gereçlerinin iş verimleri kıyaslanabilsin diye; (1) ana faaliyet zamanı (aktif soyma süresi), (2) ana ve yan faaliyet zamanı (çevirme) toplanarak temel faaliyet zamanı, (3) temel faaliyet zamanına dinlenme ve hazırlık zamanları eklenerek toplam faaliyet zamanı hesaplanmıştır. Analiz ve değerlendirmeler için gerekli olan orta çap, boy ve kabuk kalınlığı da her bir tomruk için ölçülerek etüt formlarına kaydedilmiştir (Çizelge 2). Tomruk niteliklerine ilişkin veri ile tomruk hacmi, kabuk soyma yüzey alanı ve kabuk hacmi hesaplanmıştır (Çizelge 3).

Tomruk hacmi hesaplanırken tomruğun orta çapı ve boyundan yararlanılarak Huber formülü (1) (Carus, 2002) kullanılmıştır. Tomruk orta çapı ve boyu kullanılarak Geray (1978) tarafından da kullanılan formülle (2) kabuk soyma yüzey alanı bulunmuştur (Çizelge 3).

$$V = \left[\frac{\pi}{4} \right] \cdot (d_{0,5}^2) \cdot L \quad (1)$$

Burada; V tomruk hacmini (m³), d_{0,5} tomruk orta çapını (cm). L ise tomruk boyunu (m) temsil etmektedir.

$$S = c \cdot L \quad (2)$$

Burada; S kabuklu soyma yüzeyi alanını (m²), c kabuklu tomruk çevresini (m), L ise tomruk boyunu (m) temsil etmektedir.

Her bir teknikle soyulan tomrukların çapları, boyları ve kabuk kalınlıkları farklı olmasından dolayı soyulan kabuk yüzeyi ve hacminin de farklı olması beklendiğinden, karşılaştırmaların sağlıklı şekilde yapılabilmesi için soyulan tomruk başına kabuk hacmi de hesaplanmıştır. Kabuk hacminin hesaplanmasında aşağıdaki formülden (3) yararlanılmıştır (Çizelge 3).

$$H = S \cdot Kk \quad (3)$$

Burada; H kabuk hacmini (m³), S kabuklu soyma yüzeyi alanını (m²), Kk kabuk kalınlığını (m) ifade etmektedir.

Bu çalışmada, tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarı esas alınarak, soyma araçlarının kabuk soyma kalitesi tanımlanmaya çalışılmıştır. Tomruk kabuklarının soyulmasındaki kalite; hem göreceli (görsel) olarak hem de milimetrik aydınlar kâğıdı ile ölçülerek belirlenmiştir. Göreceli olarak kalitenin belirlenmesinde; tomruğun kabuğu soyulduktan sonra, tomruk yüzeyinde kalan kabuk olup olmadığı kabuk renginden ve/veya tomruğun odun rengindeki değişimlerden yararlanılarak görsel olarak belirlenmiştir. Milimetrik-aydınlar kâğıdı ile yapılan ölçmede ise; tomruğun tam orta noktası esas alınarak A4 büyüklüğündeki bir kâğıdın yatay ölçüsü kadar genişlikte (297 mm), tomruk orta çapı ile aynı çapta bir silindir temsili oluşturulmuştur. Tomruğun silindir boyu ve çapı kadarki kısmında, yüzeydeki kabuk kalınlıklarının alanı ölçülmüştür. Şeffaf aydınlar kâğıdının ortası ile silindir yani tomruk ortası eşleştirilmiş, tomruğun yüzeyindeki (varsa) kabuklu alanlar bir veya daha çok aydınlar kâğıdı kullanılarak silindir çevresi boyunca kâğıt üzerine çizilmiş (Şekil 8); daha sonra çizilmiş poligonlar milimetrik kâğıt yardımıyla ölçülmüş ve kalan kabuk miktarı alan ölçüsü biriminde hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Kabuğu soyulan tomrukların (ölçülmüş) bazı tanımlayıcı istatistikleri

Nitelikler	İşlem	N	Ortalama	En küçük	En büyük	Std. sapma
Çap (cm)	1	30	24.30	15.00	44.00	7.957
	2	90	25.72	13.00	42.00	6.305
	3	90	27.64	14.00	66.00	10.196
Boy (m)	1	30	3.00	2.50	4.00	0.394
	2	90	3.10	2.00	4.00	0.440
	3	90	3.10	2.50	4.00	0.398
Kabuk kalınlığı (cm)	1	30	1.523	0.40	3.50	0.921
	2	90	1.550	0.40	3.10	0.682
	3	90	1.484	0.10	3.50	0.837

İşlemler. 1: Balta, 2: Motosoyar, 3: Motorlu testere ile kabuk soyma

Çizelge 3. Kabuğu soyulan tomrukların (hesaplanmış) bazı tanımlayıcı istatistikleri

Nitelikler	İşlem	N	Ortalama	En küçük	En büyük	Std. sapma
Tomruk hacmi (m ³)	1	30	0.151	0.053	0.456	0.099
	2	90	0.171	0.039	0.453	0.084
	3	90	0.208	0.046	1.026	0.165
Kabuk yüzey alanı (m ²)	1	30	2.279	1.414	4.147	0.757
	2	90	2.512	1.225	4.775	0.699
	3	90	2.678	1.319	6.220	0.974
Kabuk hacmi (m ³)	1	30	0.038	0.006	0.141	0.031
	2	90	0.042	0.006	0.099	0.025
	3	90	0.044	0.002	0.162	0.035

İşlemler. 1: Balta, 2: Motosoyar, 3: Motorlu testere ile kabuk soyma



Şekil 8. Tomruk yüzeyinde kalan kabukların ölçülmesi

Analiz ve değerlendirmelerin gerçekleştirilmesinde; her bir araç-gereç için kabuk soyma süreleri (çalışma zamanları) ve kabuk soyma iş verimleri (tomruk hacmi başına, soyma yüzeyi alanı başına, kabuk hacmi başına) belirlendikten sonra, iş verimleri öncelikle ortalamalar itibarıyla birbirleriyle karşılaştırılmış ardından da benzer çap sınıfları ölçeğinde karşılaştırma yapılmaya çalışılmıştır. Tomruk orta çapı-verimlilik ilişkisini yorumlayabilmek için her üç araçla yapılan kabuk soyma işlemlerinde, önce 3'lü ölçeğe göre çaplar sınıflandırılmıştır. Buna göre; tomruk orta çapı 20 cm'nin altında ise 1. çap sınıfı; tomruk orta çapı 21-30 cm arasında ise 2. çap sınıfı ve tomruk orta çapı 31 cm'nin üstünde ise 3. çap sınıfı olmak üzere değerlendirme yapılmıştır. Çap sınıflarının oluşturulmasında; frekansların eşit olmaması ve çapların varyanslarının eşit ve homojen olmaması durumu dikkate alınarak da toplam çap ortalamasının 25 cm kabul edilmesiyle; çap sınıfı 2'li ölçeğe göre de ayrıca düzenlenmiştir. Buna göre; tomruk orta çapı 25 cm'nin altındakiler 1. çap sınıfı, 25 cm ve üzerindeki de 2. çap sınıfı olarak nitelendirilmiştir. Benzer amaçla Gürtan (1969) tarafından yapılan yontma demiri ile baltanın karşılaştırıldığı bir çalışmada da 6'lı skalayla (10-25; 26-35; 36-45; 46-55; 56-65; 66 üzeri) çap sınıflaması yapıldığı görülmüş; sınır değerleri ve sınıf sayısının, araştırma verilerinin yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceğine kanaat edilmiştir.

Soyucu araçların kabuk soyma kalitesini değerlendirmek için her bir tomruğun örneklenen kısmında, yüzeyde kalan kabuklu alan, silindir şeklindeki örneklenen yüzey alanına oranlanmıştır (4). Buradan elde edilen değer; tomruk yüzey alanına oranlanarak, kalan kabuk oranı, her bir tomruk için yüzdelik olarak belirlenmiştir. En düşük yüzdelik oranına

(hiç kabuk kalmaması esas kabul edilerek) sahip kabuk soyma aracı; soyma işleminde en kaliteli araç olarak kabul edilmiştir.

$$KKO = (KKa/SYA) * 100 \quad (4)$$

Burada; KKO tomruk yüzeyinde kalan kabuk oranını (%), KKa tomruk yüzeyinde (silindir boyutu kadar kısımda) kalan, kabuklu alanı (m²), SYA silindir yüzey alanını (m²) (her bir tomruk ortasındaki örnek yüzey alanı) temsil etmektedir.

Üç farklı araçla yapılan kabuk soyma işlemlerinde, kabuğu soyulacak tomruk adetlerinde farklılık (balta ile 30 adet; diğerleriyle 90 adet) olması yanında kabuk kalınlıkları, tomruk çapları ve boyları arasında da farklılıklar bulunmaktadır. Bu araçlarla kabuk soyma verimlerinin karşılaştırılabilmesi için öncelikle üzerinde çalışılan örneklerin ölçülen değerlerinin (tomruk çapı, boyu ve kabuk kalınlığı), SPSS paket programında (normallik testleri yardımıyla histogram, varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık katsayısı ile) normal dağılıp dağılmadığına bakılmış; çap, boy ve kabuk kalınlığı gibi bağımsız değişken değerlerinin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Bu veriler, SPSS paket programında logaritmik veya karekök dönüşümüyle normalize edilmeye çalışılmıştır.

Çap ve boy farklılıklarından doğacak farklılıkların, değerlendirmelerdeki etkisini azaltabilmek için tomruk hacmi başına elde edilen iş verimi değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar için SPSS istatistik paketi kullanılmış; tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi, ikili ve çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır. Bununla birlikte her üç araç için elde edilen bulgulara bağlı analiz ve değerlendirmelerin anlaşılabilmesi için yapılan istatistiksel karşılaştırmalarda, verimlerin yorumlanabilmesi açısından bağımlı değişken olarak "temel (soyma+çevirme) süreler" dikkate alınmıştır. Bunun için tüm değişkenler dikkate alınarak (Pearson) korelasyon analizi yapılmış; tomruk çapı, tomruk hacmi, kabuk soyma alanı, kabuk hacmi ile soyma süresi, temel süre ve toplam süre arasındaki ilişkiden yararlanılmıştır. Buna göre tomruk hacmi açısından her üç araç için de (Çizelge 4) en yüksek korelasyon katsayısının soyma (ana faaliyet) zamanı ile elde edildiği belirlenmiştir. Ancak bu değerlere en yakın anlamlı ilişkilerin ise temel zaman (ana+yan faaliyet zamanı) ile elde edildiği görülmüştür. Bununla birlikte her üç araçla yapılan soyma işleminde hazırlık ve bekleme süreleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmamasından dolayı, bu iş dilimlerine ait süreler, üç aracın iş verimlerinin karşılaştırılmasında dikkate alınmamıştır.

Çizelge 4. Kabuk soyma araçlarının çalışma zamanları ile bazı değişkenlerin ilişkisi

Değişkenler	Araçlar	Hazırlık	Soyma	Çevirme	Bekleme	Temel	Toplam
Tomruk hacmi (m ³)	Balta	0.000	0.919**	0.131	-0.295	0.918**	0.879**
	Motosoyar	0.012	0.808**	0.112	0.489**	0.803**	0.708**
	Motorlu Testere	-0.012	0.916**	0.689**	0.426**	0.909**	0.786**
Kabuk alanı (m ²)	Balta	0.026	0.819**	0.136	-0.256	0.820**	0.792**
	Motosoyar	0.006	0.845**	0.072	0.478**	0.831**	0.723**
	Motorlu Testere	-0.034	0.869**	0.575**	0.340**	0.828**	0.692**
Kabuk hacmi (m ³)	Balta	-0.015	0.833**	0.284	-0.126	0.850**	0.834**
	Motosoyar	0.230*	0.759**	0.181	0.462**	0.768**	0.790**
	Motorlu Testere	0.143	0.906**	0.529**	0.418**	0.831**	0.759**
Çap (cm)	Balta	0.033	0.913**	0.092	-0.272	0.907**	0.879**
	Motosoyar	0.050	0.698**	0.190	0.474**	0.711**	0.658**
	Motorlu Testere	0.040	0.907**	0.576**	0.367**	0.853**	0.733**

**p=0.01 düzeyinde anlamlı bir korelasyon, *p=0.05 düzeyinde anlamlı bir korelasyon

3. Bulgular

3.1. Çalışma zamanları ve iş verimleri

İş dilimleri ölçeğinde balta, motorlu testere ve motosoyarın kabuk soyma işinde, tomruk başına tükettikleri süre Çizelge 5'te özetlenmiştir.

Kızılçam tomruklarının kabuklarının balta ile soyulmasında tüketilen her bir iş çevrimi (tomruk) başına temel süre (soyma ana faaliyeti ile çevirme yan faaliyeti için) ortalama 408.73 sn' dir. Bu süre, toplam faaliyet süresinin (458.43 sn) % 89'unu oluşturmaktadır. Birim miktardaki tomruğun kabuğunun soyulması için tüketilen temel süre ise ortalama 3225.06 sn/m³ olarak hesaplanmıştır. Kabuk soyma aparatı montajlanmış motorlu testere ile ortalama 27.64 cm orta çap, 3.1 m boy ve 1.48 cm kabuk kalınlığına sahip bir kızılçam tomruğu kabuğunun 178.8 sn'lik temel sürede soyulabileceği belirlenmiştir (Çizelge 5). Hazırlık ve bekleme sürelerinin de eklenmesiyle elde edilen toplam sürenin (228.04 sn), %79'u soyma ile çevirme iş dilimlerine harcanmıştır. Tomruk kabuklarının soyulmasında motorlu testere kullanılarak iş çevrimi başına elde edilen veriye göre; birim miktardaki tomruğun soyulması için harcanan temel süre, ortalama 1041.74 sn/m³ olarak belirlenmiştir. Motorlu çalı tırpanına montajlı kabuk soyma aparatı (motosoyar) ile tomruk başına ortalama soyma temel süresinin 194.35 sn. olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Motosoyar ile ortalama 25.72 cm orta çap, 3.1 m boy ve 1.55 cm kabuk kalınlığına sahip bir kızılçam tomruğu kabuğunun, hazırlık ve bekleme sürelerinin de eklenmesiyle elde edilen toplam süresi ortalama 240.34 sn olup bu sürenin %81'inin soyma ve çevirme iş dilimlerinde tüketildiği belirlenmiştir. Birim miktar hacme sahip tomruk için harcanan temel süre ise ortalama 1295.62 sn/m³dür.

Üç kabuk soyma aracına ait soyma ana faaliyet süresi, temel (soyma+çevirme) faaliyet süresi ve toplam (temel+hazırlık+bekleme) faaliyet sürelerinin her biri için ortalama iş verimlerinin; tomruk hacmi, soyma alanı ve kabuk hacmine göre hesaplanan değerleri Çizelge 6'da özetlenmiştir.

Balta ile kabuk soymada, temel zaman ölçeğinde 1 metreküp tomruk başına iş veriminin ortalama 1.248 m³/sa olduğu belirlenmiştir. İş dilimleri ve hesaplanan değişkenler bağlamında gerek tomruk hacmi gerekse soyma alanına göre, en yüksek iş verim değeri (1.339 m³/sa) soyma (ana faaliyet) süreleri ölçeğinde elde edilmiştir. Ancak ana faaliyetin gerçekleşmesine, yan faaliyet olan çevirme zamanı da eklendiğinde (temel zaman) iş veriminin (1.248 m³/sa)

azaldığı görülmüştür. Hazırlık ve bekleme sürelerine bağlı olarak ortaya çıkan toplam zamana endekli iş verimi de en düşük değerde (1.116 m³/sa) gerçekleşmiştir. Motorlu testere ile 1 m³ hacme sahip kızılçam tomruğunun kabuğunun soyulmasında temel zamana dayalı iş verimi ortalama 3.94 m³/sa olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 6). Ancak saf soyma zamanına endekli iş veriminin (4.98 m³/sa) daha yüksek olduğu buna karşılık da ek faaliyet zamanlarının eklendiği toplam zamana endekli iş veriminin de (3.291 m³/sa) nispeten düşük olduğu ortaya çıkmıştır. Tomrukların soyulacak yüzeylerinin çevrilmesi için geçen sürenin artması, iş verimini yaklaşık 1 m³/sa kadar düşürmüştür. Temel çalışma süreleri dikkate alındığında tomruk hacmi ölçeğinde, motosoyarla ortalama iş veriminin 3.06 m³/sa olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6). Tomruk hacmine ve soyma zamanına endekli iş veriminin temel zamandaki iş veriminden daha yüksek olması, çevirme faaliyetinin 0.33 m³/sa'lık verim düşüşüne neden olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte temel zaman ölçeğinde; soyma alanına göre ortalama iş verimi 47.47 m²/sa, kabuk hacmine göre ortalama iş verimi ise 0.728 m³/sa bulunmuştur.

3.2. İş verimlerinin karşılaştırılması

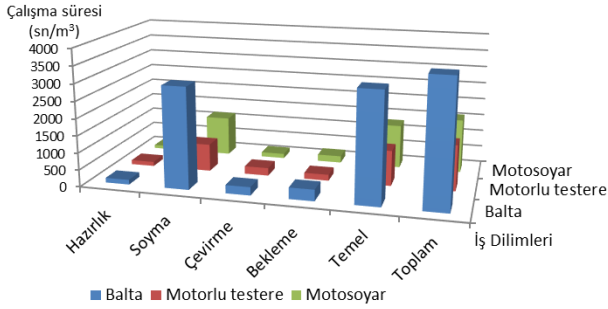
Motosoyarla kabuk soyma sürecinde, 1 m³ hacme sahip bir tomruğun kabuğunun soyulması için tüketilen hem temel süre hem de toplam çalışma süresi motorlu testereden yüksek, baltadan düşük bulunmuştur (Şekil 9). Motosoyarla çalışmada, operatörün henüz yeterli düzeyde tecrübe kazanamamış olması, motorlu testereye nazaran aynı kütleye sahip tomruğun daha uzun sürede soyulmasına neden olmuştur. Bununla birlikte saf soyma (ana) faaliyet sürelerine bakıldığında, motosoyarın çalışma süresinin nispeten daha uzun olduğu gözlemlenirken; çevirme (yan) faaliyetinin motosoyarda daha kısa sürede gerçekleşmesinden dolayı, temel süreler arasındaki fark kısmen azalmıştır.

Çizelge 5. Kabuk soyma araç-gereçlerinin çalışma zamanları

Araç-gereçler	Balta		Motorlu Testere		Motosoyar	
	sn	%	sn	%	sn	%
İş dilimleri						
Hazırlık zamanı	16.60	4	16.99	7	14.72	6
Soyma zamanı	381.93	83	138.86	61	175.62	73
Çevirme zamanı	26.80	6	39.94	18	18.73	8
Bekleme zamanı	33.10	7	32.26	14	31.27	13
Toplam zaman	458.43	100	228.04	100	240.34	100

Çizelge 6. Kabuk soyma araç-gereçlerinin farklı iş dilimi ve değişkenlere göre ortalama iş verimleri

Değişkenler	Ortalama iş verimi									
	Tomruk Hacmine göre (m ³ /sa)			Soyma alanına göre (m ² /sa)			Kabuk hacmine göre (m ³ /sa)			
	Zaman bileşenleri	Soyma zamanı	temel zaman	toplam zaman	soyma zamanı	Temel zaman	Toplam zaman	Soyma zamanı	Temel zaman	Toplam zaman
Araç-gereçler										
Balta	1.339	1.248	1.116	22.361	20.758	18.373	0.326	0.302	0.269	
Motorlu testere	4.979	3.949	3.291	73.784	58.279	48.306	1.012	0.812	0.663	
Motosoyar	3.398	3.061	2.521	52.843	47.472	39.186	0.808	0.728	0.588	



Şekil 9. Kabuk soyma araçlarının 1 m³ tomruk için iş dilimi ölçüğünde ortalama sürelerinin karşılaştırmalı dağılımı

Ek (destekleyici) faaliyet sürelerini oluşturan hazırlık ve bekleme (iş akışı gereği ortaya çıkan gecikme) süreleri; her üç araç için de toplam faaliyet süresinin balta için %11'i, motorlu testere için %21'i ve motosoyar için %19'unu oluşturmaktadır. Motosoyarla çalışmada da hazırlık ve bekleme sürelerinin motorlu testereyle yapılan soyma faaliyetinden çok farklı olmadığı görülmektedir. Nitekim tek yönlü varyans analizinde de her üç aracın hazırlık ($F=0.94$; $p=0.910$) ve bekleme ($F=0.20$; $p=0.980$) süreleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Çevirme zamanları/süreleri incelendiğinde ise, balta ile kabuk soymada ortalama çevirme süresi (243.21 sn/m^3), motorlu testereye (229.83 sn/m^3) göre nispeten düşüktür. Ancak en düşük ortalama çevirme süresinin (134.34 sn/m^3) motosoyarla çalışmada olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, çevirme zamanları arasında; motorlu testere ile motosoyar arasında istatistiksel olarak ($p<0.05$ düzeyinde) anlamlı bir farklılığın olduğu ($F=9.469$; $p=0.00$) tek yönlü varyans analizi ve post-hoc (Games-Howell, Tamhane, Dunnett) testleri ile de belirlenmiştir. Yukarıda da değinildiği gibi motorlu testerede ve motosoyarda, aynı tip soyucu başlık (soyma aparatı) kullanılmasına rağmen güç kaynağının ve buna bağlı olarak da taşıma (sırtta, elde) şeklinin ve çalışma sisteminin farklı olması, çevirme sürelerinin de farklılaşmasına neden olmuştur.

Birim miktar tomruk hacmi veya soyma yüzey alanı ya da kabuk hacmi üzerinden yapılan iş verimi değerlendirmelerinde (Çizelge 6); hem soyma zamanı hem temel zaman hem de toplam zaman ölçüğünde en verimli aracın motorlu testere olduğu görülmektedir. Her üç aracın da iş verimleri hem iş dilimleri hem de tomruğun niteliklerine bağlı değişkenler açısından farklılık göstermektedir. Örneklem sayısının motorlu testere ve motosoyar için eşit olması ancak balta için eşit olmaması ve varyansların da eşit olmamasından dolayı yapılan logaritmik dönüşümler sonucunda; her üç aracın iş verimleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak da ($p<0.05$ düzeyinde) anlamlı olduğu bulunmuştur. Karşılaştırma sonrası testlerin tümünde de (post-hoc; Tukey, HSD, LSD, Bonferroni, Sidak, Scheffe, Dunnett, Games-Howell, Tamhane) balta, motorlu testere ve motosoyarın iş verimleri arasındaki farklılık anlamlı ($F=122.450$; $p=0.00$) bulunmuştur. Motosoyar (tomruk hacmine ve temel zaman endeksli iş verimine göre) baltadan 2.5 kat daha verimlidir. Motorlu testerenin ise temel zaman ölçüğünde motosoyardan, tomruk hacmine göre 1.3 kat; soyma alanına göre 1.2 kat ve kabuk hacmine göre de 1.1 kat daha verimli olduğu belirlenmiştir.

Motorlu testere ve motosoyarla gerçekleştirilen kabuk soyma işlerinde tomruk çaplarının birbirlerinden farklı olduğu görülmesine karşın bunun istatistiksel olarak anlamlı

olmadığı da tespit edilmiştir. Bununla birlikte, her üç araçla yapılan kabuk soyma işlemlerinde, çaplar sınıflandırılarak yapılan değerlendirmelerde; tomruk orta çapının (1) 20 cm'nin altı; (2) 21-30 cm arası ve (3) 31 cm'nin üstü olmak üzere 3 sınıfa ilişkin soyma (ana faaliyet) süreleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($F=20.796$; $p<0.01$). Her 3 çap sınıfının da soyma süreleri birbirinden farklıdır ve post-hoc testlerle de (Tamhane, Dunnett, Games-Howell) çap sınıfları arasında soyma zamanı bakımından ($p<0.05$ düzeyinde) anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu durum (bu araştırmadaki sınıflandırmaya göre) ince, orta ve kalın çaplı tomrukların soyma süresinin her üç araç açısından da farklılık gösterdiğini; ince tomruklar için daha kısa soyma zamanı tüketilirken kalın çaplı tomruklarda soyma süresinin uzadığı belirlenmiştir. Çevirme süresinin soyma ana faaliyet süresine eklenmesiyle hesaplanan temel sürenin de (araç ayırt edilmeksizin) 3 çap sınıfında birbirinden istatistiksel olarak anlamlı ($F=26.026$; $p=0.00$) farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Karşılaştırmaların iyi değerlendirilebilmesi için tomruk hacmi ve temel süreye bağlı iş verimleri kullanılarak her 3 çap sınıfı için yapılan kıyaslamada ince, orta ve kalın çaplı tomruklarda iş veriminin istatistiksel olarak anlamlı ($F=63.887$; $p=0.00$) farklar gösterdiği tespit edilmiştir. Post-hoc testlerle de iş verimlerinin çap sınıflarına göre farklılık gösterdiği, inceden kalın çapa doğru gidildikçe iş veriminin her üç araç için de arttığı belirlenmiştir (Çizelge 7). Her üç aracın kendi içinde, çap sınıflarına göre iş verimi farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Çap sınıflarının oluşturulmasında; frekansların eşit olmaması ve çapların varyanslarının eşit ve homojen olmaması durumu dikkate alınarak toplam çap ortalamasının 25 cm kabul edilmesiyle, çap sınıfı ikili ölçüğe göre de ayrıca ayarlandığında (25 cm'nin altındakiler (1) ve 25 cm ile üzerindeki (2)) Çizelge 8'deki bulgular elde edilmiştir. Buna göre; hem 1. çap sınıfında hem de 2. çap sınıfında balta, motorlu testere ve motosoyarın iş verimi değerleri istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir. Aynı araç açısından, çap sınıfına bağlı iş verimlerinin de arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Motorlu testere ve motosoyarın hem ince çaplı hem de kalın çaplı tomrukların soyulmasında; baltaya göre daha verimli oldukları, motorlu testerenin de her türlü tomruk çapı ölçüğünde motosoyardan daha verimli çalıştırıldığı belirlenmiştir. Ancak ince çaplı materyallerin soyulmasında motosoyar, motorlu testereden %16.3 daha düşük verime sahipken; kalın (25 cm'nin üzeri çapa sahip) çaplı tomruklar için motosoyarın verimi %27.6 daha düşük bulunmuştur.

Çizelge 7. Araç türüne ve çap sınıflarına (3'lü ölçek) göre iş verimlerinin karşılaştırılması

İş verimi (m ³ /sa)	Çap sınıfı	Balta	Motosoyar	Motorlu testere
		1 (<20 cm)	0.8831	1.9767
	2(21-30 cm)	1.4416	3.1313	3.9755
	3(30 cm<-)	1.6498	4.0274	5.1435

Çizelge 8. Araç türüne ve çap sınıflarına (2'li ölçek) göre iş verimlerinin karşılaştırılması

İş verimi (m ³ /sa)	Çap sınıfı	Balta	Motosoyar	Motorlu testere
		1 (<25 cm)	0.975	2.284
	2 (25 cm<-)	1.719	3.578	4.883

3.3. Kabuk Soyma Kalitesi ve Karşılaştırılması

Tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarına bağlı olarak yapılan kabuk soyma kalitesine ilişkin ölçme sonuçlarında, balta ile tomruk yüzeyindeki kabukların ortalama %98' inden fazlası (kalan kabuk oranı %1.65) soyulabilmiştir. Motorlu testere kullanıldığında, tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarı ortalama %2.73; motosoyarla soymada ise bu oran %3.42 bulunmuştur. Her üç araçla yapılan soyma işlemlerinde kabuğun %96'sından fazlası soyulabilmiştir. Üç araç arasında kabuk soyma kalitesi açısından ortaya çıkan farklılığın istatistiksel olarak anlamlı bir yapıda olduğu ANOVA testiyle belirlenmiştir ($F=45.186$; $p=0.00$). Yapılan post-hoc (Tukey, Dunnet, Duncan, vd.) testleriyle de her üç aracın kendi aralarında da soyma kalitesi açısından anlamlı farklılığın olduğu belirlenmiştir.

Her bir aracın soyma kalitesi, kendi içinde hem ikili hem de üçlü çap sınıflandırmasına göre ayrı ayrı incelenmiştir. İnce ve kalın çap sınıfı olmak üzere yapılan ikili sınıflandırmaya göre; balta ile kabuk soymada ince ve kalın tomrukların soyulmasında kalite açısından anlamlı bir fark olduğu ($F=8.490$; $p=0.007$) belirlenmiştir. İnce çaplı tomrukların baltayla soyulmasında, kalan kabuk miktarının orta ve kalın çaplı tomruklara göre nispeten daha yüksek olduğu görülmüştür. Motosoyarlı işlemlerde de ince ve kalın çaplı tomrukların soyulmasında soyma kalitesi açısından anlamlı bir farklılık ($F=5.783$, $p=0.018$) olduğu ortaya çıkmıştır. Motosoyarla ince çaplı tomrukların soyulmasında, kalan kabuk miktarı kalın çaplılardan daha düşük çıkmıştır. Motorlu testere ile ince ve kalın çap sınıfında soyma kalitesi bakımından istatistiksel olarak anlamlı ($F=1.250$, $p=0.267$) bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir.

Üçlü çap sınıflamasına (Çizelge 9) göre balta ile kabuk soymada, tomruk yüzeyinde kalan kabuk oranına ilişkin; ince, orta ve kalın çaplı tomruklardaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı ($F=1.187$; $p=0.321$) olmadığı belirlenmiştir. Motosoyarla yapılan işlemlerin değerlendirilmesinde; ince (1.) çap sınıfı ile orta (2.) ($p=0,017$) ve kalın (3.) ($p=0.06$) çap sınıfları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir (post-hoc testleriyle) farklılık bulunurken; orta ve kalın çap sınıfı arasında soyma kalitesi açısından oluşan farklılığın anlamlı olmadığı belirlenmiştir. İnce, orta ve kalın çaplılardaki tomrukların kabuklarının motorlu testere ile soyulmasında kalan kabuk yüzdesi cinsinden soyma kalitesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ($F=0.860$, $p=0.427$) bulunmamıştır.

Üçlü çap sınıflandırması üzerinden soyma araçları karşılaştırıldığında; orta ve kalın çaplı tomruklarda kalan kabuk yüzdesinin göreceli olarak birbirinden farklı olduğu bulunmuştur. Ancak ince çaplı tomrukların üç araçla soyulmasıyla elde edilen kalite değerlerinin birbirine yakın olması durumu dikkate alınarak yapılan ANOVA analizinde; balta ile motorlu testere ve motosoyar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu; motosoyar ve motorlu testere arasındaki farkın ise anlamlı olmadığı post-hoc testleriyle de ortaya konulmuştur.

Çizelge 9. Araç türüne ve çap sınıflarına (3'lü skala) göre soyma karşılaştırılması

Soyma kalitesi	Çap sınıfı	Balta	Motosoyar	Motorlu testere
Kabuk miktarı %	1	1.81	2.75	2.57
	2	1.65	3.54	2.80
	3	1.42	3.82	2.78

4. Tartışma

Şefik (2019) tarafından geliştirilen motosoyar ile tomruk kabuklarının meşcere içinde soyulmasında teknik ve ergonomik eksenli önemli faydalar sağlanabileceği belirtilmiştir. Motosoyar, operatöre belini bükmeden ve kıvrımadan ayakta dik pozisyondayken kabuk soyma işlemini gerçekleştirme fırsatı sunmasından dolayı gelecekte kullanılması muhtemel araçlar kategorisinde gösterilmektedir (Eker ve Şefik, 2019). Ancak motosoyarın ormancılıkta üretim operasyonları sırasındaki uygulama potansiyelinin belirlenmesi; operatörlere tanıtılması ve tutundurulması için öncelikle iş verimi açısından üstünlüklerinin bilinmesi gerekli olduğundan bu çalışmanın yapılmasını isabetli hale getirmiştir.

Odun hammaddesi üretiminde, kabuk soymayı konu edinen çalışmaların çoğunluğu, genellikle iş verimi odaklıdır. Ancak kabuk soyma kalitesinin söz edildiği çalışmalar da azımsanmayacak niceliktedir (Baroth, 2005; Gagnon vd., 2013; Pasztory vd., 2016; Heppelman vd. 2019; Murphy, 2020; Chahal vd., 2021; Nemestothy ve Grabner, 2021). Ülkemizde yapılan diğer çalışmalardan (Şefik, 2019; Eker ve Şefik, 2019) farklı olarak bu çalışmada; balta, motorlu testere ve motosoyarın soyma kalitesi üzerindeki etkileri de incelenebilmiş ve bu yönde bir yöntem geliştirilerek öncül bilgiler elde edilebilmiştir. Bu çalışmada, kabuk soyma kalitesi; tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarının ölçülüp toplam kabuk yüzeyi alanına oranlanmasıyla belirlenmiştir. Literatürde de (Laganieri ve Hernandez, 2005; Ding vd., 2012; McEwan vd., 2017; Kharrat vd., 2020; Nemestothy ve Grabner, 2021) gözleme (görsel olarak yapılan analize) dayalı benzer yöntemlere rastlandığından, kabuk soyma kalitesine yönelik bu yöntemle, tutarlı sonuçlar elde edildiğini iddia etmek mümkündür.

Kabuk soyma operasyonlarında iş verimi; operatörün, soyucu araç-gerecin ve soyulacak ağacın/tomruğun niteliklerine, soyma zamanına, iklim özelliklerine, vb. birçok faktöre göre değişkenlik gösterebilir (Gürtan, 1969; Öman, 2000; Erdaş vd., 2014; Nemestothy ve Grabner, 2021). Bu faktörlerin tümünü dikkate alarak bir deneysel düzen geliştirmek oldukça zor olduğundan bu çalışmada diğer faktörler sabit kabul edilerek literatürdeki bazı çalışmalarda da (Eker ve Özer, 2015) olduğu gibi tecrübeli tek bir operatörle çalışılmıştır.

Zaman etütlerinde, 3 farklı soyma teknolojisinin karşılaştırılabilmesi için her bir iş çevriminde iş dilimi başına elementel sürenin (Björheden, 1991) ölçülmesi ve buna bağlı olarak da değerlendirmelerde temel sürenin (verimli makine çalışma zamanının) esas alınması yöntemi, literatürdeki çalışmalarla uyumludur (Harstela, 1991; Eker vd., 2011; Magagnotti ve Spinelli, 2012). İş çevriminin tamamlanması için soyma ana faaliyeti yanında yan faaliyet olarak çevirme işinin de yapılması gerektiğinden, iş veriminin ana ve yan faaliyeti içeren temel (faaliyet) süresi üzerinden değerlendirilmesi önceki çalışmalarda (Eker vd., 2011; Eker ve Şefik, 2019) olduğu gibi daha tutarlı bulunmuştur. Nitekim, her üç kabuk soyma eyleminde çevirme süreleri birbirinden farklı olup kullanılan araca özgün değişiklikler söz konusudur. Ancak tomruk başına elde edilen temel sürelerin 1 m³ tomruk için harcanacak (standart) süreye dönüştürülmesinde; operatörün bir tomruktan diğerine geçişi, işe bağlı bekleme ve diğer ek faaliyetlerden dolayı yaşanan zaman tüketimine bağlı olarak (toplam paylardan dolayı)

(Yıldırım, 1989; Kanawaty, 1997), iş için harcanan verimli çalışma süresi ve toplam işyeri süresi artacaktır.

Bununla birlikte yan faaliyet olan çevirme süresi, motorlu testereyle soymada, çevirme eylemi için aracın elden bırakılması gerektiğinden en yüksek değerdedir (temel sürenin %22,3'ü). Motosoyarda ise, shaft kolu yere bırakılarak çevirme (temel sürenin %9,7'si) işlemi gerçekleştirildiğinden; motosoyarın kabuk soymak için motorlu testereye göre motor çalışma zamanı ölçeğinde, daha etkin kullanılabildiğini söylemek mümkündür. Operatörün soyucu uca gücün aktarıldığı shaftın (kolun), bir tutucu ile bedene tutturulması neticesinde çevirme işleminin daha efektif olabileceğini ifade etmesi, motosoyarla çevirme süresinin iyileştirilebileceğini de işaret etmektedir. Öte yandan uzun shaft kolu sayesinde, tomruğun mevcut konumu ve pozisyonunda (henüz çevirme yapılmadan bir defada) daha çok yüzey alanı soyulabildiğinden, çevirme işlemi hem tek seferlik yapılmakta hem de diğer araçlara göre daha geç zamanda gerçekleştirilmektedir. Bu durum, çevirme süresinin kısa olmasını desteklemektedir.

Bu çalışma; motosoyarın kabuk soymadaki iş veriminin motorlu testere ve baltaya yakın değerler göstermesi halinde, motosoyarın uygulama potansiyelinin desteklenebileceği kabulüne dayanmaktadır. Bu nedenle, balta ve motorlu testere ile elde edilen iş verimlerinin, motosoyarla karşılaştırılabilir düzeyde olup olmadığı önem arz etmektedir. Literatürde balta ile yapılan kabuk soyma işlerinde verim; 0,63-2,90 m³/sa dağılım göstermekte olup (Gürtan, 1969; Çoban, 1975; İler vd., 1986; Dingil, 1991; Eker, 2004; Önal 2012; Gülcü vd., 2017; Çağlar, 2021) bu çalışmadaki (0,88-1,71 m³/sa) verim değerleriyle örtüşmektedir. Motorlu testere ile kabuk soymada bu çalışmada elde edilen iş verimi (2,49-5,15 m³/sa) etkili faktörlerin farklılıklarına karşın önceki çalışmalarda rastlanılan 0,95-5,13 m³/sa aralığındaki iş verimi değerleri (Eker, 2004; Eker vd., 2011; Gülcü vd., 2017) ile benzerlik göstermektedir. Motosoyar ilk imal edildiğinde kızılçam tomrukları üzerinde yapılan denemelerde verimin 2,83 m³/sa olduğunu belirtmiştir (Şefik, 2019). Bu çalışmada ise motosoyarla yapılan kabuk soyma operasyonlarındaki iş verimi 1,97-4,02 m³/sa olup önceki çalışma ile uyumludur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların hem kendi içinde hem de literatürle uyumlu olması, bu değerlerin karşılaştırılabilir nitelikte olduğunu işaret etmektedir. Nihayetinde bu verim değerlerinden yararlanılarak motosoyarın, motorlu testere ve balta ile karşılaştırılarak bir yargıya varılması isabetli bulunmuştur.

Motorlu testere; tomruk hacmine, soyma alanına ve kabuk hacmine göre tüm iş dilimleri (soyma zamanı, temel zaman ve toplam zaman) ölçeğinde motosoyardan ve baltadan daha verimli bulunmuştur. Tüm iş dilimlerine (çevirme zamanı hariç) ve tomruk niteliklerine göre yapılan karşılaştırmalarda motorlu testerenin, motosoyardan daha üstün verime sahip olmasını; operatörün motorlu testere ile çalışmada tecrübe kazanmış olmasına, motosoyarın ilk defa kullanılıyor olmasına ve bazı yapısal iyileştirmeler gerektirmesine bağlamak mümkündür. Öte yandan motorlu testere ve motosoyarın altlık makinesini oluşturan çalı tırpanının motor gücü başına iş verimleri oranlandığında; halihazır marka ve modeldeki çalı tırpanının (ortalama değerler üzerinden) güç/verim oranı 0,621 hp/m³-sa iken motorlu testerenin oranının 1,114 hp/m³-sa olduğu görülmektedir. Saatlik ölçekte, birim miktar kabuk soyma için harcanan gücün motosoyarda daha düşük olduğu; yani

güç miktarı (beygir gücü) başına elde edilen verimin motosoyarda daha yüksek olduğu görülmektedir. Motorlu çalı tırpanının motor gücünün artırılmasıyla veriminin artacağını da iddia etmek mümkündür. Bu durumda, motosoyarın, özellikle meşcere içindeki kabuk soyma operasyonlarında kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu anlaşılabilmektedir. Bununla birlikte, bu çalışmadaki araştırma deseni ve materyalle elde edilen bulgulara göre, kabuğu soyulacak tomrukların çapı arttıkça (kabuk kalınlığı da arttıkça (Özçelik vd., 2011)) motorlu testerenin iş verimi de motosoyara göre daha da artmaktadır. Ancak motosoyarın veriminin, motorlu testere kadar yüksek olmasa da yakın değerlere sahip olması ve baltadan ortalama 2,5 kat daha yüksek olması, bu aracın kabuk soyma işlerinde, her çap kademesi için yaygınlaştırılabilir ölçekte kullanılabilir olduğunu ve uygulama potansiyeline sahip olduğunu işaret etmektedir.

Bu çalışmada balta, motorlu testere ve motosoyar kullanılarak yapılan kabuk soyma operasyonlarında, tomruk gövdesinde kalan kabuk miktarı; kabuk soyma kalitesini temsil etmiştir ve her üç araç da tomrukların kabuğunun %96'dan fazlasını soyabilmiştir. Çünkü makinelerle yapılan kabuk soyma operasyonlarında ağaç/tomruk gövdesindeki kabuğun %97'sinden fazlasının soyulabildiğinden (Franklin, 1992; Gingras, 1992; Hartsough vd., 2000; Stokes ve Watson, 1991) bahsedilmiştir. Kabuk soyma makineleriyle, odun lifi kaybını azaltmak için genellikle kalan kabuk miktarının %0 olması hedeflenmesine rağmen, çeşitli makine tipleri ve proseslerle, %0,2 ila %2,0 arasında değişen oranlarda, kalıntı kabuk hedefine ulaşılabildiği belirtilmektedir (Murphy, 2020). Bazı çalışmalarda, yuvarlak odunda, büyüme mevsiminde %1 ve kışın %1,5'lik bir maksimum kabuk kalıntısı hedefinden bahsedilmektedir (Gagnon vd., 2013). McEwan vd. (2017), gövdede kalan kabuk içeriği %0,5'ten daha az ise iyi; gövdede şartlar halindeki kalıntı içeriği %1'den daha az ise orta; ağacın gövdesinde bölümler halinde kabuğu soyulmamış alan içeriği %1'den fazla ise kötü olarak sınıflandırmıştır. Kütük ihracatına ilişkin biyogüvenlik kuralları çerçevesinde ise, tek bir tomruk üzerinde %5'ten fazla kabuk bulunmaması esas alınmaktadır (Murphy, 2020). Bu çalışmada üç aracın soyma kalitesi değerleri %1,42-3,82 arasında dağılım göstermiştir. Dolayısıyla, motor-manuel teknikler kullanılarak elde edilen kabuk kalıntısı oranının soyma kalitesi (soyulan yüzeyin temiz bulunma hali) açısından kabul edilebilir olduğuna işaret etmektedir.

Araçlar birbirleriyle kıyaslandığında ise tomruktaki kalan kabuk miktarının en düşük olduğu araç balta olup onu sırasıyla motorlu testere ve motosoyar izlemektedir. Hem geleneksel bir araç olması hem de soyma tekniğinden dolayı, balta; soyma kalitesi açısından daha uygun bir araç olarak görülmektedir. Motorlu testere ile soymada da operatörlerin yaklaşık 20 yıldır bu teknolojiye hâkim olmalarından kaynaklı bir üstünlük olduğu söylenebilir. Ancak motosoyarın halihazır tasarımı (tomruk yüzeyine bastırılarak kabuk yontması için uygulanacak kuvvetin iletilmesindeki güçlük) gereği ve tecrübesizliğe bağlı etmenlerden dolayı motosoyarın soyma kalite yüzdeliği daha düşüktür. Motosoyarın oluşturulmasında kullanılan kabuk soyma aparatının motorlu testereye monte edilen ile aynı olması; motosoyarda yapılacak yapısal iyileştirmelerle ve operatörün tecrübe kazanmasıyla kabuk soyma kalitesinde motorlu testere oranlarının yakalanabileceğini göstermektedir. Kabuk soyma kalitesi açısından araçlar çap sınıflandırmasına göre

değerlendirildiğinde; balta ile ince çaplı tomrukların soyulmasında kalan kabuk miktarı yüksek oranda iken; motosoyarla yapılan soyma işleminde kalan kabuk miktarı daha düşüktür. Soyucu bıçak yüzeylerinin, ince tomrukların yüzeyinde oluşturduğu temas alanının daralmasına bağlı olarak böyle bir farklılığın oluştuğunu söylemek mümkündür. Motorlu testerede de ince çaplı tomruklarda kalan kabuk miktarı, kalın çaplara göre nispeten düşüktür.

5. Sonuç ve öneriler

Daha önceki araştırmalarda geliştirilen prototip nitelikteki motosoyarın, kabuk soyma işlemindeki etkinliğini ve soyma kalitesini ölçerek genelleştirilebilir bir kullanım/uygulama potansiyeline sahip olup olmadığını belirlemek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Oduna dayalı orman ürünleri üretiminde iş gücü, enerji ve zaman açısından en fazla tüketimin olduğu kabuk soyma operasyonları; motosoyar, balta ve motorlu testere ile aynı ortam, aynı operatör, aynı zaman dilimi ve hatta (bazı tomruklar açısından) aynı ağaç üzerinden incelenmiş, zaman etütleri yapılmış, tomrukta kalan kabuk miktarı da belirlenebilmiştir. Tomrukların bulunduğu arazi yapısı, tomrukların edinildiği ağaçların kesim zamanı, tomrukların-kabukların nem içeriği, dal ve budak oranı gibi bazı bağımsız değişkenlerin etkisi göz ardı edildiğinde; tomruk kabuklarının soyulması işinde, birim tomruk hacmine ve temel süreye bağlı en yüksek verim (kabuk soyma aparatı monte edilmiş) motorlu testere (3.95 m³/sa) ile elde edilmektedir. Motorlu testereyle, motosoyardan 1.3 kat; baltadan 3.2 kat daha yüksek verimle kabuk soyulabilmektedir. Tomruk yüzey alanı ve kabuk miktarı (hacmi) dikkate alındığında da motorlu testere, kabuk soymada diğer iki araca göre daha üstündür. Ancak motosoyarın geliştirilebilir yönlerinin olması, operatörlerce yeterince tecrübe edinilmemiş olması, güç kaynağının artırılabilir olması gibi nitelikleri dikkate alındığında; halihazır durumuyla dahi kabuk soymada kullanılabilir bir araçtır ve geleneksel olarak kullanılan baltaya göre 2.5 kat daha verimlidir. İyileştirmelerle, motosoyarın veriminin motorlu testere verimine yaklaştırılabileceği hatta daha verimli hale getirileceğini iddia etmek mümkündür. Gelecekte, bunu test etmek amaçlı deneysel ve karşılaştırmalı çalışmalar yapılabilir.

Kabuğu soyulan tomruklarda, tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarı çoğu zaman orman idareleri ve müşteriler için sorun oluşturmazken bazen ihale usulüyle yapılan satışlarda (özellikle müşterinin kabuklara ve işyerinde kabuk soyma mekanizmalarına sahip olmaması durumunda) tomruk niteliğinin değerini düşürebileceği bilinmektedir. Tomruk yüzeyinde kalan kabuk miktarını, kabuk soyma kalitesi olarak değerlendirmek ve soyucu araçların performansını bu ölçüde göre karşılaştırmak da mümkündür. Buna göre de balta diğer iki araca göre daha kaliteli kabuk soyabilmektedir. Kalite yönünden kabuk soyma çalışmalarında motorlu testere, motosoyardan daha üstündür. Makinelere aynı marka ve modelde kabuk soyma ekipmanı monte edilmesine ve aynı operatör tarafından kullanılmasına rağmen motosoyarın yapısal formu ve ilk defa kullanılıyor olması, bu farklılığın nedeni olarak görülmüştür.

Teknik (iş verimi ve kabuk soyma kalitesi) açıdan motosoyar, halihazır durumuyla kabuk soyma operasyonları için uygulama potansiyeline sahiptir. Motosoyarla kabuğun soyulabiliyor olması (yapılabilirlik), çalışma zamanı/iş

verimi ve performans açısından operatörün yapılan işe dayanabiliyor olması, tüm donanımı itibarıyla operatör tarafından kabullenilebilir olması ve çalışana konfor sunarak iş sağlığı güvenliği sağlaması, motosoyarın ergonomik olduğunu göstermektedir. Ancak motosoyarın üzerinde birtakım iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir. Bunlar;

- Daha güçlü motora sahip çalı tırpanı kullanılması,
- Soyma aparatına güç aktaran kolun kısaltılması (60-80 cm' e indirilmesi),
- Şaft ucuna monteli soyma aparatının bağlantı açısının soyma koluna paralel olacak şekilde düzenlenmesi,
- Kullanıma bağlı olarak kayışın uzamasından dolayı sürekli bir kayış ayar yerinin oluşturulması,
- Soyma işleminin tek operatörle yapılacağı durumlarda tomruğu çevirmek için yardım almaksızın çalışabilmesi için operatör bel kemeri bölgesine tutucu bir çengel ya da karabina kancasının eklenmesi, şeklinde sıralanabilir.

Açıklama

Bu makale, Prof. Dr. Mehmet EKER danışmanlığında, ISUBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde, Eray ÖZTÜRK tarafından tamamlanan Yüksek Lisans tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır. İlgilere teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alkan, H., Eker, M., 2005. Orman kaynaklarından faydalanmanın sürdürülebilirliğine dar ölçekli bir bakış. Türk ormancılığında uluslararası süreçte acil eyleme dönüştürülmesi gereken konular, mevzuat ve yapılanmaya yansımaları. Orman Mühendisleri Odası Sempozyumu, 22-24 Aralık, Antalya, s. 423-437.
- Alkan, H., Korkmaz, M., Eker, M., 2010. Sürdürülebilir orman yönetiminde yaşanan gelişmeler, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri: Isparta Orman Bölge Müdürlüğü örneği. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs, Artvin, s. 56-67.
- Baroth, R., 2005. Literature Review of the Latest Development of Wood Debarking. Control Engineering Laboratory Report A, No 27, University of Oulu, Finland.
- BASEH, 2022. Ağaç Kabuk Soyma Aparatları. Bahtiyar Motor Sanayi Ltd. Şti., İzmir. <http://www.baseh.com/v/category/106-kabuk-soyma-aparatlari.html> Erişim: 23.10.2022
- Björheden, R., 1991. Basic time concepts for international comparisons of time study reports. Journal of Forest Engineering, 2(2): 33-39.
- Carus, S., 2002. Bazı hacim formüllerinin seksiyon, gövde ve bağlı uzunluklara göre kıyaslanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1: 101-114.
- Chahal, A., Ciolkosz, D., Puri, V., Jacobson, M., Liu, J., 2021. Mechanical characteristics of wood-bark interface of shrub willow. Industrial Crops and Products, 162: 1-7.
- Çağlar, S., 2021. Work efficiency and physical workload during the manual debarking of Scotch pine trees. International Journal of Forest Engineering, 32(3): 246-255.
- Çoban, C., 1975. Gökmar ve Çam Tomruklarının Uzun Boylu ve Kabuklu Olarak Hasadıyla Uygulanmakta Olan Yöntemin Ekonomik Yönden İrdelenmesi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi No:73, Gürsoy Basımevi, Ankara.
- Çoban, H.O., Eker, M., 2014. GIS based strategy on timber transportation system in mountainous forest regions. 5th Forest Engineering Conference (FEC) & 47th International Symposium on Forestry Mechanization (FORMEC), 23-26 September 2014, Gerardmer (France), pp.1-2.
- Ding, F., İbrahim, F., Gagne, P., 2012. MPC based ring debarking process optimization. 25th IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 29 April 2012 - 02 May 2012, Montreal, QC, Canada, pp. 1-4.
- Dingil, S., 1991. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) ve Sedir (*Cedrus libani* A. Richard) Ağaç Türlerinde Yapacak ve Yakacak Odun Elde Edilmesinde İş ve Zaman Analizleri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 213, Ankara.

- Doğan, A., 2015. İş Etüdü Yöntem Bilgisi. Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Verimlilik Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Eker, M., Şefik, M., 2019. Developing and testing of a debarking tool (moto-debarker) mounted to brushcutter. *Turkish Journal of Forestry*, 20(4): 411-420.
- Eker, M., 2004. Ormancılıkta odun hammaddesi üretiminde operasyonel planlama modelinin geliştirilmesi. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- 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, Proje No: 15.5601/2013-2015, Isparta.
- Eker, M., Çoban, H.O., Acar, H.H., 2011. Time study and productivity analysis of chainsaw mounted log debarker in southern pine forests of Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 6: 2146-2156.
- Eker, M., Çoban, H.O., Korkmaz, M., Alkan, H., Özçelik, R., Gürlevik, N., Acar, H.H., 2013. Ormancılıkta Hasat Artıklarının Tedarik Edilebilirliğinin Araştırılması. TÜBİTAK, Proje Sonuç Raporu, Proje No:1100435, Isparta.
- Eker, M., Özer, D., 2015. Selection of debarking technique for pine logs in cut-to-length harvesting method. *Proceedings of the 48th International FORMEC Symposium*, 4-8 October, Linz, Austria, pp. 123-128. ISBN:978-3-9000932-29-9.
- Erdaş, O., Acar, H.H., Eker, M., 2014. Orman Ürünleri Transport Teknikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 233/39, Trabzon.
- Franklin, G., 1992. Flail Chipharvestor Delimber-Debarker-Chipper: Productivity and Chip Quality in Hardwood. Technical Note TN-187, FERIC, Pointe Claire, PQ, Canada.
- Gagnon, R., Couturier J.P., Gagné, P., Ding, F., İbrahim, F., 2013. Method and System for Detecting the Quality of Debarking at the Surface of Awooden Log. United States Patent Application, Publication No: US 2013/0333805 A1, USA. <https://patentimages.storage.googleapis.com/e4/fd/f7/928d392bbbc/e44/US20130333805A1.pdf>, Accessed: 09.10.2022
- Geray, A.U., 1978. Ormancılıkta gerçek tarife bedeli ve bunun işletmenin entansitesini tayin hususunda bir kriter olarak kullanılması üzerine araştırmalar. *Istanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 25(2): 220-269.
- Gingras, J.F., 1992. Fibre Recovery Efficiency of Wood Harvesting Systems. Technical Note TN-186, FERIC, Pointe Claire, PQ, Canada.
- Gülci, N., Akay, A.E., Erdaş, O., 2017. Productivity assessment of alternative timber debarking methods. *Şumarski List*, 9(10): 469-476.
- Gürtan, H., 1969. Değişik Tipli Balta ve Kabuk Yontma Demirlerinin İş Verimleri. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:38, Ankara.
- Hartsough, B., Spinelli, R., Pottle, S., Klepac, J., 2000. Fiber recovery with chain flail delimiting/debarking and chipping of hybrid poplar. *International Journal of Forest Engineering*, 11: 59-65.
- Harstela, P., 1991. Work studies in forestry. *Silva Carelica*, 18: 41.
- Hepplmann, J.B., Labelle, E.R., Wittkopf, S., Seeling, U., 2019. In-stand debarking with the use of modified harvesting heads: A potential solution for key challenges in European forestry. *European Journal of Forest Research*, 138(6): 1067-1081.
- Hopmans, P., Stewart, H.T.L., Flinn, D.W., 1993. Impacts of harvesting on nutrients in a eucalypt ecosystem in southeastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 59(1-2): 29-51.
- IBM, 2022. Statistical Package for the Social Sciences Program. <https://www.ibm.com>, Accessed: 09.10.2022
- İlter, E., Çakır, M., Yüksel, S., 1986. Büyükdüz Araştırma Ormanı Serisinde Yapacak ve Yakacak Odun Üretiminden Satışına Değın Gerekli Tüm Süreçlere İlişkin İş Analizlerinin ve Bunlara Dayalı Birim Maliyetlerin Saptanması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:158, Ankara.
- Kanawaty, G., 1997. İş Etüdü. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Yayın No:29, Mert Matbaası, Ankara.
- Kharrat, W., Hernández, R. E., Cáceres, C. B., Blais, C., 2020. Ring debarking efficiency of frozen balsam fir logs is affected by the radial force but not by the log position on the stem. *Canadian Journal of Forest Research*, 50(12): 1323-1332.
- Laganière, B., Hernández, R.E., 2005. Effects of radial force and tip path overlap on the ring debarking efficiency of frozen balsam fir logs. *Forest Products Journal*, 55(3): 44-49.
- Magagnotti, N., Spinelli, R., 2012. Good Practice Guidelines For Biomass Production Studies. COST Action FP-0902, WG 2 Operations Research and Measurement Methodologies, CNR IVALSIA, Italy.
- McEwan, A., Brink, M., Spinelli, R., 2017. Factors affecting the productivity and work quality of chain flail delimiting and debarking. *Silva Fennica*, 51(2): 14.
- Murphy, G., 2020. In-Forest Debarking: A Review of The Literature. GE Murphy & Associates Ltd., New Zealand.
- Nemestothy, S., Grabner, M., 2021. Austrian logging: A historical account of the time of felling and debarking, and transportation practices. *International Journal of Wood Culture*, 1: 180-195.
- OGM, 2022. Ormancılık İstatistikleri 2021, Oduna Dayalı Orman Ürünleri. Orman Genel Müdürlüğü. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler> Erişim: 12.10.2022
- Öman, M., 2000. Influence of log characteristics on drum debarking of pulpwood. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 15(4): 455-463.
- Önal, Y.E., 2012. Odun hammaddesi üretim operasyonlarında kullanılan teknolojinin enerji tüketimi, emisyon ve gürültü etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Özçelik, R., Eker, M., Alkan, H., 2011. Bir enerji kaynağı olarak orman biyokütlesinin tahmininde ülkemiz için alternatif yaklaşımlar. 2023'e Doğru I. Doğa ve Ormancılık Sempozyumu, 20-23 Kasım, Antalya, s. 185-197.
- Paszatory, Z., Mohácsiné, I. R., Gorbacheva, G., Börcsök, Z., 2016. The utilization of tree bark. *BioResources*, 11(3): 7859-7888.
- Rustad, L.E., Knoepp, J., Richter, D.D., Scott, D.A., 2020. Biogeochemical cycling in forest and rangeland soils of the United States. In: *Forest and Rangeland Soils of the United States Under Changing Conditions* (Ed: Pouyat, R., Page-Dumroese, D., Patel-Weynand, T., Geiser, L.), Springer, Cham. Pp. 51-73. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45216-2_4
- Stokes, B., Watson, W., 1991. Wood recovery with in-woods flailing and chipping. *Tappi Journal*, 74: 109-113.
- Sun, O., Eren, E., Orpak, M., 1977. Temel Ağaç Türlerimizde Tek Ağaç ve Birim Alandaki Odun Çeşidi Oranlarının Saptanması. Proje Sonuç Raporu, Proje Numarası: TÜBİTAK TOAG-288, Ankara.
- Şefik, M., 2019. Motorlu trpana montajlı kabuk soyma aracının geliştirilmesi ve denenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta.
- Werkelin, J., Skrifvars, B.J., Hupa, M., 2005. Ash-forming elements in four Scandinavian wood species. *Biomass and Bioenergy*, 29(6): 451-466.
- Yan, T., Zhu, J., Yang, K., Yu, L., Zhang, J., 2017. Nutrient removal on the different harvesting scenarios for larch plantations in northeast China: Implications for nutrient conservation and management. *Forest Ecology and Management*, 400: 150-158.
- Yıldırım, M., 1989. Ormancılık İş Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Taş Matbaası, İstanbul.

Kurumsallaşma sürecindeki orman ürünleri sanayi işletmelerinin COVID-19 pandemisinde kriz yönetim planlamaları

Ahmet Bora Kırklıkçı^{a,*}, Tarık Gedik^b

Özet: Ekonomik alandaki etkisi özellikle 2020 yılının üçüncü çeyreğinden sonra çok daha fazla hissedilmeye başlanan COVID-19 pandemisinin her sektörde olumsuz bir yönü ortaya çıkmıştır. Kurumsallaşmış işletmeler diğer işletmelere göre pandemiden daha az etkilenmişlerdir. Yapılan bu çalışma ile belli bir düzeyde kurumsallaşmış ya da kurumsallaşma yolunda olan orman ürünleri sanayi işletmelerinin COVID-19 sürecindeki kriz yönetim planlamaları analiz edilmeye çalışılmıştır. İşletme yöneticileri ile bireysel derinlemesine görüşme yöntemi kullanılarak elde edilen veriler birleştirilmiş kalitatif araştırma raporlama kriterlerine uygun olarak kodlanmış, betimlenmiş, analiz edilerek yorumlanmıştır. On dört farklı orman ürünleri sanayi işletmesinden elde edilen sonuçlara göre yöneticiler kriz için hazırlıklı olunması gerektiğini tanımlamışlar ve bu hazırlık durumunu da üst yönetimin yapması gerektiğini belirtmişlerdir. Yöneticilere göre pandemi süreci tüketici davranışlarında büyük değişikliklere neden olmuştur. Yöneticiler bu dönemin en çok işgücü kaybına ve iş ve pazar kaybına (ekonomik kayıp) neden olduğunu belirtmişlerdir. İşletme yöneticilerine COVID-19 pandemisinin etkilerini en aza indirmek için risk değerlendirmeleri yapmaları, acil durum planları hazırlamaları ve kriz yönetim modelleri geliştirmeleri önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: COVID-19 pandemisi, Kurumsallaşma, Orman ürünleri endüstrisi, Kriz yönetimi

Crisis management planning of the forest products industry enterprises in the process of institutionalization in the COVID-19 pandemic

Abstract: The negative aspect of the COVID-19 pandemic, whose impact in the economic field began to be felt much more especially after the third quarter of 2020, has emerged in every sector. Institutionalized businesses have been less affected by the pandemic than other businesses. With this study, it has been tried to analyze the crisis management plans of the forest products industry enterprises, which are institutionalized at a certain level or on the way to institutionalization, in the COVID-19 process. The data obtained by using individual in-depth interviews with business managers were coded, described, analyzed and interpreted in accordance with the combined qualitative research reporting criteria. According to the results obtained from fourteen different forest products industry enterprises, managers defined the need to be prepared for the crisis and stated that this preparation should be done by the top management. According to managers, the pandemic process has caused major changes in consumer behavior. The managers stated that the period caused the most loss of workforce and loss of jobs and markets (economic loss). Business managers are advised to make risk assessments, prepare contingency plans and develop crisis management models in order to minimize the effects of the COVID-19 pandemic in their businesses.

Keywords: COVID-19 pandemic, Institutionalization, Forest product sector, Crisis management

1. Giriş

Kurumsallaşma süreci, işletmedeki faaliyetlerin genel olarak belirlenmesi veya rutinleştirilmesi ve daha sonra sistemli bir şekilde ele alınmasıdır (Fuchs ve Anderson, 1987). Diğer bir tanımla kurumsallaşma, işletmelerin amaçlarının kabul görmüş normlar, değerler ve ilkeler çerçevesinde gerçekleştirilmesidir (Ülgen, 1990). Kurumsallaşma ile işletmeler iş çevreleriyle daha uyumlu hale gelir ve bu uyum performansı artırır (Han vd., 2016).

İşletmeler içinde bulunduğu çevreden ayrı düşünülemez, yani kurumsallaşma işletmelerin iç ve dış paydaşları ile karşılıklı etkileşim halinde olması ile gerçekleşmektedir (Özdemir Aydın ve Tan, 2019). İşletmelerin çevresel faktörlerden nasıl etkilendiği günümüz gerçekliğinde çarpıcı

bir şekilde sınanmıştır. Nitekim Koronavirüs türlerinden biri olarak ortaya çıkan yeni COVID-19 hastalığı; dünyanın hemen her ülkesinde başta mikro, küçük ve orta ölçekli işletmeleri (MKOBİ) etkilemiştir. COVID-19 pandemisinin işletmelerin en çok mal ve hizmet taleplerini belirsizleştirdiği, tedarik zincirlerini bozduğu, işletmelerin nakit ve sermaye gereksinimlerini artırdığı belirtilmiştir (Işık Erol, 2020). İşletmeler, klasik ekonomik krizlerde oldukça tecrübe kazanmış olmakla birlikte, bu pandemi işletmeler için sosyo-ekonomik bir krizdir.

Türkiye’de orman ürünleri sektörüne ait pandemi öncesi veriler, yeni pazarlara açılma eğilimini (AİMSAD, 2017; TOBB, 2017) ve iki yüzü aşkın ülke ile orman ürünleri alanında ticari bağlantıların kurulduğunu bildirmekteydi (MDF-YLSD, 2019; MUSİAD, 2018). Türkiye İstatistik

^a Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Karaman, Türkiye

^b Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): borakirklikci@kmu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 29.08.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 07.11.2022



Citation (Atıf): Kırklıkçı, A. B., Gedik, T., 2022. Kurumsallaşma sürecindeki orman ürünleri sanayi işletmelerinin COVID-19 pandemisinde kriz yönetim planlamaları. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 290-298. DOI: [10.18182/tjf.1168296](https://doi.org/10.18182/tjf.1168296)

Kurumu'nun (TÜİK) son verilerine göre sadece mobilya sektöründe yaklaşık 39 bin işyeri ve 198 bin çalışan bulunmaktadır. Sektörün son beş yılda ağırlıklı kapasite kullanım oranı %73 olup, üretim değeri yaklaşık 45 milyar Türk Lirası olmuştur (STB, 2020). COVID-19 pandemisinin başladığı 2020 yılında mobilya ihracatında bir önceki yıla göre %12 artış kaydedildiği, mobilya ithalatının ise %9 azaldığı bildirilmiştir (TB, 2021a). Pandeminin etkisinin başladığı 2020 yılında kağıt ve kağıt ürünleri sektörü 87 ülkeye 1,7 milyar dolar ihracat yaparak yılı bir önceki yıla yakın bir seviyede tamamlamıştır. Kağıt-karton ambalaj sektörü ise bu dönemde Avrupa karton ambalaj pazarının %11'ini oluşturmuş ve Avrupa üretim sıralamasında 3. sıraya yükselmiştir (TB, 2021b).

Hali hazırda orman ürünleri endüstrisinin pandemi öncesinde Türkiye'de (Koç vd., 2017) ve hatta gelişim kat ettiği ülkelerde bile kurumsallaşma oranının düşük olduğuna dikkat çekilmiştir (Dayneko ve Gustafson, 2014; Wanat vd., 2018). Kırklıkçı (2021) COVID-19 pandemisinin orman ürünleri sektöründeki mobilya işletmelerinin performansını, en çok işletme gelirleri ve verimlilik boyutlarında olumsuz etkilediğini göstermiştir. Mobilya ve levha üretici işletmelerde COVID-19 pandemisi öncesi ve pandemi sırasında kurumsallaşma algısı düzeyinin karşılaştırıldığı bir çalışmada ise, işletmelerin tutarlılık başta olmak üzere formalleşme ve şeffaflık ve sorumluluk boyutlarında ciddi şekilde etkilendiği belirlenmiştir (Kırklıkçı, 2022).

Farklı sektördeki firmaların COVID-19 pandemisinde krize yönelik, bilişim sistemlerini güçlendirme, çalışanların sağlığını koruyucu uygulamalar (hijyen ve sağlık kontrolleri), devlet desteği ve kendi kaynakları ile çalışanlarına iş güvencesi sağlama gibi faaliyetlerde buldukları vurgulanmıştır (Akbaş Tuna ve Çelen, 2020). Ayrıca, pandemiyi kendine özgü yapısının tüketicilerin satın alma davranışlarını etkilediği ve firmalarında bu nedenle özellikle tutundurma olmak üzere ürün kararları, fiyatlandırma, dağıtım ve sosyal sorumluluk faaliyetlerinde değişiklikler gerçekleştirdiği bildirilmiştir (Aydın ve Dölek, 2020). COVID-19 pandemisi, e-ticaret alanını bir fırsata çevirmiş ve bu süreçte hızla uyum sağlayan işletmelerin ve markaların daha fazla öne çıkmasına da neden olmuştur (Gençyürek Erdoğan, 2020).

Pandemi sürecinde işletmelerin pandemiden en az zararlı etkilenmeleri veya bu salgını kendileri açısından fırsata çevirebilmeleri adına, stratejik yönetim metotlarından yararlanma kabiliyetlerinin önemine işaret edilmiştir. Özellikle işletmeler açısından tedarik zinciri konusuna önem verilmesi, üretime başlamadan önce hammadde ve yardımcı malzemenin temin edilmesi, üretim sonrası toptancılar ve perakendeciler ile kurulan stratejik iş birliklerinin minimum maliyet ve maksimum kâr bakışı ile ele alınması krizin etkilerini azaltacak yaklaşımlar olarak önerilmiştir (Korkmaz ve Soylu, 2020).

Orman ürünleri işletmelerinde kurumsallaşma kavramı Kırklıkçı ve Gedik (2021) tarafından geliştirilen Algılanan Kurumsallaşma Ölçeği (Perceived Institutionalization Scale-PIS)'nin kavramsal çerçevesinde tutarlılık, formalleşme ve şeffaflık ve sorumluluk olmak üzere üç alt boyutta ele alınmıştır. Tutarlılık alt boyutunda işletmenin tüm faaliyetlerinin işletme amaçları ile uyum içerisinde olması gerektiği vurgulanmaktadır. Formalleşme alt boyutu, bir faaliyetin yazılı prosedürler doğrultusunda yürütülmesine ve iç paydaşların görev ve iş tanımları doğrultusunda işletme içindeki işleyişi sağlamaya odaklanmaktadır. Şeffaflık ve

sosyal sorumluluk alt boyutu ise işletmelerin paydaşlarına karşı sorumluluk içerisinde olması ve gerçekleştirdiği faaliyetlerle ilgili tüm sonuçları üstlenebilmesidir.

Temel düzeyde kurumsallaşma ile işletmeler misyon ifadeleri, iş stratejileri, yapısal ve örgütsel söylemler aracılığıyla artan kârları, pazar genişlemelerini ve yatırım getirilerini garanti eder (Waddock, 2005; Vasconcelos, 2011). Kısacası, kurumsallaşma ile birlikte işletmeler krizlere hazırlanmış olur. Ancak Kırklıkçı (2022) kurumsallaşma sürecindeki orman ürünleri işletmelerinin krizlere açık olduğunu ve pandemi döneminde formal yapılarını, üretim hedeflerini, pazarlama ve satış tekniklerini ve kapasitelerini değiştirmeye yönelik planlarının bulunmadığını belirtmiştir. Bu ön çalışmada kurumsallaşma algısı pandemi öncesi ve sonrası incelenmiş olmakla birlikte, sektörün COVID-19 pandemisinde kriz yönetim planlamalarının daha derinlemesine ve ayrıntılı incelenmesi gereği doğmuştur. Bu doğrultuda bu çalışma, orman ürünleri endüstrisinde kurumsallaşma sürecindeki işletmelerde COVID-19 pandemisinde kriz yönetim planlamalarının analiz edilmesi amacı ile planlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Araştırmanın tipi

Çalışma, yorumlayıcı fenomenolojik yaklaşımda gerçekleştirilmiştir. Fenomenolojik tasarım, derinlemesine ve ayrıntılı bir anlayışımız olmayan olgulara odaklanılan nitel bir araştırma yaklaşımıdır. Bu yaklaşım ile insanların belirli bir fenomen veya kavramla ilgili anlayışları, duyguları, bakış açıları, algıları ve deneyimleri açığa çıkarılabilmektedir (Tekindal ve Uğuz Arsu, 2020). Fenomenolojik bir yaklaşımda araştırmacının fenomenolojinin karakteristik özelliklerine hâkim olması gereklidir. Araştırmacı fenomeni (COVID-19 pandemisi krizi) deneyimlemiş kişilerden (yöneticiler) veri toplar ve bireylerin "ne" yaşadıklarından ve "nasıl" deneyimlediklerinden ortak bileşik bir tanım geliştirir (Kıral, 2021). Bu çalışmada yorumlayıcı fenomenoloji özellikle kişinin deneyimlerini sosyal çevresi bağlamında ele alması nedeniyle seçilmiştir. Yöneticilerin kriz planlamaları ile ilgili deneyimlerinin iş ortamına ve işyeri kültürüne göre şekillendiği kabul edilerek, yorumlamalarda bulunulmuştur.

2.2. Araştırmanın evreni ve örnekleme

Fenomenolojik bir araştırmada, katılımcıların sayısı en az iki kişi olmakla birlikte 25 kişiye kadar olabilmektedir. Katılımcılar, yaşanmış deneyimleri arasındaki genel algıların daha iyi analiz edilebilmesi için homojenliği yansıtmalıdır (Creswell, 2013). Bu araştırma için katılımcılar olasılığa dayanmayan amaçlı örnekleme çeşidinden "ölçüt örnekleme" yöntemi ile belirlenmiştir. Kapsayıcı bir örnek setine ulaşmak için kurumsallaşma süreçlerinden sorumlu yöneticilerin seçiminde aşağıdaki kriterler hedeflenmiştir.

- Türkiye'de orman endüstrisinin yaygın olarak yer aldığı farklı bölgelerdeki işletmelerden (Marmara, Karadeniz, Akdeniz, İç Anadolu ve Ege bölgesi) olmaları,
- Farklı çalışan sayılarına sahip işletmelerde (10-49, 50-149, 150 ve üzeri) çalışmaları,
- Farklı sahiplik yapılarında işletmelerde (aile şirketi, yerli sermaye ortaklık, yabancı sermaye ortaklık) çalışmaları,

- Orman ürünleri sektöründe farklı ürün alanlarındaki işletmelerde (mobilya, levha, kağıt-karton, kereste-sandık-palet) çalışmaları.

Fenomenolojik yaklaşımda araştırmacı gerekli veri gereksinimleri karşılanana kadar katılımcı ekleyebilmektedir. On dört farklı orman ürünleri işletmesi yöneticisi ile yapılan görüşmelerde veri doygunluğuna ulaşılmış ve örneklem bu kişilerden oluşturulmuştur.

2.3. Veri toplama araçları

Fenomenolojik yaklaşımda görüşme, gözlem, odak grup görüşmeleri, doküman incelemeleri kullanılarak fenomen çalışılabilir. Nitel bir araştırma görüşmesi, katılımcıların kendi hikâyelerini kendi sözleriyle anlatmalarına izin veren konuşma veya sohbet şeklindeki etkileşimdir. Görüşme süresi oturma başına yaklaşık 1-1,5 saat olmalıdır (Creswell, 2013). Bu çalışmada yöneticiler ile soru formu ve yarı-yapılandırılmış bir görüşme formu ile online bir platform üzerinden Temmuz 2021- Aralık 2021 tarihleri arasında bireysel derinlemesine görüşmeler yapılmıştır. Görüşme süreci sorular doğrultusunda etkin dinleyerek sürdürülmüştür. Görüşme esnasında araştırmacı tarafından görüşülen kişinin de izni ile ses kaydı alınmıştır. Online görüşmeler ile katılımcılara, düşünceleri ve yanıtlamaları için daha fazla zaman ve mekân esnekliği sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca çevrimiçi veri toplamanın katılımcılar için tehdit oluşturmayan ve rahat bir ortam olması sebebiyle hassas konuların tartışılmasında daha fazla kolaylık sağladığı belirtilmektedir (Creswell, 2013).

Çalışmanın yapılabilmesi için Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu'ndan (Tarih: 26/05/2021, Karar No: 04-2021/85) yazılı izin alınmıştır. İşletme yöneticilerine görüşmeler öncesi çalışmanın yapısı ile ilgili açıklamalar yapılmış, gönüllülük ilkesine göre hareket edilerek yazılı onamları alınmıştır.

2.3.1. Soru formu

Literatür doğrultusunda hazırlanan soru formunun birinci kısmı, görüşme yapılan bireyin, yaşı, eğitim düzeyi, çalışma süresi ile ilgili bilgileri; işletmenin, ana faaliyet konusu, kuruluş yılı, ili, sahiplik yapısı, çalışan sayısı, kurumsallaşma çalışmaları, kurumsallaşma düzeyi ve kurumsallaşma çalışmalarına başladığı yıl ile ilgili bilgileri içeren toplam 11 sorudan oluşturulmuştur. Kurumsallaşma düzeyi için yöneticilerin kurumları ile ilgili 0-10 arası bir derecelendirme yapmaları istenmiştir. Formun ikinci kısmı, kriz kavramının işletme için neleri çağrıştırdığı, kriz yönetim planının varlığı ve kim tarafından hazırlandığı ile ilgili bilgileri içeren 3 sorudan oluşturulmuştur. Formun üçüncü kısmında COVID-19 pandemisinin sektöre genel etkileri 20 maddeden oluşan bir ölçekle sorgulanmıştır. Kullanılan ölçek 5'li likert tipinde olup 1-en az, 2-biraz, 3-orta, 4-fazla, 5-en fazla şeklinde derecelidir (Kırklıkçı, 2019; Gedik ve Çil, 2019; Işık Erol, 2020; Tekoğlu, 2020).

2.3.2. Görüşme formu

Yarı yapılandırılmış olarak hazırlanan görüşme formunun hazırlanmasında daha önceki çalışmalardan yararlanılmıştır (Bayram, 2021; Ateş vd., 2021; Kırklıkçı, 2022). Görüşme formunun yarı yapılandırılmış olarak hazırlanmasının amacı,

görüşmeler sırasında öngörülmemiş olan alanlara yönelik bazı ayrıntılamaların kullanılmasına esneklik sağlanmasıdır. Görüşmeler işletmenin kurumsallaşma süreçlerine hâkim olan üst veya orta kademe yöneticilerinden biri ile yapılmıştır. Görüşme formu, dört ana alandan oluşturulmuştur.

Bunlar;

1. Pandeminin işletmenize özel olumlu ve olumsuz etkileri neler oldu?
-Olumlu
-Olumsuz
2. Olumsuz etkileri onarıcı ne gibi tedbirler aldınız?
3. Aldığınız tedbirler ile çözüme ulaştırdığınız yönler neler oldu?
4. Çalışanlarınıza yönelik personel politikanız nasıl gerçekleşti ve çalışma sistemleri ile ilgili neler yaptınız? olarak belirlenmiştir.

2.4. Verilerin değerlendirilmesi

Çalışmada tanıtıcı veriler kodlanarak bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra SPSS 22.0 programıyla değerlendirilmiştir (IBM corp., 2013). Yöneticilere ve işletmelere ait tanıtıcı özelliklerin analizinde tanımlayıcı analizler (ortalama, standart sapma, oran, yüzdelik) kullanılmıştır. Çalışmanın nitel verileri Birleştirilmiş Kalitatif Araştırma Raporlama Kriterleri'ne (COREQ) uygun olarak toplanmış ve raporlandırılmıştır. Araştırmanın nitel verileri üç aşamalı olarak -betimleme, analiz etme, yorumlama- çalışılmıştır. Araştırmacı tarafından ilk olarak görüşmenin ses kayıtlarını dinlenmiş ve manuel olarak yazılı hale getirilmiştir. Yazma işlemi bittikten sonra metinler okunmuş ve yazım yanlışları ve eksiklikleri kontrol edilmiştir. Metinlerdeki benzer ifadeler, kelime, kelime grupları işaretlenerek ve ortak liste haline getirilerek kodlar çıkarılmıştır. Ardından belirlenmiş olan kodlar ortak kategorilere yerleştirilmiş ve kategoriye uygun bir tanımlama yapılmıştır. Kategoriler alt kategorilere indirgenmiş ve kodlar alt kategoriler içerisine yerleştirilerek katılımcı görüşleri kod ad (K1, K2 gibi) ile birlikte bulgular bölümünde çizelgeler şeklinde sunulmuş ve önceki araştırma sonuçları bağlamında yorumlanmıştır.

3. Bulgular

3.1. Yöneticilerin demografik ve çalışma özellikleri ile ilgili bulgular

Yöneticilerin demografik ve çalışma özellikleri ile ilgili bulguların dağılımı incelendiğinde, %57,1'inin lisans mezunu olduğu, %28,7'sinin işletmelerinde işletme mühendisi olarak çalıştığı görülmektedir. Katılımcıların yaş ortalaması 36,8 olarak hesaplanmıştır. Katılımcıların %42,9'unun işletmelerinde 4-6 yıldır çalıştığı belirlenmiştir. Katılımcıların %35,7'sinin işletmedeki kurumsallaşma çalışmaları kapsamındaki görevi üretim planlamadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Yöneticilerin demografik ve çalışma özelliklerinin dağılımı

Demografik değişkenler	n	%
Eğitim		
Lisans	8	57,1
Lisansüstü	6	42,9
İşletmedeki görevi		
Ar-Ge müdürü	2	14,3
Fabrika müdürü	3	21,4
İşletme mühendisi	4	28,7
Kalite sorumlusu	1	7,1
Makina mühendisi	1	7,1
Üretim müdürü	3	21,4
Yaş (yıl) Ort±SS (Min.-Mak.)	36,79±5,42 (29-48)	
İşletmedeki çalışma süresi (yıl)		
1 yıldan az	1	7,1
1-3 yıl	2	14,3
4-6 yıl	6	42,9
7-10 yıl	2	14,3
10 yıldan fazla	3	21,4
Kurumsallaşma çalışmaları kapsamındaki görevi		
Kurumsallaşma sorumlusu	1	7,1
Süreç yöneticisi	4	28,7
Ürün geliştirme	3	21,4
Ürün geliştirme, süreç yöneticisi	1	7,1
Üretim planlama	5	35,7

3.2. İşletmelerin tanıtıcı özellikleri ile ilgili bulgular

İşletmelerin tanıtıcı özellikleri ile ilgili bulguların dağılımı incelendiğinde, %35,7'si levha ve %35,7'si mobilya işletmesidir. İşletmelerin ağırlıklı olarak 21-30 yıldır faaliyet gösterdikleri (%42,9) görülmektedir. Katılımcı işletme temsilcilerinin %42,9'u Marmara Bölgesi'nde faaliyette bulunmaktadır. İşletmelerin %64,3'ünün 50-149 arası mavi yakalı çalışanı, %28,6'sının 0-10 arası beyaz yakalı çalışanı vardır. Sahiplik yapısı bakımından işletmelerin %85,7'si aile/şahıs işletmesi statüsündedir.

İşletmelerin kurumsallaşma çalışmaları kapsamında birinci sırada %57,1 ile "teknoloji, ürün geliştirme ve inovasyon çalışmaları" yer almıştır. Kurumsallaşma düzeyi için yöneticilerden kurumlarını 0-10 arası bir derecelendirme yaparak değerlendirmeleri istenmiş ve sonuçta kurumsallaşma algısı düzeyi 5,71 (±2,58) olarak bulunmuştur. İşletmelerin %50'si 10 yıl ve daha uzun süredir kurumsallaşma çalışmalarında bulunmaktadır (Çizelge 2).

3.3. Yöneticilerin kriz kavramına ilişkin algılamaları ile ilgili bulgular

Yöneticilerin kriz kavramına ilişkin algıları ile ilgili bulguların dağılımı incelendiğinde birinci sırada %64,3 ile "hazırlıklı olmak gerektiği" ifadesi yer almıştır. Katılımcıların %78,6'sı işletmesinin kriz planı bulunduğunu, bunların da %90'ının işletme üst yönetimi tarafından hazırlandığını bildirmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 2. İşletmelerin tanıtıcı özelliklerinin dağılımı

Tanıtıcı özellikler	n	%
Ana faaliyet konusu		
Kâğıt-Karton	1	7,1
Kereste-Sandık-Palet	3	21,5
Levha	5	35,7
Mobilya	5	35,7
Faaliyet süresi		
0-10 yıl	2	14,3
11-20 yıl	1	7,1
21-30 yıl	6	42,9
31-40 yıl	1	7,1
41 ve üstü	4	28,6
Faaliyet gösterdiği bölge		
Akdeniz	1	7,1
Ege	2	14,3
İç Anadolu	4	28,6
Karadeniz	1	7,1
Marmara	6	42,9
Mavi yakalı çalışan sayısı		
10-49	1	7,1
50-149	9	64,3
150 ve üstü	4	28,6
Beyaz yakalı çalışan sayısı		
0-10	4	28,6
11-20	3	21,4
21-30	2	14,3
31-40	2	14,3
40 ve üstü	3	21,4
Sahiplik yapısı		
Aile/Şahıs	12	85,7
Yerli Sermaye Ortaklık	2	14,3
Kurumsallaşma çalışmaları*		
Teknoloji, ürün geliştirme ve inovasyon çalışmaları	8	57,1
Görev, yetki ve sorumlulukların belirlenmesi	6	42,9
ISO, OHSAS vb. kalite belgelendirme sistemlerini kullanma	5	35,7
Çalışanların karar verme mekanizmalarına katılmaları	1	7,1
Çalışan memnuniyeti	1	7,1
Kurumsallaşma düzeyi	5,71±2,58 (1-9)	
Kurumsallaşma çalışmalarının süresi		
1-3 yıl	3	21,4
4-6 yıl	2	14,3
7-10 yıl	2	14,3
10 yıldan fazla	7	50,0

*Katılımcılar birden fazla kurumsallaşma çalışması bildirmiştir.

Çizelge 3. Yöneticilerin kriz kavramına ilişkin algılamalarının dağılımı

Değişkenler	n	%
Kriz kelimesi size neyi çağırıyor?*		
Hazırlıklı olmak gerektiğini	9	26,5
Yeni fırsatların ortaya çıkacağını	8	23,6
Sıkıntılı zamanların yakın olduğunu	7	20,6
İşletmenin ticari faaliyetlerinin azalacağını	6	17,6
İşletmenin maddi sıkıntıya düşeceğini	3	8,8
Çözümsüz sorunlar	1	2,9
Kriz yönetim modeli ya da planı var mı?		
Evet	11	78,6
Hayır	3	21,4
Kriz yönetim modeli ya da planı varsa kim/kimler hazırlamıştır?		
İşletme üst yönetimi	9	81,8
Profesyonel danışma şirketi	1	9,1
İşletme içi ve işletme dışı uzmanlardan oluşan bir kriz yönetim ekibi	1	9,1

*Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

3.4. COVID-19 pandemisinin sektöre etkileri ile ilgili bulgular

Katılımcıların COVID-19 pandemisinin sektöre etkileri ile ilgili değerlendirmeleri incelendiğinde en fazla etkilenmenin olduğu beş alana ait maddelerin puan ortalamaları; “tüketici davranışlarının değişmesi” (3,57), “hammadde temininde sorunlar” (3,43), “maliyetlerin artması” (3,43), “genel ekonomik durumun olumsuzluğu” (3,36) ve “hedeflere ulaşamama” (2,86) olarak bildirilmiştir. En az etkilenen beş alana ait maddelerin puan ortalamaları ise; “yöneticilerin sağlıksız karar alması” (2,14), “krediler ile ilgili sorunlar yaşanması” (2,07), “yatırım sermayesi kıtlığı ya da yetersizliği yaşanması” (2,00), “ödeme sorunları” (1,93) ve “işletme küçülmeye gitmek zorunda kalınması” (1,36) olmuştur (Çizelge 4).

3.5. COVID-19 pandemisinin işletmelere olumlu etkilerine ilişkin görüşler

Araştırmaya katılan yöneticilere COVID-19 pandemisinin işletmelerinde herhangi bir olumlu etkilerinin olup olmadığı sorulmuş ve “Yönetim açısından biraz sakinleşip şirket gelişimi piyasa koşulları rekabet koşulları büyüme fırsatları gibi konularda kafa yoruldu. Çalışanlar dinlenme fırsatı buldu. İşyerine olan güven arttı. Herkes bireysel olarak çıkarımlar kazandı.” (35 yaş; K12; Mobilya), “Karar alımları hızlandırıldı. Değişim yönetiminin geliştirilmesini sağladı.” (34 yaş; K2; Mobilya), “Daha fazla ambalajlama gereksinimi daha fazla kağıt ihtiyacı doğurdu.” (39 yaş; K5; Kağıt-Karton) gibi cevaplar alınmıştır. Yapılan

analiz sonucunda elde edilen cevaplar gruplandırıldığında katılımcıların %26,7 oranında siparişlerin arttığını, %26,7 oranında kriz/değişimi yönetebilme becerisinin geliştiğini, %20 oranında evden/uzaktan çalışma becerisinin arttığını, %13,3 oranında hem kişisel koruyucu kullanma becerisinin hem de işe bağlılığın arttığını bildirmişlerdir. Katılımcı yöneticilerden üç tanesi herhangi bir olumlu etki bildirmemiştir (Çizelge 5).

3.6. COVID-19 pandemisinin işletmelere olumsuz etkilerine ilişkin görüşler

Araştırmaya katılan yöneticilere COVID-19 pandemisinin işletmelerine olumsuz etkileri de sorulmuş ve olumlu etkiden daha fazla sayıda olumsuz etkinin ortaya çıktığı belirtilmiştir. Katılımcıların, “Çalışanların sağlık problemleri nedeniyle iş gücü kayıpları yaşandı.” (39 yaş; K1; Mobilya), “Personel sağlık sorunları yaşadı ve bu durum personel üzerinde tedirginlik yarattı. Tedarik, sevkiyat benzeri aksaklıklar yaşandı. Maliyet artışları işletmeyi olumsuz etkiledi.” (41 yaş; K10; Levha), “Yurt dışından alınan hammaddelerde sıkıntılar yaşandı.” (39 yaş; K5; Kağıt-Karton) gibi faktörleri COVID-19’un olumsuz etkisi olarak ileri sürdüğü görülmüştür. Yapılan analiz sonucunda katılımcılar %30,8 oranında işletmelerinde işgücü kaybı ve hammadde tedarik ve sevkiyat sıkıntısı yaşandığını, %23,1 oranında iş ve pazar kaybı/mali kayıplar yaşandığını ve %15,3 oranında üretim kapasitesinin düştüğünü belirtmişlerdir. Katılımcı yöneticilerden bir tanesi herhangi bir olumsuz etki bildirmemiştir (Çizelge 6).

Çizelge 4. COVID-19 pandemisinin sektöre etkileri ile ilgili bulguların dağılımı

Etkiler	Ortalama	SS
Tüketici davranışlarının değişmesi	3,57	1,16
Hammadde temininde sorunlar	3,43	1,28
Maliyetlerin artması	3,43	1,22
Genel ekonomik durumun olumsuzluğu (Enflasyon/küresel darboğaz)	3,36	1,34
Hedeflere ulaşamama	2,86	1,46
Kârların azalması	2,64	1,34
Yurtdışı ticaret yapılamaması	2,64	1,28
Taleplerin azalması	2,57	1,65
Satışların düşmesi	2,50	1,56
Üretimde durmaların olması	2,50	1,51
Kapasite kaybı	2,50	1,45
Çalışanların korku, panik, çöküntü yaşamaması	2,50	1,35
Çalışanların işe devam etmemeleri (Personel sorunları)	2,50	1,09
Pazardaki beklentilere odaklanmada sorunlar	2,29	1,27
Alacak sorunları	2,29	1,14
İşveren-iş gören, yönetici-yönetilen ve diğer paydaşlar arasında güvensizliğin artması	2,21	1,48
Yöneticilerin sağlıksız karar alması	2,14	1,23
Krediler ile ilgili sorunlar yaşanması (kredilerin geri ödeme süresi ve faiz oranları yüksek olması gibi)	2,07	1,39
Yatırım sermayesi kıtlığı ya da yetersizliği yaşanması	2,00	1,18
Ödeme sorunları	1,93	1,14
İşletme küçülmeye gitmek zorunda kalınması (satış ofislerini kapatma, kiradan çıkma gibi)	1,36	0,84

SS: Standart sapma

Çizelge 5. Yöneticilerin COVID-19 pandemisinin işletmelerine olumlu etkilerine ilişkin görüşleri

Olumlu etkiler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14
Siparişlerin artması	+				+			+	+					
Krizi/değişimi yönetebilme becerisinin gelişmesi		+					+					+	+	
Evden/uzaktan çalışma becerisi			+									+	+	
İşe bağlılığın artması				+								+		
Kişisel koruyucu kullanma becerisi				+							+			

K: Katılımcı

Çizelge 6. Yöneticilerin COVID-19 pandemisinin işletmelerine olumsuz etkilerine ilişkin görüşleri

Olumsuz Etkiler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14
İşgücü kaybı	+	+	+			+	+			+		+	+	
İş ve pazar kaybı/mali kayıplar				+		+		+		+	+	+	+	+
Hammadde tedarik ve sevkiyat sıkıntısı	+	+			+	+		+		+				
Üretim kapasitesinde düşme						+						+	+	+

K: Katılımcı

Çalışma kapsamında araştırmaya katılan yöneticilere COVID-19 pandemisinin olumsuz etkilerine yönelik aldıkları tedbirler olup olmadığı sorulmuş ve “Devlet destekli makine teçhizat alımı yapıldı ve yeni oluşan pazar ihtiyaçlarına göre ürün yelpazesi oluşturuldu.” (33 yaş; K6; Mobilya), “Üretim planlaması ve proje takvimi müşteri beklentileri doğrultusunda tedarikçilerle beraber yeniden düzenlendi.” (38 yaş; K11; Kereste-Sandık-Palet), “Vardiya ekibini yeniden organize ettik. Üretim planlamasını uygun hale getirdik.” (32 yaş; K7; Levha) gibi cevaplar ile COVID-19’un olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaya dönük alınan tedbirler ifade edilmiştir. Alınan bu cevaplar çalışma kapsamında 4 alt boyutta gruplandırılmıştır. Katılımcıların %47,8 oranında üretimi yeniden planladıkları, %30,4 oranında Devlet/İŞKUR desteğinden faydalandıkları, %13 oranında tedarikçi/müşteri beklentilerini yeniden değerlendirdikleri ve %8,7 oranında da kapasite artışı yaptıkları belirlenmiştir. Katılımcı yöneticilerden biri COVID-19 pandemisi kapsamında sorunlarla ilgili çözüm önerilerine herhangi bir cevap vermemiştir (Çizelge 7).

Araştırmaya katılan yöneticilere COVID-19 pandemisine yönelik aldığı tedbirler ile çözüme ulaştırdıkları yönler sorulduğunda “Yeni ürün üretimiyle kapasitemizde eski seviyelere ulaşmayı başardık.” (33 yaş; K6; Mobilya), “Dış tedarik ürünlerimizi kendimiz üreterek termin, maliyet ve kalite parametrelerini daha kontrol edebilir hale geldik.” (34 yaş; K2; Mobilya), “Şirket içi ve diğer şirketlere karşı güveni korumayı başardık.” (29 yaş; K13; Mobilya) şeklinde cevaplar alınmıştır. Alınan bu cevaplar çalışma kapsamında 4 alt boyutta gruplandırılmıştır. Çalışma kapsamında yöneticiler %44,4 oranında tam zamanında üretim/kapasite artışı/termin kontrolünde bulduklarını, %27,8 oranında maliyeti ve kalite parametrelerini kontrol ettiklerini, %16,7

oranında şirketin imajı ve itibarını koruduklarını ve %11,1 oranında da evden çalışma/çalışanın işe devamlılığı ve memnuniyetini sağladıklarını dile getirmişler ve böylece COVID-19 pandemisine yönelik alınan tedbirler ile çözüme ulaştırabildikleri yönleri belirtmişlerdir. Katılımcı yöneticilerden biri COVID-19 pandemisi kapsamında sorunlarla ilgili çözüme ulaştırdıkları herhangi bir yön belirtmemiştir (Çizelge 8).

Araştırmaya katılan yöneticilere COVID-19 pandemisinde işletmelerinde çalışanlarına yönelik personel politikası ve çalışma sistemleri ile ilgili nasıl uygulamalar yaptıkları sorulmuş ve “Pandemi için gerekli tedbirler uygulandı. Gruplar halinde yemek, çay molası verildi. Tek kullanımlık bardak, maske, dezenfektan vb...” (34 yaş; K2; Mobilya), “İşten çıkarmamak için bütün gayreti gösterdik. Kısmi çalışma, ücretli izin veya ücretsiz izin. Geçiş döneminde oluşan dar boğazlara göre çalışanların pozisyonlarında değişikliklerde yapılmıştır.” (33 yaş; K6; Mobilya), “Bazı bölümlerde evden çalışmaya gidildi. Aynı ortamdaki çalışanlar birbirlerinden ayrıldı. İşten çıkartma olmadı.” (48 yaş; K8; Levha) şeklinde cevaplar alınmış ve bu cevaplar da 4 grupta toplanmıştır. Katılımcılar %50 oranında tedbirlerle tam zamanlı çalışma (çalışma ortamını düzenleme, sosyal mesafe, kişisel koruyucu vb.) yaptıklarını, %30 oranında evden/dönüşümlü çalışma, %10 oranında hem ücretli izin, izin borçlandırma uyguladıklarını hem de ücretsiz izin verdiklerini belirtmişlerdir. Katılımcı yöneticilerden biri COVID-19 pandemisi kapsamında işletmelerin çalışanlarına yönelik personel politikası ve çalışma sistemleri ile ilgili herhangi bir cevap vermemiştir (Çizelge 9).

Çizelge 7. İşletmelerin COVID-19’un olumsuz etkilerine yönelik aldıkları tedbirler

Alınan Tedbirler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14
Üretimi yeniden planlama	+	+			+	+	+	+	+	+	+		+	+
Devlet/İŞKUR desteği	+		+			+		+			+	+	+	
Tedarikçi/müşteri beklentilerini yeniden değerlendirmek					+						+			+
Kapasite artışı	+						+							

K: Katılımcı

Çizelge 8. İşletmelerin COVID-19’ a yönelik aldığı tedbirler ile çözüme ulaştırdığınız yönler

Çözüme Ulaştırılan Yönler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14
Tam zamanında üretim/kapasite artışı/termin kontrolü	+	+	+		+	+	+	+			+			
Maliyeti ve kalite parametrelerini kontrol etme	+	+				+	+							+
Şirketin imajı ve itibarı										+		+	+	
Evden çalışma/çalışanın işe devamlılığı ve memnuniyeti				+							+			

K: Katılımcı

Çizelge 9. COVID-19 pandemisinde işletmelerin çalışanlarına yönelik personel politikası ve çalışma sistemleri ile ilgili uygulamalar

Uygulamalar	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14
Tedbirlerle tam zamanlı çalışma (çalışma ortamını düzenleme, sosyal mesafe, kişisel koruyucu vb.)		+	+	+	+	+	+	+	+	+			+	
Evden/dönüşümlü çalışma	+			+		+		+			+	+		
Ücretli izin, izin borçlandırma			+			+								
Ücretsiz izin						+						+		

K: Katılımcı

4. Tartışma

Risk analizleri, acil durum planlamaları ve kriz planlama modelleri; işletmelerin varlığını garanti altına almayı sağlayacak ve kurumsallaşma sürecine mutlaka entegre edilmesi gereken uygulamalardır. İşveren bu planlama sürecinde liderlik yapmalı ve konusunda uzman, yetkin ve tecrübeli yöneticilerle süreç yürütülmeli ve tüm çalışanlar sürece gönüllülük ve farkındalıkla katılmalıdır. Ayrıca örgütün kültürü, değerleri ve inançları doğrultusunda krizlere yaklaşılması da krizin çözümünde önem taşımaktadır.

Bu çalışmaya katılan yöneticiler 29-48 yaş aralığında olup, yarısından fazlası lisans mezunu ve çoğunluğu işletmede 4-6 yıldır çalışmakta olan işletme mühendisleridir. İşletmedeki kurumsallaşma çalışmaları kapsamında bu yöneticilerin asli görevi üretim planlamayı yürütmektir. Krizleri önlemede başarının, yöneticilerin krizleri ne şekilde algıladıklarına bağlı olarak değişebildiği bildirilmiştir (Küçük ve Bayuk, 2007). Bu açıdan görüşülen yöneticilerin eğitilmiş, genç, kurumsallaşma süreçlerinde aktif ve işletmelerinde deneyimli olmaları nedeniyle kriz planlama süreçlerine de hâkim oldukları düşünülebilir.

Çalışmada işletmelerin çoğunluğunun levha ve mobilya işletmeleri olması, faaliyet süreleri ve lokalizasyonları, sahiplik yapıları Türkiye'deki orman ürünleri sektörü perspektifine uygun bir yöndedir (Kırklıkçı ve Gedik, 2021). Kurumsallaşma çalışmaları kapsamında işletmelerin yarısından fazlası birinci sırada "teknoloji, ürün geliştirme ve inovasyon çalışmaları" yaptıklarını, ikinci sırada ise "görev, yetki ve sorumlulukları" belirlediklerini bildirmişlerdir. COVID-19 krizinin, inovasyonun gelişmekte olduğu bir zamanda inovasyon ortamını olumsuz etkilediği ve işletmelerin yenilikçi girişimleri finanse etmek için kaynak bulmakta zorlandıkları bildirilmiştir (Perker ve Akgün, 2021). Bu çalışmada yer alan orman ürünleri işletmelerinin COVID-19 pandemisinin etkisi ile kurumsallaşma çalışmaları kapsamında özellikle ağırlık verdikleri bu alanda olumsuzluklar yaşadıkları düşünülebilir. Yöneticilerin kurumsallaşma çalışmalarında en fazla bu konuya eğitim göstermeleri de diğer alanlarda geri kalmalarına neden olmuş olabilir. Nitekim bu çalışmada işletmelerin yarısı 10 yıl ve daha uzun süredir kurumsallaşma çalışmalarında bulunmalarına rağmen, yöneticilere göre kurumsallaşma algısı düzeyi orta düzeyin biraz üzerinde bulunmuştur.

Bu çalışmada yöneticilerin COVID-19 pandemisinde kurumsallaşma sürecindeki işletmelerinde yürüttükleri kriz yönetim planlamaları; pandeminin olumlu etkileri, olumsuz etkileri, alınan tedbirler, çözüme ulaştırdıkları yönler, uyguladıkları çalışma sistemi ve personel politikası doğrultusunda incelenmiş olup, genel olarak pandemi nedeniyle yaşanan krize bağlı işletmelerinde güçlükler yaşadıkları görülmüştür. Yapılan bir çalışmada orman ürünleri sanayi işletmelerinin kriz stratejisi planı hazırlama nedenleri olarak, krizle oluşacak olan belirsizlikle mücadele etme şansını yakalamak fikri en önemli faktör olarak görülmüştür. Limited şirket olan işletmeler, diğer hukuki yapıdaki işletmelere göre kriz stratejisi planı hazırlama nedeni olarak krize karşı işletmenin kaynaklarını daha etkin kullanmasının önemli olacağını belirtmişlerdir (Gedik ve Çil, 2019). Bu ön çalışma ışığında bu sektörün kriz planlama çalışmaları kapsamında daha gelişme aşamasında olduğu ve kriz kavramına çok geleneksel baktıkları söylenebilir.

Bu çalışmada yöneticilerin pandeminin olumlu etkilerine ilişkin yaygın görüşü "siparişlerin artması" ve "krizi/değişimi yönetebilme becerisinin gelişmesi" olmuştur. Proaktif çalışmalarla olası krizlere hazırlanmış işletmelerin zorlu süreçleri, reaktif bakış açısıyla yönetilen işletmelere göre daha kolay atlatacakları bildirilmiştir (Hasanhanoglu, 2020). Nitekim bu çalışmada işletmelerin yaklaşık %70'inin kriz yönetim planının mevcut olduğu bildirilmiştir. Gedik ve Çil (2019) Düzce orman ürünleri sanayi işletmelerinde yapmış oldukları çalışmada bu çalışmanın bulgularından farklı olarak işletmelerin yaklaşık %30'unun kriz planı bulunduğunu ifade etmiştir.

Bu çalışmada yöneticiler tarafından kriz kavramının çoğunlukla "hazırlıklı olmak gerektiği" ve "yeni fırsatların ortaya çıkacağı" olarak algılanması proaktif bakış açılarını destekler niteliktedir. Diğer bir çalışmada ise işletme temsilcilerinin "kriz" kelimesinin en yüksek oranda "kriz durumuna karşı hazırlıklı olmak", en az oranda ise "yeni fırsatların ortaya çıkması" olarak algıladıkları bildirilmiştir (Gedik ve Çil, 2019).

Yöneticilerin pandeminin olumsuz etkilerine ilişkin öne çıkan görüşleri işgücü kaybı ve iş ve pazar kaybı/mali kayıplar yaşandığı olmuştur. Pandeminin, orman ürünleri endüstrisinin farklı sektörlerinde hammadde tedarik zincirini ve ürün sevkiyatını durdurması (Ratnasingam vd., 2020; Bayram, 2021; Ateş, Enez ve Külçe, 2021), ürünlerin pazarlama platformlarını engellemesi (Ratnasingam vd., 2021) nedeniyle kapasite kaybına ve finansal zararlara yol açtığı bildirilmiştir. Yöneticilerin çoğu olumsuz etkiler ile baş etmek için üretimi yeniden planladıklarını ve devlet/İŞKUR desteğinden faydalandıklarını bildirmişlerdir. Girdi tedarik, ticaret, üretim ve pazarlama sistemlerinin bütünsel yapısı göz önüne alındığında (Tekoğlu, 2020), yöneticilerin bunu kritik ederek üretimi yeniden planlamaları doğru bir yaklaşım olmuştur. Kriz yönetiminin devamlılığı esas olan bir durum olup, öncesi ve sonrasına odaklanmadan, krizlerle ilgili hazırlanan planların sürekli olarak denemesi, yeniden gözden geçirilmesi uygun bir yaklaşımdır. Yöneticilerin çoğu aldıkları tedbirler ile tam zamanında üretim/kapasite artışı/termin kontrolünde olduklarını, maliyeti ve kalite parametrelerini kontrol ettiklerini belirtmişlerdir. Orman ürünleri işletme temsilcileri ile yapılan bir çalışmada kriz tehditlerinin yasal ve finansal denetimini içeren araçlarını kapsayan "krizin değerlendirme ve inceleme aktivitelerine" önem verilmesi gerektiği en önemli faktör olarak ortaya konulmuştur. Kriz yönetiminin bir maliyet olarak görülmenin ötesinde stratejik bir gereklilik olduğunu ileri süren "Stratejik seviye aktiviteleri" üçüncü sırada önemli bulunmuştur (Gedik ve Çil, 2019). Önceki sektör çalışmasının sonucu ile paralel şekilde bu çalışmadaki yöneticiler de krize değerlendirme ve inceleme yönü ile yaklaşmış ve krizin maliyetine odaklı tedbirlere önem vermiştir.

Krizlerde çalışma koşulları işletmeler için önemli diğer bir konudur. Bu çalışmada yöneticiler tedbirlerle tam zamanlı çalışma (çalışma ortamını düzenleme, sosyal mesafe, kişisel koruyucu vb.), evden/dönüşümlü çalışma modelleri ve personel politikası uyguladıklarını bildirmişlerdir. COVID-19 nedeniyle, işletmelerin 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Kanunu gereği, yeni koşullara uyum sağlayacak şekilde çalışma ortamlarını düzenlemeleri gerekmiştir (Hasanhanoglu, 2020). Gerekli düzenlemeleri yapan işletmeler, maske, mesafe ve hijyen kurallarına uymak

şartıyla faaliyetlerine devam etmiştir. Bazı işletmeler ise esnek çalışma, kısmi çalışma, süreli veya süresiz ücretsiz izin şeklindeki çalışma sistemlerini uygulamıştır (Bulut ve Pınar, 2020). Orman ürünleri işletme temsilcilerinde yapılan bir çalışmada kriz anında çalışanlarına moral desteği ve motivasyon sağlama konusu en az çaba sarf edecekleri alan olarak ifade edilmiştir (Gedik ve Çil, 2019). Önceki sektör çalışmasının aksine, bu çalışmadaki yöneticilerin bu krize insan kaynağının yönetimi açısından da yaklaşımları oldukça dikkat çeken olumlu bir sonuçtur.

5. Sonuç ve öneriler

Sonuç olarak bu çalışma ile kurumsallaşma sürecindeki orman ürünleri sanayi işletmelerinin COVID-19 pandemisinde kriz yönetim planlamaları analiz edildiğinde, geleneksel kriz planlamalarını uygulamaya eğilimli olmakla birlikte, çok bilinçli olmayan bir şekilde süreci iyi yönettikleri alanların da olduğu görülmüştür. Örneğin bazı işletmeler bu krizi siparişlerini arttırarak ve genel olarak bu süreci bir öğrenme ve beceri geliştirme fırsatı olarak değerlendirerek olumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Olumsuz etkilere yönelik olarak üretimi yeniden planlama yaklaşımı yaygın olarak kullanılmış ve finansal göstergelere odaklanılmıştır. Çoğu işletme üretim artışı sağlamış ve termin süresini azaltmış, ancak maliyet ve kalite yönünden işletmelerin hepsi aynı başarıyı elde edememiş ve bazıları finansal zararlara uğramıştır. İşletmelerin yaklaşık %20'si işletme imajını ve itibarını kriz döneminde koruyabildiğini belirtmiştir. Tüm işletmelerde insan kaynağının yönetimine yönelik farklı uygulamalar denenmiş ancak hiçbiri işten çıkarma gerçekleştirmediğini belirtmiştir. Kısacası işletmeler bu krizde stratejik yönetim metotlarını gözden geçirerek, bu kriz dönemindeki hızlı değişim süreçlerine uyum sağlamaya çalışarak -durum analizi yapma, fırsatlarının ve tehditlerinin farkına varma- zayıf yönlerini görmüş ve güçlü yanlarına yönelik değerleri arttıracak adımlar atmaya yönelmiştir.

Kaynaklar

- Ağaç İşleme Makine ve Yan Sanayisi İşadamları Derneği (AİMSAD), 2017. Ağaç İşleme Makine ve Yan Sanayisi İşadamları Derneği Dergisi, <http://www.aimsad.org.tr/dergipdf/AIMSADDergisi-Say15.pdf>, Erişim: 19.09.2019.
- Akbaş Tuna, A., Çelen, O., 2020. İşletmelerin insan kaynakları yönetimi uygulamaları üzerinde Covid-19 pandemisinin etkileri. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 16(30): 2710-2759.
- Ateş, S., Enez, K., Külçe, T., 2021. Kovid-19 pandemi sürecinin Kastamonu orman ürünleri sanayii üzerine etkileri. *European Journal of Managerial Research (EUJMR)*, 5(8): 20-32.
- Aydın, İ., Dülek, B., 2020. Covid-19 pandemisinin pazarlama faaliyetleri üzerindeki etkileri. *Akdeniz Zirvesi 3. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi*, 17-18 Ekim, Girne, KKTC, s. 39-49.
- Bayram, B.Ç., 2021. The impact of Covid-19 on Turkish forest products industry. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2): 565-570.
- Bulut, R., Pınar, Ç., 2020. Covid-19 pandemisi döneminde Türkiye'de istihdam ve işsizlik. *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(2): 217-225.
- Creswell, J.W., 2013. *Qualitative Inquiry And Research Design Choosing Among Five Approaches*. Thousand Oaks, CA, Sage.
- Dayneko, D.V., Gustafson, E.J., 2014. Institutional innovations in the forest industry in Russia: A case study of Irkutsk province. *Miscellanea Geographica-Regional Studies On Development*, 18(4): 17-23.
- Fuchs, E.P., Anderson, J.E., 1987. The institutionalization of cost-benefit analysis. *Public Productivity Review*, 10(4): 25-33.
- Gedik, T., Çil, M., 2019. Küçük ve orta ölçekli işletmelerde kriz yönetimi (Düzce ili örneği). *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2): 417-425.
- Gençyürek Erdoğan, M., 2020. Covid-19 döneminde e-ticaret ve dijital reklam yatırımları. *Selçuk İletişim*, 13(3): 1296-1318.
- Han, B., Tang, Y., Yang, L., 2016. Public information and uninformed trading: Implications for market liquidity and price efficiency. *Journal of Economic Theory*, 163(C): 604-643.
- Hasanhanoglu, C., 2020. Covid - 19'un iş sağlığı ve güvenliği kapsamında işletmeler üzerine etkileri. *Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Bilimleri Akademik Araştırmalar Dergisi*, 4(10): 11-27.
- IBM Corp., 2013. IBM SPSS statistics for windows, version 22.0. IBM Corp., Armonk.
- Işık Erol, S., 2020. Covid-19'un işletmeler ve çalışanlar üzerindeki etkisi: Almanya, Amerika ve Belçika'dan örnekler. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 11(2): 204-221.
- Kıral, B., 2021. Nitel araştırmada fenomenoloji deseni: Türleri ve araştırma süreci. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 10(4): 92-103.
- Kırklıkçı, A.B., 2021. Evaluation of performance perception of employees in furniture businesses before and after the Covid-19 pandemic. *Al Farabi 10th International Conference On Social Sciences*, November 16-17, Malatya, Türkiye, pp. 225-230.
- Kırklıkçı, A.B., 2022. An investigation of the perception of institutionalization in the furniture and board manufacturing businesses from the perspective of managers before and during the Covid-19 pandemics. *OPUS Journal of Society Research*, 19(47): 427-436.
- Kırklıkçı, A.B., Gedik, T., 2021. Development study of perceived institutionalization and perceived performance scales. *Drvna Industrija*, 72(2): 131-142.
- Kırklıkçı, A.B., 2019. Kurumsallaşmanın işletme performansı ve verimliliği üzerine etkileri (Türkiye levha ve mobilya işletmeleri örneği). *Doktora tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce*.
- Koç, K.H., Dilik, T., Kurtoglu, A., 2017. Türkiye orman ürünleri endüstrisine stratejik bir bakış. IV. Ulusal Ormanlık Kongresi, 15-16 Kasım, Antalya, Türkiye, s. 483-495.
- Korkmaz, E.V., Soylu, S., 2020. Covid-19 sürecinde işletmelerin stratejik yönetim farkındalıkları, III. Uluslararası Kahramanmaraş Yönetim, Ekonomi ve Siyaset Kongresi, 15-16 Ekim, Kahramanmaraş, Türkiye, s. 90-97.
- Küçük, F., Bayuk, M.N., 2007. Kriz ortamında bir başarı faktörü olarak çalışanların kurum imajı. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 2(7): 795-808.
- MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği (MDF-YLSD), 2019. Orman Sanayi İşadamları Gazetesi. <http://www.orsiad.com.tr/levha-sektor-analizi.html>, Erişim: 24.11.2021.
- Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği (MUSIAD), 2018. DTM mobilya ve orman ürünleri sektörel raporu 2018. http://www.musiad.org.tr/F/Root/Pdf/DTM_Mobilya_ve_Orman_urunleri_Sektor_raporu.pdf, Erişim: 04.08.2019.
- Özdemir Aydın, Ç., Tan, F.Z., 2019. Kurumsallaşma: Kavramsal bir inceleme. *Alnteri Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2): 225-235.
- Perker, B.C., Akgün, A.K., 2021. Covid-19'un inovasyon ve ihracat üzerine etkisi. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(4): 83-96.
- Ratnasingam, J., Jegathesan, N., Ab Latib, H., Ioras, F., Mariapan, M., Liat, L.C., 2021. Digital marketing during the COVID-19 pandemic: A case study of its adoption by furniture manufacturers in Malaysia. *BioResources*, 16(2): 3304-3317.
- Ratnasingam, J., Khoo, A., Jegathesan, N., Chee Wei, L., Abd Latib, H., Thanasegaran, G., Choon Liat, L., Yan Yi, L., Othman, K., and Amir, M., 2020. How are small and medium enterprises in Malaysia's furniture industry coping with Covid-19 pandemic? Early evidences from a survey and recommendations for policymakers. *BioResources*, 15(3): 5951-5964.

- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB), 2020. Mobilya Sektör Raporu. https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/Mobilya_Sektor_Raporu2020.pdf, Erişim: 20.10.2021.
- Tekindal, M., Uğuz Arsu, Ş., 2020. Nitel araştırma yöntemi olarak fenomenolojik yaklaşımın kapsamı ve sürecine yönelik bir derleme. *Ufuk Ötesi Bilim Dergisi*, 20(1): 153-172.
- Tekoğlu, A.S., 2020. Covid-19 salgını ve dış ticarete kriz yönetimi: Türkiye örneği. *Gümrük ve Ticaret Dergisi*, 7(22): 32-53.
- Ticaret Bakanlığı (TB), 2021a. Mobilya Sektör Raporu. <https://ticaret.gov.tr/data/5b87000813b8761450e18d7b/Mobilya%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202021.pdf>, Erişim: 20.10.2021.
- Ticaret Bakanlığı (TB), 2021b. Kağıt Sektör Raporu. <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/sector-raporlari/mu2812011413>, Erişim: 14.05.2022.
- Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB), 2017. Türkiye Mobilya Ürünleri Meclisi Sektör Raporu. TOBB Yayın No: 2018/304, Ankara.
- Ülgen, H., 1990. İşletmelerde Organizasyon İlkeleri ve Uygulaması. Gençlik Basımevi, İstanbul.
- Vasconcelos, A.F., 2011. Societal marketing concept and spirituality in the workplace theory: Finding the common ground. *Cadernos EBAPE.BR*, 9(1): 97-116.
- Waddock, S., 2005. Positive psychology of leading corporate citizenship. In: *Positive Psychology in Business Ethics and Corporate Responsibility* (Ed: Giacalone, R.A., Jurkiewicz, C.L., Dunn, C.), Greenwich Information Age Publishing, UK, pp. 23-45.
- Wanat, L., Potkanski, T., Chudobiecki, J., Mikolajczak, E., Mydlarz, K., 2018. Intersectoral and intermunicipal cooperation as a tool for supporting local economic development: Prospects for the forest and wood-based sector in Poland. *Forests*, 9(9): 1-12.

Odun plastik kompozitlerin gerilme-gevşeme davranışlarının incelenmesi

Vedat Çavuş^{a,*}, Fatih Mengeloğlu^b

Özet: Bu çalışmada, iki farklı tür ve oranda; dolgu maddesi kullanılarak üretilen odun plastik kompozitlerin gerilme-gevşeme davranışlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla %10 ve 20 oranında polimer matris içerisine magnezyumoksisulfat, lignoselülozik dolgu maddesi (*Pinus brutia* Ten.) Maleik Anhidrit Grafted Polipropilen (MAPP) ve vaks %3-oranında karıştırılmış; ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama yöntemi kullanılarak test örnekleri üretilmiştir. Odun plastik kompozitlerin, çekmede gerilme-gevşeme davranışını belirlemek amacıyla ASTM D 638 (2004) standardına belirtilen esaslar dikkate alınarak Kompozit üretim reçetesindeki oranlara uygun olarak test örnekleri hazırlanmıştır. Test örnekleri; 600 Newton kuvvet, çekme hızı 5mm/dakika ve 2 saatlik çekmede gerilme-gevşeme davranışları belirlenmiştir. Denemeler oda şartlarında (yaklaşık 20°C sıcaklık ve %55 bağıl nem) gerçekleştirilmiş ve test yapılan odanın sıcaklığı klima ile ayarlanmıştır. Test sonuçlarından elde edilen verilere göre; gerilme-gevşeme değerlerinde dolgu maddesi türü ve oranının etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Lignoselülozik ve sentetik dolgu maddesi oranı ve türünün test örneklerinin gerilme-gevşeme değerlerinde etkili olduğu ve dolgu maddesi katılım oranının artmasına bağlı olarak gerilme-gevşeme değerlerini açık bir şekilde düşürdüğü tespit edilmiştir. Dolgu maddesi katılımı ile polimer zincirleri arasında mekanik etkilere bağlı olarak gerçekleşen hareket kabiliyetinde azalma meydana gelerek gerilmesinin zaman içerisinde azaldığı ve dolgu miktarının artması durumunda gerilme-gevşeme oranında azalmanın arttığı tespit edilmiştir. Gerilme-gevşeme davranışının önemli olduğu uygulamalarda dolgu maddesi oranının dikkate alınarak uygulamanın planlanması önemlidir.

Anahtar kelimeler: Odun plastik kompozit, Gerilme-gevşeme, Kızılcım, Magnezyumoksisulfat

Investigation of stress-relaxation behaviors of wood plastic composites

Abstract: In this study, it was aimed to determine the stress and relaxation behavior of wood plastic composites produced by using magnesiumoxysulphate and lignocellulosic filler. For this purpose, test specimens were produced by using 10% and 20% magnesiumoxysulfate, lignocellulosic filler (*Pinus brutia* Ten.), 3% wax and maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) into the polymer matrix. Extrusion and injection molding methods were used in the manufacturing of test specimens. In order to determine the stress relaxation behavior of wood plastic composites in tensile, a total of 15 test samples, 3 for each variable parameter of each production code, were prepared in depend on the ASTM D 638 (2004) standard. The stress-relaxation behaviors of test samples were determined at 600 Newton force, tensile speed of 5mm/min and tensile for 2 hours. The experiments were carried out in room conditions and the temperature of the room where the experiment was conducted was adjusted with air conditioning. According to the test results; It has been determined that the ratio and type of filler materials have a significant effect on the stress relaxation values. It has been determined that the Synthetic and lignocellulosic filler participation rates are effective on the stress relaxation values of the test samples and the stress relaxation values decrease significantly as the participation rate increases. It has been determined that the filler ratio reduces the mobility of the polymer chains between them, this delays the relaxation and as the amount of filler increases, the relaxation decreases. In applications where stress relaxation behaviour it is important, specific care should be paid on the selection of filler amount.

Keywords: Wood plastic composite, Stress-relaxation, Red pine, Magnesiumoxysulphate

1. Giriş

Odun plastik kompozitler (OPK) terimi, un veya lif formundaki lignoselülozik dolgu malzemeleri (LDM), termoset ya da termoplastikleri içeren kompozitlerin ifade etmektedir (Clemons, 2002). Bir diğer deyişle, OPK; LDM, plastik malzeme ve katkı maddelerinin birbiriyle uygun şartlarda karıştırılarak üretilen kompozitlerin genel bir isimlendirilmesidir (Matuana ve Heiden, 2004). Burada kullanılan odun kelimesi, odunsu materyal ve aynı zamanda lifsel yapı barındıran bütün tarımsal atıkları içerisine almaktadır. Bu odunsu malzemeler, lif veya un formu verilmiş olarak üretimde kullanılmaktadır (Kaymakçı, 2015;

Çavuş ve Mengeloğlu, 2016; Çavuş ve Mengeloğlu, 2020). OPK'ler; termoplastik polimerlerin üretimleri ile aynı teknikler kullanılarak üretilmektedir (Hietala, 2013). OPK üretiminde LDM (yoğunlukları 1,3–1,4 g/cm³) kullanılması, aşınma ve ağırlık direnci gibi özellikleri açısından inorganik dolgu (cam lifleri 2,5 g/cm³, kalsiyum karbonat 2,9 2g/cm³) maddelerine göre birçok avantaj sağlama ve bu malzemeleri özellikle ambalaj ve otomotiv sektöründe avantajlı bir duruma getirmektedir (English ve Falk,1995). Mineral dolgu maddeleri hem inorganik hem de organik olarak iki grupta incelenebilir. İnorganik dolgu maddeleri geleneksel olarak plastik malzemeye dolgu olarak katılımının yanı sıra bunlarla birlikte organik dolgu maddeleri de katılmaktadır.

✉ ^a İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

^b Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): vedatcavus@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 01.07.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 05.10.2022



Citation (Atf): Çavuş, V., Mengeloğlu, F., 2022. Odun plastik kompozitlerin gerilme-gevşeme davranışlarının incelenmesi. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 299-304. DOI: [10.18182/tjf.1139030](https://doi.org/10.18182/tjf.1139030)

Kaolin, talk, wollastonit, kalsit, mika, inorganik dolgu maddeleri olarak sıralanabilir. Bunlar içerisinde en çok kullanılanları talk (magnezyum silikat) ve kalsiyum karbonattır (kalsit veya CaCO_3) (Marisa vd., 2005). Dolgu maddelerinin yapı içerisindeki etkisi tanecik boyutu, şekli ve tanecik dağılımı gibi etkilere bağlıdır. Mineral dolgu maddeleri: küp, küre, blok, lif ve yonga gibi tanecik biçiminde bulunabilir (Leong vd., 2004).

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), kuzey yarımkürenin 32-45. kuzey enlem dereceleri ile 15-45. doğu boylamları arasında kalan bir bölgesinde doğal olarak yayılım göstermektedir. Dünya üzerinde en geniş yayılışını Anadolu'da özellikle de Akdeniz Çukurunun doğusunda yapmasından dolayı Türk Kızılçamı olarak da bilinmektedir (Neyişçi, 2001). Türkiye'de yayılış gösteren çam türleri arasında Kızılçam odunu en fazla özgül ağırlığa (tam kuru ağırlık $0,53 \text{ g/cm}^3$, hacim yoğunluk 478 kg/m^3 ve %12 rutubette hava kuru ağırlık $0,57 \text{ g/cm}^3$) sahip olanıdır (Erten ve Önal, 1987).

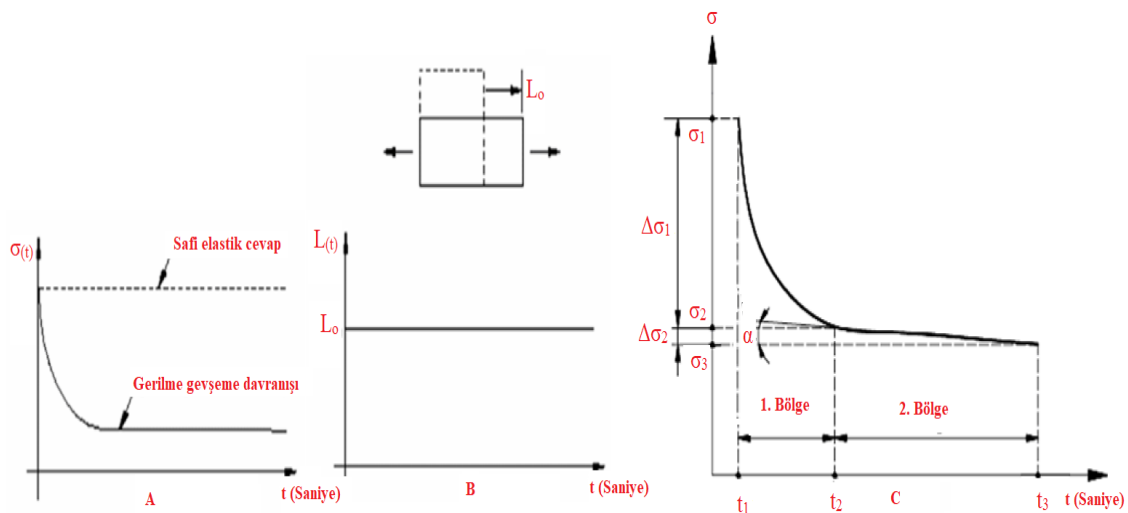
Sentetik dolgu maddesi (SDM) olarak kullanılan HPR-803I (Magnezyum Oksisulfat) lifli bir katkı maddesi olup tehlikeli madde sınıfına girmeyen, toksisite içermeyen (çözünürlük sınırında), insan ve çevre sağlığına zararlı olmayan bir malzeme olup %0,1 veya daha yüksek seviyelerde ya çok kalıcı ve çok biyoakümülatif ya da kalıcı, biyoakümülatif ve toksik bileşenlere sahip bir malzemedir.

Yapılan bir tez çalışmasında SDM ve LDM katılımlarının artmasına paralel olarak eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekmede elastikiyet modülü, sertlik ve darbe direnci gibi mekanik özelliklerde artışa neden olduğu ancak, hem SDM hem de LDM oranının kopmada uzama miktarını azalttığı, çekme direncini SDM'nin arttırdığı LDM'nin azalttığı ve doğrusal yanma hızının SDM katılımları ile düştüğü buna karşın odun unu oranının artmasına paralel olarak yanma hızının arttığı tespit edilmiştir (Çavuş, 2017).

Gerilme-gevşeme davranışı; sabit boyda germe halinde tutulan malzemede zamanla bağlı olarak ortaya çıkan gerilme azalmasıdır. Gerilme-gevşeme testinde; test örneği belirli bir hızda ve belirli bir şekil değişimine kadar çekilir. Test örneğine verilen bu deformasyon değerinde numunede gerilme maksimum noktadır. Test örneği sabit deformasyon

altında belirlenen zaman kadar bekletilirken bu sırada numunedeki gerilme zamanla azalır. Gerilme-gevşeme aynı zamanda sürünme şartları altında bulunan sabit şekil değişiminde ortaya çıkan gerilme azalmasıdır. Gerilme-gevşeme meydana geldiğinde, gerilme sabit bir şekil değişimi sağlamak için zamanın fonksiyonu olarak azalır (Mazlum, 2008). Gerilme-gevşeme testi aralıklı ve sürekli ölçüm olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Sürekli ölçüm tekniğinde, örnek belli bir deformasyona kadar deforme edilerek o deformasyona bağlı olarak gerilme-zaman davranışı tespit edilir. Aralıklı ölçüm olarak adlandırılan sistemde ise numune periyodik olarak belirli aralıklarla istenilen deformasyona kadar deforme edilerek gerilme-gevşeme davranışı ölçülmektedir (Vahapoğlu, 2006; Mazlum, 2008; Çavuş, 2017). Gerilme-gevşeme testinde deformasyona uğramış ve en yüksek gerilme değerine ulaşmış olan örnekte zamanla gerilmedeki düşüş izlenmektedir (Şekil 1 A-B-C).

Şekil 1'de, sabit uzama nispetine göre gerilme-zaman verileri gösterilmiştir. Buna göre, gerilmenin en yüksek olduğu σ_1 değeri t_1 zamanını; t_2 ise 2 saat sonraki zamanı, σ_2 eksponansiyelliğin sona erip lineerliğin başladığı noktada olan gerilme değerini belirtmektedir. Burada σ_1 en yüksek gerilme değerinden σ_2 gerilmesine kadar t_1-t_2 zaman dilimi süresince düşen bu grafiğin altındaki bölge, 1. bölge olarak ifade edilir. Ayrıca, σ_3 gerilmesi t_3 zaman dilimi sonunda elde edilen en düşük gerilme değerini ifade etmektedir. Şekil 1'de gösterildiği üzere σ_2 'den σ_3 gerilmesine kadar t_2-t_3 zaman aralıkları arasında lineer bir azalma meydana gelmektedir. Azalan bu lineer eğrinin altında kalan alan 2. bölgedir. Yaklaşık lineerliğin olduğu bölgedeki eğrinin yatayla yaptığı açı değeri α olarak ifade edilmektedir. Eğrinin σ_1 'den σ_2 gerilme değerine düşmesi sonucu, $(\Delta\sigma_1)$ gerilme düşüşü değeri elde edilir. Elde edilen bu değer ani düşüşten dolayı büyüktür. 2. bölgede yani σ_2 'den σ_3 en düşük gerilme değerine kadar düşüş ise, $(\Delta\sigma_2)$ gerilme düşüşü değeri olarak ifade edilmektedir (Mazlum, 2008). Bu çalışmada; LDM ve SDM dolgu maddeleri farklı oranlarda (%0, 10 ve 20) polipropilen içerisine katılarak üretilen OPK test örneklerinin sürekli ölçüm tekniği ile gerilme-gevşeme davranışları incelenmiştir.



Şekil 1. Gerilme-gevşeme (A, B) ve gerilme-zaman tanımlamaları (C), t_1 : gerilmenin en yüksek olduğu σ_1 değeri zamanı; t_2 : 2 saat sonraki zaman, σ_2 eksponansiyelliğin sona erip lineerliğin başladığı noktada olan gerilme değeri, σ_3 : t_3 zaman dilimi sonunda elde edilen en düşük gerilme değeri

2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada; LDM olarak Kızıl çam odunu (*Pinus brutia* Ten) (yoğunluk 0,93 g/cm³) parafin vaks 0,91g/cm³ yoğunlukta MAPP, 0,905 g/cm³ yoğunluğa sahip Polipropilen (Erime noktası:163°C; erime akış indeksi 4,5 g/10 min.) kullanılmıştır. SDM olarak 0,98 g/cm³ yoğunluğa sahip HPR-803I (lif boyu: 10-30 mikron, lif çapı: 0,5-1,2 mikron) test örneklerinin üretiminde kullanılmıştır.

2.1. Kompozitlerin üretimi

Değirmen yardımıyla un haline getirilen kızılçam odunu sarsak elekten yardımıyla sınıflandırılmış ve 40 mesh'ten geçip 60 mesh'in üzerinde kalan kızılçam odunları alınarak kullanılmıştır. Odun unu rutubet miktarı %1 oluncaya kadar 103±2 °C sıcaklıkta etüvde bekletilmiştir. Kurutulmuş LDM üretim reçetesine göre polipropilen, MAPP, vaks ve SDM karıştırılmıştır. Test örneklerinin üretiminde hesaplamalar ağırlıkça yapılarak %0–10–20 oranında LDM ve SDM, ek olarak vaks ve MAPP %3 oranı sabit tutularak katılmıştır. Ekstruder beş kademe sıcaklığı 175'ten başlamak üzere, 180-185-190-200°C sıcaklık aralığında ve vidanın devir hızı 40 dev/dak. olacak şekilde ayar yapılmıştır. Ekstruder kafasından çıkan karışım, su içerisine düşürülerek sertleşmesi sağlanmıştır. Bu işlemin ardından kırıcı kullanılarak pellet biçimine getirilmiştir. Pelletler, 103±2 °C sıcaklıkta 24 saat süre bekletilerek rutubet miktarının %1'in altına gelmesi sağlanmıştır. Enjeksiyon kalıplama makinesi kullanılarak test örnekleri üretilmiştir. Test örnekleri %50± 5 bağıl rutubet ve 23 ± 2 °C sıcaklıkta, denge rutubet miktarı varıncaya kadar iklimlendirme kabini içinde bekletilmiştir. SDM ve LDM türü, oranının odun plastik kompozitlerin gerilme-gevşeme davranışlarına etkisinin belirlenmesi için test örneklerinin üretim reçetesi Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Kompozit üretim reçetesi

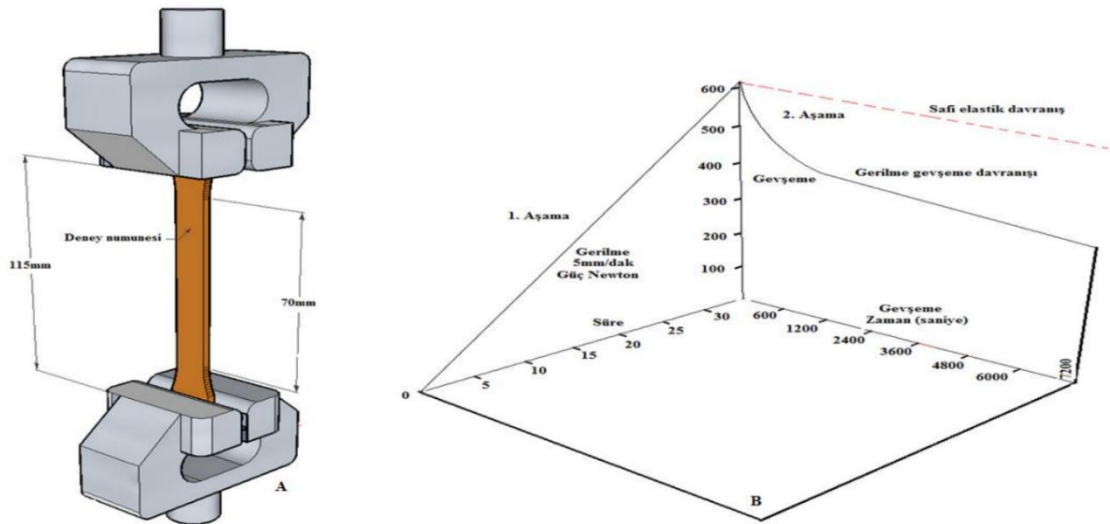
Test kodu.	PO (%)	SDMO (%)	LDMO (%)	MAPP (%)	VAKS (%)
Kontrol	94	0	0	3	3
10 SDM	84	10	0	3	3
10 KOU	84	0	10	3	3
20 SDM	74	20	0	3	3
20 KOU	74	0	20	3	3

PO: Polimer oranı, LDMO: Lignoselülozik dolgu maddesi oranı, SDMO: Sentetik dolgu maddesi oranı (%), MAPP: maleik anhidrit grafit polipropilen, ÜK: Test kodu

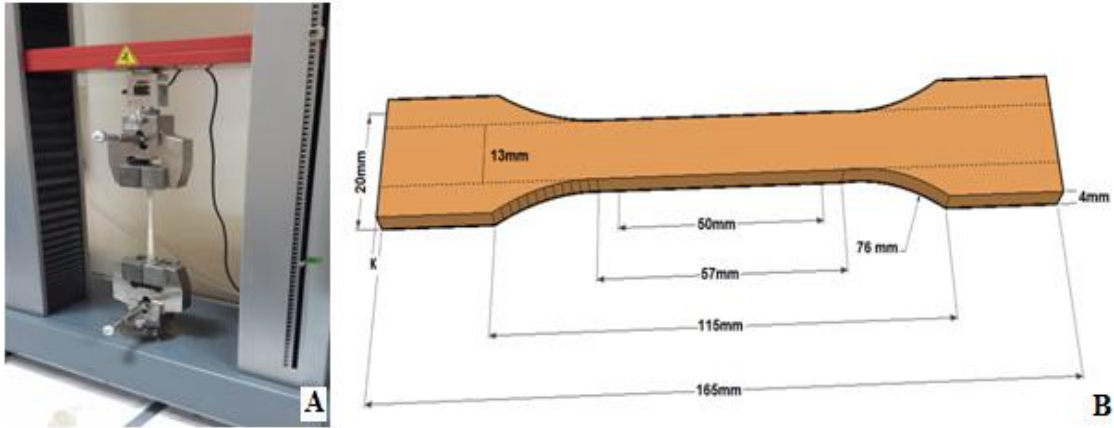
2.2. Gerilme-gevşeme davranışının belirlenmesi

Odun plastik kompozitlerin, gerilme-gevşeme davranışının belirlenmesi için ASTM D 638 (2004) standardın da belirtilen esaslar göz önünde alınarak, her bir üretim kodunun değişken parametreleri dikkate alınarak 15 adet çekme test örneği hazırlanmıştır.

Test örneklerinin boyutları teste başlanmadan mikrometre ile tespit edilmiştir. Gerilme-gevşeme Testi Zwick/Roell marka ve Z10 model tek eksenli çekme özelliği olan test makinesi kullanılarak yapılmıştır. Gerilme-gevşeme testleri sürekli tip ölçüm sistemi ile oda sıcaklığında 23±20 °C gerçekleştirilmiştir. İlk önce malzeme özellikleri, test şartları, yapılacak testin özel prosedür bilgileri bilgisayara girilerek test örneği, tutma çeneleri arasına bağlanmış ve teste hazır hale getirilmiştir. Tek eksenli test düzeneğine yerleştirilen test örnekleri, 600 Newton kuvvet, çekme hızı 5mm/dakika ve 7200 saniye boyunca, deforme edilerek test gerçekleştirilmiştir. Testin tüm aşamaları test süresince bilgisayar ekranından takip edilerek test tamamlanmıştır. Gerilme-gevşeme test örneği, testin yapılışı Şekil 2'de ve testin şematik gösterimi Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 2. Gerilme-gevşeme test örneği (A), testin Şematik gösterimi (B)



Şekil 3. Gerilme-gevşeme test örneği ölçüleri ve test cihazı

Test örneklerine ait her türlü veri Excel programına girişi yapıldıktan sonra oradan alınarak, istatistik paket (Desing Expert, 2004) programına aktarılarak istatistiksel hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Değişkenlerin etkilerini belirlenmesi için ANOVA testi yapılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

SDM ve LDM türü, oranı kullanılarak üretilen test örneklerinin çekmede gerilme-gevşeme davranışı belirlenmiştir. Test örneklerin gerilme-gevşeme davranışını belirlemek için test süresince ekspanansiyelliğin bitip yaklaşık lineerliğin başladığı noktaların arasındaki değerler dikkate alınmıştır. Test örneklerinden alınan gerilme-gevşeme davranışı ortalama değerler ile standart sapma değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Kontrol %10SDM, %10KOU, %20SDM, %20KOU test örneklerinin uzama oranı sırasıyla 249,15, 230,23, 242,99, 232,77 ve 230,75 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Test

örneklerinin LDM miktarı artışına paralel olarak gerilme-gevşemede uzama oranında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Benzer bir şekilde SDM artışına paralel olarak gerilme-gevşeme değerlerinin de azaldığı tespit edilmiştir. Kontrol örneğinde 249,15 N/mm² olan ortalama gerilme-gevşeme değer farkı %10 SDM katılımı ile bir azalma göstermiş ve bu oranın %20 oranına çıkması ile ortalama gerilme-gevşeme değerinde küçük bir miktarda artış meydana gelmiştir. Test örneklerinde, en düşük gerilme-gevşeme ortalama azalma değer farkı ise %10SDM test örneklerinde belirlenmiştir. Test örnekleri içerisinde %10 oranında LDM katılımı gerilme-gevşeme de uzama oranını SDM’ye göre daha az düşürmüştür. Her iki dolgu maddesinin %20 oranında katılımı ise benzer değerlerde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Dolgu maddesi kullanım oranı ve türünün test örneklerinin gerilme-gevşeme uzama oranına etkisini tespit etmek için ANOVA testi verileri çizelge 3’te ve gerilme-gevşeme davranışlarına etkileri Şekil 4’te gösterilmiştir.

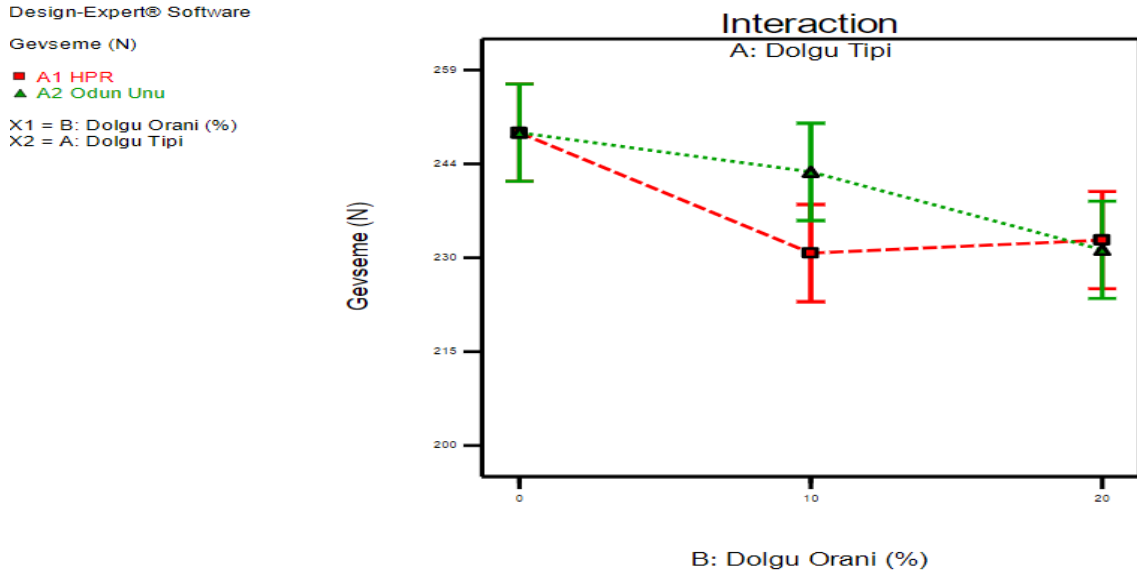
Çizelge 2. Test örneklerinin gerilme-gevşeme davranışı ortalama değerler ile standart sapma değerleri

Ü.K.	ΔF_e	F(Δt_6)	F(Δt_5)	F(Δt_4)	F(Δt_3)	F(Δt_2)	F(Δt_1)
Kontrol	249,15* (10,32)**	348,92 (10,25)	359,67 (15,63)	368,62 (12,64)	377,86 (8,82)	399,89 (9,50)	598,07 (0,08)
10 SDM	230,23 (2,67)	367,28 (2,78)	375,62 (3,03)	383,19 (6,39)	396,73 (5,98)	415,67 (6,23)	2597,50 (0,14)
10 KOU	242,99 (5,46)	354,64 (5,40)	362,69 (5,85)	372,84 (4,79)	385,86 (6,75)	405,35 (4,83)	3597,63 (0,10)
20 SDM	232,27 (7,14)	364,43 (7,12)	375,42 (6,43)	384,33 (4,28)	394,48 (3,30)	406,69 (8,89)	4596,70 (0,07)
20 KOU	230,75 (11,89)	366,65 (11,84)	375,04 (5,76)	381,45 (3,49)	384,32 (4,42)	404,42 (11,40)	5597,40 (0,05)

**standart sapma, Ü.K: üretim kodu, *ortalama değer, F(Δt_1): ilk gerilme gevşeme değeri, F(Δt_6): son gerilme-gevşeme değeri, ΔF : ilk ve son gerilme gevşeme değerleri arasındaki fark.

Çizelge 3. Dolgu maddesi kullanım oranı ve türünün test örneklerinin gerilme-gevşeme değerlerine ait ANOVA değerleri

Test	Kaynak	Kareler Top.	DF	Kareler Ort.	F	p-value Prob > F
Gerilme-gevşeme	Model	1236,47	5	247,29	3,35	<0,0399 significant
	A-Dolgu Tipi	63,24	1	63,24	0,86	0,3727
	B-Dolgu Oranı	988,622	2	494,33	6,70	0,0111
	AB	184,56	2	92,28	1,25	0,3209
	Pure Error	885,01	12	73,75		
	Cor Total	2121,48	17			



Şekil 4. SDM ve LDM türü ve katılım oranının üretilen test örneklerinin gerilme-gevşeme davranışlarına etkileri

Gerilme-gevşeme değerlerinde dolgu maddesi oranı ve türü belirgin olarak etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. SDM ve LDM katılım oranının test örneklerinin gerilme-gevşeme değerlerinde katılım oranına paralel olarak azalttığı tespit edilmiştir. Elde edilen değerler benzer çalışmalar ile uyumludur (Kutty ve Nando, 1991; Fancey, 2005; Bhattacharyya vd., 2006; Mirzaei vd., 2011; Wang vd., 2012; Obaid vd., 2018). Daha önce yapılan benzer çalışmalarda; birden fazla lif türü içeren hibrit kompozitlerin gerilme-gevşeme davranışını incelemişlerdir. Dolgu maddesi olarak poliüretan içerisinde kevlar liflerini kullandığı bir çalışmada lif katılım oranı orantılı olarak gerilme-gevşeme değerlerindeki azalma meydana geldiği tespit edilmiştir (Kutty ve Nando,1991). Polyester elyafın dolgu maddesi olarak poliüretan içerisinde kullanıldığı bir çalışma ise gerilme-gevşeme değerlerini yavaşlattığını Kutty ve Nando (1991); muz liflerinin dolgu maddesi olarak kullanıldığı başka bir çalışma ise bu liflerin gerilme-gevşeme oranını azalttığı (Poathan vd., 2004); odun lifi miktarı arttıkça Polipropilen kompozitlerin gerilme-gevşemesinin azaldığı (Bhattacharyya vd., 2006); Cam liflerinin yüksek yoğunluklu polietilen-de zincir mobilitesinde azalmaya neden olduğunu (Saeed vd., 2014); polipropilen kompozitlerin içeri-sinde hurma odun lif miktarının artmasıyla beraber gevşeme oranının düştüğü (Boukettaya vd. 2015); odun unu eklenmesinin Polipropilen kompozitlerin gerilme gevşetme oranını azalttığını (Wang vd., 2012); fenol formaldehit matrisindeki kısa palmye lif içeriğinin artmasının gerilme-gevşeme değerlerini düşürdüğü (Sreekala vd., 2001); politetrafluoro etilen dolgu maddesi katılımı ile bu değerlerin düştüğünü (Stan ve Fetecau, 2013) tespit etmişlerdir. Polimer matris içerisine SDM ve LDM dolgu maddesi eklenmesi ile birlikte matris arayüzündeki akışın yavaşlayarak polimer zincirlerini sınırlandırdığı bununla beraber polimer zincirleri arasındaki bağların koparak birbirleri üzerinden rahatça kaymasını (Kutty ve Nando, 1991; Bhattacharyya vd., 2006; Mirzaei vd., 2011; Wang vd., 2012; Obaid vd., 2018) önlediği düşünülmektedir.

4. Sonuç ve öneriler

Odun plastik kompozitlerin dolgu maddesi oranı ve türünün gerilme-gevşeme değerlerini düşürdüğünü belirtmiştir. Gerilme-gevşeme değerlerinde dolgu maddesi türü ve oranının etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. SDM ve LDM katılım oranının test örneklerinin içerisine dolgu maddesi türüne bağlı kalmaksızın katılım oranının artmasına orantılı olarak gerilme-gevşeme değerlerini bariz olarak azalmasına sebep olduğu tespit edilmiştir. Dolgu maddesi miktarı arttıkça polimer zincirlerinin aralarındaki hareket kabiliyeti düşerek gevşemeyi arttırdığı tespit edilmiştir. Gerilme-gevşeme davranışının önemli olduğu uygulamalarda dolgu maddesi oranının dikkate alınarak uygulamaların planlanması gereklidir.

Kaynaklar

- ASTM D 638, 2004. Standard test method for tensile properties of plastics. ASTM International, West Conshohocken, PA., USA.
- Boukettaya, S., Almaskari, F., Abdala, A., Alawar, A., Daly, H.B., Hammami, A., 2015. Water absorption and stress relaxation behavior of PP/date palm fiber composite materials. In: Design and Modeling of Mechanical Systems -II (Ed: Chouchance, M., Fakhfakh, T., Daly, H., Aifaoui, N., Chaari, F.), Springer, Hammamet, Tunisia, pp. 437-445.
- Bhattacharyya, D., Manikath, J., Jayaraman, K., 2006. Stress relaxation of woodfiber-thermoplastic composites. Journal of Applied Polymer Science, 102: 401-407.
- Clemons, C., 2002. Wood-plastic composites in united states: The interfacing of two industries. Forest Products Journal, 52(6): 10-18.
- Çavuş, V., 2017. Farklı erime akış indeksine sahip polipropilen esaslı ahşap polimer kompozitlerin özelliklerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Çavuş, V., Mengeloğlu, F., 2016. Utilization of synthetic based mineral filler in wood plastics composite. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 77(2): 57-63.
- Çavuş, V., Mengeloğlu, F., 2020. Effect of wood particle size on selected properties of neat and recycled wood polypropylene composites. Bioresources, 15(2): 3427-3442.

- Design Expert® 7.0.2., 2004. Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA. English, B., Falk, R., 1995. Factors That Affect The Application of Wood Fiber Plastic Composites: Wood-Fiber-Plastic Composites, Virgin and Recycled Wood Fiber and Polymers for Composites. Forest Products Society Project Report No: 7293, Madison.
- Erten, P., Önal, S., 1987. Kızılçam Odununun Özellikleri, Korunması, Reçine Üretimi ve Kullanım Yerleri. Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitapları Dizisi I, Ankara.
- Fancey, K.A., 2005. Mechanical model for creep, recovery and stress relaxation in polymeric materials. *Journal of Material Science*, 40(18): 4827–4831.
- Hietala, M., 2013. Extrusion processing of wood-based biocomposites. Doctoral Thesis, Luleå University of Technology, Luleå.
- Kaymakçı, A., 2015. Çeşitli güçlendirici dolgularla üretilen ahşap plastik nanokompozitlerin karakterizasyonu. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kutty, S.K., Nando, G.B., 1991. Short kevlar fiber-thermoplastic polyurethane composite. *Journal of Applied Polymer Science*, 43: 1913–1923.
- Leong, Y.W., Abu Bakar, M.B., Mohd Ishak, Z.A., Ariffin, A., Pukanszky, B., 2004. Comprasion of the mechanical properties and interfacial interactions between talc, kaolin and calcium carbonate filled polypropylene composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 91: 3315–3326.
- Marisa, C.G.R., Antonio, H.M.F.T.S., Fernanda, M.B.C., Ana Lucia, N.S., 2005. Study of composites based on polypropylene and calcium carbonate by experimental design. *Polymer Testing*, 24: 1049–1053.
- Matuana, L.M., Heiden, P.A., 2004. Wood composites. In: *Encyclopedia of Polymer Science and Technology* (Ed: Kroschwitz, J.I.), Wiley, New York, pp: 523-546.
- Mazlum, U., 2008. EPDM sentetik kauçuğunun gerilme gevşemesi davranışının deneysel olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Mirzaei, B., Tajvidi, M., Falk, R., Felton, C., 2011. Stress-relaxation behavior of lignocellulosic high-density polyethylene composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 30: 875–881.
- Neyişçi, T., 2001. Kızılçamın ekolojisi. In: *Kızılçam El Kitabı* (Ed: Öktem, E.), Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 52, Ankara, s. 25-47.
- Obaid, N., Kortschot, M.T., Sain, M., 2018. Predicting the stress relaxation behavior of glass-fiber reinforced polypropylene composites. *Composites Science and Technology*, 161: 85–91.
- Pothan, L.A., Neelakantan, N.R., Rao, B., Thomas, S., 2004. Stress relaxation behavior of banana fiber-reinforced polyester composites. *Journal of Reinforced Plastics Composite*, 23: 153–165.
- Saeed, U., Hussain, K., Rizvi, G., 2014. HDPE reinforced with glass fibers: Rheology, tensile properties, stress relaxation, and orientation of fibers. *Polymer Composite*, 35: 2159–2169.
- Stan, F., Fetecau, C., 2013. Study of stress relaxation in polytetrafluroethylene composites by cylindrical macroindentation. *Composite Part B*, 47: 298–307.
- Sreekala, M.S., Kumaran, M.G., Joseph, R., Thomas, S., 2001. Stress relaxation behavior in composites based on short oil-palm fibres and phenol formaldehyde resins. *Composites Science and Technology*, 61: 1175–1188.
- Vahapoğlu, V., 2006. Kauçuk türü malzemelerin inelastik özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Wang, Y., Cao, J., Zhu, L., Zhao, G., 2012. Interfacial compatibility of wood flour / polypropylene composites by stress relaxation method. *Journal of Applied Polymer Science*, 126: 89–95.

Evaluation of various properties of gypsum particleboards reinforced with olivine mineral

Ömer Ümit Yalçın^a 

Abstract: In this study, it was investigated some properties of gypsum particleboards which is produced with olivine mineral. Wood particles were added as reinforcement in different proportions (70% and 30%) to two types of plasterboard. The effects of inorganic olivine mineral added to these two types of boards were evaluated in terms of their physical and mechanical properties, thermal conductivity, and combustion behaviour. Subsequently, tests were carried to determine their water absorption, thickness swelling, internal bonding, bending strength, modulus of elasticity, thermal conductivity, and combustion performance. The properties of the boards were then examined using Fourier-transform infrared spectroscopy and thermogravimetric analysis. The Fourier-transform infrared analysis revealed the typical traces of cellulose, hemicellulose, and lignin in the wood material, traces of gypsum as the binder, and varying traces of olivine, according to the additive ratio, were also observed. Thermal analysis determined the positive contribution of olivine to the basic stability of both types of boards. It can be concluded that olivine, when added in different proportions, is a suitable reinforcement material for improving the technical properties of gypsum particleboard.

Keywords: Gypsum particleboard, Olivine, Physical properties, Mechanical properties, Thermal conductivity, Combustion

Olivin minerali ile güçlendirilmiş alçılı yonga levhaların çeşitli özelliklerinin değerlendirilmesi

Özet: . Bu çalışmada, olivin minerali ile üretilen alçılı yonga levhaların bazı özellikleri araştırılmıştır. İki farklı oranda alçı (%70 ve %30) eklenerek oluşturulan levhalara farklı oranlarda odun yongaları eklenmiştir. Bu iki tip levhaya ilave edilen inorganik olivin mineralinin, levhanın fiziksel özellikleri, mekanik özellikleri, ısı iletkenlik ve yanma davranışlarına olan etkileri değerlendirilmiştir. Üretilen levhaların su alma, kalınlığına şişme, çekme direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü, termal iletkenlik ve yanma performansını belirlemek için testler yapılmıştır. FTIR analizi, ahşap malzemede selüloz, hemiselüloz ve lignin varlığını, bağlayıcı olarak alçının ve katkı oranına göre değişen olivinin varlığını ortaya koymaktadır. Termal analiz ile olivin'in her iki tip levhanın stabilitesine olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir. Olivin, farklı oranlarda eklendiğinde, alçılı yonga levhanın bazı özelliklerini geliştirmek için uygun bir takviye malzemesi olduğu sonucuna varılabilir

Anahtar kelimeler: Alçılı yonga levha, Olivine, Fiziksel özellikler, Mekanik özellikler, Termal iletkenlik, Yanma

1. Introduction

Gypsum is a mineral used to produce gypsum board (Ahmad et al., 2017). Gypsum board is widely used as a finishing material for structural applications to improve the indoor air comfort level, provide thermal insulation, provide protection against fire, and provide some lateral support (Espinoza-Herrera and Cloutier, 2009; Park et al., 2019).

However, gypsum particleboard (GPB) is an inorganic-bonded panel constructed by combining wood particles using gypsum as an adhesive. It is primarily used for residential construction, e.g., wall and roof sheathing (Espinoza-Herrera and Cloutier, 2011). In comparison with gypsum board, GPB exhibits lower friability, as it does not chip, crumble, or break easily when compressed (Deng et al., 1998; Ahmad et al., 2017).

Another reason that these products with mineral bonds have attracted attention in the building industry is that they do not emit formaldehyde (Mendes et al., 2011). In addition,

the gypsum and binder protect the wood particles against fire (Tichi et al., 2016).

Recently, eco-friendly materials have begun to play an important role in the building materials market. Hemp, short cellulose, sisal, palm, and straw fibers are being used for plaster/gypsum reinforcement (Iucolano et al., 2018). In order to improve the properties of GPB, some studies have proposed the addition of reinforcing materials (Espinoza-Herrera and Cloutier, 2011). Deng and Furuno (2001) added polypropylene (PP) fibers, jute fibers, and coconut fibers to GPB.

Therefore, a considerable amount of research has been carried out in which additives have been used to enhance the mechanical and physical properties of gypsum boards (Barbero-Barrera et al., 2017). The addition of mineral fillers in the form of tiny particles leads to the separation of the flammable material (the lignocellulosic particles present in the board) and a subsequent decrease in the thermal conductivity, which gives the board fire-resistant properties.

✉ ^a Department of Forest Product Engineering, Faculty of Forestry, Isparta University of Applied Sciences, Cunur, Isparta 32260, Turkey

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.07.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.09.2022



Citation (Atf): Yalçın, Ö.Ü., 2022. Evaluation of various properties of gypsum particleboards reinforced with olivine mineral. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 305-312.
DOI: [10.18182/tjf.1142148](https://doi.org/10.18182/tjf.1142148)

The most common inorganic materials used as mineral fillers are vermiculite and perlite. By covering and penetrating the lignocellulosic particles, mineral binders are responsible for the addition of their fire-retardant properties (Kozłowski et al., 1999).

Olivine is derived from the Latin word *oliva* (olive), due to its olive-green color. Olivine is a very bright mineral variety that is resistant to high temperatures, belongs to the silicate mineral group, and contains Mg and Fe ions. However, its color can vary from black to green (Yalçın, 2018). It is a refractory material that is resistant to high melting temperature (1890 °C) and shows zero shrinkage against temperature. However, its low heat dissipation makes it suitable for thermal insulation materials (Shi et al., 2010). Today, olivine mineral is seen as a mineral substance with expanding usage areas. Initially, it was utilized to provide heat and sound insulation and due to its abrasive quality, for blast-cleaning buildings (Yalçın, 2018). According to Hu et al. (2006), they found that adding olivine to epoxidized natural rubber composites can improve their mechanical and dynamic mechanical properties. Ismail et al. (2005) reported that the excellent rheological and dynamic properties of composites composed of olivine filled paper fibers demonstrated a positive effect.

This study used mineral olivine material and red pinewood chips for GPB production and investigated the thickness swelling (TS), water absorption (WA), modulus of elasticity (MOE), modulus of rupture (MOR), thermal conductivity, flame combustion, internal bond (IB) values, thermal properties, and chemical properties of olivine-based GPB samples.

2. Material and method

The olivine mineral material was collected from Isparta-Aksu mining sites in Turkey. The commercial gypsum was purchased from a company in Isparta, Turkey. The boards were made from gypsum, olivine mineral, and red pinewood particles (0.5 mm to 0.8 mm) at a moisture content of 10%. The gypsum, wood, and olivine mineral were mixed in different proportions. The mats were formed in wet molds with dimensions of 40 cm x 40 cm x 1 cm and pressed at a temperature of 20 °C to 24 °C under a pressure of 1.5 MPa to 2 MPa for 5 min. Thirty samples were prepared for evaluation of physical and mechanical properties. Besides, five samples were prepared for each thermal tests. Before testing, the boards were conditioned by being placed between metal plates after the pressing process and acclimatized at a temperature of 23 °C and a relative humidity of 65% for three weeks. Cambering occurs in the middle part of the samples, due to the drying process of the board samples. In order to prevent this cambering, the boards stayed between the metal sheets while drying.

Water absorption was calculated according to Eq. 1,

$$WA = \frac{w_2 - w_1}{w_1} \times 100 \quad (1)$$

Where WA is the water absorption amount (%), w_1 is the weight (g) of test specimen before being soaked in water, and w_2 is the weight (g) of test specimen after being soaked in water.

Thickness swelling was calculated according to Eq. 2,

$$TS = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \quad (2)$$

where TS is the thickness swelling (%), t_2 is the thickness of the water-soaked specimen after 2 h and 24 h (mm), and t_1 is the thickness of the conditioned specimen before being soaked in water (mm).

The gypsum-olivine board specimens were soaked in water for 2 h and 24 h at a temperature of 20 °C and then measured in order to determine thickness swelling (TS) and water absorption (WA) according to ASTM standard D1037 (1999). The internal bond (IB), modulus of elasticity (MOE), and modulus of rupture (MOR) of the boards were determined (%) in accordance with EN standard 310 (1993) and EN standard 319 (1999).

The thermal conductivity of the test samples was examined in compliance with the ASTM standard C1113-90 (1990) *via* the hot-wire method using a QTM 500 device. A standard flame combustion test system was applied according to ISO standard 11925-2 (2010). A Shimadzu IR Prestige-21 Fourier-transform infrared (FTIR) spectrophotometer was used to analyze the compounds related to the surface. Thermogravimetric analysis (TGA) was performed using a Seiko SII TG / DTA 7200 instrument in a nitrogen atmosphere, and samples were heated to a temperature of 20 °C to 900 °C at a heating rate of 10 °C / min. The ratios (%) of olivine, wood, and gypsum in the various board types are shown in Table 1 along with the codes given to the experimental sample boards in this study. Measurements were conducted in the Forest Product Engineering Research and Application Laboratory at the Isparta University of Applied Sciences.

3. Results and discussion

3.1. Physical properties

The mineral-based GPB was produced by adding appropriate amounts of gypsum, wood, and olivine. Table 2 shows the WA (%) and TS (%) values of the boards after the specimens were soaked in water for 2 h and 24 h. Gypsum and wood are known to have a high tendency to absorb water compared to olivine. For this reason, the TS and WA values were markedly reduced by the olivine mineral content.

Table 1. Code numbers and mixture proportions (%)

Board codes	Type 1				Type 2			
	Ol ₁	Ol ₂	Ol ₃	GP-1	Ol ₅	Ol ₆	Ol ₇	GP-2
Ingredients								
Olivine (%)	24	18	12	0	24	18	12	0
Red pinewood (%)	6	12	18	30	46	52	58	70
Gypsum (%)	70	70	70	70	30	30	30	30

Ol: The board code indicates that different ratios (%) of olivine, wood, and gypsum which used for board samples, GP: Control samples for each type of board samples.

As observed in Table 2, increasing the amount of gypsum and wood in the mixture caused the TS and WA of the boards to increase because the gypsum and wood particles easily absorbed water. In fact, because of the reduction of gypsum, after immersion in water for 2 h and 24 h, the TS reduction ratios were 70% and 30%, respectively. However, the addition of red pinewood particles was responsible for the small increments.

The lowest TS value after 24 h was found in the OI₅ board, which had the highest amount of olivine mineral among the boards. Moreover, the TS values of the experimental boards obtained after 2 h of immersion were generally higher than the TS values for gypsum particleboard (8%), gypsum fiberboard (3%), gypsum cardboard (3%), or gypsum flakeboard (2% to 5%) (Espinoza-Herrera and Cloutier, 2011). However, the presence of an increased amount of gypsum mineral had a negative effect on the TS and WA properties. Therefore, it would be appropriate to apply for interior usage where there would be less contact with water.

3.2. Mechanical properties

The IB properties of the boards according to the olivine rate are shown in Figure 1. The addition of olivine mineral to the boards resulted in better adhesion of the wood particles with the gypsum, therefore increasing the IB values. As shown in Figure 1, the IB value increments of the boards were correlated with the increasing levels of olivine mineral.

The 46% to 70% addition of wood particles to the 30% gypsum was found to more greatly impact the internal bond properties of the boards compared to the 6% to 30% addition of wood particles to the 70% gypsum. Thus, the rising proportion of wood particles in the mixture had a positive effect on the IB properties. This could be due to the mineral content in the board composition, which increased the gypsum absorption of the wood particles. For this reason, the usage of olivine mineral in the board composition increased the IB properties.

The bending strength properties of the boards produced with various olivine, gypsum, and wood particle contents are shown in Figure 2. The MOR increased as the gypsum/olivine content increased, whereas the MOE values of the boards decreased as the wood content increased. When the amount of gypsum/olivine increased, the density increased but the structure became fragile. Therefore, as the MOE values decreased, the MOR values increased. The highest MOR value (6.9 MPa) was found in the OI₁ board,

produced with 24% olivine, 6% red pinewood, and 70% gypsum. However, the highest MOE value (44.37 MPa) was observed in the GP-2 board, composed of 70% red pinewood and 30% gypsum.

The effects of the wood content on the MOE of the boards are illustrated in Figure 2. The MOE tended to slightly increase when the wood content was increased up to 70%. However, the mechanical properties of the boards could not meet the required standards for boards, e.g., as construction boards. Therefore, they are only usable for indoor applications, insulation panels and sidings.

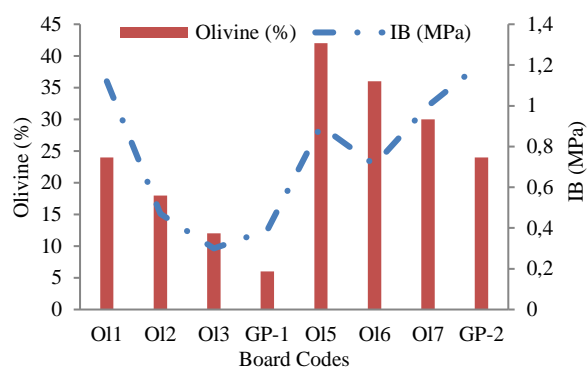


Figure 1. Internal bond (IB) properties of the boards depending on olivine rate

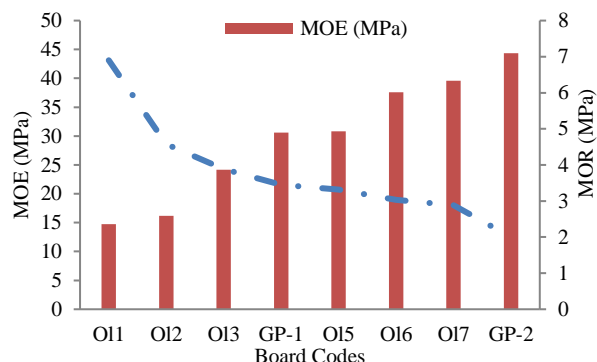


Figure 2. Modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) properties of the boards

Table 2. Water Absorption (%) and Thickness Swelling (%) Values of Boards according to control group

Board Code	WA (2 h)	WA (24 h)	TS (2 h)	TS (24 h)
OI ₁	32.2	43.6 (1.29)B*	4.2	5.0 (0.42)A
OI ₂	50.7	54.4 (2.02)B	9.5	9.6 (1.16)A
OI ₃	44.2	47.1 (3.06)B	21.1	21.2 (1.14)C
GP-1	43.3	53.4 (1.39)B	25.9	26.1 (2.35)C
OI ₅	16.4	17.0 (0.72)A	0.3	0.4 (0.04)A
OI ₆	48.9	78.8 (1.51)D	0.1	0.5 (0.11)A
OI ₇	71.5	76.8 (1.80)D	16.9	18.0 (1.10)B
GP-2	77.7	86.5 (1.44)D	23.7	23.8 (1.21)B

*Values in parentheses represent the standard division and (A, B, C, D) denote homogeneous groups.

3.3. Thermal properties (Thermal conductivity, combustion, and thermogravimetry/differential thermal analysis)

The thermal conductivity and the density values obtained from the various types of boards prepared with gypsum as a binder are shown in Figure 3. The highest and lowest thermal conductivity values were 0.9808 w/mK and 0.2302 w/mK for the OI₁ and OI₅ boards, respectively. It was understood that these boards could not meet the 0.065 w/mK standard required for usage as a building and thermal insulation material (Yalçın, 2018). However, as the amount of gypsum in the mixture was increased, the thermal insulation property of the material decreased.

Figure 4 shows the results of the combustion experiments carried out with a single flame source. The dimensions of the prepared test samples were 100 mm x 100 mm. The thermal insulation values were recorded by measuring the back surface of the test boards with an infrared laser thermometer for a duration of 300 s. As seen in Figure 4, the highest surface temperature that passed to the side opposite of the flame source after 300 s was found in OI₁, i.e., 295.7 °C. However, the lowest value after 300 s was observed in the OI₅ board, i.e., 100 °C.

Detailed results of the thermogravimetric analysis (TGA) and the derivative thermogravimetric (DTG) curves are given in Figure 5 and Table 3 for the Type 1 samples and in Figure 6 and Table 4 for the Type 2 samples. Two types of GPB samples were prepared and the effects of olivine (12%, 18%, and 24% by weight) were investigated for thermal stability. When the DTG curves of both types of samples were examined, degradation was seen to take place in four phases. In the first phase (150 °C to 160 °C), a 5% to 10% mass loss was realized as a result of water loss in the lignocellulosic components and hydration in the plaster structure.

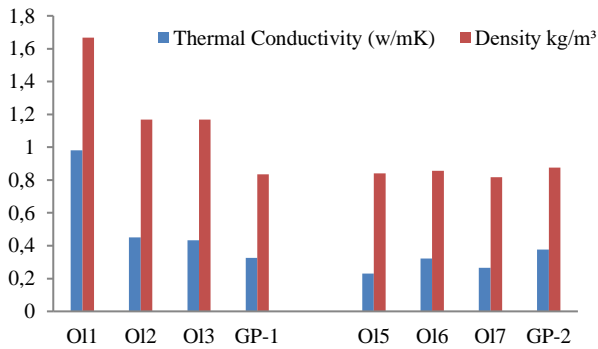


Figure 3. Comparison of the density(kg/m³) and thermal conductivity(w/mK) values of the board samples

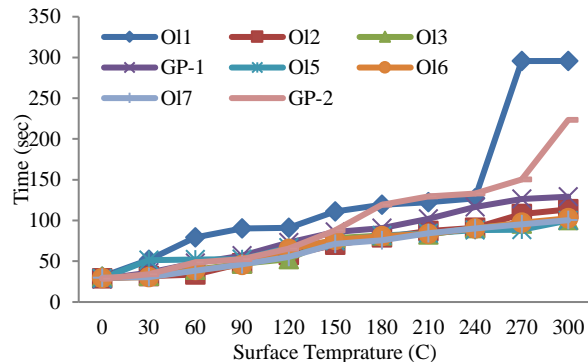


Figure 4. Surface temperature values of the combustion experiment

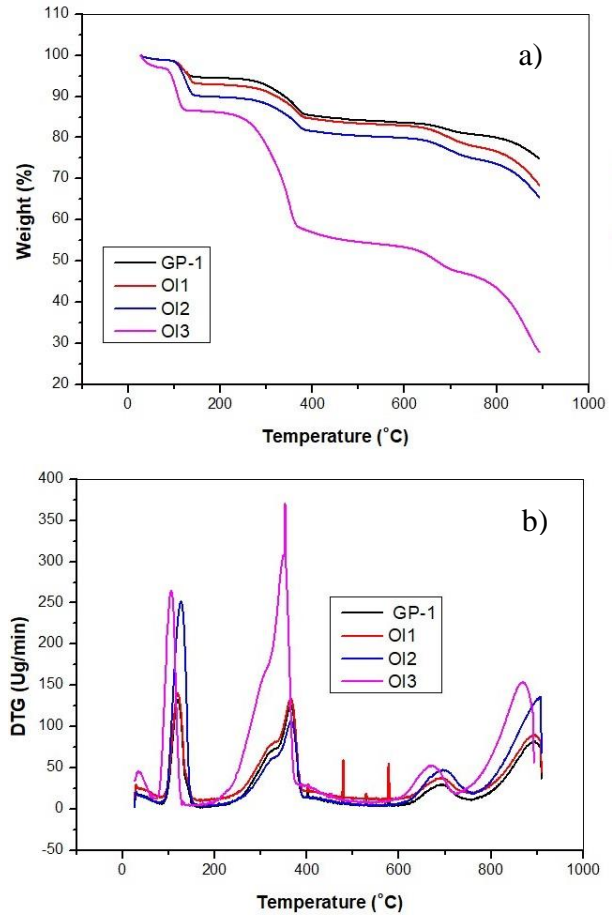


Figure 5. Type 1 boards (GP-1, OI₁, OI₂, and OI₃): a) Thermogravimetric analysis (TGA); and b) derivative thermogravimetric (DTG) curves

In the second phase (200 °C to 400 °C), the greatest loss of mass was observed. The temperature varied in this phase according to the ratio of the components in the structure of the wood. As a result of the degradation of hemicellulose, cellulose, and lignin, a mass loss of 20% to 40% occurred. The degradation of hemicellulose is known to occur at a temperature of 240 °C to 280 °C, the degradation of cellulose at 280 °C to 350 °C, and the degradation of lignin at 350 °C to 400 °C; Gao et al. (2006) reached a similar conclusion about the thermal behavior of black pine in their study. In the third and fourth phases, the gypsum maintained thermal stability and a thermally stable phase was formed. No mass loss was observed in the gypsum during this phase. However, at a temperature of 700 °C to 900 °C, mass loss occurred because of the carbonization of the organic compounds and the burning of the volatile components. This loss was measured in the olivine-augmented samples as 68.67%, 65.44%, and 27.91% in the Type 1 boards and 55.34%, 44.55%, and 26.42% in the Type 2 boards, respectively.

Table 3. Thermogravimetric Analysis-Derivative Thermogravimetric Data for Type 1 Boards (GP-1, Ol₁, Ol₂, and Ol₃)

	T _{5 wt.%} (°C)	T _{10 wt.%} (°C)	T _{50 wt.%} (°C)	T _{1max} (°C)	T _{2max} (°C)	T _{3max} (°C)	T _{4max} (°C)	900 °C Residue (wt.%)
GP-1	135	340	-	165	385	702	865	74.89
Ol ₁ GP-1	125	185	-	154	386	683	885	68.67
Ol ₂ GP-1	120	178	-	150	387	685	880	65.44
Ol ₃ GP-1	94	109	670	146	375	700	877	27.91

T_{5 wt.%}: thermal decomposition temperature at 5% weight loss; T_{10 wt.%}: thermal decomposition temperature at 10% weight loss; T_{50 wt.%}: thermal decomposition temperature at 50% weight loss; T_{1max}: the temperature of the peak maximum at the 1st degradation step (°C); T_{2max}: the temperature of the peak maximum at the 2nd degradation step (°C); T_{3max}: the temperature of the peak maximum at the 3rd degradation step (°C); and T_{4max}: the temperature of the peak maximum at the 4th degradation step (°C)

The thermal behavior of the GPB Type 1 boards (GP-1) is shown in Figure 5 and Table 3. The addition of olivine by 12%, 18%, and 24% increased thermal stability. According to the TGA results, T₅ (95 °C), T₁₀ (109 °C), and T_{max} (877 °C) values were found for the Ol₃ samples. However, 125 °C, 185 °C, and 885 °C were observed for the Ol₁ samples, respectively. According to Table 3, when 24% olivine was added, the decomposition temperature was delayed. The mass loss for the Ol₃ samples was 27.91% and 68.67% for the Ol₁ samples. Hence, a thermally superior structure was obtained.

Figure 6 and Table 4 show that in the GPB Type 2 boards (GP-2), the addition of 12%, 18%, and 24% olivine by weight increased the thermal stability. According to the TGA results, T₅ (101 °C), T₁₀ (273 °C), and T_{max} (856 °C) values were found for the Ol₇ samples. However, 115 °C, 293 °C, and 878 °C were observed in the Ol₅ samples, respectively. According to Table 4, with the addition of 24% olivine, the decomposition temperature was delayed. The mass loss was 26.42% for the Ol₇ samples and 55.34% for the Ol₅ samples. When the results were evaluated, excellent thermal stability was achieved in the Type 1 board samples when the wood contribution was limited to 18% and the olivine mineral contributions were 12% and 24%. Although the wood additive was 52% in the Type 2 boards, the superior thermal stability contribution of the olivine increased the thermal behavior of the sample, resulting in a superior thermally stable sample.

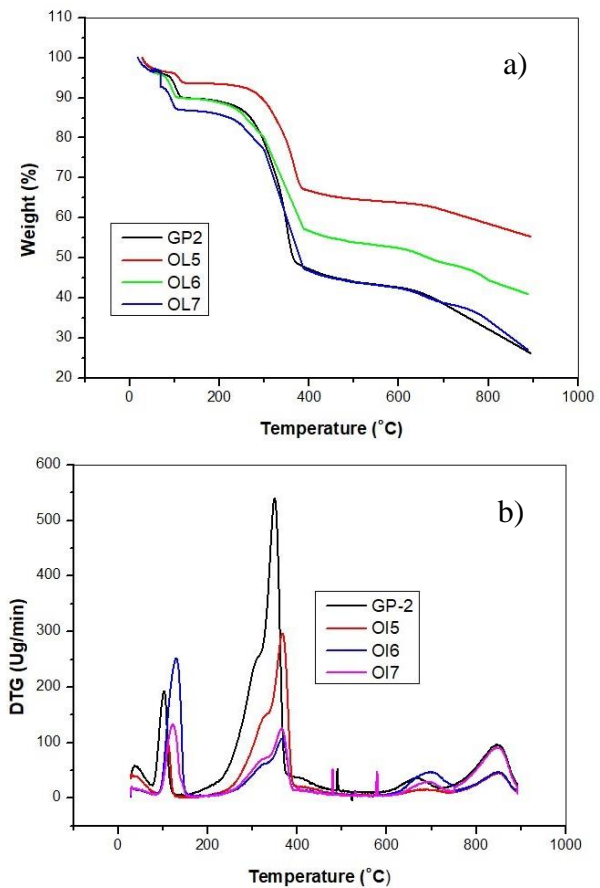


Figure 6. Type 2 boards (GP-2, Ol₅, Ol₆, Ol₇): a) Thermogravimetric analysis (TGA); and b) derivative thermogravimetric (DTG) curves

Table 4. Thermogravimetric Analysis-Derivative Thermogravimetric Data for Type 2 Boards (GP-2, Ol₅, Ol₆, Ol₇)

	T _{5 wt.%} (°C)	T _{10 wt.%} (°C)	T _{50 wt.%} (°C)	T _{1max} (°C)	T _{2max} (°C)	T _{3max} (°C)	T _{4max} (°C)	900 °C Residue (wt.%)
GP-2	98	124	364	167	391	692	895	26.19
Ol ₅ GP-2	115	293	-	155	385	-	878	55.34
Ol ₆ GP-2	112	284	308	154	377	-	872	44.55
Ol ₇ GP-2	101	273	289	151	368	-	856	26.42

T_{5 wt.%}: thermal decomposition temperature at 5% weight loss; T_{10 wt.%}: thermal decomposition temperature at 10% weight loss; T_{50 wt.%}: thermal decomposition temperature at 50% weight loss; T_{1max}: the temperature of the peak maximum at the 1st degradation step (°C); T_{2max}: the temperature of the peak maximum at the 2nd degradation step (°C); T_{3max}: the temperature of the peak maximum at the 3rd degradation step (°C); and T_{4max}: the temperature of the peak maximum at the 4th degradation step (°C)

3.4. Fourier-transform infrared (FTIR) Spectra

Two types of boards were produced, in which 30% and 70% by weight of gypsum was used as the binder. The FTIR spectra (as shown in Figure 7a and 7b) revealed typical traces of cellulose, hemicellulose, and lignin in the wood material, traces of gypsum as the binder, and varying traces of olivine, according to the additive ratio.

According to the FTIR spectra (as shown in Figure 7), the bands in the range of 3544 cm^{-1} to 3406 cm^{-1} are the vibrations of -OH α -cellulose and the strong tensile bond of gypsum (Kondo and Sawatari, 1996; Schwanninger et al., 2004; Prasad et al., 2005). The bands at 2800 cm^{-1} to 2964 cm^{-1} are linked to the -CH stretch bond vibration of the CH_2 and CH_3 groups. The CH and OH stresses are caused by the methyl and methylene group, hemicellulose, and cellulose (Kondo and Sawatari, 1996; Schwanninger et al., 2004). At 2000 cm^{-1} to 2150 cm^{-1} , the basic C-OH stress of cellulose is seen (Kondo and Sawatari, 1996; Pasquali and Herrera, 1997; Schwanninger et al., 2004). The 1700 cm^{-1} to 1730 cm^{-1} C=O stress is due to the carboxyl- and ester groups, unconjugated aldehyde acetic acid (Guo and Chen, 2004) and hemicellulose (Merk et al., 1997; Dubis et al., 1999; Singthong et al., 2004; Singthong et al., 2005). New absorption bands were observed at 2150 cm^{-1} to 1625 cm^{-1} , which were caused by the absorption of the -SiO_4 group in the olivine, i.e., the strong band of silicates (Matveev and Stachel, 2007). At 1600 cm^{-1} to 1620 cm^{-1} , C=C deformation, C-C stress, and C=C aromatic symmetric stress were observed within the aromatic ring lignin-induced conjugated double bonds. Aromatic skeletal vibrations were affected by the aromatic C-O stretching mode at 1650 cm^{-1} and the conjugation with the carbonyl groups (Fengel, 1991). At 1510 cm^{-1} , lignin aromatic skeletal vibrations were seen (Akgül et al., 2007). The characteristic tensile band of the aromatic compounds is at 1450 cm^{-1} in wood and wood extractives (He and Hu, 2013).

The characteristic indicator of cellulose is -O-H bending at 1140 cm^{-1} to 1145 cm^{-1} , -CH bending at 380 cm^{-1} and 1375 cm^{-1} to 1365 cm^{-1} . However, C-O-C asymmetric stretching and C-O stretching of cellulose occur in the 1280 cm^{-1} , 1160 cm^{-1} , 1047 cm^{-1} , and 1004 cm^{-1} bands (Liang and Marchessault, 1959).

Hemicellulose-induced asymmetric stress, and at 1119 cm^{-1} , hemicellulose C-C , C-OH , C-H bond, and vibration of the side groups (hemicellulose) are seen (Fengel, 1991; Kondo and Sawatari, 1996; Oh et al., 2005).

At 875 cm^{-1} to 712 cm^{-1} there is C-O asymmetric vibration. (Grishechko et al., 2013; Falcão and Araújo, 2014). At 1119 cm^{-1} , 875 cm^{-1} , and 712 cm^{-1} , strong vibration bands were seen and at 1685 cm^{-1} and 669 cm^{-1} , medium strength vibration bands were seen, which are traces of the presence of gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Prasad et al., 2005). The 669 cm^{-1} , 603 cm^{-1} , and 463 cm^{-1} bands are vibration bands that indicate the presence of $\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)$ and $\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$.

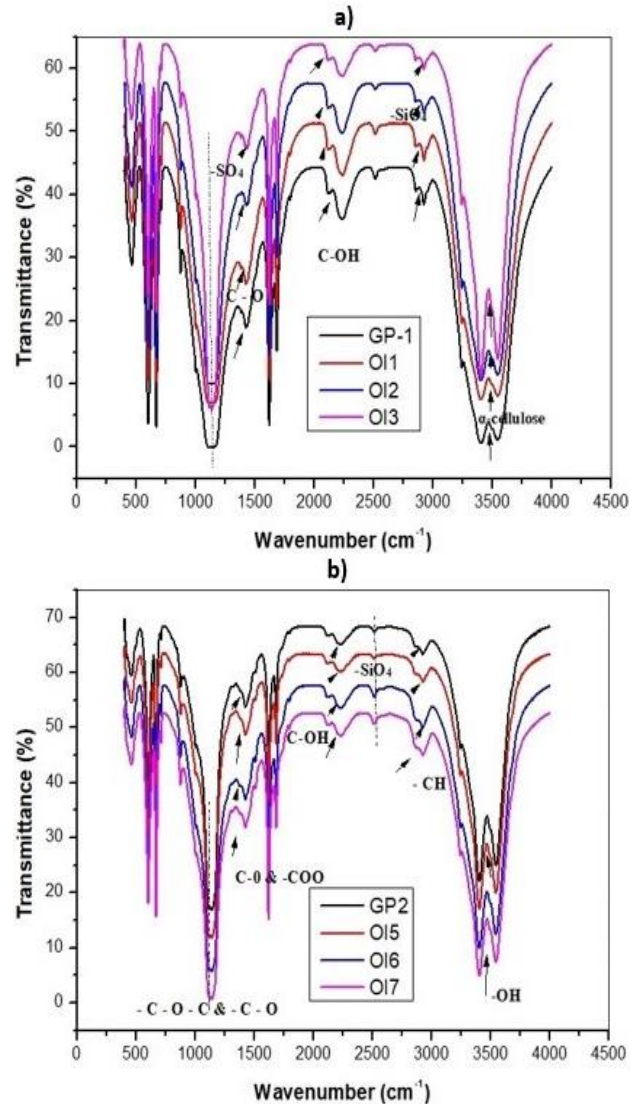


Figure 7. Comparative Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy analyses: a) GP-1, Ol1, Ol2, Ol3 boards; and b) GP-2, Ol5, Ol6, Ol7 boards

4. Conclusion

In this study, mineral olivine material and red pinewood chips were used in GPB production. The thickness swelling (TS) and water absorption (WA) values were markedly reduced with addition of the olivine mineral. Increasing the amounts of the gypsum and wood in the mixture caused the TS and WA of the boards to increase.

The addition of olivine mineral to the boards led to increases in the IB values. In addition, the increasing proportion of wood particles in the mixture had a positive effect on the IB properties. However, increases of the gypsum/olivine content increased the MOR values. The MOE values decreased as the wood content of the boards increased.

The experimental board samples failed to achieve the 0.065 w/mK standard determined for building and thermal insulation material. However, when the amount of gypsum in the mixture was increased, the thermal insulation property of the material decreased.

Two types of gypsum particleboard samples were prepared and the effects on the thermal stability of olivine

(12%, 18%, and 24% by weight) were investigated. When the TGA curves of the samples of both types were examined, degradation was found to take place in four phases. When the results were evaluated, the wood contribution was limited at 18% in the Type 1 board samples; therefore, excellent thermal stability was achieved with olivine mineral additions of 12% and 24%. Although the wood content was 52% in the Type 2 boards, the superior thermal stability contribution of the olivine boosted the thermal behavior of the board, resulting in a superior thermally stable sample.

References

- Ahmad, Z., Lum, W.C., Lee, S.H., Rameli, R., 2017. Preliminary study on properties evaluation of cement added gypsum board reinforced with kenaf (*Hibiscus cannabinus*) bast fibres. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 14(1): 46-48. DOI: 10.1007/s13196-017-0186-x
- Akgul, M., Gumuskaya, E., Korkut, S., 2007. Crystalline structure of heat-treated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Uludag fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *bornmuelleriana* (Mattf.)) wood. *Wood Science and Technology*, 41(3): 1-9. DOI: 10.1007/s00226-006-0110-9
- ASTM C 1113-90, 1990. Standard test methods for thermal conductivity of refractories by hot wire (platinum resistance thermometer technique). ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D 1037, 1999. Standard test methods for evaluating properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Barbero-Barrera, M.D.M., Flores-Medina, N., Pérez-Villar, V., 2017. Assessment of thermal performance of gypsum-based composites with revalorized graphite filler. *Construction and Building Materials*, 142: 83-91. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.03.060
- Deng, Y., Furuno, T., Uehara, T., 1998. Improvement on the properties of gypsum particleboard by adding cement. *Journal of Wood Science*, 44(2): 98-102. DOI:10.1007/BF00526252
- Deng, Y.H., Furuno, T., 2001. Properties of gypsum particleboard reinforced with polypropylene fibers. *Journal of Wood Science*, 47(6): 445-450. DOI: 10.1007/BF00767896
- Dubis, E.N., Dubis, A.T., Morzycki, J.W., 1999. Comparative analysis of plant cuticular waxes using HATR FT-IR reflection technique. *Journal of Molecular Structure*, 511-512: 173-179. DOI: 10.1016/S0022-2860(99)00157-X
- EN 310, 1993. Wood based panels - Determination of modulus of elasticity and modulus of rupture in static bending. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- EN 319, 1999. Particleboards and fiberboards - Determination of tensile strength perpendicular to plane of the board. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Espinoza-Herrera, R., Cloutier, A., 2009. Thermal degradation and thermal conductivity of gypsum-cement particleboard. *Wood and Fiber Science*, 41(1): 13-21.
- Espinoza-Herrera, R., Cloutier, A., 2011. Physical and mechanical properties of gypsum particleboard reinforced with Portland cement. *European Journal of Wood and Wood Products*, 69(2): 247-254. DOI: 10.1007/s00107-010-0434-x
- Falcão, L., Araújo, M.E.M., 2014. Application of ATR-FTIR spectroscopy to the analysis of tannins in historic leathers: The case study of the upholstery from the 19th century Portuguese Royal Train. *Vibrational Spectroscopy*, 74: 98-103. DOI: 10.1016/j.vibspec.2014.08.001
- Fengel, D., 1991. Possibilities and limitations of FTIR spectroscopy in the characterization of cellulose. Part 3. Effect of accompanying compounds on the IR spectrum of cellulose. *Papier*, 46(1): 7-11.
- Gao, M., Niu, J., Yang, R., 2006. Synergism of GUP and boric acid characterized by cone calorimetry and thermogravimetry. *Journal of Fire Sciences*, 24(6): 499-511. DOI: 10.1177/0734904106061522
- Grishechko, L.I., Amaral-Labat, G., Szczurek, A., Fierro, V., Kuznetsov, B.N., Pizzi, A., Celzard, A., 2013. New tannin-lignin aerogels. *Industrial Crops and Products*, 41: 347-355. DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.04.052
- Guo, G.Y., Chen, Y.L., 2004. Preparation and characterization of a novel zirconia precursor. *Ceramics International*, 30(3): 469-475. DOI: 10.1016/S0272-8842(03)00133-0
- He, W., Hu, H., 2013. Rapid prediction of different wood species extractives and lignin content using near infrared spectroscopy. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 33(1): 52-64. DOI: 10.1080/02773813.2012.731463
- Hu, G., Zhao, C., Zhang, S., Yang, M., Wang, Z., 2006. Low percolation thresholds of electrical conductivity and rheology in poly (ethylene terephthalate) through the networks of multi-walled carbon nanotubes. *Polymer*, 47(1): 480-488. DOI: 10.1016/j.polymer.2005.11.028
- Ismail, H., Rusli, A., Rashid, A.A., 2005. Maleated natural rubber as a coupling agent for paper sludge filled natural rubber composites. *Polymer Testing*, 24(7): 856-862. DOI: 10.1016/j.polymertesting.2005.06.011
- EN ISO 11925-2, 2010. Reaction to fire tests: Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame - Part 2: Single-flame source test, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Iucolano, F., Liguori, B., Aprea, P., Caputo, D., 2018. Thermo-mechanical behaviour of hemp fibers-reinforced gypsum plasters. *Construction and Building Materials*, 185: 256-263. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.07.036
- Kondo, T., Sawatari, C., 1996. A Fourier transform infra-red spectroscopic analysis of the character of hydrogen bonds in amorphous cellulose. *Polymer*, 37(3): 393-399. DOI: 10.1016/0032-3861(96)82908-9
- Kozłowski, R., Mieleniak, B., Helwig, M., Przepiera, A., 1999. Flame resistant lignocellulosic-mineral composite particleboards. *Polymer Degradation and Stability*, 64(3): 523-528. DOI: 10.1016/S0141-3910(98)00145-1
- Liang, C.Y., Marchessault, R.H., 1959. Infrared spectra of crystalline polysaccharides. II. Native celluloses in the region from 640 to 1700 cm⁻¹. *Journal of Polymer Science*, 39(135): 269-278. DOI: 10.1002/pol.1959.1203913521
- Matveev, S., Stachel, T., 2007. FTIR spectroscopy of OH in olivine: A new tool in kimberlite exploration. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71(22): 5528-5543. DOI: 10.1016/j.gca.2007.08.016
- Mendes, L. M., Loschi, F. A. P., Paula, L. E. D. R., Mendes, R. F., Guimarães Júnior, J. B., Mori, F. A., 2011. Utilization potential of wood clones of *Eucalyptus urophylla* in the production of wood-cement panels. *Cerne*, 17(1): 69-75. DOI: 10.1590/S0104-77602011000100008
- Merk, S., Blume, A., Riederer, M., 1997. Phase behaviour and crystallinity of plant cuticular waxes studied by Fourier transform infrared spectroscopy. *Planta*, 204(1): 44-53. DOI: 10.1007/s004250050228
- Oh, S. Y., Yoo, D. I., Shin, Y., Kim, H. C., Kim, H. Y., Chung, Y. S., Youk, J. H., 2005. Crystalline structure analysis of cellulose treated with sodium hydroxide and carbon dioxide by means of X-ray diffraction and FTIR spectroscopy. *Carbohydrate Research*, 340(15): 2376-2391. DOI: 10.1016/j.carres.2005.08.007
- Park, J.H., Kang, Y., Lee, J., Wi, S., Chang, J.D., Kim, S., 2019. Analysis of walls of functional gypsum board added with porous material and phase change material to improve hygrothermal performance. *Energy and Buildings*, 183: 803-816. DOI: 10.1016/j.enbuild.2018.11.023

- Pasquali, C.L., and Herrera, H., 1997. Pyrolysis of lignin and IR analysis of residues. *Thermochimica Acta*, 293(1-2): 39-46. DOI: 10.1016/S0040-6031(97)00059-2
- Prasad, P.S.R., Chaitanya, V.K., Prasad, K.S., Rao, D.N., 2005. Direct formation of the γ -CaSO₄ phase in dehydration process of gypsum: In situ FTIR study. *American Mineralogist*, 90(4): 672-678. DOI: 10.2138/am.2005.1742
- Schwanninger, M.J.C.R., Rodrigues, J.C., Pereira, H., Hinterstoisser, B., 2004. Effects of short-time vibratory ball milling on the shape of FT-IR spectra of wood and cellulose. *Vibrational Spectroscopy*, 36(1): 23-40. DOI: 10.1016/j.vibspec.2004.02.003
- Shi, X., Zhang, S.C., Chen, Y.F., Li, M.Q., Ouyang, S.X., Peng, X.Y., 2010. Effects of infrared scattering powders on the thermal properties of porous SiO₂ insulation material. *Key Engineering Materials*, 434: 689-692. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.434-435.689
- Singthong, J., Cui, S.W., Ningsanond, S., Goff, H.D., 2004. Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy (*Cissampelos pareira*) pectin. *Carbohydrate Polymers*, 58(4): 391-400. DOI: 10.1016/j.carbpol.2004.07.018
- Singthong, J., Ningsanond, S., Cui, S.W., Goff, H.D., 2005. Extraction and physicochemical characterization of Krueo Ma Noy pectin. *Food Hydrocolloids*, 19(5): 793-801. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2004.09.007
- Tichi, A.H., Bazyar, B., Khademieslan, H., Rangavar, H., Taleipour, M., 2016. The effect of nano-wollastonite on biological, mechanical, physical and microstructural properties of the composite made of wood-cement fiber. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 8(3S): 1466-1479. DOI: 10.4314/jfas.v8i3s.285
- Yalçın, O.U., 2018. Investigation of performance properties of panels produced from some lignocellulosic sources with mineral (dolomite and olivine) additives. Ph.D. Dissertation, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Turkey.

Uludağ göknarı ve karaçam odunlarından elde edilen çapraz lamine kerestelerinin eğilme özelliklerinin incelenmesi

Mesut Uysal^{a,*}, Orhan Eren^a, Halil Karatay^a, Doğan Memiş^a

Özet: Bu çalışmada, EUROCODE 5 kapsamına alınan yerli iğne yapraklı ağaç türlerinden uludağ göknarı ve karaçam keresteleri ve polivinil asetat (PVAc) tutkalı kullanılarak elde edilen çapraz lamine keresteler (ÇLK) malzemesinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü incelenmiştir. 3 katmalı olarak hazırlanan ÇLK'lar 0.4 N/mm² basınç altında 35°C sıcaklıkta 150 dk süre ile preslenmiştir. Üç nokta eğme deneyi yük-deformasyon eğrileri elde edilen hem masif Uludağ göknarı ve karaçam hem de bu malzemelerden elde edilen ÇLK'ların eğilme direnci ve elastikiyet modülü belirlenmiştir. Masif Uludağ göknarı ve karaçamın eğilme direnci 65 N/mm² ve 83.8 N/mm² olarak tespit edilmiştir. Bu malzemelerden elde edilen ÇLK'ların eğilme direnci ise 38.4 N/mm² ve 64.6 N/mm² olarak bulunmuştur. Elastikiyet modülünde ise bu değerler sırasıyla, 9093.5 N/mm², 11068.8 N/mm², 5273.4 N/mm² ve 8657.0 N/mm² olarak belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre karaçam odunundan elde edilen hem masif hem de ÇLK'lar göknar odunundan elde edilenlere göre daha dayanıklı olarak bulunmuştur. Çalışmanın varyans analizi de hem masif hem de ÇLK için odun türünün istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, yerli iğne yapraklı ağaçlarımızın EUROCODE 5 kapsamında alınması, bu malzemelerden ÇLK'ların üretilmesi ve malzemelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi Türkiye ahşap yapı sektöründe bu malzemelerin yapı analizinde ve yapı eleman tasarımında önemlidir.

Anahtar kelimeler: Çapraz lamine kirişler, Uludağ göknarı, Karaçam, Eğilme Direnci, Elastikiyet modülü

Investigation of bending properties of cross laminated timber made of Uludağ fir and black pine

Abstract: In this study, flexural strength and modulus of elasticity (MOE) of cross-laminated timber (CLT) made of the Uludag fir and black pine wood, which are domestic coniferous tree species included in the scope of the EUROCODE 5, and polyvinyl acetate (PVAc) adhesive were investigated. CLTs, prepared with three layers, were pressed under the pressure of 0.4 N/mm², the temperature of 35°C and the time of 150 min. Three-point bending tests were applied to determine flexural strength and MOE by obtaining load-deformation curves of solid wood and CLTs made of the Uludag fir and black pine wood. The average flexural strength of the solid Uludag fir and black pine was 65 N/mm² and 83.8 N/mm². The average flexural strength of the CLTs made of the Uludag fir and black pine wood was 38.4 N/mm² and 64.6 N/mm², respectively. Those of MOEs were 9093.5 N/mm², 11068.8 N/mm², 5273.4 N/mm² and 8657.0 N/mm², respectively. It resulted that solid wood and CLT made of black pine wood had more strength than those of Uludag fir. Analysis of variance also showed that wood species have a statistically significant effect on flexural strength and MOE of the materials. Consequently, the acquisition of domestic coniferous trees, the production of the CLTs made of these woods and the determination of their mechanical properties are vital in the structural analysis and member design of these materials in the wood construction industry in Turkey.

Keywords: Cross laminated timbers, Uludag fir, Black pine, Flexural strength, Modulus of elasticity

1. Giriş

Tarih boyunca, insan yaşamındaki en zaruri ihtiyaçlarından biri barınma olmuştur. İnsanlar bu ihtiyaçlarını karşılamak için ilk zamanlarda ağaç kovukları ve mağaralarda yaşamışlardır. Gün geçtikçe farklı malzemeler kullanılarak farklı yapılar inşa edilmiştir (Yesügey vd., 2014). Yapıda kullanılan malzemelerden ilki, ahşaptır. Ahşap; kolay bulunabilir, işlenebilir, yenilenebilir, sürdürülebilir, geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir bir malzemedir. Bu avantajları doğrultusunda geçmişten günümüze varıncaya kadar ahşabın yapıda kullanımı artarak devam etmiştir (Kurt, 2021). 19. yüzyıla kadar ahşap yapı

üretimi geleneklere dayanmıştır. Geleneksel ahşap yapı üretimi; toplumların kültürlerine, coğrafi koşullara ve iklimsel özelliklere bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Geleneksel ahşap yapılar genellikle yığma ve iskelet sistemlerden oluşmaktadır. Ahşabın yanı sıra kerpiç veya taş gibi malzemeler kullanılarak karma yapılar da oluşturulmuştur. 20. yüzyılın başlarında ise çivi, tutkal ve ağaç işleme makinelerindeki gelişmelerle beraber modern ahşap yapılar üretilmeye başlamıştır (Uluğ ve Odabaşı, 1972).

Günümüz dünyasında teknolojik gelişmeler ve nitelikli orman kaynaklarındaki azalma ile beraber ahşap malzemenin etkin ve verimli kullanımını sağlamak için mühendislik ürünü

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

@ * **Corresponding author** (İletişim yazarı): mesut.uyosal@btu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 24.08.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 02.11.2022



Citation (Atıf): Uysal, M., Eren, O., Karatay, H., Memiş, D., 2022. Uludağ göknarı ve karaçam odunlarından elde edilen çapraz lamine kerestelerinin eğilme özelliklerinin incelenmesi. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 313-319. DOI: [10.18182/tjf.1166361](https://doi.org/10.18182/tjf.1166361)

aşap malzemeler (MAM) geliştirilmiştir. Bunların arasında; kontrplak, kontrtabla, yapıştırılmış lamine kereste (glulam), tabakalanmış kaplama kereste (LVL), paralel şerit kereste (PSL), tabakalanmış şerit kereste (LSL), çapraz lamine edilmiş kereste (ÇLK), yönlendirilmiş şerit kereste (OSL), çivili lamine aşap (NLT), kavelalı lamine edilmiş kereste (DLT), yönlendirilmiş şerit levha (OSB), I-kiriş, Holz, lif kereste (scrimber) gibi malzemeler bulunmaktadır (Yesügey vd., 2014).

ÇLK kereste tabakalarının lifleri birbirine 90 derece zıt olacak şekilde, basınç altında yapıştırılması suretiyle elde edilmektedir. ÇLK malzeme tabaka sayıları genellikle 3, 5, 7 ya da daha fazla olacak şekilde tek sayılar ile oluşturulmaktadır. ÇLK üzerine ilk çalışmalar 1990'lı yıllarda Avrupa'da başlamıştır. Diğer malzemelerle kıyaslandığında üretim, montaj, nakliye ve kurulum sürelerinin kısa olması ÇLK'nin daha avantajlı bir durumda olmasını sağlamaktadır. Hafif olduğu kadar güçlü ve esnek olması nedeniyle deprem dayanımı yüksektir. Masif aşaba kıyasla uzun ömürlü bir malzemedir (Yesügey vd., 2014).

Kullanılan odun türü, katman sayısı, katman kalınlığı, tutkal tipi ve pres basıncı gibi farklı parametrelerin ÇLK'ların mekanik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Oran (2012) Hindistan cevizi odunu ile yapmış olduğu 3 katmanlı ÇLK'ların dış katmanlarında 9 mm ve iç katmanında ise 22 mm kalınlık kullanmış ve polivinil asetat (PVAc), melamin-üre formaldehit (MÜF) ve üre formaldehit (ÜF) tutkallarının mekanik özellikler üzerine etkisi incelenmiştir. MÜF tutkallarının daha iyi mekanik özellikler sağladığını ortaya koymuştur. Wang vd. (2015) masif kereste ve (LSL) kullanarak elde ettiği ÇLK ve hibrit-ÇLK'ları incelenmiştir. 3 katman olarak hazırladığı ÇLK'larda orta katman da masif ve dış katmanlarda LSL kullanılması ile sadece masif kullanılan ÇLK'lara göre daha iyi mekanik özellik elde ederken, 3 katmanında LSL olması durumunda ise en dayanıklı malzemeyi elde ettiğini bildirmiştir. Christovasilis vd. (2016) yaptıkları çalışmada ÇLK'nin farklı katman kalınlığı ve katman sayısı elastik özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. ÇLK'da katman kalınlığı artarken elastik özelliklerin arttığı ama katman sayısının artması ile azaldığını bildirmişlerdir. Galih vd. (2020) iç katmanı bambu lamine levha ve dış katmanları akasya odunundan elde edilen keresteler ile hibrit ÇLK üzerine çalışmıştır. Yapılan çalışma sonuçlarına göre hibrit ÇLK'lar ladin-çam-göknar (SPF)'dan elde edilen ÇLK'lara göre 3 kat daha fazla elastikiyet modülüne, 1.35 kat daha iyi eğilme direncine sahipken 0.8 kat kesme modülüne sahiptir. Özen (2017) sarıçam ve Uludağ göknarı odunlarından elde ettiği ÇLK'larda poliüretan (PÜ) tutkalı ve silan ilave edilmiş PÜ tutkalı kullanarak malzemenin mekanik özelliklerinin incelemiş ve katkılı tutkal kullanımı ile daha yüksek yapışma direnci elde etmiş ve ÇLK'nin mekanik özelliklerinde iyileşmeler meydana gelmiştir. Choi vd. (2018) melez çamı ve kontrplak kullanarak elde ettiği hibrit ÇLK'ların mekanik özellikleri kontrplak kullanımı ile artarken, katman sayısı arttıkça da azaldığını tespit etmiştir. Gülcemal (2019) Uludağ göknarı, sarıçam, ladin ve göknarı masif ve ısıtılmış olarak kullandığı ÇLK'larda PÜ, melamin formaldehit (MF), MF+silan ve PÜ+silan kullanmıştır. Isıtılmış malzemelerin mukavemet özellikleri düşerken PÜ tutkalı ve silan kullanımı malzeme özelliklerini iyileştirmiştir. Birinci (2019) sarıçam, doğu ladin ve göknar odunundan elde edilen ÇLK'lar mekanik özelliklerini incelediğinde en yüksek mukavemete sarıçam olduğunu gözlemlerken katman

sayısının artması ile de mekanik özelliklerin azaldığını belirtmiştir. Li vd. (2021) melez çam odunu kullanarak elde ettikleri ÇLK'larda izosiyanat (EPI), fenol resorsinol formaldehit (PRF) ve PÜ tukalları ve pres basıncını (0.8, 1.2 ve 1.5 MPa) etkisini incelemiştir. Yapılan çalışmada EPI tutkalının yapışma kalitesini iyileştirmek için pres basıncının 1.5 MPa, PRF ve PÜ içinse 1.2 MPa olması gerektiğini bildirmiştir.

Bu çalışma kapsamında yapı üretiminde kullanılan ve gün geçtikçe dünyadaki pazar payı giderek artan ÇLK'nin yerli iğne yapraklı ağaç türleri ile üretilerek bazı mekanik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan ağaç türleri; Marmara Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü bünyesinde yürütülen "Yerli İğne Yapraklı Ağaç Türlerimizin Mukavemet Sınıflarının Belirlenmesi-I" isimli proje ile EUROCODE 5 kapsamına alınan yerli karaçam ve göknar odunundan elde edilen masif ve ÇLK malzemelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü incelenmiştir (OGM, 2021).

2. Materyal ve yöntem

2.1. Malzemeler

Bu çalışmada orman ürünleri sanayinde sıklıkla kullanılan Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold) kullanılmıştır. Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılacak olan Uludağ göknarı ve karaçam keresteleri Bursa ilinde yerel bir kereste firmasından alınmıştır.

Çalışmada yapıştırıcı malzeme olarak tek bileşenli polivinil asetat (PVAc-D3) tutkalı kullanılmıştır. Raftery vd. (2008) PVA tutkalı kullanarak glulam malzemesinin bazı mekanik özelliklerini incelenmiştir. Bu çalışmada da PVAc tutkalı kullanılarak elde edilen ÇLK'ların bazı mekanik özellikleri incelenmiştir. PVAc tutkalları asetilen ile asetik asitten imal edilir ve polimerizasyonu basittir. Çözücüsü olarak su kullanılırken, uygulaması kolay ve kullanıma hazır halde bulunan bir tutkal çeşididir. Soğuk uygulamalarda kullanılan bu tutkal 50°C'nin altında kullanılması tavsiye edilirken, sıcaklık 60°C üzerine çıktığında termoplastik bir tutkal olan PVAc yumuşamaya başlar.

2.2. Çapraz lamine kerestelerinin hazırlanması

Bu çalışmada, Uludağ göknarı ve karaçam keresteleri pres baskı alanı dikkate alınarak toleranslı bir şekilde 12.5x60x650 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk) işlenerek her bir katmanda 10 adet kereste kullanılacak şekilde en 30 adet hazırlanmıştır.

22°C ve %65 rutubet miktarında en az 72 saat bekletilen keresteler, ilk aşamada beşli parçalar halinde işkence yardımıyla PVAc tutkalı kullanılarak birleştirilmiştir ve 12.5x300x650 mm boyutlarında katmanlar elde edilmiştir. İkinci aşamada ise katman kalınlıkları kalınlık makinesinde 10 mm'ye düşürülmüştür. İkili parçalar halinde işkence yardımıyla yine PVAc tutkalı kullanılarak birleştirilmiş ve 10x600x650 mm boyutlarında katmanların uç kısımları temizlenerek her odun türü için 3'er adet 10x600x600 mm boyutlarında tabakalar elde edilmiştir. Bu katmalar presleme öncesinde de en 72 saat 22°C ve %65 rutubet miktarına sahip şartlı odada bekletilmiştir.

3 tabakalı olarak hazırlanacak olan ÇLK'ların yüzeylerine PVAc tutkalı 200 g/m² miktarında birleşecek

katman yüzeylerine homojen bir şekilde uygulanmıştır. Tabakalar, lif yönlerinin 90°'lik açı yapacak şekilde üst üste konularak Cemil Usta SSP-180 T laboratuvar tipi presinde 35°C pres sıcaklığında, 0.4 N/mm² basınç altında ve 150 dk süre ile preslenmiştir. Hazırlanan ÇLK'lar %65 nispi rutubet ve 22°C sıcaklık şartlarında iklimlendirme odasında en az 72 saat bekletilerek hem yapıştırma işleminin daha etkili olması hem de denge rutubetini yakalaması için dinlendirilmiştir. 3 katmanlı ÇLK boyutları Şekil 1'de verilmiştir.

2.3. Rutubet miktarı ve yoğunluk tayini

TS EN 326-1 (1999), TS EN 322 (1999), TS EN 323 (1999), TS 2471 (1976) ve TS 2472 (1976) standartlarına hem masif hem de ÇLK örneklerinin rutubet miktarı, hava kuru yoğunluk ve tam kuru yoğunluk tayinleri yapılmıştır. Örneklerin boyutları ±0.01 mm duyarlılıkta mikrometrik dijital kumpasla ve ağırlıkları ise ±0.01 g duyarlılıkta analitik terazide tartılmıştır. Daha sonra, örnekler 103 ± 2 °C'de 72 saat süre ile etüde bekletildikten sonra boyutları ve ağırlıkları tekrardan ölçülmüştür.

Rutubet tayininde;

$$RM = \frac{M_{12} - M_0}{M_0} \times 100 \quad (1)$$

RM: Rutubet miktarı (%)

M_{12} : Hava kuru ağırlık (g)

M_0 : Tam kuru ağırlık (g)

Hava kuru yoğunluk tayininde;

$$d_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \quad (2)$$

d_{12} : Hava kuru yoğunluğu (g/cm³)

M_{12} : Hava kuru ağırlık (g)

V_{12} : Hava kursunda sahip olduğu hacim (cm³) eşitliğinden yararlanılmıştır.

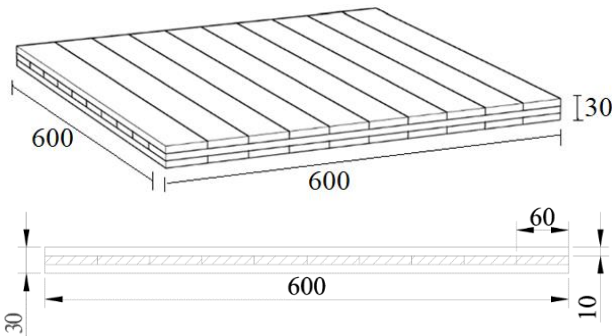
Tam kuru yoğunluk tayininde;

$$d_0 = \frac{M_0}{V_0} \quad (3)$$

d_0 : Tam kuru yoğunluk (g/cm³)

M_0 : Tam kuru ağırlık (g)

V_0 : Tam kuru halde sahip olduğu hacim (cm³) eşitliğinden yararlanılmıştır.



Şekil 1. 3 katmanlı ÇLK ve katman boyutları (mm)

2.4. Eğilme direnci ve elastikiyet modülünün tayini

20 x 20 x 360 mm boyutlarında hazırlanan masif ve ÇLK (Şekil 2) örnekleri Şekil 3'de verilen deney düzeneği ile 50 kN yük kapasitesine sahip SHIMADZU universal test cihazında 10 mm/dk test hızı ile statik yüke maruz bırakılmıştır. Deney, uygulanan kuvvet kırılma kuvvetinin %80'ine düşene kadar devam ettirilmiştir. Deney sonucunda yük-deformasyon eğrisi elde edilerek örneklerin eğilme direnci ve elastikiyet modülleri hesaplanmıştır (TS 2474, 1976 ve TS 2478, 1976).

Eğilme direncini hesaplanmasında;

$$\sigma_E = \frac{3 \times F_{max} \times L}{2 \times b \times h^2} \quad (4)$$

σ_E : Eğilme direnci (N/mm²)

F_{max} : Kırılma kuvveti (N)

L : Destek noktaları arası açıklık (mm)

b : Örnek genişliği (mm)

h : Örnek kalınlığı (mm) eşitliği kullanılmıştır.

Elastikiyet modülünün hesaplanmasında;

$$E = \frac{\Delta F \times L^3}{4 \times b \times h^3 \times \Delta d} \quad (5)$$

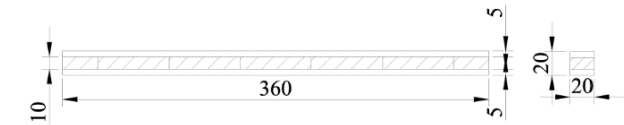
E : Elastikiyet modülü (N/mm²)

ΔF : Yük-deformasyon grafiğinde elastik bölgede bulunan iki kuvvetin farkı (N)

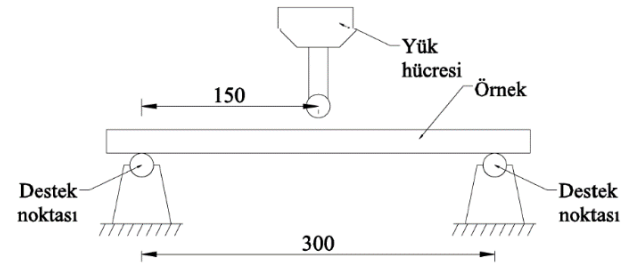
Δd : Yük-deformasyon grafiğinde elastik bölgede bulunan iki deformasyonun farkı (mm) eşitliğinden yararlanılmıştır.

2.5. Verilerin değerlendirilmesi

Sonuçların değerlendirilmesinde eğilme direnci ve elastikiyet modülü veri olarak kullanılmıştır. RStudio yazılımı kullanılarak gruplar arası varyans analizi (ANOVA) ile faktör etkisi incelenmiştir.



Şekil 2. Eğilme testi deney örnekleri için boyutlar (mm)



Şekil 3. Eğilme deney düzeneği (mm)

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Rutubet miktarı ve yoğunluk

Uludağ göknarı ve karaçam odunlarından elde edilen masif ve ÇLK malzemelerin ortalama rutubet miktarı ve yoğunluk değerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Bu sonuçlar karaçam odunundan elde edilen hem masif hem de ÇLK malzemelerin hava kuru ve tam kuru yoğunluğunun göknar odunundan elde edilen değerlere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

3.2. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü

Eğilme deneyinden elde edilen yük-deformasyon eğrileri masif malzemeler için Şekil 4 ve ÇLK’lar için ise Şekil 5’de verilmiştir. Eğilme deneyinde, masif karaçam grubunda en yüksek ve en düşük kırılma kuvveti 1732.8 N ve 1346.2 N olarak bulunmuştur. Ortalama kırılma yükü ise 1541.3 N, standart sapması 160.2 N ve varyasyon katsayısı ise %9.9 bulunmuştur. Masif Uludağ göknarı örneklerinde en yüksek ve en düşük kırılma kuvveti 1274.4 N ve 1167.2 N iken ortalama kırılma yükü 1206.8 N, standart sapması 40.3 N ve varyasyon katsayısı %3.3 olarak tespit edilmiştir. Karaçam

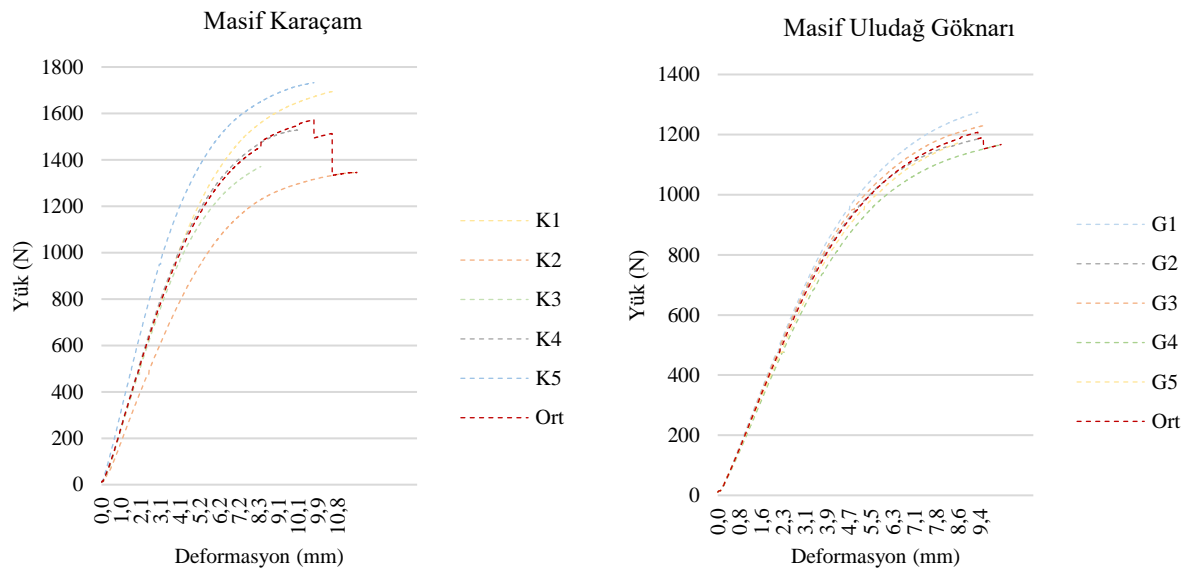
keresteleri kullanılarak elde edilen ÇLK’larda en yüksek ve en düşük kırılma yükleri sırasıyla 1407.8 N ve 954.1 N’dir. Ortalama kırılma kuvveti ise 1196.3 N iken standart sapması 191.3 N ve varyasyon katsayısı da %15.9’dur. Uludağ göknarı keresteleri kullanılarak elde edilen ÇLK’larda en yüksek ve en düşük kırılma yükleri sırasıyla 729.9 N ve 589.1 N’dir. Ortalama kırılma kuvveti ise 679.9 N, standart sapması 55.7 N ve varyasyon katsayısı da %8.2’dir.

Uludağ göknarı ve karaçam odunlarından elde edilen masif ve ÇLK’ların eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri Çizelge 2, Şekil 6 ve Şekil 7’de verilmiştir. Deney sonuçlarına göre karaçam odunundan elde edilen hem masif hem de ÇLK’lar Uludağ göknarına göre daha yüksek eğilme direnci ve elastikiyet modülü sahiptir. Ayrıca, masif malzemelerin dayanımı da ÇLK’lara göre daha yüksek bulunmuştur. Uludağ göknarı odunundan elde edilen masif malzeme ÇLK’ya göre %77.1 daha yüksek eğilme direncine sahipken, %72.4 daha iyi elastikiyet modülüne sahiptir. Karaçam odunundan elde edilen masif ve ÇLK’larda ise bu oranlar sırası ile %29.8 ve %27.8’dir. Gülcemal (2019) ve Özen (2017) çalışmalarında da masif malzemelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü ÇLK’lardan daha yüksek bulunduğu gözlemlenmiştir.

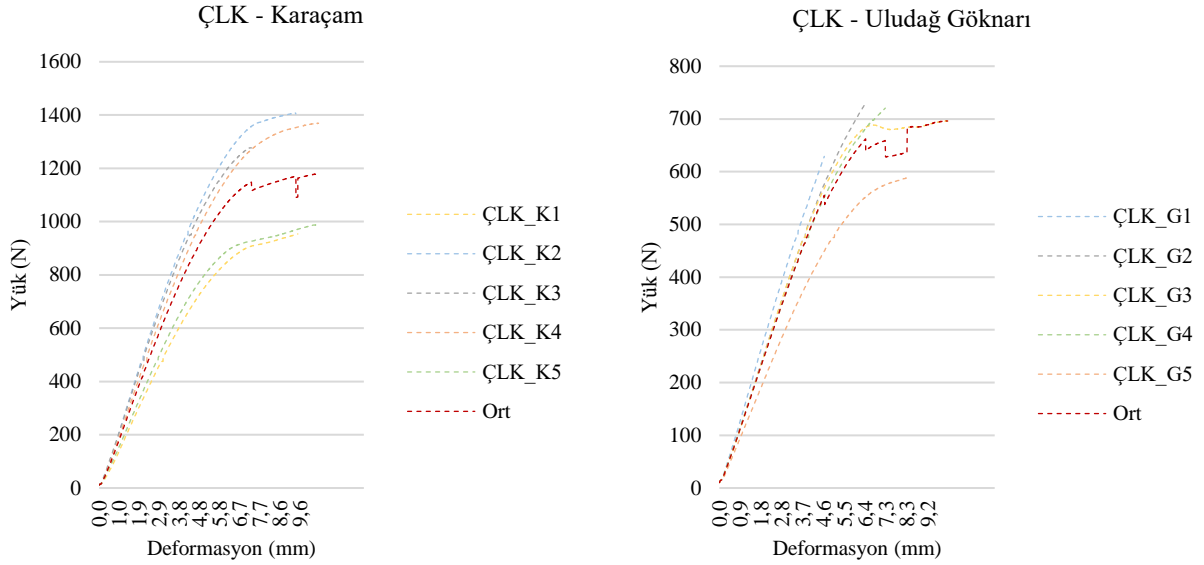
Çizelge 1. Malzemelerin rutubeti hava kuru yoğunluk ve tam kuru yoğunluk değerleri

Malzeme	Odun türü	Rutubet miktarı (%)	Hava kuru yoğunluk (g/cm ³)	Tam kuru yoğunluk (g/cm ³)	Tablananmış hava kuru yoğunluk ile fark*	Tablananmış tam kuru yoğunluk ile fark*
Masif	U. Göknarı	14.10	0.42 (5.30)	0.40 (6.10)	%2.3	%0.1
	Karaçam	13.60	0.54 (9.60)	0.51 (10.50)	%3.5	%1.9
ÇLK	U. Göknarı	12.53	0.43 (5.20)	0.41 (5.20)	-	-
	Karaçam	12.83	0.57 (9.60)	0.54 (9.30)	-	-

* Çizelge 1’de bulunan değerlerdir, ** Parantez içindeki değerler varyasyon katsayısıdır (%)



Şekil 4. Masif Uludağ göknarı ve karaçamın yük deformasyon grafikleri (K: Karaçam ve G: Uludağ göknarı)



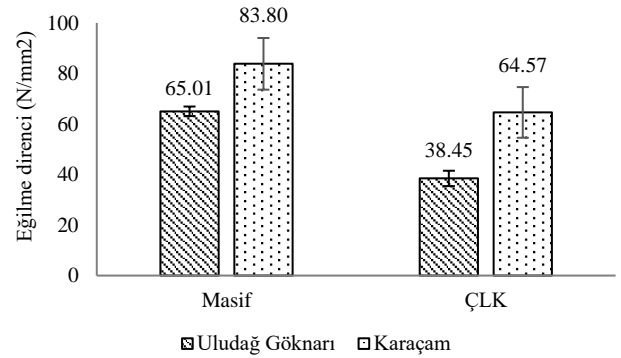
Şekil 5. ÇLK Uludağ göknarı ve karaçamın yük deformasyon eğrileri (K: Karaçam ve G:Uludağ göknarı)

Çizelge 2. Masif ve ÇLK'ların eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri

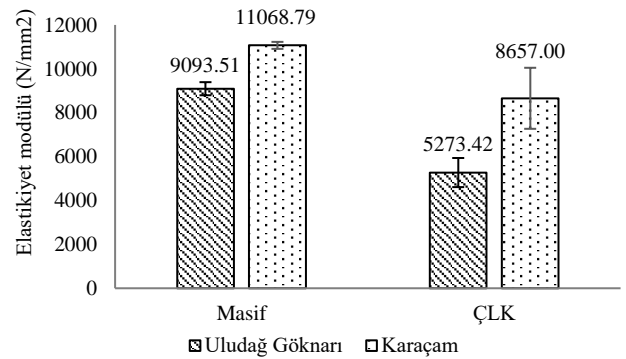
Malzeme	Odun türü	Eğilme direnci (N/mm ²)			Elastikiyet modülü (N/mm ²)		
		Ortalama	Standart sapma	Varyasyon katsayısı	Ortalama	Standart sapma	Varyasyon katsayısı
Masif	Uludağ Göknaarı	65.01	1.89	2.9%	9093.51	298.57	3.3%
	Karaçam	83.80	10.22	12.2%	11068.79	1657.82	15.0%
ÇLK	Uludağ Göknaarı	38.45	3.04	7.9%	5273.42	663.25	12.6%
	Karaçam	64.57	10.03	15.5%	8657.00	1390.86	16.1%

Deney sonuçlarına göre Uludağ göknarının ortalama eğilme direnci 65.01 N/mm² ve standart sapması da 1.89 N/mm²'dir. Karaçam odununun ortalama eğilme direnci 83.8 N/mm² ve standart sapması da 10.2 N/mm²'dir. Masif malzemelerde karaçam odunundan elde edilen örnekler Uludağ göknarına göre %28.9 daha iyi sonuçlar vermiştir. Uludağ göknarının elde edilen ÇLK'ların ortalama eğilme direnci 38.45 N/mm² ve standart sapması da 3.04 N/mm²'dir. Karaçam odunundan elde edilen ÇLK'ların ortalama eğilme direnci 64.57 N/mm² ve standart sapması da 10.03 N/mm²'dir. Yine karaçam odunundan elde edilen ÇLK'lar Uludağ göknarına göre %67.9 daha iyi sonuçlar vermiştir. Literatür de ise çam odunlarında yapılan ÇLK'ların göknar odununa göre daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Gülcecal, 2019).

Masif malzeme ve ÇLK'ların elastikiyet modülünde de aynı eğilim izlenmiştir (Şekil 7). Hem masif karaçam hem de karaçam ÇLK'nın elastikiyet modülü Uludağ göknarına göre %72.4 ve %27.9 daha iyi sonuçlar vermiştir. Uludağ göknarının elde edilen masif malzemelerin ortalama elastikiyet modülü 9093.51 N/mm² ve standart sapması da 298.57 N/mm²'dir. Karaçamdan elde edilen masif malzemelerin ise ortalama elastikiyet modülü 11068.79 N/mm² ve standart sapması da 1657.82 N/mm²'dir. Uludağ göknarının elde edilen ÇLK'ların ortalama elastikiyet modülü 5273.42 N/mm² ve standart sapması da 663.25 N/mm²'dir. Karaçamdan elde edilen ÇLK'ların ortalama elastikiyet modülü 8657.00 N/mm² ve standart sapması da 1390.86 N/mm²'dir.



Şekil 6. Masif ve ÇLK'ların eğilme direnci



Şekil 7. Masif ve ÇLK'ların elastikiyet modülü

Gülcemal (2019) sarıçam ve Uludağ göknarı kullanarak elde ettiği ÇLK'ların eğilme direnci sırası ile 53.77 N/mm² ve 47.8 N/mm²'dir. Bu malzemelerin elastikiyet modülü ise 7304.88 N/mm² ve 6181.45 N/mm²'dir. Özen (2017) yine sarıçam ve Uludağ göknarı ile elde ettiği çalışmada da eğilme direnci değerlerini 38.45 N/mm² ve 51.63 N/mm² bulurken bu malzemelerin elastikiyet modülünü ise 2302 N/mm² ve 3025.4 N/mm² bulmuştur. Literatürde sarıçam, karaçam ve Uludağ göknarının eğilme direnci ve elastikiyet modülü ile ilgili bazı çalışmalar incelendiğinde, Efe ve Kasal (2007) yaptıkları çalışmada sarıçam odununun eğilme direnci 73.24 N/mm² ve elastikiyet modülü 11760 N/mm² olarak belirlemiştir. Uludağ Göknarı odununun eğilme direnci 73 N/mm² ve elastikiyet modülü 8300 N/mm²'dir. Karaçam odununda ise bu değerler 109.6 N/mm² ve 10000 N/mm²'dir (Yaman, 2015). Bu çalışmalar göstermektedir ki masif malzemenin eğilme direnci ve elastikiyet modülü bu masif malzemelerden yapılan ÇLK'ların eğilme özelliklerinden daha yüksek bulunmuştur. ÇLK malzemelerinde, katmanların makta, cumba ve yüzeylerinden tutkal ile birleştirmeleri yapıldığından dolayı panel boyunca birleşme noktalarında/yüzeylerinde dayanım tutkalın kesme dayanımına da bağlı olmaktadır. Kırılmalarda ÇLK'ların tutkal tabakalarında gerçekleştiğinden ve tutkalın kesme dayanımı, ahşabın kesme dayanımından daha düşük olmasından dolayı ÇLK'ların kırılma kuvveti daha düşük değerlere sahip olması ile birlikte eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde daha düşük elde edilmiştir. Literatürde aynı odun türleri kullanılarak yapılan iki farklı çalışmada masif malzemenin kesme dayanımının lamine edilmiş malzemelerin dayanımından daha fazla çıktığı gösterilmiştir. Efe ve Çağatay (2011) yaptıkları çalışmada kestane ve meşe odununun kesme dayanımını sırası ile 10.16 N/mm² ve 19.41 N/mm² olarak tespit etmiştir. Söğütü ve Döngel (2007) ise kestane ve meşe odunları ile PVAc-D3

tutkalı kullanarak elde ettikleri lamine edilmiş malzemelerin kesme dayanımını ise 6.29 N/mm² ve 10.63 N/mm² olarak saptamıştır.

3.3. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Masif malzemeler ve ÇLK'ların eğilme direnci ve elastikiyet modülüne odun türüne etkisi tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir (Çizelge 3). Yapılan analiz sonucuna göre odun türünün eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine etkisi hem masif malzemeler hem de ÇLK'lar için istatistiksel olarak önemlidir.

4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında ülkemizde doğal olarak yetişmekte olan Karaçam ve Uludağ göknarı ağaç türleri kullanılmıştır. Çalışmada masif malzeme ve PVA tutkalı kullanılarak hazırlanan masif malzemeler ve ÇLK'lar incelenmiştir.

Hem karaçam hem de Uludağ göknarından elde edilen ÇLK'ların hava kurusu ve tam kuru yoğunlukları masif malzemelere göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun kullanılan tutkal kullanılarak preslenen malzemenin birim hacimde ağırlığının artması ile ortaya çıktığı söylenebilir.

Malzemelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde masif malzemeler ÇLK'lara daha yüksek bir değere sahiptir. Bununla birlikte karaçam odunundan elde edilen hem masif hem de ÇLK'lar göknar odununa göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Bu çalışma EUROCODE 5 kapsamına alınmasına planlanan yerli iğne yapraklı ağaç türlerinden olan ladin ve sarıçam ile genişletilecek olup gelecek çalışmalarda farklı tutkal tipleri ile de çalışmalar yapılacaktır.

Çizelge 3. Eğilme direnci ve elastikiyet modülüne odun türünün etkisine ilişkin varyans analizi

Varyans kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P-değeri(≤0,05)
Eğilme direnci (Masif)					
Odun türü	1	882.8	882.8	13.06	0.00684
Hata	8	540.7	67.6		
Eğilme direnci (ÇLK)					
Odun türü	1	1705.7	1705.7	24.83	0.00108
Hata	8	549.6	68.7		
Elastikiyet modülü (Masif)					
Odun türü	1	9754308	9754308	5.5	0.047
Hata	8	14187540	1773442		
Elastikiyet modülü (ÇLK)					
Odun türü	1	28621636	28621636	19.29	0.00231
Hata	8	11872005	1484001		

Kaynaklar

- Birinci, A.U., 2019. Karadeniz bölgesi yerli ağaç türlerinden çapraz lamine ahşap (CLT) üretimi ve optimum üretim parametrelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Choi, C., Kojima, E., Kim, K.J., Yamasaki, M., Sasaki, Y., Kang, S.G., 2018. Analysis mechanical properties of crosslaminated timber (CLT) with plywood using korean larch. *Bioresources*, 13(2): 2715-2726.
- Christovasilis, I.P., Brunetti, M., Follesa, M., Nocetti, M., Vassalo, D., 2016. Evaluation of the mechanical properties of cross laminated timber with elementary beam theories. *Construction and Building Materials*, 122: 202-213.
- Galih, M.N., Yang, S.M., Yu, S.M., Kang, S.G., 2020. Study on the mechanical properties of tropical hybrid cross laminated timber using bamboo laminated board as core layer. *Journal of Korean Wood Science and Technology*, 48(2): 245-252.
- Gülcemal, M., 2019. Sarıçam ve göknar odunlarından elde edilen lamine ve çapraz lamine kirişlerin mukavemetinin karşılaştırılması ve iyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Efe, H., Çağatay, K., 2011. Çeşitli masif ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 14(1): 55-61.
- Efe, H., Kasal, A., 2007. Çeşitli masif ve kompozit ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 10(3): 303-311.
- Kurt, R., 2021. Ahşap Esaslı Kompozitler 2. Basılmamış Ders Notları, Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa.
- Li, M., Zhang, S., Gong, Z., Tian, Z., Ren, H., 2021. Glueing techniques on bond performance and mechanical properties of cross-laminated timber (CLT) made from *Larix kaempferi*. *Polymers*, 13: 733-741.
- OGM, 2021. Yerli İğne Yapraklı Ağaç Türlerimizin Mukavemet Sınıflarının Belirlenmesi-I (Karaçam ve Gökmar). Resmi web sitesi haberleri, Orman Genel Müdürlüğü Marmara Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İstanbul, <https://marmaraarastirma.ogm.gov.tr/SitePages/OGM/OGMHa berler.aspx?l=f911639c-a83a-4f5d-89cd-2a719a529df3&i=38>, Erişim: 01.11.2022.
- Oran, B., 2012. Hindistan cevizi (*Cocos nucifera* L.) odunu ile üretilen çapraz yapıştırılmış lamine kerestelerin bazı teknolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Özen, Z.E., 2017. Isıl işlem görmüş ahşap malzemenin çapraz lamine kereste üretiminde kullanım olanaklarının araştırması. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Rafferty, G.M., Harte, A.M., Rodd, P.D., 2008. Qualification of wood adhesives for structural softwood glulam with large juvenile wood content. *Journal of the Institute of Wood Science*, 18(1): 24-34. DOI: 10.1179/wsc.2008.18.1.24
- Söğütü, C., Döngel, N., 2007. Polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan (PU) tutkalları ile yapıştırılmış bazı yerli ağaçlarda çekmede makaslama dirençleri. *Politeknik Dergisi*, 10(3): 287-293.
- TS EN 322, 1999. Ahşap esaslı levhalar – Rutubet miktarının tayini. TSE, Ankara
- TS EN 323, 1999. Ahşap esaslı levhalar – Birim hacim ağırlığının tayini. TSE, Ankara
- TS EN 326-1, 1999. Ahşap esaslı levhalar – Numune alma, kesme ve muayene. TSE, Ankara
- TS 2471, 1976. Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarı tayini. TSE, Ankara.
- TS 2472, 1976. Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. TSE, Ankara.
- TS 2474, 1976. Odunun statik eğilme dayanımının tayini. TSE, Ankara.
- TS 2478, 1976. Odunun statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini. TSE, Ankara.
- Uluğ, T.N., Odabaşı, Y., 1972. Ahşap ve Çelik İnşaat Hesapları. İstanbul Matbaa Teknikleri Basımevi, İstanbul.
- Wang, Z., Gong, M., Chui, Y.H., 2015. Mechanical properties of laminated strand lumber and hybrid cross-laminated timber. *Construction and Building Materials*, 101: 622-627.
- Yaman, C., 2015. Mudurnu yöresindeki tarihi ahşap evlerde kullanılan göknar ve karaçam ağaç türlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Yesügey, S.C., Karaman, Ö.Y., Güzel, N., 2014. Ahşap Malzemeli Konut Teknolojisi. Yalın Yayıncılık, İstanbul.

Yoğunlaştırmanın ısı işlem görmüş kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Abdullah Canıylmaz^{a,*}, Samim Yaşar^a

Özet: Çalışmada, 120, 160 ve 200°C'lerde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunu örneklerine ısı işlem uygulanmış, devamında örnekler %25 ve %50 oranında preslenerek yoğunlaştırılmıştır. Isıl işlem görmüş örneklerin fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopik ve termal özellikleri araştırılmıştır. Isıl işlem görmüş ve yoğunlaştırılmış örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri değerlendirilmiştir. FTIR bulguları, örneklerin kristallik indeksinde ısı işleminden kaynaklanan dikkate değer bir değişimin oluşmadığını göstermiştir. Termogravimetrik analiz (TGA) ve diferansiyel termogravimetri (DTG) eğrilerindeki asıl bozunma safhasında ısı işlem uygulanmış örneklerde kontrol örneklerine göre daha düşük madde kaybı olduğu belirlenmiştir. TGA ve DTG bulguları itibarıyla ısı işlemde uygulanan sıcaklık derecesinin yükseltilmesine bağlı olarak örneklerde önemli düzeyde holoselüloz kaybı olduğu tespit edilmiştir. Termo-mekanik olarak yoğunlaştırılmış kızılçam örneklerinin suyla temas edebileceği ortamlarda kullanılması düşünüldüğü takdirde, yoğunlaştırmadan önce ısı işlem uygulanmasının önerilebileceği görülmüştür. Yine, odun materyalinin taşıyıcı uygulamalar ile dış mekan (dış cephe kaplaması, park ve bahçe mobilyaları, vb.) veya iç mekan (lambri, parke, sauna, mobilya elemanları, vb.) uygulamalarında, ayrıca kısmen yanmaya dayanıklı yapılarda yararlanılabilirliğini güçlendirmek için ısı işlem ve yoğunlaştırma modifikasyon yöntemlerinin birlikte kullanılmasının önerilebileceği anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kızılçam, Yoğunlaştırma, Isıl İşlem, Özellikler

Effect of densification of heat-treated brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) wood on some physical, mechanical and chemical properties

Abstract: In the present study, heat-treatment was applied to brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) wood samples at 120, 160 and 200°C, and then the samples were pressed in the ratio of 25% and 50% for densification. Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopic and thermal properties of heat-treated samples were investigated. The physical and mechanical properties of the heat-treated and densified samples were evaluated. FTIR spectroscopic findings showed that there was no remarkable change in the crystallinity index of the samples due to heat-treatment. It was observed that the heat-treated samples had lower material loss than the control samples at the main decomposition phase in the thermogravimetric analysis (TGA) and differential thermogravimetry (DTG) curves. However, according to the TGA and DTG findings, it was determined that a significant level of holocellulose loss occurred in the samples with the increase of the temperature applied in the heat-treatment. In the results obtained, it has been seen that it can be recommended to apply heat treatment before densification, if the thermo-mechanically densified brutian pine samples are considered to be used in environments where they can come into contact with water. In addition, heat-treatment and densification methods can be recommended to be used together for increase the usability of wood materials in load-bearing applications and outdoor (siding, park and garden furniture, etc.) or indoor (paneling, parquet, sauna, furniture elements, etc.) applications, as well as partially fire-resistant structures.

Keywords: Brutian Pine, Densification, Heat Treatment, Properties

1. Giriş

Odun, insanlığın başlangıcından itibaren ısınma, barınma ve avlanma amaçlı kullanılmıştır. Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak tarih boyunca odunun yararlanma alanları çeşitlilik kazanmıştır (Bozkurt ve Erdin, 1997). Günümüzde ağaç malzeme gerek masif odun gerekse odundan elde edilen ürünler olarak insan hayatında önemli yere sahip birçok alanda kullanılmaktadır. Buna rağmen, günümüzde odunun kullanım alanlarını kısıtlayan veya kullanımı sırasında problemler yaratabilecek olumsuz özelliklerinin de bulunduğu görülmüştür. Odunun, strüktürel özelliğine bağlı

olarak rutubet alıp verebilme yeteneği, boyutsal sabitliğini kaybetmesi, biyolojik bozunmalara maruz kalması ve çeşitli zararlılar tarafından tahrip edilmesi gibi kullanım alanında problem yaratacak olumsuz durumları beraberinde getirmektedir (Mayes ve Oksanen, 2002; Karakaş, 2008).

Odunun negatif yanlarının minimize edilmesi vasıtasıyla olumlu özelliklerinin daha ileri düzeylere ulaştırılmasına yönelik araştırmalara literatürde rastlanmaktadır. Bu çalışmalar odun modifikasyon yöntemlerini kapsamaktadır. Odun modifikasyon yöntemlerinden birisi, termal modifikasyon yöntemleri arasında yer alan ısı işlem olarak karşımıza çıkmaktadır. Isıl işlemin göze çarpan en önemli

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

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): abdullahcaniylmaz@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 28.09.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 17.11.2022



Citation (Atf): Canıylmaz, A., Yaşar, S., 2022. Yoğunlaştırmanın ısı işlem görmüş kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 320-327. DOI: [10.18182/tjf.1181308](https://doi.org/10.18182/tjf.1181308)

özelliği, uygulanması esnasında kimyasal maddelerden faydalanılmamasına bağlı olarak çevresel ortama yönelik bir tehdit oluşturmamasıdır (Mayes ve Oksanen, 2002; Hill, 2006; Korkut vd., 2008). Bu özelliği ısı işlem görmüş odun materyalinin günümüzde tüketiciler tarafından tercih edilmesini sağlamaktadır.

Endüstriyel anlamda ısı işlem uygulamalarına yönelik Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından dikkate değer çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Odunun ısıyla işleme tabi tutulması çeşitli şekillerde (Finlandiya-ThermoWood, Hollanda-Plato yöntemi, Almanya-Yağla ısı muamele, Fransa-Retification ve Le Bois Perdure) yapılabilmektedir. Bu yöntemler içerisinde Avrupa’da VTT tarafından geliştirilen ve ticari anlamda en çok itibar göreninin “ThermoWood” olduğu bilinmektedir (Aydemir ve Gündüz, 2009; Korkut, 2009; Güller, 2012).

Diğer bir termal modifikasyon yöntemi olarak bilinen yoğunlaştırma işlemi ağaç malzemenin kalitesini arttırmak, dış etmenlere karşı korumak ve kullanım alanlarını genişletmek amaçlı uygulanmaktadır. Termal yoğunlaştırma işleminde de herhangi bir kimyasal madde kullanılmaması ve çevreci bir uygulama olması en önemli avantajlarından. Yoğunlaştırma işlemi, genellikle düşük yoğunluklu ağaç türlerine uygulanarak boyutsal kararlılığı, higroskopisiteyi, dayanıklılığı ve mekanik özellikleri daha iyi hale getirmektedir (Wang vd., 2000; Welzbacher vd., 2008; Tosun ve Sofuoğlu, 2021).

Türkiye’deki en önemli asli orman ağacı türleri arasında bulunan ve doğal yayılış gösteren beş çam türünden birisi olan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), yayılış alanı itibarıyla birinci, hacim bakımından da Anadolu karaçamının ardından ikinci sırada yer almaktadır (Anşin, 1994; Dutkuner ve Koparan, 2016). Özellikle Akdeniz ikliminin hakim olduğu alanlarda yayılış göstermektedir. Ege, Marmara ve Akdeniz Bölgelerinde kıyıya bakan yamaçlarda geniş ve genellikle saf meşcereler oluşturmaktadır. Karadeniz Bölgesinin Akdeniz iklimi özelliklerini sergileyen kısımlarında kümelenme şeklinde yayılmaktadır (Öktem, 1987). Kızılçam, kapladığı 5 255 544 hektarlık alanla Türkiye’de en geniş yayılış gösteren tür olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu alanın 3 460 940 hektarının iyi seviyede normal koru ve 1 794 604 hektarının bozuk koru halinde olduğu kayıtlarda yer almaktadır (OGM, 2021).

Kızılçam odunu öncelikle kereste üretiminde, yanı sıra inşaat, ambalaj, mobilya, döşeme, maden direği, tel direği, çit kazığı, ahşap travers ve bazı tarım aletlerinin imalatı sektöründe değerlendirilmektedir. Ayrıca kontrplak, lif levha, yongalevha ve selüloz sanayinde başlıca hammadde kaynağı olarak karşımıza çıkmakta, kabukları ise tanen üretiminde kullanılabilir (Erten ve Taşkın, 1985; Ucar vd., 2013; Özdemir ve Uçar, 2016).

Çalışmada, kızılçamdan elde edilen örnekler öncelikle ısı işlem tabi tutulmuş, devamında örnekler termal yoğunlaştırmaya maruz bırakılmıştır. Uygulamalar sonrasında, işlem görmüş örnekler kontrol örnekleriyle karşılaştırılmış, oluşan kimyasal ve termal özelliklerdeki değişimler ortaya konmuştur. Ayrıca, uygulanan modifikasyon işlemlerinin örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada kullanılan kızılçama ait materyal Isparta Gökaslan Kereste Firmasından temin edilmiştir. Materyal TS 2470 (1976) ve TS 53 (1981)’de öngörülen hususlar doğrultusunda hazırlanmış ve hava kurusu hale getirilmek üzere uygun ortamda yaklaşık %12 rutubet derecesine kadar bekletilmiştir.

2.2. Yöntem

Üç farklı ısı işlem uygulaması için, içerisinde hava sirkülasyonu olmayan ve normal atmosferik basınç altındaki laboratuvar tipi bir etüvde hedef sıcaklıklar olan 120, 160 ve 200°C’lere ulaşıldıktan sonra sıcaklık derecesi her bir uygulamada 2 saat süreyle sabit tutulmuştur. Isıl işlem süresi 120°C’deki uygulama için 5, 160°C’deki uygulama için 7 ve 200°C’deki uygulama için 9 saat sürmüştür. Isıl işlem uygulamasını takiben örnekler %65±5 bağıl nem ve 20±2°C sıcaklık koşullarında değişmez tartıma gelene dek iklimlendirme odasında dinlendirilmiştir.

Isıl işleme uğratılmış örnekler açık sistemde termomekanik (TM) yöntemle uygulanan yoğunlaştırma işlemi, tabla ebatları 60×60 cm olan, basınç ve sıcaklık kontrolüne imkan veren hidrolik test presinde yapılmıştır. İşlem, iki farklı varyasyon oluşturularak %25 ve %50 sıkıştırma oranlarında, 120±5°C pres sıcaklığı ve 5 MPa pres basıncı altında 30 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Yoğunlaştırılan örnekler yine %65±5 bağıl nem ve 20±2°C sıcaklık koşullarına ayarlanmış iklimlendirme odasında sabit kütle oluşuncaya dek muhafaza edilmiştir.

2.2.1. Fiziksel deneyler

20x20x30 mm ebatlarında hazırlanan örneklere yoğunluk tayini, boyutsal değişim ve su alma deneyleri sırasıyla TS 2472 (1976), TS 4084 (1983) ve TS EN 317 (1999) standartlarında belirtilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir.

2.2.2. Mekanik deneyler

20x20x300 mm boyutlarında hazırlanan örneklerin eğilme direncinin tespiti için TS 2474 (1976), elastikiyet modülünün tayini için ise TS 2478 (1976) standartlarında belirtilen hususlar dikkate alınmıştır. Liflere paralel basınç direnci denemeleri 20x20x30 mm³ boyutlarındaki örneklerle TS 2595 (1977)’ye göre yürütülmüştür.

2.2.3. Kimyasal analizler

Yongalanan örnekler hava kurusu hale getirildikten sonra Retsch SK1 değirmeni kullanılarak 40-100 mesh aralığında öğütülmüştür. Sonrasında örnekler moulinex değirmeniyle homojen odun unu haline getirilmiş ve kimyasal analizlerde kullanılmıştır.

2.2.3.1. Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi analizi

Odun unu haline getirilmiş örneklerin 10 mg’ının tartılarak, 1000 mg KBr ile preslenmesi sonucu oluşturulmuş peletlerin spektrumları, oda sıcaklığında ve 4000-400 cm⁻¹

dalga sayısı aralığında Perkin Elmer BX FTIR spektrometre cihazında kaydedilmiştir.

2.2.3.2. TG/DTA (Termogravimetrik / diferansiyel termogravimetrik analiz)

5 mg odun unu haline getirilmiş örneklerin TG/DTA analizleri, Perkin Elmer SII Diamond termal analiz cihazı vasıtasıyla azot ortamında dakikada 10°C ısıtma hızında 25-900°C aralığında gerçekleştirilmiştir.

2.3. İstatistiksel değerlendirme

Çalışma verilerine öncelikle tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmış, istatistiksel açıdan farklılığın ortaya çıktığı durumlarda farklı grupların tespit edilebilmesi için Duncan testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Kontrol ve ısı işlem görmüş kızılçam örneklerinin fiziksel özelliklerine ait değerlerin aritmetik ortalamaları Çizelge 1'de verilmiştir.

Kontrol örneklerine göre örneklerin yoğunluk değerlerinde ısı işlem ve yoğunlaştırmadan kaynaklanan farklılaşmalar saptanmıştır. Örneklerin yoğunluk değerleri 0.49 g/cm³ ile 0.88 g/cm³ aralığında belirlenmiştir. Isıl işlem görmüş örneklerin yoğunluk değerlerinde ısı işlemsiz örneklerle göre sıcaklık derecesinin artışına bağlı olarak düşüş meydana gelmiştir. İşlemsiz kızılçam kontrol örneklerinin hava kuru su yoğunluk değeri 0.53 g/cm³ iken, 200°C'de ısı işlem görmüş kızılçam kontrol örneklerinin yoğunluk değeri

%7.55 azalışla 0.49 g/cm³ olarak belirlenmiştir. Yoğunlaştırma işlemine tabi tutulan örneklerin yoğunluk değerlerinin başlangıç değerlerine göre sıkıştırma oranlarının artışına paralel olarak yükseldiği görülmüştür. Isıl işlemsiz kızılçamın yoğunlaştırılmış örneklerinde en yüksek yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Kızılçamın ısı işlemesiz %25 oranında sıkıştırılmış örneklerinin yoğunluk değerinin başlangıç değerine göre %25 artışla 0.66 g/cm³'e ve %50 oranında sıkıştırılmış örneklerin yoğunluk değerinin başlangıç değerine göre %66 artışla 0.88 g/cm³'e ulaştığı belirlenmiştir.

Kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında ısı işlem sıcaklığındaki artış neticesinde hacim oranlarında azalma tespit edilmiştir. Örneklerin boyutsal değerleri üzerinde yoğunlaştırmadan da etkili olduğu görülmüştür. Sıkıştırma oranlarındaki artışa bağlı olarak hacimsel oranların azaldığı gözlenmiştir. Hava kuru su halde en düşük boyutsal değerler %50 oranında sıkıştırılmış örneklerde tespit edilmiştir.

Isıl işlem uygulanmış örneklerin su alma oranı değerlerinin ısı işlemsiz örneklere göre sürekli azalış eğiliminde olduğu görülmüştür. Bu durumun, ısı işlemin materyaldeki serbest hidroksil gruplarının (Fengel ve Wegener, 1984) azalmasına sebebiyet vermesinden kaynaklandığı söylenebilir (ITWA, 2003; Tjeerdma ve Militz, 2005; Ateş vd., 2009; 2010; Aydemir vd., 2011; Yaşar vd., 2020). En düşük su alma oranı %24.04 ile 2 saat suda bekletilmiş 200°C'de ısı işlem görmüş kızılçam kontrol örneklerinde saptanmıştır. En yüksek oran ise %103.20 ile 24 saat suda bekletilmiş ısı işlemsiz %50 oranında sıkıştırılmış örneklerde tespit edilmiştir.

Kontrol ve ısı işlem görmüş kızılçam örneklerinin mekanik özellikleri Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Kızılçamın kontrol ve ısı işlem görmüş örneklerinin fiziksel özellikleri

Isıl işlem	Sıkıştırma oranı (%)	Yoğunluk (g/cm ³)		Hacimsel değişim (hava kuru su) (cm ³)		Hacimsel değişim (2 saat) (cm ³)		Hacimsel değişim (24 saat) (cm ³)		Su alma (2 saat) (%)		Su alma (24 saat) (%)	
		Kızılçam	Kızılçam	Kızılçam	Kızılçam	Kızılçam	Kızılçam	Kızılçam	Kızılçam	Kızılçam	Kızılçam	Kızılçam	Kızılçam
		\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
Isıl işlemsiz	Kontrol	0.53 (0.02) ¹ b ²	12.20 (0.07) h	13.04 (0.12) d, e	13.68 (0.10) g	35.96 (3.95) b	50.73 (2.32) c						
	25	0.66 (0.01) c	9.50 (0.21) e	11.99 (1.09) a	13.50 (0.18) e, f	68.04 (17.62) f	73.14 (2.80) e						
	50	0.88 (0.02) g	6.60 (0.19) a	12.49 (0.50) b	12.80 (0.45) a	95.14 (9.93) h	103.20 (6.71) h						
120°C	Kontrol	0.53 (0.02) a	12.16 (0.23) h	13.06 (0.16) d, e	13.69 (0.24) g	34.14 (4.90) b	48.48 (3.01) c						
	25	0.64 (0.02) d	9.24 (0.23) d	12.70 (0.24) b, c	13.26 (0.09) c	66.42 (6.93) f	72.29 (3.14) e						
	50	0.84 (0.06) f	7.62 (0.40) b	12.99 (0.43) d, e	13.42 (0.18) d, e	81.36 (10.73) g	89.44 (7.77) g						
160°C	Kontrol	0.52 (0.06) b	12.09 (0.21) h	12.99 (0.37) d, e	13.60 (0.38) f, g	28.16 (6.53) a	43.01 (4.61) b						
	25	0.60 (0.04) c	9.83 (0.35) f	13.04 (0.41) d, e	13.31 (0.29) c, d	61.87 (4.06) e	72.54 (3.66) e						
	50	0.70 (0.01) e	8.54 (0.34) c	13.14 (0.16) e	13.31 (0.14) c, d	77.49 (7.22) g	83.28 (6.53) f						
200°C	Kontrol	0.49 (0.03) b	11.92 (0.23) g	12.63 (0.26) b, c	13.07 (0.18) b	24.04 (3.96) a	41.28 (3.50) a, b						
	25	0.60 (0.02) d	9.94 (0.21) f	12.80 (0.31) c, d	13.04 (0.33) b	50.85 (4.35) d	59.43 (3.38) d						
	50	-	-	-	-	-	-						

1: Standart sapma, 2: Duncan testine göre her sütündeki homojen gruplar, \bar{x} : Ortalama

Çizelge 2. Kızılçamın kontrol ve ısıtılmış örneklerinin mekanik özellikleri

Isıl işlem	Sıkıştırma oranı (%)	Eğilme direnci MOR	Elastikiyet modülü MOE	Liflere paralel basınç direnci Basma (N/mm ²)
		(N/mm ²)	(N/mm ²)	
		Kızılçam	Kızılçam	Kızılçam
		\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}
Isıl İşlemsiz	Kontrol	90.58 (7.25) ¹ b ²	8898.73 (232) a	59.21 (8.08) b
	25	150.35 (26.78) d	13004.61 (2726) c	67.49 (2.10) c
	50	203.48 (34.04) e	17462.41 (2110) d	99.75 (9.67) f
120°C	Kontrol	121.37 (26.30) c	9289.38 (1799) a	67.72 (6.50) c
	25	149.16 (14.62) d	12266.63 (1007) b, c	74.46 (14.47) d
	50	202.17 (37.97) e	19036.89 (4285) e	101.51 (17.62) f
160°C	Kontrol	99.76 (9.12) b	8415.94 (334) a	74.22 (6.20) d
	25	120.96 (16.03) c	11382.34 (2528) b	73.70 (8.73) d
	50	156.70 (34.69) d	16616.95 (4610) d	84.80 (13.78) e
200°C	Kontrol	100.90 (21.86) b	8372.15 (1441) a	76.84 (13.46) d
	25	92.69 (25.08) b	9523.92 (2479) a	53.08 (7.88) a
	50	71.95 (30.03) a	12679.89 (2787) b, c	-

1: Standart sapma, 2: Duncan testine göre her sütundaki homojen gruplar, \bar{x} : Ortalama

Isıl işlem görmüş örneklerin eğilme direnci değerlerinde ısıtılmış örneklerle karşılaştırıldıklarında sıcaklık derecesinin artışına bağlı olarak düşüş tespit edilmiştir. Isıl işlemsiz %50 oranında sıkıştırılmış kızılçam örneklerinin ortalama eğilme direnci değeri 203.48 N/mm² iken, 200°C'de ısıtılmış ve %50 oranında sıkıştırılmış kızılçam örneklerinin ortalama eğilme direnci değeri %64.64 azalışla 71.95 N/mm² olarak belirlenmiştir. Söz konusu durumun, özellikle 200°C gibi yüksek sıcaklıkta uygulanan ısıtılmış sonrasında materyalin kimyasal bileşenlerinin yapısal bozunmaları ile gerçekleştiği söylenebilir (Bürüç vd., 2019; Yaşar vd., 2020). Odunun kimyasal bileşenlerini oluşturan hemiselüloz, selüloz, lignin ve ekstraktif maddeler ahşap malzemenin ısıyla işlem görmesi sırasında farklı sıcaklık derecelerinde farklı maddelere dönüşerek bozunmaya uğramaktadırlar (Aydemir ve Gündüz, 2009). Özellikle, polisakkaritlerde kayıp işlem şartlarına bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte 180°C'yi aşan sıcaklık derecelerinde başlamaktadır (Poncsak vd., 2006). Odunun kimyasal bileşenleri arasında ısıya karşı en dayanıklı olan lignin olduğu belirtilmiştir. Ligninde kütle kaybı olabilmeye için sıcaklığın 200°C'yi aşması gerekmektedir (Boonstra, 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009). Ekstraktif maddeler çoğunlukla uçucu bileşenlerden oluşmaları nedeniyle ısıtılmış sırasında ahşap malzemenin kolaylıkla uzaklaşmaktadır (Karakas, 2008; Aytin, 2013). Ayrıca, ısıtılmış işlemin kırılma artışıyla sebep olmasıyla materyalin mekanik özelliklerinde zayıflamaya neden olduğu belirtilmiştir (Yıldız, 2002; Bekhta ve Niemi, 2003; Esteves vd., 2007; Boonstra, 2008; Korkut vd., 2008; Perçin, 2012). En yüksek direnci değerleri genel olarak %50 oranında sıkıştırılmış örneklerde tespit edilmiştir. Isıl işlemsiz, 120°C ve 160°C sıcaklıklarda ısıtılmış örneklerde yoğunlaştırma oranlarıyla paralel bir şekilde eğilme direnci değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Yoğunlaştırma işleminin örneklerinin yoğunluk değerlerinde

artış sağladığı tespit edilmiştir. Keza, ahşap malzemenin yoğunlaştırılması neticesinde, boşluk hacmindeki azalmadan kaynaklı olarak yoğunluk değerinin yükseldiği ve bu nedenle de mekanik özelliklerde gelişme sağlandığı belirtilmiştir (Tabarsa ve Chui, 1997; Ülker vd., 2012; Pelit, 2014; Pelit vd., 2018; Budakçı, vd., 2022).

Kızılçam örneklerinin elastikiyet modülü değerleri üzerinde ısıtılmış işlemin etkisi olduğu anlaşılmıştır. Genel olarak ısıtılmış işleme uğratılmış örnekler ısıtılmış örneklerle karşılaştırıldıklarında elastikiyet modülü değerlerinde sıcaklık derecesinin artışına bağlı olarak düşüş meydana gelmiştir. En yüksek elastikiyet modülü değeri, ısıtılmış işlemsiz %50 oranında sıkıştırılmış kızılçam kontrol örneklerinde 17462.41 N/mm² olarak, en düşük elastikiyet modülü değeri ise 200°C'de ısıtılmış işlem görmüş kızılçamın kontrol örneklerinde 8372.15 N/mm² olarak belirlenmiştir. Bu durumun, özellikle 200°C'den itibaren materyalde gerçekleşen yapısal tahribatın, odunun kimyasal bileşenlerinin dönüşmesi veya bozunmasından dolayı ortaya çıktığı söylenebilir (Yıldız vd., 2006; Esteves ve Pereira 2009; Korkut ve Kocaefe 2009; Aydemir vd., 2011). Örneklerin elastikiyet modülü değerleri üzerinde yoğunlaştırmanın önemli etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. En yüksek elastikiyet modülü değerleri %50 oranında sıkıştırılmış örneklerde tespit edilmiştir. Isıl işlemsiz ve ısıtılmış uygulanan tüm örneklerde yoğunlaştırma oranlarıyla aynı doğrultuda elastikiyet modülü değerlerinin yükseldiği görülmüştür.

Isıl işlem görmüş örneklere ait liflere paralel basınç direnci değerleri ısıtılmış örneklerle karşılaştırıldığı taktirde, genel olarak uygulanan sıcaklık derecesinin yükselmesine paralel doğrultuda işleme uğratılmış örneklerin değerlerinde artış meydana gelmiştir. Örneklerdeki bu durumun, ısıtılmış işlemin denge rutubet miktarını düşürmesinden dolayı ortaya çıktığı düşünülmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1995; Blomberg, 2006; Örs ve Keskin, 2008; Sevil, 2010;

Kol, 2010; Sofuoğlu, 2022). Yoğunlaştırma oranlarının artışına bağlı olarak liflere paralel basınç direnci değerleri de yükselmiştir. Ahşap materyalde yoğunlaştırma oranı yükseldikçe direnç ve sertlik değerlerinin de yükseliş sergilediği literatürde yer almıştır (Bozkurt ve Erdin, 1995; Blomberg, 2006; Örs ve Keskin, 2008; Sefil, 2010; Kol, 2010; Sofuoğlu, 2022). Başlangıç değerine göre, en yüksek liflere paralel basınç direnci değerleri %50 oranında sıkıştırılmış ısı işlemsiz, 120 ve 160°C'de ısı işlem görmüş örneklerde tespit edilmiştir.

Örneklerdeki kristallik indeksinin hesaplanmasında FTIR spektroskopik metot kullanılmıştır (Şekil 1). 1427 ve 897 cm^{-1} 'de göz önüne çıkan bandlar CH_2 bükülmesi ve anomerik CH_2 deformasyonunun kaynaklanmaktadır (Kataoka ve Kondo, 1998). Selülozun kristallik indeksinin tespiti A_{1427}/A_{897} ve A_{1373}/A_{2921} oranlarından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir (Hassan vd., 2000). Spektrumlardan elde edilen A_{1373}/A_{667} ve A_{1373}/A_{696} oranları selüloz 1'in selüloz 2'ye dönüşümünün ifadesi olarak ortaya çıkmaktadır (Hassan vd., 2000; Akerholm vd., 2004). 1370, 1335 ve 1315 cm^{-1} 'deki CH bükülmesinin birleşimini, 1373 cm^{-1} 'deki band

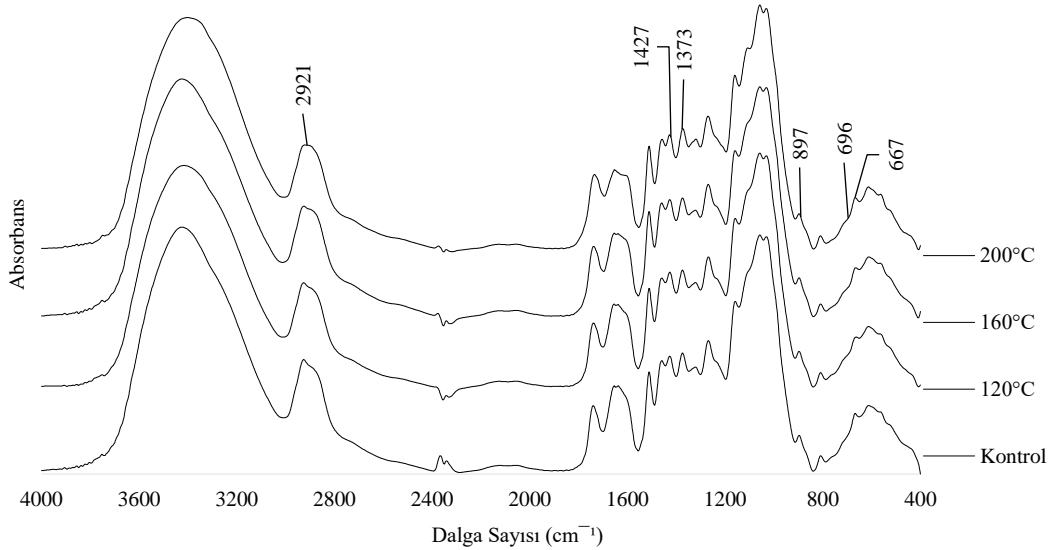
absorbans değeri göstermektedir. 667 cm^{-1} 'deki band ise düzlem dışı C-OH bükülmesini temsil etmektedir (Evans vd., 1995).

Elde edilen bulgular farklı sıcaklıklardaki ısı işlem uygulamalarının kızılçam örneklerinin kristallik indeksine belirgin bir etkide bulunmadığını göstermiştir. Bu durum literatürle uyumluluk göstermektedir (Yıldız ve Gümüşkaya, 2007; Ateş vd., 2009; 2010; Yaşar vd., 2020) (Çizelge 3).

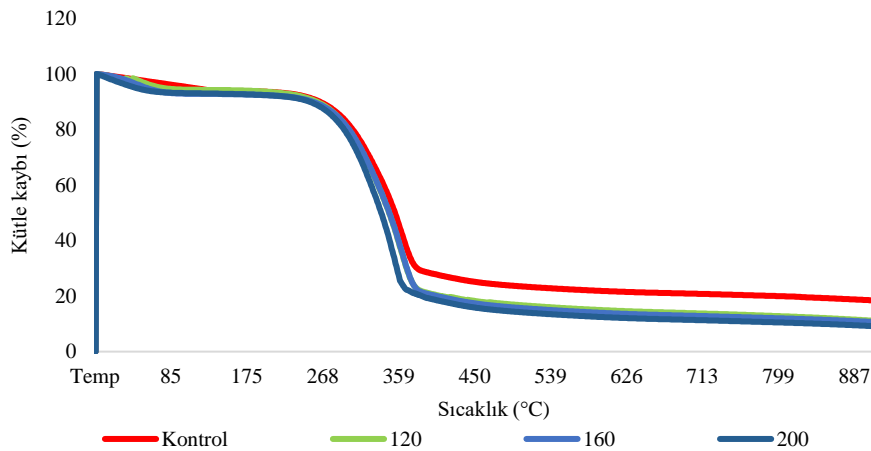
Kontrol ve ısı işleme uğratılmış kızılçam örneklerinin TGA ve DTG termogramları sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Isıl işlem görmüş ve görmemiş kızılçam örneklerinin kristallik indeksi

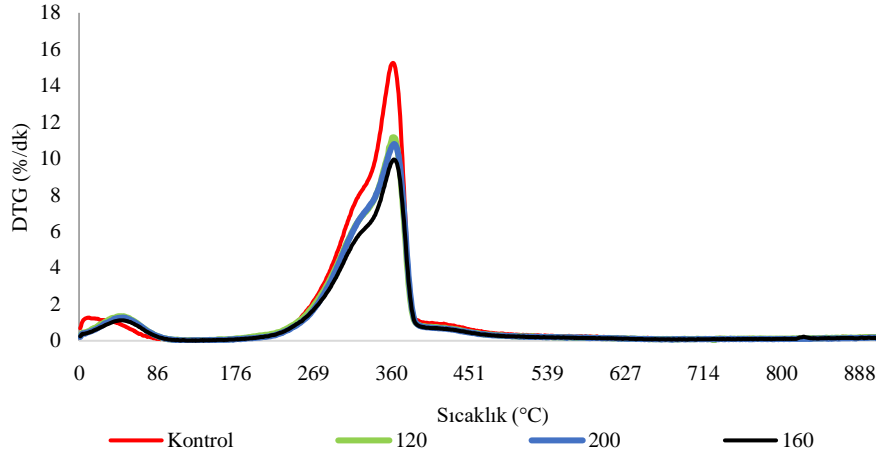
Kristallik indeksi	Kontrol	120°C	160°C	200°C
A_{1427}/A_{897}	3.24	2.91	2.80	3.10
A_{1373}/A_{2921}	1.06	1.12	1.07	1.15
A_{1373}/A_{667}	2.05	2.21	2.30	2.29
A_{1373}/A_{696}	3.23	3.18	3.61	3.72



Şekil 1. Kontrol ve ısı işlem görmüş kızılçam örneklerinin fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektrumları



Şekil 2. Kontrol ve ısı işlem görmüş kızılçam örneklerinin termogravimetrik analiz (TGA) termogramları



Şekil 3. Kontrol ve ısıl işlem görmüş kızılçam örneklerinin diferansiyel termogravimetri (DTG) termogramları

Kızılçam örneklerinde 180°C'ye ulaşıldığında su ve bir kısım ekstraktif maddelerin (Thurner ve Mann, 1981) uzaklaştığı görülmüştür. Asıl bozunma, yani hemiselülozlar, ekstraktif maddelerin devamı, lignin ve selülozun termal bozunması (Thurner ve Mann, 1981; Meszaros vd., 2007), 180°C ile 635°C aralığında meydana gelmiştir. Maksimum bozunma ise 358°C'de gerçekleşmiştir.

TGA ve DTG sonuçlarında işlem görmemiş kızılçam örneklerine kıyasla ısıl işlem görmüş örneklerde ısıl işlem uygulamasının sıcaklık derecesinin yükseltilmesine paralel olarak asıl bozunma safhasında kızılçam için 180°C'den itibaren kütle kaybında giderek düşüş tespit edilmiştir. Bu durum, ısıl işlemin örneklerde hemiselüloz daha ötesinde selüloz oranında kayba sebebiyet verdiğini göstermektedir. Ayrıca, ısıl işleme uğratılmış örneklerin daha yüksek termal sabitlik ortaya koyduğu görülmektedir. TGA ve DTG sonuçları literatürle uyumluluk göstermektedir (Hill, 2006; Martinka vd., 2014; Zhang vd., 2019; Aydemir vd., 2019; Yaşar vd., 2020; Kaya, 2022).

4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada, 120, 160 ve 200°C'lerde kızılçam odunu örneklerine ısıl işlem uygulanmış, devamında örnekler %25 ve %50 oranında preslenerek yoğunlaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. FTIR bulguları, örneklerin kristallik indeksinde ısıl işlemle kaynaklanan dikkate değer bir değişimin olmadığını ortaya koymuştur. TGA ve DTG bulguları, işlem görmemiş kızılçam örneklerine göre, ısıl işlem görmüş örneklerde uygulama sıcaklığının artışına paralel olarak kütle kaybının giderek azaldığını göstermiştir. Bu durum, ısıl işlemin örneklerde hemiselüloz ve daha ötesinde selüloz oranında kayba neden olduğunu işaret etmiştir. Ayrıca, TGA ve DTG bulguları ısıl işlem görmüş örneklerin daha fazla termal dayanım sergilediğini ortaya çıkarmıştır. Elde edilen sonuçlarda, örneklerin boyutsal değişim ve su alma değerlerinin uygulanan ısıl işlem sıcaklık uygulama derecesinin yükselişine paralel olarak giderek azalış gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak, ısıl işlemin uygulanan sıcaklık derecelerinin artışına bağlı olarak örneklerin mekanik değerlerinde düşüş, buna karşın yoğunlaştırma oranındaki artışla söz konusu değerlerde yükseliş tespit edilmiştir. Yoğunlaştırılmış ahşap materyalin su ile temas etmesi durumunda sıkıştırma öncesi boyutlarına tekrar döndüğü bilinmektedir. Ancak, yoğunlaştırma öncesi

ısıl işlem uygulanmasıyla su alma oranında azalma ve boyutsal kararlılıkta gelişmelerin sağlanabileceği görülmüştür. Buna göre, termo-mekanik yöntemle yoğunlaştırılmış kızılçam örneklerinin suyla temas edebileceği ortamlarda kullanılması düşünüldüğü takdirde, yoğunlaştırmadan önce ısıl işlem uygulanmasının önerilebileceği anlaşılmıştır. Yine, çalışma türünün taşıyıcı uygulamalar ile dış mekan (dış cephe kaplaması, park ve bahçe mobilyaları, vb.) veya iç mekan (lambri, parke, sauna, mobilya elemanları, vb.) uygulamalarında, ayrıca kısmen yanmaya dayanıklı yapılarda kullanılabilirliğini arttırmak için ısıl işlem ve yoğunlaştırma modifikasyon yöntemlerinin birlikte kullanılmasının uygun olacağı görülmüştür.

Kaynaklar

- Akerholm, M., Hinterstoisser, B., Salmen, L., 2004. Characterization of the crystalline structure of cellulose using static and dynamic FTIR spectroscopy. *Carbohydrate Research*, 339(3): 569-578.
- Anşin, R., 1994. Tohumlu Bitkiler I: Gymnospermae (Açık Tohumlular). Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Trabzon.
- Ates, S., Akyıldız, M.H., Ozdemir, H., 2009. Effects of heat treatment on calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) wood. *BioResources*, 4(3): 1032-1043.
- Ateş, S., Akyıldız, M.H., Özdemir, H., Gümüşkaya, E., 2010. Technological and chemical properties of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) wood after heat treatment. *Romanian Biotechnological Letters*, 15(1): 4949-4958.
- Aydemir, D., Bürüç, G., Bakır, K., 2019. Doğu kayını ve saplı meşe odunlarının bazı özellikleri üzerine ısıl işlemin etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(3): 713-721.
- Aydemir, D., Gündüz, G., 2009. Ahşabın fiziksel, kimyasal, mekaniksel ve biyolojik özellikleri üzerine ısıyla muamelelenin etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15): 71-81.
- Aydemir, D., Gündüz, G., Altuntaş, E., Ertuş, M., Şahin, H.T., Alma, M.H., 2011. Investigating changes in the chemical constituents and dimensional stability of heat-treated hornbeam and uludag fir wood. *BioResources*, 6(2): 1308-1321.
- Aytin, A., 2013. Yabani kiraz (*Cerasus Avium* (L.) Monench) odununun fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine yüksek sıcaklık uygulamasının etkisi. Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Bekhta, P., Niemz, P., 2003. Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung*, 57(5): 539-546.

- Blomberg, J., 2006. Mechanical and physical properties of semi-isostatically densified wood. PhD Dissertation, Lulea University of Technology, Lulea, Sweden.
- Boonstra, M.J., 2008. Two stage thermal modification of wood. PhD Dissertation, Ghent University and Universite Henry Poincare, Ghent, Belgium, Nancy, France.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 1995. Yoğunluk ile mekanik özellikler arasındaki ilişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 45(2): 11-34.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Budakçı, M., Şenol, S., Korkmaz, M., 2022. Thermo-vibro-mechanic® (TVM) wood densification method: Mechanical properties. BioResources, 17(1): 1606-1626.
- Bürüç, G., Aydemir, D., Bakır, K., 2019. Doğu kayını ve Saplı meşe odunlarının bazı özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21(3): 713-721.
- Dutkuner, İ., Koparan, İ., 2016. Kızılcım ve Karaçım kabuk miktarı ve kullanım olanakları. Electronic Journal of Vocational Colleges, 06(04): 692-703.
- Erten, P., Taşkın, O., 1985. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Kabuklarında Tanen Miktarının Saptanmasına İlişkin Araştırmalar. Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten Serisi No:147, Ankara.
- Esteves, B.M., Pereira, H., 2009. Wood modification by heat treatment: A review. BioResources, 4: 340-404.
- Esteves, B., Marques, A.V., Domingos, I., Pereira, H., 2007. Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. Wood Science and Technology, 41(3): 193-207.
- Evans, R., Newman, R.H., Roick, U.C., Suckling, I.D., Wallis, A.F., 1995. Changes in cellulose crystallinity during kraft pulping. Comparison of infrared, X-ray diffraction and solid state NMR results. Holzforschung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood, 49(6): 498-504.
- Fengel, D., Wegener, G., 1984. Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter de Gruyter Verlag, Berlin, Germany.
- Güller, B., 2012. Effects of heat treatment on density, dimensional stability and color of *Pinus nigra* wood. African Journal of Biotechnology, 11(9): 2204-2209.
- Hassan, M.L., Rowell, R.M., Fadl, N.A., Yacoub, S.F., Christensen, A.W., 2000. Thermoplasticization of bagasse. I. Preparation and characterization of esterified bagasse fibers. Journal of Applied Polymer Science, 76(4): 561-574.
- Hill, C.A.S., 2006. Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes. Chichester, England.
- ITWA, 2003. ThermoWood Handbook. International ThermoWood Association Publisher, Helsinki.
- Karakaş, G., 2008. Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde ısı işlemin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Kataoka, Y., Kondo, T., 1998. FTIR microscopic analysis of changing cellulose crystalline structure during wood cell wall formation. Macromolecules, 31(3): 760-764.
- Kaya, A.I., 2022. Fire performance of thermally modified wood impregnated with clay nanomaterials. Fresenius Environmental Bulletin, 30(5): 5292-5296.
- Kol, H.Ş., 2010. Characteristics of heat-treated Turkish pine and fir wood after ThermoWood processing. Journal of Environmental Biology, 31(6): 1007-1011.
- Korkut, D.S., Korkut, S., Bekar, İ., Budakçı, M., Dilik, T., Çakıcıer, N., 2008. The effects of heat treatment on the physical properties and surface roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) wood. International Journal of Molecular Sciences, 9: 1772-1783.
- Korkut, S., 2009. Gürgen yapraklı kayacık (*Ostrya carpinifolia* scop.) odununun bazı mekanik özellikleri üzerine ısı işlem sıcaklık ve süresinin etkisi. Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi, 5(1): 121-130.
- Korkut, S., Kocaefe, D., 2009. Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi. Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi, 5(2): 11-34.
- Martinka, J., Hroncova, E., Chrebet, T., Balog, K., 2014. The influence of spruce wood heat treatment on its thermal stability and burning process. European Journal of Wood and Wood Products, 72(4): 477-486.
- Mayes, D., Oksanen, O., 2002. Thermowood Handbook. Joint Publication Finnforest, Finland.
- Meszaros, E., Jakab, E., Varhegyi, G., 2007. TG/MS, Py-GC/MS and THM-GC/MS study of the composition and thermal behavior of extractive components of *Robinia pseudoacacia*. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 79(1-2): 61-70.
- OGM, 2021. Orman Atlası Online. Orman Genel Müdürlüğü, Bilgi Sistemleri Dairesi Başkanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü, Ankara, <https://www.orkoop.org.tr/link/atlas.pdf> Erişim: 01.09.2021.
- Öktem, E., 1987. Kızılcım El Kitabı Dizisi 2. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara.
- Örs, Y., Keskin, H., 2008. Ağaç Malzeme Teknolojisi. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Özdemir, H., Uçar, M.B., 2016. Tannin which obtained from red pine tree bark evaluated as adhesive. Electronic Journal of Vocational Colleges, 6(4): 11-20.
- Pelit, H., 2014. Yoğunlaştırma ve ısı işlemin doğu kayını ve sarıçamın bazı teknolojik özellikleriyle üst yüzey işlemlerine etkisi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Pelit, H., Budakçı, M., Sönmez, A., 2018. Density and some mechanical properties of densified and heat post-treated Uludağ fir, linden and black poplar woods. European Journal of Wood and Wood Products, 76(1): 79-87.
- Perçin, O., 2012. Isıl işlemin lamine ahşap malzemenin bazı teknolojik özelliklerine etkilerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Poncsak, S., Kocaefe, D., Bouazara, M., Pichette, A., 2006. Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*). Wood Science and Technology, 40(8): 647-663.
- Sefil, Y., 2010. ThermoWood yöntemiyle ısı işlem uygulanmış göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Sofuoğlu, S.D., 2022. Ağaç malzeme thermo-mekanik yoğunlaştırmanın parlaklık ve sertliğe etkisi. Türk Mühendislik Araştırma ve Eğitimi Dergisi, 1(1): 15-19.
- Tabarsa, T., Chui, Y.H., 1997. Effects of hot-pressing on properties of white spruce. Forest Products Journal, 47(5): 71-76.
- Turner, F., Mann, U., 1981. Kinetic investigation of wood pyrolysis. Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development, 20(3): 482-488.
- Tjeerdma, B.F., Militz, H., 2005. Chemical changes in hydrothermal treated wood: FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat-treated wood. Holz als Roh- und Werkstoff, 63(2): 102-111.
- Tosun, M., Sofuoğlu, S.D., 2021. Ağaç malzemenin sıkıştırılarak yoğunlaştırılması konusunda yapılan çalışmalar. Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, 4(1): 91-102.
- TS 2470, 1976. Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için numune alma metodları ve genel özellikleri. TSE, Ankara.
- TS 2472, 1976. Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. TSE, Ankara.
- TS 2474, 1976. Odunun statik eğilme dayanımının tayini. TSE, Ankara.
- TS 2478, 1976. Odunun statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini. TSE, Ankara.
- TS 2595, 1977. Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı tayini. TSE, Ankara.
- TS 4084, 1983. Odunda radyal ve teğet doğrultuda şişmenin tayini. TSE, Ankara.
- TS 53, 1981. Odunun fiziksel özelliklerini tayin için numune alma, muayene ve deney metodları. TSE, Ankara.

- TS EN 317, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar - su içerisine daldırma işleminden sonra boyutsal tayini. TSE, Ankara.
- Ucar, M.B., Ucar, G., Pizzi, A., Gonultas, O., 2013. Characterization of *Pinus brutia* bark tannin by MALDI-TOF MS and 13C NMR. *Industrial Crops and Products*, 49: 697-704.
- Ulker, O., Imirzi, O., Burdurlu, E., 2012. The effect of densification temperature on some physical and mechanical properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) *BioResources*, 7(4): 5581-5592.
- Wang, J.M., Zhao, G.J., Lida, I., 2000. Effect of oxidation on heat fixation compressed wood of China fir. *Forestry Studies in China*, 2: 73-79.
- Welzbacher, C.R., Wehsener, J., Rapp, A.O., Haller, P., 2008. Thermo-mechanical densification combined with thermal modification of Norway spruce in industrial scale-dimensional stability and durability aspects. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 66: 39-49.
- Yaşar, S., Uz, A., Beram, A., 2020. Isıl işlem görmüş kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) yongalarından üretilen levhaların bazı özellikleri. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4(1): 14-20.
- Yıldız, S., 2002. Isıl işlem uygulanan doğu kayını ve doğu ladini odunlarının fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yıldız, S., Gezer, E.D., Yıldız, U.C., 2006. Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat. *Building and Environment*, 41(12): 1762-1766.
- Yıldız, S., Gümüşkaya, E., 2007. The effects of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hardwood. *Building and Environment*, 42(1): 62-67.
- Zhang, N., Xu, M., Cai, L., 2019. Improvement of mechanical, humidity resistance and thermal properties of heat-treated rubber wood by impregnation of SiO₂ precursor. *Scientific Reports*, 9(1): 982.

Modifiye sedir odununun kimyasal özellikleri

Muhammed Zakir Tufan^{a,*}, Tuğba Yılmaz Aydın^a, Ergün Güntekin^b, Birol Üner^a

Özet: Bu çalışmada ısı işlem görmüş Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.) odunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Isıl işlem, dört farklı sıcaklıkta (120, 150, 180 ve 210 °C) ve üç farklı zaman periyodunda (2, 5 ve 8 saat) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen örneklerin kimyasal özellikleri FT-Infrared spektroskopisi kullanılarak belirlenmiştir. Isıl işlem genellikle hücre duvarı, hemiselülozların parçalanması, indirgenmesi, uzun zincirli moleküllerin modifikasyonu ve odun içinde erişilebilir OH gruplarında değişiklikler meydana getirmektedir. Hidroksil guruplarında meydana gelen değişimler (H_{1429/897}) belirlenmiş ve 8 saatlik ısı işlem sonrası kristal yapı sırasıyla 1.21, 1.33, 1.25, 1.14 olarak belirlenmiştir. Selüloz zincirlerinde meydana gelen değişimler (A_{1370/670}) pikinde tespit edilmiş ve kontrol örneği ile farklılıklar göstermiş olup dört farklı sıcaklıkta (120,150, 180 ve 210°C) ve 8 saatlik zaman periyodunda (3.13, 3.60, 3.33, 1.29) değerleri elde edilmiştir. Karbonil piklerinde 1740 nm dalga boyunda ısı ve zamana bağlı olarak artış görülmüştür. Buna göre en belirgin değişiklikler 8 saatlik işlem için 180 ve 210°C' de gerçekleşmiştir.

Anahtar kelimeler: Isıl işlem, Kimyasal özellikler, Modifikasyon, Sedir, FTIR

Chemical properties of modified cedar wood

Abstract: In this study, physical and chemical properties of heat treated cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) wood were investigated. Heat treatment was carried out at four different temperatures (120, 150, 180 and 210 °C) and three different time period (2, 5 and 8 hours). The chemical properties of the obtained samples were determined using FT-Infrared spectroscopy. Heat treatment generally causes changes in the cell wall, hemicellulose degradation and reduction, long chain molecule modification, and accessible OH groups in wood. The hydroxyl group changes (H_{1429/897}) were determined, and the crystal structure after 8 hours of heat treatment was 1.21, 1.33, 1.25, and 1.14, respectively. Changes in the cellulose chains were detected at the peak (A_{1370/670}) and showed differences with the control sample at four different temperatures (120,150, 180, and 210°C) and in an 8-hour time period (3.13, 3.60, 3.33, 1.29) values were obtained. Carbonyl peaks at 1740nm increased with time and heating periods. The most apparent changes takes place at 180 and 210 °C for 8 hours treatment.

Keywords: Heat treatment, Chemical properties, Modification, Cedar, FTIR

1. Giriş

Ahşap malzeme yüzyıllar boyunca önemli bir hammadde olmuş ve birçok farklı alanda kullanım alanı bulmuştur. Fakat ahşap malzemenin istenmeyen özellikleri bazı uygulama alanları için kullanımını sınırlandırmıştır. Bu özelliklerini iyileştirmek için çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Bu metotlar kimyasal, ısı işlem ve empenye olarak sınıflandırılabilir (Hill, 2011; Bal, 2013; Sivrikaya vd., 2015a). Belirtilen yöntemler kullanılarak odunun istenmeyen özelliklerinin değiştirilmesi veya iyileştirilmesine odun modifikasyonu denilmektedir ve modifikasyon işleminde kalıcı kimyasal değişimler meydana gelmektedir (Altınok vd., 2010). Bu metotlar içerisinde ısı işlem metodu diğer işlemlerden daha çevre dostu bir yöntem olarak görülmektedir (Esteves ve Pereira, 2008). Isıl işlem, ahşabın polimerik kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişiklikler meydana getiren bir işlemdir (Korkut vd., 2008; Korkut ve Kocaefe, 2009). Ahşap malzemeye uygulanan ısı işlem sonucunda odunun çürüklük mantarlarına karşı dayanım (Sivrikaya vd., 2015b) ve boyutsal kararlılığında artış (Demirel, 2015), su alımında

azalma (Demirel, 2015), dış hava koşullarına karşı dayanımında artma (Sivrikaya vd., 2015a) meydana getirdiği tespit edilmiştir. Isıl işlem metodunun temelinde 150 °C üzerindeki sıcaklıklarda kimyasal reaksiyonların hızlandığı aralıklarda ahşap malzemenin ısı işlem ile muamele edilmesidir (Boonstra, 2008). Isıl işlemde genel kabul görülen sıcaklık aralığı 160-240 °C'dir (Militz, 2002). Sıcaklık ve süre, ısı işlem için genellikle işleme bağlı olarak, odun türü, örnek büyüklüğü, örneğin rutubet içeriği ve istenilen mekanik özellikler, biyolojik saldırılara karşı direnci ve nihai ürünün boyutsal kararlılığına bağlı olarak 180-280 °C ve 15 dakika ile 24 saat arasında değişir (Sandermann ve Augustin, 1964; Kamdem vd., 2002).

Yapılan farklı çalışmaların sonuçlarından elde edilen bilgilere göre ahşabın yüksek sıcaklıklarda ısıtılması (özellikle 175 °C üzeri) ahşabın mukavemeti ve kırılma dayanımına etkisi ahşabın kimyasal, anatomik ve ısıtma yöntemlerine bağlı değiştiği vurgulanmıştır (Hill, 2007). Başka bir deyişle, ahşap malzeme meydana gelen değişiklik, ısı işlemi, yöntemi, ahşabın karakteristik özellikleri, başlangıçtaki nem içeriği, çevreleyen atmosfer ve

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

^b Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

* Corresponding author (İletişim yazarı): zakir_65@hotmail.com

Received (Geliş tarihi): 03.07.2022, Accepted (Kabul tarihi): 22.11.2022



Citation (Atıf): Tufan, M.Z., Yılmaz Aydın, T., Güntekin, E., Üner, B., 2022. Modifiye sedir odununun kimyasal özellikleri. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 328-334.
DOI: [10.18182/tjf.1140093](https://doi.org/10.18182/tjf.1140093)

muamele sıcaklığı ve zamanı ile belirlenir (Korkut vd., 2008). Sıcaklığın ahşap malzeme üzerindeki etkisi, süreye göre daha fazla etkili olduğu belirtilmiştir (Mitchell, 1988). Ahşabı düşük sıcaklıklarda daha uzun süre ısıtma işlemi muamele edildiğinde istenen özelliklerin elde edilmediği görülmüştür. Fakat 150 °C' nin üzerindeki sıcaklıklarda odunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinde kademeli olarak değişikliklerin meydana geldiği tespit edilmiştir (Syrjanen, 2001). Yüksek sıcaklıklarda modifiye edilen ahşabın biyolojik etkenlere karşı direnç özelliklerinin iyileştiği görülmüştür (Sivrikaya vd., 2015b). Fakat 150 °C üzerindeki sıcaklıklarda odunun mekanik özelliklerinde azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir (Rapp, 2001).

Isıl işlem ahşap malzemenin bazı mekanik özelliklerinde azalma meydana getirirken, boyutsal kararlık ve biyolojik etmenlere karşı dayanıklılık gibi özelliklerinde artış meydana getirmiştir. Ayrıca ısıtma işlemi ahşap malzemenin fiziksel özelliklerinde iyileştirmeler meydana getirmiştir. Örneğin şişmede azalma, düşük nem içeriği, rutubete karşı direncinde artış, dekoratif olarak koyu renk ve çürüklüklere karşı direncinde artış gibi özelliklerde iyileşmeler sağlanmıştır (Yıldız, 2002).

Son yıllarda ülkemizde yaygın bir şekilde ısıtma işlemi yöntemi ile odun üretimi ve kullanımı artmaya başlamıştır. Bu üretim belirli türler üzerinde gerçekleştirilmektedir. Ancak ülkemizde Akdeniz bölgesinde yaygın bir şekilde bulunan ve farklı alanlarda çeşitli amaçlar için kullanılan sedir odunu üzerinde herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı; ısıtma işlemi sonucunda Sedir odununun yapısında meydana gelen kimyasal değişimleri belirlemek amacıyla ile FTIR kullanılarak belirli fonksiyonel gruplar üzerinde OH gruplarında ve selülozun kristal yapısında meydana gelen değişimleri tespit etmektir.

2. Materyal ve yöntem

Çalışmada kullanılan Sedir (*Cedrus libani* A.Rich.) örnekleri Burdur-Bucak orman şefliğine bağlı 38°-17'-07" Kuzey 30°-34'-03" Doğu koordinatlarını içeren Kuzey-Doğu bakılı kesim sahasından elde edilmiştir. Örnekler 5 adet seçilerek tomrukların 1 ve 3 metre aralığından alınmıştır. Elde edilen örneklerden 50 cm uzunluğunda örnekler hazırlanmıştır. Bu örnekler iklimlendirme dolabında %65 (RH) rutubet ve 20 °C sıcaklıkta kondisyonlanmıştır.

Deney örnekleri (Çizelge 1) dört farklı sıcaklık (120-150-180-210 °C) ve üç farklı sürede (2-5-8 saat) atmosferik ortamda etüvde (Şekil 1) hazırlanmıştır. Her sıcaklık grubuna ait kontrol örnekleri kullanılmıştır. Deney örnekleri sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonra %65 bağıl nem ve 20 °C sıcaklıkta klimatize edilerek test edilmiştir.



Şekil 1. Deney örneklerine atmosferik ortamda ısıtma işlemi uygulaması

Çizelge 1. Deneyde kullanılan örneklerin varyasyonları

Sıcaklık	Kontrol	Uygulama süresi (saat)		
		2	5	8
120 °C	Kontrol	2	5	8
150 °C	Kontrol	2	5	8
180 °C	Kontrol	2	5	8
210 °C	Kontrol	2	5	8

2.1. FTIR analizi

Kontrol örnekleri ve ısıtma işlemi tabii tutulan sedir örneklerinde meydana gelen kimyasal değişiklikleri karşılaştırmalı olarak belirlemek için FTIR spektroskopisi kullanılmıştır. Perkin Elmer Spektrum 2000 model Fourier Infrared (FTIR) spektrometre ile fonksiyonel grup analizi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için KBr pelletler hazırlanmıştır. Agat havanda KBr ile öğütülen numune 10 bar basınçla preslenip tablet haline getirilmiştir. Analiz sonucu, 10 taramanın ortalamasının alınmasıyla 4000-400 cm⁻¹ aralığında verilmiştir. Bu spektrumlar 2950 cm⁻¹ de normalize edilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

Bu çalışmada farklı (120-150-180-210 °C) sıcaklık ve süre (2-5-8 saat) ile ısıtma işlemi tabii tutulan sedir örneklerinin FTIR verileri incelenmiştir. Çizelge 2'de odunun kızılötesi spektrumunda gözlemlenen fonksiyonel grupların en önemli bantları ve yerleri gösterilmiştir.

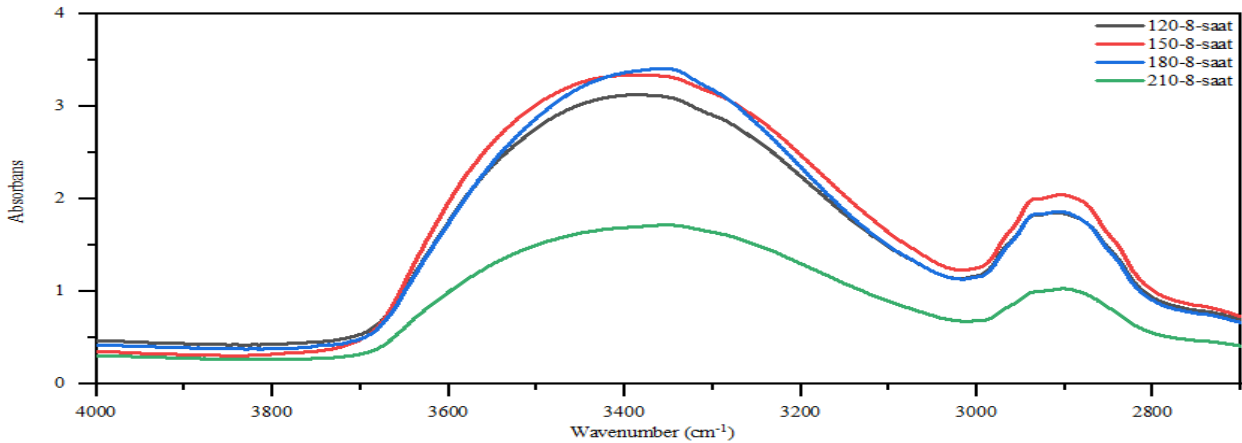
FTIR spektrumunda görülen 1430 cm⁻¹'deki bant, kristalin miktarını, 898 cm⁻¹'deki bant ise selülozda amorf bölgeyi belirlemektedir (Carrillo vd., 2004; Poletto vd., 2013). Meydana gelen değişiklikler 1430 ve 890 nm bantlardaki değişimlerle gözlenmiştir. Isıl işlem sonucunda kimyasal yapıda değişiklikler meydana gelerek (eterleşme, esterleşme vb.) ahşaba hidrofobik özellik kazandırmaktadır (Çizelge 3). Düzenli yapıların oluşumunun kontrol örneklerine göre sıcaklık ve zamana bağlı olarak değişimi Çizelge 3'te verilmiştir. Sıcaklık ve zamana bağlı olarak absorpsiyon değerlerinde artış gözlenmiştir (Şekil 2).

Çizelge 2. Modifikasyonda genel kabul görülen IR spektrumunda dalga boylarına karşılık gelen fonksiyonel grupların gösterimi (Esteves vd., 2013)

Dalga sayısı aralık (cm ⁻¹)	Fonksiyonel gruplar	Titreşim türü
3650	Serbest OH grupları	O-H gerilimleri
3400	Alkol, Fenol ve Asitlerin O-H Grupları	O-H gerilimi
2970-2850	CH ₂ , CH ve CH ₃	C-H gerilimi
1750-1720	Ester, Keton, Aldehitler ve Asitlerin C=H grupları	C=H gerilimi, Konjuge edilmemiş
1700-1550	Konjuge C=H ve C=C grupları	Konjuge C=H gerilimi ve C=C gerilimi
1600	Aromatik halka	Benzen halkasında meydana gelen titreşimlerin gerilimi
1515-1500	Aromatik halka	Benzen halkasında meydana gelen titreşimlerin gerilimi
1460	CH	C-H bozulmaları
1420	Aromatik halka ve CH	C-H bozulmaları ile birleşmiş Benzen iskeleti
1240-1330	Lignin S ve G üniteleri ile OH	C-O gerilimi ve OH kıvrılması, asetil ester gruplarının asimetric titreşim gerilimleri
1140	Guayasil Lignini ve C-O	Guayasil lignininde meydana gelen C-H bozulmaları ve C-O gerilimi
1128	Siringil Lignini ve C-O	Siringil lignininde meydana gelen C-H bozulmaları ve C-O gerilimi
1025-1035	C-O-C	Bozulma
897	Piranoz halkasındaki anti-simetrik faz fazlalığı	Piranoz halkasındaki gerilim

Çizelge 3. FTIR spektrumunda sıcaklık ve zamana bağlı olarak örneklerin 1430 nm bandındaki absorbans değerleri

	A ₁₄₃₀		A ₁₄₃₀
120°C -Kontrol	1.54	180°C -Kontrol	2.07
120°C -2 saat	1.89	180°C -2 saat	2.19
120°C -5 saat	2.28	180°C -5 saat	2.40
120°C -8 saat	2.39	180°C -8 saat	2.64
150°C -Kontrol	2.13	210°C -Kontrol	0.75
150°C -2 saat	2.17	210°C -2 saat	1.07
150°C -5 saat	2.43	210°C -5 saat	1.15
150°C -8 saat	2.56	210°C -8 saat	1.23



Şekil 2. Isıl işleme tabi tutulmuş sedir odunu örneklerinin farklı sıcaklık (120-150- 180-210 °C) ve 8 saatlik süre sonunda fonksiyonel gruplarda meydana gelen değişimlerin FTIR spektroskopisi ile gösterimi

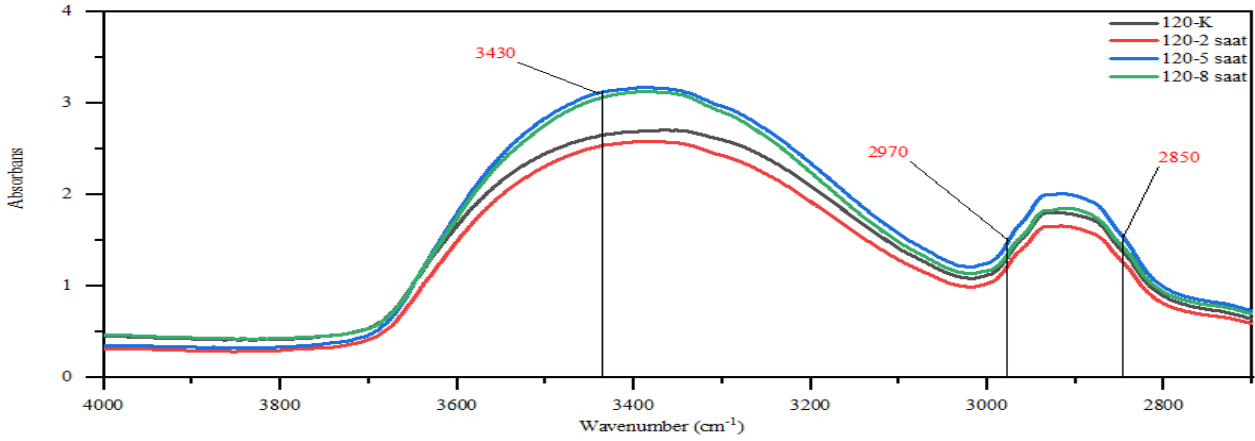
Buna göre işlemde süre sabit tutulup sıcaklık artırılmıştır. Selüloz üzerinde bulunan OH grupları FTIR spektrumu üzerinde 3700-3000 cm⁻¹ güçlü ve geniş bir bant olarak görülebilir. Isıl işlem sonucunda OH gruplarında değişiklikler meydana gelmektedir. Bu işlem sonucunda 3350 cm⁻¹ bant 180°C 8 saatlik süre sonunda meydana gelen değişim en belirgindir. Bu muhtemelen 180°C 8 saatlik süre sonunda oluşan hidrojen bağlarının sayısındaki artışla ilişkili olabilecek daha fazla sayıda hidroksil grubuna bağlıdır.

Selüloz I zinciri üzerinde 3-OHO-5 ve 2-OHO-6 şeklinde intramolekuler hidrojen bağları bulunmaktadır (Popescu vd., 2007). Bunun sonucunda hidroksil grupları farklı polariteler göstermektedir. FTIR spektroskopisi bu gibi yapısal farklılıklara duyarlı bir sistemdir. Bu sistemde serbest hidroksil grupları genellikle 3650-3600 cm⁻¹ dalga boyunda, intramolekuler bağlı hidroksil grupları 3450-3400 cm⁻¹ dalga boyunda ve intermolekuler bağlı hidroksil grupları

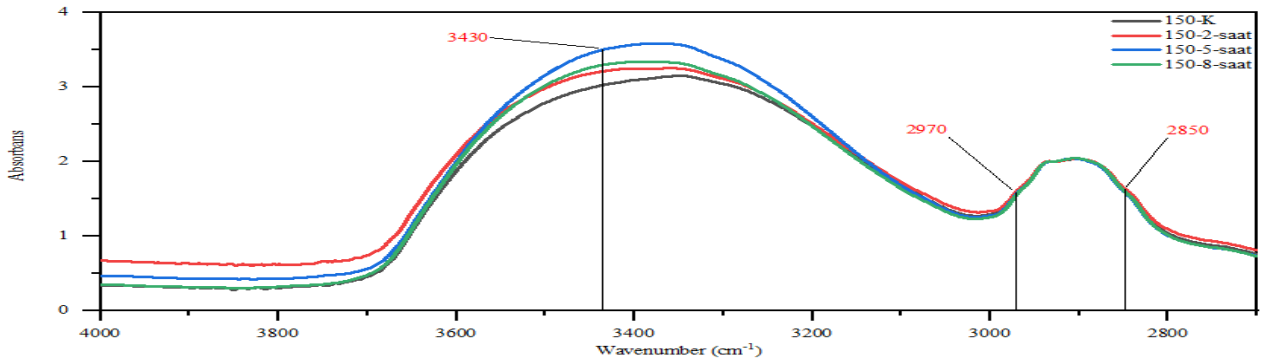
3350-3250 cm⁻¹ dalga boyunda görülmektedir. FTIR spektrumu Şekil 3'de verilen ısıl işleme tabi tutulan sedir odunu örnekleri, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında intra ve inter hidrojen bağıyla bağlı hidroksil grupları içeren 3430 cm⁻¹ dalga boyunda absorbans değerlerinde değişimin meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda odunda O-H gerilimi 3400 cm⁻¹ dalga boyunda meydana geldiği belirlenmiştir (Esteves vd., 2013). Özellikle bu değişim 120 °C' de 2 ve 8 saat diliminde O-H geriliminde yapıda bulunan hemiselüloz gibi bileşenlerin azalmasıyla birlikte belirgin bir değişim meydana gelmiştir. Bu değişim ısıl işlem sonucunda hidroksil gruplarındaki farklılaşmaların ortaya çıktığını göstermektedir (Tuong ve Li, 2010). Aynı zamanda O-H geriliminde meydana gelen değişiklik polisakaritlerin azalması ve dehidrasyon sonucunda selüloz kristalinin modifikasyonu ile de açıklanabilir (Esteves vd., 2013). 2970-2850 cm⁻¹ dalga boyları arasında C-H gerilimleri

ve 1375-1365 cm^{-1} bandında selüloz I selüloz II ve hemiselülozlardaki C-H eğilimleri görülür (Popescu vd., 2007; Esteves vd., 2013). Buna göre yukarıda Şekil 3'te verilen FTIR spektrumunda 120-150-180-210 $^{\circ}\text{C}$ 'de 8 saatlik ısıtılma bağlı meydana gelen C-H gerilimindeki değişimin $\text{H}_{1429}/\text{H}_{897}$ ve $\text{H}_{1374}/\text{H}_{2900}$ oranlarında ortaya konulmuştur (Çizelge 4).

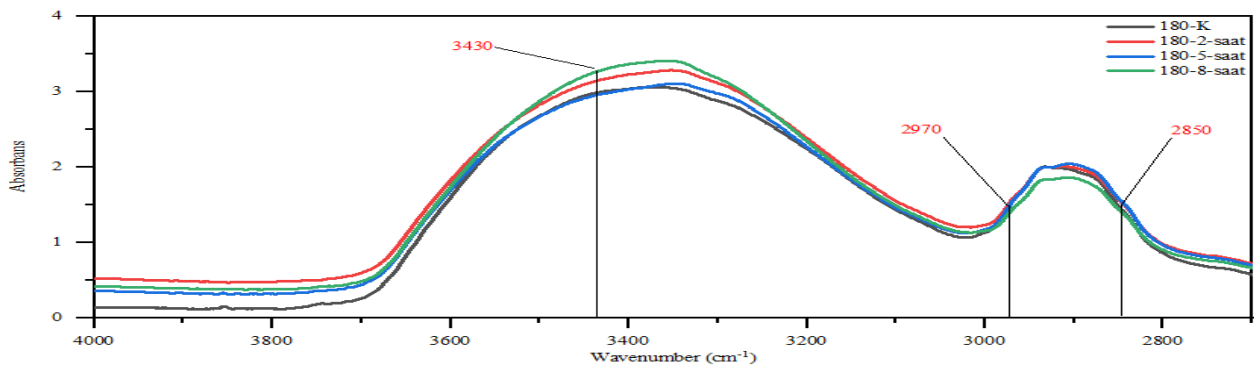
FTIR spektrumu Şekil 4'te verilen ısıtılma tabii tutulan sedir odunu örnekleri, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında intra ve inter hidrojen bağıyla bağı hidroksil gurupları içeren 3430 cm^{-1} dalga boyunda absorbands değerlerinde değişimin meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu değişim kontrol örneğine göre 150 $^{\circ}\text{C}$ ' de (2, 5 ve 8) saatlerinde belirgin olarak gerçekteleşmiştir. O-H geriliminde meydana gelen değişim aynı zamanda C-H geriliminin görüldüğü bantlarda da değişiklik meydana getirmiştir.



Şekil 3. 120 $^{\circ}\text{C}$ (2-5-8) saatte ısıtılma tabii tutulmamış kontrol örneği ile ısıtılma tabii tutulmuş sedir odunu örneklerinin 3400 cm^{-1} (O-H bağı gerilimi) ve 2970-2850 cm^{-1} (C-H bağı gerilimi) de meydana gelen değişikliklerin gösterimi



Şekil 4. 150 $^{\circ}\text{C}$ (2, 5, 8) saatte ısıtılma tabii tutulmamış kontrol örneği ile ısıtılma tabii tutulmuş sedir odunu örneklerinin 3400 cm^{-1} (O-H bağı gerilimi) ve 2970-2850 cm^{-1} (C-H bağı gerilimi) de meydana gelen değişikliklerin gösterimi



Şekil 5. 180 $^{\circ}\text{C}$ (2-5-8) saatte ısıtılma tabii tutulmamış kontrol örneği ile ısıtılma tabii tutulmuş sedir odunu örneklerinin 3400 cm^{-1} (O-H bağı gerilimi) ve 2970-2850 cm^{-1} (C-H bağı gerilimi) de meydana gelen değişikliklerin gösterimi

FTIR spektrumu Şekil 5' te verilen ısıtılma tabi tutulan sedir odunu örnekleri, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında intra ve inter hidrojen bağıyla bağlı hidroksil gurupları içeren 3430 cm^{-1} dalga boyunda absorpsiyon değerlerinde değişimin meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu değişim kontrol örneğine göre 180 °C' de (2, 5 ve 8) saatlerinde OH guruplarında meydana gelen düşüş ile birlikte O-H geriliminde belirgin olarak azalma gerçekleşmiştir. O-H geriliminde meydana gelen değişim aynı zamanda C-H geriliminin görüldüğü bantlarda da değişiklik meydana getirmiştir. Selülozün kristal yapısında ve lignin metoksil guruplarında meydana gelen değişiklikler C-H gerilimini etkiler (Esteves vd., 2013).

FTIR spektrumu Şekil 6' da verilen ısıtılma tabi tutulan sedir odunu örnekleri, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında intra ve inter hidrojen bağıyla bağlı hidroksil gurupları içeren 3430 cm^{-1} dalga boyunda absorpsiyon değerlerinde değişimin meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu değişim kontrol örneğine göre 210 °C' de (2, 5 ve 8) saatlerinde belirgin OH guruplarında meydana gelen düşüş ile birlikte O-H geriliminde belirgin olarak azalma meydana gelmiştir. Absorpsiyon değerlerinde meydana gelen değişim OH guruplarının odundan H_2O veya CH_3OH olarak uzaklaşmasıyla açıklanabilir. O-H geriliminde meydana gelen değişim aynı zamanda C-H geriliminin görüldüğü absorpsiyon değerlerinde değişiklik meydana getirmiştir. Selülozün kristal yapısında ve lignin metoksil guruplarında meydana gelen değişiklikler C-H gerilimini etkiler (Esteves vd., 2013).

Isıtılma tabi tutulmuş sedir odunu örneklerinin kristallik indeksleri (CrI) FT-IR spektroskopisi yöntemiyle elde edilen verileri kullanmak için üç farklı şekilde belirlenmiştir. Bunlardan birincisi odun ve kraft hamuru örnekleri için önerilen A_{1370}/A_{670} oranı kullanılmıştır. Bu yöntem kullanılırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta FTIR analizleri için örnekler hazırlanırken örnek miktarı ve KBr miktarı tüm tekraralarda aynı kullanılmalıdır. Aksi takdirde elde edilecek sonuçlar bu durumdan etkilenerek ve yanlış hesaplamalara sebep olabilecektir (Gümüşkaya, 2005). Kristallik indeksinin belirlenmesinde kullanılan diğer yollar ise 1429-897 cm^{-1} ve 1374-2900 cm^{-1} ' de tespit edilen yüksekliklerin birbirine oranlanmasıyla bulunur. Bu hesaplamalarda H_{1429}/H_{897} ve H_{1374}/H_{2900} olarak da gösterilebilir (Gümüşkaya, 2005).

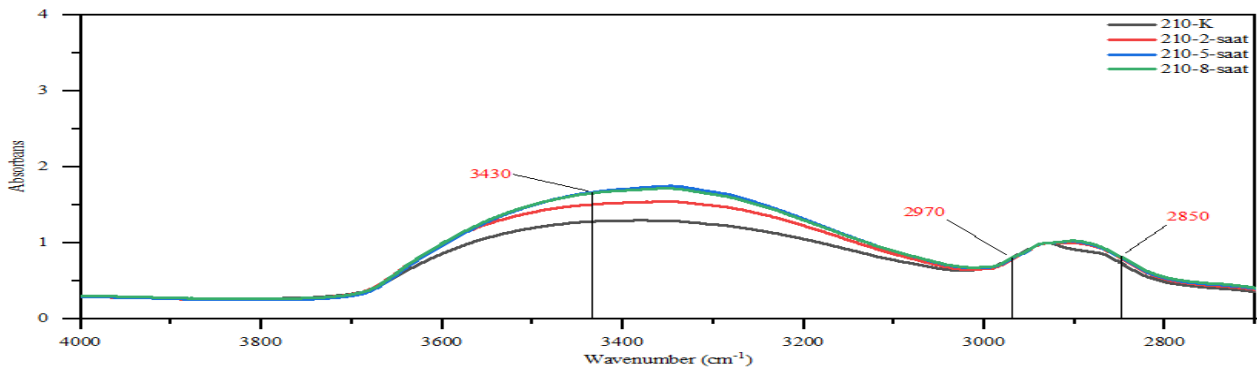
Çizelge 4' te verilen bulgular incelendiğinde ısıtılma tabi tutulan sedir örneklerinin kristallik indeksini belirlemek

için kullanılan A_{1370}/A_{670} yönteminde tüm sıcaklıklarda azalma meydana gelmiştir. En fazla azalma 5 saat diliminde meydana gelmiştir. Yapılan çalışmaları incelediğinde A_{1370}/A_{670} oranı selüloz I' in selüloz II' ye dönüştürülmesinde meydana gelen değişiklikleri belirlemek için kullanılmıştır. Buna göre selüloz I' in selüloz II' ye dönüşmesinde belirlenen sıcaklık değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Ayrıca 210 °C' de meydana gelen azalma selülozün yapısının bozulması ile de açıklanabilir (Akerholm vd., 2004). Çünkü Selüloz bozunması 210-220 °C sıcaklıkları arasında başlar. Selülozün en yoğun bozunması ise 270°C sıcaklığında gerçekleşir (Aydemir, 2007). Hemiselülozlar 150 °C sıcaklığında bozulmaya başlarken lignin de ise 270 °C ve üzeri sıcaklıklarında bozulma gerçekleşir. Hemiselülozların bozunması ile beraber çoğu uçucu bileşenlerden odun yapısı da arınmış olur (Çalıova, 2011).

H_{1429}/H_{897} ve H_{1374}/H_{2900} oranlarında ısıtılma tabi tutulan sedir örneklerinin kristallik indekslerinde sıcaklığın artmasıyla beraber artış meydana gelmiştir. Bu yarı amorf bölgelerin yeniden düzenlenip kristal bölgelere dönüşmesi ve sıcaklığının artmasına paralel olarak hemiselülozün bozunmasıyla açıklanabilir (Akgül vd., 2007).

Çizelge 4. Isıtılma işlem sonucu selüloz I den selüloz II ye dönüşüm (A_{1370}/A_{670}) ve selüloz zincirlerindeki değişimlere (H_{1429}/H_{897} ve H_{1374}/H_{2900}) ait değerler

Sedir örnekleri	IR kristallik indeksi (CrI)		
	A_{1370}/A_{670}	H_{1429}/H_{897}	H_{1374}/H_{2900}
120 °C Kontrol	3.30	1.17	0.37
120 °C 2 saat	3.18	1.14	1.00
120 °C 5 saat	3.01	1.12	0.89
120 °C 8 saat	3.13	1.21	0.39
150 °C Kontrol	4.66	1.20	1.24
150 °C 2 saat	3.29	1.34	1.76
150 °C 5 saat	2.63	1.31	0.39
150 °C 8 saat	3.60	1.33	1.70
180 °C Kontrol	2.39	1.20	0.35
180 °C 2 saat	5.86	1.45	0.38
180 °C 5 saat	5.11	1.26	1.37
180 °C 8 saat	3.33	1.25	0.80
210 °C Kontrol	4.03	0.62	0.27
210 °C 2 saat	1.83	1.03	0.36
210 °C 5 saat	1.02	1.02	0.43
210 °C 8 saat	1.29	1.15	0.39



Şekil 6. 210 °C (2-5-8) saatte ısıtılma tabi tutulmamış kontrol örneği ile ısıtılma tabi tutulmuş sedir odunu örneklerinin 3400 cm^{-1} (O-H bağı gerilimi) ve 2970-2850 cm^{-1} (C-H bağı gerilimi) de meydana gelen değişikliklerin gösterimi

Çizelge 4' te verilen bulgular incelendiğinde ısı işleme tabi tutulmuş sedir odunu örneklerinin kristallik indeksi artmıştır. Kristallik indeksinde en düşük artış 180 °C, 8 saat işleme tabi tutulmuş örnekte meydana gelmiştir. Bu artışı ısı işleme tabi tutulan örnekte sıcaklık arttıkça hemiselüloz ve karbonhidratların bozunmasına bağlanabilir. Aynı zamanda kristallığın artması yarı kristal amorf bölgelerin yeniden düzenlenmesi şeklinde olabilir. Ayrıca örnekte depolimerizasyon ve termal bozulma hem kristal hem de kristal olmayan bölgelerde meydana geldiği için örneklerin kristallik indekslerinde azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir (Akgül vd., 2007). H_{1429}/H_{897} ve H_{1374}/H_{2900} oranları ile sedir örneklerinin kristalliklerinin belirlenmesi için kullanılan ikinci yöntemdir. Bu yöntem incelendiğinde ısı işleme tabi tutulmuş örneklerde kristallik indeksinde artış gözlemlenmiştir.

Isıl işleme tabi tutulan örnekte meydana gelen değişiklikleri belirlemek için farklı pik oranlarından ve hidrojen bağı enerjilerinden faydalanılabilir. 1372 ve 2900 cm^{-1} yükseklikleri arasındaki oran örneğin toplam kristallik indeksini (TCl) belirlemek için kullanılır ve 1430 ile 898 cm^{-1} yükseklikleri arasındaki oran ise örneğin yanal düzen indeksini (LOI) belirlemek için kullanılır (Üner vd., 2016). Hidrojen bağı enerjisi (EH) ise OH arasındaki bağ gerilmesini hesaplamak için kullanılmıştır (Denklem 1) (Poletto vd., 2013).

$$EH = \frac{1}{K} \left[\frac{(V_0 - V)}{V_0} \right] \quad (1)$$

Burada;

V₀: Serbest OH gruplarına (3650 cm^{-1}) karşılık gelen standart frekans

V: OH gruplarının bağ frekansı

K: Sabit değer (1/K = 2.625 × 10² kj)

Çizelge 5. Modifiye edilmiş sedir odunu örneklerinin kristallik indeksinde ve hidrojen bağı enerjisinde meydana gelen değişiklikler

Isıl işleme tabi tutulan örnekler	CI	LOI	E _H (kj)
120 °C Kontrol	1.33	2.11	16.04
120 °C 2 saat	1.28	1.78	15.39
120 °C 5 saat	1.02	1.39	15.61
120 °C 8 saat	1.17	1.47	16.47
150 °C Kontrol	1.26	1.53	15.68
150 °C 2 saat	2.19	4.96	14.96
150 °C 5 saat	1.18	1.53	16.83
150 °C 8 saat	1.61	1.73	16.47
180°C Kontrol	0.97	1.33	16.76
180°C 2 saat	1.00	1.13	16.76
180°C 5 saat	0.95	1.17	16.97
180°C 8 saat	1.24	1.45	17.26
210°C Kontrol	0.90	1.45	13.30
210°C 2 saat	1.14	1.45	10.36
210°C 5 saat	1.18	1.62	15.53
210°C 8 saat	1.24	1.46	17.04

TCl: Toplam kristallik indeksi, LOI: Yanal düzen indeksi, E_H: Hidrojen bağı enerjisi

Çizelge 5' te verilen bulgular incelendiğinde ısı işleme tabi tutulan sedir odunu örneklerinde toplam kristallik indeksi 210 °C 2, 5 ve 8 saat dilimlerinde artmış, 120 °C 2, 5 ve 8 saat dilimlerinde azalmıştır. Toplam kristallik indeksi 150 °C 2 ve 8 saat dilimlerinde artmış, 5 saat diliminde azalmış, 180 °C 2 ve 8 saat dilimlerinde artmış, 5 saat diliminde azalmıştır. Bu bağlamda düşük sıcaklıkta toplam kristallik indeksi düşük iken sıcaklık arttıkça kristallik değeri de artmıştır. Sadece (150 ve 180°C) 5 saat dilimlerinde bir azalma söz konusu olmuştur.

Yanal düzen indeksi 120, 150 ve 210 °C 2, 5 ve 8 saat dilimlerinde artış göstermiştir. 180 °C 2 ve 5 saat dilimlerinde azalma gösterirken sadece 8 saat diliminde artış göstermiştir. Genel itibari ile sıcaklık ve süre artışı ile yanal düzen indeksi artmıştır. Kimyasal yapıda meydana gelen değişimler özellikle 1430 cm^{-1} bandında gözlenmektedir. Isıl işlem sonucu hemiselülozlar bozunmakta düzenli yapılar oluşabilmektedir.

Hidrojen bağı enerjisini incelediğimizde ise 120, 150, 180 ve 210 °C kontrol örneklerinde başlangıç değerleri itibari ile düşük değerlerle başlamıştır. Daha sonra sürelerin artmasıyla (2-5-8) birlikte hidrojen bağı artmıştır. Buna göre örnek aynı sıcaklıkta sabit tutulmak kaydı ile muamele süresi arttıkça sedir örneğinin yapısındaki hidrojen bağları arasındaki bağlar sağlamlaşmıştır. Bunun nedeni ısı işlem ile beraber odun yapısında bulunan OH grupları uzaklaşır. Su molekülleri odundan uzaklaşınca hidrojen bağları arasındaki zincirler birbirine yaklaşıncadan dolayı sağlamlaşır ve buna paralel olarak da kristallik de artmıştır. Dışarıdan herhangi bir kimyasal muamelesi olmadığı için de yeni bir bağ gerçekleşmemiştir.

4. Sonuç

Isıl işlem sonucunda sedir odununda kimyasal değişimler meydana gelmektedir. Hemiselülozların bozunması ve hidroksil guruplarında meydana gelen değişimler ile küçük moleküller uzaklaşmaktadır. Erişilebilir hidroksil guruplarının konsantrasyonu, yüksek sıcaklıkta muameleden sonra azaldığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmaya göre ısı işlem görmüş sedir odunu örneklerinin kimyasal yapılarında en fazla değişiklik 180 °C sıcaklık 8 saat diliminde gerçekleşmiştir. Isıl işlem sonucu özellikle 180 ve 210°C sıcaklıklarda malzemedeki OH guruplarının azalmasıyla birlikte, selülozun kristal yapısında artış meydana geldiği sonucuna varılmıştır. Kristal yapısında meydana gelen iyileşme ve OH guruplarının varlığında meydana gelen azalma rutubetin düşmesine ve boyutsal olarak daha kararlı hale geldiği sonucuna varılabilir.

Kaynaklar

- Akerholm, M., Hinterstoisser, B., Salmén, L., 2004. Characterization of the crystalline structure of cellulose using static and dynamic FT-IR spectroscopy. *Carbohydrate research*, 339(3): 569-578.
- Akgül, M., Gümüşkaya, E., Korkut, S., 2007. Crystalline structure of heat-treated Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Uludağ fir (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *bornmuelleriana* (Mattf.)) wood. *Wood Science and Technology*, 41(3): 281-289.
- Altınok, M., Perçin, O., Doruk, Ş., 2010. Isıl işlemin (Thermo-Process) ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisinin incelenmesi. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*, (023): 71-84.
- Aydemir, D., 2007. Göknar (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) ve Gürgeç (*Carpinus betulus* L.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine ısıl işlemin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Bal, B.C., 2013. Effects of heat treatment on the physical properties of heartwood and sapwood of *Cedrus libani*. *Bioresources*, 8(1): 211-219.
- Boonstra, M., 2008. A two-stage thermal modification of wood. Doctoral dissertation, Université Henri Poincaré-Nancy, France. ISBN 978-90-5989-210-1.
- Carrillo, F., Colom, X., Sunol, J. J., Saurina, J., 2004. Structural FTIR analysis and thermal characterisation of lyocell and viscose-type fibres. *European Polymer Journal*, 40(9): 2229-2234.
- Çalhova, Z., 2011. Kızılağaç ve Doğu ladini odunlarının bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısıl işlemin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Demirel, G.K., 2015. Ahşap korumada çevre dostu modifikasyon yöntemleri. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 14(2): 1016-1032.
- Esteves, B., Pereira, H., 2008. Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*, 4(1): 370-404.
- Esteves, B., Velez Marques, A., Domingos, I., Pereira, H., 2013. Chemical changes of heat treated pine and eucalypt wood monitored by FTIR. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 15(2): 245-258.
- Gümüşkaya, E., 2005. Kendir odunsu öz kısmından elde edilen karbonhidrat bileşenlerinin kristal yapı özelliklerinin FT-IR spektroskopisi yöntemiyle belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 6(1): 86-93.
- Hill, C.A., 2007. *Wood modification: Chemical, thermal and other processes*. John Wiley & Sons, UK.
- Hill, C.A., 2011. *Wood modification: An update*. *BioResources*, 6(2): 918-919.
- Kamdern, D.P., Pizzi, A., Jermannaud, A., 2002. Durability of heat-treated wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 60(1): 1-6.
- Korkut, S., Kocaefe, D., 2009. Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi. *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi*, 5(2): 11-34.
- Korkut, S., Akgül, M., Dündar, T., 2008. The effects of heat treatment on some technological properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. *Bioresource Technology*, 99(6): 1861-1868.
- Militz, H., 2002. *Thermal Treatment of Wood: European Processes and Their Background*. IRG/WP, 40241.
- Mitchell, P.H., 1988. Irreversible property changes of small loblolly pine specimens heated in air, nitrogen, or oxygen. *Wood and Fiber Science* 20(3): 320-355.
- Poletto, M., Pistor, V., Zattera, A.J., 2013. Structural characteristics and thermal properties of native cellulose. In: *Cellulose-Fundamental Aspects* (Ed. Theo G.M. Van De Ven), Intechopen, London, UK, pp. 45-68.
- Popescu, C.M., Popescu, M.C., Singurel, G., Vasile, C., Argyropoulos, D.S., Willfor, S., 2007. Spectral characterization of eucalyptus wood. *Applied spectroscopy*, 61(11): 1168-1177.
- Rapp, A.O., 2001. Review on Heat Treatments of Wood. In *Proceedings of special seminar*, Antibes, France.
- Sandermann, W., Augustin, H., 1964. Chemical investigations on the thermal decomposition of wood. Part III: Chemical investigation on the course of decomposition. *Holz als roh-und Werkstoff*, 22(10): 377-378.
- Sivrikaya, H., Ekinci, E., Can, A., Tasdelen, M., Gokmen, K., 2015a. Effect of heat treatment on the weathering and hardness properties of some wood species. 11th Meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE). September 14-15, Poznan, Poland, pp. 83-91.
- Sivrikaya, H., Can, A., de Troya, T., Conde, M., 2015b. Comparative biological resistance of differently thermal modified wood species against decay fungi, *Reticulitermes grassei* and *Hylotrupes bajulus*. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 17(3): 559-570.
- Syrjanen, T., 2001. Production and Classification of Heat Treated Wood in Finland. In *Proceedings of the special seminar held in Antibes, France*.
- Tuong, V. M., Li, J., 2010. Effect of heat treatment on the change in color and dimensional stability of acacia hybrid wood. *BioResources*, 5(2): 1257-1267.
- Üner, B., Köse, G., Yürümez, Y., Yalçın, Ö.Ü., Akgül, M., 2016. Wood waste turned into value added products: Thermal plasticization by benzylation process. *Drvna industrija*, 67(4): 315-322.
- Yıldız, S., 2002. Isıl işlem uygulanan doğu kayını ve doğu ladini odunlarının fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Bazı turunçgil türlerinin budama artıklarının kimyasal bileşimi ve lif özellikleri

İlhami Emrah Dönmez^{a,*}, Koray Başol^a, Sezgin Koray Gülsoy^b

Özet: Turunçgil ağaçları, verim artırmak, arız olan hastalıklardan ağaçları korumak ya da ağaca form vermek amacıyla belli dönemlerde budanmakta ve bu şekilde lignoselülozik artıklar ortaya çıkmaktadır. Bu artıklar budama artıkları olarak adlandırılmakta ve yakma dışında bir kullanım alanı bulunmamaktadır. Türkiye genelinde turunçgiller familyasında birçok tür bulunmakta olup ülkemiz meyve üretimi bakımından söz sahibi ülkeler arasındadır. Bu çalışmada, turunçgil bahçelerinde budama sonrası açığa çıkan ve atık malzeme olarak değerlendirilen portakal (*Citrus sinensis*), mandalina (*Citrus reticulata*), limon (*Citrus limon*) ve greylift (*Citrus paradisi*) odun ve kabuklarının hücre çeperi ana bileşenleri, yan bileşenleri ve odunlarının lif özellikleri ortaya konmuştur. Yapılan kimyasal analizlerde holoselüloz miktarı %66.45-80.82 değerleri arasında α -selüloz miktarı %41.54-55.24 arasında ve klason lignin miktarı ise %14.37-19.67 arasında tespit edilmiştir. Çözünürlük değerleri odun ve kabuk örneklerinde birbirine yakın değerlerdedir. %1'lik NaOH çözünürlüğü %19.38-78.17 arasında değişirken hekzan ekstraksiyonu sonrası çözünen madde miktarı ise 2.61-8.24 mg/g arasında bulunmuştur. Lif uzunluğu ve genişliği sırasıyla 0.64-0.77 mm ve 13.00-14.90 μ m olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Turunçgil, Budama artığı, Kimyasal analiz, Lif özellikleri, Selüloz, Lignin

Chemical composition and fiber properties of pruning residues of some citrus species

Abstract: Citrus trees are pruned at certain periods in order to increase yield, to protect the trees from diseases or to give form to the tree, and thus lignocellulosic residues emerge. These residues are called pruning residues and cannot be used other than burning. There are many species in the citrus family throughout Turkey and it is one of the leading countries in terms of fruit production. In this study, the cell-wall main components, side components and fiber properties of orange (*Citrus sinensis*), tangerine (*Citrus reticulata*), lemon (*Citrus limon*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) wood and bark, which are pruning residues in citrus orchards and evaluated as waste material, were revealed. In chemical analyses, the amount of holocellulose was found to be between 66.45% and 80.82%, the amount of α -cellulose between 41.54% and 55.24%, and the amount of klason lignin between 14.37-19.67%. Solubility values were determined close to each other in wood and bark samples. While the 1% NaOH solubility ranged between 19.38-78.17%, the amount of soluble substances after hexane extraction was found to be between 2.61-8.24 mg/g. Fiber length and width were determined as 0.64-0.77 mm and 13.00-14.90 μ m, respectively.

Keywords: Citrus, Pruning residue, Chemical analyses, Fiber Properties, Cellulose, Lignin

1. Giriş

İnsanlığın var oluşundan bu yana ağaç, odun hammaddesi, barınak, el aletleri ve gereçleri olarak kullanılan bir malzemedir. Teknolojinin ilerlemesi oduna dayalı endüstri kollarının gelişmesini sağlamıştır. Bu sayede, odunun, mobilya, levha ve kereste sanayindeki kullanım oranlarının arttığı görülürken, günümüzde ağaç kabuklarından farklı sektörlerde yararlanma imkanlarının ön plana çıktığı bilinmektedir. Kağıt ve kağıt hamuru üretiminde çeşitli lignoselülozik hammaddeler kullanılıyor olmasına karşın bunların en önemlisi odun hammaddesidir (Dönmez, 2010; Dönmez ve Dönmez, 2013). Günümüzde kağıt üretimi için hammadde olarak bilinen ve endüstriyel boyutta kullanılan en önemli kaynak orman ağaçlarıdır. Orman kökenli ağaçlar bu sektörler için tercih edilse de bazı meyve türlerinin atıkları ya da budama artıkları da katma

değerli ürünlere dönüştürülerek, levha, kağıt endüstrisi gibi sektörlerde değerlendirilmekte ve hatta yüksek katma değerli ürünler olarak da adlandırılan glukoz, lignin, ksilan, biyoetanol ve nanoselüloz gibi ürünlerin üretiminde de yararlanılmaktadır (Mtui, 2009; Romero-García vd., 2016; Muhlack vd., 2018). Diğer taraftan, hammadde yetersizliği bugünün ve geleceğin en büyük sorunu olarak kabul edildiğinde, araştırmacılar kağıt ve kağıt hamuru üretiminde kullanılacak, orman ağaçlarından farklı hammadde kaynakları üzerine çalışmalara yönelmiştir (Tutuş vd., 2016a). Bu hammadde kaynakları, Trabzon hurması (Tutuş vd., 2014), kivi (Gençer, 2015), kayısı (Tutuş vd., 2016b; Gençer vd., 2018), yabani kiraz (Gençer ve Gül-Türkmen, 2016), incir (Odabaş-Serin ve Penezoğlu, 2020), fındık (Gençer ve Özgül, 2015; Gençer ve Özgül, 2016), nar (Gülsoy vd., 2015) ve kızılıçık (Keskin vd., 2018) gibi meyve türleri ile bazı maki türlerinin (Yaşar vd., 2016) dal,

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

^b Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

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

✓ **Received** (Geliş tarihi): 04.11.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 15.12.2022



Citation (Atf): Dönmez, İ.E., Başol, K., Gülsoy, S.K., 2022. Bazı turunçgil türlerinin budama artıklarının kimyasal bileşimi ve lif özellikleri. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 335-340. DOI: [10.18182/tjf.1199378](https://doi.org/10.18182/tjf.1199378)

gövde odunları ve budama artıklarıdır. Meyve tüketiminde oldukça önemli bir yere sahip olan turunçgiller olarak adlandırılan türler de budama artıklarının endüstriyel boyutta değerlendirilmesinde ön plana çıkabilecek kaynaklardandır.

Günümüzde turunçgiller hem taze tüketim hem de sanayi mamül maddesi olarak kullanılan ekonomik değere sahip meyve grubudur. Yüksek C vitamini içeriğiyle kış mevsiminde yoğun olarak taze tüketilen bir meyve grubu olmasının yanında gıda, ilaç, kozmetik gibi daha birçok sanayi kolunda hammadde ve katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Dünya Tarım Örgütü'nün 2019 verilerine göre dünyada en fazla üretilen meyve grubu turunçgillerdir. Yüksek miktardaki üretimine bağlı olarak dünyada en fazla ticarete konu olan meyve grubu yine bu türlerdir (Tezel, 2020).

Turunçgiller, limon, portakal, mandalina, bergamot, turunç, altıntop, kamkat, şadok gibi daha birçok bitki türlerinin ağacına ve meyvesine verilen genel addir. Narenciye ise, turunçgiller ile aynı anlama sahip ve yaygın olarak kullanılan bir diğer isimdir. Vatanı, Çin ve Hindistan olan turunçgillerin, günümüzde hemen hemen ılıman iklimlere sahip bütün bölgelerde kültür şekilleri yetişmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde, turunçgillerin tamamına yakını ticari anlamda yetiştirilmekte ve üretilmektedir. Bu türlerin büyük çoğunluğu, üç yaşından sonra meyve verimine başlasa da ekonomik olarak 8-10 sene sonra verim alınabilmektedir. Turunçgil ağacı 80-100 yıllık ortalama ömre sahiptir (Tezel, 2020). Türkiye'de turunçgil üretimi yoğun olarak Akdeniz kıyılarında yapılmakta ve toplam turunçgil üretiminin %88.1'i bu bölgeden sağlanmaktadır. Akdeniz Bölgesi'nde Doğu Akdeniz'i kapsayan Mersin, Adana ve Hatay illerinin özellikle sahile yakın yerlerinde daha uygun ve elverişli alanlar olduğu bilinmektedir.

Turunçgil meyvesi üretimi 2020 yılında yaklaşık 4.700.000 ton gerçekleşmiş ve ülke genelindeki tüm meyve üretiminin %19.9'unu oluşturmaktadır (TÜİK, 2021). Türkiye'de turunçgil üretimi yapılan bahçelerin yaklaşık %16.16'sı Hatay ilinde bulunmakta ve üretimin yaklaşık %17.48'i Hatay ilinde yapılmaktadır (Atlı, 2016). Akdeniz Bölgesinde yer alan Hatay ilinde turunçgil bahçeleri Amanos Dağlarının denize bakan yamaçları boyunca yoğunlaşmaktadır. Büyük çoğunluğu Dörtüol ve Erzin ilçeleri çevresinde bulunmakla birlikte İskenderun, Antakya ve Samandağ ilçelerinde de bu türlerin üretimi yapılmaktadır. Hatay ilinde yöre halkı tarafından narenciye bahçesi olarak adlandırılan turunçgil meyvesi üretim alanının % 35.90'ı Dörtüol ilçesinde yer almaktadır. 2013 yılında Dörtüol ilçesi 73.890 dekar turunçgil üretimi alanı, 245.243 ton yıllık üretim, 2.199.000 adet turunçgil ağacına sahip olduğu bilinirken (Atlı, 2016), Dörtüol İlçe Tarım Müdürlüğü'nden 2021 yılı Ocak ayında alınan verilere göre 2020 yılında 500 dekar alanda 15.700 kök ağaç greyfurt, 1500 dekar alanda 70.000 kök ağaç limon, 21.000 dekar alanda 670.000 kök ağaç portakal, 75.000 dekar alanda 2.950.000 kök ağaç mandalina bulunmaktadır. Üreticilerle yapılan görüşmelerde bir turunçgil ağacından (tür ayrımı göz önünde bulundurulmaksızın) yıllık budama artığı olarak yaklaşık 15-20 kg. dal yada gövde odunu artıkları elde edilmektedir. Bu artıklar ağacın yetiştiği yörelerde yakacak olarak yöredeki ekmeğin fırınlarında ya da evlerde ısıtmak amacıyla yakılarak tüketilmektedir.

Turunçgiller üzerine yapılan çalışmalar genellikle bitkinin sahip olduğu uçucu bileşenlerin analizine ve

özellikle portakal ve limon türlerine (Tutuş vd., 2016a; Kesik vd., 2017; Tutuş vd., 2018; Khider vd., 2021) odaklanmasına karşın, turunçgil kapsamında değerlendirilen diğer türlerin kimyasal yapısı üzerinde sınırlı araştırmalar mevcuttur.

Bu çalışma kapsamında, turunçgil üretiminin önemli bir bölümünün yapıldığı Hatay, Dörtüol bölgesinden temin edilen, atık olarak değerlendirilen ve endüstriyel boyutta herhangi bir kullanım alanı olmayan portakal, mandalina, limon ve greyfurt odun ve kabuklarının kimyasal yapısı ve lif özelliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu sayede başta kağıt ve kağıt hamuru endüstrisi olmak üzere farklı sektörlerde kullanımına ilişkin öneriler geliştirilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

2021 vejetasyon dönemi içerisinde Hatay-Dörtüol yöresindeki turunçgil bahçelerinde bulunan budama artıkları bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir. Örnekleme aşamasında özellikle kimyasal analizler açısından farklılık olmasını önlemek amacıyla budamanın yapıldığı, birbirine yakın noktalardan örnek ağaçlar belirlenmiş ve örnekleme eş zamanlı gerçekleştirilmiştir. Budama artıklarından alınan, portakal (*Citrus sinensis*), mandalina (*Citrus reticulata*), limon (*Citrus limon*) ve greyfurt (*Citrus paradisi*) örnekleri, bahçe makasıyla küçültülüp bez torbalara konarak laboratuvara getirilmiştir. Sonrasında her bir tür için odun ve kabuk olarak ayrılan örnekler, kibrit çöpü büyüklüğüne getirilmiştir. Daha sonra örnekler donduruculu kurutucuda (freze-dryer) bir gün süre ile kurumaya bırakılmıştır. Bu işlemin sonunda, kibrit çöpü büyüklüğündeki odun ve kabuk örnekleri, TAPPI T II – M 45 standardına göre laboratuvar tipi Wiley değirmeninde 1 mm.'den daha küçük hale gelecek şekilde öğütülmüş ve rutubetten etkilenmesini önlemek amacıyla ağzı kilitli plastik torbalarda kimyasal analizler yapılncaya kadar muhafaza edilmiştir (Dönmez vd., 2016).

2.2. Genel kimyasal analizler ve çözünürlük değerleri

Odun ve kabuk örnekleri üzerinde, holoselüloz miktarı Wise ve John (1952) tarafından geliştirilen klorit yöntemine göre belirlenmiştir. Lignin miktarı TAPPI T222om-02 yöntemine göre 'klason lignini' olarak belirlenmiştir. Alfa-selüloz miktarını belirlemek için ise Rowell vd., (2005) tarafından geliştirilen yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. Çözünürlük değerlerini belirlemek amacıyla odun ve kabuk örneklerinin tamamında TAPPI T207 cm-99 yöntemine göre sıcak ve soğuk su çözünürlüğü, TAPPI T212 om-02 yöntemine göre %1'lik NaOH çözünürlüğü deneyleri ve Scalbert vd., (1988) tarafından geliştirilen yöntem modifiye edilerek örneklerin içerdiği toplam polifenolik madde miktarı metanol:su (4:1, v:v) karışımı kullanarak tespit edilmiştir. Ayrıca örneklerde etil-alkol:su (90:10, v:v), n-heksan ve aseton:su (95:5, v:v) gibi organik çözücülerde çözünen madde miktarı gravimetrik olarak belirlenmiştir. Bu maksatla sokselet cihazında yaklaşık 10 g odun ve kabuk örneği 12 saat süreyle yaklaşık 180 ml heksan, aseton:su (95:5, v:v) ve etil-alkol:su (90:10, v:v) karışımıyla sıralı ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Balonda toplanan çözücü ve ekstrakt karışımı döner buharlaştırıcıda 100 ml olacak şekilde uzaklaştırılmış ve bu kısım 100 ml'lik

ağız kapalı cam şişelere aktarılmıştır. Daha önceden darası bilinen cam tüplere aktarılan 10 ml çözücü ve ekstraktları içeren karışımdan azot gazı altında sıcak su banyosunda çözücünün uzaklaştırılması sağlanmıştır. Sonrasında tekrar tartılan cam tüplerde kullanılan çözücüde çözünen madde miktarı mg/g olarak belirlenmiştir (Kilic vd., 2010; Dönmez, 2018). Kimyasal analizler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

2.3. Lif özellikleri

Portakal, mandalina, limon ve greyfurt odunlarının kağıtçılık açısından değerlendirilmesi maksadıyla lif yapısının belirlenmesi amaçlanmıştır. Odun örneklerine Wise ve Karl (1962) tarafından geliştirilen klorit yöntemine göre maserasyon işlemi uygulanmış ve örnekler ayrı ayrı lif haline getirilmiştir. Maserasyon sonrasında lif uzunluğu, lif genişliği, lümen genişliği ve hücre çeperi kalınlığını belirlemek amacıyla ölçümler gerçekleştirilmiştir. Sonrasında, keçeleşme oranı (Lif uzunluğu / lif genişliği), rijidite katsayısı [(lif çeper kalınlığı/lif genişliği) x100], runkel oranı [(2 x lif çeper kalınlığı) / lümen çapı], elastikiyet katsayısı [(lümen çapı x100)/lif genişliği] ve F faktörü [(Lif uzunluğu / çeper kalınlığı)] değerleri ölçülen lif boyutları kullanılarak hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Kimyasal Analizler

Portakal, mandalina, limon ve greyfurt odun ve kabuk örneklerine uygulanan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Holoselüloz, bitkinin odunsu dokusunda bulunan selüloz ve hemiselülozların toplamı olarak ifade edilmekte iken α -selüloz, alkali muamelesinde en dayanıklı kısım ve dolayısıyla alkalide çözünmeyen kısımdır. Bunun yanı sıra bitki dokularında selülozdan sonra en yüksek oranda bulunan polimer lignin olarak bilinmektedir. Çizelge 1 incelendiğinde bu yapılardan holoselüloz miktarı, turunçgil odunlarında %79.67 - %80.82 oranında tespit edilirken, kabuklarında %66.45-72.60 olarak saptanmıştır. α -selüloz miktarı odun örneklerinde en düşük olarak limonda

(%49.29) bulunurken, en yüksek ise portakalda (%55.24) bulunmuştur. Lignin oranı en düşük olarak portakalda (%14.37) bulunurken, en yüksek ise greyfurtta (%16.36) tespit edilmiştir.

Odun ve kabuk örnekleri çözünürlük değerleri bakımından birbirine yakın sonuçlara sahiptir. Sıcak suda çözünen madde miktarı odun örneklerinde %6.12-7.14 arasında iken kabuk örneklerinde %17.09-21.90 arasındadır. Bunun yanı sıra soğuk su çözünürlüğü deneylerinde portakal odunu (% 4.03) en düşük değere sahipken greyfurt odunu (%6.04) en yüksek miktarda tespit edilmiştir. Kabuk örneklerinde ise bu durumun aksine, greyfurt örnekleri %15.13 ile en düşük miktarda limon kabukları %18.68 ile en yüksek oranda bulunmuştur.

Düşük konsantrasyondaki alkalide çözünen madde miktarını belirlemek amacıyla örnekler %1'lik NaOH ile muamele edilmiş ve mandalina odunlarının %22.19 ile en yüksek oranda bulunduğu belirlenmiştir. Sırası ile bunu greyfurt (%20.62), portakal (%19.38) ve limon odunları (%18.93) takip etmektedir. Kabuk örneklerinde ise odunda olduğu gibi mandalina örneklerinin %1'lik NaOH çözünürlüğü %78.17 ile en yüksek oranda bulunmuştur. Diğer örneklerdeki %1'lik NaOH çözünürlüğü oranı sırasıyla limon (%78.02), portakal (%66.98) ve greyfurt (%66.52) şeklindedir.

Turunçgiller üzerine yapılan çalışmaların genellikle portakal ve limon odunu ya da budama artıkları üzerine odaklandığı görülmektedir. Tutuş vd. 2018 tarafından yapılan çalışmada limon odunu holoselüloz miktarı %83.17, α -selüloz miktarı %47.36 ve lignin miktarı ise %23.92 olarak bulunmuştur. Limon gövde odunu üzerine yapılan bir diğer çalışmada selüloz miktarı %44.40, lignin miktarı ise %25.10 olarak tespit edildiği bildirilmektedir (Khider vd., 2021). Espinach vd. 2020, portakal budama artıkları odununun selüloz miktarını %75.95, α -selüloz miktarını %49.05 ve lignin miktarını ise %20.80 olarak tespit etmişlerdir. Meyve ağaçlarının odunları ya da budama artıklarının kimyasal yapısı birçok defa araştırmalara konu olmuştur. Bunun yanı sıra elde edilen sonuçlar kağıt hamuru üretiminde değerlendirilebilen bazı yapraklı orman ağaçlarının odunları ile bazı meyve ağaçlarının dal, gövde odunu ve budama artıklarını içeren odunlarının kimyasal içeriğine yakın değerlerde olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Turunçgil odun ve kabuklarına ait genel kimyasal analiz sonuçları

Deney	Portakal		Mandalina		Limon		Greyfurt	
	Odun	Kabuk	Odun	Kabuk	Odun	Kabuk	Odun	Kabuk
Çözünürlük değerleri								
Sıcak Su (%)	6.40	17.62	7.14	19.75	6.28	21.90	6.12	17.09
Soğuk Su (%)	4.03	17.38	5.66	17.25	5.91	18.68	6.04	15.13
% I NaOH (%)	19.38	66.98	22.19	78.17	18.93	78.02	20.62	66.52
Etil alkol:su (mg/g)	16.66	45.69	14.25	56.15	15.49	70.62	19.30	58.73
Heksan (mg/g)	3.60	4.54	2.61	6.95	6.45	8.24	4.78	7.16
Aseton:su (mg/g)	13.86	23.82	17.70	27.90	19.74	30.72	16.49	17.83
Polifenolik mad. (%)	42.95	67.28	43.33	66.21	45.16	92.22	48.28	67.98
Hücre çeperi ana bileşenleri								
Holoselüloz (%)	79.67	70.53	80.03	72.48	80.82	66.45	80.19	72.60
α -selüloz (%)	55.24	49.22	52.55	50.09	49.29	41.54	52.07	42.93
Lignin (%)	14.37	17.95	15.09	17.58	15.59	19.66	16.36	19.67

Istek vd. 2005 tarafından doğu kayını (*Fagus orientalis*) odununun kimyasal özellikleri ile ilgili yapılan çalışmada, holoselüloz miktarı %78.70, selüloz miktarı %46.90, lignin miktarı %21.50 olarak bulunurken, Gulsoy ve Tufek (2013), titrek kavak (*Populus tremula*) odununda holoselüloz miktarını %82.68, α -selüloz miktarını %49.03 ve lignin miktarını %16.69 olarak tespit etmişlerdir. Yine Gülsoy ve Tufek (2013), sıcak su, soğuk su ve %1'lik NaOH çözünürlüğü miktarlarını ise sırasıyla %3.04, %1.73 ve %15.34 olarak bulmuşlardır. Fındık budama artıklarında holoselüloz miktarı %82.07, α -selüloz miktarı %41.33 ve lignin miktarının ise %15.89 olarak bulunduğu Gençer ve Özgül (2015) tarafından tespit edilmiştir. Gençer vd., 2018 tarafından yapılan bir diğer çalışmada kayısı odunu ve meyve endokarpının kimyasal yapısı araştırılmıştır. Yapılan çalışmada, odun ve endokarp örneklerinde holoselüloz miktarının sırasıyla %79.50-63.33 arasında, α -selüloz miktarının %42.33-28.65 arasında ve lignin miktarının ise %16.43-36.22 arasında olduğu belirtilmektedir.

3.2 Lif Özellikleri

Holoselüloz miktarının yüksek olması bitkinin bu dokularının kağıtçılık açısından değerlendirilmesini ön plana çıkaracak ve elde edilecek kağıtların kalitesinin yüksek olacağı bilinmektedir (Tutuş vd., 2016a). Bu bakımdan turunçgil odunlarının lif boyutları ölçülmüş ve sonrasında kağıtçılık açısından ön bilgi verebilecek hesaplamalar yapılarak elde edilecek kağıtların yapısı hakkında fikir elde edilmiştir.

Maserasyon yöntemine göre serbest hale getirilen turunçgil odunlarının liflerinde rastgele seçilmiş örneklerden lif uzunluğu, lif genişliği ve lümen genişliğini belirlemek için ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümler ve turunçgil odunlarının lifleri elde edildikten sonra lif özellikleri ve bu liflerin karakterizasyonunu belirlemek amacıyla yapılan hesaplamalar sırasıyla Çizelge 2 ve Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Doğal maddelerin lif boyutları ve bu liflerden türetilmiş değerler (Runkel oranı, keçeleme oranı ve esneklik katsayısı

vb.) kağıt ve kağıt hamuru üretimi amacıyla önceden bilgi sahibi olmamızı sağlamakta ve teknik olarak bu özellikler önemli roller üstlenmektedir (Ashari, 2006; Caparrós vd., 2008; Ashari ve Nourbakhsh, 2009).

Kağıt yapımında uzun lifli ve kısa lifli terimleri, liflerin kağıdın sağlamlığı hakkında etkisi olmasından dolayı sıkça kullanılmaktadır. Keçeleme oranının 70'in üzerinde olan ağaçlardan elde edilen kağıtlarda kağıdın direnç özelliklerinin arttığı bilinmektedir. Keçeleme oranının 70'in altına düşmesi ile kağıdın direnç özelliklerinde azalma meydana gelir ancak bu oran 70'in çok üzerinde olduğu taktirde liflerde topaklanmaya da neden olabilmektedir. Lif boyutları belirlenen tüm turunçgil odunlarının keçeleme oranı 70'in altındadır. Bu sebeple elde edilecek kağıtlarda direnç özelliklerinin düşük olacağı öngörülmektedir. Rijidite değeri hücre çeperinin kalınlığı ile ilgilidir ve bu değerin yüksek olması kağıdın direnç özelliklerini düşürmektedir. Turunçgil odunlarından portakal, mandalina ve greyfurt odunlarının rijidite değeri birbirine oldukça yakın değerlerde tespit edilmiştir. Bunun aksine limon odununun rijidite değeri diğer türlerin yaklaşık iki katı olarak belirlenmiştir.

Runkel oranının tüm türlerde 1'den büyük olduğu görülmektedir. Bu açıdan çalışmada kullanılan tüm turunçgil odunlarının lifleri kalın çeperli lifler sınıfına girmektedir. Runkel oranı, yapılacak olan kağıdın yırtılma, patlama ve kopma uzunluğu gibi fiziksel direnç özelliklerini tanımlamada etkilidir. Elastikiyet katsayısı göz önüne alındığında turunçgil odunu lifleri rijit lifler olarak sınıflandırılan gruba girmektedir (Kırcı, 2000).

Eromosole (2015) tarafından yapılan çalışmada portakal (*Citrus sinensis*) odunlarının farklı noktalarından alınan örneklerde lif yapısı araştırılmıştır. Lif uzunluğunun 0.44-0.69 mm arasında, genişliğinin 9.10-10.60 μ m arasında, lümen genişliğinin ise 6.26-7.40 μ m arasında olduğu tespit edilmiştir. Lif yapısı üzerine başka bir çalışmada limon odunu lif uzunluğu 0.75 mm, lif genişliği 13.74 μ m, lümen genişliği 6.36 μ m ve hücre çeperi kalınlığının ise 3.69 μ m olduğu belirtilmektedir (Tutuş vd., 2018).

Çizelge 2. Turunçgil odunlarının lif özellikleri

	Lif uzunluğu (L) (mm)	Trahe uzunluğu (mm)	Lif genişliği (μ m) (D)	Lümen genişliği (μ m) (l)	Çift çeper kalınlığı (μ m)
Portakal	0.75±0.07	0.23±0.02	14.70±0.83	7.30±0.59	7.40±0.47
Mandalina	0.73±0.11	0.21±0.02	14.20±1.19	6.80±0.81	7.40±0.62
Limon	0.64±0.06	0.24±0.02	13.00±1.25	6.30±0.84	6.70±0.88
Greyfurt	0.77±0.07	0.23±0.02	14.90±1.53	7.00±0.72	7.90±0.70

Çizelge 3. Turunçgil odunlarının lif özelliklerini belirlemek için yapılan hesaplamalar

	Keçeleme oranı	Elastiklik oranı	Runkel oranı	Rijidite Değeri	F Faktörü
Portakal	51.28	49.66	1.01	25.17	203.72
Mandalina	51.20	47.89	1.09	26.05	196.48
Limon	49.43	48.46	1.06	43.55	191.82
Greyfurt	51.93	46.98	1.13	26.51	195.89

4. Sonuç

Bu çalışmada turunçgiller olarak bilinen, portakal, mandalina, limon ve greylift budama artıklarının kimyasal analizleri ve lif morfolojisi ele alınmıştır. Türkiye turunçgil üretimi bakımından dünya genelinde önemli bir yere sahiptir. Turunçgil üretiminin yapıldığı Akdeniz Bölgesinde bu familyaya dahil ağaç sayısı oldukça fazladır. Her yıl ağaçlardan önemli miktarda budama artıkları ortaya çıkmakta ve bu artıkların yakılarak enerji üretmek dışında endüstriyel açıdan değerlendirme imkanı bulunmamaktadır. Turunçgil budama artıkları, kimyasal açıdan değerlendirildiğinde yapraklı ağaçların kimyasal yapısına benzer karakteristik özellikleri sergilemektedir. Bu sebeple budama artıklarının biyogaz, biyoenerji vb. ürünlere dönüştürülebileceği fikri hakim gelmekte, herhangi bir endüstriyel alanda değerlendirilme potansiyeli olmayan bu lignoselülozik atıkların değerlendirilmesi için temel hammadde kaynağı olarak düşünülebilmektedir. Budama artıkları yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülerek ekonomiye katkı sağlayabilme potansiyeline sahiptir. Diğer taraftan turunçgillerin budama artıklarının lif yapısı göz önüne alındığında kağıt hamuru ve kağıt üretimi için alternatif bir kaynak olarak ön plana çıkmakta, ekonomiye katkısının yanı sıra orman ağaçlarının yerine geçebilecek yeni bir hammadde kaynağı ve çevre kirliliği problemlerinin azaltılması açısından son derece önemli sorunları ortadan kaldıracabileceği düşünülmektedir.

Açıklama

Yazarlar, çalışmanın bir kısmının TÜBİTAK 2209-A kapsamında 1919B012005348 başvuru numarası ile desteklenmesinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederler.

Kaynaklar

Ashari, A., 2006. Pulp and paper from kenaf bast fibres. *Fibers Polymer Journal*, 7(1): 26-29.

Ashari, A., Nourbakhsh, A., 2009. Studies on Iranian cultivated pauwlonia- A potential source of fibrous raw material for paper industry. *European Journal of Wood and Wood Products*, 67: 323-327.

Ath, H.F., 2016. Hatay ili Dörtöyl ilçesinde turunçgil üretim ve pazarlaması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Caparrós, S., Díaz, M.J., Ariza, J., Lóez, F., Jiménez, F., 2008. New perspectives for *Pauwlonia fortunei* L. valorisation of the autohydrolysis and pulping process. *Bioresource Technology*, 99(4): 741-749.

Dönmez, İ.E., 2010. Yükselti farkına göre Sarıçamın (*Pinus sylvestris* L.) anatomik ve kimyasal bileşiminde meydana gelen değişimler. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.

Dönmez, İ.E., Dönmez, Ş., 2013. Ağaç kabuğunun yapısı ve yararlanma imkânları. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 14: 156-162.

Dönmez, İ.E., Hemming, J., Willför, S., 2016. Bark extractives and suberin monomers from *Arbutus andrachne* and *Platanus orientalis*. *BioResources*, 11: 2809-2819.

Dönmez, İ.E., 2018. Lipophilic and hydrophilic extractives from Strawberry tree (*Arbutus andrachne* L.) and Oriental plane (*Platanus orientalis* L.) wood. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16: 741-747.

Eromosole, O.J., 2015. Fibre characteristics of the trunk of *Citrus sinensis* (L.) osbeck. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences (IOSRJPBS)*, 10: 76-81.

Espinach, F.X., Espinosa, E., Reixach, R., Rodríguez, A., Mutjé, P., Tarrés, Q., 2020. Study on the macro and micromechanics tensile strength properties of orange tree pruning fiber as sustainable reinforcement on bio-polyethylene compared to oil-derived polymers and its composites. *Polymers*, 12(10): 2206.

Gençer, A., 2015. The utilization of kiwi (*Actinidia deliciosa*) pruning waste for kraft paper production and the effect of the bark on paper properties. *Drewno*, 58(194): 103-113.

Gençer, A., Özgül, U., 2015. Yaygın fındık (*Corylus avellana* L.) odunundan soda yöntemi ile kâğıt hamuru üretim parametrelerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 16(2): 159-163.

Gençer, A., Özgül, U., 2016. Utilization of common hazelnut (*Corylus avellana* L.) prunings for pulp production. *Drvena Industrija*, 67(2): 157-162.

Gençer, A., Özgül, U., Onat, S.M., Gündüz, G., Yaman, B., Yazıcı, H., 2018. Chemical and morphological properties of apricot wood (*Prunus armeniaca* L.) and fruit endocarp. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2): 205-209.

Gençer, A., Gül-Türkmen, H., 2016. Yabani kiraz diri odunu ve öz odunundan kağıt üretim şartlarının belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1): 23-31.

Gulsoy, S.K., Tufek, S., 2013. Effect of chip mixing ratio of *Pinus pinaster* and *Populus tremula* on kraft pulp and paper properties. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52: 2304-2308.

Gülsoy, S.K., Kılıç-Pekgözü, A., Aktaş, A.C., 2015. Utilization of the pomegranate tree (*Punica granatum* L.) in the paper industry. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39: 295-299.

Istek, A., Sivrikaya, H., Eroglu, H., Gulsoy, S.K., 2005. Biodegradation of *Abies bornmülleriana* (Mattf.) and *Fagus orientalis* (L.) by the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 55: 63-67.

Kesik, H.İ., Kaymakçı, A., Olgun, Ç., Çağatay, K., Tor, Ö., 2017. Portakal (*Citrus x sinensis* (L.) Osbeck) odununun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri. *Uluslararası Taşköprü Pompeiopolis Bilim Kültür Sanat Araştırmalar Sempozyumu*, 10-12 Nisan, Kastamonu, s. 1627-1633.

Keskin, H., Aksoy, H., Gençer, A., Tümen, İ., 2018. Yabani kızılcaik odununun (*Cornus australis* L.) bazı kimyasal özellikleri. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(1): 251-258.

Khider, T., Safaa, O., Elzaki, O., Mohieldin, S., Shomeina, S., 2021. Application of alkaline pulping to pruned branches of *Citrus limon* from Sudan. *Walaailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 18: 9409.

Kırcı, H., 2000. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları. KTÜ Orman Fakültesi Ders Notları, Yayın No:63, Trabzon.

Kilic, A., Hafizoğlu, H., Dönmez, İ.E., Tümen, İ., Sivrikaya, H., Reunanen, M., Hemming, J., 2010. Extractives in the cones of *Pinus* species. *European Journal of Wood and Wood Products*, 69: 37-40.

Mtui, G.Y., 2009. Recent advances in pretreatment of lignocellulosic wastes and production of value added products. *African Journal of Biotechnology*, 8: 1398-1415.

Muhlack, R.A., Potumarthi, R., Jeffery, D.W., 2018. Sustainable wineries through waste valorisation: A review of grape marc utilisation for value-added products. *Waste Management*, 72: 99-118.

Odabaş-Serin, Z., Penezöglü, M.K., 2020. İncir (*Ficus carica*) odununun kimyasal, fiziksel ve morfolojik özellikleri. *European Journal of Science and Technology*, 19: 843-849.

Romero-García, J.M., Sanchez, A., Rendón-Acosta, G., Martínez-Patiño, J.C., Ruiz, E., Magaña, G., Castro, E., 2016. An olive tree pruning biorefinery for co-producing high value-added bioproducts and biofuels: Economic and energy efficiency analysis. *BioEnergy Research*, 9: 1070-1086.

- Rowell, R.M., Pettersen, R., Han, J.S., Rowell, J.S., Tshabalala, M.A., 2005. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. CRC Press, Boca Raton, London, New York.
- Scalbert, A., Montines, B., Favre, J.M., 1988. Polyphenols of *Quercus robur*; Adult tree and in vitro grown cali and shoots. *Phytochemistry*, 27(11): 3483-3488.
- Tezel, O., 2020. Adana'da turunçgil yetiştiriciliği ve üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- TÜİK., 2021. Türkiye İstatistik Kurumu, 2020 Meyve ürünleri, içecek ve baharat bitkileri üretim miktarları. Ankara, Türkiye, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> Erişim: 15.01.2021
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Özdemir, F., Yılmaz, U., 2014. Kahramanmaraş koşullarında yetişen Trabzon hurma ağacı (*Diospyros kaki*)'nin kağıt hamuru ve kağıt üretiminde değerlendirilmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta, s. 775-784.
- Tutuş, A., Çiçekler, M. Küçükbey, N., 2016a. Pulp and paper production from bitter orange (*Citrus aurantium* L.) woods with soda-aq method. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 16(1): 14-18.
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Ayaz, A., 2016b. Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) odunu yongalarının kağıt hamuru ve kağıt üretiminde değerlendirilmesi. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 17(1): 61-67.
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Bektaş, İ., Odabaş-Serin, Z., Özdemir, F., 2018. Investigation of the chemical morphological properties of lamas lemon tree wood growing in the Erdemli. *International Erdemli Symposium*, 19-21 April, Erdemli-Mersin, pp. 894-899.
- Yaşar, S., Demir, F., Karatepe, Y., 2016. Bazı maki türlerinin kimyasal içeriği ve fenolik ekstraktifleri üzerine araştırmalar. *Turkish Journal of Forestry*, 17(2): 187-193.
- Wise, L.E., John, E.C., 1952. *Wood Chemistry*. 2nd Edition Vol 1-2, Reinhold Publication Co, New York, USA, 1330s, TAPPI.
- Wise, L.E., Karl, H.L., 1962. *Cellulose and Hemicellulose in Pulp and Paper Science and Technology*. McGraw Hill Book Co., New York.

Kentsel açık yeşil alanlarda kullanılan bitki materyalinin değerlendirilmesi: Şanlıurfa ili Haliliye ilçesi örneği

İbrahim Halil Hatipoğlu^{a,*} , Erdi Ekren^b 

Özet: Kentsel açık yeşil alanların temel bileşeni olarak bitkiler sadece estetik görünüşleri ile değil sağladıkları ekosistem hizmetleri ile de son derece önemlidirler. Bitkilerin kendilerinden beklenen faydaları sağlayabilmeleri için sahip oldukları özelliklerin bilinmesi ve bitkisel tasarımın doğru planlanıp uygulanması gerekir. Kentsel açık ve yeşil alanların tasarımında seçilen bitki taksonları hem fizyolojik hem de morfolojik özellikleri ile bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Dolayısı ile kentlerde yapılacak bitkisel tasarım çalışmalarında kullanılacak olan bitki materyalinin sahip olduğu estetik özelliklerin yanı sıra aromatik özellikleri, zehirlilik durumları ve insanlar üzerinde alerjik reaksiyonlara neden olabilecek polen yayma özelliği gösterme durumları incelenmeli ve bu doğrultuda seçimler yapılmalıdır. Çalışma kapsamında Şanlıurfa ili Haliliye ilçesi açık ve yeşil alanlarında 85 bitki taksonu tespit edilmiştir. Bu bitkiler; yaşam formu, yaprak durumu, çiçeklenme zamanı, aromatik özellikleri, zehirlilik durumları ve alerjen oranları bakımından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda doğal bitki kullanımının kısıtlı kaldığı, yaprak dökme ve herdemyeşil bitki türlerinin dengeli kullanıldığı ve aromatik bitki çeşitliliği bakımından önemli bir zenginlik olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, açık yeşil alanlarda çok sayıda alerjen bitki kullanılmasının yanı sıra önemli sayıda zehir ihtiva eden bitki taksonu olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak tespit edilen bitki türlerinin bitkisel tasarım çalışmalarında kullanımları ile ilgili çeşitli öneriler geliştirilmiş ve açık yeşil alanlarda yapılan gözlem notları paylaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kentsel açık yeşil alanlar, Bitki materyali, Şanlıurfa, Haliliye

Evaluation of plant material used in urban open green areas: The case of Haliliye district of Sanliurfa province

Abstract: As the basic component of urban open green areas, plants are extremely important not only with their aesthetic appearance but also with the ecosystem services they provide. In order for plants to provide the expected benefits from them, their characteristics must be known and the planting design must be planned and applied correctly. The plant taxa selected in the design of urban open and green areas should be evaluated as a whole with both their physiological and morphological characteristics. Therefore, in addition to the aesthetic properties of the plant material to be used in planting design studies to be made in cities, its aromatic properties, toxicity status and pollen spreading properties that may cause allergic reactions on humans should be examined and choices should be made accordingly. Within the scope of the study, 85 plant taxa were identified in the open and green areas of Haliliye district of Şanlıurfa province. These plants were evaluated in terms of life form, leaf condition, flowering period, aromatic properties, poisonous parts and allergen rates. As a result of this evaluation, it was determined that the use of natural plants was insufficient, deciduous and evergreen plant species were used in a balanced way, and there was an important richness in terms of aromatic plant diversity. In addition, it has been determined that there are a significant number of plant taxa containing poison, as well as the use of many allergenic plants in open green areas. As a result, various suggestions were developed regarding the use of plant species in planting design applications, and observation notes made in open green areas were shared.

Keywords: Urban open green areas, Plant material, Şanlıurfa, Haliliye

1. Giriş

Kentlerde yolların, binaların artması neticesinde hızlı ve düzensiz kentleşme meydana gelmekte, ekolojik faktörler değişiklik göstermekte ve kent merkezlerinde sıcaklık ve nem değerleri farklılaşmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde en acil çözülmesi gereken sorunlardan birinin kentsel yeşil alan eksikliği olduğu belirtilmektedir (Saraswat ve Pipralia, 2021). Bu bağlamda kentsel ekosistemde; temiz hava ve gıda temini, hava filtrelenmesi, gürültü azaltma gibi ekolojik faydaları ve rekreasyon imkanları sağlaması sebebi ile

kentsel yeşil alanlar kentteki önemli unsurlardan biridir (Boone, 2008; Pincetl vd., 2013; Ahern vd., 2014; Hatipoğlu ve Ak, 2018; Sangwan vd., 2022).

Kentsel açık yeşil alanların şehir, mahalle gibi yerel ölçekte fauna ve florada biyolojik çeşitliliği desteklediği ve kritik ekosistem hizmetlerini sağladıkları bilinmektedir (Beninde vd., 2015). Öte yandan daha yüksek bitki türü zenginliğine sahip kentsel yeşil alanlar kullanıcılar için daha yüksek psikolojik faydalarla pozitif olarak ilişkilendirilmiştir (Fuller vd., 2007). Sosyal bir perspektiften bakıldığında, tüm kentsel parklar insan kullanımına uygun olmalıdır. Özetle

^a Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

^b Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): ibrahimhatipoglu@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 27.05.2022, **Accepted** (Kabul tarihi): 28.10.2022



Citation (Atf): Hatipoğlu, İ.H., Ekren, E., 2022. Kentsel açık yeşil alanlarda kullanılan bitki materyalinin değerlendirilmesi: Şanlıurfa ili Haliliye ilçesi örneği. Turkish Journal of Forestry, 23(4): 341-347.
DOI: [10.18182/tjf.1122255](https://doi.org/10.18182/tjf.1122255)

açık yeşil alanlar; kentleşmenin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indiren, kent insanının kolayca ulaşım faydalanabildiği, yaşam standartlarını iyileştiren yapıları içermektedir. Bu doğrultuda bu alanlarda kullanılan bitkiler önemli bir unsur olarak göze çarpmaktadır.

Peyzaj tasarım ve planlama çalışmalarında bitki seçimi son derece önemli olup, söz konusu bitkilerin estetik/fonksiyonel özelliklerinin detaylı olarak incelenmesi ile kampüs, kent parkı gibi yoğun kullanılan fakat farklı özelliklerdeki açık yeşil alanların bitki çeşitliliğini belirlemek ve kentsel bitki biyoçeşitliliğinin karşılaştığı ana sorunları bir çerçeveye oturtmak gerekmektedir. Ekosistem hizmetlerini artırmak için bitki örtüsünün yoğunluğunu üst düzeye çıkarmak yerine erozyon kontrolü, gürültüyü azaltma, karbon tutma, mekân oluşturma ve kent estetiğine olumlu katkılar sunma gibi birtakım özellikleri belirlenmiş bitki topluluğunun kullanılması kritik önem taşımaktadır (Aronson vd., 2017). Bu özelliklerin peyzaj tasarımına dâhil edilmesi, daha doğal ve çeşitli bir bitki topluluğu yetiştirmeyle ilgili belirsizliği ve maliyetleri en aza indirecektir.

Bitkilerin kent ekosistemine sağladıkları önemli faydalara rağmen günümüzde tasarlanan açık ve yeşil alanlarda kullanılan birçok bitki türünün daha çok form, renk ve estetik özelliklerinin ön planda tutularak seçildikleri görülmektedir (Bayramoğlu ve Şatıroğlu, 2018; Sarı ve Karasah, 2018). Bitkisel tasarımda amaç kullanıcılar için estetik ve fonksiyonel kullanımlar yaratmak olmalıdır. Bu nedenle kentsel açık ve yeşil alanların tasarımında seçilen bitki taksonları hem fizyolojik hem de morfolojik özellikleri ile bir bütün olarak değerlendirilmelidir (Çorbacı ve Ekren, 2021a). Dolayısı ile kentlerde yapılacak bitkisel tasarım çalışmalarında kullanılacak olan bitki materyalinin sahip olduğu estetik özelliklerin yanı sıra aromatik özellikleri, zehirlilik durumları ve insanlar üzerinde alerjik reaksiyonlara neden olabilecek polen yayma özelliği gösterme durumları incelenmeli ve bu doğrultuda seçimler yapılmalıdır. Yapılacak olan bu kapsamlı değerlendirmeler bitkisel tasarım çalışmalarının başarısını artıracaktır. Bu kapsamda; Şanlıurfa'nın Haliliye ilçe sınırları içerisinde yoğun kullanılan açık yeşil alanlardaki bitki taksonları belirlenerek bu bitkilerin; yaşam formu, yaprak durumu, çiçeklenme zamanı, aromatik kısmı, zehirli kısmı, alerjen oranı ve buldukları bölge gibi parametreler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda Şanlıurfa Haliliye ilçesi açık yeşil alanlarının sahip olduğu bitkisel materyal anlamında niteliksel ve niceliksel durumlarına yönelik öneriler geliştirilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Araştırmanın ana materyalini Şanlıurfa ili Haliliye ilçesinde bulunan kentsel açık yeşil alanlardaki bitki taksonları oluşturmaktadır. Şanlıurfa Haliliye merkez ilçesi deniz etkisinden uzak bir bölgede bulunmakta ve genel olarak semi-arid iklim özelliği ağır basmaktadır. Bu özellik sıcaklık ve yağış bakımından kendisini göstermektedir. İl merkezi genelinde son 50 yılda yapılan ölçümlere bakıldığında en yüksek sıcaklık 46.8°C (Temmuz); en düşük sıcaklık ise -12.4°C (Şubat) olarak ölçülmüştür. En büyük yağış ile 181 mm yağış ile Ocak, Şubat ve Aralık aylarında ölçülmüştür. Yıllık yağış Şanlıurfa ili özelinde 379 mm olarak belirlenmiştir. (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022). İl genelinde toprakların % 72.41'inin killi tın, kil ve siltli killi tın içerikli, kireç yönünden kireçli ile orta kireçli ve az ile orta oranda organik madde içeriğine sahip olduğu görülmüştür (Yalçın ve Çimrin, 2019; Güzel, 2020).

Haliliye ilçesinde bulunan kentsel açık yeşil alanlarda bulunan tüm ağaç, ağaççık, çalı, yerörtücü ve sarılıcı/tırmanıcılar çalışma kapsamında yer almıştır. Ayrıca tespit edilen bitkisel materyalin değerlendirilmesinde aromatik bitkiler, zehirli bitkiler ve alerjen bitkiler ile ilgili literatür de araştırma materyali olarak değerlendirilmiştir.

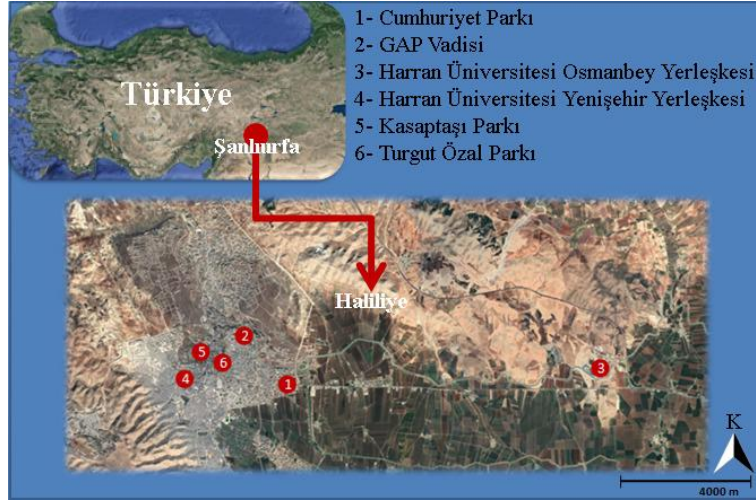
2.2. Yöntem

Araştırmanın ilk aşamasında çalışma kapsamında incelenen açık ve yeşil alanlar belirlenmiştir (Çizelge 1). Bu alanlar Şanlıurfa ili Haliliye ilçesinin en büyük ve en yaygın olarak kullanılan açık yeşil alanları olmasının yanı sıra bitki taksonu çeşitliliği bakımından da en zengin alanları olduğu için seçilmiştir. Bu alanlarda bulunan tüm ağaç, ağaççık, çalı, yer örtücü ve sarılıcı/tırmanıcı bitkilerin tespit edilmesinin ardından bu bitkiler; yaşam formu, yaprak durumu, çiçeklenme zamanı, aromatik özellikleri, zehirlilik durumları ve alerjen oranları bakımından değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen kentsel açık ve yeşil alanların konuları Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışma kapsamına alınan kentsel açık ve yeşil alanlar

Bölge No.	Açık ve yeşil alanın adı	Tür sayısı
1	Cumhuriyet Parkı	38
2	GAP Vadisi	37
3	Harran Üniversitesi Osmanbey Yerleşkesi	61
4	Harran Üniversitesi Yenişehir Yerleşkesi	48
5	Kasaptaşı Parkı	55
6	Turgut Özal Parkı	45



Şekil 1. Çalışma alanlarının konumu (Google Earth, 2022)

Araştırma kapsamında değerlendirmeler yapılırken aşağıda belirtilen kıstaslar dikkate alınmıştır. Bitkiler yaşam formuna göre; doğal, doğal kültür, doğal melez, yarı doğal, yarı doğal kültür, egzotik, egzotik kültür ve egzotik melez olarak sınıflandırılırken yaprak durumuna göre ise herdem yeşil ve yaprak dökken şeklinde sınıflandırılmıştır.

Bitkilerin çiçeklenme zamanlarının numaralandırılması ise şu şekilde yapılmıştır; 1: Ocak, 2: Şubat, 3: Mart, 4: Nisan, 5: Mayıs, 6: Haziran, 7: Temmuz, 8: Ağustos, 9: Eylül, 10: Ekim, 11: Kasım, 12: Aralık.

Bitkilerin alerjen oranları (Acar, 2013; Cariñanos vd., 2014; Cariñanos vd., 2016) kaynakları incelenerek; düşük,

orta ve yüksek olmak üzere üç kategoride değerlendirilmiştir. Alerjen özellik göstermeyen bitkilerin yanı sıra aromatik özelliğe sahip olmayan ve zehir ihtiva etmeyen bitkiler (-) işareti ile belirtilmiştir. Bitkilerin buldukları bölgeleri gösteren numaralandırma ise Çizelge 1'e göre yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamına alınan açık ve yeşil alanlarda tespit edilen bitkiler ve bu bitkilerin; yaşam formu, yaprak durumu, çiçeklenme zamanı, aromatik kısmı, zehirli kısmı, alerjen oranları ve bulunduğu bölge Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Çalışma alanlarında tespit edilen bitkiler ve özellikleri (Yılmaz vd., 2006; Knight, 2007; Nelson vd. 2007; Wagstaff, 2008; Mamikoğlu, 2012; Muca vd., 2012; Acar, 2013; Cariñanos vd., 2014; Cariñanos vd., 2016; Akkemik, 2018; Kocabaş, 2020; PFAF, 2020; Çorbacı ve Ekren, 2021a)

Latince Adı	Yaşam formu	Yaprak durumu	Çiçeklenme zamanı	Aromatik kısmı	Zehirli kısmı	Alerjen oranı	Bulunduğu bölge
İbrelî ağaçlar ve ağaççıklar							
<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Manetti ex Carriere	Egzotik	Herdem yeşil	10-11	Odun	-	Orta	3,4,5,6
<i>Cedrus libani</i> A.Rich.	Doğal	Herdem yeşil	10-11	Odun ve yaprak	-	Orta	3
<i>Cupressocyparis leylandii</i> (A.B.Jacks. & Dallim.) Dallim.	Egzotik	Herdem yeşil	4-5	-	Tüm kısımları	Yüksek	3
<i>Cupressus arizonica</i> Greene	Egzotik	Herdem yeşil	4-5	Yaprak	-	Yüksek	3,5,6
<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Egzotik	Herdem yeşil	5-6	Yaprak	Yaprak	Yüksek	3,5,6
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Doğal	Herdem yeşil	5-6	Odun	Gövde kabuğu ve yaprak	Yüksek	1,2,3,4,5,6
<i>Cupressus sempervirens</i> L. "Pyramidalis"	Doğal kültür	Herdem yeşil	5-6	Odun	Gövde kabuğu ve yaprak	Yüksek	1,2,3,4,5,6
<i>Juniperus excelsa</i> M.Bieb.	Doğal	Herdem yeşil	3-4	Yaprak (Ovulduğunda)	Kozalak	Yüksek	1,2,3,5
<i>Pinus brutia</i> Ten.	Doğal	Herdem yeşil	5-6	Reçine	-	Orta	1,2,3
<i>Pinus nigra</i> Lamb.	Doğal	Herdem yeşil	5-6	Yaprak	Gövde kabuğu	Orta	1,2,3,4,5,6
<i>Pinus pinea</i> L.	Doğal	Herdem yeşil	5-6	Yaprak	-	Orta	3
<i>Thuja orientalis</i> (L.)	Egzotik	Herdem yeşil	5-6	Yaprak (Ovulduğunda)	Tüm kısımları	Yüksek	4
<i>Thuja orientalis</i> (L.) Franco "Pyramidalis"	Egzotik kültür	Herdem yeşil	5-6	Yaprak (Ovulduğunda)	Tüm kısımları	Yüksek	1,2,3,5,6
<i>Thuja plicata</i> Donn ex D.Don	Egzotik	Herdem yeşil	5-6	Yaprak (Ovulduğunda)	Tüm kısımları	Yüksek	3,4,5
İbrelî çalılar							
<i>Juniperus sabina</i> L.	Doğal	Herdem yeşil	3-4	Yaprak (Ovulduğunda)	Tüm kısımları (özellikle dal uçları)	Yüksek	3,5,6
Geniş yapraklı ağaçlar ve ağaççıklar							
<i>Acer negundo</i> L.	Egzotik	Yaprak dökken	3-4	-	Tohum	Yüksek	3,4,5,6
* <i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Yarı doğal	Yaprak dökken	5-6	Çiçek ve yaprak	Gövde kabuğu ve yaprak	Orta	1,2,3,4
<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	Egzotik	Yaprak dökken	6-8	Çiçek	Tohum	Düşük	3,5
<i>Catalpa bignonioides</i> Walter	Egzotik	Yaprak dökken	5-6	Çiçek	Tüm kısımları	Düşük	1,2,3,5,6
<i>Celtis tournefortii</i> Lam.	Doğal	Yaprak dökken	4-5	-	-	Orta	4
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Doğal	Herdem yeşil	8-10	Tohum	-	Yüksek	5
<i>Cercis siliquastrum</i> L.	Doğal	Yaprak dökken	4-5	Çiçek	-	Düşük	1,2,3,5

Çizelge 2. devamı

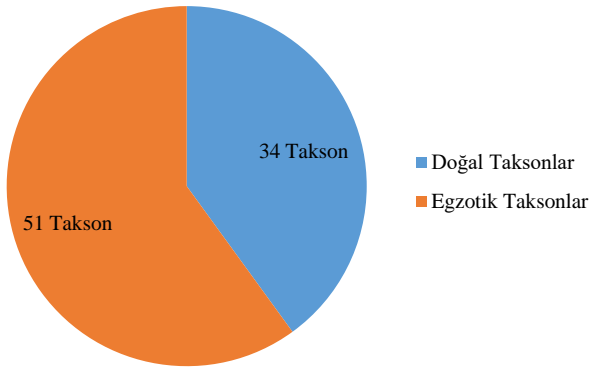
Latince Adı	Yaşam formu	Yaprak durumu	Çiçeklenme zamanı	Aromatik kısmı	Zehirli kısmı	Alerjen oranı	Bulunduğu bölge
<i>Citrus x aurantium</i> L.	Doğal melez	Herdemyeşil	4-6	Çiçek	-	Düşük	3,4
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Doğal	Yaprak döken	5-6	Çiçek	Tohum	Yüksek	1,2,3,4,5,6
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Egzotik	Herdemyeşil	11-12	Çiçek	Tohum	Düşük	4
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn.	Egzotik	Herdemyeşil	1-3	Yaprak	Yaprak	Düşük	4,5
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Egzotik	Herdemyeşil	1-3	Yaprak	Yaprak	Düşük	4
<i>Ficus carica</i> L.	Doğal	Yaprak döken	5-6	-	Özsuyu	-	1,2,3,5
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Doğal	Yaprak döken	4-5	-	-	Yüksek	1,2,3,4
<i>Koeleruteria paniculata</i> Laxm.	Egzotik	Yaprak döken	7-8	-	Tüm kısımları (Özellikle Tohumları)	Düşük	4,5
<i>Lagerstroemia indica</i> L.	Egzotik	Yaprak döken	6-8	-	-	Düşük	1,2,3,5,6
<i>Laurus nobilis</i> L.	Doğal	Herdemyeşil	3-5	Yaprak	Meyve	Yüksek	1,2,3,4,5,6
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.	Egzotik	Yaprak döken	5-6	Çiçek	Tüm kısımları	Yüksek	4
<i>Magnolia grandiflora</i> L.	Egzotik	Herdemyeşil	5-6	Çiçek	-	Düşük	5,6
<i>Melia azedarach</i> L.	Egzotik	Yaprak döken	4-5	Çiçek	Yaprak, kabuk, çiçek ve meyveleri	Düşük	1,2,3,4,5,6
<i>Morus alba</i> L.	Egzotik	Yaprak döken	5-6	-	Olgunlaşmamış meyveleri ve özsuyu	Yüksek	1,2,3,4,5,6
<i>Morus nigra</i> L. 'Pendula'	Egzotik kültür	Yaprak döken	5-6	-	Olgunlaşmamış meyveleri ve özsuyu	Yüksek	1,2,3,5,6
<i>Olea europaea</i> L.	Doğal	Herdemyeşil	6-7	Çiçek	-	Yüksek	1,2,3,5,6
<i>Paulownia tomentosa</i> Steud.	Egzotik	Yaprak döken	4-5	Çiçek	-	Düşük	3,5,6
<i>Platanus orientalis</i> L.	Doğal	Yaprak döken	4-5	-	-	Yüksek	1,2,3,4,5,6
<i>Populus tremula</i> L.	Doğal	Yaprak döken	3-4	Yaprak	-	Yüksek	4
<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	Egzotik	Yaprak döken	3-4	Çiçek	Yaprak ve tohum	Düşük	1,2,3,4,5,6
<i>Punica granatum</i> L.	Doğal	Yaprak döken	4-5	-	Meyve kabuğu	-	1,2,3,4
<i>Robinia hispida</i> L.	Egzotik	Yaprak döken	5-6	Çiçek	Kök, kabuk içi, genç yapraklar, meyve ve tohumlar	Orta	
* <i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Yarı doğal	Yaprak döken	5-6	Çiçek	Kök, kabuk içi, genç yapraklar, meyve ve tohumlar	Orta	1,2,3,4,5,6
<i>Robinia pseudoacacia</i> var. <i>umbraculifera</i> D.C.	Yarı doğal kültür	Yaprak döken	-	-	Kök, kabuk içi, genç yapraklar	-	1,2,3,4,5,6
<i>Salix babingtonii</i> L.	Egzotik	Yaprak döken	3-4	-	Gövde kabuğu	Yüksek	1,2,3,5,6
<i>Salix matsudana</i> L.	Doğal	Yaprak döken	3-4	-	Gövde kabuğu	Yüksek	3,6
<i>Sambucus nigra</i> L.	Doğal	Yaprak döken	4-5	Çiçek ve yaprak	Gövde kabukları, yaprak, meyve	Düşük	3,4
<i>Schinus molle</i> L.	Egzotik	Herdemyeşil	4-6	Meyve ve reçine	Meyve ve yaprak	Düşük	4
<i>Sophora japonica</i> L.	Egzotik	Yaprak döken	7-8	Çiçek	Gövde kabukları, meyve ve tohumlar	Düşük	3
<i>Tamarix parviflora</i> DC.	Doğal	Yaprak döken	4-5	-	-	Orta	3
<i>Tilia tomentosa</i> Moench	Doğal	Yaprak döken	6-7	Çiçek	-	Orta	4
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	Doğal	Yaprak döken	3-4	-	-	Orta	3
Geniş yapraklı çalılar ve yerörtücüler							
<i>Berberis thunbergii</i> DC.	Egzotik	Yaprak döken	4-5	Çiçek	Tüm kısımları	Yüksek	1,2,3,5,6
<i>Buddleja davidii</i> Franch.	Egzotik	Yaprak döken	6-9	Çiçek	Tüm kısımları	Düşük	5
<i>Buxus sempervirens</i> L.	Doğal	Herdemyeşil	3-4	Çiçek ve yaprak	Meyve ve yaprak	-	4
<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Skeels	Egzotik	Herdemyeşil	5-7	Yaprak	-	Düşük	3,5,6
<i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne.	Egzotik	Yaprak döken	5-6	-	Meyve	Düşük	
<i>Cyperus alternifolius</i> L.	Egzotik	Herdemyeşil	7-8	-	Tüm kısımları	Orta	3
<i>Euonymus japonicus</i> Thunb. "Green Rocket"	Egzotik kültür	Herdemyeşil	5-6	-	Tüm kısımları (özellikle tohumları)	Düşük	1,2,3,4,5,6
<i>Euonymus japonicus</i> Thunb. "Variegata"	Egzotik kültür	Herdemyeşil	5-6	-	Tüm kısımları (özellikle tohumları)	Düşük	1,2,3,4,5,6
<i>Forsythia x intermedia</i> Zabel.	Egzotik melez	Yaprak döken	3-4	-	-	Yüksek	4
<i>Gaura lindheimeri</i> Engelm. & A.Gray	Egzotik	Yaprak döken	8-10	Çiçek	-	Düşük	4
<i>Hibiscus syriacus</i> L.	Egzotik	Yaprak döken	6-8	-	Çiçek	Düşük	3
<i>Iris x germanica</i> L.	Egzotik melez	Herdemyeşil	5-6	Çiçek	Tüm kısımları	Düşük	4
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	Doğal	Herdemyeşil	6-7	Çiçek ve yaprak	Yaprak	Düşük	1,2,3,5,6
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Egzotik	Yaprak döken	5-6	Çiçek	Tüm kısımları	Yüksek	1,2,3,5,6
<i>Lonicera tatarica</i> L.	Egzotik	Yaprak döken	5-6	Çiçek	Meyve	Orta	3,5,6
<i>Nandina domestica</i> Thunb.	Egzotik	Herdemyeşil	7-8	-	Meyve	Düşük	4
<i>Nerium oleander</i> L.	Doğal	Herdemyeşil	6-8	Çiçek	Tüm kısımları	Orta	1,2,3,4,5,6
<i>Photinia x fraseri</i> Dress	Egzotik melez	Herdemyeşil	5-6	Çiçek	Çiçek	Düşük	3,5,6
<i>Pittosporum tobira</i> Thunb. Ait.	Egzotik	Herdemyeşil	5-6	Çiçek	Meyve ve yaprak	Düşük	3,4,5,6
<i>Pyracantha coccinea</i> M.Roem.	Doğal	Herdemyeşil	5-6	-	Meyve	Düşük	1,2,3,4,5,6
<i>Rosa laxa</i> Rezt.	Egzotik	Yaprak döken	5-7	Çiçek	-	Düşük	
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Doğal	Herdemyeşil	5-6	Yaprak	-	Düşük	1,2,3,5,6
<i>Spiraea japonica</i> L.f.	Egzotik	Yaprak döken	4-5	-	-	Düşük	4
<i>Spiraea x vanhouttei</i> (Briot) Zabel	Egzotik melez	Yaprak döken	4-5	-	-	Düşük	4,5,6
<i>Viburnum tinus</i> L.	Doğal	Herdemyeşil	3-4	Çiçek	Gövde kabuğu ve yaprak	Orta	4
Palmiyeler							
<i>Cycas revoluta</i> Thunb.	Egzotik	Herdemyeşil	5-6	-	Tüm kısımları	Orta	4,5,6
<i>Phoenix canariensis</i> Hort.	Egzotik	Herdemyeşil	6-7	-	Diken	Yüksek	4
<i>Washingtonia robusta</i> H. Wendl.	Egzotik	Herdemyeşil	7-8	Çiçek	Tüm kısımları	Düşük	1,2,3,4,5,6
Sukkulentler							
<i>Yucca filamentosa</i> L.	Egzotik	Herdemyeşil	5-6	-	Diken	Düşük	3,4,5,6
Sarımsaklı ve turmanlılar							
<i>Campsis radicans</i> (L.) Seem.	Egzotik	Yaprak döken	7-9	-	Tüm kısımları	Düşük	5
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> L.	Egzotik	Yaprak döken	6-7	-	Meyve	Düşük	1,2,3,4,5,6

* Bu taksonlar egzotik olmalarına rağmen Türkiye'de oldukça yaygın olarak kullanılmış olması ve istilacı özelliklerinden dolayı doğallaşmış/yarı doğal takson olarak kabul edilmektedirler.

Doğal bitki kullanımının canlı topluluklarının yaşamına ve toprağın verimliliğine önemli katkılar sunma, daha az bakıma ihtiyaç duyma, peyzaj karakterinin yeniden kazandırılmasına yardımcı olma, sağlıklı bir ekosistemin oluşmasına ya da ekosistemin onarılmasına katkıda bulunma gibi birçok yararı vardır (Çorbacı ve Ekren, 2021b). Bu nedenle çalışma alanlarında tespit edilen bitkilerin yaşam formları incelenmiştir. Çalışma alanlarında toplam 85 bitki taksonu tespit edilmiştir. Bu bitkilerin yaşam formları değerlendirildiğinde 34 bitki taksonunun doğal (Doğal: 29, Doğal Kültür: 1, Doğal Melez: 1 Yarı Doğal: 2, Yarı Doğal Kültür:1), 51 bitki taksonunun ise egzotik (Egzotik: 43, Egzotik Kültür: 4, Egzotik Melez: 4) olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Buna göre çalışma alanlarında %40 oranında doğal bitki taksonu tercih edilmişken %60 oranında ise egzotik bitki taksonuna yer verilmiştir. Dolayısı ile doğal bitki kullanımının sınırlı kaldığı söylenebilir. Bu durum ekosistemi olumsuz etkileyecek bir unsur olarak dikkat çekmektedir.

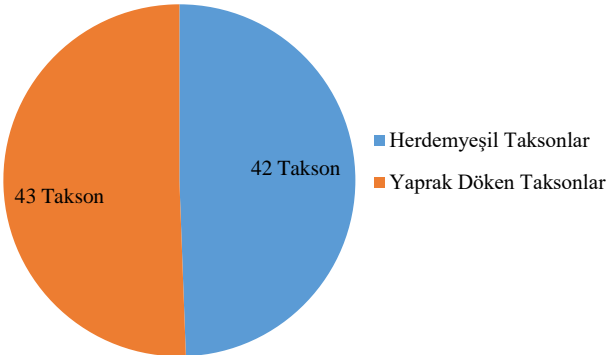
Tespit edilen bitkilerin yaprak durumları incelendiğinde 43 bitki taksonunun yaprağını döktüğü, 42 bitki taksonunun ise herdemyeşil olduğu belirlenmiştir (Şekil 3). Buna göre çalışma alanlarında yaprak döken ve herdemyeşil bitki türlerinin dengeli kullanıldığı söylenebilir. Yaprak döken ve herdemyeşil bitkilerin dengeli kullanılması bitkisel tasarımın başarısını etkileyen önemli unsurlardandır (Robinson, 2004).

Bitki taksonlarının yaşam formları



Şekil 2. Bitki taksonlarının yaşam formlarına göre dağılımı (adet)

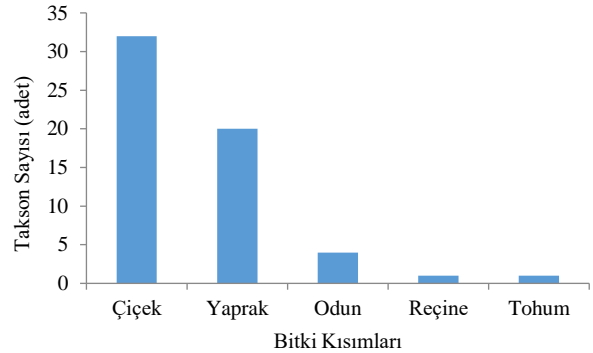
Bitki taksonlarının yaprak durumları



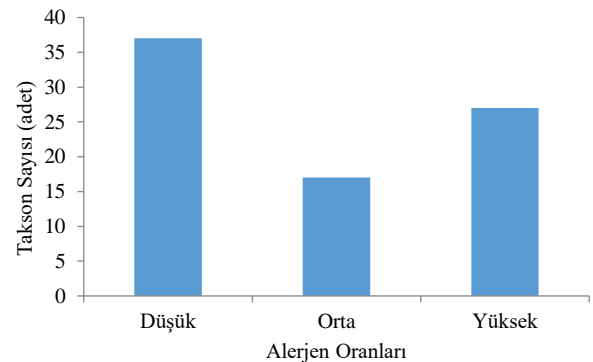
Şekil 3. Bitki taksonlarının yaprak durumlarına göre dağılımı (adet)

Bitkilerin aromatik özellikleri incelendiğinde 85 bitkiden 31'inin aromatik özelliğe sahip olmadığı, 54 bitki taksonunun ise en az bir kısmında aromatik özellik içerdiği belirlenmiştir. Bu bitkilerin aromatik özellik içeren kısımları incelendiğinde ise çiçek (32 takson) ve yaprak (20 takson) kısımlarının en çok aromatik özellik taşıyan kısımlar olarak öne çıktığı görülmektedir (Şekil 4). Aromatik bitkiler farklı renk ve dokulardaki yaprak formları, değişik renk ve yapılarıdaki çiçek ve meyveleri ile bitkisel tasarım çalışmalarında estetik ve işlevsel açıdan önemli bir yere sahiptir. Bu bitkilerin peyzaj mimarlığı çalışmalarında yer alması bu türlerin varlıklarının korunabilmesi açısından da son derece önemlidir (Bozkurt, 2019).

Bitkilerin sağladıkları olumlu faydaların yanı sıra yaşam süreçleri boyunca çevrelerine bazı olumsuz etkileri de olabilmektedir. Bu olumsuz etkiler insan sağlığı üzerinde bir takım problemlere yol açabilmektedir. Kentsel alanlarda kullanılan bazı egzotik ve istilacı bitkiler halk sağlığı sorunlarına (alerjiler, toksik etkiler vb.) neden olabilmektedir (Sarı, 2019). Bitkilerin insan sağlığı üzerindeki en önemli olumsuz etkilerinden bir tanesi de polenlerden kaynaklı alerjik reaksiyonlardır (Hsieh vd., 2019; Kasprzyk vd., 2019; Lara vd., 2019; Aerts vd., 2020). Bu nedenle çalışma alanlarında tespit edilen bitkilerin alerjen özellikleri incelenmiştir. Çalışma alanlarında tespit edilen bitkilerin alerjen oranları değerlendirildiğinde 85 bitkiden 81'inin alerjen özellik gösterdiği görülmüştür. Bu 81 bitkiden; 37'si düşük, 17'si orta, 27'si ise yüksek alerjen oranına sahiptir (Şekil 5). Buna göre çalışma alanlarında insan sağlığı üzerinde alerjik reaksiyonlara neden olabilecek bitki taksonu varlığının önemli seviyelerde olduğu görülmektedir.



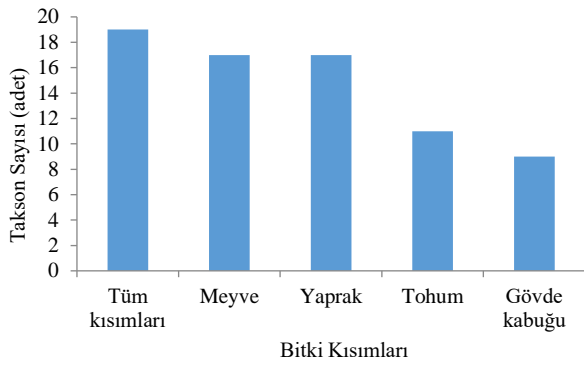
Şekil 4. Tespit edilen bitkilerin aromatik özellik içeren kısımları



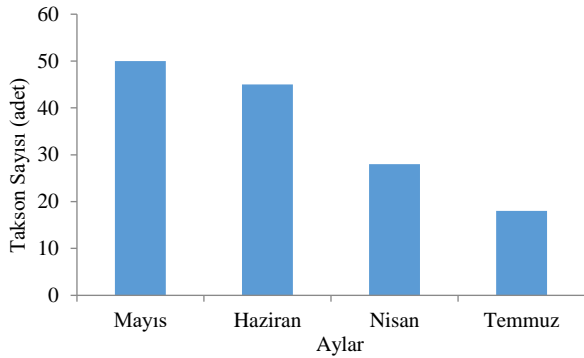
Şekil 5. Tespit edilen bitkilerin alerjen oranları

Bitkilerin çevrelerine bir diğer olumsuz etkisi de çeşitli kısımlarında zehir ihtiva etmeleridir. Bitkilerin zehir ihtiva etme durumlarının belirlenmesi ve bitkisel tasarım çalışmalarında bu özelliğin göz önünde bulundurulması gerekir. Bu nedenle çalışma kapsamında tespit edilen bitkilerin zehirli durumları incelenmiştir. Bitkilerin zehir ihtiva etme durumları incelendiğinde 85 bitkiden 26'sının herhangi bir kısmında zehir içermediği, 59 bitki taksonunun ise en az bir kısmında zehir bulunduğu belirlenmiştir. Bu bitkilerin zehirli kısımları incelendiğinde ise 19 taksonun tüm kısımlarının, 17 taksonun meyvesinin, 17 taksonun yaprağının, 11 taksonun tohumunun ve 9 taksonun da gövde kabuğunun zehir içerdiği belirlenmiştir (Şekil 6).

Bitkilerin çiçeklenme zamanları incelendiğinde Mayıs (50 takson), Haziran (45 takson), Nisan (28 takson) ve Temmuz (18 takson) aylarının öne çıktığı görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 6. Tespit edilen bitkilerin zehir ihtiva eden kısımları



Şekil 7. Tespit edilen bitkilerin çiçeklenme dönemleri

4. Sonuçlar

Kentlerde yapısal alanların çoğalması sonucunda çevresel, sosyal ve ekonomik birçok fayda sağlayan kentsel açık yeşil alanlar azalmaktadır. Bu alanların azalması da günümüzde özellikle kentlerde sıklıkla ortaya çıkan çevre sorunlarının temelini oluşturmaktadır. Bu durum kent insanının doğa ile olan bağıni koparmakta ve yaşam kalitesini azaltmaktadır.

Kentsel açık yeşil alanların temel bileşeni olarak bitkiler sadece estetik görünüşleri ile değil sağladıkları diğer önemli faydalarla (yaban hayvanları için yaşam ortamı sağlama, mikro iklimi düzenleme, hava kirliliğini azaltma, erozyon kontrolü, gürültüyü azaltma, enerji tasarrufu sağlama, karbon tutma, mekân oluşturma vb.) da son derece değerlidirler. Ancak, bitkilerin kendilerinden beklenen faydaları

sağlayabilmeleri için sahip oldukları özelliklerin bilinmesi ve bitkisel tasarımın doğru planlanıp uygulanması gerekir. Bu kapsamda bitkilerin; aromatik özellikleri, zehirli durumları ve insanlar üzerinde alerjik reaksiyonlara neden olabilecek polen yayma özelliği gösterme durumları bilgi sahibi olunması gereken önemli konular olarak göze çarpmaktadır. Bu özelliklerin bilinmesi önemli maliyetler ve yoğun emekler sonucunda ortaya çıkan bitkisel tasarım çalışmalarının başarısını artıracaktır.

Bitkisel tasarım çalışmalarında doğal bitki taksonlarının tercih edilmesi sağlıklı bir ekosistemin oluşmasına ya da ekosistemin onarılmasına önemli katkı sağlamaktadır. Çalışma kapsamında tespit edilen 85 bitki taksonunun 34 tanesinin doğal 51 tanesinin ise egzotik olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda, Şanlıurfa ili Haliliye ilçesindeki açık ve yeşil alanlarda doğal bitki kullanımının sınırlı kaldığı ve artırılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Doğal bitki türlerinin daha çok kullanılmasıyla açık ve yeşil alanların bakım maliyetleri azalacak ve bölgenin peyzaj karakterinin yeniden kazandırılması açısından önemli bir adım atılmış olacaktır.

Çalışma kapsamında tespit edilen 85 bitkiden 54'ünün en az bir kısmında aromatik özellik içerdiği belirlenmiştir. Dolayısı ile incelenen açık ve yeşil alanların aromatik bitki çeşitliliği bakımından önemli bir zenginliğe sahip olduğu görülmektedir. Bitkisel tasarım çalışmalarında yalnızca estetik açıdan değil fonksiyonel özellikleri bakımından da ön plana çıkan bitkilerin tercih edilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır. Aromatik bitkilerin kullanımının sağlanması son derece önemlidir. Ayrıca bu bitkilerin kentsel açık yeşil alanlarda kullanılmalarının yanı sıra yöre halkına tanıtılarak üretimlerinin teşvik edilmesi bölgesel kalkınma hedeflerini destekleyecektir.

Ekosisteme birçok fayda sağlayan bitkiler yaşam süreçleri boyunca çevrelerine bazı olumsuz etkilerde de bulunmaktadır. Bu etkilerden bir tanesi de polenlerden kaynaklı alerjik reaksiyonlara neden olmalarıdır. Çalışma alanlarında tespit edilen 85 bitkiden 81'inin alerjen özellik gösterdiği ve özellikle 27 bitki taksonunun yüksek alerjen oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Açık ve yeşil alanlarda polen sayımlarının yapılması ve bu doğrultuda polen takvimlerinin hazırlanması kullanıcıların sağlıklarını açısından oldukça önem arz etmektedir. Bu takvimler sayesinde kullanıcılar kendilerinde alerjik reaksiyonlara neden olan bitkilerin polenlerini hangi dönemlerde daha yoğun olarak atmosfere yaydıkları hakkında bilgi sahibi olacak ve bu konuda daha dikkatli davranacaklardır.

Bitkilerin çevrelerine bir diğer olumsuz etkileri ise zehir ihtiva etme durumlarından kaynaklanmaktadır. Çalışma kapsamında tespit edilen 85 bitkiden 59'unun en az bir kısmında zehir bulunduğu belirlenmiştir. Zehirli bitkiler konusunda en hassas olunması gereken kullanıcı grubu çocuklardır. Çocuk oyun alanları ve yakın çevresinde zehirli bitkilerin kullanılmamasına özen gösterilmelidir. Kentsel açık yeşil alanlarda zehirli bitkilerin kullanımının azaltılması veya kontrol altına alınması için gerekli sistematik, fizyolojik ve toksikolojik araştırmaların desteklenmesi ve konu ile ilgili halkın bilgilendirilmesi de son derece önemlidir. Ayrıca, bu bitkilerin içerdikleri zehir miktarlarının belirlenmesi ve zehirli olduklarının etiketlerle kullanıcılara aktarılması önem taşımaktadır.

Çalışma kapsamında yerinde yapılan gözlemler neticesinde Haliliye ilçesinin önemli ve büyük açık ve yeşil alanları olan Cumhuriyet parkı ve GAP vadisinin bitkisel çeşitlilik bakımından sınırlı kaldığı ve bu iki alanda genel

olarak aynı taksonların kullanıldığı belirlenmiştir. Bu alanlarda bitkisel çeşitliliğin özellikle doğal taksonlar tercih edilerek artırılması sağlanmalıdır. Açık ve yeşil alanlarda otopark bitkilendirmelerinin yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu konuda yapılacak çalışmalar için kentin ekolojik koşullarına başarıyla adapte olan *Fraxinus excelsior* L. (Dişbudak) önerilmektedir.

Kent genelinde toprakların kireçli olması nedeni ile bitkilerde demir klorozu yaygın olarak görülmektedir. Buna bağlı olarak açık ve yeşil alanlarda yoğun olarak kullanılan *Magnolia grandiflora* L. (Büyük Çiçekli Manolya) ve nadir kullanılan *Tilia tomentosa* Moench (Gümüşi İhlamur) taksonlarının iyi gelişme göstermediği gözlemlenmiştir. Bölgenin ekolojik koşullarına adapte olmuş ve iyi gelişme gösteren doğal türler olan *Pistacia khinjuk* Stocks (Buttum) ve *Pistacia palaestina* Boiss. (Filistin Sakızı) taksonlarının açık ve yeşil alanlarda kullanılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Acar, A., 2013. Ankara ve Kayseri illeri atmosferik polenlerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aerts, R., Stas, M., Vanlessen, N., Hendrickx, M., Bruffaerts, N., Hoebeke, L., Aerts, J.M., 2020. Residential green space and seasonal distress in a cohort of tree pollen allergy patients. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 223(1): 71-79.
- Ahern, J., Cilliers, S.S., Niemelä, J., 2014. The concept of ecosystem services in adaptive urban planning and design: A framework for supporting innovation. *Landscape and Urban Planning*, 125: 254–259.
- Akkemik, Ü., 2018. Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları I. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Aronson, M.F.J., Lepczyk, C.A., Evans, K.L., Goddard, M.A., Lerman, S.B., MacIvor, J.S., Nilon, C.H., Vargo, T., 2017. Biodiversity in the city: Key challenges for urban green space management. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15: 189–196.
- Bayramoğlu, E., Şatıroğlu, E., 2018. Plant ergonomics in sustainable cities. *Journal of International Social Research*, 11(55): 1076-1081.
- Beninde, J., Veith, M., Hochkirch, A., 2015. Biodiversity in cities needs space: A meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology Letters*, 18: 581–92.
- Boone, C., 2008. *Cities As Sustainable Ecosystems: Principles and Practices*. Island Press Paper, Washington D.C.
- Bozkurt, S.G., 2019. Gürün (Sivas) - Tohma Çayı vadisinde yetişen bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanım olanaklarının belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(1): 66-80.
- Cariñanos, P., Adinolfi, C., Guardia, C.D., Linares, C.D., Casares-Porcel, M., 2016. Characterization of allergen emission sources in urban areas. *Journal of Environmental Quality*, 45(1): 244-252.
- Cariñanos, P., Casares-Porcel, M., Quesada-Rubio, J.M., 2014. Estimating the allergenic potential of urban green spaces: A case-study in Granada, Spain. *Landscape and Urban Planning*, 123: 139-140.
- Çorbacı, Ö.L., Ekren, E., 2021a. Kentsel açık yeşil alanlarda kullanılan zehirli bitkiler üzerine bir araştırma: Rize kenti örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(3): 824-836.
- Çorbacı, Ö.L., Ekren, E., 2021b. Kentsel açık yeşil alanlarda kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin değerlendirilmesi: Rize kenti örneği. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi*, 17(1): 159-172.
- Fuller, R.A., Irvine, K.N., Devine-Wright, P., Warren, P.H., Gaston, K.J., 2007. Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. *Biology Letters*, 3: 390–394.
- Google Earth, 2022. <https://earth.google.com/web/>, Erişim Tarihi: 30.03.2022.
- Güzel, A., 2020. Şanlıurfa ili doğal coğrafya özellikleri. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(71): 195-215.
- Hatipoğlu, İ.H., Ak, B.E., 2018. Kentsel dokuda bitkilendirmenin önemini Şanlıurfa ili Karaköprü ilçesi örneğinde irdelemesi. *ISUEP 2018 Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu*, 28-30 Haziran, Eskişehir, s. 57-60.
- Hsieh, C.J., Yu, P.Y., Tai, C.J., Jan, R.H., Wen, T.H., Lin, S.W., Tseng, C.C., 2019. Association between the first occurrence of asthma and residential greenness in children and teenagers in Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12): 2076.
- Kasprzyk, I., Ćwik, A., Kluska, K., Wójcik, T., Cariñanos, P., 2019. Allergenic pollen concentrations in the air of urban parks in relation to their vegetation. *Urban Forestry & Urban Greening*, 46: 126486.
- Knight, A.P., 2007. *A Guide To Poisonous House and Garden Plants*. Teton New Media, Wyoming.
- Kocabaş, Y.Z., 2020. Türkoğlu (Kahramanmaraş) ilçe florasında bulunan zehirli bitkiler. *Türk Fen ve Sağlık Dergisi*, 1(1): 42-51.
- Lara, B., Rojo, J., Fernández-González, F., Pérez-Badia, R., 2019. Prediction of airborne pollen concentrations for the plane tree as a tool for evaluating allergy risk in urban green areas. *Landscape and Urban Planning*, 189: 285-295.
- Mamıkoğlu, N.G., 2012. Türkiye'nin Ağaçları ve Çalıları. NTV Yayınları, Ofset Filmcilik ve Matbaacılık, İstanbul.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2022. <https://www.mgm.gov.tr/> Erişim: 05.10.2022.
- Muca, B., Yıldırım, B., Özçelik, Ş., Koca, A., 2012. Isparta's (Turkey) poisonous plants of public access places. *Biological Diversity and Conservation*, 5(1): 23-30.
- Nelson, L.S., Shih, R.D., Balick, M.J., 2007. *Handbook of Poisonous and Injurious Plants*, Springer, NewYork.
- PFAF, 2020. Database Plant Search Page, Plants for A Future. <https://pfaf.org/user/Default.aspx>. Accessed: 17.01.2021.
- Pincetl, S., Prabhu, S.S., Gillespie, T.W., Jenerette, G.D., Pataki, D.E., 2013. The evolution of tree nursery offerings in Los Angeles County over the last 110 years. *Landscape and Urban Planning*, 118: 10–17.
- Robinson, N., 2004. *The Planting Design Handbook*. Ashgate Publishing, Aldershot.
- Sangwan, A., Saraswat, A., Kumar, N., Pipralia, S., Kumar, A., 2022. Urban green spaces prospects and retrospect's. In: *Urban Green Spaces* (Ed: R. A. Castanho, J.C. Fernandez), Intechopen, London, U.K, pp 17-30.
- Sarı, D., Karaşah, B., 2018. A research on preferences of planting design elements, principles and approaches in landscape design applications. *Yıldız Technical University Faculty of Architecture E-Journal (MEGARON)*, 13(3): 470–479.
- Sarı, D., 2019. Kentsel peyzajda kullanılan bazı istilacı süs bitkileri. Türkiye'den örnekler. In: *Scientific Developments* (Ed: Dalkılıç, M.), Gece Publishing, pp. 174-792.
- Sasrawat, A., Pipralia, S., 2021. *Planning Strategies for Urban Green Spaces: Scenario in Indian Cities*. LAP LAMBERT Academic Publishing, London, U.K.
- Wagstaff, D.J., 2008. *International Poisonous Plants Checklist: An Evidence-Based Reference*. CRC Press, Florida, USA.
- Yalçın, M., Çimrin, K.M., 2019. Şanlıurfa Siverek'te yaygın toprak gruplarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleriyle ilişkisi. *Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(1): 1-13. DOI: 10.18016/ksutarimdog.v22i39650.412922
- Yılmaz, H., Akpınar, E., Yılmaz, H., 2006. Peyzaj mimarlığı çalışmalarında kullanılan bazı süs bitkilerinin toksikolojik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1): 82- 95.

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 yayım 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 yayımına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayım 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.

