



Süleyman Demirel Üniversitesi

Orman Fakültesi Dergisi

Yıl
Year 2012

Cilt
Volume 13

Sayı
Number 2

ISSN: 1302-7085
e-ISSN: 1309-2111



Faculty of Forestry Journal
Süleyman Demirel Üniversitesi

Isparta



SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

Basılı ISSN: 1302-7085
Elektronik ISSN: 1309-2111

Yılda iki sayı olarak yayınlanan hakemli bir dergidir.
Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi tarafından yayınlanmaktadır.
Tarandığı indeksler: CAB Abstracts, TÜBİTAK-ULAKBİM

Dergi yayın kurulu

Editör

Nevzat Gürlevik, Yrd.Doç.Dr.

Yardımcı Editörler

A. Alper Babalık, Yrd.Doç.Dr.
Halil Özgüner, Yrd.Doç.Dr.
Halil Turgut Şahin, Doç.Dr.
H. Oğuz Çoban, Yrd.Doç.Dr.
Mehmet Korkmaz, Yrd.Doç.Dr.
Mehmet Topay, Yrd.Doç.Dr.
Yılmaz Çatal, Yrd.Doç.Dr.
Tuğba Yılmaz, Arş.Gör.
Zeynep Akgül, Arş.Gör.
Süleyman Uysal, Uzman

Kapak ve Logo Tasarım

Oğün Ç. Türkay, Orm.Yük.Müh.

Baskı

SDÜ Basımevi – Isparta

İletişim

SDÜ Orman Fakültesi, 32260, Isparta
Telefon : 0246 211 3833
Fax : 0246 237 1810
Ağ adresi : <http://edergi.sdu.edu.tr>
E-posta : ofdergi@sdu.edu.tr

Danışma kurulu

Ali Naci Tankut, Prof. Dr., Bartın Üniversitesi, Türkiye
Alois Skoupy, Prof. Dr., Mendel University, Çek Cumhuriyeti
Arif Karademir, Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye
Asko Lehtijarvi, Yrd.Doç.Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye
Aydın Tüfekçioglu, Prof. Dr., Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye
Aynur Aydın Coşkun, Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Bahar Türkyılmaz, Prof. Dr., Ege Üniversitesi, Türkiye
Cemil Ata, Prof. Dr., Yeditepe Üniversitesi, Türkiye
Emin Zeki Başkent, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye
Ertuğrul Bilgili, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye
Ferhat Gökbülak, Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Fikret Işık, Doç.Dr., North Carolina State University, ABD
Gökhan Abay, Doç. Dr., Çankırı Karatekin Üniversitesi, Türkiye
H. Hulusi Acar, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye
H. Şebnem Düzgün, Prof. Dr., Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Türkiye
Hakkı Alma, Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye
Kani Işık, Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Kenan Ok, Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Nihat Sami Çetin, Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye
Nilgül Karadeniz, Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Türkiye
Osman Karagüzel, Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Sadık Artunç, Prof. Dr., Mississippi State University, ABD
Veli Ortaçşme, Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Türkiye

SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 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. Hakemlik sürecini başarıyla tamamlayıp yayına kabul edilen çalışmalardan orijinal araştırmaya dayalı olanlara yayın aşamasında öncelik verilmekte, bununla birlikte ancak sınırlı sayıda derleme makale yayınlanmaktadır. Dergimiz ülkemizde elektronik dergicilik yaparak geniş kitlelere ulaşan ilk ormancılık dergisi olmanın ve TÜBİTAK-ULAKBİM ve CAB Abstracts gibi ulusal ve uluslararası veri tabanlarına ilk üye olan dergiler arasında yer almanın gururunu yaşamaktadır.

2000 yılından beri yayıncılık yapan dergimiz, 12. yılında kendisini yenileyerek daha modern bir yüze kavuşmuştur. Bu çerçevede, saygın bilim insanlarından oluşan yeni bir danışma kurulu oluşturulmuştur. Ayrıca, dergimizin formatı yenilenecek daha modern bir yapıya kavuşturulmuştur.

Dergimiz halen SCI değerlendirme sürecinde olup, gelecekte de kaliteye odaklı, bilimsel ilkeler çerçevesinde hızlı ve güvenilir yayıncılık yapan bir dergi olmayı hedeflemekteyiz. Bu hedefi gerçekleştirmede yanımızda olan bütün meslektaşlarımıza desteklerinden dolayı teşekkür eder, saygılar sunarız.



SÜLEYMAN DEMİREL UNIVERSITY
FACULTY OF FORESTRY JOURNAL

Print ISSN: 1302-7085
Electronic ISSN: 1309-2111

A peer reviewed journal, published biannually
Published by Süleyman Demirel University Faculty of Forestry
Indexed in CAB Abstracts, TÜBİTAK-ULAKBİM

Editorial Board

Editor-in-Chief

Nevzat Gürlevik, Asst.Prof.Dr.

Subject Editors

A. Alper Babalık, Asst.Prof.Dr.
Halil Özgüner, Asst.Prof.Dr.
Halil Turgut Şahin, Assoc.Prof.Dr.
H. Oğuz Çoban, Asst.Prof.Dr.
Mehmet Korkmaz, Asst.Prof.Dr.
Mehmet Topay, Asst.Prof.Dr.
Yılmaz Çatal, Asst.Prof.Dr.
Tuğba Yılmaz, Res.Asst.
Zeynep Akgül, Res.Asst.
Süleyman Uysal, Expert

Cover and Logo Design

Oğün Ç. Türkay, MSc

Press

SDÜ Basımevi – Isparta

Contact information

SDÜ Orman Fakültesi, 32260, Isparta
Phone : +90 246 211 3833
Fax : +90 246 237 1810
Web address : <http://edergi.sdu.edu.tr>
E-mail : ofdergi@sdu.edu.tr

Advisory board

Ali Naci Tankut, Prof.Dr., Bartın Üniversitesi, Türkiye
Alois Skoupy, Prof. Dr., Mendel University, Czech Republic
Arif Karademir, Assoc.Prof.Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye
Asko Lehtijarvi, Asst.Prof.Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye
Aydın Tüfekçioglu, Prof. Dr., Artvin Çoruh Üniversitesi, Türkiye
Aynur Aydın Coşkun, Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Bahar Türkyılmaz, Prof. Dr., Ege Üniversitesi, Türkiye
Cemil Ata, Prof. Dr., Yeditepe Üniversitesi, Türkiye
Emin Zeki Başkent, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye
Ertuğrul Bilgili, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye
Ferhat Gökbulak, Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Fikret Işık, Assoc.Prof.Dr., North Carolina State University, USA
Gökhan Abay, Assoc.Prof.Dr., Çankırı Karatekin Üniversitesi, Türkiye
H. Hulusi Acar, Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Türkiye
H. Şebnem Düzgün, Prof. Dr., Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Türkiye
Hakkı Alma, Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye
Kani Işık, Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Kenan Ok, Prof.Dr., İstanbul Üniversitesi, Türkiye
Nihat Sami Çetin, Prof.Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye
Nilgül Karadeniz, Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Türkiye
Osman Karagüzel, Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Sadık Artunç, Prof. Dr., Mississippi State University, USA
Veli Ortaççeme, Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Türkiye

SDÜ Faculty of Forestry Journal publishes scientific papers regarding forest engineering, forest products engineering, landscape architecture and wildlife ecology and management. Manuscripts submitted to our journal should be original works that haven't been published somewhere else. Manuscripts are accepted for publication once they successfully complete the review process. Original research papers are given a priority in publication and only a limited number of review papers are published. Our journal is proud to be the first forestry journal publishing electronically to reach wider communities and becoming one of the first members of national and international indexes such as TÜBİTAK-ULAKBİM and CAB Abstracts.

SDÜ Faculty of Forestry Journal has been published since 2000 and recently, some changes were made in its 12th year of publication. In this regard, a new advisory board is formed with well respected scientists. In addition, page layout has been modified to have a modern look.

Currently, our journal is in an evaluation process for SCI. For the future, it aims to stay focused on quality and perform fast and dependable publishing. We would like to thank our colleagues for their support to reach this goal.

İÇİNDEKİLER

Araştırma

- Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü doğu ladini-sarıçam karışık meşcereleri için karışık etkili doğrusal olmayan regresyon denklemleri ile doğu ladini çap-boy modellerinin geliştirilmesi
İlker Ercanlı, Aydın Kahrıman, Hakkı Yavuz..... 75-84
- Burdur Yöresi kızılçam meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin geliştirilmesi
Ramazan Özçelik, Hakkı Yavuz, Yasin Karatepe, Nevzat Gürlevik, Rüstem Kırış..... 85-91
- Göller Yöresinde yalancı akasya, Anadolu karaçamı ve Toros sediri ağaç türleri için çap-boy modeli
Yılmaz Çatal..... 92-96
- Tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) yönteminde iş verimliliği
H. Hulusi Acar, Saliha Ünver..... 97-102
- Tomrukların bölmeden çıkarılmasında TOKK-M sisteminin uygulanması
H. Hulusi Acar, Saliha Ünver..... 103-106
- Taksonomik çeşitlilik indislerinin geleneksel çeşitlilik indisleri ile karşılaştırılması
Kürşad Özkan..... 107-112
- Tarsus Yöresi makromantarları ve ektomikorizalar
Sedat Tüfekçi..... 113-118
- Türkiye'nin Batı Akdeniz Yöresinde doğal olarak yetişen dağ çayı (*Sideritis libanotica* Labill. subsp. *linearis* (Benth) Bornm) ve bayır kekiği (*Origanum sipyleum* L.) türlerinin uçucu yağ oranları ve bileşenlerinin belirlenmesi
Serhat Erbaş, Hüseyin Fakir..... 119-122
- Orman mühendislerinin orman işlevlerine ve ormancılık faaliyetlerine verdikleri önem düzeylerinin değerlendirilmesi
İsmail Şafak, Altay Uğur Gül..... 123-133
- Sandalye çerçevelerinin sonlu elemanlar analizi
Tuğba Yılmaz, Ergün Güntekin..... 134-139
- Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) kerestesi için direnç sınıflandırması
Ergün Güntekin, Tuğba Yılmaz..... 140-142
- Kayın, kavak ve okaliptüs kaplamalarından üretilen kontrplakların bazı fiziksel özellikleri
Bekir Cihad Bal, İbrahim Bektaş..... 143-149
- Isıl işlemin meşe (*Quercus petraea* L.) ağaç malzemedeki yapışma direncine etkileri
Raşit Esen, Cemal Özcan..... 150-154
- Orman ürünleri endüstrisinde kullanılan fenol ve melamin formaldehit tutkallarının paslanmaz çelik (AISI 316L) korozyonuna etkisi
Hüsnü Gerengi, Çağlar Akçay, Cengiz Güler, Halil İbrahim Şahin..... 155-161
- Erzurum tarihi kent dokusundaki değişimlerin fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilmesi
Ömer Atabeyoğlu, Hilal Turgut, Pervin Yeşil, Hasan Yılmaz..... 162-171
- Artvin ilinde doğal çevrenin kent kimliğine etkileri
Hilal Turgut, Ayşe Yavuz Özalp, Ashhan Erdoğan..... 172-180

CONTENTS

Research

- The construction of diameter-height models based on nonlinear mixed effect regression equations for oriental spruce located in mixed oriental spruce-scotch pine stands at Trabzon Forest District
İlker Ercanlı, Aydın Kahrıman, Hakkı Yavuz..... 75-84
- Compatible stem taper and volume equations for Brutian pine stands in Burdur Region
Ramazan Özçelik, Hakkı Yavuz, Yasin Karatepe, Nevzat Gürlevik, Rüstem Kırış..... 85-91
- Height-diameter model for black locust, Anatolian black pine and Taurus cedar tree species in Lakes Region
Yılmaz Çatal..... 92-96
- T Working efficiency during the controlled sliding of logs in the polyethylene chute by tractor power
H. Hulusi Acar, Saliha Ünver..... 97-102
- Implementation of the TOKK-M system for timber extraction activities
H. Hulusi Acar, Saliha Ünver..... 103-106
- Comparison of taxonomic diversity indices with traditional diversity indices
Kürşad Özkan..... 107-112
- Macrofungi of Tarsus District and ectomycorrhizas
Sedat Tüfekçi..... 113-118
- Determination of contents and components of essential oils of *Sideritis libanotica* Labill. subsp. *linearis* (Bentham) Bornm. and *Origanum sipyleum* L. grown wild in Western Mediterranean Region of Turkey
Serhat Erbaş, Hüseyin Fakir..... 119-122
- Evaluation of importance given to the functions of forests and forestry activities by forest engineers
İsmail Şafak, Altay Uğur Gül..... 123-133
- Finite element modeling of chair frames
Tuğba Yılmaz, Ergün Güntekin..... 134-139
- Strength grading of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.)
Ergün Güntekin, Tuğba Yılmaz..... 140-142
- Some physical properties of plywood produced from beech, poplar and eucalyptus veneers
Bekir Cihad Bal, İbrahim Bektaş..... 143-149
- The effects of heat treatment on shear strength of oak (*Quercus petraea* L.) wood
Raşit Esen, Cemal Özcan..... 150-154
- The corrosion effect of phenol and melamine formaldehyde glues used in the forest product industry on stainless steel (AISI 316L)
Hüsnü Gerengi, Çağlar Akçay, Cengiz Güler, Halil İbrahim Şahin..... 155-161
- Evaluation of alterations on historical urban structure of Erzurum with fractal analysis method
Ömer Atabeyoğlu, Hilal Turgut, Pervin Yeşil, Hasan Yılmaz..... 162-171
- Effects of natural environment on urban identity in Artvin
Hilal Turgut, Ayşe Yavuz Özalp, Aslıhan Erdoğan..... 172-180

Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü doğu ladini-sarıçam karışık meşcereleri için karışık etkili doğrusal olmayan regresyon denklemleri ile doğu ladini çap-boy modellerinin geliştirilmesi

İlker Ercanlı^{a,*}, Aydın Kahriman^b, Hakkı Yavuz^c

^a Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Çankırı

^b Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin

^c Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

* İletişim yazarı/Corresponding author: ilkerercanli@karatekin.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 23.03.2012, Kabul tarihi/Accepted: 02.08.2012

Özet: Tek ağaçların boy ölçümü zor ve zaman alıcı olduğundan; birçok ormancılık uygulamasında tüm ağaçların boyları ölçülememektedir. Ölçülemeyen ağaç boyları, meşceredeki ağaçların göğüs çapları ile boyları arasındaki istatistiksel ilişkileri modelleyen regresyon denklemleri ile tahmin edilmektedir. Bu çalışmada, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcerelerinde gelişim gösteren doğu ladini ağaçlarının çap-boy denklemlerinin oluşturulmasında, Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Regresyon Modelleri geliştirilmesi amaçlanmıştır. Tek ağaçların çap-boy ilişkisini modellemek üzere, Schnute (1981), Huang vd (2009), Wykoff vd. (1982)'in Karışık Etkili Model yapıları oluşturulmuş ve başarı durumlarına göre karşılaştırılmıştır. En başarılı model olarak belirlenen Schnute (1981)'in modeline ilişkin Akaike (AIC) Bilgi Ölçütü değeri; 15242 ve Bayesian (BIC) Bilgi Ölçütü değeri ise; 15257 olarak hesaplanmış olup, Schnute (1981)'in modeli ile tek ağaçların boy gelişimindeki değişimin %95'ni ($R^2=0.95$) tahmin edilmektedir. Önemli derecede açıklayıcıca sahip olan ve çap-boy verilerindeki seri korelasyon problemini taşımayan Karışık Etkili Doğrusal Olmayan Schnute (1981)'in modeli, Doğu ladini ağaçlarının boyunun tahmininde güvenilir bir şekilde kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Çap-boy ilişkisi, Doğu ladini, Karışık etkili doğrusal olmayan regresyon modeli

The construction of diameter-height models based on nonlinear mixed effect regression equations for oriental spruce located in mixed oriental spruce-scotch pine stands at Trabzon Forest District

Abstract: Because of hard-working and time-consuming measurements for tree height, heights for all tree in sample plots can't be measure in many forest applications. These unmeasured tree heights can be predicted by height-diameter models relating tree height and diameters. In modeling the relationships between tree height and diameter, autocorrelation or serially correlations can be occurred in nested sampling systems for tree data measuring forest ecosystems. In this study, it is proposed to predict Nonlinear Mixed Effect Regression Models to alleviate these autocorrelation problems for constructing stand height-diameter curves in Oriental spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) trees growing admixtures with scotch pine (*Pinus sylvestris* L.). The Schnute (1981), Huang et al. (2009), Wykoff et. al. (1982) nonlinear mixed effect model structure were predicted and compared for model height-diameter relationships in this study. In comparing these models, The Schnute (1981)'s nonlinear mixed effect model produced the best prediction results based on accuracy statistics. The Akaike (AIC) and Bayesian (BIC) Information Criterion were calculated as 15242 and 15257 and Schnute (1981) model predicted the % 95 percent of variability for height ($R^2=0.95$). Schnute (1981) model with significant explanatory at variability of height and without serial correlation in diameter and height data will be use reliably to obtain predictions for oriental spruce tree heights.

Keyword: Relationships between height and diameter, Oriental spruce, Nonlinear mixed effect regression model

1. Giriş

Meşcere yapıları hakkında bilgilerin elde edilmesinde, tek ağaçların çap ve boy değerleri büyük bir önem arz etmektedir (van Laar ve Akça, 2007). Özellikle, önemli meşcere öğeleri olan meşcere göğüs yüzeyi ve hacmi; tek ağaçların çapına, verim gücü (bonitet) ise ağaçların boyuna göre belirlenmektedir. Ayrıca çeşitli silvikültürel uygulamaların meşcere yapılarına etkilerinin belirlenmesinde ve meşcerelerin gelecekteki artım ve büyüme değerlerinin tahmin edilmesinde, tek ağaçların çap ve boy değerlerinden yararlanılmaktadır (Davis vd., 2001). Ormancılıktaki bu

önemi ile tek ağaçların çap ve boy değerleri, orman envanterinde yaygın bir biçimde ölçülen tek ağaç özelliklerini oluşturmaktadır (Avery ve Burkhart, 1983). Ormancılık envanter uygulamalarında, tek ağaçların çap ölçümü kolaylıkla gerçekleştirilebilirken, ağaçların boy ölçümü zor ve zaman alıcı olduğundan; tüm ağaçların boyları ölçülememektedir (Kalıpsız, 1984). Ölçülemeyen ağaç boyları ise, meşceredeki ağaçların göğüs çapları ile boyları arasındaki istatistiksel ilişkileri modelleyen meşcere boy eğrileri ile tahmin edilmektedir (van Laar ve Akça, 2007). Meşcere boy eğrileri; ağaçların ölçümü kolay olan çapları ile ölçümü zor olan boylarını tahmin eden çeşitli istatistiksel

fonksiyonlar ile ifade edilmektedir (Avery ve Burkhart, 1983). Genellikle doğrusal olmayan (Non-linear relationship) bir trend gösteren çap-boy ilişkileri, çok farklı doğrusal olmayan istatistiksel fonksiyonlar ile modellenmektedir (Gadow ve Hui, 1999). Curtis (1967), Clutter ve Allison (1974), Yang vd. (1978), Wykoff vd. (1982), Harrison vd. (1986), Gaffrey (1988), Huang vd. (1992), Huang ve Titus (1993), Zhang (1997), Fang ve Bailey (1998), Peng (1999), Fekedulengn vd. (1999), Jayaraman ve Zakrzewski (2001), Robinson ve Wykoff (2004) gibi çalışmalarda birçok farklı doğrusal olmayan regresyon denklemleri, çap-boy ilişkilerini modellemede kullanılmıştır. Söz konusu bu regresyon denklemlerinin elde edilmesinde ise, Doğrusal olmayan (Nonlinear regression) regresyon analizi yöntemi kullanılmaktadır. Regresyon denklemlerinin elde edilmesinde, farklı yapıdaki meşcerelerden alınan çap-boy değerleri kullanılmaktadır. Özellikle farklı sıklık, verim gücü ve yaştaki meşcerelerden elde edilen bu veriler, çap-boy ilişkilerinin temsil edilmesindeki modelleme başarısını olumsuz yönde etkilemektedir (Castedo Dorado vd., 2005). Çünkü meşcere özelliklerindeki bu değişkenliğin bir sonucu olarak, çap-boy ilişkisi meşcerelere göre önemli derecede farklılık göstermektedir (Curtis, 1967). Tek bir regresyon denklemi ile söz konusu bu farklılıkların modellenmesi ve temsil edilmesi, çoğu durumda mümkün olamamaktadır (Sharma ve Zhang, 2004). Bu bakımdan, çap-boy ilişkisini modelleyen doğrusal olmayan regresyon denklemlerinde, çeşitli meşcere özelliklerinin de (meşcere yaşı, bonitet endeksi, üst boyu, orta çapı, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi vb.) içerilmesi ve genelleştirilmiş boy denklemlerinin (*generalized height-diameter models*) geliştirilmesi önerilmiştir (Lappi, 1997). Fulton (1999), Huang vd. (2000), Peng vd. (2001), Zhang vd. (2002), Soares ve Tomé (2002), Lopéz Sánchez vd. (2003), Eerikäinen (2003), Sharma ve Zhang (2004), Temesgen ve Gadow (2004) çeşitli meşcere özelliklerini içeren genelleştirilmiş boy denklemlerini geliştirmişlerdir. Ülkemizde çeşitli türler için genelleştirilmiş çap-boy denklemleri geliştirilmiştir (Sönmez, 2009; Mısır, 2010).

Genelleştirilmiş boy denklemlerinin, ağaç çapı yanında çeşitli meşcere özelliklerini içermeleri ile belirli oranda tahmin gücü artışı elde edilmesine karşın (Sharma ve Zhang, 2004; Temesgen ve Gadow, 2004), özellikle farklı yapıdaki meşcerelerden elde edilen verilerin, bir veri havuzunda bir araya getirilmesi ile hiyerarşik veri yapıları ortaya çıkmaktadır. Hiyerarşik veri yapıları, ormancılık uygulamalarında sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Özellikle orman envanterinde, veriler; örnek alan olarak adlandırılan ve farklı meşcere yapılarını temsil etmek üzere ormanlık alanlara geçici veya devamlı olarak tesis edilen orman parçalarında yapılan ölçümler ile elde edilmektedir. Her bir örnek alan kendi içinde yetişme ortamı koşulları ve meşcere yapıları bakımından homojen bir yapıya sahip olduğu kabul edilmektedir. Farklı örnek alanlardan elde edilen bu veriler, bir veri havuzunda toplanarak; çeşitli düzeylerde büyüme modelleri, regresyon analizi ile geliştirilmektedir. Bu örnek alanlar, kendi içinde (intra) homojen ancak, kendi aralarında (inter) ise heterojen bir yapıda olup, bu şekilde edilen veri yapısı hiyerarşik bir özellik göstermektedir. Bu gibi hiyerarşik veri yapılarında, aynı grup içinde ki veriler birbiri ile bağımlı ve özelliktir. Örneğin tek ağaçların çap-boy ilişkisinde, seyrekleşen bir meşcere aynı çapa karşılık gelen büyük, sık bir meşceredeki gelişen ağaçlara oranla daha düşük değerlerde ölçülebilmektedir. Özellikle, farklı meşcere

sıklığına sahip örnek alanlardaki ağaçların boy büyümesi, sıklık olarak farklı şartlara sahip bu örnek alanlarda farklılaşarak, örnek alan içi ve ağaçlar arası etkileşim ile örnek alanlar arasında heterojen yapı söz konusu olmaktadır. Böylece regresyon modellerinin geliştirilmesinde temel varsayımlardan biri olan verilerin birbirinden bağımsızlığı varsayımı ihlal edilmektedir. Bu durum “*otokorelasyon*” veya “*seri korelasyon*” sorunu olarak adlandırılmaktadır (İyit, 2008). İstatistik bilimi; özellikle doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modellerinin elde edilmesinde, farklı zamanlarda yapılan ölçümler ile elde edilen verilerin birbirinden bağımsız olması ve homojen bir varyansa ve dolayısıyla da benzer bir varyans-kovaryans matrisine sahip olduğu varsayımını kabul etmesine karşın, gerçekte bu varsayım çoğu durumda özellikle biyolojik bir varlıkla uğraşan bilim dallarında sağlanamamaktadır (Doğanay, 2007). Bu gibi durumlarda, veriler birbiri ile ilişkili olup, deney birimleri arasında değişen varyans gözlemlenmektedir. Ölçümler ve gruplar arası varyans-kovaryans matrisinin heterojenliği, regresyon modellerinde “*otokorelasyon*” veya “*seri korelasyon*” sorunu olarak belirginleşmektedir. Veri yapısında yer alan tekrarlı ölçümlerin birbiri ile ilişkisiz ve homojen varyansa sahip olduğu varsayımı üzerine dayanan doğrusal (linear) ve doğrusal olmayan (nonlinear) modelleme yapıları, hiyerarşik bir kümelenme gösteren verilerin modellenmesinde oldukça kullanışsız ve hatalı sonuçlar veren bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (İyit vd., 2006). Searle vd. (1992), Özellikle bu gibi bir veri yapısına sahip veriler için doğrusal ve doğrusal olmayan modelleme yaklaşımlarının kullanılması, regresyon modellerinde parametrelere ilişkin güven aralıklarının sistematik bir hata ile tahmin edilmesine neden olduğunu ifade etmektedir (İyit vd., 2006). Bu durum, regresyon modellerinin sonuçlarının güvenilirliğini olumsuz yönde etkilemekte ve hatalı tahminlerin elde edilmesinde neden olabilmektedir (Ye, 2005). Bu bakımdan, verilerin bağımsızlığı varsayımının sağlanmadığı hiyerarşik veri yapılarında; doğrusal regresyon modellerinin geliştirilmesinde EN Küçük Kareler Yöntemi (Ordinary Least Squares, OLS) ve doğrusal olmayan regresyon modellerinde çeşitli sayısal çözümleme yöntemleri ile parametre tahmini tekniklerinin kullanımı yerine, özellikle Varyans-kovaryans matris yapısının modellenmesine imkan sağlayan *Doğrusal veya Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modelleme (Linear or Nonlinear Mixed Effect Models)* yaklaşımının kullanımı öne çıkmaktadır (Keselman vd., 1998; Wolfinger ve Chang, 1999; Littell vd., 2005). Özellikle son yıllardaki çap-boy denklemlerinin geliştirilmesinde, Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modeller (Nonlinear Mixed Effect Models) sıklıkla kullanılmaktadır (Mehtatalo, 2004; Lynch vd., 2005; Calama ve Montero, 2004; Castedo Dorado vd., 2006; Sharma ve Parton, 2007; Trincado vd. 2007; Saunders ve Wagner, 2008; Budhathoki vd., 2008; Adame vd., 2008; Crecente-Campo vd., 2010). Ülkemizde ise, doğrusal olmayan karışık etkili modellerin bir uygulaması olarak, Özcelik vd. (2011) tarafından karışık etkili gövde profili denklemleri geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus silvestris* L.) karışık meşcerelerinde yer alan Doğu ladini ağaç türünün çap-boy ilişkisini modelleyen doğrusal olmayan karışık etkili regresyon denklemlerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca çeşitli doğrusal olmayan regresyon modellerinin

kullanımı ile birlikte Karışık Etkili Modelleme yaklaşımı da açıklanacaktır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmada, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Doğu Ladini-Sarıçam karışık meşcerlerinden (LCs veya CsL) alınan 106 örnek alan kullanılmıştır (Ercanlı, 2010). Ercanlı (2010) çalışmasında, Torul Orman İşletme Müdürlüğü Zigana Orman İşletme Şefliğinden 30, Kürtün OİŞ'den 20, Sarıçadağ OİŞ'den 18, Örumcek OİŞ'den 20, Maçka Orman İşletme Müdürlüğü Çatak OİŞ'den 8 ve Sürmene OİM Çaykara OİŞ'den 10 adet olmak üzere toplam 106 adet örnek alan Trabzon Orman Bölge Müdürlüğünden alınmıştır. Çizelge 1'de, örnek alanlara ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler verilmiştir.

Örnek alan büyüklüğü, meşcere kapallığı ve karışımı temsil durumuna göre 600-1200 m² arasında değişmektedir. Örnek alanlar, çalışma alanındaki farklı yaş, verim gücü, sıklık ve karışım oranlarını temsil edecek şekilde alınmıştır. Her bir örnek alanda; göğüs çapları 8 cm ve daha büyük tüm ağaçlarda göğüs çapı ve çap basamaklarında dengeli bir şekilde dağıtılan 20-25 ağaçta boy ölçülmüştür. Ölçülen bu boy değerlerinin ayrıca hektarda 100 ağaç yöntemine göre belirlenmiş sayıda en boylu ağaçları içermesine de özen gösterilmiştir. Çap ölçümleri, çap ölçer ile mm hassasiyetinde, boy ölçümleri ise; Vertex Haglöf Boy Ölçer ile cm hassasiyetinde gerçekleştirilmiştir.

Karışık etkili çap-boy denklemlerinin parametrelerinin tahmininde ve bu denklemlerin çeşitli meşcerelere kalibre edilmesinde kullanılan veriler olmak üzere rastgele iki gruba ayrılmıştır. I. grupta, toplam verinin yaklaşık %81'i (86 örnek alan), II. grupta ise yaklaşık %19'u (20 örnek alan) bulunmaktadır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri

Ağaçların çapları ile boyları arasındaki istatistiksel ilişkilerinin modellenmesindeki başarıları karşılaştırmak üzere, lokal ve genelleştirilmiş birçok farklı regresyon denklemi kullanılmaktadır (Huang vd., 1992; Fang ve Baily, 1998; Peng, 1999; Gadow vd., 2001; Soares ve Tomé, 2002; Temesgen ve Gadow, 2004). Lei ve Paresol (2001), regresyon denklemlerden çap-boy ilişkisini modellemek üzere seçilen modelin; (i) monotonik artış (ii) büküm noktası

(inflection point) ve (iii) yatay asimptot gibi matematiksel özellikleri taşıması gerektiğini ifade etmektedir. Peng (2001) ise, modellerin parametre sayısı, biyolojik açıklanabilirliği ve model tahminlerinin geçerliliği gibi özelliklerinin de önemli özellikler olduğunu belirtmektedir (Castedo-Dorado vd., 2006).

Schnute (1981) denklemi, yatay asimptota sahip olması ile farklı çap-boy ilişkilerini modellemekte oldukça başarılı olup, ayrıca doğrusal olmayan modelleme ile kolaylıkla çözüm (*Yakınsak Çözüm*) elde edilebilmektedir (Lei ve Paresol, 2001). Schnute (1981) denklemi aşağıda verilmiştir.

$$h = \left(h_1^{b_1} + (h_2^{b_1} - h_1^{b_1}) \frac{1 - e^{-b_2(d-d_1)}}{1 - e^{-b_2(d_2-d_1)}} \right)^{\frac{1}{b_1}} + \varepsilon \quad (1)$$

Bu eşitlikte; h tahmin edilecek ağaç boyunu (m), d göğüs çapını (cm), d₁ örnek alandaki minimum göğüs çapını (cm), d₂, örnek alandaki maksimum göğüs çapını (cm), örnek alanda d₁ çapına karşılık gelen ağaç boyunu (m), h₂, örnek alanda d₂ çapına karşılık gelen ağaç boyunu (m), b₁ ve b₂ model parametreleri ve ε ise model hatasını ifade etmektedir. Genel bir uygulama olarak, çap-boy denklemlerini göğüs çapının 0 (d=0) olduğu durumda boyu 1.3 m (h=1.3) olarak tahmin edecek şekilde düzenlenmektedir (Castedo-Dorado vd., 2006). Bu özellik, örnek alandaki en küçük çapı ifade eden d₁ değişkenini; 0, örnek alandaki d₁ çapına karşılık gelen boyu ifade eden h₁ değişkenini; 1.3 olarak modele ilave edilmesi ile sağlanmaktadır. Ayrıca modelde en kalın çaplı ağacın çapının d₂ ve bu çapa karşılık gelen boyun h₂ kullanılması, veri setindeki aşırı değerlerin model tahminlerini olumsuz bir şekilde etkileyebilmesi gibi bir sonucun elde edilmesine neden olabilmektedir (Fang ve Bailey, 1998). Bu nedenle; modelde d₂ ve h₂ değişkenleri yerine, örnek alanda hektarda 100 ağaç yöntemine göre belirlenmiş en kalın çaplı ağaçların ortalama çapı D₀ ve boyu H₀ kullanılması önerilmektedir (Castedo-Dorado vd., 2006). Böylece yapılan düzenlemeler ile Schnute (1981) denklemi aşağıdaki şekli almaktadır.

$$h = \left(1.3^{b_1} + (H_0^{b_1} - 1.3^{b_1}) \frac{1 - e^{-b_2 d}}{1 - e^{-b_2 D_0}} \right)^{\frac{1}{b_1}} + \varepsilon \quad (2)$$

Ağaçların çap-boy ilişkilerini modellemede başarılı diğer bir doğrusal olmayan regresyon denklemi, Chapman-Richards modelinin düzenlenmiş biçimi olan Huang vd (2009)'ın modeli aşağıda verilmiştir.

$$h = 1.3 + (b_1 + b_2 H_{dom}) [1 - e^{-b_3 d}]^{b_4} + \varepsilon \quad (3)$$

Çizelge 1. Çalışma materyali Doğu Ladinine ilişkin bazı istatistiksel bilgiler

Değişkenler	Model	Minimum	Maksimum	Aritmetik ortalama (\bar{X})	Standart sapma (s)
Çap	Modelleme (I. Grup veri)	6.00	100.20	19.53	8.95
	Kalibrasyon (II. Grup Veri)	5.50	62.00	18.32	8.46
Boy	Modelleme (I. Grup veri)	3.20	36.40	14.64	5.59
	Kalibrasyon (II. Grup Veri)	4.50	32.00	14.03	5.77
D ₀	Modelleme (I. Grup veri)	22.11	47.20	34.05	3.62
	Kalibrasyon (II. Grup Veri)	21.50	47.35	31.90	6.35
H ₀	Modelleme (I. Grup veri)	10.86	29.78	21.64	3.51
	Kalibrasyon (II. Grup Veri)	12.17	30.67	21.65	4.08
H _{dom}	Modelleme (I. Grup veri)	11.15	30.80	22.35	3.62
	Kalibrasyon (II. Grup Veri)	12.42	30.67	21.35	4.39

D₀ ve H₀ değişkenleri; örnek alanda hektarda 100 ağaç yöntemine göre belirlenmiş en kalın çaplı ağaçların ortalama çapı ve boyunu, H_{dom}, örnek alanda hektarda 100 ağaç yöntemine göre belirlenmiş sayıda en boylu ağaçların boy ortalamasını ifade etmektedir.

Bu çalışmada kullanılan son çap-boy denklem, PROGNOSIS büyüme modelinde de kullanılmış olan Wykoff vd. (1982)'in modelidir. Wykoff vd. (1982)'in aşağıdaki şekildedir.

$$h = 1.3 + e^{[(b_1) + \frac{b_2}{d}]} + \varepsilon \quad (4)$$

Söz konusu bu model, diğer iki modelden farklı olarak, meşcere ait özellikleri içermemektedir. Böylece meşcere özellikleri içeren modelleme yapısı ile içermeyen modellerin, çap-boy ilişkilerini modellemedeki başarılarının karşılaştırma imkanı elde edilmiş olacaktır.

2.2.2. Karışık Etkili Modelleme (Nonlinear Mixed Effect Models)

Karışık etkili modellemenin model yapısı, doğrusal ve doğrusal olmayan modelleme farklı olarak, parametrelerin sabit ve rasgele etkilere ilişkin parametre olmak üzere iki gruba ayrıldığı bir yapıya dayanmaktadır. Sabit etkili parametre toplumun tamamı için geçerli olan genel trendi ifade ederken, rasgele etkili parametre ise farklı örnekleme üniteleri arasında oluşan değişkenliği tanımlamaktadır. Karışık modellerde model yapısı aşağıda verilmiştir.

$$Y_{ij} = f(\Phi_i, X_{ij}) + \varepsilon_{ij} \quad (5)$$

Y_{ij} i. örnek alandaki (tekrarlı ölçümlerde, i. ölçüm) j. ağaca ilişkin ölçülen bağımlı değişken değerini, X_{ij} i. örnek alandaki (tekrarlı ölçümlerde, i. ölçüm) j. ağaca ilişkin ölçülen bağımsız değişken değerini, Φ_i modele ilişkin parametre değerlerini, ε_{ij} model hatalarını göstermektedir (Calama ve Montero, 2004; Castedo Dorado vd., 2006; Crecente-Campo vd., 2010). Karışık modellerin, model parametrelerini sabit etkili ve rasgele etkili parametre olarak iki sınıfta değerlendirmesi ise aşağıdaki formül ile gösterilebilir (Castedo Dorado vd., 2006).

$$\Phi_i = A_{ij}\beta + B_{ij}b_i \quad (6)$$

Bu gösterimde, β sabit etkilere ilişkin parametre olup, popülasyonun tamamı için hesaplanırken, b_i rasgele etkilere ilişkin parametre olup, örnek alanlar arasındaki veya tekrarlı ölçümlerde ölçüm periyotları arasındaki farklılığı tanımlamaktadır. Karışık modelleme yaklaşımında, sabit etkili parametreler, modellerin tahmin edilmesi süreci ile birlikte elde edilir. Sabit etkili parametreler, modelin geliştirildiği tüm toplum için geçerli olan ve söz konusu toplumun büyümedeki genel eğilimlerini ortaya koymaktadırlar. Sabit etkili parametrelere ilişkin tahminler, örnek alandan örnek alana veya meşcereden meşcere göre farklılıklar göstermezler, tüm toplum için sabit değerlerdir. Diğer taraftan, rasgele etkili parametrelerin tahmini ise, modellerin uygulanacağı örnek alan veya meşcere için gerçekleştirilir. Örnek alandan örnek alana ve meşcereden meşcere değişkenlik gösterirler. Rasgele değişkenlerin, farklı örnek alanlar ve meşcereler için tahmin edilebilmesi, özellikle karışık etkili modellerin farklı meşcerelerin sahip olduğu büyümedeki değişkenliği temsil edebilecek tahminlerin elde edilmesine imkan sağlamaktadır. Bu durum, karışık etkili modellerin, farklı örnek alanlarda

tahmin başarılarını ve gerçekçiliğini artırmaktadır (Crecente-Campo vd., 2010).

Karışık modellerde, rasgele etkilere ilişkin parametreye ve model hataları için temel varsayım,

$$b_i \sim N(0, D) \quad (7)$$

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, R) \quad (8)$$

biçiminde gösterilip, b_i rasgele etkilere ilişkin parametrenin, aritmetik ortalaması 0 ve varyansı D, model hatası olan ε_{ij} 'nin, aritmetik ortalaması 0 ve varyansı R olan bir normal dağılıma sahip olduğu şeklinde ifade edilebilir. Bu varsayımlarda ifade edilen D ve R matrislerinin tahmini, karışık modellerin önemli bir yönünü oluşturmaktadır (Lappi, 1997). D matrisi, örnek alanlar arasındaki (tekrarlı ölçümlere ölçüm periyotları arasında) değişkenliği ifade eden ve pozitif tanımlı varyans-kovaryans matrisi iken, R matrisi ise örnek alan içindeki veriler arasındaki değişkenliği tanımlayan varyans-kovaryans matrisidir. Özellikle gerek örnek alanlar (tekrarlı ölçümlere ölçüm periyotları arasında) gerekse örnek bireyler arasındaki değişkenliği tanımlayan ve modelleyen söz konusu bu D ve R varyans-kovaryans matrislerinin formülleri aşağıdaki eşitliklerle gösterilebilir.

$$D = \begin{bmatrix} \sigma_u^2 & \sigma_{uv}^2 \\ \sigma_{uv}^2 & \sigma_v^2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$R = \sigma^2 I_i \quad (10)$$

Yukarıda gösterilen bu eşitliklerde, σ_u^2 ; u rasgele etkili parametrenin varyansını, σ_v^2 ; v rasgele etkili parametrenin varyansını, σ_{uv}^2 ; rasgele etkili parametreler arasındaki kovaryansını, σ^2 ; modele ilişkin hata değerini, I_i ; satır-sütun sayısı karışık modelin uygulanacağı örnek alandaki kalibrasyon için kullanılacak veri sayısına eşit olan ve sabit olmayan varyansı tanımlayan diagonal matris değeridir (Castedo Dorado vd., 2006; Trincado vd., 2007).

Sabit etkili parametrelerin tahmin edilmesini izleyen sonraki süreçte, karışık etkili modellerin farklı yetiştirme ortamları ve örnek alanlar için kullanılabilmesi için; rasgele etkili parametrelerin, bu alanlardan alınacak yeni verilere bağlı olarak tahmin edilmelidir. Rasgele etkili parametrelerin söz konusu bu örnek alanlar için tahmin edilmesi ile karışık modeller bu alanlar için uygulanabilir bir duruma gelmektedir ki, karışık etkili modelleme çalışmalarında bu süreç; modellerin “kalibre edilmesi, Calibration” olarak adlandırılmaktadır (Crecente-Campo vd. (2010). Kalibre edilen modeller ile bu alanlar için daha doğru, tutarlı ve güvenilir tahminlerin elde edilmesi imkanları sağlanmaktadır (Castedo-Dorado vd., 2006; Crecente-Campo vd., 2010). Karışık etkili modellerde, örnek alanlardan yeni elde edilen gözlem değerleri kullanılarak, rasgele parametreler hesaplanmakta ve popülasyonun tamamı için geçerli olan sabit etkili parametre değerlerine, bu rasgele parametre eklenerek (rastgele parametre negatif ise; çıkarılarak), söz konusu örnek alan için geçerli parametre değerleri hesaplanmaktadır. Ormancılık uygulamalarında karışık modellerin kalibre edilmesinde, Lappi (1991)'nin ormancılıkta ilk olarak

kullandığı ve Henderson eşitlikleri olarak da adlandırılan *En iyi Doğrusal Yansız Ön kestirici (Best Linear Unbiased Predictor, BLUP)* yöntemi kullanılmaktadır. Hökkä (1997), Jarayaman ve Lappi (2001), Jayaraman ve Zakrzewski (2001), Calama ve Montero (2004), Mehtätalo (2004), Lynch vd., 2005; Castedo Dorado vd., 2006; Crecente-Campo vd. (2010) çalışmalarında, rasgele etkili parametre tahmininde Henderson eşitliklerini kullanılmışlardır.

En iyi Doğrusal Yansız Ön kestirici (Best Linear Unbiased Predictor, BLUP) yöntemi, özellikle rasgele etkili parametrenin tahmininde kalibre edilecek yetişme ortamı veya örnek alanda belirli sayıda yeni verinin ölçümüne gerek duymaktadır (Crecente-Campo vd., 2010). Özellikle, örnek alanlarda hangi ağaçların (En kalın, en ince veya orta çapa yakın ağaçlar) ölçüleceğinin belirlenmesi, karışık etkili modellerin “Kalibrasyon Yanıtı” (Calibration response) olarak adlandırılmaktadır. Bu amaçla, örnek alanlarda, farklı özellikte ve sayıda ağaçlar kullanılarak, rasgele parametreler hesaplanmakta, bir sonraki aşamada yapılan tahminlerin hata değerleri analiz edilmektedir. Bu yöntem ile rasgele etkili parametre, aşağıdaki eşitlikle tahmin edilmektedir.

$$\hat{b}_i \approx DZ'_i(R + Z_iDZ'_i)^{-1}(Y_i - A_{ij}\beta) \quad (11)$$

Bu eşitlikte yer alan D ve R bileşenleri, daha önce tanımlanmış varyans-kovaryans matrisleri olup, Z_i bileşeni; rasgele etkili parametreler için dizayn matrisi iken Z'_i; Z_i matrisinin tersi olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca yukarıdaki eşitlikte, (Y_i-A_{ij}β) bileşeni, karışık modelde sadece sabit etkili parametreler kullanılarak yapılacak tahminin, gözlem değerinden çıkarılması ile hesaplanmaktadır (Schmidt vd., 2010).

Bu çalışmada, karışık modellerin kalibrasyon yanıtını belirlemesinde aşağıdaki seçenekler denemiştir (Paulo vd., 2011; Crecente-Campo vd., 2010);

- 1.) Örnek alanda sırasıyla en küçük çapa sahip üç ağacın çapı ve boyları (1., 2. ve 3. en küçük çapa sahip ağaç)
- 2.) Örnek alandaki sırasıyla en kalın çapa sahip üç ağacın çapı ve boyu (1., 2. ve 3. en kalın çapa sahip ağaç)
- 3.) Örnek alanda göğüs yüzeyi orta ağacının çapına yakın üç ağacın çapı ve boyu

Yukarıda ifade edilen seçeneklere bağlı olarak, II. veri grubunu oluşturan ve çap-boy modellerinin tahmin edilmesinde kullanılmayan 20 adet örnek alandaki çap-boy değerleri ile ilk olarak BLUP yöntemine ilişkin 11 numaralı eşitlikle rasgele parametre tahmin edilerek, karışık etkili modeller; söz konusu bu örnek alanlar için kalibre edilmiştir. Daha sonra, örnek alanlar için kalibre edilen karışık model eşitlikleri ile söz konusu çaplara ilişkin boylar tahmin edilip, arazide ölçülen boy değerleri arasındaki fark olarak hesaplanan model hataları analiz edilmiştir. Özellikle, en düşük hata değerine sahip olan seçenek, karışık modellerin kalibre edilmesinde kullanılabilir kalibrasyon yanıtı olarak seçilmiştir. Özellikle, karışık etkili modellerin kalibrasyon yanıtının belirlemesindeki rastgele parametrelerin tahminleri; Trincado vd. (2007) tarafından verilmiş olan SAS program kaynak kodu kullanılmıştır.

Karışık etkili modellerin kalibrasyon yanıtını belirlemesinde karşılaştırılan bu seçeneklerden en iyi sonucu veren seçeneğin belirlenmesinde ise; Ortalama Hata (bias) ve Hataların Ortalama Kare Kökü (Root Mean Standart Error, RMSE) değerleri kullanılmıştır.

$$\text{Ortalama Hata (Bias)} = \frac{\sum(h_i - \hat{h}_i)}{n} \quad (12)$$

$$\text{Hataların Ortalama Kare Kökü (RMSE)} = \sqrt{\frac{\sum(h_i - \hat{h}_i)^2}{n-1}} \quad (13)$$

Bu formüllerde, h_i; arazide ölçülmüş olan boyları, \hat{h}_i ; model ile tahmin edilen boyları ve n; veri sayısını göstermektedir.

2.2.3. Karışık Etkili Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri

Bu çalışmada, çap-boy ilişkilerinin modellenmesinde; karışık etkili modelleme yapısı Castedo-Dorado vd. (2006) tarafından düzenlenmiş olan Schnute (1981)'in modeli (Model 1), Huang vd (2009)'in düzenlediği Chapman-Richards modeli (Model 2) ve Meng vd. (2008) tarafından düzenlenmiş olan Wykoff vd. (1982)'in modeli (Model 3) kullanılmıştır. Özellikle bu modellerin karışık etkili model yapıları, sözü edilen çalışmalardan elde edilmiş ve aşağıda verilmiştir. Schnute (1981) denkleminin karışık etkili model yapısı aşağıdaki gibidir (Castedo-Dorado vd., 2006).

Model 1:

$$h = \left(1.3^{b_1+v} + (H_0^{b_1+v} - 1.3^{b_1+v}) \frac{1-e^{-(b_2+u)d}}{1-e^{-(b_2+u)D_0}}\right)^{\frac{1}{b_1+v}} + \varepsilon \quad (14)$$

Denklemden, b₁ ve b₂ modelin sabit etkili parametreleri olup, u ve v parametreleri ise rastgele etkili parametreleri ifade etmektedir. Chapman-Richards modelinin karışık etkili model yapısı düzenlenmiş biçimi aşağıdaki gibidir (Huang vd., 2009).

Model 2:

$$h = 1.3 + \left((b_1 + v) + b_2 H_{dom}\right) [1 - e^{-b_3 d}]^{(b_4+u)} + \varepsilon \quad (15)$$

Wykoff vd. (1982)'in modelinin Meng vd. (2008) tarafından düzenlenmiş karışık etkili model yapısı ise şu şekildedir:

Model 3:

$$h = 1.3 + e^{\left[(b_1+u) + \frac{(b_2+v)}{d}\right]} + \varepsilon \quad (16)$$

Yukarıda eşitlikleri verilen doğrusal olmayan karışık etkili regresyon modellerinin parametre tahminlerinin elde edilmesinde, Maksimum Olabilirlik (Maximum Likelihood) yöntemini esas alan SAS İstatistik Paket Programındaki NLMIXED prosedürü kullanılmıştır (SAS, 2004). Bu çalışmada kullanılan farklı regresyon modellerinin karşılaştırılarak, ağaçların çap-boy ilişkisini modellemedeki en başarılı denklemin belirlenmesinde ise; Belirtme Katsayısı (R²), Akaike Bilgi Ölçütü (Akaike's Information Criterion, AIC) ve Bayesian Bilgi Ölçütü (BIC) kullanılmıştır. Özellikle kullanılan regresyon modelleri ile bağımlı değişkendirdeki açıklanan değişkenliğin oranını veren belirtme katsayısının olabildiğince büyük ve 1'e yakın, AIC ve BIC ölçütlerinin ise olabildiğince küçük olması istenilmektedir (Castedo-Dorado vd., 2006). AIC ve BIC ölçütleri, çap-boy denklemlerinin karşılaştırılmasında yaygın bir biçimde kullanılan başarı ölçütleri olup, başarı ölçütlerine ilişkin eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$AIC = -2\log L + 2q \quad (17)$$

$$BIC = -2\ln(L) + q\ln(N) \quad (18)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n (h_{ij} - \hat{h}_{ij})^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n (h_{ij} - \bar{h}_{ij})^2} \quad (19)$$

Bu eşitliklerde, L ; *Logaritmik Likelihood* fonksiyonun maksimum değerini, q ; tahmin edilen sabit etkili ve rasgele etkili varyans bileşeni sayısını, N ; örnek alan sayısını, n örnek alandaki boyu ölçülen ağaç sayısını, h_{ij} ve \hat{h}_{ij} ölçülen ve tahmin edilen ağaç boylarını ifade etmektedir.

3. Bulgular

Ağaçların çap ve boyları arasındaki ilişkiyi modelleyen karışık etkili doğrusal olmayan modellerin sabit etkili parametreleri (b_1, b_2), rasgele parametrelere ilişkin varyans değerleri (σ_u^2, σ_v^2), kovaryans değerleri ile modellerin başarı ölçütleri olan Akaike ve Bayesian Bilgi Ölçütü değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Model 1'e ilişkin AIC değeri; 15242 ve BIC değeri 15257, Model 2'e ilişkin AIC değeri; 15501 ve BIC değeri 15520 ve Model 3 için ise; AIC değeri; 15693 ve BIC değeri 15708 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Modellerin belirtme katsayıları ise sırasıyla 0.95, 0.88, 0.80'dir. Özellikle karışık etkili doğrusal olmayan regresyon modellerinin karşılaştırılmasında, belirtme katsayısı yerine AIC ve BIC değerleri tercih edilmekte ve bilgi kriterleri sayısal değer olarak küçük hesaplanan regresyon modelleri, başarılı model olarak değerlendirilmektedir (Castedo-Dorado vd., 2006). Bu çalışmada karşılaştırılan denklemlerden, en küçük AIC ve BIC değerlerine sahip ve Castedo-Dorado vd. (2006) tarafından karışık etkili model eşitliği düzenlenmiş olan Schnute (1981)'un modeli; ağaçların çap-boy ilişkisini modellemede en başarılı denklem olarak belirlenmiştir.

Karışık etkili modelleme sürecinde, en önemli bir aşamada; çap-boy değerlerinin modellenmesinde başarılı olarak belirlenen model kalibrasyon yanıtlarının ortaya konulmasıdır. Bu amaçla modellerin oluşturulmasında ve parametre tahminlerinde kullanılmamış olan 20 adet örnek alan verisi (II. veri grubu) ile Schnute (1981) modeli (Model 1) kalibre edilmiştir.

Schnute (1981) modeli, II. veri grubuna kalibre edilirken ilk önce, D ve R varyans-kovaryans matrislerinin belirlenmesi gerekir. 9 ve 10 numaralı matris formülleri ve Çizelge 2'de verilen rasgele etkili parametrelere ilişkin tahmin sonuçları yerine konursa, D ve R varyans-kovaryans matrisleri aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$D = \begin{bmatrix} 0.001817 & -0.02385 \\ -0.02385 & 0.3507 \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$R = 4.0449 \cdot I(3) \quad (21)$$

Yukarıda gösterilen Schnute (1981) modeline ilişkin matris eşitliklerinde, 0.001817 değeri; u rasgele etkili parametrenin varyansını, 0.3507 değeri; v rasgele etkili parametrenin varyansını, -0.02385 değeri; rasgele etkili parametreler arasındaki kovaryansını, 4.0449 değeri; modele ilişkin hata değerini; I(3)3x3'lük (karışık modelin uygulanacağı örnek alanda kalibrasyon için seçilmiş veri sayısı) diagonal matris değerlerini göstermektedir. Bu çalışmada, diagonal matris 3x3'lük matrisi ifade etmesi ile birlikte, özellikle karışık etkili modeller; örnek alanlarda 3 ağaç yerine 4 ya da 5 ağaç ile kalibre edildiklerinde; 4x4 ya da 5x5'lik diagonal matrisler kullanılabilir. D ve R varyans-kovaryans matrisleri belirlendikten sonra, kalibrasyon verisini oluşturan 20 örnek alanındaki en küçük üç ağacın çapı ve boyu (1. Seçenek), en kalın üç ağacın çapı ve boyu (2. Seçenek) ve göğüs yüzeyi orta ağacının çapına yakın üç ağacın çapı ve boyu (3. Seçenek) değerleri kullanılarak, En iyi Doğrusal Yansız Ön kestirici (Best Linear Unbiased Predictor, BLUP) yöntemine ilişkin 11 numaralı eşitlikle rasgele etkili parametreler, söz konusu bu örnek alanlar için hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda, daha öncede ifade edildiği üzere Trincado vd. (2007) tarafından verilmiş olan SAS program kaynak kodu kullanılmıştır.

Kalibrasyon yanıtlarına ilişkin seçeneklerin karşılaştırılmasında ise, Ortalama Hata (bias) ve Hataların Ortalama Kare Kökü (Root Mean Standart Error, RMSE) değerleri hesaplanmıştır. 1. Seçeneğe ilişkin ortalama hata değeri (bias); 1.922 m, 2. Seçeneğe ilişkin ortalama hata değeri; 0.1747 m ve 3. Seçeneğe ilişkin ortalama hata değeri; 0.3059 m'dir. 1. Seçeneğe ilişkin Hataların Ortalama Kare Kökü değeri; 3.3608 m, 2. Seçeneğe ilişkin Hataların Ortalama Kare Kökü değeri; 2.3637 m ve 3. Seçeneğe ilişkin Hataların Ortalama Kare Kökü değeri; 2.3146 m'dir. Bu hatalar değerlendirildiğinde, örnek alanındaki en küçük üç ağacın çapı ve boyuna dayanan 1. Seçeneğin, Ortalama Hata ve Hataların Ortalama Kare Kökü değerleri bakımından en başarısız sonuçlara sahiptir. Diğer taraftan, Ortalama Hata bakımından en kalın üç ağacın çapı ve boyuna dayanan 2. Seçeneğin en iyi, Hataların Ortalama Kare Kökü değeri bakımından ise göğüs yüzeyi orta ağacının çapına yakın üç ağacın çapı ve boyuna dayanan 3. Seçeneğin en iyi sonuçlara sahiptir. Ancak Ortalama Hata değeri bakımından 2. Seçenek, 3. Seçeneğe göre %42.89 [(0.1747-0.3059)/0.3059] daha başarılı iken, Hataların Ortalama Kare Kökü değeri bakımından 3. Seçenek, 2. Seçeneğe göre %2.08 [(2.3146-2.3637)/2.3637] oranında daha başarılıdır. Bu değerler bakımından, Schnute (1981) denkleminin karışık etkili regresyon model yapısı olarak en başarılı kalibrasyon yanıtı, örnek alanlardaki en kalın çaplı üç ağacın çap ve boy değerlerinin ölçülmesi ile elde edilmiştir.

Kalibrasyon yanıtı belirlenmiş olan Schnute (1981) denkleminin, kalibrasyon verisi içinde olan 10 ve 45 numaralı örnek alan için rasgele etkili parametrelerle düzenlenmesine ilişkin bir örnek uygulama aşağıda verilmiştir. Söz konusu bu örnek alanlar için, En iyi Doğrusal Yansız Ön kestirici yöntemi ile hesaplanan rasgele etkili parametreler (u ve v parametreleri), 10 numaralı örnek alan için; -0.03375 ve 0.4962119 olup, 45 numaralı örnek alan için ise; -2.539472 ve -0.032257'dir. Aşağıda tüm toplum için genel çap-boy trendini ifade eden Schnute (1981) denklemi verilmiştir (Formül 22).

Çizelge 2. Karışık etkili modellere ilişkin sonuçlar

	Parametreler	Parametre Tahmini	Standart Hata	t	p	
<i>Model 1</i>	Sabit Etkili Parametreler	b_1	0.06108	0.004389	13.92	<0.0001
		b_2	0.4819	0.06234	7.73	<0.0001
	Rasgele Etkili Parametre Varyansları	σ_u^2	0.001817	0.000045	40.37	<0.0001
		σ_v^2	0.3507	0.0180	19.48	<0.0001
	Kovaryans	σ_{uv}^2	-0.02385	0.000654	-36.46	<0.0001
	Model Hatası	σ^2	4.0449	0.09872	40.98	<0.0001
	AIC=15242; BIC=15257; R ² =0.95					
<i>Model 2</i>	Sabit Etkili Parametreler	b_1	10.8520	1.5288	7.10	<0.0001
		b_2	0.7926	0.06607	12.00	<0.0001
		b_3	0.04423	0.002714	16.29	<0.0001
		b_4	1.2935	0.05008	25.83	<0.0001
	Rasgele Etkili Parametre Varyansları	σ_u^2	8.6843	2.1108	4.11	<0.0001
		σ_v^2	0.04849	0.01042	4.65	<0.0001
	Kovaryans	σ_{uv}^2	0.4990	0.1213	4.11	<0.0001
Model Hatası	σ^2	4.3035	0.1051	40.94	<0.0001	
AIC=15501; BIC=15520; R ² =0.88						
<i>Model 3</i>	Sabit Etkili Parametreler	b_1	3.4770	0.02191	158.70	<0.0001
		b_2	-16.9024	0.3471	-48.69	<0.0001
	Rasgele Etkili Parametre Varyansları	σ_u^2	0.04257	0.006712	6.34	<0.0001
		σ_v^2	10.3322	1.8543	5.57	<0.0001
	Kovaryans	σ_{uv}^2	-0.5523	0.1008	-5.48	<0.0001
	Model Hatası	σ^2	4.4372	0.1084	40.94	<0.0001
AIC=15693; BIC=15708; R ² =0.80						

22 nolu denklemde, D_0 ve H_0 değişkenleri; örnek alanda hektarda 100 ağaç yöntemine göre belirlenmiş en kalın çaplı ağaçların ortalama çapı ve boyunu, b_1 ve b_2 modelin sabit etkili parametreleri, u ve v parametreleri ise rasgele etkili parametreleri ifade etmektedir. Söz konusu bu denklemde, 10 numaralı ve 45 numaralı örnek alanlar için hesaplanmış olan u ve v rasgele etkili parametreler yerine konulursa; örnek alanlardaki çap-boy değişimini ifade eden karışık etkili çap-boy modeli elde edilmiş olur.

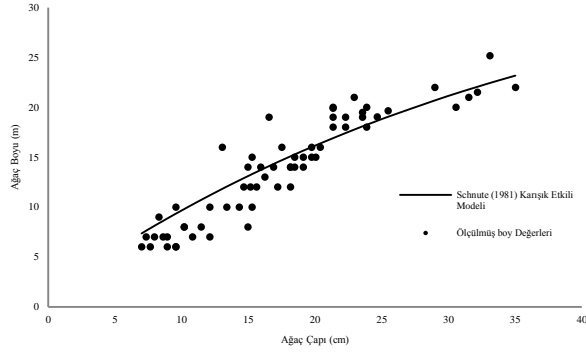
10 numaralı örnek alan için çap-boy denklemi formül 23'te, 45 numaralı örnek alan için çap-boy denklemi ise formül 24'te verilmiştir.

Çap-boy denklemleri verilen örnek alanlar için çap-boy değişimleri Şekil 1 ve 2'de verilmiştir. Bu şekiller incelendiğinde, karışık etkili modelleme ile elde edilmiş olan model davranışlarının, arazide gözlemlenen değişim ile oldukça benzer olduğu görülebilir.

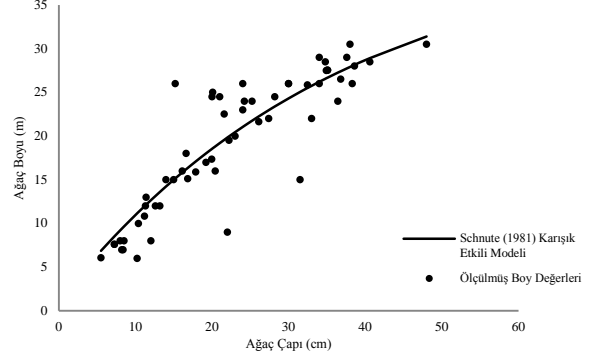
$$h = \left(1.3^{0.06108+v} + (H_0^{0.06108+v} - 1.3^{0.06108+v}) \frac{1-e^{-(0.4819+u)d}}{1-e^{-(0.4819+u)D_0}} \right)^{\frac{1}{0.06108+v}} \quad (22)$$

$$h = \left(1.3^{0.5573} + (H_0^{0.5573} - 1.3^{0.5573}) \frac{1-e^{-(0.4482)d}}{1-e^{-(0.4482)D_0}} \right)^{\frac{1}{0.5573}} \quad (23)$$

$$h = \left(1.3^{0.0288} + (H_0^{0.0288} - 1.3^{0.0288}) \frac{1-e^{-(2.0576)d}}{1-e^{-(2.0576)D_0}} \right)^{\frac{1}{0.0288}} \quad (24)$$



Şekil 1. 10 numaralı örnek alan için ölçülmüş çap-boy değerleri ile Schnute (1981) karışık etkili modelinin değişimi



Şekil 2. 45 numaralı örnek alan için ölçülmüş çap-boy değerleri ile Schnute (1981) karışık etkili modelinin değişimini

4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada, Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Doğu ladini-sarıçam karışık meşcerelerinde yer alan Doğu ladini ağaç türünün çap-boy ilişkisi için Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Regresyon Modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla, çalışmaya konu meşcerelerinden Ercanlı (2010) çalışmasında alınmış olan 106 adet örnek alan verisi kullanılmıştır. Çalışmaya konu örnek alanlar, Torul OİM, Zigana, Kürtün, Sarıçadağ, Örumcek OİŞ'den sırasıyla 30, 20, 18, 20 adet Maçka OİM Çatak OİŞ'den 8 adet ve Sürmene OİM Çaykara OİŞ'den 10 adet olmak üzere bir dağılım göstermektedir.

Çalışmaya konu verilerin farklı meşcere yapıları, verim güçleri ve yaşlarından elde edilmesi ve özellikle verilerin bir veri havuzunda toplanarak modellerin geliştirilmesi; verilerin birbiri ile bağımlılığı problemlerine neden olmaktadır. "Seri korelasyon" yada "otokorelasyon" problemi olarak da adlandırılan bu problem, istatistik varsayımlarına dayanan regresyon modellerinin oldukça hatalı ve yanlı (biyaslı) sonuçlar vermesine neden olmaktadır. Orman toplumlarından elde edilen geçici örnek alanlar (aynı örnek alan içinde verilerin birbirine bağımlılığı) ile devamlı örnek alan verilerinde (farklı zaman periyotlarında ölçülen verilerin kendi içinde bağımlılığı), hiyerarşik kümelenmiş veri yapılarının görülmesi; bu verilerin doğal bir özelliği olarak sıklıkla karşılaşılan bir durumdur.

Diğer taratan, istatistik bir yöntem olarak, Doğrusal Regresyon modellerinin geliştirilmesinde kullanılan En Küçük Kareler Yöntemi (Ordinary Least Squares, OLS) ve Doğrusal Olmayan Regresyon Modellerin geliştirilmesinde ise çeşitli Sayısal Çözümleme Yöntemleri; başta ormancılık olmak üzere biyolojik varlıkları araştırma konusu yapan bilim dallarında, verilerin gerek konumsal gerek zamansal ölçekte hiyerarşik bir kümelenme göstermesi ile alternatif çözüm seçenekleri önem kazanmıştır. Bu bakımdan, veri yapılarında bağımlılığın modellenmesine imkan sağlayan *Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modelleme (Linear and Nonlinear Mixed Effect Models)* yaklaşımlarının kullanımı önerilmektedir. Ormancılıkta gerek tek ağaç gerekse meşcere düzeyinde birçok özelliğin modellenmesinde, doğrusal ve doğrusal olmayan karışık etkili modelleri kullanılmaya başlanmıştır. Tek ağaçların çap-boy ilişkisinin modellenmesinde de, Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modeller birçok çalışmada kullanım alanı bulmaktadır.

Doğu ladini ağaçlarının çap-boy ilişkilerini modellemek üzere, Schnute (1981)'un modeli, Chapman-Richards modeli ve Wykoff vd., (1982)'in modeli kullanılmış ve başarı durumları karşılaştırılmıştır. Bu denklemlerin çeşitli araştırmacılar tarafından (Castedo-Dorado vd., 2006; Meng vd., 2008; Huang vd., 2009) geliştirilmiş karışık etkili model doğrusal olmayan model yapıları kullanılmıştır. Karışık etkili model yapılarının başarı durumlarının karşılaştırılmasında sıklıkla kullanılan Akaike (AIC) ve Bayesian (BIC) Bilgi Ölçütü değerlerine göre en başarılı model olarak Schnute (1981)'un modeli belirlenmiştir. Schnute (1981)'un modeli boydaki değişimin %95'ni açıklamaktadır. Karışık Etkili Modelleme ile parametreleri tahmin edilen ve böylece veriler arasındaki bağımlılık problemini taşımayan Schnute (1981)'un modeline ilişkin sabit etkili parametreler (b_1 ; b_2), rasgele parametrelere ilişkin varyans değerleri (σ_u^2 , σ_v^2) ve kovaryans değerleri tahmin edilmiştir. Varyans bileşenleri olarak da adlandırılan rasgele parametrelere ilişkin varyans değerleri (σ_u^2 , σ_v^2) ve kovaryans değerleri; özellikle modelin farklı örnek alanlar için kalibre edilmesinde kullanılmıştır. Varyans bileşenleri ile En iyi Doğrusal Yansız Ön kestirici (Best Linear Unbiased Predictor, BLUP) yöntemi kullanılarak, her bir örnek alan için rasgele parametreler tahmin edilmiştir. Çap-boy denkleminin örnek alanlara kalibre edilmesinde, örnek alanlarda yeni çap-boy ölçümlerine gerek duyulmaktadır. Örnek alanlarda yeni hangi ağaçların ve kaç adet ölçülmesi gerektiği, çap-boy denkleminin yapısına ve veri yapısındaki değişkenliğe bağlı olmaktadır. Karışık etkili modellemede, modellerin kalibre edilmesinde yeni hangi ağaçların ölçülmesi gerektiğinin belirlenmesi; kalibrasyon yanıtın belirlenmesi olarak adlandırılmaktadır.

Çalışmamızda geliştirilen modelin kalibrasyon yanıtı olarak; örnek alandaki en kalın çaplı üç ağacın çapı ve boyuna ilişkin verilerin ölçümü en başarılı sonuçları vermiştir. Çalışmamızda elde edilen kalibrasyon yanıtına ilişkin bu sonuç, Schnute (1981)'un modelini kullanmış olan Castedo-Dorado vd. (2006)'in kalibrasyon yanıtı ile farklılık göstermektedir. Meşe türü için Castedo-Dorado vd. (2006), kalibrasyon yanıtı olarak en ince çaplı üç ağaç ile en başarılı sonuçlar elde etmiştir. Çalışmamızla aynı model yapısını kullanan Castedo-Dorado vd. (2006) çalışması ile elde edilen kalibrasyon yanıtındaki bu farklılık, çalışmaya konu türlerin ve çap-boy değişimindeki farklı olması ile açıklanabilir. Özellikle, Karışık Etkili Modellerin

kalibrasyon yanıtları, çalışmaya konu olan model, tür ve meşcere yapılarındaki farklılığa göre değişebilmektedir.

Ülkemizde başta asli ağaç türlerimiz olmak üzere çeşitli ağaç türleri ile çap-boy ilişkilerinin modellenmesinde, veriler arasındaki bağımlılık sorununa bir çözüm olarak öne çıkan Karışık Etkili Regresyon Modellerinin kullanımı; daha başarılı ve tutarlı tahminlerin elde edilmesine imkan sağlayacaktır. Çalışmamızda kullanılan çap-boy modelleri yanında, meşcere göğüs yüzeyi, ağaç sayısı, sıklığı gibi meşcere özellikleri ile yarışma endeksleri gibi tek ağaç özelliklerini içeren çeşitli modellerinin kullanımı; farklı çap-boy ilişkilerinin modellenmesindeki başarıyı ve tutarlılığı artırabilecektir. Meşcerelerin verim gücü ve hacim ile meşcerelerin artım ve büyüme değerlerinin tahmin edilmesinde büyük bir önem taşıyan ve bu özellikleri ile ormancılığımız için önemli özellikler olan çap ve boya ilişkin güvenli ve tutarlı tahminler, söz konusu bu modeller ile elde edilebilecektir.

Kaynaklar

- Adame, P., del Río, M., Cañellas, I., 2008. A mixed nonlinear height-diameter model for pyrenean oak (*Quercus pyrenaica* Willd.). *For.Eco. and Man.*, 256, 88–98
- Avery, T.E., Burkhart, H. E. 1983. *Forest Measurements*, McGraw-Hill Series in Forest Resources, McGraw-Hill Book Company, New York, 331 s.
- Budhathoki, C.B., Lynch, T.B., Guldin, J.M., 2008. A mixed-effects model for dbh–height relationship of shortleaf pine (*Pinus echinata* Mill.). *South.J.Appl.For.* 32:5-11.
- Calama, R., Montero, G., 2004. Interregional nonlinear height-diameter model with random coefficients for stone pine in Spain. *Can.J.For.Res.* 34:150-163.
- Castedo-Dorado, F., Barrio Anta, M., Parresol, B.R., Álvarez-González, J.G., 2005. Stochastic height-diameter model for maritime pine ecoregions in Galicia (northwestern Spain). *Ann.For.Sci.*, 62:455-465
- Castedo-Dorado, F., Diéguez-Aranda, U., Barrio, M., Sánchez, M., von Gadow, K., 2006. A generalized height-diameter model including random components for radiata pine plantations in northeastern Spain. *For.Ecol.Manage.* 229:202-213.
- Clutter, J.L., Allison, B.J., 1974. A growth and yield model for *Pinus radiata* in New Zealand. In: *Growth Models for Tree and Stand Simulation*. J.Fries (ed), Royal College of Forestry, Stockholm, Sweden. Department of Forest Yield Research Note 30: 136–160.
- Crecente-Campo, F., Tomé, M., Soares, P., Diéguez-Aranda, U., 2010. A generalized nonlinear mixed-effects height-diameter model for *Eucalyptus globulus* L. in northwestern Spain. *For.Eco. and Man.*, 259: 943-952.
- Curtis, R.O., 1967. Height-diameter and height–diameter–age equations for second growth Douglas-Fir. *For.Sci.* 13:365-375.
- Davis, S.L., Johnson, K.N., Bettinger, P.S., Howard, T.E., 2001. *Forest Management*, McGraw-Hill, 804 p. New York.
- Doğanay, B., 2007. Uzunlamasına çalışmaların analizinde karma etki modelleri. Ankara Üniversitesi, Sağlık bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 94 s.
- Eerikäinen, K., 2003. Predicting the height–diameter pattern of planted *Pinus kesiya* stands in Zambia and Zimbabwe. *For. Ecol. Manage.* 175:355-366.
- Ercanlı, İ., 2010. Trabzon ve Giresun orman bölge müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Karışık meşcerelerine ilişkin büyüme modelleri. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ercanlı, İ., Yavuz, A., Kahriman, A., 2011, ormancılıkta artım ve büyümenin modellenmesinde yeni bir regresyon analizi yaklaşımı: karışık model eşitlikleri, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim, Kahramanmaraş.
- Fang, Z., Bailey, R.L., 1998. Height-diameter models for tropical forests on Hainan Island in southern China. *For.Ecol.Manage.* 110:315-327.
- Fekedulegn, D., Siurain, M.P.M., Colbert, J.J., 1999. Parameter estimation of nonlinear growth models in forestry. *Silv.Fenn.*, 33:327-336.
- Fulton, M.R., 1999. Patterns in height-diameter relationship for selected tree species and sites in eastern Texas. *Can.J.For.Res.* 29:1445-1448.
- Gadow K., Real P, Álvarez González J.G. 2001. Modelización del Crecimiento y la Evolución de los Bosques. IUFRO World Series, Vol. 12, Vienna.
- Gadow, K.V., Hui, G.Y., 1999. *Modelling Forest Development*, Kluwer Academic Publishers, 213 p., Dordrecht
- Gaffrey, D., 1988. Forstamts-und bestandesindividuelles Sortimentierungsprogramm als Mittel zur Planung, Aushaltung und Simulation. Diploma Thesis. Göttingen, Forstwissenschaftlicher Fachbereich, 86 pp.
- Harrison, W., Burk, T., Beck, D., 1986. Individual tree basal area increment and total height equations for Appalachian mixed hardwoods after thinning. *South. J.Appl.For.* 10, 99-104.
- Hökkä, H., 1997. Height-diameter curves with random intercepts and slopes for trees growing on drained peatlands. *For.Ecol.Manage.* 97:63-72.
- Huang, S., Meng, S.X., Yang, Y., 2009. Using nonlinear mixed model technique to determine the optimal tree height prediction model for black spruce, *Modern Applied Science*, 3(4):3-18.
- Huang, S., Price, D., Titus, S. J., 2000. Development of ecoregion-based height-diameter models for white spruce in boreal forests. *For. Ecol. Manage.* 129:125-141.
- Huang, S., Titus, S. J., Wiens D. P., 1992. Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 22:1297-1304.
- Huang, S., Titus, S.J., 1993. An index of site productivity for uneven-aged and mixed-species stands. *Can.J.For.Res.* 23:558-562.
- İyit, N., 2008. İlişkili Veri Analizinde Lineer Karma Modellerin Yapılandırılması, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 162 s., Konya.
- İyit, N., Genç, A., Arslan, F., 2006. Analysis of repeated measures for continuous response data using General Linear Model and Mixed Models, Proceedings of the international conference on modeling and simulation, pp:937-942, Konya, Turkey.
- Jayaraman, K., Lappi, J., 2001. Estimation of height–diameter curves through multilevel models with special reference to evenaged teak stands. *For. Ecol. Manage.* 142:155-162.
- Jayaraman, K., Zakrzewski, W.T., 2001. Practical approaches to calibrating height-diameter relationships for natural sugar maple stands in Ontario. *For.Ecol.Manage.* 148:169-177.
- Kahriman, A., 2011. Karadeniz Bölgesi sınırları içerisinde yer alan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)-Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerine ilişkin büyüme modellerinin geliştirilmesi. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 250 s.
- Kalipsız, A., 1984. *Dendrometri*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Keselman, H.J., Algina, J., Kowalchuk, R.K., Wolfinger, R.D., 1998. A comparison of two approaches for selecting covariance structures in the analysis of repeated measures. *Communications in Statistics-Computation and Simulation*, 27(3):591-604.
- Lappi, J., 1997. A longitudinal analysis of height–diameter curves. *For.Sci.* 43:555-570.
- Lei Y., Parresol B. R., 2001). Remarks on height-diameter modeling (Res Note SRS-10), USDA For Service, Southern Research Station, Asheville, NC.
- Littell, R. C., Milliken, G.A., Stroup, W.W., Wolfinger, R.D., 2005. *SAS system for mixed models*, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA
- Lopez Sanchez, C.A., Varela, J.G., Dorado, F.C., Alboreca, A.R., Soalleiro, R.R., Alvarez Gonzalez, J.G., Rodriguez, F.S., 2003.

- A height-diameter model for *Pinus radiata* D.Don in Galicia (Northwest Spain). *Ann. For.Sci.* 60:237-245.
- Lynch, T.B, Holley A.G., Stevenson, D.J. 2005. A random-parameter height-dbh model for cherrybark oak., *South J.Appl.For.*29:22-26
- Mehtätalo, L., 2004. A longitudinal height-diameter model for Norway spruce in Finland., *Can.J.For.Res.* 34:131-140
- Meng, S.X., Huang, S., Lieffers, V.J., Nunifu, T., Yang, Y., 2008. Wind speed and crown class influence the height-diameter relationship of lodgepole pine: Nonlinear mixed effects modeling, *For.Eco. and Management*, 256:570-577
- Mısır, N., 2003. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri, Doktora Tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, 222 s., Trabzon.
- Özcelik, R., Brooks, J.R., Jiang, L., 2011. Modeling stem profile of Lebanon cedar, Brutian pine, and Cilicica fir in Southern Turkey using nonlinear mixed-effects models. *European Journal of Forest Research*, 130:613-621.
- Paulo, J.A., Tomé, J., Tomé, M., 2011. Nonlinear fixed and random generalized height-diameter models for Portuguese cork oak stands. *Annals of Forest Science*, 68: 295-309
- Peng, C., 1999. Nonlinear height-diameter models for nine boreal forest tree species in Ontario (OFRI-Rep 155), Ministry of Natural Resources Institutes.
- Peng, C., Zhang, L., Liu, J., 2001. Developing and validating nonlinear height-diameter models for major tree species of Ontario's boreal forests. *North.J.Appl.For.* 18:87-94.
- Robinson, A.P.,Wykoff, W.R., 2004. Imputing missing height measures using a mixed-effects modeling strategy. *Can.J.For.Res.* 34:2492-2500.
- SAS Institute Inc., 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide: statistics, Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC., 816 s.
- Saunders, M.R., Wagner, R.G., 2008. Long-term spatial and structural dynamics in Acadian mixedwood stands managed under various silvicultural systems. *Can.J.For.Res.*, 38, 498-517.
- Schmidt, M., Kiviste, A., von Gadow, K.A., 2010. spatially explicit height-diameter model for Scots pine in Estonia, *Eur. J. Forest Res.*, 23:1-13
- Schnute, J., 1981. A versatile growth model with statistically stable parameters. *Can. J. Fish. Aquat.Sci.* 38:1128-1140.
- Searle, S.R., Casella, G., Mc Culloch, C.E., 1992. Variance components, John Wiley and Sons Inc., USA.
- Sharma, M., Parton, J., 2007. Height-diameter equations for boreal tree species in Ontario using a mixed-effects modeling approach. *For.Ecol.Manage.* 249:187-198.
- Sharma, M., Zhang, S.Y., 2004. Height-diameter models using stand characteristics for *Pinus banksiana* and *Picea mariana*. *Scand. J.For.Res.* 19:442-451.
- Soares, P., Tomé, M., 2002. Height-diameter equation for first rotation eucalypt plantations in Portugal. *For.Ecol.Manage.* 166:99-109.
- Sönmez, T., 2009. Generalized height-diameter models for *Picea orientalis* (L.). *Journal of Environmental Biology*, 30 (5), 767-772.
- Temesgen, H., Gadow, K.V., 2004. Generalized height-diameter models-an application for major tree species in complex stands of interior British Columbia. *Eur.J.For.Res.* 123:45-51.
- Trincado, G., VanderSchaaf, C.L., Burkhart, H.E., 2007. Regional mixed-effects height-diameter models for loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations. *Eur.J.For.Res.*, 126:253-262 .
- van Lear, A., Akça A., 2007. Forest mensuration:in Managing Forest Ecosystems, Dordrecht, The Netherlands: Springer. 383 s.
- Wolfinger R., Chang, M.,1999. Comparing the SAS GLM and MIXED Procedures for repeated measures. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Wykoff, W.R., Crookston, N.L., Stage, A.R., 1982. User's guide to the stand prognosis model. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-133.
- Yang, R.C., Kozak, A., Smith, J.H.G., 1978, The potential of Weibull-type functions as a flexible growth curve. *Canadian Journal of Forest Research*, 8:424-431
- Ye, S., 2005. Covariance structure selection in linear mixed models for longitudinal data, M. Sc. Thesis, department of Bioinformatics and Biostatistics, University of Louisville, Kentucky, USA.
- Zhang, L., 1997. Cross-validation of non-linear growth functions for modelling tree height-diameter relationships. *Ann. Bot.* 79: 251-257.
- Zhang, L., Peng, C., Huang, S., Zhou, X., 2002. Development and evaluation of ecoregion-based jack pine height-diameter models for Ontario. *For. Chron.* 78:530-538.

Burdur Yöresi kızılçam meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin geliştirilmesi

Ramazan Özçelik^{a*}, Hakkı Yavuz^b, Yasin Karatepe^a, Nevzat Gürlevik^a, Rüstem Kırışç^c

^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

^b Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

^c Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Ankara

* İletişim yazarı/Corresponding author: ramazanozcelik@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 05.04.2012, Kabul tarihi/Accepted: 30.07.2012

Özet: Kızılçam, ülkemizde orman ürünleri sanayisi için en önemli ticari ağaç türlerinden biridir. Bu çalışmada, Burdur yöresi kızılçam meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla, Max ve Burkhardt (1976) ve Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı ve gövde hacim modelleri kullanılmıştır. Önerilen modeller, gövde çapı ve gövde hacim tahminlerinde, genel olarak tüm ağaç gövdesi ve gövdenin farklı bölümleri için güvenilir sonuçlar vermiştir. Ancak, en başarılı sonuçlar Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı ve hacim modeli ile elde edilmiştir. Bu model ile gövde üzerinde değişik noktalarda yapılan çap tahminlerinde ortalama hata 2.3 cm'den ve hacim tahminlerinde 0.008 m³'den daha az bulunmuştur. Önerilen model, bağımsız veri seti kullanılarak, yöresel tek girişli ağaç hacim tablosu ile de karşılaştırılmış, ağaç hacim tablosu kullanılarak elde edilen hacim değerlerinin daha yüksek hata miktarına sahip oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kızılçam, Gövde çapı, Gövde hacmi, Parçalı gövde çapı modeli

Compatible stem taper and volume equations for Brutian pine stands in Burdur Region

Abstract: Brutian pine is one of the important commercial species for forest products industry of Turkey. In this study, compatible segmented taper and volume models were developed for Brutian pine stands in Burdur Region of Turkey. Max and Burkhardt (1976) and Parresol et al. (1987) segmented taper and volume functions were used in this study. The proposed models generally performed better for whole tree and different sections of tree bole for taper and stem volume. The equation proposed by Max and Burkhardt (1976) performed significantly better than Parresol et al. (1987) equation for this tree species. Average diameter prediction error was less than 2.3 cm and average volume error was less than 0.008 m³ in different points on bole. Model estimates compared, using an independent dataset, well to existing tree volume table and tree volume equation prediction errors for Brutian pine were found to be larger than those for the proposed volume models.

Keywords: Brutian pine, Taper, Volume, Segmented taper model

1. Giriş

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Türkiye'de ekonomik ve ekolojik açıdan en önemli ağaç türlerinin başında gelmektedir. Son yapılan çalışmalara göre, 5.4 milyon hektar alan kaplamakta ve bu alan üzerindeki dikili ağaç serveti yaklaşık 270 milyon m³tür (Anonim, 2006). Kızılçam ülkemizde orman ürünleri endüstrisinin en önemli ham madde kaynaklarından biridir.

Tek ağaç hacim tahmini orman envanteri çalışmalarının en önemli unsurlarından biridir (Ter-Mikaelian vd. 2004). Dikili gövde hacminin doğru tahmini odun kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından hem pratik ormancılık çalışmaları hem de bilimsel araştırmalar için gerekli ve yararlıdır (Barrio-Anta vd., 2007). Bir ağaca ilişkin gövde hacim tahminleri, genel olarak ilgili ağaç türü için geliştirilen çift girişli ya da tek girişli hacim tabloları yardımı ile yapılmaktadır. Ancak, ülkemizde ağaç hacim tahminlerinde genellikle tek girişli ağaç hacim tabloları kullanılmakta, bu tablolarda amenajman planları düzenlenirken çoğunlukla ilgili ağaç türünün çift girişli ağaç hacim tablosundan türetilmektedir. Ancak bu tablolar

yardımı ile gerçekleştirilen hacim tahminleri, sürekli değişen pazar koşulları ve ticari standartların ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmaktadır. Özellikle son yıllarda orman işletmelerinin odun satışında dikili satış yöntemini yoğun olarak kullanmaları, doğru ve güvenilir hacim tahminlerinin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, farklı ticari standartların ihtiyaçlarını karşılayacak esnek ve güvenilir bir ağaç hacmi tahmin sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Değişik araştırmacılar tarafından bu amaçla kullanılacak en doğru yaklaşım tarzlarından birisi olarak uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri gösterilmektedir (Jiang vd., 2005; Dieguez-Aranda vd. 2006; Berhe ve Arnoldsson, 2008; Li and Weiskittel, 2010; Özçelik ve Brooks, 2012). Ancak, ülkemizde pek çok ağaç türü ve bunların farklı yetiştirme ortamları için gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirilmemiştir.

Gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin geliştirilmesine ilişkin çalışmalar pek çok ülkede 100 yılı aşkın bir süredir devam etmektedir (Kozak vd., 1969; Max ve Burkhardt, 1976; Kozak, 1988; Clark vd., 1991; Thomas ve Parresol, 1991; Newnham, 1992, Fang vd., 2000; Corral-Rivas vd., 2007; Crecente-Campo vd., 2009; Sherrill vd.,

2011). Gövde çapı modelleri yardımıyla, bir ağaç gövdesi üzerindeki farklı noktadaki boy değerleri için kabuklu ya da kabuksuz çap tahminleri yapılabilmektedir. Gövde çapı modellerinin en önemli avantajı; gövde çapı denkleminin her hangi iki boy değeri arasındaki integrali alınarak gövdenin belirli bir kısmı ya da tümü için hacim tahmini yapılabilmesine imkân sağlamasıdır (Calama ve Montero, 2006).

Gövde çapı modelleriyle, ağaçların göğüs çapı ve boyu ile bunlardan türetilen bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak;

- Herhangi bir gövde yüksekliğindeki gövde çapı
- Herhangi bir gövde çapının kaç metre yükseklikte olduğu
- Ticari (satılabilir) gövdenin hacmi
- Toplam gövde hacmi
- Bir gövdeden elde edilebilecek tüm odun çeşitlerinin hacimleri
- Gövde üzerinde herhangi iki yükseklik arasındaki gövde bölümünün hacmi
- Gövde üzerinde herhangi iki çap arasındaki gövde bölümünün hacmi çok pratik biçimde hesaplanabilmektedir (Kozak, 2004).

Newnham (1988)'e göre gövde çapı denklemleri üzerindeki çalışmaların her geçen gün artmasının iki temel sebebi vardır. Bunlardan birincisi; bütün ağaç türleri için gövde formundaki varyasyonu tam olarak açıklayabilen bir teorinin bulunmaması, ikincisi ise; sürekli değişen pazar koşullarına bağlı olarak farklı odun çeşidi standartlarını dikkate alan bir yöntemin elde edilememesidir. Bu nedenle gövde çapı modelleri bu alandaki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Çünkü basit bir gövde çapı modeli ile hem toplam gövde hacminin hem de ticari hacmin belirlenmesi oldukça kolaydır. Ancak, bugüne kadar yayınlanmış pek çok gövde çapı ve gövde hacim modeli belirli bir tür ve belirli bir yöre için geliştirilmiş ve bu modelin performansı sınırlı sayıdaki alternatif model ile karşılaştırılmıştır. Bu nedenle belirli bir tür için geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelinin diğer türler için uygun olup olmadığının araştırılması, gelecekte bu model ile yapılacak diğer çalışmalar için gerekli ve yararlı olacaktır. Örneğin Rojo vd., (2005) İspanya'da Sahilçamı (*Pinus pinaster*) türü için 31 farklı formdaki gövde çapı modellerini karşılaştırmış ve en doğru gövde çapı tahmini için uygun modele karar vermiştir. Ancak Rojo vd., (2005) bu modellerin hacim tahminlerindeki performansını karşılaştırmamıştır. Sakıcı vd., (2008) tarafından yapılan çalışmada Kastamonu Yöresi Uludağ Göknaarı meşcereleri için gövde profili modelleri geliştirilmiştir. Çalışmada 30 farklı gövde çapı modeli kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda en iyi sonuçların değişken-şekil gövde profili modelleri ile elde edildiği görülmüştür.

Ormancılık çalışmalarında genel olarak iki grup gövde çapı modelinin başarı ile kullanıldığı belirtilmektedir (Berhe ve Arnoldsson, 2008). Bunlardan ilki değişken-şekil gövde profili modelleridir. Bu modellerde, ağaç gövdesinin, dipten tepeye doğru nayloid, paraboloid ve konik parçalardan oluştuğu düşünülmektedir (Newnham, 1988; Kozak, 1988; Perez vd., 1990). Ancak bu model formunun bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar; gövde üzerindeki farklı şekillerin hacim hesaplamalarında birleştirilememesi ve en yüksekteki çap değeri için ticari boyun doğrudan hesaplanamayıp, bir iterasyon ile hesaplanmasının gerekli

olması belirtilebilir. İkinci grup ise; parçalı-gövde çapı (Segmented-polinomial) modelleridir. Bu modeller ağacın farklı bölümlerindeki çap düşüşlerini farklı denklem formları kullanılarak tanımlamaktadır. Araştırma sonuçlarına göre, parçalı gövde çapı modellerinin, diğer gövde profili modellerine göre daha üstün oldukları belirtilmektedir (Martin, 1981; Parresol vd., 1987; Clark vd., 1991; Figueiredo-Filho vd., 1996; Jiang 2004; Li ve Weiskittel 2010). Parçalı gövde çapı modellerinin diğer gövde çapı modellerine göre önemli bir üstünlüğü de, gövde çapı modellerinin hacim hesaplamaları için kolaylıkla hacim denklemlerine dönüştürülebilir olmasıdır (Fang vd., 2000). Ülkemizde de bazı ağaç türleri için yöresel düzeyde gövde çapı modelleri (Yavuz, 1995; Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Meydan-Aktürk, 2006; Sakıcı vd., 2008; Özçelik vd., 2011) ile gövde çapı ve gövde hacim modelleri (Brooks vd., 2008; Özçelik ve Brooks, 2012) geliştirilmiştir.

Ancak; yukarıda da belirtildiği gibi pek çok gövde profili ve gövde hacim modeli geliştirilmektedir. Bir ağaç türü veya bir yöre için hangi gövde çapı ve gövde hacim modelinin seçiminde dikkat edilmesi gereken kurallar bulunmaktadır. Kozak ve Smith (1993); en uygun modelin seçilebilmesini kolaylaştırmak amacıyla bazı kriterler ortaya koymuştur. Bunlar;

- Gövde çapı modeli basit, orman yöneticisinin ihtiyaç duyabileceği ve değişik nitelikteki orman ürünlerinin hacmini tahmin etmesine imkân verebilecek şekilde olmalıdır.
- Regresyon denkleminin katsayıları kolaylıkla tahmin edilebilmelidir.
- Denklem kolaylıkla uygulanabilmelidir.
- Denkleminde kullanılacak bağımsız değişkenler (çap, vb.) kolaylıkla ölçülebilmelidir.
- Denklemin kullanılabilmesi için geniş bir alanda test edilmiş olması gerekmektedir.

Sonuç olarak; Türkiye'de odun hacminin daha doğru olarak belirlenebilmesi ve sürdürülebilir orman yönetimi uygulamaları için, her ağaç türü ve farklı yetiştirme ortamları için gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma ile Burdur yöresi kızılçam meşcereleri için gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Geliştirilen gövde hacim modelleri ile elde edilen sonuçlar, yörede kullanılan tek girişli hacim tablosu değerleri ile de karşılaştırılmıştır.

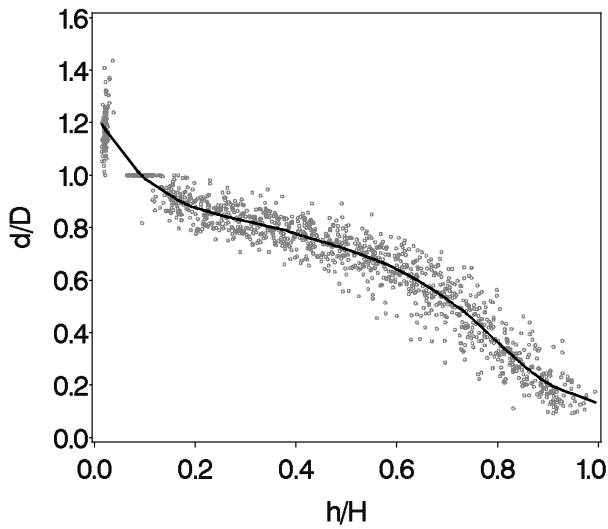
2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışma için gerekli örnek ağaç verileri Bucak Orman İşletme Müdürlüğü, Uğurlu Orman İşletme Şefliği kızılçam meşcerelerinden toplanmıştır. Örnek ağaçlar, çalışma alanı içerisinde mevcut tüm çap ve boy sınıflarını temsil edecek şekilde galip ya da müşterek galip ağaçlar arasından seçilmiştir. Yine örnek ağaçlar seçilirken çatal gövdelerin, tepesi kırık ağaçların, azman yapmış bireylerin ve gövde formu bozuk bireyler alınmamasına azami özen gösterilmiştir. Toplam 100 ağaç üzerinde ölçüm yapılmıştır. Bu amaçla önce ağaçlar kesilmiş ve şerit metre yardımı ile toplam ağaç boyu (H) ve dijital çap ölçer yardımı ile kabuklu göğüs çapları (D) ölçülmüştür. Buna ilaveten ağaç gövdesi üzerinde dipten en uç tomurcuğa kadar birer metre

ara ile değişik yükseklik (h) noktalarında çap (d) değerleri ölçülmüştür. Her bir ağaç için seksiyon hacimleri ve toplam ağaç hacmi Smalian formülü yardımı ile hesaplanmıştır.

Elde edilen örnek ağaç ölçümlerinde olması muhtemel anormal verilerin belirlenmesi amacıyla, nisbi çap değerlerine karşılık gelen nisbi boy değerleri grafik üzerinde görsel olarak değerlendirilmiş ve bazı anormal verilerin olduğu görülmüştür. Model performansını arttırmak amacıyla anormal verileri ortaya çıkarmak amacıyla, Bi (2000) tarafından önerilen "Sistemik Yaklaşım Yöntemi" kullanılmıştır. Bu yöntem yardımı ile anormal ya da ekstrem değerler hesaplanmıştır. Bu yöntemle ilişkin grafik Şekil 1'de verilmiştir. Örnek ağaç verilerinin yaklaşık %75'i model geliştirmek için geri kalan yaklaşık %25'lik kısmı ise geliştirilen modelin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Model geliştirmek ve geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılacak verilere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Kızılçam ağaç türü için nisbi kabuklu çap değerlerine karşılık nisbi boy değerlerinin dağılımı

Çizelge 1. Kızılçam ağaç türü için model geliştirmek amacıyla kullanılacak verilere ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Kızılçam (n=75)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
DBH (cm)	36.00	8.80	16.50	62.10
THT (m)	13.90	2.40	7.80	19.90
Hacim (m ³)	0.77	0.46	0.08	2.43
Disk Çapı (cm)	25.93	11.58	3.50	65.40
Disk Boyu (m)	6.66	4.19	0.30	18.30

Çizelge 2. Kızılçam ağaç türü için geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılacak verilere ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Kızılçam (n=25)	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
DBH (cm)	37.50	8.60	19.00	53.50
THT (m)	14.10	2.00	11.40	19.70
Hacim (m ³)	0.85	0.50	0.19	1.93
Disk Çapı (cm)	26.99	12.11	2.40	60.50
Disk Boyu (m)	6.73	4.17	0.30	18.30

2.2. Gövde çapı ve gövde hacim modelleri

Yüz yılı aşkın bir zamandır pek çok formda gövde profili modeli geliştirilmiştir (Max ve Burkhart, 1976; Cao vd., 1980; Parresol vd., 1987; Kozak, 1988; Clark vd., 1991; Fang vd., 2000; Kozak, 2004). Basit olarak nitelendirilebileceğimiz gövde çapı modelleri ağacın genel çap düşüşünü oldukça başarılı olarak tanımlayabilseler de; tüm gövde profilini tanımlamakta başarısız olmuşlardır (Kozak, 1977; Kozak, 1988; Newnham, 1992). Bazı denklemler gövde profilinin ortasını tanımlamakta başarılı iken, bu denklemler tepeye yakın veya dibe yakın seksiyonlarının tanımlanmasında yetersiz kalmaktadır (Fang vd., 2000). Parçalı gövde çapı modelleri (Segmented Polynomial Models) ise ağaç gövdesini parçalara ayırarak ve her parçayı ayrı ayrı tanımlaması nedeniyle, tüm gövde profilini gerçeğe en yakın şekilde tahmin edebilmektedir.

Bu çalışmada Burdur Yöresi kızılçam meşcereleri için gövde çapı ve gövde hacmi modellerinin geliştirilmesi amacıyla Max ve Burkhart (1976) ve Parresol vd., (1987) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı ve gövde hacmi modelleri seçilmiştir. Bu modeller Clark vd. (1991) ve Fang vd., (2000) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modellerine göre tahmin edilmesi gereken parametre sayısı daha az ve modelde kullanılacak bağımsız değişken sayısı daha azdır. Bu nedenle pratik ormancılık çalışmalarında kullanılabilme imkânı daha fazladır.

Max ve Burkhart Modeli (1976); Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli tüm ağaç gövdesini üç farklı geometrik şekille tanımlamıştır. Buna göre; gövdenin dibe yakın kısmı neiloid, ortan kısmı kesik paraboloid ve uç kısmı da koni olarak tanımlanmıştır. Bu üç farklı geometrik şekil için regresyon denklemleri oluşturulmuş ve iki katılma noktası ile birleştirilerek tek bir formül olarak verilmiştir. Bu denklem formu:

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

Burada:

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

h = ölçüm noktasının yerden olan yüksekliği (m),

H = toplam ağaç boyu (m),

D = kabuklu göğüs çapı (cm),

d = yerden herhangi bir h yüksekliğindeki kabuklu çap değeri (cm)

a_i = örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktaları, $i=1,2$

b_i = regresyon katsayıları, $i=1,4$

Max ve Burkhart (1976) gövde çapı denkleminin integralinin alınması ile elde edilen gövde hacim denklemi aşağıda verilmiştir.

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

Burada:

$$K = 0.0000785,$$

$$Z_l = \frac{h_l}{H}, \quad Z_u = \frac{h_u}{H}, \quad J_i = \begin{cases} 1 & Z_u \leq a_i \\ 0 & Z_u > a_i \end{cases},$$

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

h_l = ilgilenilen en düşük boy (m),

h_u = ilgilenilen üst boy değeri (m),

Bu formülde kullanılan diğer değişkenler daha önce tanımlanmıştır.

Parresol vd. Modeli (1987); Bu model iki adet kübik alt fonksiyona ve bu fonksiyonları birleştirmek amacıyla bir adet katılma noktasına (yapay değişken) sahiptir. Özellikle ağacın dip kısmında büyük varyasyon gösteren Bataklik servisi (*Taxodium distichum*) ağaç türü için geliştirilmiştir.

$$\frac{d^2}{D^2} = z_i(b_1 - b_2 z_i) + (z_i - a_1)^2 [b_3 + b_4(z_i + 2a_1)] I \quad (3)$$

Burada:

$$I_i = \begin{cases} 1 & Z_i \geq a_i \\ 0 & Z_i < a_i \end{cases} \quad Z_i = \frac{H - h_i}{H}$$

a_1 = örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktaları

Parresol vd., (1987) gövde çapı denkleminin integralinin alınması ile elde edilen gövde hacim denklemi aşağıda verilmiştir.

$$V = KD^2 H \left\{ \begin{array}{l} \frac{b_1}{3}(Z_i^3 - Z_u^3) + \frac{b_2}{4}(Z_i^4 - Z_u^4) + \frac{b_3}{3}[(Z_i - a_1)^3 I_1 - (Z_u - a_1)^3 I_u] + \\ \left[\frac{b_4}{4} \right] [Z_i^4 - 6a_1^2 Z_i^2 + 8a_1^3 Z_i] I_1 - [Z_u^4 - 6a_1^2 Z_u^2 + 8a_1^3 Z_u] I_u \end{array} \right\} \quad (4)$$

Burada:

$$I_i = \begin{cases} 1 & Z_i \geq a_i \\ 0 & Z_i < a_i \end{cases} \quad i = l, u$$

Bu denklemlerdeki diğer değişkenler daha önce tanımlanmıştır.

2.3. Model değerlendirme ölçütleri

Bu çalışmada; kızılçam için geliştirilen gövde çapı ve gövde hacmi modellerinin tahmin performanslarını değerlendirmek amacıyla, Kozak ve Smith (1993) tarafından önerilen ortalama hata (B) tahminin standart hatası (SEE) ve uyum indeksi (FI) ölçütleri kullanılmıştır.

$$B = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{n} \quad (5)$$

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - k}} \quad (6)$$

$$FI = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \right] \quad (7)$$

Burada:

Y_i = i. ağaç için ölçülen değer

\hat{Y}_i = i. ağaç için tahmin edilen değer

\bar{Y} = Ölçülen değerlerin ortalaması

k = Tahmin edilen parametre sayısı

n = Toplam gözlem sayısıdır.

Gövde çapı ve gövde hacim modellerindeki hatayı eş zamanlı olarak minimum yapabilmek amacıyla SAS PROC MODEL (SAS Institute 2002) kullanılmıştır. Bütün parametreler gövde çapı ve gövde hacim modellerine paylaştırılmıştır. SAS PROC MODEL işleminde verilerde bulunan ilişkili hata yapısı geliştirilen modellerin doğruluğunu çok fazla etkilemediğinden ve model yapısı içerisinde kendiliğinden değerlendirildiğinden dolayı hesaplamalarda dikkate alınmamıştır (Williams ve Reich, 1997; Kozak, 1997). Otokorelasyon genellikle pratik uygulamalarda kullanılmamakta ve önemsenmemektedir (Jiang ve Liu, 2011).

3. Bulgular ve tartışma

Burdur yöresi kızılçam meşcereleri için Max ve Burkhart (1976) ve Parresol vd., (1987) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin ayrı ayrı eş zamanlı olarak çözümünü yapılmış ve elde edilen parametre tahmin değerleri ve parametrelerin önemlilik düzeyleri Çizelge 3'de verilmiştir. Bütün parametreler $p < 0.0001$ önem düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tüm ağaç gövdesi için elde edilen sonuçlara ilişkin ölçüt değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Max ve Burkhart (1976) ve Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelleri çap ve hacimdeki varyasyonun %96'dan daha fazlasını açıklayabilmektedir. Max ve Burkhart (1976) ve Parresol vd., (1987) gövde çapı ve gövde hacim modelleri için tahminlerin standart hatası (SEE) değerleri sırasıyla gövde çapı tahminleri için 2.3 cm ve 2.40 cm'den ve gövde hacim tahminleri için 0.0084 m³ ve 0.0092 m³ den daha azdır. Çizelge 4'de verilen üç ölçüt değerine göre; bu çalışmada değerlendirilen gövde çapı ve gövde hacim modelleri karşılaştırıldığında Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen modelin daha başarılı olduğu söylenebilir. Max ve Burkhart (1976) modeli hem daha düşük ortalama hata (B) ve SEE değerlerine hem de daha yüksek uyum indeksi değerine sahiptir.

Çizelge 3. Kızılcım için geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modellerine ilişkin parametre tahminleri

Modeller	Parametre tahminleri					
	b_1	b_2	b_3	b_4	a_1	a_2
Max ve Burkhardt (1976)	-5.2029	2.5116	-3.6129	11.7203	0.7363	0.2355
Parresol vd. (1987)	4.2168	-4.1257	14.7899	-0.6020	0.7021	-

Çizelge 4. Kızılcım için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin tüm ağaç için uygunluk istatistikleri

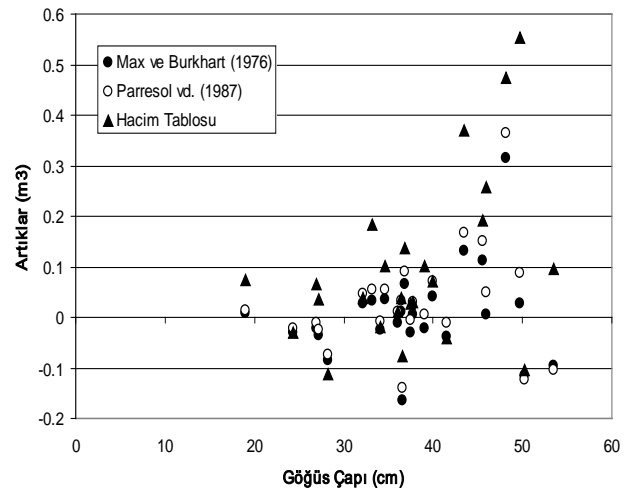
Modeller	B	SEE	FI
Max ve Burkhardt (1976)			
Gövde Çapı(cm)	0.2281	2.2522	0.9622
Hacim (m ³)	0.0013	0.0084	0.9677
Parresol vd. (1987)			
Gövde Çapı (cm)	0.6380	2.4098	0.9610
Hacim (m ³)	0.0031	0.0092	0.9657

Her iki modelin de; gövde çapı ve gövde hacim tahminlerinde, gövdenin farklı kısımlarındaki başarı durumunu da görmek amacıyla, nisbi boy değerleri içinde değerlendirmeler yapılmış ve sonuçlar Çizelge 5’de verilmiştir. Bu amaçla ağaç gövdesi 10 eşit parçaya bölünmüş ve bu parçalar için ayrı ayrı değerlendirmeler yapılmıştır. Çizelge 5’in incelenmesinden de görüleceği gibi her iki modelin kullanılması ile gövde üzerinde farklı noktalar için elde edilen çap ve hacim değerlerinde *B* ve *SEE* değerleri bakımından büyük bir varyasyonun ortaya çıkmadığı görülmektedir. Her iki model için de; çap ve boy tahminlerinde oldukça tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak modeller karşılaştırıldığında; Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen modelin farklı nisbi boy değerleri için daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Her iki model içinde farklı nisbi boy gruplarındaki çap tahminlerinde en yüksek hata değerleri ağaç boyunun yaklaşık %60-70’lerinde sonra daha yüksek olduğu görülmektedir. İlgili ağaç türünde ve genel olarak ağaç türlerinde boyun %60-70’inden sonra tepe tacının başladığı; bu bölgelerin dallanmanın yoğun olduğu bölgeler olduğu ve bu nedenle bu bölgelerde çap tahminlerinde daha çok hataların ortaya çıktığı düşünülmektedir (Jiang vd., 2005; Özçelik ve Brooks, 2012).

Her iki modelin farklı nisbi boy grupları için hacim tahminlerindeki performansları ise Çizelge 6’da verilmiştir. Çizelge 6’nın incelenmesinden de görüleceği gibi hacim tahminleri için en yüksek *B* ve *SEE* değerleri ağaç boyunun ilk % 20’lik kısmında meydana geldiği görülmektedir. Bilindiği gibi ağaç dış kütük kısmı herhangi bir geometrik şekle çok benzemediği ve hacim hesabının bu bölge için oldukça zor olması nedeniyle ortalama hata değerlerinin her iki model içinde ağacın bu bölümünde daha yüksek çıkması beklenen bir durumdur.

Yukarıda da açıklandığı üzere Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen modelin Parresol vd., (1987) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı ve gövde hacim modeline göre kızılçam ağaç türü için gerek gövde üzerindeki farklı noktadaki çap ve hacim tahminlerinde daha başarılı olduğu görülmektedir. Bu nedenle Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelinin Burdur yöresi kızılçam meşcerelerinde yapılacak çap ve hacim tahminleri için daha uygun olduğu söylenebilir. Ancak geliştirilen gövde hacim modelinin ilgili yörede kullanılabilir olduğunu ortaya koymak için bağımsız bir veri seti ile de test edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle; Çizelge 2’de verilen bağımsız veri seti ve ilgili gövde çapı

ve gövde hacim modelleri için elde edilen parametre değerleri kullanılarak, gövde hacim değerleri elde edilmiş ve elde edilen sonuçlar tek girişli ağaç hacim tablosu ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çizelge 7’de verilen sonuçlar ve Şekil 2 incelendiğinde Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen model ile elde edilen sonuçların ağaç hacim tablosu değerlerine göre daha doğru olduğu söylenebilir. Her iki ağaç hacim modeli de gerçek hacim değerlerine göre daha düşük ortalama hata ve *SEE* değerleri vermiştir. Şekil 2’nin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi her iki gövde çapı ve gövde hacim modeli küçük ve orta çap değerleri için oldukça küçük hata değerleri ve tutarlı sonuçlar vermiştir. Ancak yöresel tek girişli hacim tablosu her çap grubu için olmak üzere ve özellikle büyük çap değerleri için çok daha yüksek hata değerleri vermiştir. Brooks vd. (2008) tarafından kızılçam için Özçelik ve Brooks (2012) tarafından karaçam ağaç türü için geliştirilen yöresel gövde çapı ve gövde hacim modelleri ilgili ağaç türü için geliştirilen çift girişli ve tek girişli ağaç hacim tablolarına göre daha doğru hacim tahminleri yapılmasına imkân sağlamıştır. Benzer sonuçlar bu çalışmada da ortaya çıkmıştır. Ancak bura da unutulmaması gereken önemli bir durumda gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirilirken yöresel özelliklere mutlaka dikkat edilmelidir. Gomat vd., (2011) tarafından yapılan bir çalışmada bir ağacın gövde formu üzerinde ağacın genel büyüme özellikleri yanında; genetik özelliklerinin ve yetiştirme ortamı şartlarının da önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir.



Şekil 2. Bağımsız veri seti kullanılarak, önerilen gövde hacim modeli ve yöresel tek girişli hacim tablosuna ilişkin hacim farkları

Çizelge 5. Çap değerleri için nisbi boy değerleri (RH) itibariyle ortalama hata (B) ve tahminin standart hatası (SEE) değerleri

RH	Max ve Burkhart (1976)			Parresol vd. (1987)		
	n	B (cm)	SEE (cm)	n	B (cm)	SEE (cm)
0.0-0.1	125	0.8790	2.6203	125	1.6580	2.9530
0.1-0.2	98	0.5581	1.6892	98	1.2363	1.9893
0.2-0.3	107	0.3602	1.7266	107	1.7171	2.4070
0.3-0.4	100	-0.1778	1.7912	100	0.2354	1.8117
0.4-0.5	107	0.0456	1.8464	107	-0.2082	1.8581
0.5-0.6	101	0.0676	2.1115	101	-0.0726	2.1065
0.6-0.7	110	0.2715	2.5909	110	0.5036	2.6247
0.7-0.8	99	0.3884	3.0135	99	0.5795	3.0587
0.8-0.9	104	-0.4960	2.3885	104	-0.2868	2.3643
0.9-1.0	44	0.2986	2.8977	44	1.0419	3.1468
Tümü	995	0.2281	2.2522	995	0.6380	2.4098

Not: Bütün nisbi boy değerleri için B ve SEE ortalama değer olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6. Hacim değerleri için nisbi boy değerleri (RH) itibariyle ortalama hata (B) ve tahminin standart hatası (SEE) değerleri

RH	Max ve Burkhart (1976)			Parresol vd. (1987)		
	n	B (cm)	SEE (cm)	n	B (cm)	SEE (cm)
0.0-0.1	125	0.0036	0.0115	125	0.0076	0.0128
0.1-0.2	98	0.0032	0.0093	98	0.0079	0.0115
0.2-0.3	107	0.0006	0.0091	107	0.0070	0.0113
0.3-0.4	100	-0.0011	0.0088	100	-0.0006	0.0088
0.4-0.5	107	0.0010	0.0084	107	-0.0002	0.0083
0.5-0.6	101	0.0013	0.0084	101	0.0012	0.0084
0.6-0.7	110	0.0019	0.0092	110	0.0028	0.0094
0.7-0.8	99	0.0015	0.0075	99	0.0018	0.0076
0.8-0.9	104	-0.0003	0.0039	104	0.0002	0.0039
0.9-1.0	44	-0.0001	0.0020	44	0.0004	0.0020
Tümü	995	0.0013	0.0084	995	0.0031	0.0092

Not: Bütün nisbi boy değerleri için B ve SEE ortalama değer olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 7. Önerilen modeller ile var olan ağaç hacim denkleminin toplam ağaç hacmindeki hata ve standart hata bakımından karşılaştırılması

Modeller	B (m ³)	SEE (m ³)
Max-Burkhardt (1976)	0.0005	0.0976
Parresol vd. (1987)	0.0281	0.1040
Yöresel Hacim Tablosu	0.1006	0.1885

4. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışmada; Burdur yöresi kızılçam meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirilmiştir. Gövde çapı ve gövde hacim modelleri arasında uyumu sağlamak amacıyla her iki model için eş zamanlı çözüm yapılmış; çap ve hacim modelleri için ortak katsayılar elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen parçalı gövde çapı ve gövde hacim modelleri ile ağaç gövdesi üzerinde farklı noktalardaki çap tahminleri yanında gerek tüm ağaç gövdesi, gerekse gövdenin farklı bölümlerdeki hacim tahminlerinde oldukça başarılı bir performans gösterdiği söylenebilir. Ancak Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen model, literatür bilgileri ile de uyumlu olarak daha başarılı olmuştur. Bağımsız veri grubu ile yapılan denetim sonucunda da; Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelinin, Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen modele göre gerek çap gerekse hacim tahminlerinde daha başarılı olduğu görülmüştür. Önerilen modeller; yöresel tek girişli ağaç hacim tablosu ile de karşılaştırılmış ve toplam ağaç

gövde hacmi tahminlerinde daha başarılı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Sonuç olarak; Max ve Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen model kullanılarak Burdur yöresi kızılçam meşcereleri için ve bu ağaç türünün değişik ticari boyutları için daha doğru ve güvenilir hacim tahminlerinin yapılabileceği söylenebilir. Özellikle çalışmanın yürütüldüğü Burdur ve civarında kızılçam ağaç türünün satışında yoğun olarak uygulanmaya başlanan dikili satış uygulamalarında daha doğru ağaç gövde hacmi tahminleri için geliştirilen veya geliştirilecek gövde hacim modelleri kullanılabilir. Ancak, ağaç gövde formu üzerinde pek çok faktör etkili olduğu için, bir yöre için geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modeli diğer bölgelerde uygunluğu denetlenmeden kullanılmamalıdır. Diğer unutulmaması gereken önemli bir durumda herhangi bir yöre ve ağaç türü için gövde çapı ve gövde hacim modeli geliştirilirken model seçimine büyük özen gösterilmelidir. Model pratik ormancılık çalışmalarında kullanılacak kadar kolay olmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan veriler, TÜBİTAK tarafından desteklenmekte olan 109-O-714 nolu "Kızılçam, Karaçam ve Sedir Ağaç Türleri İçin Yetiştirme Ortamı Bazlı Çap-Boy Modelleri İle Gövde Çapı Ve Gövde Hacmi Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi" proje çalışmasında elde edilmiştir.

Kaynaklar

- Anonim, 2006. Orman varlığımız. Orman Genel Müdürlüğü, 159 s., Ankara.
- Barrio-Anta, M, Dieguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., von Gadow, K., 2007. Merchantable volume system for pedunculate oak in northwestern Spain. *Ann For Sci* 64: 511-520.
- Berhe, L., Arnoldsson, G., 2008. Tree taper models for *Cupressus lusitanica* plantations in Ethiopia. *Southern Forests*. 70: 193-203.
- Bi H., 2000. Trigonometric variable-form taper equations for Australian eucalyptus. *For. Sci.* 46: 397-409.
- Brooks J.R., Jiang L. and Ozcelik R., 2008. Compatible stem volume and taper equations for Brutian pine, Cedar of Lebanon, and Cilicica fir in Turkey. *For. Ecol. Manage.* 256: 147-151.
- Calama, R., Montero, G., 2006. Stand and tree-level variability on stem form and tree volume in *Pinus pinea* L: A multilevel random components approach. *Forest Systems* 15:24-41
- Clark., A., Souther, R.A., Schlaegel, B.E. 1991. Stem Profile Equations for Southern Tree Species. USDA For. Serv. Res. Pap. SE-282.
- Corral-Rivas, J.J., Dieguez-Aranda, U., Rivas, S.C., Dorado, F.C., 2007. A merchantable volume system for major pine species in El Salto, Durango (Mexico). *For. Ecol. Manage.* 238:118-129.
- Crecente-Campo, F., Alboreca, A.R., Dieguez-Aranda, U., 2009. A merchantable volume system for *Pinus sylvestris* L. in the major mountain ranges of Spain. *Ann. For. Sci.* 66: 808-819.
- Dieguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, Alvarez-Gonzalez, J.G., Rojo, A. 2006. Compatible taper function for plantations in north-western Spain. *Can. For. Res.* 36:1190-1205.
- Fang, Z., Borders, B.E., Bailey, R.L. 2000. Compatible Volume Taper Models for Loblolly and Slash Pine Based on System with Segmented-Stem Form Factors. *For. Sci.* 46:1-12.
- Figueiredo-Filho, A., Borders, B.E., Hitch, K.L. 1996. Taper Equations for Pinus Taeda Plantations in Southern Brazil. *For. Ecol. Manage.* 83:39-46
- Gomat, HY., Deleporte, P., Moukini, R., Mialoungoula, G., Ognouabi, N., Saya, AR., Vigneron, P., Saint-Andre, L. 2011. What factors influence the stem taper of *Eucalyptus*: growth, environmental conditions, or genetics? *Annals of Forest Science*. 2011:109-120.
- Jiang L, Liu, R. 2011. Segmented taper equations with crown ratio and stand density for Dahurian Larch (*Larix gmelinii*) in Northeastern China. *J For Res* 22:347-352.
- Jiang L., Brooks, J.R., Wang J. 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in West Virginia. *For. Ecol. Manage.* 213: 399-409.
- Jiang, L. 2004. Compatible Taper and Volume Equations for Yellow-Poplar in West Virginia. MS Thesis. West Virginia University. Morgantown. WV. 75pp.
- Kozak, A. 1988. A Variable-Exponent Taper Equation. *Can. J. For. Res.* 18:1363-1368.
- Kozak, A. 1997. Effects of Multicollinearity and Autocorrelation on the Variable-Exponent Taper Functions. *Can. J. For. Res.* 27:619-629
- Kozak, A. 2004. My Last Words on Taper Equations. *For. Chron.* 80:507-515.
- Kozak, A., Munro, D.O., Smith, J.H.G. 1969. Taper Functions and Their Application in Forest Inventory. *For. Chron.* 45:278-283.
- Kozak, A., Smith, J.H.G. 1993. Standards for evaluating taper estimating systems. *For. Chron.* 69: 438-444.
- Li, R., Weiskittel, A.R. 2010. Comparison of model forms for estimating stem taper and volume in the primary conifer species of North American Acadian Region. *Ann For Sci* 67: 302-520.
- Martin, A.J. 1981. Taper and Volume Equations for Selected Appalachian Hardwood Species. USDA Forest Service. NE-490.
- Max, T.A., Burkhart, H.E. 1976. Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations. *For. Sci.* 22:283-289.
- Meydan-Aktürk, G. 2006. Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) İçin Trigonometrik Gövde Profili Denkleminin Oluşturulması. KTU Fen Bilimleri Enstitüsü. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. 120s.
- Newnham, R.M. 1988. A Variable form Taper Function. Information Report PI-X-83. Forestry. Canada. 33 pp.
- Newnham, R.M. 1992. Variable-Form Taper Functions for Four Alberta Tree Species. *Can. J. For. Res.* 22: 210-223.
- Özçelik, R., Brooks, J.R. 2012. Compatible volume and taper models for economically important tree species of Turkey. *Ann. For. Sci.* 69:105-118.
- Özçelik, R., Brooks, J.R., Jiang, L. 2011. Modeling stem profile of Lebanon cedar, Brutian pine, and Cilicica fir in southern Turkey using nonlinear mixed-effects models. *Eur. J. For. Res.* 130:613-621.
- Parresol, B.R., Hotvedt, J.E., Cao, Q.V. 1987. A Volume and Taper Prediction System for Bald Cypress. *Can. J. For. Res.* 17:250-259.
- Perez, D.N., Burkhart, H.E., Stiff, C.T. 1990. A variable-Form Taper Function for Pinus Oocarpa Schiede in Central Honduras. *For. Sci.* 36: 186-191.
- Rojo, A., Peles, X., Sacherz-Rodriguez, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., von Gadow, K. 2005. Stem taper functions for maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Galicia (northwest Spain). *Eur. J. For. Res.* 25:177-186.
- Sakıcı, O.E., Mısır, N., Yavuz, H., Mısır, M. 2008. Stem Taper Functions for *Abies nordmanniana* subsp. *bormmulleriana* in Turkey *Scand. J. For. Res.* 23:522-533.
- Sas Institute Inc 2002. SAS/ETS User's Guide. Version 9.0. SAS Institute Inc.. Cary. NC.
- Sherrill, J.R., Bullock, B.P., Mullin, T.J., McKenad, S.E., Purnell, R.C. 2011. Total and merchantable stem volume equations for Midrotation loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *South. J. Appl. For.* 35:105-108.
- Ter-Mikaelian, M.T., Zakrzewski, W.T., MacDonald, G.B., Weingartner, D.H. 2004. Stem Profile Equations for Young Trembling Aspen in Northern Ontario. *Ann. For. Sci.*, 61:109-115.
- Thomas, C.E., Parresol, B.R. 1991. Simple, flexible, trigonometric taper equations. *Can. J. For. Res.* 21:1132-1137.
- Williams, M.S., Reich, R.M. 1997. Exploring the Error Structure of Taper Equations. *For. Sci.*, 43:378-386.
- Yavuz, H., 1995. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı. Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi. KTU Orman Mühendisliği Bölümü. Orman Amenajmanı Anabilim Dalı. Basılmamış Doçentlik Tezi. 101s.
- Yavuz, H., Saraçoğlu, N. 1999. Compatible and non-compatible stem taper equations for Alder. *Turk. J. Agric. For.* 23:1275-1282

Göller Yöresinde yalancı akasya, Anadolu karaçamı ve Toros sediri ağaç türleri için çap-boy modeli

Yılmaz Çatal

Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

İletişim yazarı/Corresponding author: yilmazcatal@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 13.03.2012, Kabul tarihi/Accepted: 31.07.2012

Özet: Ağaç boyu, bonitet endeksi ve hacim belirlemede önemli bir meşcere parametresidir. Göğüs yüksekliği çapı ile ağaç boyu arasındaki ilişkiyi tanımlayan denklemler kullanılarak yalnız göğüs yüksekliğindeki çap ölçülerek ortalama ağaç boyu tahmin edilebilmektedir. Bu çalışma ile de Göller Yöresinde ağaçlandırma yolu ile getirilmiş Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.) meşcereleri için göğüs yüksekliği çapı ile ağaç boyu arasındaki ilişkinin tanımlanması amaçlanmıştır. Göller Yöresinde yapay olarak oluşturulmuş meşcerelerden elde edilen veriler kullanılarak söz konusu üç ağaç türü için oluşturulan çap-boy denklemi sunulmuştur. Monserud (1975)'in denklemi göğüs yüksekliği çapına göre ağaç boyunu tanımlama da esnek bir model olduğu için kullanılmıştır. Denklem katsayılarının belirlenmesinde doğrusal olmayan regresyon yöntemi uygulanmıştır. Sonuçlar Göller Yöresinde Yalancı akasya, Anadolu karaçamı ve Toros sediri ağaç türleri için bilinmeyen ağaç boyunu göğüs yüksekliği çapına göre belirlemede yeterli bulunmuştur. Söz konusu denklem, belirtilen ağaç türleri için orman envanterinde ağaç boyunu kolaylıkla belirlemede kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

Keywords: Çap-boy denklemi, Allometrik denklem, Doğrusal olmayan model, Göller yöresi

Height-diameter model for black locust, Anatolian black pine and Taurus cedar tree species in Lakes Region

Abstract: The height of a tree is important for assessing tree volume and site index. Diameter of breast height-tree height relation equations are often used to predict the mean tree height for trees in case only diameter at breast height is measured. This study aim describes between the tree heights with diameter of breast height relationships for artificially grown black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) and Taurus cedar (*Cedrus libani* A.Rich.) in Lakes Region. It's presented a set of height-diameter equations for four tree species using data obtained from artificially grown stands in Lakes Region. Monserud's (1975) equation is used because of this equation is a flexible form that readily fits many height-diameter datasets. Nonlinear regression techniques were used to test the equation. The resulting equations provide a reasonable means of predicting unknown tree heights, given diameter of breast height, for Black locust, Anatolian black pine and Taurus cedar tree species in Isparta and Burdur Regions. This height-diameter equation can be used to avoid time-consuming task of measuring heights of all individual trees in inventory for this species.

Keywords: Height-diameter equation, Allometric equation, Non-linear model, Lakes region

1. Giriş

Göller yöresi ülkemizin ormanlık alanı ve tür çeşitliği bakımından zengin olduğu bir yöredir. Bunun yanı sıra yörede bozuk olarak nitelendirilen, üzerinde yeterli sayı ve nitelikte ağaç bulunmayan alanlarda ve orman ağaçlarının bulunmadığı çalı ve maki bitki örtüsü ile kaplı olup, mülkiyeti orman olan yerlerde değişik dönemlerle ağaçlandırma çalışmaları yapılmaktadır. Yörede bozuk nitelikte alanlar Yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.) ağaç türleri ile ağaçlandırılarak verimli orman alanlarına çevrilmiş ve bu türler ile ağaçlandırma çalışmaları da devam etmektedir.

Bu tür alanlarda yeni bir orman rejimi oluşturulmakta olup, söz konusu ağaç türleri için ağaçlandırma sahalarındaki hasılat özelliklerini tahmin edici çalışma yeterince yoktur. Çünkü doğal meşcerelerdeki ağaç büyüme özelliklerinin ağaçlandırma sahaları içinde geçerliliğinin düşünülmesi mümkün değildir. Keza, ağaçlandırma

sahalarında toprak işleme, uygun orjinli fidan kullanımı, belirli bir sıklıkta yetiştirilmeleri ve yeterli kültürel bakım çalışmasından dolayı doğal meşcerelerine göre farklı büyüme özellikleri göstermektedir. Bu yüzden ağaçlandırma ile elde edilmiş meşcerelerde uygulanacak planlı ormancılık çalışmalarında ağaçların artım ve büyüme özelliklerinin doğru olarak tahmin edilmesi gerekmektedir. Doğru tanımlanan hasılat öğeleri ile türler için hazırlanacak hasılat çalışmaları ve simülasyon modelleri için altlık oluşturulabilmektedir.

Genel olarak; i) ormancılık çalışmalarında zaman gerektirmesinden, ii) ölçüm tekniklerinin düzgün olarak uygulanması durumunda hata yapılmasından, iii) ölçüm sırasında sık olan meşcerede ağacın tepe ve dip kısmının yeterince görülememesinden, iv) boy ölçer aletinin orman işletmelerinde bulunmamasından dolayı boy ölçümü yaygın olarak yapılamamaktadır. Bundan dolayı ağaç hacim hesaplarında çift girişli ağaç hacim tabloları yerine tek girişli ağaç hacim tabloları ile ağaçlar hacimlendirilmektedir. Ancak ağaç boylarının bilinmesi ile

hacim hesaplarında tek girişli ağaç hacim tablosunun yerine çift girişli ağaç hacim tabloları kullanılarak hacim hesabındaki hata payı düşürülebilmektedir. Ormancılık çalışmalarında da tek girişli ağaç hacim tablosu yerine çift girişli ağaç hacim tablosunun kullanılması önerilmektedir (Kalıpsız, 1984).

Ağaç çapı ormancılıkta ağacın en kolay ölçülen parametresidir. Böylece ölçümü kolay bu değişken kullanılarak ağaçlara ait ölçümü zor diğer değişkenler tahmin edilmektedir (Kalıpsız, 1984; Eler, 2003). Meşcerenin büyümesini belirlemede kullanılan bir çok simülasyon programında ormanın düşey yapısını ortaya koyma ve ağaçların hacmini belirlemede boy tahmini yapılmaktadır (Wykoff vd., 1982; Larsen ve Hann, 1987; Ritchie ve Hann, 1986; Larsen, 1994; Carus, 1998; Temesgen vd., 2007; Çatal, 2009). Göğüs yüksekliği çapı ile boy arasındaki ilişki denklemleri ile ağaçların bir noktada veya periyotta büyüme durumları ortaya koyulabilmektedir (Garcia, 1974). Ayrıca çap-boy denklemleri bir yöre veya meşcerede hacim miktarını belirlemede ağaç boyunu belirlemek için yol gösterici olmaktadır (Larsen ve Hann, 1987; Wang ve Hann 1988, Huang vd., 1992).

Ormancılığın ana kapitali olan ağaç hacmi gerçeğe yakın olarak ağaç çapı ve boyunun bilinmesi ile elde edilmektedir. Değişik türler ve yöreler için hazırlanmış göğüs çapına göre ağaç boyunu tahmin eden araştırmalar vardır (Monserud, 1975; Ek vd., 1984; Parresol, 1992; Colbert vd., 2002; Lootens vd., 2007; Mısır, 2010). Bu tür araştırmalar ile ağaçların boyları çaplarına göre tahmin edilmesinde değişik modeller kullanılmaktadır. Bu modellerin uygunluğunda yöreye göre ve ağaç türüne göre değişim göstermektedir. Yani bir çap-boy modelinin tüm ağaç türleri için veya aynı ağaç türünde bile tüm yayılış alanında geçerliliği söz konusu değildir. Bu yüzden ağaç türleri için yöresel olarak çap-boy ilişkisinin ortaya koyulması gerekmektedir. Çünkü çap ile boy ilişkisi ağaç türü, meşcere yaşı, bonitet, genetik özellikler ve silvikültürel işlemlere göre değişim göstermektedir (Kalıpsız, 1984; Dolph, 1989; Knowe, 1994).

Çap ile boy arasında her zaman pozitif yönde bir ilişki vardır. Bu ilişkinin ortaya koyulmasında doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modelleri kullanılmaktadır. Doğrusal modeller yüksek doğruluk düzeyi istenmeyen ve karmaşık büyüme ilişkilerinin belirlenmesini gerektirmeyen çalışmalarda kullanılmaktadır. Doğrusal modellere göre daha esnek olan ve verilere uygulama kolaylığı bakımından doğrusal olmayan modeller sık sık kullanılmaktadır (Larsen ve Hann, 1987; Wang ve Hann, 1988; Arabatzis ve Burkhart, 1992; Huang vd., 1992; Dolph vd., 1995). Ancak, doğrusal olmayan modellerde denklem katsayılarını bulmak oldukça zordur. Ancak, gelişen bilgisayar teknolojisi ve bilgisayar programları ile doğrusal olmayan modellerin katsayıları iterasyon yöntemi ile kolaylıkla tespit edilebilmektedir.

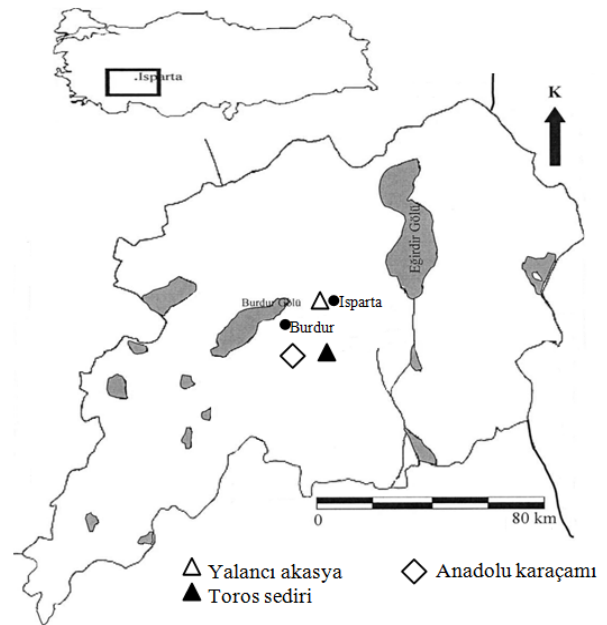
Bu çalışmanın amacı Göller Yöresinde ağaçlandırma ile yetiştirilmiş Yalancı akasya, Anadolu karaçamı ve Toros sediri meşcerelerinde çap-boy modelinin belirlenmesidir. Çap-boy modeli için Monserud (1975)'in önermiş olduğu model esas alınacak ve modelin uygunluğu istatistik ve grafik olarak test edilecektir. Güvenilir bir çap-boy ilişkisi tanımlanması ile meşcerelerin planlanması ve üretim süreci gerektiği şekilde yapılabilir ve söz konusu ağaç türleri ile kurulacak meşcerelerde optimum faydalanılabilmesi garanti altına alınabilecektir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışmamızda Göller Yöresinde ağaçlandırma yolu ile yetiştirilmiş Yalancı akasya, Anadolu karaçamı ve Toros sediri meşcerelerinde alınan örnek alan verileri kullanılmıştır. Yalancı akasya meşcereleri Isparta il merkezine 13 km mesafede Gölcük Gölü çevresinde yer almaktadır. Diğer türlere ait meşcereler ise Isparta Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Burdur Orman İşletme Müdürlüğü, Ağlasun Orman İşletme Şefliği sınırları içinde yer almaktadır. Bu meşcerelerden altı ağaç örnekleme yöntemi ile yalancı akasyada 10; Anadolu karaçamında 11 ve Toros sedirinde 79 olmak üzere toplam 100 örnek alan alınmıştır. Örnek alanlarda altı ağacın çapı (cm) ve boyu (m) ölçülmüştür. Ayrıca, yaş tespiti yapılmak üzere ağacın dip kısmından artım burgusu ile yaş kalemleri alınmıştır. Yalancı akasya 40-50, Anadolu karaçamı 35 ve Toros sediri ise 36 yaşlarında bulunmuştur. Yalancı akasya için hâlihazırda bonitet tablosu olmadığından bonitet belirlemesi yapılmamıştır. Bonitet sınıflandırmalarına göre Toros sediri (Evcimen, 1963) ve Anadolu karaçamı (Mısır, 2003) iyi bonitet sınıfında bulunmuştur. Tüm örnek alanlar fazla müdahale görmemiş meşcerelerden alınmıştır. Örnek alanların alındığı meşcerelerin konumu Şekil 1'de gösterilmiştir.

Türler için ayrı ayrı ölçülen göğüs yüksekliği çapı ve ağaç boyu değerleri için en büyük, en küçük, aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Isparta Orman Bölge Müdürlüğünde örnek alanların alındığı yerler

Çizelge 1. Her tür için göğüs yüksekliği çapı ve ağaç boyu değişkenlerinin bazı istatistikleri

Türler	N	Göğüs Çapı (cm)			Ağaç Boyu (m)				
		Aritmetik ortalama	En küçük	En büyük	Standart sapma	Aritmetik ortalama	En küçük	En büyük	Standart sapma
Yalancı akasya	60	19.491	8.30	35.80	6.405	11.630	2.50	18.05	3.998
Anadolu karaçamı	66	11.202	3.20	25.00	4.614	7.791	2.60	17.50	2.850
Toros sediri	474	19.081	10.19	27.69	2.474	8.755	6.05	11.60	1.025

2.2. Yöntem

Daha önce çap ile boy arasındaki ilişkileri açıklamada birçok denklem kullanılmıştır. Bu denklemlerden Monserud (1975) tarafından geliştirilen model bir çok çalışmada çap ile boy arasındaki ilişkiyi açıklamada yeterli güven düzeyinde uygun olduğu bulunmuştur (Larsen ve Hann, 1987; Colbert, vd., 2002; Lootens vd., 2007). Söz konusu denklem ile göğüs yüksekliğindeki çap kullanılarak ölçülmesi güç olan ağaç boyu tahmin edilebilmektedir. Söz konusu model aşağıda verilmiştir.

$$h = 1,30 + e^{\alpha + \beta * d^{\phi}} \quad (1)$$

Denklemde h; ağaç boyunu (m), d; göğüs yüksekliğindeki çapı (cm), α , β , ϕ ise denklem katsayılarını göstermektedir.

Doğrusal olmayan regresyon modellerinde en büyük problem iterasyon için başlatılacak değer bilinmemesidir. Bu doğrusal olmayan denklemler ile çözümde en çok karşılaşılan problem olarak ortaya çıkmaktadır. Çalışma kapsamında ilk olarak denklem 1, en küçük kareler yöntemini esas alan regresyon analizinin uygulanabilmesi için doğrusal forma dönüştürülmüştür. Dönüştürülen denklemde “ ϕ ” katsayısı değeri -0.2 olarak alınmıştır (Colbert, vd., 2002). Söz konusu katsayı yerine yazılarak “ α ” ve “ β ” değerleri uygulanacak olan doğrusal olmayan regresyon analizine ait katsayılar için başlangıç değerleri belirlenmiştir.

$$\ln(h - 1,30) = \alpha + \beta * d^{-0,2} \quad (2)$$

Elde edilen katsayıların başlangıç değerleri kullanılarak denkleme ilişkin gerçek katsayılar elde edilmiştir. Modelin verilere uygunluğunu göstermek için belirleme katsayısı (R^2) hesaplanmıştır. Belirleme katsayısının hesaplanmasında denklem 3 kullanılmıştır.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3)$$

Formülde Y_i gözlemler elde edilen i. değeri, \hat{Y}_i modelle elde edilen i. değeri, \bar{Y} gözlemler elde edilen değerlerin aritmetik ortalamasını göstermektedir.

Denklemler elde edilen değerler ile gerçek değerlerin arasındaki farklar incelenmiştir. Elde edilen denklem ile veri grubunda yapılan hata, Ortalama Hata (OH) ile bulunmuştur (Denklem 4). Bir meşcerede yapılan boy ölçümlerinde toplam ağaç boyu ortalama hatasını OH ile ortaya koyulabilmektedir. Ayrıca verilerin uygunluğu için Hata

Kareler Ortalaması (HKO) kullanılmıştır (Denklem 5). Birçok denklem içerisinde uygun denklemi seçmede HKO kullanılır. Küçük bir HKO ortalaması minimum varyans açısından önerilir. HKO yöresel olarak ve meşcere özelliklerine göre değişir. Çalışmamızda bir meşcere için ortalama HKO değeri kabul görmüştür. Çalışmamızda alternatif denklem yerine tek denklem sınanmıştır. Yine de HKO değerleri ile veri grubunun sapma derecesi ortaya koyulmuştur.

$$OH = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)}{n} \quad (4)$$

$$HKO = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \quad (5)$$

Denklemde y_i ; i. ağaca ilişkin ölçülen boy değerini (m), \hat{y}_i ; i. ağaca ilişkin denklemden elde edilen boy değerini (m), n ise ağaç sayısını göstermektedir. Söz konusu verilere ilişkin bulunan katsayılar ve hataları ile ilgili istatistikler hesaplanarak türlerde kullanılabilirliği tartışılmıştır.

2.3. İstatistik analiz

Her bir ağaç türü için Monserud (1975) tarafından belirtilen çap-boy ilişkisi denkleminin uygunluğu test edilmiştir. Verilerin denkleme uygunluğu ve katsayıların belirlenmesinde SPSS for Windows 17.0 istatistik program yazılımının non-linear özelliği kullanılmıştır. Ayrıca, doğrusal olmayan regresyon modellerinde belirleme katsayısının kullanımına ilişkin olarak, çeşitli tartışmalar olmasına rağmen, modelin uygunluğunun ölçülmesinde genel bir fikir vermesi nedeniyle kullanılabilir olduğu belirtilmektedir (Ryan, 1997). Belirleme katsayısı ile modelin verilere uygunluğu ortaya koyulmuştur.

3. Bulgular ve tartışma

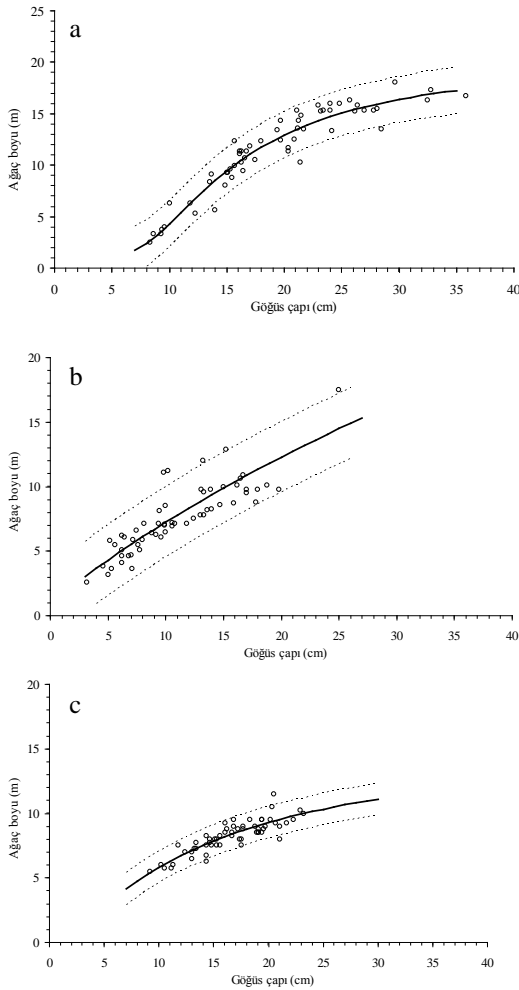
Biyolojik sistemleri anlamada modelleme önemli bir araçtır. Modelleme bir sistemin değişimini denklemler ile tanımlama işlemidir. Bu yüzden modelleme sırasında sistemin bileşenlerini doğru olarak belirlemek ve bu sistemi tanımlayacak denklemi doğru olarak seçmek önemlidir. Çalışmamızda da Göller Yöresinde ağaçlandırma yolu ile elde edilmiş üç farklı ağaç türünün oluşturduğu meşcerelerde ağaç boyunun göğüs yüksekliği çapına göre değişimini Monserud (1975)’in denklemi ile açıklanabilirliği ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Denklemle ilişkin belirlenen katsayılar ve bazı istatistikler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Çap-boy denklemine ait katsayılar ve bazı istatistikler

Türler	Katsayılar			OH	HKO	R ²
	α	β	φ			
Yalancı akasya	2.9277	-164.4602	-1.9530	0.0080	1.3182	0.916
Anadolu karaçamı	7.6436	-8.4486	-0.1590	-0.0072	1.9486	0.753
Toros sediri	2.7560	-9.4910	-0.8816	0.0011	0.3930	0.729

Ağaç türlerinden Yalancı akasya, Toros sediri ve Anadolu karaçamı için denkleme ilişkin belirtme katsayısı oldukça yüksek yeter doğruluk düzeyinde ağaç boyunu tanımlamada kullanılabileceği görülmüştür. Modele ait OH değerleri çok küçük olarak bulunmuştur. OH değerlerinde küçük çıkması toplam ortalama boy hatasının küçük çıkacağını ve ağaç türlerinde boy bakımından fazla bir hatanın olmayacağını göstermektedir. Yine varyansı gösteren HKO değerleride varyansın fazla olmadığını göstermiştir.

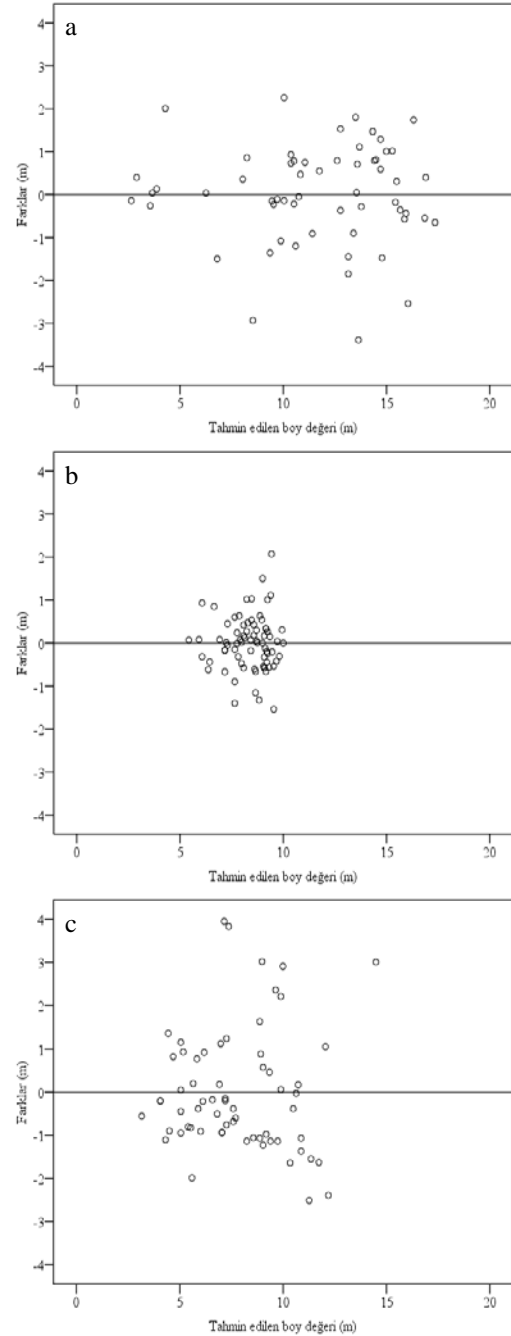
Denklem veri grubu için yeterli düzeyde tanımlayıcı olmasına rağmen bazı veriler bazı çap değerlerinde yüksek değerler vermiştir. Böylece model tam ortadan temsil etmemiştir. Böyle durumda belirli güven düzeyinde hata sınırları belirlenmek istenir. Bu çalışmada da %95 güven düzeyinde bir t değeri ile hata kareler ortalamasının karekökü (root mean square error) kullanılarak güven sınırları belirlenmiştir.



Şekil 2. Yalancı akasya (a), Toros sediri (b) ve Anadolu karaçamı için çap-boy eğrileri (düz çizgi) ve %95 güven düzeyinde sınırları (kesik çizgi)

Model ile çizilen Şekil 2'den de görüleceği gibi Yalancı akasya, Toros sediri ve Anadolu karaçamında açık S eğrisi şeklindeki büyüme eğrisi veya büyüme eğrisinin bir kısmı görülebilmektedir (Şekil 2). Özellikle Yalancı akasyada bu büyüme eğrisinin bütünü gözlenmektedir (Şekil 2a).

Ayrıca, regresyon denklemi ile elde edilen boy değerleri ile gerçek değerle olan farklar ikili koordinat sistemine işaretlenerek Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Model ile Yalancı akasya (a), Toros sediri (b) ve Anadolu karaçamında (c) belirlenen boy değerlerinin ve gerçek boy değerlerinden farkları

4. Sonuç ve öneriler

Biyolojik olayların belirli bir zaman diliminde büyüme özelliklerinin sayısallaştırılmasında allometrik denklemler kullanılmaktadır. Bu denklemler ile biyolojik varlıklar olan ağaçların belirli aralıklarda büyüme ve gelişme özellikleri tanımlanabilmektedir. Ormancılıkta da ağaç boyu ölçmek zor bir işlemdir. Tüm ağaçların boyu ölçülse bile bunların doğruluğu bazı uygulama hatalarından dolayı tartışma yaratmaktadır. Bu yüzden ormancılıkta kolay ölçülen çap kullanılara ağaç boyu tahmini için denklemler geliştirilmiştir.

Bu çalışma ile Isparta ve Burdur Yöresinde ağaçlandırma yolu ile getirilmiş olan ve artık meşcere özelliği gösteren Yalancı akasya, Anadolu karaçamı ve Toros sediri ağaç türlerine ait çap-boy denklemi denenmiştir. Söz konusu ağaç türleri için Monserud (1975)'in önermiş olduğu denklem kullanılarak çap-boy denklemi elde edilmiştir. Bu ağaç türleri yörede doğal yayılış alanları dışında ağaçlandırma ile getirilmiştir. Bu yüzden ağaçlandırma ile kurulan meşcerelerdeki ağaçların doğal meşcerelerinden farklı büyüme özellikleri göstermesi beklenmektedir.

Yalancı akasya için denenen denklem %91.6 yalnız başına çapa göre boyu açıklayabilmektedir. Böylece Isparta ve Burdur Yöresinde ağaçlandırma yolu ile oluşturulan Yalancı akasya meşcerelerinde çap ölçülerek boy yeterli doğruluk düzeyinde tahmin edilebilmektedir. Aynı denklem kullanılarak Anadolu karaçamı ve Toros sedirinde sırasıyla %75.3 ve %72.9 oranında çapa bağlı olarak ağaç boyu tahmin edilebilmektedir.

Çalışmada denkleme ilişkin istatistikler ve katsayılar daha önce söz konusu denklem için bulunan sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir (Larsen ve Hann 1987; Colbert, vd., 2002). Burada verilen model ağaç türlerinin boyunu çapa göre tahmin etmekte yeterli doğrulukta sonuç vermekte ve uygulaması kolaydır. Bu yüzden kullanılması tavsiye edilmektedir.

Elde edilen denklem ile yöresel ve yapay olarak elde edilen meşcerelerde oluşturulacak hasılat ve büyüme modelleri ile simülasyon modellerinde göğüs yüksekliği çapına göre ağaç boyu tanımlamada kullanılabilir.

Kaynaklar

Arabatzis, A.A., Burkhart, H.E., 1992. An evaluation of sampling methods and model forms for estimating height-diameter relationships in loblolly pine plantations, *Forest Science* 38:192-198

Carus, S., 1998. Aynıyaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) Ormanlarında Artım ve Büyüme. İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), 359 s., İstanbul.

Colbert, K.C., Larsen, D.R., Lootens, J.R., 2002. Height-diameter equations for thirteen midwestern bottomland hardwood species. *NJAF*, 19(4):171-176.

Çatal, Y., 2009. Batı Akdeniz Bölgesi Kızılcıam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Basılmamış Doktora Tezi, Isparta.

Dolph, L.D., Mori, S.R., Oliver, W. W., 1995. Height-diameter relationships for conifer species on the Blacks Mountain experimental forest, US Pacific Southwest Research Station, Research note PSW-RN-418

Ek, A.R., Birdsall, E.T., Spear, R.J., 1984. A simple model for estimating total and merchantable heights. *USDA For. Serv., Res. Note NC-309*. 5 p.

Eler, Ü., 2003. Dendrometri. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayını, No. 30, Isparta.

Evcimen, B.S., 1963. Türkiye Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları No: 355/16, Ankara.

Garcia, O., 1974. Height-diameter equations for *Pinus radiata*. Instituto Forestal, Chile, Nota Tecnica No.19

Huang, S., Titus, S.J., Wiens, D.P., 1992. Comparison of nonlinear height-diameter functions for major Alberta tree species. *Canadian Journal of Forest Research* 22: 1297-1304

Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:3793/426, 407 s., İstanbul.

Knowe, S.A., 1994. Effect of competition control treatments on height-age and height-diameter relationships in young Douglas-fir plantations. *Forest Ecology and Management* 67:101-111

Larsen, D.R., 1994. Adaptable stand dynamics model integrating site-specific growth for innovative silvicultural prescriptions. *Forest Ecology and Management*, 69:245-257.

Larsen, D.R., Hann, D.W., 1987. Height-diameter equations for seventeen tree species in southwest Oregon. Oregon State University, Forestry Research Laboratory, Research paper 49

Lootens, J.R., Larsen, D.R., Shifley, S.R., 2007. Height-Diameter Equations for 12 Upland Species in The Missouri Ozark Highlands. *North.J.Appl.For.*, 24(2):149-152.

Mısır, N., 2003. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, 208 s., Trabzon.

Mısır, N., 2010. Generalized height-diameter models for *Populus tremula* L. stands. *African Journal of Biotechnology*, 9(28):4348-4355,

Monsured, R., 1975. Methodology for simulating Wisconsin northern hardwood stand dynamics. Ph.D. Diss.Univ. of Wisconsin, Madison. 156 p.

Parresol, B.R., 1992. Baldcypress height-diameter equations and their prediction confidence interval. *Canadian Journal of Forest Research*, 22:1429-1434.

Ritchie, M.W., Hann, D.W., 1986. Development of a tree height growth model for Douglas-fir. *Forest Ecology and Management*, 15:135-145.

Ryan, T.P., 1997. *Modern Regression Methods*. John Wiley and Sons, 424s. New York, USA.

Temesgen, H., Hann, D.W., Monleon, V.J., 2007. Regional Height-Diameter Equations for Major Tree Species of Southwest Oregon. *West.Appl.For.*22(3):213-219.

Wang, C.H., Hann, D.W., 1988. Height-diameter equations for sixteen tree species in the central western Willamette valley of Oregon. Oregon State University, Forestry Research Laboratory, Research paper 51

Woollons, R.C., 2003. Examination of mean top height definitions and height estimation equations for *Pinus radiata* in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry* 48(3):15-18

Wykoff, W.R., Crookston, C.L., Stage, A.R., 1982. User's guide to the Stand Prognosis Model. *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-133*, 122 p.

Tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) yönteminde iş verimliliği

H.Hulusi Acar^{a,*}, Saliha Ünver^a

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

* İletişim yazarı/Corresponding author: hlsacar@ktu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 29.02.2012, Kabul tarihi/Accepted: 02.07.2012

Özet: Türkiye’de dağlık alanlarda kalın çaplı odun hammaddesinin aşağıdan yukarıya doğru taşınması traktörle doğal zemin üzerinde kablo çekimi ya da hava hattı teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ülkede yalnızca bir bölgede bulunan hava hatları hem yaklaşık 28 yaşında olup kullanım ömürlerini doldurmuş olmaları hem de çok miktarda ürünün bir arada olmasını gerektirmelerinden dolayı ekonomik olarak çalıştırılmamaktadır. Çoğunlukla aşağıdan yukarıya doğru taşımada daha fazla oranda kullanılan traktörle zemin üzerinde sürütme sırasında tomruklar orman içinde gelişi güzel olarak yukarıya doğru çekilmekte ve bu sırada ormanda kalan ağaçlara, fidanlara, zemine çarpmakta ve takılıp kalmaktadır. Bu durum hem taşınan üründe ve kalan meşcerede önemli zararlar oluşmasına hem de takılan ürünlerin kurtarılmasında zaman kayıplarına yol açabilmektedir. Bu çalışmada hava hattına göre daha ekonomik ve daha yaygın olarak kullanılan traktörle aşağıdan yukarıya çekme tekniğinin olumsuzluklarını minimize edecek yarı mekanize bir sistem geliştirilmiştir. Tomrukların yapay bir güzergah üzerinde traktör gücüyle çekilmesini sağlayan TOKK-T yöntemi, tomrukların kalan ağaçlara ya da zemine çarparak zarar görmesi, kalan ağaçlarda yaralanmalar oluşması ve orman toprağında sürütme sonucu bozulmalar oluşmasını ortadan kaldırmaktadır. Bu çalışmada Artvin ili Saçınka Orman İşletme Şefliğinde iki farklı eğimdeki deneme alanlarında TOKK-T metoduyla aşağıdan yukarıya doğru tomruk taşınmasının verimliliği incelenmiştir. Her birinde 37’şer adet tomruk taşınan deneme güzergahlarının eğimleri ve uzunlukları sırasıyla %60 ve 119 m, %90 ve 112 m’dir. Deneme güzergahlarında her bir tomruk ayrı ayrı taşınmış ve taşınma süreleri sıfırlama yöntemiyle ölçülmüştür. Deneme güzergahlarından taşınan ürün miktarları toplam 9,52 m³ ve 8,65 m³ iken bu denemelerin operasyon verimlilikleri 5,93 m³/dak ve 7,28 m³/dak olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İş verimliliği, Zaman ölçümü, TOKK-T yöntemi, Bölmeden çıkarma

Working efficiency during the controlled sliding of logs in the polyethylene chute by tractor power

Abstract: Transportation of logs from the bottom up is carried out by the tractor or cable yarding systems in mountainous areas of Turkey. Cable yarding systems approximately 28 years old are used only in a region in Turkey. Because they need to be together as much logs to be used, their use is not economical. Logs are pulled up randomly as ground based skidding method by tractor widely used in transportation from bottom up. Meanwhile, logs have attached to residual trees, saplings and ground. This can cause both severe damages to the logs and residual stand, and time consuming due to rescue of the products plugged into. Therefore a semi-mechanized system has been developed minimizing the negativity of ground based skidding by tractor (TOKK-T). This system, which allows the withdrawal of logs by tractor power on a specific artificial route, eliminates the damage to the logs as a result of collision the trees or the ground, the formation of scars on trees and skidding damages on forest soil. In this study, we investigated the efficiency of the skidding of logs by TOKK-T system from the bottom up in 2 sample fields with a different slope in Artvin region. 37 logs were moved on the each sample route. Their slopes and lengths were 60% and 119 m, 90% and 112 m, respectively. Logs were skidded one by one on artificial routes and moving time of them was measured by resetting measurement method. While the total amount of transported logs on the routes 31.16 m³ and 27.25 m³, respectively, the operational efficiencies were identified as 10.39m³/min and 11.60m³/min, respectively.

Keywords: Working efficiency, Time measurement, The TOKK-T method, Logging

1. Giriş

Son yıllarda toplumun çevresel duyarlılığının artması ile ekosisteme yapılan her türlü müdahalenin çevresel etkilerinin belirlenmesi ve minimize edilmesi büyük önem kazanmıştır. Bu durum, geçmişte yalnızca ekonomik kazanç amaçlı yapılan ormancılık faaliyetlerinin günümüzde çevresellik ve ergonomiklik ölçütleri açısından da değerlendirilmesini gündeme getirmiştir (Ünver ve Acar, 2006). Ormana en fazla müdahalede bulunan, en zor, pahalı ve çevresel açıdan en fazla zarara neden olan faaliyetlerden birisi de odun hammaddesinin bölmeden çıkarılması faaliyetleridir.

Türkiye’de yaklaşık 14-15 milyon m³/yıl yapacak ve 6,5-7,5 milyon m³/yıl yakacak odun hammaddesi üretilmektedir. Üretilen endüstriyel odun hammaddesinin 11-11,5 milyon m³’ü Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yaptırılırken 3-3,5 milyon m³’ü özel sektör tarafından gerçekleştirilmektedir (Kaplan, 2011). Bu odun hammaddesi üretimi faaliyetleri orman kanununun ilgili maddesi gereğince ihale usulüyle orman köylüleri ya da orman köylerini kalkındırma kooperatifleri tarafından yürütülür. Üretim ve taşıma işinin zamanında ve verimli olarak yapılması; orman işletmeleri için iş planının zamanında gerçekleşmesi, ihaleyi alan köylüler için zaman aşımından dolayı ücretlerinde kesinti yapılmaması ve

ekonomik olarak üretilen ürünün ormanda fazla bekletilerek bozulmalara uğramaması açısından çok yönlü öneme sahiptir. Özellikle kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) gibi yapraklı türlerin odunları orman içerisinde dış hava koşullarında ve toprak üzerinde uzun süre beklemeleri ile ardaklanma gibi önemli bozulmalara uğrayabilmektedir.

Üretilen odun hammaddesinin miktarında ve kalitesinde meydana gelebilecek kayıpların en aza indirilmesi, çevresel zararların minimize edilmesi ve iş güvenliğinin sağlanması ancak üretim operasyonlarının gelişmiş teknikler kullanılarak yapılması ile mümkün olabilmektedir. Akay ve Yenilmez (2008) yaptıkları çalışmada değişen ekonomik koşullar ve gelişen çevre hassasiyeti ile mekanik araçların ormancılıkta kullanımının artırılmasının önemini vurgulamışlardır.

Ormancılıkta mekanizasyon verimliliği; makinenin tipi, taşıyacak odunun boyutu, aralamanın yoğunluğu, hektardaki ağaç sayısı, arazi koşulları, operatör becerileri (Nimz, 2002; Karha, 2003), silvikültürel müdahale tipi (Eliasson, 2000; Glode and Sikstrom, 2001) ve sürütme yolları arasındaki mesafe (Harstedt, 2000; Mederski, 2006) gibi birçok faktöre bağlıdır. Dünyada kalın çaplı odun hammaddesinin bölmeden çıkarılmasında; hasatçı (harvester), kesici-taşıyıcı (forwarder), sürütücü (skidder), yürüyen makine (walking machine), balon ve helikopter gibi çok değişik mekanizasyon teknikleri kullanılmaktadır. Ancak bu teknikler ya Ülkemiz ormanlarında kullanımının verimli olmaması ya da çok pahalı olmalarından dolayı kullanılmamaktadır. Kalın çaplı odunların taşınmasında çoğunlukla hava hattı ve traktör kullanılırken ince çaplı odunların eğim aşağı yönde taşınmasında son yıllarda oluk sistemi kullanımı yaygınlaşmıştır (Acar vd., 2010).

Ülkemizde kalın çaplı ürünlerin bölmeden çıkarılmasında en yaygın kullanılan mekanizasyon tekniği orman traktörüdür. Dağlık alanlarda rahat olarak kullanılan traktörler, MB Trac 800-900-1000-1100 tipindeki traktörlerdir. Dağlık alanlarda traktörle bölmeden çıkarmada; traktör yol kenarında sabitlenir, tomruklara bağlanan çelik halat motor gücüyle traktörün tamburuna sarılır ve tomruklar zemin üzerinde sürütülerek yol kenarına çekilir (Demir, 2010). Pek çok çalışmada, zemin üzerinde sürütürerek bölmeden çıkarma faaliyetinin kalan ağaçlarda, fidanlarda ve orman toprağında ciddi zararlar meydana getirdiği tespit edilmiştir (Hosseini vd., 2000; Bozic, 2003; Ünver ve Acar, 2009; Eroğlu vd., 2010). Bu nedenle Türkiye ormanlarının yapısına uygun, ekonomik, ergonomik ve çevresel zararları minimize eden alternatif mekanizasyon tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Öztürk ve Hasdemir (2010) yaptıkları çalışmada çağdaş ormancılık çalışmaları gereği mekanizasyon düzeyinin kesinlikle yükseltilmesi ve bu konudaki politikaların devamlılığının sağlanarak yerli sanayinin teşvik edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Ülkemizde son yıllarda ince çaplı odunların eğim aşağı yönde taşınmasında çevresel, ekonomik ve ergonomik olan plastik oluk sistemi kullanımı önemli oranda yaygınlaşmıştır (Acar vd., 2005). Acar ve Ünver (2006) yaptıkları çalışmada oluk sisteminin zaman bakımından çok verimli, orman işçileri açısından ergonomik ve kalan meşçereye verilen zararlar açısından çok çevresel olduğunu belirtmişlerdir. Oluk sisteminin tek başına kullanıldığı durumlarda sadece eğim aşağı taşıma söz konusu olup taşınan odunlar hem eğimin hem de plastik olukların kayganlıklarının etkisi ile tehlikeli bir hız kazanabilmektedir. Bu durum, kalın çaplı

odunların taşınmasında oluk sisteminin tek başına kullanılmasının hem ekonomik hem de iş güvenliği açısından sakıncalı yapmaktadır. Ağır tomruklar kontrolsüz şekilde kayarken oluklara çarparak ömürlerini kısaltabilmekte ve kullanımları ekonomik olmamaktadır. Ayrıca tomrukların hızlı ve kontrolsüz olarak kayması sonucu birikme noktasında tomrukların durması kontrol edilememekte, oluğun bitiminden sonra hızla fırlayan tomruklar çevredeki ağaç ya da diğer objelere çarparak zarar görebilmekte ve iş güvenliğinin sağlanmasında sorunlar yaşanabilmektedir.

Oluk sistemine kalın çaplı ürünlerin taşınması sırasındaki olumsuzlukları ortadan kaldıracak bazı eklentiler yapılarak alternatif bir taşıma sisteminin geliştirilmesi mümkündür. Bu çalışmanın amacı, kalın çaplı odun hammaddesinin hem yukarıdan aşağıya hem de aşağıdan yukarıya doğru güvenli bir şekilde taşınmasını sağlayan, ekonomik ve çevresel zararları minimize eden, oluk sistemi ve traktör motor gücünün birlikte yer aldığı yarı mekanize kombine bir sistemin farklı eğimdeki arazilerde olan iş verimliliğini ortaya koymaktır.

1.1. Tomrukların oluk içerisinde orman traktörü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) Sistemi

Sistem, eğimli arazilerde kalın çaplı odunların plastik oluklardan oluşturulan yapay-mobil bir taşıma güzergahı içerisinde orman traktöründeki tamburdan yararlanarak kablo çekimi ile taşınmasını içerir. Bu sistemde; minimum iş gücü, düşük maliyet ve taşınan oduna ve çevreye zarar verilmeden hem aşağıdan yukarı hem de yukarıdan aşağı doğru ergonomik bir taşıma söz konusudur. Sistemde yapay güzergahı oluşturan, iç içe geçirilebilen yarım daire biçiminde kesilerek hazırlanmış plastik olukların özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Plastik oluklardan oluşan yapay güzergah, ormanda kesim yapılarak taşıma güzergahı açılmasına gerek duyulmadan eğime dik ya da açılı olarak kurulabilir. Kurulum sırasında plastik oluklar dişi ve erkek olarak isimlendirilen uç kısımlarından vidalarla birbirine monte edilerek araziye kısa sürede applike edilir. Olukların arazide monte edilme şekilleri tomrukların taşınma yönlerine bağlı olarak değişir. Aşağıdan yukarı doğru taşımada aşağıdaki oluk bir üstteki oluğun üzerine getirilerek, yukarıdan aşağıya doğru taşımada ise tersi yönde monte edilmektedir (Acar vd., 2009). Böylelikle hem taşıma sırasında tomruklar olukların bağlantı yerlerine takılarak zarar görmekte hem de zaman kaybı oluşması önlenerek iş verimi artabilmektedir (Şekil 1).

Çizelge 1. Yapay güzergahı oluşturan plastik oluklara ait özellikler

Özellikler	Açıklama
Oluk Şekli	Yarım daire (U) şeklinde
Oluk Malzemesi	Plastik (Polietilen) SN8
Oluk Çapı (cm)	60
Oluk Et Kalınlığı (mm)	8 mm
Oluk Boyu (m)	7 m
Oluk Ağırlığı (kg)	25 kg



Şekil 1. Güzergah kurulumunda oluk pozisyonları

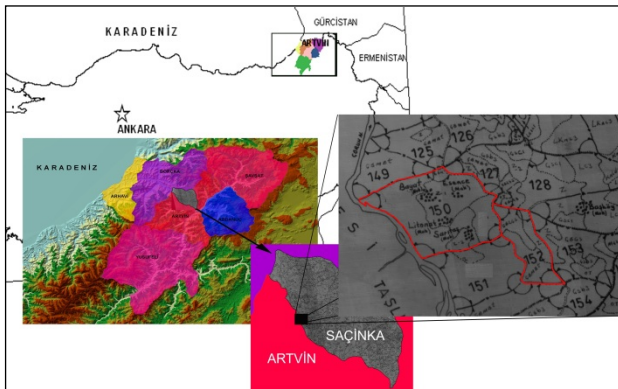
Bu sistemde tomruklar orman traktörünün tamburuna sarılı olan yağlı çelik halata bağlanır ve traktörden sağlanan motor gücü ile çelik halatın tambura sarılması sonucu yol kenarına doğru çekilirler. Her çekim işleminden sonra çelik halatın bir işçi tarafından aşağıya yani oluk güzergahının başlama noktasına indirilmesi gereklidir. Halatın indirilmesi için geçen süre; işçinin çekme gücü, taşıma mesafesi ve arazinin topoğrafik yapısı gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Acar vd., 2012). Sistemde ayrıca ring yapılarak, ağır tomruklar yukarıdan aşağıdaki orman yoluna doğru da kontrollü olarak (rastgele değil) indirilebilir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü çekilmesi (TOKK-T) sisteminin değişik eğimlerdeki iş verimleri incelenmiştir. Deneme çalışmaları, Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Saçınka Orman İşletme Şefliği sınırlarında bulunan farklı eğimlerdeki üretim bölmelerinde yürütülmüştür. Çalışma alanının genel görünümü Şekil 2’de verilmiştir.

Sistem, %60 ve %90 eğimli iki farklı üretim bölgesinde denenerek tomrukların taşınmasındaki zaman ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Denemelerin gerçekleştirildiği üretim bölmelerinin genel özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanının genel görünümü

Deneme alanlarında herhangi bir güzergah açılmadan arazi eğimi yönünde yukarıdan aşağıya doğru yapay güzergah kurularak taşıma denemeleri gerçekleştirilmiştir. Kurulum sırasında işçiler yamaç yukarı boş yürümüş ve yol kenarındaki olukları kurdukları güzergah üzerinde yamaç aşağı iterek kaydırmışlardır. Oluk güzergahı kurulduktan sonra taşıma sırasında herhangi bir olumsuzluk yaşanmaması için güzergah boyunca gerekli görülen yerlerde olukların kenarına demir direkler dikilerek sistem sabitlenmiştir. Söküm işlemi ise aşağıdan yukarı doğru yapılmış olup sökülen oluklar ikişer ya da üçerli olarak halata bağlanmış ve traktör gücü ile yukarıya çekilmiştir. Güzergahların genel özellikleri Çizelge 3’te ve genel görünüşleri ise Şekil 3’te verilmiştir.

Bu çalışmada sistemin motor gücü ihtiyacı MB-Trac 900 tamburlu orman traktöründen sağlanmıştır (Şekil 4 ve Çizelge 4).

Çizelge 2. Çalışma alanlarının genel özellikleri

Özellikler	Üretim Bölmeleri	
	Deneme Alanı 1	Deneme Alanı 2
Bölme No	150	152
İşletme Şekli	Siper	Siper
Meşçere Tipi	Knbc3/Kncd3	Knc3
Alan (ha)	40	29
Hacim (m ³ /ha)	13	13
Bakı	B	B
Arazi Eğimi (%)	60	90
Yükselti (m)	1400	1100
Kapahlık	3	3
Yaş (yıl)	80-100	80-100

Çizelge 3. Deneme güzergahlarının özellikleri

Özellikler	Deneme	
	Güzergâhı 1	Deneme Güzergâhı 2
Oluk Güzergah Eğimi (%)	60	90
Oluk Güzergah Uzunluğu (m)	119	112
Oluk Sayısı	17	16
Yatay-düşey Kurp	Yok	Yok
Çalışan İşçi Sayısı	5	6
Taşıma Yönü	Aşağıdan yukarı	Aşağıdan yukarı



Şekil 3. Deneme güzergahlarının genel görünüşleri



Şekil 4. Çalışmada kullanılan MB-Trac 900

Taşıma sistemi, orman yolu kenarındaki bir MB-Trac 900 orman traktörünün motor gücü kullanılarak odunlara bağlanan çelik halatın traktör üzerindeki tambura sarılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada orman içerisinde dağınık halde bulunan tomrukların oluk güzergâhının uç kısmına çekilmesi, bir makara düzeneği ile traktörün motor gücünden yararlanarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).

Arazi çalışmaları sırasında ölçümü yapılan tomrukların çap ve boyları ile zaman ölçüm değerlerinin kayıt edilmesinde tarafımızca geliştirilen etüt formları kullanılmıştır. Taşınan tomrukların orta çapları ile taşınma süreleri arasında fark olup olmadığını görmek için yapılan istatistiklerde SPSS 13.0 paket programı kullanılmıştır.

Çizelge 4. MB Trac 900'ün teknik özellikleri

Özellikler	Açıklama
Makine tipi	OM 314
Vinç markası	CG2M2ZD (ZERE)
Makine gücü (HP ya da kW)	85 HP (63 kW)
Ağırlık (kg)	6360
Çekme gücü (daN)	2 x 6083
Silindir sayısı	4 silindirli
Silindir kapasitesi (cm ³)	2000
Kablo çapı (mm)	10
Kablo uzunluğu (m)	150
Kablo hızı	540 devir
(m/dak)	1000 devir
Hız	Öne doğru
(m/dak)	Arkaya doğru
Hacim (cm ³)	3780
Tambur iç çapı (mm)	155
Tambur dış çapı – genişliği (mm)	366 – 225
Tambur çalışma sistemi	Pnömatik
Tambur sarma-boşaltma hızı (m/sn)	0.60

2.2. Yöntem

Arazide sistem kurulduktan ve çalışma mekanizması gözlemlendikten sonra sistemin verimliliğini belirlemek için tek tek kabloya bağlanarak aşağıdan yukarıya doğru çekilen tomrukların taşınma süreleri sıfırlama yöntemiyle ölçülmüştür. Kronometre ile zaman ölçümleri, tomruklar oluk üzerine getirilip taşınmaya hazır olunca başlatılmış ve tomruklar oluk güzergâhı üzerinden tamamen çıkınca durdurularak belirlenmiştir. Her bir tomruk için yapılan ölçümlerden sonra kronometre sıfırlanmıştır. Sistemle taşınan toplam odun miktarını belirlemek için taşınan her bir tomruğun orta çapları çap ölçer ile ve boyları çelik şerit metre ile ölçülmüştür. Taşınan her bir tomruğun hacimleri ise orta çap ve boy değerlerinden yararlanarak Huber formülü ile eşitlik [1] yardımıyla hesaplanmıştır (Castellanos vd., 2007).

$$V = \frac{\pi}{4} * d^2 * L \quad (1)$$

Burada; V, tomruk hacmini (m³); d, tomruk orta çapını (m) ve L, tomruk uzunluğunu (m) göstermektedir.

Deneme güzergâhlarında yapılan taşıma faaliyetlerinin etkinliğini karşılaştırılmasında operasyon zamanının verimliliği kullanılmıştır. Operasyon zamanının verimliliği eşitlik [2] yardımıyla belirlenmiştir (Acar, 1994).

$$W = \frac{V}{T} \quad (2)$$

Burada; W, operasyon zamanının verimliliğini (m³/sn); V, taşınan tomrukların hacmini (m³) ve T, operasyon zamanını (sn) göstermektedir.

3. Bulgular ve tartışma

Bu çalışma kapsamında geliştirilen tomrukların oluk içerisinde traktör yardımıyla kontrollü çekilmesi/kaydırılması (TOKK-T) sistemindeki verimliliğinin belirlenmesi amacıyla farklı eğimdeki 2 deneme güzergâhında zaman ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Farklı eğimlerdeki deneme güzergâhlarının kurulumları sırasıyla yaklaşık 50 ve 65 dakikada gerçekleştirilmiştir. Yapay güzergâhı oluşturan olukların araziye taşınması ve monte edilmesi işlemi eğimin düşük olduğu deneme alanı-1'de iki işçi, daha yüksek eğimli olan deneme alanı-2'de ise üç işçi ile gerçekleştirilmiştir. Daha yüksek eğimli deneme alanı-2'de daha fazla işçiye gerek duyulması, olukların eğim



Şekil 5. Tomrukları oluk güzergâhına kadar çeken makara sistemi

ashağıya doğru yerleştirilmesi ve monte edilmesinin güç olmasından kaynaklanmıştır.

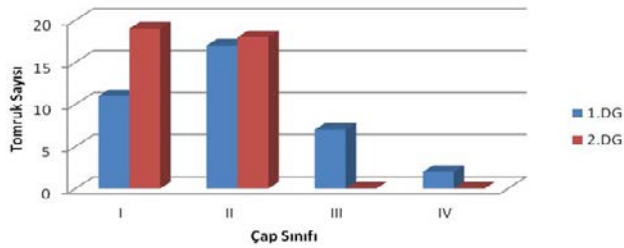
Bu sistemle aşağıdan yukarıya doğru taşıma işlemi başlamadan önce orman içerisinde dağınık halde bulunan tomrukların toplanması işi taşıma güzergâhının dip kısmındaki ağaçlara bağlanarak oluşturulan makara sistemiyle kolayca gerçekleştirilmiştir. Makara sistemi ile oluşan ağızına kadar çekilen tomruklar bir işçinin yardımıyla oluk güzergâhı üzerine yerleştirilmiştir. Deneme güzergâhlarında taşınan odunlar 4 çap sınıfına ayrılarak tomrukların çap sınıflarına dağılımı belirlenmiştir (Çizelge 5, Şekil 6).

Sistemle taşınan tomrukların çaplarını sınırlandıran ana faktör yapay güzergâhı oluşturan olukların çapıdır. Çapı 60 cm olan oluklardan oluşan deneme güzergâhlarında yapılan ölçümlerde çapı 50 cm'den büyük olan tomrukların verimli ve güvenilir olarak taşınmadığı belirlenmiştir. Bu durum tomrukların oluk içerisinde tam yerleşemesinden ve rahat hareket edememesinden kaynaklanmıştır. Bu nedenle deneme çalışmaları büyük oranda orta çapı 50 cm'nin altında olan tomruklarla gerçekleştirilmiştir. Deneme alanlarında çapı 50 cm'nin üzerinde olan tomruk sayısı az olup bunlar traktörle zemin üzerinde sürütülerek orman yoluna kadar çekilmiştir.

Deneme güzergâhlarında aşağıdan yukarı doğru taşınan tomrukların sayısı, ortalama orta çap (cm), boy (m), hacim (m³), tomrukların aşağıdan yukarıya çekilme süreleri (dakika), toplam taşıma süreleri (dakika) ve operasyon verimlilikleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 5. Taşınan odunların çap sınıflarına dağılımı

Çap Sınıfları	Çap Sınıfları (cm)	Taşınan Odun Adedi	
		1.DG	2.DG
I	20-30	11	19
II	31-40	17	18
III	41-50	7	0
IV	50<	2	0



Şekil 6. Deneme güzergâhlarında taşınan tomrukların çap sınıflarına dağılımı

Çizelge 6. Deneme güzergâhlarındaki ölçüm sonuçları

Parametreler	Deneme Güzergâhı- Deneme Güzergâhı-	
	1	2
Taşınan tomruk sayısı (Adet)	37	37
Ortalama çap (cm)	31,30	31,08
Ortalama boy (m)	3,42	3,05
Taşınan hacim (m ³)	9,52	8,65
Ortalama taşıma süresi (dak)	3,00	2,35
Toplam süre (saat)	1 saat 51 dakika	1 saat 27 dakika
Operasyon verimliliği (m ³ /saat)	5,93	7,28

Çizelge 6'da görüldüğü gibi deneme güzergâhı-2'de taşıma mesafesi daha kısa ve taşınan toplam hacim miktarı daha az olduğundan toplam taşıma süresi de daha kısa olmuştur. Ayrıca eğimin yüksek olduğu deneme güzergâhı-2'de operasyon verimliliği eğimin düşük olduğu deneme güzergâhı-1'den daha yüksek çıkmıştır. Taşıma süresinin eğimden olumsuz yönde etkilenmemesinin nedeninin, sistemde kullanılan orman traktörünün motor gücünün yüksek olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Deneme alanlarında taşınan tomrukların orta çapları ile taşıma süreleri ve tomrukların boyları ile taşıma süreleri arasında fark olup olmadığını görmek için regresyon analizi yapılmıştır. Acar ve Ünver (2006) yaptıkları çalışmada ince çaplı odunların oluk içerisinde kontrolsüz kaydırılmasında taşınan odunların orta çapları ile taşıma süreleri arasında az da olsa bir ilişki olduğu tespit edilmesine rağmen bu çalışmada yapılan regresyon sonucunda taşınan tomruk çapları ile taşıma süreleri arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmüştür. Bu durum çalışmada kullanılan MB-Trac 900 orman traktörü motor gücünün çok yüksek olması ve belli bir güzergâhta kaygan bir zemin üzerinde sürtünmesiz olarak çekim yapmasından ve zorlanmamasından dolayı olabilir.

Bu yöntemde kalın çaplı odun hammaddesinin bölmeden çıkarılmasında odunların sürütüldüğü zemin polietilen malzemeden yapılmış oluklardan ibarettir. Oluşturulan yapay güzergâhın çok kaygan ve pürüzsüz bir yüzeye sahip olmasından dolayı odunla zemin arasında sürtünme yok denecek kadar azdır. Dolayısıyla bu güzergâh üzerinde aşağıdan yukarıya doğru çekme işlemi toprak zeminde çekme işlemine göre çok daha kolay bir şekilde gerçekleşmiştir. Ayrıca çekme işleminin belirli bir güzergâh üzerinde yapılması, çekilen tomrukların ağaçlara, kayalara ya da arazi üzerindeki değişik engellere takılarak kalması sonucunda oluşan zaman kayıplarını ve zayıfları ortadan kaldırmıştır.

4. Sonuç ve öneriler

Bu sistemde tomruklar kaygan polietilen malzemeden imal edilmiş koriger yapıdaki olukların oluşturduğu belirgin bir güzergâh üzerinde taşınmış olup zeminle tomruk arasında herhangi bir temas oluşmamıştır. Taşıma sırasında tomrukların tek tek aşağıdan yukarıya sabit bir güzergâh üzerinde taşınmasından dolayı tomrukların ağaç, fidan ya da zemine çarpması ve takılması söz konusu olmamıştır. Tomrukların orman içerisinde takılması durumunda işçilerin tomruğun yanına gidip takıldığı yerden kurtarması ve çekim işleminin tekrar başlaması gerekir. Bu da taşıma sırasında zaman kayıplarının oluşmasına ve iş veriminin düşmesine neden olabilmektedir. Bu sistem ile taşıma sırasında sürtünmenin etkisinden kaynaklanan takılmalar sonucunda oluşan zaman kayıpları önemli ölçüde önlenmiştir. Bu yöntemle aşağıdan yukarı doğru taşınmanın, zemin üzerinde taşımaya oranla verimlilik açısından çok önemli faydalar sağladığı gözlemlenmiştir. Ayrıca tomrukların oluk güzergâhının ağızına taşınmasında makara sistemi kurulması hem zaman kazanımı hem de ergonomiklik bakımından yarar sağlayacaktır.

Kalın çaplı odun hammaddesinin bölmeden çıkarılmasında TOKK-T sistemi kullanılırken ve bu sistemle

taşımada iş verimliliğinin artırılmasında dikkate alınması gerekenler aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Taşıma mesafesinin uzun olduğu durumlarda iş güvenliğinin sağlanabilmesi için biri traktör operatöründe diğeri oluk güzergâhının başlangıç noktasındaki (tomrukların bağlandığı nokta) işçilerde bulunacak en az 3 telsizden oluşan bir iletişim ağı kurulmalıdır.
- Taşıyacak tomrukların oluk güzergâhı üzerine getirilmesinde kolaylık sağlanabilmesi için güzergâhın son kısmına olgun malzemesinden yapılmış, düze yakın ve toprağa gömülebilecek ek bir parça konulmalıdır.
- Sistemde kullanılan oluklar 7 m boyunda ve yaklaşık 25 kg ağırlığındadır. Sistemin kurulum-söküm açısından bir işçi tarafından daha kolay taşınabilmesi için olukların 4 m boyunda üretilmesi ve satın alınması daha yararlı olacaktır.
- Aşağıdan yukarı çekilen halatın her defasında tekrardan aşağıya taşınması hem işçileri çok yormakta hem de zaman kaybına neden olmaktadır. Bunun için; yapay güzergâhın baş ve son kısımlarına birer sabit direk koyup bu direkler arasına gergin bir çelik halat çekilerek tomruğun bağlanacağı parça bir çengelle bu gergin hatta tutturulup eğim aşağı kaymaya bırakılabilir.
- Taşıma güzergâhının başından son kısmının görülememesi kadarki uzun mesafede taşıma yapıldığında, güzergâhın orta kısmında hem baş hem de son noktanın görülebildiği bir noktada gözlemci olarak elinde telsizi olan bir işçi bulundurulmalıdır.
- Sistemde çalışacak işçi sayısı, taşıma mesafesinin uzunluğuna bağlı olarak belirlenmelidir. Güzergâh eğiminin ani değiştiği ya da güzergâhın devamının görülememesi durumlarda güzergâh boyunca belirli aralıklarla durarak kontrolü sağlayacak işçilere gerek duyulabilir.
- Bu çalışmaya alternatif olarak aşağıdan yukarıya doğru taşımada çekme işlemi için ihtiyaç duyulan motor gücünü sağlayacak ve yukarıdan aşağıya doğru frenleme sistemi ile kontrollü kaydırmanın yapılabileceği tamburlu portatif bir mekanizma geliştirilerek traktöre ihtiyaç duyulmadan taşıma yapılabilecek bir sistem geliştirilmesi önerilebilir.

Kaynaklar

- Acar, H.H. 1994. Ormancılıkta Transport Planları ve Dağlık Arazide Orman Transport Planlarının Oluşturulması. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 150 s., Trabzon.
- Acar, H.H., Eroğlu, H. ve Özkaya, M.S. 2005. Dağlık Arazide Üretilen İnce Çaplı Odunların Plastik Oluk Sistemleriyle Bölmeden Çıkarılması İmkanları Üzerine Bir Araştırma. OGM Proje No:2003A050090. 117s., Ankara.
- Acar, H.H. ve Ünver, S. 2006. Work Production of Extracting of Small Size Woods by Plastic Chute System: Its Application in the Giresun Region. *Journal of Kastamonu Faculty of Forestry*. 5 (2). 154-163.
- Acar, H.H., Ünver, S. ve Özkaya, M.S. 2009. Controlled Sliding of Logs through Plastic Chutes on the Forest Ground. *Journal of Istanbul University. A Sery*. 59 (1), 29-36.
- Acar, H.H., Ünver, S. ve Eroğlu, H. 2010. Samsun Vezirköprü Yöresinde Polietilen Oluk Sistemi ile İnce Çaplı Ürünlerin Taşınmasında İş Verimliliği. III. Ulusal Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı Cilt-II, Çoruh Üniversitesi, 20-22 Mayıs, Artvin, 512-515.
- Acar, H.H., Ünver, S., Üçüncü, K. ve Özkaya, M.S. 2012. Kalın Çaplı Odunların Bölmeden Çıkarılmasında Alternatif Bir Yöntem: Tomrukların Oluk İçerisinde Kontrollü Kaydırılması (TOKK). KTÜ BAP Hızlı Destek Projesi. Proje Kod No. 2010.113.001.6. 26 s. Trabzon.
- Akay, A.E. ve Yenilmez, N. 2008. Kuzey Amerika'da Orman Ürünlerinin Üretiminde Kullanılan Üretim Makineleri. *Orman Mühendisliği Dergisi*. 45(1-3), 24-28.
- Bozic, T., 2003. Impact of Forest Harvesting, Alberta Government, Agriculture, Food and Rural Development, November 28.
- Castellanos, A., Blanco, A.M. ve Palencia, V. 2007. Applications of Radial Basis Neural Networks for Area Forest. *International Journal "Information Theories & Applications"*. 14 (1). 218-222.
- Demir, M. 2010. Investigation of Timber Harvesting Mechanization Progress in Turkey. *African Journal of Biotechnology*. 9 (11). pp. 1628-1634.
- Eliasson, L. 2000. Effects of Establishment and Thinning of Shelterwoods on Harvester Performance. *J. For. Eng.*, 11 (1), pp. 21-27.
- Eroğlu, H., Saryıldız, T., Küçük, M. ve Sancal, E. 2010. Doğu Ladini Meşcerelerinde Bölmeden Çıkarma Çalışmalarının Orman Toprağının Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A. Sayı: 1, ISSN: 1302-7085, pp. 30-42.
- Glöde D. ve Sikström, U. 2001. Two Felling Methods in Final Cutting of Shelterwood, Single-Grip Harvester Productivity and Damage to Tte Regeneration. *Silva Fennica*, 35 (1), pp. 71-83.
- Harstedt, T. 2000. Thinning with A Single Grip Harvester Equipped with A Long Boom. M.Sc. thesis.
- Hosseini, S.M., Madjnonian, B. ve Nieuwenhuis, M. 2000. Damage to Natural Regeneration in the Hyrcanian Forests of Iran: A Comparison of Two Typical Timber Extraction Operations. *Journal of Forest Engineering*. 11, 2.
- Kaplan, E. 2011. Orman Ürünleri Talep Ve Karşılama Durumu İle Piyasaların Değerlendirmesi. Trabzon orman Ürünleri Arz Talep Çalıştayı. 13 Nisan 2011. Trabzon.
- Kärhä, K. 2003. Alternative Harvesting Systems in Mechanised Thinning. Final Report of HARKO Project (1999-2001).
- Mederski, P.S. 2006. A Comparison of Harvesting Productivity and Costs in Thinning Operations with and without Midfield, *For. Ecol.Manage.*, 224, 286-296.
- Nimz, R. 2002. Einbeziehung der Leistungsfähigkeit des Fahrers in Produktivitätsmodelle für Harvester. Treffen der "Sektion Forsttechnik" des Verbandes Deutscher Forstlicher Versuchsanstalten. Sopron, B, 1-5.
- Öztürk, T., Hasdemir, M. 2010. Valmet 911 Üretim Makinesinin Teknik Özellikleri Ve Çalışma Prensipleri, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Cilt: II Sayfa: 580-586.
- Ünver, S. ve Acar, H. H. 2006. The Effects of Wood Raw Material Production Activities on Wood Quality Classes. *Journal of Artvin Forestry Faculty*. 6 (1/2). 128-134.
- Ünver, S. ve Acar, H.H. 2009. Evaluation of Residual Tree Damage in Sloping Areas Due to Harvesting Operations by Manually. *Austrian Journal of Forest Science*. 126 (3), 119-132.

Tomrukların bölmeden çıkarılmasında TOKK-M sisteminin uygulanması

H.Hulusi Acar^{a,*}, Saliha Ünver^a

^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon

* İletişim yazarı/Corresponding author: hlsacar@ktu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 01.03.2012, Kabul tarihi/Accepted: 02.07.2012

Özet: Bu çalışmada eğimli arazide tomrukların hem yukarıdan aşağıya hem de aşağıdan yukarıya doğru kısa zamanda, ergonomik ve çevresel olarak taşınmasını sağlayan yarı mekanize TOKK-M (Tomrukların Oluk İçerisinde Mobil Motor Gücüyle Kontrollü Kaydırılması/Çekilmesi) sisteminin iş verimliliği araştırılmıştır. Artvin ili Saçınka Orman İşletme Şefliğinde yaklaşık %45 eğimli çalışma alanında TOKK-M sistemiyle hem aşağıdan yukarıya doğru hem de yukarıdan aşağıya doğru taşıma denemeleri yapılmıştır. Arazi eğimine dik olarak kurulan yaklaşık 84 m uzunluğundaki yapay güzergâh üzerinde aşağıdan yukarıya doğru 37 adet, yukarıdan aşağıya doğru ise 12 adet tomruk taşınmıştır. Sistemle her defasında tek tomruk taşınmış olup her bir tomruğun orta çap, boy ve taşınma süreleri ölçülmüştür. Aşağıdan yukarıya doğru ve yukarıdan aşağıya doğru yapılan taşıma denemelerinde sırasıyla toplam 14.92 m³ ve 4.42 m³ tomruk taşınmıştır. Çalışmada aşağıdan yukarıya doğru taşınan odun miktarı yukarıdan aşağıya doğru taşınan odun miktarından yaklaşık 4 kat daha fazla olmasına rağmen operasyon verimliliği sadece 2 kat daha fazla olarak belirlenmiştir. Bu sistemde iş güvenliği açısından portatif motor mekanizmasının arazide düzgün sabitlenmesi çok önemlidir. Motor mekanizması, emniyet kabloları ile en az 2 dayanak noktası ya da ağaca bağlanmalı gerek görüldüğü durumda da sistemin ayak kısımlarına destek amaçlı demir çubuklar çakılmalıdır. Bu kombine sistemle orman içinde ulaşılamayan alanlardaki tomruk transportu faaliyetleri de rahatlıkla sürdürülebilecektir.

Anahtar kelimeler: Eğimli arazi, TOKK-M sistemi, İş verimliliği, Tomrukların bölmeden çıkarılması

Implementation of the TOKK-M system for timber extraction activities

Abstract: In this study, it was surveyed that work efficiency of the semi-mechanized TOKK-M system (Controlled sliding of logs in chutes with mobile engine power) which provide moving of the logs in sloping terrain both top-down and bottom-up in a short time, ergonomic and environmental. Transport trials were performed in the forest approximately 45% slope Chief State Saçınka Forest Enterprise in Artvin. 37 logs and 12 logs moved on the artificial route, which was established perpendicular to the slope of the land and approximately 84 m long, from the bottom up and top-down, respectively. A single log was moved with the system every time, and medium diameter, height and transport times of logs were measured. The logs moved in transport trials from bottom to top and top to bottom 14,92 m³ and 4,42 m³, respectively. Although the amount of logs transported from the bottom up about 4 times greater than the amount of wood transported from top to bottom in this study, the operation efficiency were determined as only 2 times more. In this system, the fixing of portable motor mechanism properly in the field is very important in terms of job security. The motor mechanism must be connected at least 2 the basis points or trees with safety cables, and if needed iron rods should be nailed to the foot parts of the system to support. The logs which there are inaccessible areas in the forest are conveniently transported with this combined system.

Keywords: Sloping terrain, TOKK-M system, Working efficiency, Extraction activities

1. Giriş

Doğa ile birebir etkileşim halinde ve insan merkezli gerçekleştirilen ormancılık faaliyetleri ekonomiklik yanında çevresel ve ergonomik faktörlerin de dikkate alınmasını zorunlu kılar. Bu faaliyetlerin iyi şekilde planlanması ve insan-makine-çevre uyumu içerisinde gerçekleştirilmesi iş veriminin artırılması, ergonomik çalışma koşullarının oluşturulması, ekonomikliğin sağlanması ve çevreye verilebilecek olası zararların minimize edilmesi açısından önemlidir. Orman ekosistemine bire bir müdahalede bulunan güç, pahalı ve çevresel açıdan zararlı olan ormancılık faaliyeti odun hammaddesinin orman içerisinden yol kenarına kadar taşınması aşamasıdır.

Odun hammaddesi üretimi faaliyetleri, orman içerisinde, güç arazi şartlarında, doğa koşullarına açık olarak çok yönlü ve sürekli yararlanma ilkesi ışığında gerçekleştirilen faaliyetlerdir. Bu faaliyetler gerek iklim ve yöre koşulları açısından işçilerin çalışabileceği zamanda gerçekleştirilmek

zorunda olmaları gerekse üretilen odun hammaddesinin fazla bekletilmeden son kullanıcıya ulaşabilmesi için piyasa talebinin yüksek olduğu dönemlere yetişmesi açısından yılın belirli zaman dilimleri içerisinde gerçekleştirilmesi gereklidir.

Türkiye’de yaklaşık 14-15 milyon m³/yıl yapacak ve 6,5-7,5 milyon m³/yıl yakacak odun hammaddesi üretilmektedir (Kaplan, 2011).

Üretilen yapacak odun miktarının düşük olmasının önemli nedenlerden birisi de odunların bölmeden çıkarılma sürecinde uğradığı kalite ve miktar kayıplarıdır. Türkiye ormancılığında kalın çaplı odunların bölmeden çıkarılmasında en yaygın olarak insan gücü, hayvan gücü ya da traktör gücüyle gerçekleştirilen zemin üzerinde sürütme tekniği (%95) kullanılmakta olup mekanizasyon olarak sadece düşük oranda hava hatları (%5) kullanılmaktadır (Erdaş ve Acar, 1993). İnce çaplı odunların eğim aşağı yönde taşınmasında ise yaygın olarak plastik oluk sistemi kullanılmaktadır. Acar ve Ünver (2006) yaptıkları çalışmada

oluk sistemi ile ince çaplı ürünlerin bölmeden çıkarılması sırasında hem iş veriminin önemli oranda arttığı hem de meşcerede kalan ağaç, fidan ve orman toprağına verilen zararların minimuma indiğini vurgulamışlardır.

Eğimli alanlarda yapılan bir çalışmada zemin üzerinde sürütme faaliyetleri sırasında tomruklarda kırılma (%50), saçaklanma (%45) ve çatlama (%5) gibi zararların meydana geldiği tespit edilmiştir (Ünver, 2008). Bölmeden çıkarılan tomruklar istiflenmeden önce uç kısımlarındaki kırılmış, çatlakmış ya da saçaklanmış kısımları kesilerek silindirik hale getirilerek istif edilirler. Bu da odunlarda önemli oranda miktar kayıplarının meydana gelmesine neden olabilmektedir. Gürtan (1975), Doğu Karadeniz Bölgesinde bölmeden çıkarma çalışmaları sırasında tomrukların %15 miktar ve %10 kalite kaybına uğradığını belirlemiştir. Ayrıca yapılan pek çok çalışmada zemin üzerinde sürütme faaliyetleri sırasında kalan ağaç, fidan ve orman toprağına önemli zararlar meydana geldiği tespit edilmiştir (Brais, 2001; Tiernan vd., 2001; Tan vd., 2005; Caspersen, 2006; Solgi ve Najafi, 2007; Ünver ve Acar, 2009).

Ekonomik açıdan, piyasanın odun hammaddesine olan talebinin karşılanabilmesi; teknik açıdan, verimin artırılabilmesi; ergonomik açıdan işçi sağlığı ve iş güvenliğinin sağlanması ve çevresel açıdan kalan meşcereye verilen zararların minimize edilerek sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için bölmeden çıkarma faaliyetlerinde mekanizasyon kullanımının artırılması gereklidir. Dünyada helikopter, walking machine ve balon gibi odun hammaddesine ve çevreye verilen zararı minimize eden ve iş verimi yüksek bölmeden çıkarma teknikleri mevcuttur.

Türkiye’de odun üretimi faaliyetleri, orman yasasının ilgili maddesi gereği, ne yapılan iş ne de bu işin çevresel zararları ya da ergonomikliği konusunda herhangi bir eğitimi olmayan ve çalışma alanına en yakın orman köylerindeki köylülere ihale usulü ile yaptırılmaktadır. Gelişmiş mekanizasyon araçlarının kullanımında uzmanlığa ihtiyaç duyulması ve işin daha az işçi ile daha kısa sürede yapılabilecek olması nedeniyle orman köylülerinin işlendirilmesini olumsuz yönde etkileyebileceği düşünülmektedir. Ayrıca işi ihale usulü yapan orman köylülerinin gelişmiş mekanizasyon araçlarını temin edecek maddi güçleri de bulunmamaktadır. Bu nedenle Türkiye koşullarına uygun, iş verimini artıracak, fazla pahalı olmayan, ergonomik ve kullanımı uzmanlık gerektirmeyecek alternatif tekniklerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu amaçla kalın çaplı odunların hem yukarıdan aşağıya hem de aşağıdan yukarıya doğru kontrollü taşınmasını sağlayan “Tomrukların Oluk İçerisinde Mobil Motor Gücüyle Kontrollü Kaydırılması” (TOKK-M) sistemi geliştirilmiştir. Bu mekanizma Bulancak’ta faaliyet gösteren ZERESAN firması ile tartışılmış, mekanizmanın stabilite parçaları ve sistemdeki yeri çalışmayı gerçekleştirenlerce dizayn edilmiştir (Acar vd., 2012). Geliştirilen yarı mekanize bu sistem, diğer mekanizasyon sistemlerinde olduğu gibi bir uzmanlık gerektirmemesi bakımından orman köylülerini zor durumda bırakmamaktadır.

TOKK-M sistemi; 60 cm çap, 7 m boy ve 8 mm kalınlığında yarım daire biçiminde plastik oluklardan oluşan yapay bir güzergâh ve kontrollü taşınmayı sağlayan portatif bir motor mekanizmasından oluşmaktadır. Portatif motor mekanizması; 10 BG motor, tambur, 6 mm çapında 150-200 metre uzunluğunda çelik taşıyıcı kablo, emniyet kabloları,

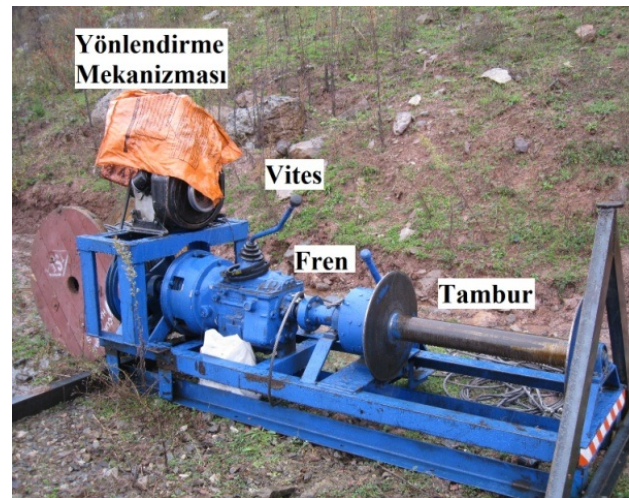
frenleme tertibatı, vites kolu, pedal ve kontrol kolundan oluşmaktadır (Şekil 1).

Oluk güzergâhı, orman içerisinde herhangi bir taşıma güzergâhı açılmasına gerek duyulmadan eğime dik ya da açılı olarak kurulabilir. Kurulum sırasında plastik oluklar dişi ve erkek olarak isimlendirilen uç kısımlarından vidalarla birbirine monte edilerek yukarıdan aşağıya doğru araziye aplatik edilir. Aşağıdan yukarı doğru taşıma yapılacağı zaman aşağıdaki oluk bir üstteki oluğun üzerine getirilirken, yukarıdan aşağıya doğru taşımada ise yukarıdaki oluk bir alttaki oluğun üzerine gelecek şekilde monte edilmelidir. Böylelikle hem taşıma sırasında tomrukların olukların bağlantı yerlerine takılarak zarar görmesi hem de takılmadan kaynaklanacak zaman kaybı oluşması önlenmektedir. Yaklaşık 25 kg ağırlığında olan oluklar 2 işçi ile araziye kolaylıkla taşınabilmekte ve bir gün gibi kısa sürede monte edilebilmektedir (Acar vd., 2009).

Portatif motor mekanizması; yaklaşık 150 kg ağırlığında olup üç parça halinde hayvan sırtında ormandaki üretim sahasına taşınıp monte edilebilmektedir. Mekanizma düz bir zemin üzerine, tüm ayakları zeminle sağlam olarak temas edecek şekilde yerleştirilmeli ve bir ya da birkaç ağaca emniyet kabloları ile sıkıca bağlanarak sabitlenmelidir. Motor mazot ile çalışmakta olup saatte yaklaşık 10-12 lt mazot harcamaktadır.

Bu sistemde aşağıdan yukarıya doğru taşımada, tomruklar motor mekanizmasının tamburuna sarılı olan yağlı çelik halata bağlanır ve motor çalıştırılarak çekilir. Yukarıdan aşağıya doğru taşımada ise, tomruk çelik halata bağlanır ve motor çalıştırılmadan frenleme tertibatı kullanılarak kontrollü olarak yerçekimi etkisinde ve oluklar içerisinde aşağıya kaydırılır. Kontrollü kaydırma işi tamamlandıktan sonra motor çalıştırılıp boş kablo tambura geri sarılır.

Bu çalışmada, kalın çaplı odunların eğimli arazide yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya doğru kontrollü olarak TOKK-M sistemi ile taşınmasının verimliliği incelenmiştir.



Şekil 1. Motor mekanizması

2. Materyal ve yöntem

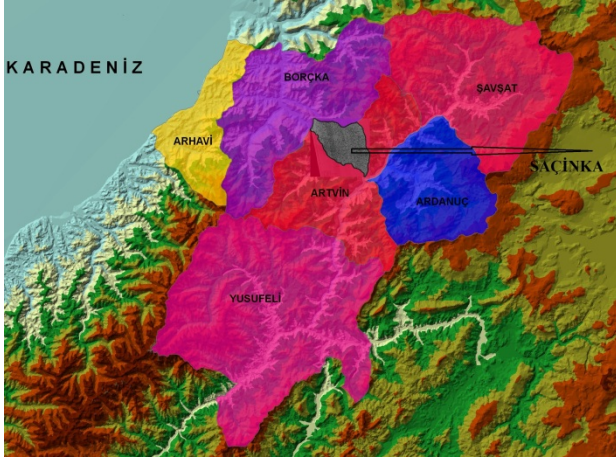
2.1. Materyal

Arazi çalışması Artvin Orman İşletme Müdürlüğü, Saçınka Orman İşletme Şefliği sınırlarında bulunan ormanlık alanda yürütülmüştür. Çalışma alanının genel görünümü Şekil 2’de verilmiştir.

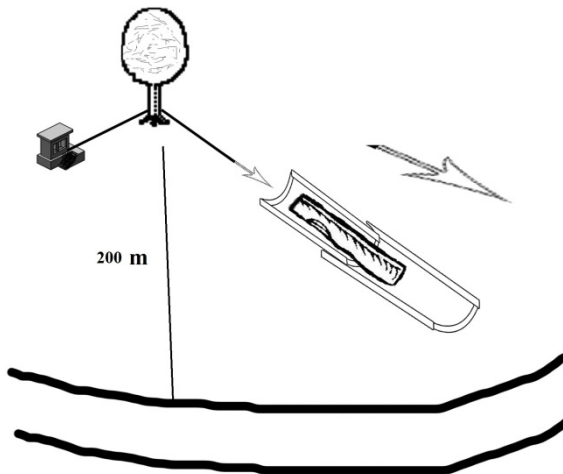
Bu çalışmada, %45 eğimli arazide 84 m uzunluğundaki yapay güzergâhı içerisinde portatif motor mekanizması ile hem yukarıdan aşağıya hem de aşağıdan yukarıya doğru taşıma denemeleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Arazi çalışmalarında tespit edilen tomrukların orta çap, boy ve taşınma süreleri ölçülmüş ve tarafımızca geliştirilen etüt formlarına kayıt edilmiştir.

2.2. Yöntem

Arazide yapay oluk güzergâhı kurulup portatif motor mekanizması emniyet kabloları ile sabitlendikten sonra sistemin verimliliğini belirlemek için sıfırlama yöntemiyle zaman ölçümleri yapılmıştır. Tomrukların taşınma sürelerinin ölçümünde, tomruklar oluk üzerine getirilip taşınmaya başlanınca kronometre çalıştırılmış ve taşınma bitince ölçüm tamamlanarak kronometre sıfırlanmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanının genel görünümü



Şekil 3. TOKK-M sistemi ile kalın çaplı ürünlerin taşınması

Taşınan tomrukların hacimleri Huber formülü eşitlik [1] yardımıyla hesaplanmıştır (Castellanos, 2007).

$$V = \frac{\pi}{4} * d^2 * L \quad (1)$$

Burada; V, tomruk hacmini (m³); d, tomruk orta çapını (m) ve L, tomruk uzunluğunu (m) göstermektedir.

Operasyon zamanının verimliliği (W) (m³/sn) ise taşınan tomrukların hacimleri (V) (m³) ve taşınma süreleri (T) (sn) kullanılarak eşitlik [2] yardımıyla belirlenmiştir (Acar, 1994).

$$W = \frac{V}{T} \quad (2)$$

3. Bulgular ve tartışma

Sistemin yapay güzergâhının araziye kurulumu iki işçi ile yaklaşık 45 dakikada, motor mekanizmasının yerleştirilip sabitlenmesi ise yaklaşık 20 dakikada tamamlanmıştır. Deneme alanında aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya doğru taşınan tomrukların sayısı (adet), ortalama orta çap (cm), boy (m), hacim (m³), taşınma süreleri (dakika) ve operasyon verimlilikleri (m³/dakika) Çizelge 1’de verilmiştir.

Bu sistemle tomrukların aşağıdan yukarıya doğru taşınması işlemi çok kısa bir sürede çok hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu durum, tomrukların kaygan ve pürüzsüz bir yapay güzergâh üzerinde sürtünme ve takılma olmaksızın taşınmasından kaynaklanmış olabilir.

Tomrukların yukarıdan aşağıya doğru taşınma süreleri aşağıdan yukarıya doğru taşınma sürelerinden yaklaşık 2.5 kat daha kısa zamanda gerçekleşmiştir. Ayrıca deneme çalışmalarında aşağıdan yukarıya doğru taşınan odun miktarı yukarıdan aşağıya doğru taşınan odun miktarından yaklaşık 4 kat fazla olmasına rağmen operasyon verimliliği sadece 2 kat daha fazla olarak belirlenmiştir. Bu durum, eğimli olan kaygan güzergâh üzerinde tomrukların kaydıkaç hız kazanmasından kaynaklanmıştır.

Tüm sistemin maliyeti en fazla 20 000 TL civarında olacağı tahmin edilmekte olup odun transport araçlarının (özellikle tomruk) geliştirilmesinin güç olduğu günümüzde bu rakam ekonomik bulunmuştur. Kaldı ki ülkemizde %72 oranında insan gücü ile kaydırma şeklinde yapılan tomruk üretiminde tespit edilmiş %10 kalite ve %15 miktar kayıpları (Gürtan, 1975) ile çevresel zararlar bu sistemin çok daha rantabl olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya doğru taşımadaki zaman ölçüm sonuçları

Parametreler	Aşağıdan Yukarıya	Yukarıdan Aşağıya
Taşınan tomruk sayısı (Adet)	37	12
Ortalama çap (cm)	35,86	34,00
Ortalama boy (m)	3,78	3,92
Taşınan toplam hacim (m ³)	14,92	4,42
Ortalama taşıma süresi (sn)	46,08	24,83
Toplam taşıma süresi (dak)	28,42	4,97
Operasyon verimliliği (m ³ /dak)	21,08	10,81

4. Sonuç ve öneriler

Sistemle gerek yukarıdan aşağıya doğru gerekse aşağıdan yukarıya doğru taşımada iş verimi insan gücü ya da traktör gücüyle toprak zemin üzerinde sürütme tekniğine oranla çok daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Sürtünme, çarpma ya da takılma olmadan motor gücüyle kaygan oluk güzergâhı üzerinde zaman kaybı olmadan taşımalar gerçekleştirilmiştir.

Sistemin maliyeti, kurulum kolaylığı, çevresel etkisi, elde edilebilirliği (ülkemiz koşullarında üretiminin mümkün ve kolay olabilmesi), yer değiştirme kabiliyeti ve çok farklı arazi şartlarında rahatlıkla kullanılabilmesi gibi faydalarından dolayı da pahalı-ithal orman hava hatlarına karşı uygun bir alternatif olabilecektir.

Kalın çaplı odunların bölmeden çıkarılmasında TOKK-M sistemi kullanılması sırasında dikkate alınması gereken durumlar aşağıda sıralanmıştır:

- Arazide motor mekanizması olabildiğince düz zemin üzerinde ve tüm ayakları yerle temas edecek şekilde en az 2 dayanak noktasına ya da kalın ağaca emniyet kablosuyla sıkıca bağlanarak sabitlenmelidir. Aksi halde ortalama 600 kg'lık tomrukların taşınması sırasında motor mekanizması hareket ederek tehlike oluşturabilmektedir.
- Orman yolunun bulunmadığı dere içleri veya sırtlarda yapılacak uzun mesafeli (200m üzeri) her iki yönlü taşımalarda sistem ardışık 2-3 istasyon şeklinde de kurulabilir.
- Motor mekanizmasının sabitlenmesinde motor mekanizmasının ayak kısımlarına destek amaçlı demir çubuklar çakılmalıdır.
- Bu sistemle taşıma işleminin sağlıklı gerçekleşebilmesi için taşıma bir işçi tarafından sürekli gözlemlenmeli ve bu işçi ile motor mekanizmasını kullanan işçi arasında iletişim düzgün olmalıdır. Uzun mesafe taşımacılığında telsizlerden oluşan bir iletişim ağı kurulmalıdır.
- Sistemin motor mekanizması motora sarılı olan bir ipin hızlı bir şekilde çekilmesi ile çalıştırılmaktadır. Bu işlem, çalıştırılan işçinin kolunu zorlayabilmekte ve kişinin kol gücüne bağlı olarak zaman alabilmektedir. Sistemin çalıştırılmasının kolaylaştırılması ve zaman kaybını önlemek için mekanik geliştirmeler yapılarak motor tek düğmeyle çalışacak duruma getirilmelidir.
- Bu çalışmada kullanılan sistemde motor bölümü ile tambur bölümü yan yana gelecek şekilde dizayn edilmiştir. Taşıma işleminin kolay yapılabilmesi ve kablunun dik olarak rahatlıkla tambura sarılabilmesi için sistemin tambur kısmı oluk güzergâhının ağzına gelecek şekilde motor mekanizması araziye yerleştirilmiştir. Bu durum motor bölümünü kullanan işçinin taşıma işlemini görmesini ve kontrol edebilmesini zorlaştırmıştır. Aynı sistemde tambur bölümü motor bölümünün ön kısmında olacak şekilde dizayn edilmesi motoru kullanan işçinin taşıma güzergâhını rahatlıkla görmesini ve kontrollü çalışabilmesini kolaylaştıracaktır.
- Portatif motor mekanizmasının daha hafif ve dayanıklı bir malzemeden yapılması, zor arazi koşullarında daha rahat taşınmasını sağlayacak ve sistemin daha ergonomik hale gelmesi sağlanabilecektir.
- Mekanizmadaki düşük motor gücünün redüktör kullanılarak artırılmalıdır. Böylece ağır olan tomrukların

rahatlıkla ve kısa sürede taşınması sağlanacak ve iş verimi artırılabilecektir.

- Ağır olan portatif motor mekanizması bölümünün orman içindeki hareketini kolaylaştırmak için alt kısmına kızak sistemi kurulabilir.
- Sistemdeki mekanizma için motor gücü, tambur kapasitesi, cer kablo yapısı, emniyet kabloları, yön makarası, mekanizmanın stabilizasyonu, oluk tipi ve cinsi gibi parçaları geliştirilerek kullanımı daha kolay hale getirilebilir. Böylece sistemin değişik koşullarda iş verimliliğinin artması sağlanacaktır.

Kaynaklar

- Acar, H.H. 1994. Ormancılıkta Transport Planları ve Dağlık Arazide Orman Transport Planlarının Oluşturulması. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 150 s., Trabzon.
- Acar, H.H., Ünver, S., 2006. Work production of extracting of small size woods by plastic chute system: its application in the Giresun Region. *Journal of Kastamonu Faculty of Forestry*. 5 (2), 154-163.
- Acar, H.H., Ünver, S., Özkaya, M.S., 2009. Controlled Sliding of Logs through Plastic Chutes on the Forest Ground. *Journal of Istanbul University. A Sery*. 59 (1), 29-36.
- Acar, H.H., Ünver, S., Üçüncü, K., Özkaya, M.S., 2012. Kalın Çaplı Odunların Bölmeden Çıkarılmasında Alternatif Bir Yöntem: Tomrukların Oluk İçerisinde Kontrollü Kaydırılması (TOKK). KTÜ BAP Hızlı Destek Projesi, Proje Kod No. 2010.113.001.6, 26s., Trabzon.
- Brais, S., 2001. Persistence of Soil Compaction and Effects on Seedling Growth in Northwestern Quebec. *Soil Science Society of America Journal*. 65, 1263-1271.
- Caspersen, J.P., 2006. Elevated Mortality of Residual Trees Following Single-Tree Felling in Northern Hardwood Forests. *Can. J. For. Res.* 36, 1255-1265.
- Castellanos, A., Blanco, A.M. ve Palencia, V. 2007. Applications of Radial Basis Neural Networks for Area Forest. *International Journal "Information Theories & Applications"*. 14 (1). 218-222.
- Erdaş, O., Acar, H.H., 1993. Türkiye'de Odun Hammaddesi Üretimi Özellikle Kesim, Bölmeden Çıkarma, ve Taşıma Sırasında Karşılaşılan Güçlükler ve Bunların Orman Ürünleri Endüstrisi Üzerine Etkileri, II. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi Trabzon.
- Gürtan, H., 1975. A Research on the Determination of Looses during Harvesting and Extracting Activities on the Steep Forests and Rationalization of These Activities. TUBITAK Publication. p. 250. Ankara-Turkey.
- Kaplan, E., 2011. Orman Ürünleri Talep Ve Karşılama Durumu İle Piyasaların Değerlendirmesi. Orman Genel Müdürlüğü. Trabzon orman ürünleri Arz Talep Çalıştayı. 13 Nisan, Trabzon. (<http://web.ogm.gov.tr/Dkmanlar/Trabzon>).
- Mederski, P.S., 2006. A comparison of Harvesting Productivity and Costs in Thinning Operations with and without Midfield, *Forest Ecology and Management*. 224, 286-296.
- Ünver, S., 2008. Endüstriyel Odun Hammaddesinin İnsan Gücüyle Sürütülmesi Sırasında Ortaya Çıkan Ürün Kayıpları ile Çevresel Zararların Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. 138 s. Trabzon.
- Ünver, S., Acar, H.H., 2009. Evaluation of Residual Tree Damage in Sloping Areas Due to Harvesting Operations by Manually. *Austrian Journal of Forest Science*. 126 (3), 119-132.
- Solgi, A., Najafi, A., 2007. Investigating of Residual Tree Damage during Ground-Based Skidding Pakistan *Journal of Biology Science*. 10, 1755-1758.
- Tan, X., Chang X.S., Kabzems, R., 2005. Effects of Soil Compaction and Forest Floor Removal on Soil Microbial Properties and N Transformations in A Boreal Forest Long-Term Soil Productivity Study. *Forest Ecology and Management*. 217, 158-170.
- Tiernan, D., Owende, P.M.O., Kanali, C.L., Lyons J., Ward, S.M., 2001. Selection and Operation of Cable Systems on Sensitive Forest Sites. ECOWOOD Project Deliverable D2 (Work package No. 1), Quality of Life and Management of Living Resources Contract, 100.

Taksonomik çeşitlilik indislerinin geleneksel çeşitlilik indisleri ile karşılaştırılması

Kürşad Özkan

Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

İletişim yazarı/Corresponding author: kursadozkan@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 16.01.2012, Kabul tarihi/Accepted: 08.05.2012

Özet: Bu çalışma Isparta-Sütçüler yöresi'nde bulunan Yazılı Kanyon Tabiat Parkı'ndan alınan 11 örnek alan verisi kullanarak taksonomik tür çeşitlilik (TAÇ) indisleri ile geleneksel tür çeşitlilik (GEÇ) indislerinin hesaplanması ve karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Her bir örnek alan için 5 farklı GEÇ (Shannon-Wiener (H^1), Simpson \bar{D} , Fisher alfa (a), Margalef (d) indisleri ve tür zenginliği (S)) ile beş 5 ayrı TAÇ (taksonomik çeşitlilik (Δ), taksonomik mesafe (Δ^*), ortalama taksonomik mesafe (Δ^+), taksonomik mesafe içindeki varyasyon (Λ^+), toplam taksonomik mesafe ($s\Delta^+$)) indisi hesaplanmıştır. İndislerin birbiriyle ilişkilerini belirlemek için korelasyon analizi uygulanmıştır. Analizler sonucunda, GEÇ indislerinin TAÇ indisleri ile karşılaştırıldığında birbirleriyle çok daha yüksek ilişkiler gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca hem her bir çeşitlilik indisi grubu hem de bütün çeşitlilik indisleri için temel bileşenler analizi (TBA) uygulanmıştır. TBA sonuçlarına göre, GEÇ indislerinin veride çoklu bağlantı değerini gösteren kapa katsayısı 95,14 olarak bulunurken bu değer TAÇ indisleri için 34,63 çıkmıştır. Bütün indislerin dahil edildiği TBA sonuçlarına göre, özdeğeri 1'den ve varyansa katılma oranı %10 dan büyük olan iki bileşen tespit edilmiş olup bu bileşenlerin toplam varyans içindeki oranı % 94,62 olarak bulunmuştur. Burada bütün geleneksel çeşitlilik indisleri sadece bileşen 1 ile önemli ilişki göstermiştir. Taksonomik çeşitlilik indislerine gelindiğinde; Δ , Δ^* ve Λ^+ her iki eksenle yüksek korelasyon gösterirken $s\Delta^+$ sadece bileşen 1 ile ve Δ^+ ise bileşen 2 ile ilişki bulunmuştur. Sonuçların genel değerlendirmesine göre, taksonomik çeşitlilik indisleri geleneksel çeşitlilik indisleri ile karşılaştırıldığında daha geniş bir aralığı tanımlamakta olup Δ bütün indisleri en iyi temsil eden indis olarak görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Biyoçeşitlilik, Taksonomik çeşitlilik, Tür çeşitliliği, Fonksiyonel çeşitlilik, Yapısal çeşitlilik

Comparison of taxonomic diversity indices with traditional diversity indices

Abstract: A comparative study of taxonomic species diversity (TAX) indices with traditional species diversity (TRAD) indices was made from 11 sampling points in the Yazılı Canyon Nature Park of the Sütçüler district, Isparta. Five TRAD (i.e. Shannon-Wiener (H^1), Simpson \bar{D} , Fisher alpha (a), Margalef (d) indices and species richness (S)) and five TAX (i.e. Taxonomic Diversity (Δ), Taxonomic Distinctness (Δ^*), Average Taxonomic Distinctness (Δ^+), Variation in Taxonomic Distinctness (Λ^+) and Total Taxonomic Distinctness ($s\Delta^+$)) indices were calculated for each of all sampling points. Simple correlation analyses were applied to examine the relationships among the indices. As a result, traditional diversity indices were higher correlated with each other compared to the relationships among taxonomic indices. Principle component analysis (PCA) were applied for not only each of the groups of the diversity indices but also for all of the indices. According to results of PCA, a kappa coefficient (K) illustrating multicollinearity of TRAD indices was found 95.14 whereas this value was 34.63 for TAX indices. According to the PCA results applied for all indices, two components (eigenvalue >1 and proportion of variance > 10%) were explained 94.62 % of total variance. All traditional diversity indices were only significantly correlated with the first axes. Regarding to taxonomic diversity indices, Δ , Δ^* and Λ^+ were correlated to both of the axes, whereas the significant correlations were found for $s\Delta^+$ with axes 1 and for Δ^+ with second axes. According to all results, taxonomic diversity indices describe a wider area compared to traditional diversity indices and, Δ seems to be the best representative index for all diversity indices.

Keywords: Biodiversity, Taxonomic diversity, Species diversity, Functional diversity, Structural diversity

1. Giriş

Shannon-Wiener indisi, Simpson indisi ve Margalef indisi gibi geleneksel tür çeşitlilik (GEÇ) indislerinden farklı olarak taksonomik tür çeşitlilik (TAÇ) indisleri türler arası taksonomik mesafeyi dikkate alarak hesaplanmaktadır. Taksonomik çeşitlilik bir taraftan tür çeşitliliği ile ilişki gösterirken diğer taraftan yapısal çeşitlilik ve fonksiyonel çeşitlilik hakkında önemli ipuçları vermektedir. Bu yüzden taksonomik çeşitlilik ekosistem çeşitliliği hesabından önemli bir bileşendir (Özkan, 2010).

Taksonomik çeşitliliğin hesaplanması ile ilgili makaleler Warwick ve Clarke (1995, 1998) ve Clarke ve Warwick (1998, 1999, 2001) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar yaptıkları bu çalışmalar ile taksonomik mesafenin ve taksonomik çeşitliliğin hesaplanması için geliştirdikleri indisleri ilgi gruplarına sunmuşlardır. Böylece taksonomik çeşitliliğin hesabına ve konu ile ilgili araştırmalara yönelik önemli bir adım atılmıştır. Daha sonra geliştirilen bu TAÇ indisleri farklı ekosistemlerde Desrochers ve Anand (2004), Aurélio da Silva ve Batalha (2006), You-Hua ve Zhi-Bo (2009), Koperski (2010) ve Gwali vd. (2010) gibi

araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılmıştır.

Yukarıda bahsi geçen çalışmalara rağmen günümüze kadar ekoloji alanında GEÇ indisleri TAÇ indislerinden daha fazla kullanılmıştır. Bunun en önemli sebepleri geleneksel çeşitlik indislerinden daha sonra geliştirilmiş olan TAÇ indislerinin kullanıcılar tarafından yeterince tanınmaması, bunların GEÇ indislerinden daha uzun ve karışık hesaplar içermesi ve TAÇ indislerinin hesabına yönelik paket programların yetersizliğidir.

TAÇ indislerinin GEÇ indislerinden farkının daha iyi anlaşılması için şu örnek verilebilir. İki ayrı alanın birinde 5 ağaç ile 5 ot türü, bir diğerinde sadece 10 ot türü bulunduğu ve burada bütün türlerin her iki alanda da aynı oranda olduğu farz edilsin. Bu durumdaki iki alan için GEÇ indisleri hesaplanacak olursa bu alanlar için birbirinin aynı sayısal tür çeşitlilik değerleri elde edilecektir. Oysaki TAÇ indisleri her iki alan için farklı değerler gösterecektir. Bu farklılık TAÇ indislerinin yapısal ve fonksiyonel çeşitlilik için daha fazla ipucu verebileceği anlamına gelmektedir. Bu sebepten taksonomik çeşitliliğin hesabı ile biyoçeşitlilik adına çok daha nitelikli bilgilere ulaşılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma Yazılı Kanyon Tabiat Parkı'nda alınan 11 örnek alan verisi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada her örnek alan için TAÇ indisleri (taksonomik çeşitlilik, taksonomik mesafe, ortalama taksonomik mesafe, taksonomik mesafe içindeki varyasyon, toplam taksonomik mesafe) ile GEÇ indisleri (tür zenginliği, Shannon-Wiener, Simpson, Margalef ve Fisher α indisleri) hesaplanmış, indislerin birbirleriyle olan ilişkileri çeşitli istatistiksel yöntemler kullanarak araştırılmış ve nihayet bütün indisleri en iyi temsil etme kabiliyetine sahip olan indis belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Çalışmada Yazılı Kanyon Tabiat Parkı'ndan alınan 11 örnek alan verisi kullanılmıştır. Örnek alanlarda ağaç çalı ve ot türlerinin kaplama alanı değerleri Braun Blanquet yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Daha sonra bu değerler TAÇ ve GEÇ indislerinin hesaplanması için Whittaker (1973)'a göre 0-9 aralığında ıskala değerleri kullanılarak sayısallaştırılmıştır.

Taksonomik çeşitlilik (Δ), taksonomik mesafe (Δ^*), ortalama taksonomik mesafe (Δ^+), taksonomik mesafe içindeki varyasyon (Λ^+), toplam taksonomik mesafe ($s\Delta^+$) PRIMER programı kullanılarak aşağıdaki formüller ile belirlenmiştir (Clarke and Warwick (1998, 2001); Salas vd. 2006).

$$\Delta = \frac{\left[\sum_{i < j} \omega_{ij} x_i x_j \right]}{[n(n-1)/2]} \quad (1)$$

$$\Delta^* = \frac{\left[\sum_{i < j} \omega_{ij} x_i x_j \right]}{\left[\sum_{i < j} x_i x_j \right]} \quad (2)$$

$$\Delta^+ = \frac{\left[\sum_{i < j} \omega_{ij} \right]}{[s(s-1)/2]} \quad (3)$$

$$\Lambda^+ = \frac{\left[\sum_{i \neq j} (\omega_{ij} - \bar{\omega})^2 \right]}{[s(s-1)]} \quad (4)$$

$$s\Delta^+ = \sum_i \left[\frac{\left(\sum_{i \neq j} \omega_{ij} \right)}{(s-1)} \right] \quad (5)$$

Burada, X_i , i . türün kaplama alanı değerini, s ilgili örnek alandaki tür sayısını (tür zenginliğini) ifade etmektedir. ω_{ij} hiyerarşik sınıflandırma içerisinde tür i ve tür j arasındaki bağlantılı yol uzunluğunu veren mesafenin ağırlığıdır. " n " türlere ait değerlerin toplamını ifade etmektedir. $\bar{\omega}$ basit (var-yok verilerine dayalı) ortalama taksonomik mesafeyi ifade etmektedir.

Taksonomik çeşitlilik (TAÇ) indisleri hesaplanmadan önce örnek alanlarda kaydı yapılan türlerin cins, familya, takım, sınıf, şube ve alemdeki yerleri konumlandırılmaktadır. Daha sonra bu bilgilerden hareketle dendrogramlar oluşturulmaktadır. Burada 7 seviyeli (tür; cins; familya; takım; sınıf; şube; alem) olarak bütün dendrogramlar oluşturulmuştur. Dal ağırlıkları eşit değerler içermiştir. Yani her dal 14,286 değeri ile ağırlıklandırılmıştır.

GEÇ indislerinden tür zenginliği (S) doğrudan farklı türlerin sayısı olarak, diğerleri aşağıda verilen formüller aracılığıyla (Heip and Engels, 1974; Fisher vd., 1943) PAST programı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$H^1 = - \sum \left[\left(\frac{n_i}{N} \right) \times \left(\frac{\ln n_i}{N} \right) \right] \quad (6)$$

$$\bar{D} = 1 - D = 1 - \left[\frac{\sum n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right] \quad (7)$$

$$d = \frac{S - 1}{\ln N} \quad (8)$$

$$S = a \times \ln \left(1 + \left(\frac{N}{a} \right) \right) \quad (9)$$

Formüllerde H^1 : Shannon-Wiener çeşitlilik indisini, \bar{D} : Simpson çeşitlik indisini, d : Margalef çeşitlilik indisini, S : tür zenginliğini (tür sayısını), n_i : i . türün Whittaker (1973) skalasına göre çevrilmiş değerini, N : çevrilmiş değerlerin toplamını ifade etmektedir. Dokuzuncu

Bütün çeşitlilik indislerinin birbiri ile olan ilişkileri için gerçekleştirilen korelasyon analizi sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. Geleneksel çeşitlilik indisleri olan H^I , \bar{D} , d , a ve S birbirleri ile çok önemli ilişkiler ($0,001 < p$) göstermektedir (Şekil 1b). GEÇ indisleri için yapılan TBA sonucu ilk bileşenin özdeğeri 4,8288 ve son bileşenin özdeğeri 0,0005 olarak bulunmuştur (Çizelge 1). Bu değerlerden K değeri ise 95,15 olarak hesaplanmıştır. TAÇ indisleri arasındaki ilişkiler ise GEÇ indisleri kadar kuvvetli değildir. Burada Δ diğer TAÇ indisleri ile önemli ilişki göstermiştir. Fakat en önemli ilişki Δ^* ile Δ^+ arasındadır. $s\Delta^+$ ise hiçbir TAÇ indisi ile önemli ilişki göstermemiştir (Şekil 1c). TAÇ indislerinin (Δ , Δ^* , Δ^+ ,

$s\Delta^+$, Λ^+) TBA analizi sonucu ilk özdeğer 3,5439 ve son özdeğer 0,0030 bulunmuştur (Çizelge 2). Buradaki K değeri ise 34,64 olarak belirlenmiştir.

TAÇ ve GEÇ indisleri arasındaki korelasyon analizi sonuçları göre, $s\Delta^+$ bütün geleneksel çeşitlilik indisleri ile çok önemli ($0,001 < p$) ilişkiler göstermektedir. Δ 'da GEÇ indisleri ile önemli ilişkilere sahiptir, fakat bu ilişkilerin önem seviyesi % 5 düzeyinde kalmıştır (Şekil 4d). İndislerin tamamının girdiği TBA sonucu, 2 bileşenin özdeğeri 1'den ve varyansa katılma oranı %10'dan fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu bileşenler sırası ile 6,54 ve 2,92 özdeğer, 65,37 ve 29,25 varyans oranı değerlerine sahiptir (Şekil 2). Her iki bileşenin toplam varyans oranı % 94,62 dir.

Çizelge 1. GEÇ indislerinin TBA sonuçları

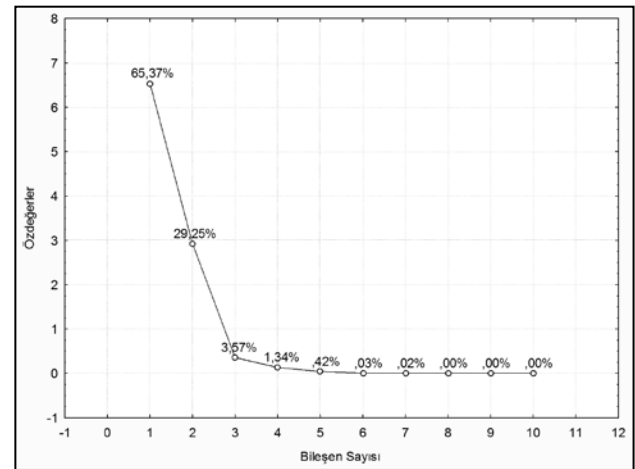
Bileşenler	Özdeğer	Varyans %	Eklemeli Özdeğer	Eklemeli Varyans %
1	4,828783	96,57566	4,828783	96,5757
2	0,134490	2,68979	4,963273	99,2655
3	0,034592	0,69184	4,997865	99,9573
4	0,001602	0,03204	4,999467	99,9893
5	0,000533	0,01067	5,000000	100,0000

Çizelge 2. TAÇ indislerinin TBA sonuçları

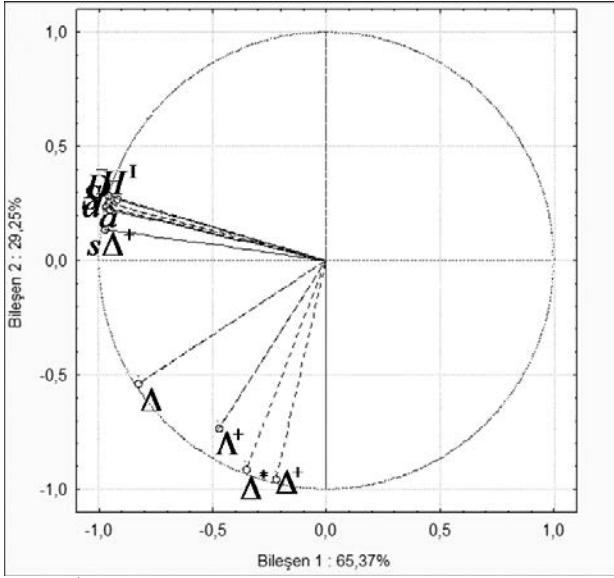
Bileşenler	Özdeğer	Varyans %	Eklemeli Özdeğer	Eklemeli Varyans %
1	3,543862	70,87724	3,543862	70,8772
2	1,094048	21,88095	4,637910	92,7582
3	0,312136	6,24273	4,950046	99,0009
4	0,047000	0,93999	4,997046	99,9409
5	0,002954	0,05908	5,000000	100,0000

Çizelge 3. TBA bileşen matrisi

İndisler/bileşenler	1	2
Δ	-0,825148	-0,538166
Δ^*	-0,352212	-0,915326
Δ^+	-0,220739	-0,958952
$s\Delta^+$	-0,972847	0,138402
Λ^+	-0,474508	-0,735371
S	-0,956152	0,248686
H^I	-0,955281	0,282337
\bar{D}	-0,918064	0,268746
d	-0,966689	0,235219
a	-0,952921	0,221242



Şekil 2. İndislerin tamamının alındığı TBA analizinin bileşenlerine ait özdeğer ve varyans % değerleri



Şekil 3. İndislerin bileşenlere göre konumları

TBA'nın bileşen matrisi (Çizelge 3) incelendiğinde, geleneksel çeşitlilik indislerinin sadece bileşen 1 ile önemli ilişkiler gösterdiği görülebilir. Taksonomik çeşitlilik indislerinden Δ^+ sadece bileşen 2 ile önemli ilişki gösterirken, $s\Delta^+$ sadece birinci bileşenle önemli ilişki göstermiştir. Δ , Δ^* ve Δ^+ ise her iki bileşenle önemli ilişkiler göstermiştir. Bu indislerinden Δ^* ve Δ^+ ikinci eksenle birinci eksenden daha fazla ilişki gösterirken, Δ birinci eksenle daha fazla ilişkilidir. Bütün indisleri en iyi temsil eden indis ise Δ indisidir. Zira bu indis diğer indislerin konumlanma yerlerinin orta alanında yer almıştır (Şekil 3).

4. Tartışma ve sonuç

Türkiye 29 Ağustos 1996 tarihli ve 4177 Sayılı kanun ile onaylanmasını uygun bulduğu biyoçeşitlilik sözleşmesini, 21 Kasım 1996 tarih ve 96/8857 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararıyla onaylamıştır. Sözleşmenin onaylandığı 27 Aralık 1996 tarih 22860 sayılı Resmi Gazete'de ilan edilmiştir. Bu sözleşme kapsamında biyolojik çeşitlilikle ilgili veri ve bilgi eksikliğinin giderilmesi ve uygun tedbirlerin planlanmasına ve uygulanmasına esas oluşturacak temel bir kavrayışın sağlanması için acilen bilimsel çalışmalara olan ihtiyaçlara vurgu yapılmaktadır. Sözleşmede biyoçeşitliliğin korunmasının temel gereğinin, ekosistemlerin ve doğal yaşam ortamlarının "in-situ" korunması ve yaşayabilir tür popülasyonlarının doğal ortamlarında idame ettirilmesi ve geri kazanılması olduğu ifade edilmektedir. Sözleşmeye göre devletler kendi biyoçeşitliliklerini korumakla ve kendi biyolojik kaynaklarını sürdürülebilir biçimde kullanmakla yükümlüdürler.

Bu aşamada ekoloji alanında biyoçeşitliliğin tespiti, onun çevresel faktörler ile olan ilişkileri ve biyoçeşitlilik modellenmesi ve haritalaması konuları ile ilgili çalışmalara büyük ihtiyaç doğmuştur. Ekoloji alanında biyoçeşitlilik kapsamında en fazla tür çeşitliliği çalışılmaktadır. Tür çeşitliliği ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilere yönelik birçok değerli çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda genelde tür çeşitliliğinin hesabında Shannon-

Wiener, Simpson veya Margalef indisleri gibi geleneksel çeşitlilik indisler veya tür sayısını ifade edilen tür zenginliği kullanılmıştır. Bazı araştırmacılar bu indislerin tür çeşitliliğini bütün yönleri ile tanımlamadığı ifade etmişler ve geleneksel çeşitlilik indislerinin yanında taksonomik çeşitlilik indislerinin hesaplanmasının da önemine vurgu yapmışlardır (Warwick and Clarke, 1995; Desrochers and Anand, 2004; Aurélio da Silva and Batalha, 2006). Zira, taksonomik çeşitlilik tür çeşitliliği ile kıyaslandığında yapısal çeşitlilik ve fonksiyonel çeşitlilik hakkında daha fazla bilgi sunmaktadır. Çünkü taksonomik çeşitlilik türler arası taksonomik mesafeyi dikkate alarak hesaplanmaktadır (Özkan, 2010).

Bu çalışmada taksonomik çeşitlilik indisleri ve geleneksel çeşitlilik indisleri hesaplanmış, birbiri ile ilişkileri korelasyon analizi ile incelenmiş, TAÇ VE GEÇ indisi grupları temel bileşenler analizi ile ayrı ayrı ve bir bütün olarak değerlendirilmiş, indislerin biyoçeşitlilik adına temsil yetenekleri irdelenmiştir.

TAÇ ve GEÇ indislerinin kendi içlerinde ve birbirleri ile yapılan korelasyon analizi sonucu GEÇ indislerinin birbirlerini güçlü bir şekilde tanımladığı belirlenmiştir. TAÇ indisleri arasındaki ilişkiler ise GEÇ indisleri arasında var olan ilişkiler gibi güçlü değildir ve bazı TAÇ indisleri arasında önemli ilişkilerde bulunmamaktadır. Her iki çeşitlilik indisi grubu için gerçekleştirilen TBA sonuçlarından TAÇ ve GEÇ indisleri için belirlenen Kappa katsayısı 30 değerinin üstünde olduğundan her iki grubunda çoklu bağlantı söz konudur (Cohen vd., 2003). Bununla beraber GEÇ indislerinin Kappa değeri TAÇ indislerinin Kappa değerinden yaklaşık üç kat daha fazladır. Bu durum GEÇ indislerinin birbirlerini çok iyi bir şekilde tanımladığını, bir başka deyişle onların standartlaşmış sonuçlarının birbirlerine çok benzediğini ifade etmektedir. TAÇ indisleri ise daha geniş bir aralığı tanımlamaktadır. Bütün çeşitlilik indisleri içerisinde temsilci veya en iyi tanımlayıcı değişken ise taksonomik çeşitlilik indisidir. Bu indis ilk olarak Warwick and Clarke (1995) tarafından tanımlanmış ve önerilmiştir.

Ekosistemlerde potansiyel koruma alan değeri modellenmesi ve haritalaması çalışmalarında, tür çeşitliliği verileri en önemli altlığı oluşturmaktadır. Geleneksel tür çeşitlilik indisleri kullanılarak potansiyel tür çeşitliliğinin dağılım modellenmesi ve haritalaması ile ilgili önemli çalışmalar yapılmıştır. Bununla birlikte taksonomik çeşitliliği esas alan çalışmalar çok sınırlı kalmıştır. Geleneksel ve taksonomik çeşitlilik indis değerlerinin her zaman paralel doğrultuda seyir göstermemesi, her iki grubun indisleri ile oluşturulan potansiyel dağılım haritalarının koruma alan değer haritalaması için değerlendirilmesi gerektiği düşündürmektedir. Geleneksel ve taksonomik çeşitlilik indislerine göre hazırlanan haritalarının karşılaştırılması hem tür çeşitliliğinin hem de taksonomik çeşitliliğin yüksek olduğu alanların ve dolayısıyla korumada öncelikli alanların algılanmasını sağlayacaktır.

Diğer yandan farklı çeşitlilik indisleri yerine bütün çeşitlilik indislerini en iyi temsil eden indisin kullanılması tercih edilebilir. Bu bağlamda taksonomik çeşitlilik indisi ideal bir indis gibi görünmektedir. Zira bu çalışmanın bir sonucu olarak taksonomik çeşitlilik indisi hem kendi grubu olan TAÇ ve hem de GEÇ indislerini en iyi tanımlayan indis olarak belirlenmiştir. Yine de bu sonuç farklı bölgelerde ve

farklı canlı gruplarında yapılacak çalışmalar ile teyit edilmelidir.

Koruma değer haritalarının yapılmasında hiyerarşik ekosistem haritalarının da devreye sokulması önemlidir. Ekolojik sınıflandırma sonrası ayrılan parçaların koruma etki alanı değerlendirmesinde bir takım kısıtlar dikkate alınabilir. Örneğin ayrılan birimler kapladığı alan ile ters orantılı olarak koruma değerine sahip olabilir. Birimler kendi içerisinde gama ve özellikle beta çeşitliliği bakımından sorgulanabilir ve bu çeşitlilik bileşenlerinin yüksekliği oranında bu birimlere koruma değeri atanabilir. Diğer yandan koruma değer alanı değerlendirmesine endemik ve relik türlerin veya onların zenginliklerinin potansiyel dağılım haritaları eklenebilir. Ayrıca bütün türlerin frekans değerlerinin 1- standartlaştırılmış değerleri alanlara koruma kıymetlendirmesi için atanabilir.

Ekolojik birimler, tür çeşitliliği ve hedef türlerin potansiyel dağılımları, türlerin frekans veya önem seviyesi değerleri gibi birçok temel girdinin bütünleştirilmesi ile ekosistemlerin koruma değer haritalarının elde edilmesi, onlara yönelik özellikle in-situ koruma stratejilerinin geliştirilmesi ve uygulanması açısından büyük önem arz etmektedir.

Koruma değer haritalarının oluşturulmasında taksonomik çeşitliliğin tespiti, modellenmesi ve haritalanmasının önemi daha ziyade herhangi bir alanda birbirinden taksonomik mesafeleri yüksek olan canlı gruplarının varlığının algılanması açısından önemlidir. Bu bağlamda belirli bir alan az sayıda tür içerse dahi bu türler bitki, hayvan, böcek, kuş ve sürüngenler gibi farklı canlı gruplarını temsil ediyorsa, bu durumda o alanda türler bakımından taksonomik çeşitlilik yüksek olacaktır. Bu çeşitliliği tanımlayacak indis ise o alanın koruma değerini gerçek anlamda ortaya çıkaracaktır. Ekosistemlerin dengesi, sürdürülebilirliği, sağlığı, dinamizmi ile farklı yaşam formu ve davranış biçimlerine sahip canlı gruplarının varlığı ve çeşitliliği arasında belirgin ve güçlü ilişkiler vardır. Bu sebepten taksonomik çeşitliliğinin ekosistem değerlendirme çalışmalarında kullanımı büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Aurélio da Silva, I., Batalha, M.A., 2006. Taxonomic Distinctness and Diversity of a Hyperseasonal Savanna in Central Brazil. *Diversity and Distribution*, 12: 725-730.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology*, 35: 523-531.

- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 1999. The taxonomic distinctness measure of biodiversity: weighting of step lengths between hierarchical levels. *Marine Ecology Progress Series*, 184:21-29.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 2001. A further biodiversity index applicable to species lists: variation in taxonomic distinctness. *Marine Ecology Progress Series*, 216: 265-278.
- Cohen, J., Cohen, P., Stephen, G.W., Aiken, L.S., 2003. *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences (Third Edition)*. 3. Bölüm (Multiple Regression/Correlation with Two or More Independent Variables), Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publisher, 703 s., Mahwah, New Jersey, USA.
- Desrochers, R., Anand, M., 2004. From Traditional Diversity Indices to Taxonomic Diversity Indices, *International Journal of Ecology and Environmental Science* 30: 85-92.
- Fisher, R.A., Corbet, A.S., Williams, C.B., 1943. The relationships between the number of species and the number of Individuals in a random sample of an animal population, *J. Anim. Ecol.*, 12:42-58.
- Gwali, S., Okullo, P., Hafashimana, D., Byabashaija, D.M., 2010. Taxonomic Diversity, Distinctness, and Abundance of Tree and Shrub Species in Kasagala Forest Reserve in Uganda: Implications for Management and Conservation Policy Decisions, *Tropical Conservation Science*, 3(3): 319-333.
- Heip, C., Engels, P., 1974. Comparing Species Diversity and Evenness Indices, *J. Mar. Biol. Ass., U.K.*, 54: 559-563.
- Koperski, P., 2010. Diversity of Macrobenthos in Lowland Streams: Ecological Determinants and Taxonomic Specificity, *J. Limnol.*, 69(1), 88-101.
- Özdamar, K., 2004. Paket Programlar ile İstatiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler), Kaan Kitabevi, 502s. Eskişehir.
- Özkan, K., 2010. Orman Ekosistem Çeşitliliği Haritalama Çalışmaları için Ekolojik Alan Çeşitliliğinin Belirlenmesi Üzerine Bir Öneri, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, A(2):136-148.
- Salas, F., Patrício, J., Marcos, C., Pardal, M.A., Pérez-Ruzafa, A., Marques, J.C., 2006. Are Taxonomic Distinctness measures compliant to other ecological indicators in assessing ecological status?, *Marine Pollution Bulletin* 52, 817-829.
- Warwick, R.M., Clarke, K.R., 1995. New biodiversity measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series*, 129, 301- 305.
- Warwick, R.M., Clarke, K.R., 1998. Taxonomic distinctness and environmental assessment. *Journal of Applied Ecology*, 35: 532-543.
- Whittaker, R.H. 1973. Ordination and Clasification of Communities (Part V). *Handbook of Vegetation Science*, Editor in Chief: Reinhold Tüxen, Printed in The Netherlands by Dijkstra Niemeyer b. v., Groningel.
- You-Hua, C., Zhi-Bo, W., 2009. Relationship between Taxonomic Distinctness and Environmental Stress in Terrestrial Organisms at Large Spatial Scale: A Study for Insect family Ceratopogonidae in East Asia. *Acta zool. bulg.*, 61(1): 69-77.

Tarsus Yöresi makromantarları ve ektomikorizalar

Sedat Tüfekçi

Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, P.K.18, Tarsus, Mersin

İletişim yazarı/Corresponding author: tufekci@yahoo.com, Geliş tarihi/Received: 29.02.2012, Kabul tarihi/Accepted: 03.08.2012

Özet: Bu çalışmada Tarsus ve Çamlıyayla ilçelerinde yayılış gösteren makromantarların ve bunlardan mikoriza oluşturanlarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Arazi ve laboratuvar çalışmalarında Ascomycetes ve Basidiomycetes sınıfından 27 familya ve 33 cinsine ait toplam 53 mantar türü teşhis edilmiştir. Tanımlanan mantar türlerinin dağılımı, yetiştirme ortamı, mikoriza oluşturmaları, yükseltisi, toplanma tarihi ve koleksiyon numarası verilmiştir. *Russula* cinsi mantarlardan 5 tür; *Amanita* cinsinden 4 tür; *Tricholoma*, *Suillus* ve *Lactarius* cinsinden 3 tür; *Morchella*, *Agaricus*, *Coprinus*, *Inocybe*, *Hebeloma*, *Rhizopogon* ve *Ramaria* cinslerinden de 2'şer tür ve diğer 22 cinsten birer türe rastlanmıştır. Literatür bilgilerine göre, mantarların 34 adedinin mikoriza oluşturduğu ve 27 mantarın da yenilebilir türlerden olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Makromantar, Ektomikoriza, Yenilebilir mantarlar, Tarsus, Çamlıyayla

Macrofungi of Tarsus District and ectomycorrhizas

Abstract: The study was carried out to determine the macrofungi specimens and mycorrhizal fungi of ones which are spread in the forest ecosystems in Tarsus and Çamlıyayla districts. As a result of field and laboratory studies, 53 species belonging to 33 genus and 27 families in Ascomycetes and Basidiomycetes were identified. The distribution, habitat, whether mycorrhizal, altitude, collection date and number of the identified species are recorded. 5 species of *Russula* genus; 4 species of *Amanita* species, 3 species of *Tricholoma*, *Suillus* and *Lactarius* genus; 2 species of *Morchella*, *Agaricus*, *Coprinus*, *Inocybe*, *Hebeloma*, and *Ramaria*, *Rhizopogon* genus and some other of other fungal genus were identified. Among all 34 of fungi are determined as mycorrhizal and 27 of their are edible fungi according to literature and within them.

Keywords: Macrofungi, Ectomycorrhiza, Edible mushroom, Tarsus, Çamlıyayla

1. Giriş

Makromantarlar eski çağlardan bu yana insanlar tarafından gıda ve tıbbi amaçlı olarak kullanılmaktadır. Klorofilleri olmaması nedeniyle besinlerini çevredeki organik madde artıklarından heterotrofik olarak absorbe eden mantarlar saprofit, parazit ve simbiyotik yaşarlar. Organik maddeleri parçalayarak karbon ve mineral döngülerinde çok önemli rol oynamaktadırlar. Milyonlarca ton organik artığı bir yıl içinde dönüştürdükleri tahmin edilmektedir (Landecker, 1996). Canlılar dünyasının ayrı bir alemi olan mantarlar, morfolojik ve fizyolojik özellikleri bakımından çok çeşitlilik gösterirler. Chang (1999), dünyada 12.000 civarında makromantarın bulunduğu ve bunların 2000 den fazla türünün değerli bir besin kaynağı olduğunu bildirmiştir. Doğada bol miktarda bulunan ve ökaryot olan mantarlar ekosistemin en önemli üyelerinden biridir.

Coğrafi konumu ve ekolojik çeşitlilik yönünden zengin olan ülkemiz, makromantar çeşitliliği ve bolluğu bakımından oldukça verimlidir. Ekolojik koşulların özellikle sıcaklık ve nemin uygun olduğu dönemlerde orman toprağında, çayırarda, bahçelerde, canlılığını yitirmiş bitki parçaları üzerinde, organik maddece zengin zeminlerde yetişmektedirler. Yenilebilir, yenmez ve zehirli olanları vardır. Çalışma konumuzu oluşturan makrofunguslar, Myceteae aleminin iki büyük gurubu olan Basidiomycetes ve Ascomycetes sınıflarında yer almaktadır.

Bilindiği gibi mantarlar klorofil içermediklerinden, bağımsız olarak şeker, yağ ve nişasta gibi organik maddeler oluşturmazlar. Bu nedenle diğer canlılara ihtiyaç duyarlar ve simbiyosis olarak yaşamlarını sürdürürler. Yani başka canlılarla karşılıklı besin elementleri sağlayarak beslenirler. Bir başka deyişle çürükçül ve/veya asalaktırlar. Mikroorganizma ile bitki kökleri arasındaki en yaygın simbiyotik ilişki, mikoriza mantarı (kök mantarı) tarafından sağlanmaktadır. Simbiyotik yaşam alanı içerisinde enfeksiyonun gerçekleşmesi sonucunda, bitki mikoriza mantarına enerji kaynağı olarak fotosentezden elde ettiği karbonu, mikoriza mantarı da bitkiye besin elementleri ve su sağlamaktadır. Bu karşılıklı işbirliği doğadaki en yaygın simbiyotik ilişkiyi oluşturmaktadır (Marschner, 1995). Mikoriza mantarı genelde hifleri aracılığı ile besin ve su alımını artırarak bitkilerin büyümesini, gelişmesini ve dolayısıyla kök canlılığının devamını sağlamaktadır. Mikoriza ayrıca rizosferdeki patojenlere ve stres faktörleri olarak kabul edilen aşırı sıcaklık, kuraklık, ağır metal zehirlenmesi ve tuzluluğa karşı da bitkiyi korumaktadır (Malajczuk vd., 1992).

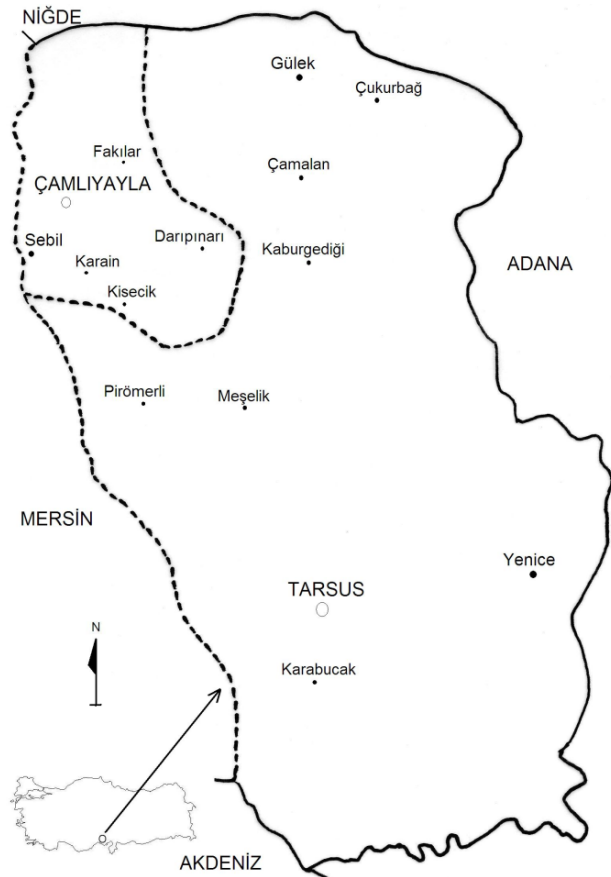
Bu çalışmada, orman ekosisteminde önemli rollere sahip ve odun dışı orman ürünü kapsamında da ciddi kullanım alanları bulan makromantarın Mersin ili sınırları içerisindeki varlıkları araştırılmış ve literatür bilgilerinden faydalanılarak, bulunan türlerin mikorizal ve/veya yenilebilir türlerden olup olmadığı belirlenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

Çalışma alanı Mersin ili sınırlarında C5 karesi içerisine girmektedir. Tarsus'un doğusu Adana, batısı Mersin, kuzeyi Niğde illeri ve güneyi Akdeniz ile çevrilidir. Çamlıyayla'nın batısı Mersin, doğusu Tarsus, kuzeyi Niğde ve güneyi Tarsus ile çevrilidir (Şekil 1).

Emberger'e göre araştırma alanının iklimi Akdeniz tipidir (Akman, 1999). Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü'nün 1950-2011 yılları ortalamasına göre; Tarsus'un yıllık ortalama sıcaklığı 18.1 °C, yıllık toplam yağışı 599,4 mm'dir. Aynı kaynağa göre 1964-2011 yılları ortalamasında; Çamlıyayla'nın yıllık toplam yağışı 1051,6 mm'dir.

Bölgenin ana vejetasyon tipi orman, maki ve antropojenik steptir. İklim özellikleri bölgenin baskın bitki örtüsü özelliklerini yansıtmaktadır. Tarsus ve Çamlıyayla'nın orman örtüsü genellikle iğne yapraklı ormanlar olup, çoğunlukla *Pinus brutia* Ten., *Cedrus libani* A. Rich., *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe., *Abies cilicica* (Ant. Et Kotschy) Carr. ssp. *cilicica*, *Juniperus* L., *Quercus* spp., *Ostrya carpinifolia* Scop., *Carpinus orientalis* Mill., *Fraxinus ornus* L., *Platanus orientalis* L., türleri ile temsil edilirler. 500 m yükseltiye kadar maki formasyonu hakim olup, 500-1100 m'lere kadar kızılçam baskındır. 1100-1600 m arasında karaçam kuşağı, 1200-1700 m'ler arasında Toros sediri, aynı yükselti kuşağı içerisinde ve kuzeye bakan yamaçlarda Toros göknarı ormanları yer almaktadır (Gemici, 1993).



Şekil 1. Mantarların toplandığı bölge (1: 750.000)

Arazi çalışmaları genellikle makromantarların yetişmesine uygun olan ormanlık, bahçe ve çayırık alanlarda yapılmıştır. Ektomikorizal mantarların çoğu, yağmurlu ve/veya kış mevsimi boyunca doğada makroskopik meyveler (sporokarp) üretirler. Mantar örnekleri, mantar gelişimine uygun olan ilkbahar ve özellikle sonbahar aylarında toplanmıştır. Örneklerin toplandığı yetişme ortamının özellikleri kaydedilmiştir. Mantarların fotoğrafları çekilmiş, üzerlerindeki toprak ve ölü örtü artıkları alkolle temizlenmiş ve tazeliğini koruması için buz kutusunda muhafaza edilmiştir. Örnekler laboratuvara güneş ışığı ve sıcaktan korunarak getirilmiştir. Hava kurusu hale getirilen örnekleri parazitlerden korumak için Thymol kristali yerleştirilmiş ve 50 C⁰ ye getirilmiş etüvde 3 saat tutulmuşlardır. Sonra naylon poşetlere ayrı ayrı konarak, koleksiyona eklenmiştir.

3. Bulgular

Çalışmada toplanan mantarlar laboratuvara getirilerek her bir örnekten seçilen bir mantarın şapkası kesilmiş ve himenyum aşağı gelecek şekilde bir lam üzerine bırakılarak spor tozları birikene kadar beklenmiştir. Elde edilen spor tozları Fries (1821)'in renk kataloğu yardımıyla adlandırılmıştır. Sporların boyutları, rengi, şekli, çeperinin kalınlığı, yüzeyinin düz ve pürüzlü oluşu, askus içinde veya basidium üzerinde kaç tane bulunduğu teşhisten veri olarak kullanılmıştır. Diğer taraftan mantarın etli kısmından alınan enine kesitte hiflerin durumuna mikroskopta bakılarak familya ayırımına gidilmiştir (Işıloğlu, 1992).

Mikroskopik gözleme göre mantarlar Philips (1981), Moser (1983), Breitenbach ve Kränzlin (1984-2005), Miller ve Miller (1988), Hall vd. (2003), Russel (2006), Huffman vd. (2008) gibi kaynaklar yardımıyla tanımlanmaya çalışılmış, bazı mantarların tür teşhisleri Muğla Üniversitesi Biyoloji Bölümü'nde yapılmıştır. Mantarların yenilebilir, yenmez ve zehirli olup olmadıkları, Breitenbach ve Kränzlin (1984-2005) ile Mat (1997)'in kaynakları kullanılarak belirlenmiştir. Mantarların mikoriza oluşturan türlerden olup oluşturmadıkları ise, Molina vd. (1992), Lakhnopal, (2000) ve Smith ve Read (1997)'den yararlanılarak belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda, 27 familyaya ait 53 tür mantar tanımlanmış olup 7 tanesi Ascomycetes, 46 tanesi de Basidiomycetes sınıfına aittir. Mantar türlerinin yayılışı, yetişme ortamı, yükseltisi, toplanma tarihi ve koleksiyon numarası, mikorizal durumu ile yenilebilir (☞), yenmez (⊗) ve zehirli (☠) olup olmadıkları aşağıya çıkarılmıştır:

ASCOMYCETES**Geastreaceae***Geastrum pectinatum* Pers. ☒

Kisecik köyü, kızılçam meşçeresi altındaki ölü örtü arasında, 940 m, 14.11.2008, T.97.

Helvellaceae*Helvella crispa* Fr. ☠

Kurtçukuru köyü, merada, 550 m, 15.10.2008, T.93.

Humariaceae*Sepultaria summeriana* (Cke.) Mass. ☒

Elmalıboğaz mevki, sedir meşçeresi açıklığında, 1500 m, 13.04.2009, T.111.

Morchellaceae*Morchella conica* Pers. ☒

Çamalan köyü, orman içi açıklarda, 960 m, 13.04.2009, T.109.

Morchella esculenta (L.) Pers. var. *rigida* Krombh. ☒

Gülek kasabası, orman deposunda, 940 m, 05.05.2007, T.44.

Pezizaceae*Sarcosphaera crassa* (Santi) Pouzar [mikorizal] ☠

Atdağı köyü, orman içinde, 580 m, 05.10.2007, T.62; Kurtçukuru köyü, orman içinde, 580 m, 30.10.2007, T.68; Karain mevki, kızılçam meşçeresinde, 620 m, 03.05.2009, T.127.

BASIDIOMYCETES**Aminateceae***Amanita caesarea* (Scop. Ex Fr.) Quél. [mikorizal] ☒

Kaburgediği köyü, kermes meşçesi-kızılçam ormanında, 640 m, 04.12.2008, T.104.

Amanita ovoidea (Bull.: Fr.) Quél. [mikorizal] ☒

Darıpınarı köyü, kızılçam meşçeresinde, 670 m, 30.10.2007, T.66.

Amanita phalloides (Fr.) Link [mikorizal] ☠

Ardıçlı köyü, kızılçam-kermes meşçesi ormanında, 1080 m, 03.09.2009, T.122.

Amanita rubescens (Pers. Ex Fr.) S.F.Gray [mikorizal] ☒

Gülek kasabası, kızılçam-kermes meşçesi ormanında, 1260 m, 18.09.2007, T.60.

Agaricaceae*Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Pilat ☒

Elmalı boğaz mevki, merada, 1480 m, 12.11.2007, T.76.

Agaricus campestris (L.) Fr. ☒

Çamlıyayla ilçesi, çayırda, 1050 m, 11.11.2009, T.135.

Lycoperdon perlatum Pers. ☒

Çukurbağ köyü, ölü örtü arasında, 1260 m, 12.11.2007, T.73.

Bankeraceae*Sarcodon imbricatus* (L.) P. Karsten [mikorizal] ☒

Çamlıyayla ilçesi, ölü örtü arasında, 1100 m, 24.03.2008, T.80.

Boletaceae*Boletus chrysenteron* Bull. Ex St. Amans [mikorizal] ☒

Sebil kasabası, kızılçam meşçeresinde, 860 m, 06.03.2008, T.79.

Coprinaceae*Coprinus atramentarius* (Bull.) Fr. ☒

Karabucak mevki, karakavak gövdesinde, düzlük, 11.09.2007, T.56.

Coprinus comatus (O.F. Müll.: F) Pers. ☒

Atdağı köyü, merada, 1020 m, 30.10.2007, T.69.

Cortinariaceae*Inocybe fastigiata* (Schaeff.) Quél. [mikorizal] ☠

Çamalan köyü, kızılçam-kermes meşçesi ormanında, 770 m, 12.11.2007, T.74.

Inocybe geophylla (Pers.) P. Kumm. [mikorizal] ☠

Karain mevki, kızılçam meşçeresinde, 630 m, 05.10.2007, T.67.

Gomphidiaceae*Chroogomphus rutilus* (Schaeff.: Fr.) O.K. Mill [mikorizal] ☒

Çamalan köyü, kızılçam meşçeresinde, 930 m, 24.04.2008, T.88.

Hydnaceae*Hydnum repandum* (L. Ex Fr.) [mikorizal] ☒

Gülek kasabası, karaçam meşçeresinde, 1370 m, 06.03.2008, T.78.

Hydnangiaceae*Laccaria laccata* (Scop.: Fr.) Cooke [mikorizal] ☒

Çukurbağ köyü, karaçam meşçeresinde, 1340 m, 12.11.2007, T.72.

Hymenogastraceae*Hebeloma crustuliniforme* (Bull.) Quél. [mikorizal] ☠

Kozpınarı mevki, kızılçam meşçeresinde, 1280 m, 02.09.2008, T.91.

Hebeloma sinapizans (Paulet Ex Fr.) Gillet [mikorizal] ☠

Çamlıyayla ilçesi, kızılçam meşçeresi ölü örtüsü arasında, 1100 m, 11.11.2009, T.136.


Lepiotaceae*Lepiota helveola* Bres. [mikorizal] ☠

Körmenlik köyü, orman içi açıklıkta, 880 m, 05.04.2007, T.42.


Macrolepiota procera (Scop.: Fr.) Singer ☒

Fakılar köyü, orman içi açıklıkta, 1020 m, 05.10.2007, T.63.


Mysenaceae

Mycena pura (Pers.) P. Kumm. 
Pirömerli köyü, kızılçam ormanında, 670 m, 05.04.2007, T.40.


Marasmiaceae

Omphalotus olearius (DC.: Fr.) Singer 
Meşelik köyü, makilikte, 320 m, 11.11.2009, T.133.


Paxillaceae


Paxillus involutus (Batsch: Fr.) Fr. [mikorizal] 
Turan Emeksiz ormanı, fıstıkçami meşçeresinde, düzlük, 16.09.2008, T.92.

Physalacriaceae


Armillaria mellea (Vahl) P. Kumm. 
Kaburgediği köyü, ölü odunda, 680 m, 29.06.2009, T.87.


Pluerotaceae

Pluerotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm. 
Karabucak mevkii, ölü odunda, düzlük, 22.03.2007, T.39.


Lentinus tigrinus (Bull.: Fr.) Sing. 
Karabucak mevkii, karakavak gövdesinde, düzlük, 08.06.2009, T.113.


Ramariaceae

Ramaria flava (Schaeff.: Fr.) Quél [mikorizal] 
Çamalan köyü, kızılçam-kermes meşesi ormanında, 1140 m, 05.10.2007, T.59.


Ramaria formosa (Fr.) Quél. [mikorizal] 
Darıpınarı köyü, kızılçam meşçeresinde, 700 m, 02.12.2008, T.99.


Rhizopogonaceae


Rhizopogon luteolus Fr.&Nordholm [mikorizal] 
Atdağı köyü, kızılçam-kermes meşesi ormanında, 1060 m, 11.11.2009, T.134.


Rhizopogon roseolus (Corda) Th. Fr. [mikorizal] 
Kurtçukuru köyü, kızılçam meşçeresinde, 600 m, 05.10.2007, T.61.


Russulaceae


Lactarius deliciosus (Fr.) S.F. Gray [mikorizal] 
Elmalı boğaz mevkii, karaçam-sedir ormanında, 1430 m, 15.10.2008, T.94; Can deresi mevkii, ölü örtüde, 490 m, 13.04.2009, T.107; Ardıçlı köyü, kızılçam meşçeresinde, 1080 m, 03.09.2009, T.121.


Lactarius salminicolor R.Heim&Led. [mikorizal] 
Ardıçlı köyü, kızılçam ormanında, 1090 m, 04.12.2008, T.103.


Lactarius sangiuflus (Paulet ex Fr.) Fr. [mikorizal] 
Kozpınarı mevkii, karaçam-sedir meşçeresinde, 1420 m, 03.09.2009, T.124.

Russula atropurpurea (Krombh.) Britz. [mikorizal] 
Papazın bahçesi, karaçam meşçeresinde, 1460 m, 03.09.2009, T.125.


Russula delica Fr. [mikorizal] 
Ardıçlı köyü, kızılçam-kermes meşesi ormanında, 1070 m, 03.09.2009, T.120.

Russula raoultii Quell. [mikorizal] 
Pirömerli köyü, kızılçam meşçeresinde, 700 m, 05.04.2007, T.41.


Russula vinosa Lindbl. [mikorizal] 
Darıpınarı köyü, kızılçam meşçeresinde, 470 m, 04.12.2008, T.102.


Russula xerampelina (Schaeff. Ex Secr.) Fr. [mikorizal] 
Sebil kasabası, kızılçam-kermes meşesi ormanında, 800 m, 11.04.2009, T.85.


Strophariaceae

Hypholoma fasciculare (Huds.: Fr.) Kumm. 
Karabucak mevkii, kavağın ölü dallarında, düzlük, 17.05.2007, T.45.


Suillaceae


Suillus bellinii (Inz.) Watl. [mikorizal] 
Elmalıboğaz mevkii, sedir meşçeresinde, 1420 m, 12.11.2007, T.77.


Suillus granulatus (L. Ex Fr.) Roussel [mikorizal] 
Kozpınarı mevkii, karaçam meşçeresinde, 1470 m, 02.02.2008, T.100.


Suillus granulatus (L.) Roussel [mikorizal] 
Kaburgediği köyü, kızılçam-kermes meşesi meşçeresinde, 640 m, 04.12.2008, T.105.


Tricholomataceae

Clitocybe geotropa (Bull.: Fr.) Quél. 
Sebil kasabası, orman içi açıklarında, 1070 m, 11.11.2009, T.137.

Tricholoma caligatum (Viv.) Ricken [mikorizal] 
Çukurbağ köyü, kızılçam-karaçam meşçeresinde, 1050 m, 03.09.2009, T.123.

Tricholoma terreum (Schff. Ex Fr.) Kummer [mikorizal] 
Körmenlik köyü, kızılçam meşçeresinde, 660 m, 02.09.2008, T.90; Kozpınarı, karaçam meşçeresinde, 1580 m, 04.11.2008, T.98; Gülek kasabası, kızılçam-kermes meşesi ormanında, 1430 m, 04.12.2008, T.101.

Tricholoma ustale (Fr.: Fr.) Kummer [mikorizal] 
Kaburgediği köyü, kızılçam meşçeresinde, 690 m, 04.12.2008, T.106.

Lepista nuda (Bul.: Fr.) Cooke 
Elmalıboğaz mevkii, sedir meşçeresinde, 1640 m, 15.10.2008, T.95.

4. Tartışma ve sonuç

Teşhis edilen 53 makromantarın 7 tanesi Ascomycetes, 46 tanesi Basidiomycetes sınıfına aittir. Mantarlar kızılçam, karaçam, sedir ve kızılçam-kermes meşesi karışık ormanları ile çayır-mera, tarla, orman içi açıklıklar, makilikler gibi değişik yetişme ortamlarından ve yağışlı dönemlerde toplanmıştır. Arnolds (1993), Ohenhoja (1993)'ya atfen; hava koşulları ile sporokarp üretimi arasında ilişki kurarak yüksek miktarda yağmurun spor miktarını artırdığını belirlemiştir. Çalışma alanına yakın bölgelerde daha önce yürütülmüş diğer çalışmalarda, benzer türlerle karşılaştırılmıştır (Çizelge 1). Bunun, Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki bitki örtüsü ile iklim benzerliklerinden kaynaklandığı söylenebilir.

Familyalara göre mantar türlerinin dağılımında büyük farklılıklar gözlenmiştir. Russulaceae familyası %15 ile en yüksek mantar sayısına ulaşmış, sonra sırasıyla %9,4 ile Tricholomataceae, %7,5 ile Amanitaceae familyaları gelmiştir. Read (1984), mikoriza tür sayısı ve çeşitliliğinin toprak türü, ekosistem tipi ve yükseklik gibi çevresel unsurlardan önemli oranda etkilendiğini belirtmiştir. Çalışma sonucu *Russula* cinsi mantarlardan 5 tür; *Amanita*'dan 4 tür; *Tricholoma*, *Suillus* ve *Lactarius* cinsinden 3 tür; *Morchella*, *Agaricus*, *Coprinus*, *Inocybe*, *Hebeloma*, *Rhizopogon* ve *Ramaria* cinslerinden de ikişer tür ve diğerlerinden birer türe rastlanmıştır. Mehus (1986) ve McCarthy (2001), toprak sıcaklığı, toprağın besin elementi içeriği ve toprağın nem miktarının sporokarp çeşitliliğini ve verimliliğini etkilediğini ileri sürmüşlerdir.

Teşhis edilen yenilebilir mantar tür sayısı 27 (%51) olmasına rağmen, yöresel olarak tüketilen tür sayısı çok azdır. Bu türler arasında *Morchella esculanta* (L.) Pers. var. *rigida* Krombh, *M.conica* Pers., *Lactarius delicious* (Fr.) S.F. Gray, *L.sangifluus* (Paulet ex Fr.) Fr., *L.salminicolor* R.Heim&Led., *Agaricus campestris* (L.) Fr., *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm., *Rhizopogon luteus* Fr.&Nordholm, *Tricholoma terreum* (Schff. Ex Fr.) Kummer türleri yer almaktadır. Ancak bu türlerin pazarda satışına hemen hemen hiç rastlanmamaktadır. Mantarların 13'ü yenmez, 13 adedi de zehirli mantar türü (%24,5) olarak belirlenmiştir. Bu orandaki yenilebilir mantar potansiyelinin değerlendirilmesi, kırsal kalkınma açısından önemli olacaktır.

Mantarların %64 (34 tür)'ünün mikoriza oluşturan türlerden olduğu belirlenmiştir. Kızılçam, karaçam, sedir ile karışık orman alanlarından toplanan mantarların neredeyse tamamının mikoriza oluşturan türlerden olması dikkat çekicidir. Orman ağaçlarının beslenmeleri ve su gereksinimlerinin önemli bir kısmı mikoriza aracılığı ile sağlanmaktadır. Yani bitki mikorizaya mutlak gereksinim duymaktadır.

Sonuç olarak; yörede yenilebilir makromantar potansiyeli önemli sayılabilecek ölçüdedir ve bölge odun dışı orman ürünlerinin zenginliği açısından dikkate değer düzeydedir.

Çizelge 1. Bölgeye yakın çalışmalardaki benzer türlerin sayısı

Çalışma Sahaları	Benzer tür sayısı
Adana ve İçel (Işıloğlu, 1992)	39
Akdeniz (Işıloğlu ve Öder, 1995)	47
Yahyalı-Kayseri (Kaşık vd., 2003)	21
Besni-Adıyaman (Kaya vd., 2004)	12
Andırın-Kahramanmaraş (Kaya, 2006)	27
Bolkar dağları (Tüfekçi vd., 2006)	31
Huzurlu-Gaziantep (Kaya, 2009)	24
Göksun-Kahramanmaraş (Kaya vd., 2009)	15
Arsllanköy-Mersin (Doğan vd., 2012)	18

Teşekkür

Bazı mantarların teşhisinde yardımcı olan Muğla Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü'nden Sayın Prof. Dr. Mustafa Işıloğlu'na, arazi çalışmalarındaki desteği için de çalıştığım kurum Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Akman, Y., 1999. İklim ve biyoiklim. Kariyer Matbaacılık Ltd., Ankara.
- Arnolds, E., 1993. Problems in Measurements of Species Diversity of Macrofungi (Ed.by E.Allsopp, R.R.Colwell, D.L.Hawksworth, Microbial Diversity and Ecosystem Function), CAB International, UNEP, 337-354, London, UK
- Breitenbach, J., Kränzlin, F., 1984-2000. Fungi of Switzerland, vols. 1-6. Lucerne: Verlag Mykologia.
- Chang, S. T., 1999. World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. in China. International J. Med. Mush., 1: 291-300.
- Doğan, H.H., Aktaş, S., Öztürk, C., Kaşık, G., 2012. Macrofungi distribution of Cöcökdere valley (Arsllanköy, Mersin). Turk J Bot. 36: 83-94.
- Gemici, Y., 1993. Bolkar dağları'nın (Orta Toroslar) flora ve vejetasyonu üzerine genel bilgiler. Tr. J. of Bot., 18: 81-89.
- Hall, R.I., Stephenson, S.L., Buchanan, P.K., Yun, W. and Cole, A.L.J. 2003. Edible and poisonous mushrooms of the world, Timber Pres, 371 p. Portland, Cambridge.
- Huffman, D.M., Tiffany, L.H., Knaphus, G. and Healy and L.A. 2008. Mushrooms and other fungi of the Midcontinental United States, Second Edition, University of Iowa Press, 385 p., USA.
- Işıloğlu, M. 1992. Adana ve İçel il sınırlarında yetişen önemli yenen ve zehirli mantarlar üzerindeki taksonomik araştırmalar, S.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 125 p., Konya.
- Işıloğlu, M. and Öder, N., 1995. Contributions to the macrofungi of Mediterranean Turkey. Turk J. Bot. 19: 603-609.
- Kaşık, G., Öztürk, C., Türkoğlu, A., Doğan, H.H., 2003. Macrofungi of Yahyalı (Kayseri) Province. Turk J. Bot. 27: 453-462.
- Kaya, A., Akan, Z., Demirel, K., 2004. Checklist of Macrofungi Besni (Adıyaman) District. Turk J Bot 28: 247-251.
- Kaya, A. 2006. Macrofungi Determined in Andırın District. Turk J Bot 30: 85- 93.
- Kaya, A., Uzun, Y., Karacan, İ.H., 2009. Macrofungi of Göksun (Kahramanmaraş) district. Turk J Bot 33: 131-139.
- Lakhanpal, T.N., 2000. Ectomycorrhiza-An Overview, In: Mycorrhizal Biology, (Ed.by K.G.Mukerji, B.P.Chamola, J.Singh), Kluwer Academic, 101-118.
- Landecker, E. M., 1996. Fundamentals of The Fungi, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Malajczuk, N., Groven, T.S., Thomson, B.T., Bougher, N.L., Tommerup, I., Kuek, C and Dell, B. 1992. Ectomycorrhizas. In: Microorganisms that Promote Plant Productivity. Kluwer Press, Amsterdam.

- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Plants, 2nd ed., Academic Press, London, UK.
- Mat, A., 1997. Türkiye'de Mantar Zehirlenmeleri Zehirli Mantarlar, Tübitak Başvuru Kitapları, 183 s., Ankara.
- Mc Carthy, J., 2001. Gap Dynamics of Forest Trees: A Review with Particular Attention to Boreal Forests, Environ., Rev. 9, 209-220.
- Mehus, H., 1986. Fruit Body Production of Macrofungi in Some North Norwegian Forest Types, Nords. J.Bot., 6: 679-702.
- Miller, O.K. and Miller, H.H. 1988. Gasteromycetes. Eureka: Mad River Press.
- Molina, R., Massicotte, H., Trappe, J.M., 1992. Specificity Phenomena in Mycorrhizal Symbioses: Community-Ecological Consequences and Practical Implications, (Ed.M.F.Allen), Chapman and Hall, Inc. NY
- Moser, M., 1983. Keys to Agarics and Boleti. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Ohenoja, E., 1993. Effect of Weather Conditions on the Larger Fungi at Different Forest Sites in Northern Finland in 1976-1988, Acta Universitatis Ouluensis, series A, 243.
- Phillips, R., 1981. Mushrooms and other fungi of Great Britain and Europe. London: Pan Books Ltd.
- Read, D.J., 1984.: The Structure and Function of the Vegetative Mycelium of Mycorrhizal Roots, In: The Ecology and Physiology of the Fungal Mycelium, (Eds. D.H.Jennings and A.D.M.Rayner), British Mycological Society Symposium 8, Cambridge University Press, pp. 215-40, London.
- Smith, S.E., Read, D.J., 1997. Mycorrhizal Symbiosis, Second Edition, Academic Press Ltd., 605 p., Cambridge, UK.
- Russell, B., 2006. Field guide to wild mushrooms of Pennsylvania and the Mid-Atlantic, the Pennsylvania State University Press, 249 p., USA.
- Tüfekçi, S., Ortaş, İ., Özkurt, N., 2006. Bolkar Dağları Doğal Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde Mikorizal Mantarların Tespiti ve Aşılama Uygulaması, Doğu Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No: 26, 30 s. Tarsus.

Türkiye'nin Batı Akdeniz Yöresinde doğal olarak yetişen dağ çayı (*Sideritis libanotica* Labill. subsp. *linearis* (Benth) Bornm) ve bayır kekiği (*Origanum sipyleum* L.) türlerinin uçucu yağ oranları ve bileşenlerinin belirlenmesi

Serhat Erbaş^{a,*}, Hüseyin Fakir^b

^a Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Biyolojik Çeşitlilik Daire Başkanlığı, Ankara

^b Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

* İletişim yazarı/Corresponding author: s.eras@ormansu.gov.tr, Geliş tarihi/Received: 23.11.2011, Kabul tarihi/Accepted: 06.06.2012

Özet: Bu çalışmada, ülkemiz için endemik türlerden olan ve *Lamiaceae* familyasına ait *Sideritis libanotica* Labill. subsp. *linearis* (Benth) Bornm ve *Origanum sipyleum* L.'un uçucu yağ oranları ve bileşenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Antalya-Beşkonak ve Isparta-Ayazmana yöresinden 2007 ve 2008 yılında toplanan türler, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Botaniği Laboratuvarına getirilmiş, oda şartlarında kurutulmuş ve Clevenger (uçucu yağ analiz aparatı) hidrodistilasyon cihazında 3 saat süreyle distilasyona tabi tutularak uçucu yağ oranları saptanmıştır. Elde edilen uçucu yağların bileşenleri ise GC-MS (Perkin Elmer) cihazında belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre uçucu yağ oranları *S. libanotica* subsp. *linearis*'de % 0,18 ml ve *O. sipyleum*'da % 0,16 ml olarak bulunmuştur. Gaz kromatografisi sonuçlarına göre en etkili bileşenler *S. libanotica* subsp. *linearis*'de α -bisabolol (%30,85), β -fellandren (%25,29) ve germakren-D (%8,68); *O. sipyleum*'da γ -terpinen (%45,46), *p*-simen (%24,29) ve karyofilen (%9,74) olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar ülkemizin değişik yörelerinde aynı türlerde yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Sideritis libanotica* subsp. *linearis*, *Origanum sipyleum*, Endemik, Uçucu yağ, α -bisabolol, γ -terpinen

Determination of contents and components of essential oils of *Sideritis libanotica* Labill. subsp. *linearis* (Benth) Bornm. and *Origanum sipyleum* L. grown wild in Western Mediterranean Region of Turkey

Abstract: In this study, it was aimed to determination of essential oil contents and components of *Sideritis libanotica* Labill. subsp. *linearis* (Benth) Bornm and *Origanum sipyleum* L. which are endemic species from *Lamiaceae* family in Turkey. The samples were collected from Antalya and Isparta districts of the Western Mediterranean in 2007/2008 and were brought to Forest Botany Laboratory of Faculty of Forestry at Süleyman Demirel University. They dried in room conditions and distilled Clevenger type hydro-distillation apparatus for 3 hours and essential oil yields were calculated. Components of essential oils were determined by GC-MS (Perkin Elmer).As result, essential oil ratios of *S. libanotica* subsp. *linearis* and *O. sipyleum* were determined as 0.175% and % 0.16% respectively. The most effective components of *S. libanotica* subsp. *linearis* were determined as α -bisabolol (30.85%), β -phellendrene (25.29%) and Germacrene-D (8.68%). For *O. sipyleum*, γ -terpinene (45.46%), *p*-cymene (24.29%) and caryophyllene (9.74%) were found most important. Results were compared with the other studies which were put forwarded by same species in other regions of Turkey.

Keywords: *Sideritis libanotica* subsp. *linearis*, *Origanum sipyleum*, Endemic, Essential oil, α -bisabolol, γ -terpinen

1. Giriş

Bugün doğada yetişen 300'e yakın bitki familyasından yaklaşık 1/3'ü uçucu yağ içermektedir. Uçucu yağ taşıyan bitkiler daha çok sıcak iklim bölgelerinde yetişmektedirler. Tropik ve subtropik bölgelerle ılıman iklim kuşağının sıcak yörelerinde bu kokulu bitkiler bulunmaktadır. Ülkemizi de içine alan Akdeniz Bölgesi ise uçucu yağ taşıyan bitkiler bakımından en zengin bölgelerden birini oluşturmaktadır (Ceylan, 1996).

Aromatik bitkiler; başta çay, baharat, çeşni ve uçucu yağ kaynağı olarak kullanılmaktadır. Uçucu yağlar (esanslar, eterik yağlar) ve aromatik ekstraktlar; koku ve tat endüstrileri tarafından parfüm, gıda katkıları, temizlik ürünleri, kozmetik ve ilaçların terkinde, aroma kimyasalların kaynağı olarak ya da doğala özdeş ve yarı sentetik yararlı

aroma kimyasalların sentez başlangıç maddesi olarak da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Başer, 2000).

Türkiye, birçok aromatik bitkiden oluşan *Lamiaceae* familyası için bir gen merkezidir. Familya 546 tür, 45 cins ve toplamda 731 takson içerir. Familyadaki endemik bitkilerin oranı % 44.2'dir (Davis, 1982).

Ülkemizde kullanılmakta olan *Lamiaceae* türleri arasında en fazla tanınmış olanı "kekik" olarak bilinen türlerdir. Sistematik açıdan farklı bitki türleri olmalarına rağmen birçok bitki türünün "kekik" adı altında isimlendirilmesinin en büyük nedeni timol ve karvakrolce zengin olmasıdır. Karvakrol ve timol içeriği kekikte fiyatı belirleyen parametrelerdir. Bundan dolayı, *Origanum* (32 takson), *Coridothymus* (1 tür), *Thymra* (4 takson), *Satureja* (14 takson), *Thymus* (57 takson) cinsleri hem yayılış olarak

hem de ekonomik olarak büyük önem taşımaktadır (Başer, 1994).

Türkiye’de 24 türe bağlı 33 takson *Origanum* bitkisi yetişmekte olup ve bunlardan 21’i sadece ülkemize endemiktir. Endemizm oranı ise %66.7 ’dir (Sadıkoğlu, 2005). Diğer bir deyişle dünya da bilinen 52 *Origanum* taksonunun % 60 ’ı Türkiye de yayılış göstermektedir. Bu da ülkemizin *Origanum* türlerinin gen merkezi olduğuna ilişkin güçlü bir kanıt olmaktadır (Başer, 2001).

Origanum sipyleum L. 80 cm’ye kadar boylanabilen yarı çalı (sadece alt tarafları odunsu) ve çok yıllık bir bitkidir. Bitkinin alt kısımları birbiriyle az çok karışmış sık yumuşak tüylü ya da tüysüzdür. Her gövdede 26 çift dal vardır ve bu dallar yaklaşık 35 cm uzunluktadır. Yaprak elips, ovat veya kalp şeklinde, 3-24 x 3-15 mm, sivri veya sivri yuvarlak arası ve donuk mavimsi yeşil renktedir. Başağa benzeyen küçük çiçekler 7-28 x 5-12 mm’dir. Kaliks (çanak, çiçekteki meyve örtü) yaklaşık 4 mm ve 2 dudaklıdır. Küçük fındıksı meyve yumurta şeklinde kahverengidir. *O. sipyleum* Türk florası için endemiktir (Davis vd., 1988).

Orta ve Batı Anadolu’da halk arasında Bayır kekiği, Bayırçayı ya da Güveyotu olarak bilinen, yüksek oranda karvakrol, timol ve p-simen içerdiği saptanmış olan *O. sipyleum*’un, mide ağrısı ve öksürük tedavisinde sıkça kullanıldığı bilinmektedir (Başer vd., 1992).

Lamiaceae familyasının üyesi olan *Sideritis* cinsi ise subtropik ve orta bölgelerde geniş bir yayılış gösteren, 20-75 cm yüksekliğinde bir çalıdır. *Sideritis* cinsinin çoğunluğu Akdeniz’de olan 150’den fazla türü bulunur. Bu cins “Flora of Turkey”’de 46 tür ve 55 taksonla temsil edilir. Bu taksonlardan 42’si endemiktir (Davis, 1982, Güner vd., 2000). Türkiye *Sideritis* cinsinin 2 ana gen merkezinden biri olduğundan dolayı endemizm oranı (% 79.5) oldukça yüksektir (Başer, 2002a).

Sideritis cinsi Batı Anadolu’da doğal olarak yetişmekte olup önemli bir ihrac kapasitesine sahiptir. Bu cinsin türleri tek veya iki yıllık ufak çalimsı bitkilerdir. Yüzyıllardır Türk insanı tarafından bazı günlük hastalıkların tedavisi için tıbbi bitki olarak kullanılır (Everest ve Öztürk, 2005). Türkiye’de “dağ çayı” ve “adaçayı” olarak bilinir. Ayrıca halk tıbbında bitki çayı olarak geniş bir şekilde kullanılır. Halk tıbbında sinir sistemini yatıştırıcı, antinflamatör, antispazmatik, karminatif, analjezik, sedatif, öksürük kesici, mide ağrılarını önleyici, antikonvulsant, soğuktan kaynaklanan öksürüklerde ve sindirim şikayetlerinde kullanılır (Kırımer vd., 1999).

Sideritis türleri flavonoid (Ezer vd., 1992; Gil vd., 1993), uçucu yağ (Başer vd., 1997), diterpen (Garcia-Granados vd., 1985), fenilpropanoid glikosid (Ezer vd., 1992) ve iridoid glikosid (Ezer vd., 1995) içerir. Ayrıca son yapılan araştırmalarda *Sideritis* türlerinin antifeedant (Bondi vd., 2000), antistres (Öztürk vd., 1996), analjezik (Aydın vd., 1996), antioksidant (Tunalier vd., 2002), antibakteriyel (Ezer vd., 1994, Ezer ve Abbasoğlu, 1996) ve antinflamatör (Yeşilada ve Ezer, 1989) aktivitelerinin olduğunu göstermiştir.

Sideritis libanotica Labill. subsp. *linearis* (Benth) Borm. Türk florası için endemiktir (Davis, 1982).

Bu araştırmada, Türkiye’nin endemik bitkilerinden olan *Lamiaceae* familyasından *Sideritis libanotica* Labill. subsp. *linearis* (Benth) Borm ve *Origanum sipyleum* L.’un uçucu yağ oranlarının ve uçucu yağ bileşenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Bitki Materyali

Araştırma materyali ülkemizde doğal olarak yayılış yapan *S. libanotica* subsp. *linearis* ve *O. sipyleum* türlerinden oluşmaktadır. Bu türlerden *S. libanotica* subsp. *linearis* 2007-2008 yıllarında Antalya-Bozburun Dağı (Beşkonak –Ballıbucağ Yöresi)’nda 1390 m. yükseltiden kayalık yamaçlar ve konglomera kayalık yamaçlardan Mayıs ayında yapılan arazi çalışmaları sonucunda çiçekli olarak toplanmıştır. *O. sipyleum* da aynı dönemde Isparta-Ayazmana (Daridere mevki)’da 1050 m. yükseltiden maki alanları ve açıklık yamaçlardan Eylül ayında yapılan arazi çalışmaları sonucunda çiçekli olarak toplanmıştır. Bitki materyallerinin doğal yayılış alanlarındaki fotoğrafları çekilmiştir. Toplanan örneklerin teşhisi için, her bir bitki örneğinden en az üç adet toplanmıştır. Toplanan bitki örnekleri herbaryum tekniği yöntemlerine göre kurutulup preslenmiş ve örneklere ait bilgiler kaydedilmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Botanisi Anabilim Dalı Laboratuvarı’nda bitkinin teşhisi yapılmış ve muhafaza altına alınmıştır.

Uçucu yağ analizlerinde kullanılmak üzere her bitkiden en az 1 kg (çay olarak içilen bitki parçalarından) toplanmıştır. Toplanan bitkiler torbalara konulmuş ve torbalar kodlanarak etiketlenmiş, etiket üzerine toplama zamanı, yeri, rakımı gibi bilgiler kayıt edilmiştir. Daha sonra uçucu yağ analizlerinde kullanılmak üzere bu bitkiler yarı gölgeli, havadar bir yerde oda sıcaklığında kurutulmuştur.

2.2. Distilasyon (Damıtma) İşlemi

Toplanan bitki materyalleri oda sıcaklığında kurutulduktan (25 °C) sonra tartılmışlar ve daha sonra Clevenger distilasyon cihazında yaklaşık üç saat süreyle damıtılarak % uçucu yağ içerikleri hacim/ağırlık (v/w) olarak belirlenmiş ve elde edilen uçucu yağlar bileşenleri belirlenmek üzere +4 °C’de depolanmıştır.

2.3. GC-MS Analizi

Uçucu yağların bileşenleri Süleyman Demirel Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında bulunan Perkin Elmer Autosystem XL Gaz Kromatografisinde (MS Detektörlü) belirlenmiştir (Çizelge 1). Uçucu yağ örneklerinden 7.5 mg alınarak 1.5 ml diklorometanda seyreltilmiş ve bu numuneden 1 µL alınarak cihaza enjekte edilmiştir.

Çizelge 1. Gaz kromatografisinde çalışma koşulları

Özellikler	Açıklama
Enjeksiyon Bloğu	240 °C
Dedektör	250 °C
Akış Hızı (psi)	10
Dedektör	70 eV
İyonlaşma Türü	EI
Kullanılan Gaz	Helyum
Kullanılan Kolon	Cp WAX 52 CB 50 m * 0,32 mm, 1,2 µm
Sıcaklık Programı	60 °C den 220 °C’e dakikada 2 °C’lik artışla ulaşıyor. 220 °C’de 20 dakika bekliyor.
Kullanılan Kütüphaneler	Wiley, Nist, Tutor
Kullanılan GC/MS’in Özellikleri	QP 5050 GC/MS

3. Tartışma ve sonuç

2007 ve 2008 yıllarında Antalya-Beşkonak ve Isparta-Ayazmana yörelerinden toplanan *S. libanotica* subsp. *linearis* ve *O. sipyleum*'un türlerinin uçucu yağ oranları ve uçucu yağ bileşenleri belirlenmiştir (Çizelge 2). *S. libanotica* subsp. *linearis* 'in uçucu yağ oranı % 0.18 ve uçucu yağ rengi açık sarı olarak bulunmuştur. *O. sipyleum* 'da ise uçucu yağ oranı % 0.16 ve uçucu yağ rengi açık sarı olarak tespit edilmiştir.

S. libanotica subsp. *linearis* ve *O. sipyleum* türlerinin uçucu yağının GC/MS ile analizi sonucunda *S. libanotica* subsp. *linearis*'de 18 bileşen % 95.49; *O. sipyleum*'da 21 bileşen %99.32 oranında ortaya çıkarılmıştır. Uçucu yağ analizi sonucunda en etken üç bileşen *S. libanotica* subsp. *linearis*'de α -bisabolol (% 30.85), β -fellandren (% 25.29) ve germakren-D (% 8.68); *O. sipyleum*'da ise γ -terpinen (% 45.46), *p*-simen (% 24.29) ve karyofilen (% 9.74) olarak tespit edilmiştir. *S. libanotica* subsp. *linearis*'de bileşenlerden 10 tanesi monoterpen (% 41.04), 1 tanesi seskiterpenik alkol (% 30.85), 6 tanesi seskiterpen (%20.72), 1 tanesi oksijenli seskiterpen (%1.87) ve 1 tanesi monoterpenik alkol (% 0.74) olarak gruplandırılmıştır. *O. sipyleum*'da ise bileşenlerden 10 tanesi monoterpen (% 78.51), 8 tanesi seskiterpen (% 18.71), 1 tanesi seskiterpenik alkol (% 0.77), 1 tanesi oksijenli seskiterpen (% 0.68) ve 1 tanesi monoterpenik alkol (% 0.65) olarak gruplandırılmıştır.

Kırimer (2001), *Lamiaceae* familyası uçucu yağlar bakımından zengin türlere sahip olduğunu, ancak aynı familyadan olan *Sideritis* türlerinin uçucu yağ bakımından fakir olduğunu rapor etmiştir. Kırimer (2000), *S. libanotica* subsp. *linearis*'in seskiterpenlerce zengin uçucu yağ ürettiğini, Başer (2002a) Türk *Sideritis* türlerinin yaklaşık %

27'sinin seskiterpenlerce zengin olduğunu ve ana bileşenlerinin β -karyofillen, germakren-D ve kalamen olduğunu tespit etmiştir.

S. libanotica subsp. *linearis*'in uçucu yağ bileşenlerine bakıldığında seskiterpen grubundan 6 tane bileşen % 20.72, seskiterpenik alkol grubunda 1 tane bileşen % 30.85 oranında bulunurken, monoterpen grubundan 9 tane bileşen % 41.31 oranında tespit edilmiştir. Bu sonuçların, Kırimer (2000 ve 2001) ve Başer (1992 ve 2002a)'in elde ettiği sonuçlarla uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Kırimer vd. (2004), *S. libanotica* subsp. *linearis*'in iz düzeyde uçucu yağ içerdiğini ve en önemli bileşenlerin heksadekanonik asit (%20), β - pinen (% 17) ve β - karyofilen (% 15) olduğunu belirlemiştir. Schulz vd., (2005), Türkiye'deki bitkilerin uçucu yağ karakterizasyonu ile ilgili çalışmada, *S. libanotica*'nın en önemli bileşenlerini β -pinen (% 50.6), α -pinen (% 24.5) ve β - karyofilen (%5.9) olarak kaydetmiştir. Bu sonuçlar, her ne kadar tespit edilen oranlar bakımından farklı olsa da, bileşenler bakımından bu araştırma sonuçları ile benzerlik göstermiştir.

Özellikle α -pinen ve β - pinen bileşenleri *S. libanotica*'nın değişmeyen bileşenleri olmuş ancak çalışmamızda daha düşük oranlarda ortaya çıkmıştır. Gonzales-Burgos vd. (2011)'de incelediği literatürlerde aynı türlerin uçucu yağ bileşenleri arasında kalite ve kantite olarak farklılıklar olduğunu rapor etmiştir. Hem uçucu yağ oranı, hem de uçucu yağ bileşenleri bakımından ortaya çıkan farklılıklar, genetik ve ekolojik faktörlerden kaynaklanabileceği gibi, morfogenetik, ontogenetik ve diurnal değişkenliklerden de kaynaklanabilir. Uçucu yağ oranları, bileşenler ve bileşenlerin oranlarında görülen farklılıklar bu bağlamda açıklanabilir.

Çizelge 2. *S. libanotica* subsp. *linearis* ve *O. Sipyleum*'un uçucu yağ bileşenleri

<i>Sideritis libanotica</i> Labill. subsp. <i>linearis</i> (Benth) Borm.			<i>Origanum sipyleum</i> L.		
Bileşenler	RT*	% Oran	Bileşenler	RT	% Oran
α -pinen	7,16	1,08	α -pinen	9,4	0,89
β -pinen	9,91	1,80	β -pinen	13,3	-
Sabinen	13,80	3,99	Sabinen	13,8	0,53
Mirsen	15,80	5,37	Mirsen	15,8	3,32
α -fellandren	16,30	0,95	α -fellandren	16,3	2,81
Limonen	18,20	2,14	Limonen	18,2	-
β -fellandren	18,90	25,29	β -fellandren	18,9	-
γ -terpinen	21,10	-	γ -terpinen	21,1	45,46
<i>p</i> -simen	23,70	0,69	<i>p</i> -simen	22,7	24,29
β -elemen	37,11	0,94	Cis-osimen	23,7	1,21
Karyofillen	37,71	6,72	Kopaen	37,6	2,00
Bourbon	39,40	2,39	Bourbon	39,3	-
Linalool	40,10	0,74	Linalool	40,1	0,65
β -farnesen	41,19	0,69	β -elemen	43,7	-
Germakren-D	44,58	8,68	Karyofilen	44,6	9,74
Bisabolen	45,15	1,30	β -farnesen	47,9	-
Karyofillen oksit	60,18	1,87	α -humulen	49,2	0,84
α -Bisabolol	79,80	30,85	Germakren-D	51,6	6,13
			Bisabolen	52,0	-
			Karyofilen oksit	67,7	0,68
			Spathulenol	74,5	0,77
Monoterpenler		41.04	Monoterpenler		78.51
Seskiterpenler		20.72	Seskiterpenler		18.71
Seskiterpenik alkoller		30.85	Seskiterpenik alkoller		0.77
Okijenli seskiterpenler		1.87	Oksijenli seskiterpenler		0.68
Monoterpenik alkol		0.74	Monoterpenik alkol		0.65

*RT: Retention Time (Alıkönma Zamanı)

Başer vd. (1992), *O. sipyleum*'un uçucu yağlarının araştırılması üzerine yaptığı çalışmada uçucu yağ oranını %0.1-1.7 arasında olduğunu, uçucu yağlarında 48 farklı bileşenden meydana geldiğini, bu bileşenler arasında en yüksek oranlarda bulunanların γ -terpinen (%10.80-26.60), *p*-simen (%3.76-36.60), timol metileter (% iz düzeyde-19.90), karvakrol metileter (% 0.41-10.20), timol (%0.23-7.30) ve karvakrol (%0.82-12.20) olduğunu tespit etmişlerdir.

Başer, (2002b) *O. sipyleum* uçucu yağının ana bileşenleri üzerine yaptığı çalışmada örneklerin 4'ünde *p*-cymene (% 28-40), 4'ünde γ -terpinen (% 23-34), 2'sinde β -karyofilen (% 17-22), 1'inde mirsen (% 37), 1'inde timol metileter (% 20), 12'sinde timol (% iz düzey-16), 12'sinde karvakrol (% 1-12)'u en etken bileşenler olarak tespit etmiştir. Başer vd., (1992) ve Başer (2002b) *O. sipyleum* uçucu yağı ve uçucu yağ bileşenleri ile ilgili yapılmış çalışmalar, çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Batı Akdeniz yöresinde doğal olarak yetişen *S. libanotica* subsp. *linearis* ve *O. sipyleum* türleri ormancılığımız için önemli odun dışı orman ürünleri, ülkemiz için de değerli tıbbi bitkilerdir. Çalışmada çıkan bileşenler literatür çalışmaları ile paralel çıkmış fakat yöresel farklılıklar nedeniyle oranlarındaki değişimler standart bir üretim için engel teşkil etmektedir. Bitkideki uçucu yağların ekolojik şartlar karşındaki değişimi yapılacak çalışmalarla giderilmesi bu alandaki eksikliği giderecektir.

Kaynaklar

- Aydın, S., Öztürk, Y., Beis, R., Başer, K.H.C., 1996. Investigation of *Origanum onites*, *Sideritis congesta* and *Satureja cuneifolia* essential oils for analgesic activity. *Phytotherapy Research* 10:342-344
- Başer, K.H.C., 1992. Essential oils of Anatolian Labiatae. A profile. *Acta Horticulture*, 333:217.
- Başer, K.H.C., 1994. Essential oils of *Lamiaceae* from Turkey: recent results. *Lamiales Newsletter*. 1994, 3, pp. 6-11.
- Başer, K. H. C., 2000. Uçucu yağların parlak geleceği. *Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bülteni Sayı: 15*, Anadolu Üniversitesi Tıbbi ve Aromatik Bitki ve İlaç Araştırma Merkezi, Eskişehir.
- Başer K. H. C., 2001, Her derde deva bitki kekik. *Bilim ve Teknik*. Mayıs 2001. s. 74-77.
- Başer, K.H.C., 2002a. Aromatic biodiversity among the flowering plant taxa of Turkey. *Pure and Applied Chemistry* 74, 527-545.
- Başer, K.H.C., 2002b. The Turkish *Origanum* species, In: *The genera Origanum and Lippia* Ed: S.E. Kintzios, Taylor and Francis, London, pp. 109-126, ISBN-0-415-36943-6
- Başer, K.H.C., Özek, T. ve Kürkcüoğlu, M., 1992. Composition of the essential oil of *Origanum sipyleum* of turkish origin. *Journal Essential Oil Resource*, 4 pp. 139-142.
- Başer, K.H.C., Kırimer, N., Tümen, G., 1997. Essential oil of *Sideritis scardica* Griseb subsp. *scardica*. *Journal Essential Oil Resourch*, Vol. 9, pp. 205-207.
- Bondi, M.L., Bruno, M., Piozzi, F., Başer, K. H. C., Simmonds, M. S. J., 2000. Diversity and antifeedant activity of diterpenes from Turkish species of *Sideritis* biochemistry systematic ecology, 28, pp. 299-303.
- Ceylan, A., 1996. *Tıbbi Bitkiler-II (Uçucu yağ bitkileri)*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 481. ISBN 975-483-362-1.
- Davis, P.H., 1982. *Flora of Turkey and East Eagean Island*, 7, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Davis, P. H., Mill, R. R. Tan, K., (Eds.), 1988, *Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Supplement)*, Vol. 10, University Press, Edinburgh.
- Everest, A., Öztürk, E., 2005. Focusing on the ethnobotanical uses of plants in Mersin and Adana provinces (Turkey), *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, Vol. 1, pp. 6.
- Ezer N., Abbasoğlu U. 1996. Antimicrobial activity of essential oils of some *Sideritis* species growing in Turkey. *Fitoterapia* 67:474.
- Ezer, N., Akcos, Y., Rodriguez, B., Abbasoğlu, U., 1995. *Sideritis libanotica* Labill. subsp. *linearis* (Bentham)Bormm.'den elde edilen iridoit heteroziti ve antimikrobiyal aktivitesi. *Hacettepe Üniversitesi Journal Fac. Pharm.* Vol. 15, s. 15-21.
- Ezer, N., Sakar, M.K., Rodriguez, B., De la Torre, M.C., 1992. Flavonoid glycosides and a phenylpropanoid glycoside from *Sideritis perfoliata*. *Int. J. Pharmacog* Vol. 30, pp. 61-65.
- Ezer N., Usluer G., Güneş, I., Erol K., 1994. Antibacterial activity of some *Sideritis* species. *Fitoterapia*, 65:549.
- Garcia-Granados, A., Martinez, A., Onorato, M.E., 1985. Diterpenoids from *Sideritis pusilla* subsp. *flavobirens*. *Phytochemistry* Vol. 23, pp. 607-610.
- Gil, M.I., Ferreres, F., Marrero, A., Tomas-Lorente, F., Tomas-Barberan, F.A., 1993. Distribution of flavonoid aglycones and glycosides in *Sideritis* species from the Canary Islands and Madeira. *Phytochemistry* Vol. 34, pp. 227-232.
- Gonzales-Burgos, E., Carretero, M.E., Gomez-Serranillos, M.P., 2011. *Sideritis* spp.: Uses, chmical composition and pharmacological activities - A review, *Journal of Ethnopharmacology*, Vol. 135, pp. 209-225.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, K. H. C., 2000. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, Volume 11, Edinburgh.
- Kırimer, N., Başer, K.H.C., Demirci, B., Duman, 2004. Essential oils of *Sideritis* species of Turkey belonging to the section *Empedoclia*. *Chemistry of Natural Compounds*, Volume:40, No:1, pp. 19-23.
- Kırimer, N., Tabanca, N., Demirci, B., Başer, K.H.C., Duman, H., Aytaç, Z., 2001. The essential oil of a new *Sideritis* species: *Sideritis ozturkii* Aytaç and Aksoy. *Chemistry of Natural Compounds* 37, pp. 234-237.
- Kırimer, N., Tabanca, N., Özek, T., Tümen, G., Başer, K.H.C., 2000. Essential oils of annual *Sideritis* species growing in Turkey. *Pharmaceutical Biology*, Volume: 38, No:2. pp. 106-111.
- Kırimer, N., Tabanca, N., Tümen, Duman, H.G., Başer, K. H. C., 1999. Composition of Essential Oil of Four Endemic *Sideritis* Species from Turkey, *Flavour and Fragrance*, 14:421.
- Öztürk, Y., Aydın, S., Öztürk, N., Başer, K. H. C., 1996 Effects of extracts from certain *Sideritis* species on swimming performance in mice. *Phytotherapy Research* 10 pp. 70-73.
- Schulz, H., Özkan, G., Baranska, M., Krüger, H., Özcan, M., 2005. Characterisation of essential oil plants from Turkey. *Vibrational Spectroscopy*, Volume:39, pp. 249-256.
- Tunaher, Z., Öztürk, N., Koşar, M., Başer, K. H. C., Duman, H., Kırimer, N., 2002. Bazı *Sideritis* türlerinin antioksidan etki ve fenolik bileşikler yönünden incelenmesi 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, 29-31 May 2002, Eskişehir, Turkey.
- Yeşilada E., Ezer N., 1989. The antiinflammatory activities of some *Sideritis* spp. growing in Turkey. *International Journal of Crude Drug Reserarch* 27(11), pp. 38-40.

Orman mühendislerinin orman işlevlerine ve ormancılık faaliyetlerine verdikleri önem düzeylerinin değerlendirilmesi

İsmail Şafak^{a,*}, Altay Uğur Gül^b

^aEge Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Urla-İzmir

^bCelal Bayar Üniversitesi, Tütün Ekspertiği Yüksekokulu, Akhisar-Manisa

* İletişim yazarı/Corresponding author: isafak35@hotmail.com, Geliş tarihi/Received: 15.02.2012, Kabul tarihi/Accepted: 26.03.2012

Özet: Orman kaynaklarından, genel olarak odun hammaddesi üretmek amacıyla yararlanılmakla birlikte, ormanların ekonomik, ekolojik ve çevresel işlevlerinden de faydalanılır. Bu işlevler, orman işletmelerinin yürüttüğü ormancılık faaliyetleri ile toplumun yararlanmasına sunulmaktadır. Bu makalede, orman mühendislerinin, orman işlevlerine ve ormancılık faaliyetlerine ne kadar önem verdiği, her işlev ve faaliyet için zamanının yüzde kaçını harcadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Araştırma, Ege Bölgesi'ndeki, Denizli, İzmir ve Muğla Orman Bölge Müdürlükleri ile 25 orman işletme müdürlüğünde görev yapan 83 orman mühendisinin katılımı ile yürütülmüştür. Önem düzeylerinin belirlenmesinde, sözel değerlendirmeleri sayısal ifadelere çevirebilen Dokuz Dereceli Likert Ölçeği'nden yararlanılmıştır. Araştırma sonucunda, Ege Bölgesi'ndeki orman mühendisleri için en önemli üç orman işlevinin, yakacak ve yapacak odun üretimi, toprak erozyonu, sel ve heyelan olaylarını önleme ile istihdam sağlama olduğu, en önemli üç ormancılık faaliyetinin ise orman yangınlarını önleme ve mücadele, silvikültürel ve kadaströ-mülkiyet faaliyetleri olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Orman işlevleri, Ormancılık faaliyetleri, Orman işletme müdürlüğü, Ege Bölgesi, Ormancılık politikası

Evaluation of importance given to the functions of forests and forestry activities by forest engineers

Abstract: In Turkey forest resources were usually utilized for wood products. Besides wood production, there are other uses like employment, prevention of soil erosion, recreation, tourism, hunting and forage and grazing. The aim of the study was determination the importance levels of the forest functions and forestry activities and the time consumptions of each functions and activities. This study was executed 25 forest enterprises of Denizli, İzmir and Muğla regional forest directorates in the Aegean Region. 83 forest managers have evaluated the importance levels of forest functions and forestry activities in view of their responsibility areas. Nine point Likert scale were used for the determination of importance levels. As conclusion, three most important forest functions were timber wood and firewood production, erosion and flood prevention, and employment. Three most important forest activities were prevent and fight forest fires, silvicultural and cadastral-property.

Keywords: Forest function, Forestry activities, Forest enterprise, Aegean Region, Forestry policies

1. Giriş

2006 yılında çıkartılan "5531 Sayılı Orman Mühendisliği, Orman Endüstri Mühendisliği ve Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Hakkında Kanun" ile ormancılıkta yetki ve sorumluluk alanları belirlenmiştir. Bu kanunun 4. maddesinde orman mühendislerine yönelik 19 adet faaliyet konusu tanımlanmıştır.

Orman mühendislerinin çalışma alanını, temel olarak ormancılık faaliyetleri oluşturmaktadır. Ormancılık biyolojik, teknik, ekonomik, sosyal ve kültürel nitelikli çok yönlü bir faaliyet koludur (Yazıcı, 1990). Ormancılık faaliyetleri, genellikle yerleşim yerlerine uzakta, açık arazi şartlarına ve her türlü dış etkiye açık, yüksek enerji tüketimi gerektiren, iş güvenliği açısından yüksek kaza risklerini bünyesinde barındıran iş gruplarından sayılmaktadır (OGM, 2009). Nitekim ILO (International Labor Organization)'ya göre, ormancılıkta yapılan işler, ağır iş grubuna girmektedir (Acar ve Şentürk, 1999).

1937 yılından günümüze kadar, orman işletmeciliğinde önemli gelişmeler yaşanmış, ormancılık organizasyonu ve bununla ilgili mevzuat ülke ormanlarının tamamını

kapsayacak şekilde oluşturulmuştur. Böylece; Türkiye'de orman işletmeciliği, rutin ve kesintisiz olarak yürütülebilir duruma getirilmiş, ayrıca yaşanan deneyimlere dayalı bir bilgi birikimi elde edilmiştir. Bu birikim ile ormancılık organizasyonu yönetilmektedir (Geray, 1990).

Günümüzde, ormanların çeşitli ürün ve hizmetleri ürettiği kabul görmekte ve orman kaynakları planlaması odun hammaddesi yanında, diğer ürün ve hizmetleri de kapsamaktadır (Yılmaz, 2004). Orman işlevlerini, kendi aralarında, farklı biçimlerde kapsan ve hiyerarşi sırasına koymak veya farklı başlıklar altında toplamak mümkündür (Geray, 1998). Orman işlevleri, toplumun sosyal, kültürel, ekonomik özellikleri ile bölgenin ekolojik özelliklerine göre değişim gösterir (Şafak, 2009). Bu nedenle de orman işlevleri, Eraslan (1982); Özdönmez vd. (1998); Geray (1998); Asan (1999); Öztürk vd. (2003); Korkmaz (2006); Geray vd. (2007); İltar ve Ok (2007) gibi yazarlar tarafından farklı biçimlerde gruplandırılmaktadır.

Orman Genel Müdürlüğü (2006), orman işlevlerini Eraslan (1982)'nin orman işlevi sınıflandırması doğrultusunda 10 başlık altında toplamaktadır (Çizelge 1). Bu işlevler, ekonomik, ekolojik ve sosyal olmak üzere üç

ana fonksiyon içerisinde incelenmektedir. Türkiye'nin orman işlevlerine yönelik alansal dağılımı (Çizelge 1) incelendiğinde, en çok alanın ekolojik işlevler (% 49) ana grubuna tahsis edildiği görülmektedir. Alt işlevler bakımından ise en çok alan orman ürünleri üretimine (% 47,9) tahsis edilmiştir.

Ormanların bu işlevlerinin hangisinin önemli olacağı veya ilk önceliklerde yer alacağı, bölgeden bölgeye ve zamana bağlı olarak değişiklik gösterir. Nitekim işlevlerin önceliklerini belirlemek amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmıştır. İlgili ve çıkar gruplarının talep ve beklentileri doğrultusunda, Ulus Orman İşletme Müdürlüğü (Daşdemir ve Güngör, 2010), Mersin (Yılmaz vd., 2010) ile İzmir (Geray vd., 2007) ormanları için yapılan işlev öncelikleri sıralaması, bu araştırmalara örnek olarak verilebilir. İzmir için yapılan değerlendirmede çevresel işlevler birinci önceliği almıştır. Çevresel işlevleri sırasıyla, nitelikli ve bol su üretme işlevi, odun dışı bitkisel orman ürünleri işlevi, turizm işlevi, rekreasyon işlevi, odun hammaddesi üretimi işlevi ve ot ve yaprak faydalanması işlevi izlemiştir (Geray vd., 2007).

Pak ve Berber (2011) Eskişehir ilinde, orman işlevlerine yönelik bilinç düzeyini araştırmıştır. Buna göre, orman işlevlerine ilişkin bilinç düzeyinin ankete katılanların % 3,8'inin düşük, % 25,8'inin orta ve % 70,4'ünün yüksek olduğu belirlenmiştir. Bilinç düzeyi, cinsiyet, yaş, eğitim ve aylık gelir durumu gibi sosyo-ekonomik özelliklerine göre de farklılık göstermektedir.

Kuvan vd. (2007) tarafından orman işlevlerini değerlendirmek için orman bölge müdürlükleri kapsamında yapılan bir araştırmaya göre de, odun üretimi işlevinin gelecekte öneminin azalacağı, buna karşın odun dışı orman ürünleri üretiminin öneminin artacağı düşünülmekte, ayrıca sosyo-kültürel işlevler ile çevresel-ekolojik işlevlerin, bugünkünden çok daha önemli hale geleceği öngörülmektedir.

Şafak (2009)'da Ege Bölgesi orman işletme müdürlüklerinde görev yapan işletme müdürü, müdür yardımcısı (OİM yöneticileri) ve orman işletme şefleri açısından orman işlevlerinin 2008 yılındaki önem düzeyi ve her bir işlev için harcanan zaman yüzdeleri saptanmıştır. Buna göre, yakacak ve yapacak odun üretimi (7,7), toprak erozyonu, sel ve heyelan olaylarını önleme (6,1) ve istihdam sağlama (6,0) en önemli üç orman işlevi olarak ortaya çıkmıştır. En az önem verilen üç orman işlevi ise sırasıyla, balıkçılık (2,1), ot ve yaprak üretimi (2,7) ve kekik, defne

vb. odun dışı orman ürünü üretimi (3,7)'dir. Yine 2008 yılında, % 41,2 ile yakacak ve yapacak odun üretimi en fazla zaman harcanan orman işlevidir. Bu işlevi, % 11,3 ile istihdam sağlama, % 8,7 ile kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama işlevi izlemektedir. Balıkçılık (% 1,1), ot ve yaprak üretimi (% 2,4), su, hava, gürültü, atık vb. çevresel kirliliği önleme (% 3,6) işlevi ise en az zaman harcanan üç orman işlevidir.

Bu makalede ise orman bölge müdürlükleri de araştırma kapsamına alınarak, orman bölge müdürlüğü yöneticileri, orman işletme müdürlüğü yöneticileri, orman işletme şefleri ile diğer orman mühendisleri olmak üzere dört yönetim düzeyi oluşturulmuş ve bu yönetim düzeylerinde yer alan orman mühendislerinin hem orman işlevlerine, hem de ormancılık faaliyetlerine ne kadar önem verdiği ve ne kadar zaman harcadığı araştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Araştırma alanı olarak Ege Bölgesi'nde yer alan Denizli, İzmir ve Muğla Orman Bölge Müdürlükleri, bunlara bağlı orman işletme müdürlükleri, orman işletme şeflikleri ve bu birimlerde görevli orman mühendisleri seçilmiştir.

Mevcut literatürden yararlanarak, öncelikle Ege Bölgesi ormancılığı açısından önemli görülen 12 adet orman işlevi belirlenmiştir. Daha sonra, ormancılık faaliyetlerini belirlemek amacıyla, Şubat-Mart 2011 döneminde bölgedeki orman mühendisi, orman işletme şefi, orman işletme müdürü ve yardımcısı, şube müdürü ve orman bölge müdürü yardımcısı ile karşılıklı görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Böylece, Ege Bölgesi ormancılığı açısından önemli görülen 13 ormancılık faaliyeti belirlenmiştir.

Belirlenen bu orman işlevlerinin ve faaliyetlerinin önem düzeylerini belirlemek amacıyla Şekil 1'de sunulan dokuz dereceli Likert ölçeğinden yararlanılmıştır. Bu ölçekte; "1-Çok Az Önemli", "3- Az Önemli", "5-Orta Derecede Önemli", "7-Fazla Önemli" ve "9-Çok Fazla Önemli" olarak kabul edilmekte ve "2, 4, 6, 8 değerleri" de orta değerler olarak kullanılabilir.



Şekil 1. Dokuz dereceli likert ölçeği

Çizelge 1. Türkiye'nin orman işlevleri ve alansal dağılım (OGM, 2006; Güzence, 2007)

Ana İşlevler	Alt İşlevler	Alt İşlev Alanı		Ana İşlev Alanı	
		Hektar	%	Hektar	%
Ekonomik	Orman Ürünleri Üretimi	10.138.990,0	47,9	10.138.990,0	47,9
	Doğayı Koruma	4.251.039,4	20,1		
Ekolojik	Erozyon Önleme	2.429.897,7	11,5	10.381.841,7	49,0
	Hidrolojik	3.599.328,0	17,0		
	İklim Koruma	101.576,6	0,5		
	Estetik	364.354,0	1,7		
Sosyal	Ekoturizm ve Rekreasyon	117.521,8	0,6		
	Toplum Sağlığı	86.799,0	0,4	667.915,3	3,2
	Ulusal Savunma	75.963,5	0,4		
	Bilimsel	23.277,0	0,1		
Toplam Orman Alanı		21.188.747,0	100	21.188.747,0	100

Ege Bölgesi'nde yer alan Denizli, İzmir ve Muğla Orman Bölge Müdürlükleri'nde 26 adet orman işletme müdürlüğü bulunmaktadır. Veriler, Nisan-Mayıs (2011) aylarında, Tavas Orman İşletme Müdürlüğü dışındaki, 25 orman işletme müdürlüğünde görev yapan orman mühendislerinin görüşlerinden yararlanılarak toplanmıştır. Çalışmaya katılan personelin ünvanları ve orman bölge müdürlüklerine göre dağılımı Çizelge 2'de verilmiştir.

Ege Bölgesi bazında bu çalışmaya katılan 83 orman mühendisinin meslekteki çalışma süresi ortalaması 18,03 yıl, orman işletme müdürlüklerindeki toplam çalışma süresi ortalaması ise 16,85 yıldır.

Orman mühendislerinin yapmış olduğu değerlendirmeler doğrultusunda, önem puanları elde edilmiştir. Elde verilerin dağılım biçimi Kolmogrov-Smirnov testiyle, yönetim düzeyleri bazında elde edilen verilerin varyansı ise Levene testi ile değerlendirilmiştir.

Orman işlevlerine ve ormancılık faaliyetlerine verilen önem düzeyi ile harcanan zaman açısından, Çizelge 2'de belirtilen yönetim düzeyleri arasında istatistikî anlamda farklılığın bulunup bulunmadığı, normal dağılım gösteren ve eşit varyansa sahip olan veriler için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile normal dağılım göstermeyen veriler için ise Kruskal-Wallis H testi ile incelenmiştir. Farklılığın bulunması durumunda, hangi yönetim kademeleri arasında farklılığın bulunduğunu test etmek amacıyla Tukey HSD ve Mann-Whitney U testlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca, yönetim düzeylerinin orman işlevlerine ve ormancılık faaliyetlerine verdikleri önem düzeyi ile harcadıkları zaman

arasındaki ilişki Spearman korelasyon katsayısı ile test edilmiştir.

Orman mühendislerinin orman işlevlerine ve ormancılık faaliyetlerine verdiği önem puanlarının güvenilirliği, İç Tutarlılık Katsayısı (Cronbach Alfa Değeri) dikkate alınarak test edilmiştir. Buna göre iç tutarlılık katsayısı, 12 orman işlevine verilen önem düzeyi açısından 0,853, 13 ormancılık faaliyetlerine verilen önem düzeyi bakımından ise 0,890 olup sonuçlar istatistiki olarak güvenilirlerdir.

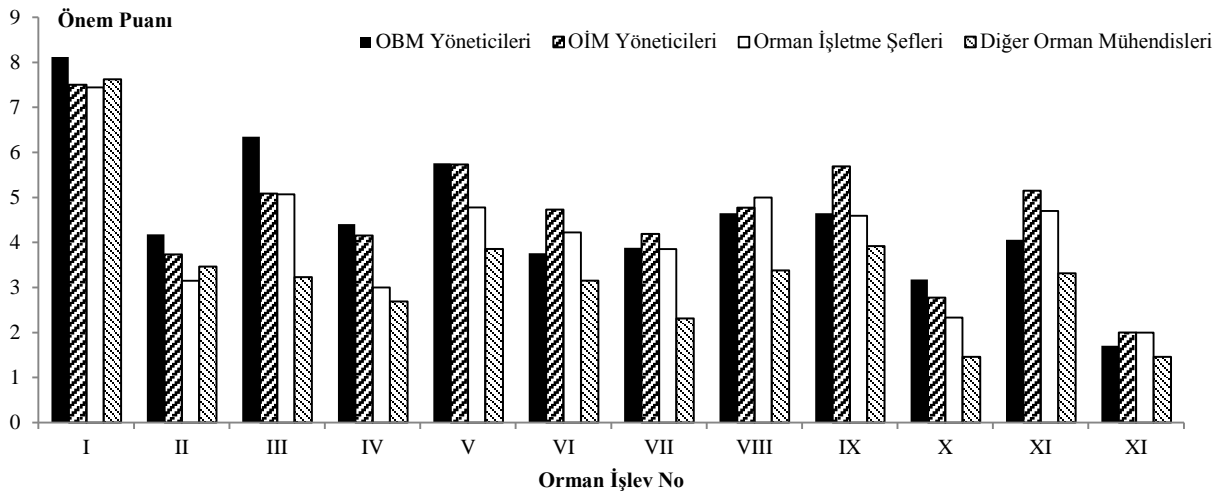
3. Bulgular

Ege Bölgesi'ndeki orman mühendislerinin 2011 yılında orman işlevlerine vermiş olduğu önem puanları Çizelge 3'de verilmiştir. Buna göre; orman mühendisleri, 2011 yılında, 7,63 ile yakacak ve yapacak odun üretimini (I) en önemli orman işlevi olarak belirlemiştir. Bunu, 5,13 puan ile toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme (V), 5,05 puan ile istihdam sağlama (III) işlevi izlemiştir. Bu üç işlev dışındaki diğer dokuz orman işlevi ise daha az önemli olarak değerlendirilmiştir. Balıkçılık (XII, 1,86), ot ve yaprak üretimi (X, 2,51) ile odun dışı orman ürünleri üretimi işlevi (II, 3,59) en az öneme sahip üç orman işlevi olarak ortaya çıkmıştır.

Yine; 2011 yılında, yönetim düzeylerine göre orman işlevlerine verilen önem puanlarının nasıl farklılık gösterdiği de, Çizelge 3'de ve Şekil 2'de görülmektedir. Buna göre;

Çizelge 2. Orman mühendislerinin ünvanlarına ve orman bölge müdürlüklerine göre dağılımı

Yönetim Düzeyi	Ünvanlar	Denizli OBM	İzmir OBM	Muğla OBM	Toplam
OBM Yöneticileri	Bölge Müdür Yard.	2	1	1	4
	Şube Müdürü	7	2	4	13
OİM Yöneticileri	İşletme Müdürü	2	7	10	19
	İşletme Müdür Yard.	3	2	2	7
Şef	Orman İşletme Şefi	5	16	6	27
Diğer Orman Mühendisleri	İşletme Mühendisi	3	0	6	9
	Şube Mühendisi	1	2	1	4
	Toplam	23	30	30	83



Şekil 2. Yönetim düzeylerine göre orman işlevlerine verilen önem düzeyi

- OBM yöneticileri yakacak ve yapacak odun üretimi (I, 8,12), istihdam sağlama (III, 6,35) ve toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme (V, 5,76) işlevine önem vermekte iken, diğer orman işlevlerini az önemli bulmaktadırlar.
- OİM yöneticileri yakacak ve yapacak odun üretimi (I, 7,50), toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme (III, 5,73), biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi (IX, 5,69), kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama (XI, 5,15) ve istihdam sağlama (III, 5,08) işlevine önem vermekte iken, diğer orman işlevlerini az önemli bulmaktadırlar.
- Orman işletme şefleri yakacak ve yapacak odun üretimi (I, 7,44), istihdam sağlama (III, 5,07) ve doğa turizmi, piknik, eğlenme, dinlenme vb. rekreasyon etkinlikleri (VIII, 5,00) işlevine önem vermekte iken, diğer orman işlevlerini az önemli bulmaktadırlar.
- Diğer orman mühendisleri ise sadece yakacak ve yapacak odun üretimi (I, 7,62) işlevine önem vermekte iken,

diğer orman işlevlerinin tamamını az önemli bulmaktadırlar.

Ege Bölgesi'ndeki orman mühendislerinin 2011 yılında orman işlevlerine harcadıkları zaman yüzdeleri, Çizelge 4'de görülmektedir. Buna göre; orman mühendisleri, 2011 yılında, % 49,22 ile yakacak ve yapacak odun üretimi (I) işlevi için en fazla zaman harcamıştır. Bunu, % 8,46 ile istihdam sağlama (III), % 8,40 ile kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama (XI) işlevi izlemiştir. Balıkçılık (XII, % 1,02), ot ve yaprak üretimi (X, % 1,50) ile av ve yaban hayatı sağlama (VII, % 2,78) işlevi ise en az zaman harcanan üç orman işlevi olarak ortaya çıkmıştır. Önem sıralamasında altıncı olan kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama (XI) işlevinin en fazla zaman harcanan üçüncü işlev olması ve önem sıralamasında onuncu olan odun dışı orman ürünü üretimi (II) işlevinin en fazla zaman harcanan beşinci işlev olması dikkat çekicidir. Yine; 2011 yılında orman işlevlerine harcanan zaman yüzdesinin yönetim düzeylerine göre nasıl değiştiği Çizelge 4 ve Şekil 3'de görülmektedir. Buna göre;

Çizelge 3. Orman mühendislerinin 2011 yılında Ege Bölgesi'ndeki orman işlevlerine verdiği önem düzeyi

Orman İşlevi No	Orman İşlevleri	Yönetim Düzeyleri				Genel Ortalama	Std. Sapma	Kolmogorov Smirnov Testi p	Levene Testi p
		OBM Yöneticileri	OİM Yöneticileri	Orman İşletme Şefleri	Diğer Orman Müh.				
I	Yakacak ve yapacak odun üretimi	8,12	7,50	7,44	7,62	7,63	1,79	0,000	0,029*
II	Kekik, defne vb. odun dışı orman ürünü üretimi	4,18	3,73	3,15	3,46	3,59	2,32	0,038	0,745
III	İstihdam sağlama	6,35	5,08	5,07	3,23	5,05	2,32	0,146*	0,753
IV	Bol, kaliteli ve sürekli su sağlama	4,41	4,15	3,00	2,69	3,60	2,44	0,031	0,110
V	Toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme	5,76	5,73	4,78	3,85	5,13	2,50	0,072*	0,275
VI	Su, hava, gürültü, atık vb. çevresel kirliliği önleme	3,76	4,73	4,22	3,15	4,12	2,67	0,009	0,779
VII	Av ve yaban hayatı sağlama	3,88	4,19	3,85	2,31	3,72	2,33	0,010	0,551
VIII	Doğa turizmi, piknik, eğlenme, dinlenme vb. rekreasyon etkinlikleri	4,65	4,77	5,00	3,38	4,60	2,53	0,042	0,607
IX	Biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi	4,65	5,69	4,59	3,92	4,84	2,53	0,211*	0,384
X	Ot ve yaprak üretimi	3,18	2,77	2,33	1,46	2,51	2,10	0,000	0,003*
XI	Kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama	4,06	5,15	4,70	3,31	4,49	2,43	0,129*	0,328
XII	Balıkçılık	1,71	2,00	2,00	1,46	1,86	1,45	0,000	0,243

Çizelge 4. Orman mühendislerinin 2011 yılında Ege Bölgesi'ndeki orman işlevlerine ayırdığı zaman düzeyi

Orman İşlevi No	Orman İşlevleri	Yönetim Düzeyleri				Genel Ortalama	Std. Sapma	Kolmogorov Smirnov Testi p	Levene Testi p
		OBM Yöneticileri	OİM Yöneticileri	Orman İşletme Şefleri	Diğer Orman Müh.				
I	Yakacak ve yapacak odun üretimi	8,12	7,50	7,44	7,62	49,22	19,94	0,055*	0,709
II	Kekik, defne vb. odun dışı orman ürünü üretimi	4,18	3,73	3,15	3,46	5,71	5,52	0,000	0,234
III	İstihdam sağlama	6,35	5,08	5,07	3,23	8,46	6,35	0,001	0,455
IV	Bol, kaliteli ve sürekli su sağlama	4,41	4,15	3,00	2,69	3,11	3,39	0,009	0,080
V	Toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme	5,76	5,73	4,78	3,85	6,51	5,23	0,001	0,418
VI	Su, hava, gürültü, atık vb. çevresel kirliliği önleme	3,76	4,73	4,22	3,15	3,75	3,88	0,001	0,885
VII	Av ve yaban hayatı sağlama	3,88	4,19	3,85	2,31	2,78	2,84	0,001	0,674
VIII	Doğa turizmi, piknik, eğlenme, dinlenme vb. rekreasyon etkinlikleri	4,65	4,77	5,00	3,38	5,28	4,44	0,001	0,152
IX	Biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi	4,65	5,69	4,59	3,92	4,27	5,68	0,000	0,004*
X	Ot ve yaprak üretimi	3,18	2,77	2,33	1,46	1,51	2,39	0,000	0,287
XI	Kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama	4,06	5,15	4,70	3,31	8,40	8,84	0,000	0,035*
XII	Balıkçılık	1,71	2,00	2,00	1,46	1,02	1,61	0,000	0,680

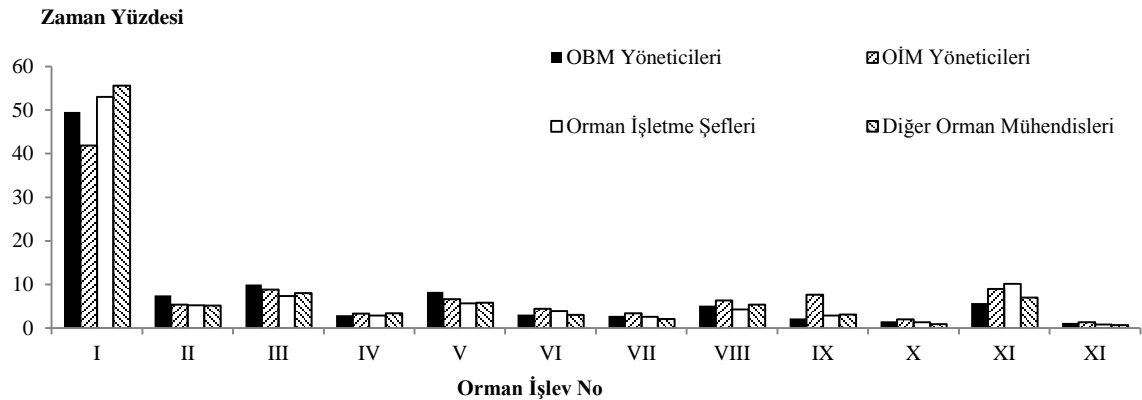
- OBM yöneticileri zamanının % 75,41'ini yakacak ve yapacak odun üretimi (I), istihdam sağlama (III), toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme (V) ve odun dışı orman ürünü üretimi (II) işlevine harcamakta, diğer sekiz orman işlevlerine ise zamanının % 24,59'sını ayırmaktadır.
- OİM yöneticileri zamanının % 73,85'ini yakacak ve yapacak odun üretimi (I), kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama (XI) istihdam sağlama (III), biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi (IX) ve toprak erozyonunu ve sel ve heyelan olaylarını önleme (V) işlevine harcamakta, diğer yedi orman işlevlerine ise zamanının % 26,15'ini ayırmaktadır.
- Orman işletme şefleri zamanının % 76,19'unu yakacak ve yapacak odun üretimi (I), kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama (XI) istihdam sağlama (III) ve toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme (V) işlevine harcamakta, diğer sekiz orman işlevlerine ise zamanının % 23,81'ini ayırmaktadır.
- Diğer orman mühendisleri ise zamanının % 76,39'unu yakacak ve yapacak odun üretimi (I), istihdam sağlama (III), kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama (XI) ve toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme (V) işlevine harcamakta, diğer sekiz orman işlevlerine ise zamanının % 23,61'ini ayırmaktadır.

Çizelge 3'de görüldüğü gibi, orman mühendislerinin orman işlevlerine verdikleri önem düzeylerine yönelik verilerin normal dağılıp dağılmadığı Kolmogrov-Smirnov testi ile incelenmiştir. Buna göre, istihdam sağlama (I),

toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme (V), biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi (IX) ve kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama (XI) işlevlerine yönelik verilerin normal dağılım gösterdiği, diğer orman işlevlerine yönelik verilerin ise normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Aynı kapsamda, orman işlevlerine ayrılan zaman bakımından ise sadece yakacak ve yapacak odun üretimi (I) işlevine yönelik verilerin normal dağılım gösterdiği Çizelge 4'den görülmektedir.

Çizelge 3'de görüldüğü gibi, orman işlevlerine verilen önem düzeyleri bakımından dört yönetim düzeyine yönelik verilerin varyansının eşit olup olmadığı Levene testi ile incelenmiştir. Buna göre, yakacak ve yapacak odun üretimi (I) ile ot ve yaprak üretimi (X) işlevine ait dört yönetim düzeyine yönelik verilerin varyansının eşit olmadığı, diğer orman işlevlerine yönelik verilerin varyansının ise eşit olduğu belirlenmiştir. Aynı kapsamda, orman işlevlerine ayrılan zaman bakımından biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi (IX) ve kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama (XI) işlevlerine yönelik verilerin varyansının eşit olmadığı, diğer orman işlevlerine yönelik verilerin varyansının ise eşit olduğu Çizelge 4'de görülmektedir.

Orman işlevlerine verilen önem düzeyinin ve ayrılan zaman yüzdesinin yönetim düzeylerine göre 0,05 anlamlılık düzeyinde farklılık gösterip göstermediği, normal dağılıma ve eşit varyansa sahip orman işlevleri için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile normal dağılıma sahip olmayan orman işlevleri için ise Kruskal Wallis H testi ile incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.



Şekil 3. Yönetim düzeylerine göre orman işlevlerine ayrılan zaman düzeyi

Çizelge 5. Yönetim düzeylerine göre orman işlevlerine verilen önem düzeyi ile ayrılan zaman yüzdesi açısından farklılık değerlendirmesi sonuçları

Orman İşlevi No	Orman İşlevleri	Önem Puanı Bakımından		Zaman Yüzdesi Bakımından	
		Yöntem	p	Yöntem	p
I	Yakacak ve yapacak odun üretimi	Kruskal	0,832	ANOVA	0,116
II	Kekik, defne vb. odun dışı orman ürünü üretimi	Kruskal	0,536	Kruskal	0,667
III	İstihdam sağlama	ANOVA	0,003*	Kruskal	0,819
IV	Bol, kaliteli ve sürekli su sağlama	Kruskal	0,074	Kruskal	0,501
V	Toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme	ANOVA	0,085	Kruskal	0,546
VI	Su, hava, gürültü, atık vb. çevresel kirliliği önleme	Kruskal	0,419	Kruskal	0,444
VII	Av ve yaban hayatı sağlama	Kruskal	0,069	Kruskal	0,442
VIII	Doğa turizmi, piknik, eğlenme, dinlenme vb. rekreasyon etkinlikleri	Kruskal	0,306	Kruskal	0,527
IX	Biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi	ANOVA	0,171	Kruskal	0,003*
X	Ot ve yaprak üretimi	Kruskal	0,232	Kruskal	0,540
XI	Kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama	ANOVA	0,121	Kruskal	0,613
XII	Balıkçılık	Kruskal	0,580	Kruskal	0,188

Kruskal: Kruskal-Wallis H Testi, ANOVA: Tek Yönlü Varyans Analizi

Çizelge 5’de yer alan ANOVA testi sonuçlarına göre, yönetim düzeyleri arasında orman işlevlerine verilen önem açısından sadece istihdam sağlama (III) işlevine verilen önem düzeyinde ($p=0,003$) anlamlı farklılık bulunmaktadır. Bu değişkene yönelik yönetim düzeyleri arasındaki farklılığı ortaya koyabilmek amacıyla Tukey HSD testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 5’de yer alan Kruskal Wallis H testi sonuçlarına göre, yönetim düzeyleri arasında orman işlevlerine ayrılan zaman yüzdesi açısından ise sadece biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi (IX) işlevine ayrılan zaman düzeyinde ($p=0,003$) anlamlı farklılık bulunmaktadır. Bu değişkene yönelik yönetim düzeyleri arasındaki farklılığı ortaya koyabilmek amacıyla Mann-Whitney U testi yapılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 6’da sunulmuştur.

Tukey HSD testi sonuçlarına göre, istihdam sağlama işlevine verilen önem bakımından sadece OBM yöneticileri ile diğer orman mühendisleri arasında ($p=0,001$) farklılık bulunmaktadır.

Mann-Whitney U testi sonuçlarına göre, biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi (IX) işlevine ayrılan zaman düzeyi bakımından OBM yöneticileri ile OİM yöneticileri arasında ($p=0,001$) önem düzeyinde, OİM yöneticileri ile orman işletme şefleri arasında ($p=0,003$) önem düzeyinde ve OİM yöneticileri ile diğer orman mühendisleri arasında ($p=0,019$) önem düzeyinde farklılık bulunmaktadır.

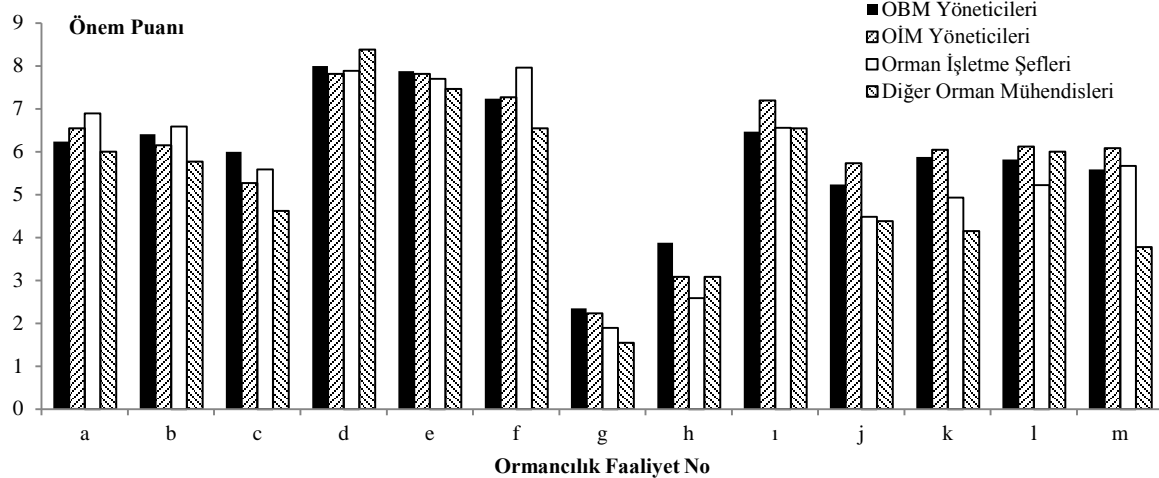
Ege Bölgesi’ndeki orman mühendislerinin 2011 yılında ormancılık faaliyetlerine vermiş olduğu önem puanları Şekil 4’de ve Çizelge 7’de verilmiştir. Buna göre, orman mühendisleri, 7,96 ile orman yangınlarını önleme ve

mücadele (d) en önemli faaliyet olarak belirlemiştir. Bunu, 7,73 puan ile silvikültürel faaliyetler (e), 7,37 puan ile kadastro-mülkiyet faaliyetleri (f) izlemiştir. Odun dışı orman ürünlerine yönelik üretim ve pazarlama faaliyetleri (h, 3,08) ile mera ıslahına yönelik faaliyetler (g, 2,04) en az önem verilen ormancılık faaliyetleri olarak ortaya çıkmıştır. Önem puanları değişmekle birlikte en çok önem verilen üç ormancılık faaliyeti ile en az önem verilen iki ormancılık faaliyeti yönetim düzeylerine göre değişmemiş, ancak diğer ormancılık faaliyetlerinin önem düzeyleri değişmiştir. Örneğin; orman kaynaklarının planlanması ve fonksiyonel ormancılık faaliyetleri (j), OBM yöneticileri ile OİM yöneticileri için orta derecede önemli iken, orman işletme şefleri ile diğer orman mühendisleri için az önemli bulunmuştur.

Ege Bölgesi’ndeki orman mühendislerinin 2011 yılında ormancılık faaliyetlerine harcadıkları zaman yüzdesi Şekil 5’de ve Çizelge 8’de verilmiştir. Buna göre; orman mühendisleri, % 18,71 ile orman yangınlarını önleme ve mücadele faaliyetine (d) en fazla zamanı ayırmıştır. Bunu, % 16,57 ile silvikültürel faaliyetler (e), % 12,34 ile kadastro-mülkiyet faaliyetleri (f) izlemiştir. Odun dışı orman ürünlerine yönelik üretim ve pazarlama faaliyetleri (h, % 1,94), mera ıslahına yönelik faaliyetler (g, % 0,86) ile orman kaynaklarının planlanması ve fonksiyonel ormancılık faaliyetleri (j, % 2,66) en az zaman ayrılan üç ormancılık faaliyeti olarak ortaya çıkmıştır. Buna göre; ormancılık faaliyetlerine verilen önem ve bu faaliyetlere ayrılan zaman arasında, en çok ve en az önem verilen üç ormancılık faaliyeti açısından benzerlik bulunmuştur.

Çizelge 6. Tukey HSD ve Mann-Whitney U testi sonuçları

Yönetim Düzeyleri	Yönetim Düzeyleri	Tukey HSD Testi	Mann-Whitney U Testi
I	J	p	p
OBM Yöneticileri	OİM Yöneticileri	0,238	0,001*
	Orman İşletme Şefi	0,230	0,561
	Diğer Orman Mühendisleri	0,001*	0,371
OİM Yöneticileri	Orman İşletme Şefi	1,000	0,003*
	Diğer Orman Müh.	0,065	0,019*
Orman İşletme Şefi	Diğer Orman Mühendisleri	0,063	0,825



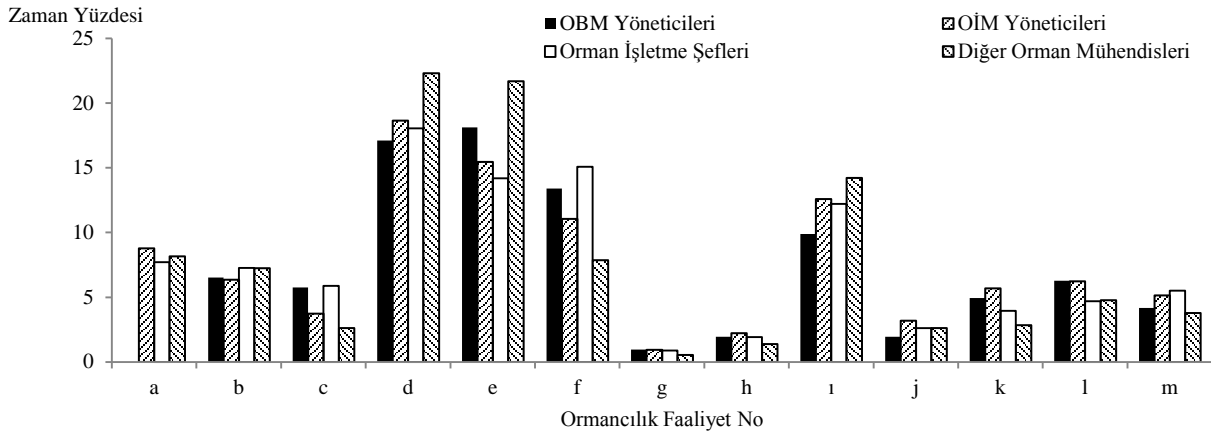
Şekil 4. Yönetim düzeylerine göre ormancılık faaliyetlerine verilen önem düzeyi

Çizelge 7. Orman mühendislerinin 2011 yılında Ege Bölgesi'ndeki ormancılık faaliyetlerine verdikleri önem düzeyi

Faaliyet No	Ormancılık Faaliyetleri	Yönetim Düzeyleri				Genel Ortalama	Std. Sapma	Kolmogorov Smirnov Testi p	Levene Testi p
		OBM Yöneticileri	OİM Yöneticileri	Orman İşletme Şefleri	Diğer Orman Müh.				
a	Ormanların korunması ve orman zararlıları ile mücadele	6,24	6,54	6,89	6,00	6,51	2,38	0,028	0,097
b	Orman suçlarını önleme	6,41	6,15	6,59	5,77	6,29	2,37	0,028	0,199
c	Orman suçu oluştuktan sonraki idari ve adli işlemler	6,00	5,27	5,59	4,62	5,42	2,43	0,092*	0,118
d	Orman yangınlarını önleme ve mücadele faaliyeti	8,00	7,81	7,89	8,38	7,96	1,66	0,000	0,653
e	Silvikültürel faaliyetler	7,88	7,81	7,70	7,46	7,73	1,47	0,001	0,843
f	Kadastro-mülkiyet faaliyetleri	7,24	7,27	7,96	6,54	7,37	2,04	0,001	0,072
g	Mera ıslahına yönelik faaliyetleri	2,35	2,23	1,89	1,54	2,04	1,71	0,000	0,105
h	ODOÜ'ye yönelik üretim ve pazarlama faaliyetleri	3,88	3,08	2,59	3,08	3,08	2,32	0,005	0,579
ı	Asli orman ürünleri üretim ve pazarlama faaliyetleri	6,47	7,19	6,56	6,54	6,73	2,35	0,001	0,348
j	Orman kaynaklarının planlanması ve fonksiyonel ormancılık faaliyetleri	5,24	5,73	4,48	4,38	5,01	2,68	0,048	0,340
k	Sosyal ve politik sorunlara yönelik halkla ilişkiler faaliyetleri	5,88	6,04	4,93	4,15	5,35	2,64	0,019	0,865
l	Makine ikmal, yol ve bina-inşaat işleri	5,82	6,12	5,22	6,00	5,75	2,28	0,010	0,684
m	Ormanların rehabilitasyonu için yapılan çalışmalar	5,59	6,08	5,67	3,77	5,48	2,65	0,025	0,983

Çizelge 8. Orman mühendislerinin 2011 yılında Ege Bölgesi'ndeki ormancılık faaliyetlerine ayırdıkları zaman yüzdesi

Faaliyet No	Ormancılık Faaliyetleri	Yönetim Düzeyleri				Genel Ortalama	Std. Sapma	Kolmogorov Smirnov Testi p	Levene Testi p
		OBM Yöneticileri	OİM Yöneticileri	Orman İşletme Şefleri	Diğer Orman Müh.				
a	Ormanların korunması ve orman zararlıları ile mücadele	8,94	8,77	7,70	8,15	8,36	5,86	0,001	0,435
b	Orman suçlarını önleme	6,53	6,35	7,26	7,23	6,82	5,19	0,000	0,919
c	Orman suçu oluştuktan sonraki idari ve adli işlemler	5,76	3,73	5,89	2,62	4,67	3,95	0,000	0,770
d	Orman yangınlarını önleme ve mücadele faaliyeti	17,12	18,65	18,04	22,31	18,71	11,28	0,005	0,326
e	Silvikültürel faaliyetler	18,12	15,46	14,19	21,69	16,57	10,63	0,009	0,022*
f	Kadastro-mülkiyet faaliyetleri	13,41	11,04	15,07	7,85	12,34	9,62	0,001	0,049*
g	Mera ıslahına yönelik faaliyetleri	0,95	0,93	0,89	0,54	0,86	1,22	0,000	0,943
h	ODOÜ'ye yönelik üretim ve pazarlama faaliyetleri	1,94	2,23	1,93	1,38	1,94	2,07	0,000	0,868
ı	Asli orman ürünleri üretim ve pazarlama faaliyetleri	9,88	12,58	12,22	14,22	12,17	10,15	0,000	0,085
j	Orman kaynaklarının planlanması ve fonksiyonel ormancılık faaliyetleri	1,94	3,19	2,63	2,62	2,66	2,93	0,001	0,402
k	Sosyal ve politik sorunlara yönelik halkla ilişkiler faaliyetleri	4,94	5,69	3,96	2,85	4,53	4,16	0,013	0,979
l	Makine ikmal, yol ve bina-inşaat işleri	6,29	6,23	4,70	4,77	5,52	3,88	0,001	0,326
m	Ormanların rehabilitasyonu için yapılan çalışmalar	4,18	5,15	5,52	3,77	4,86	4,37	0,007	0,591



Şekil 5. Yönetim düzeylerine göre ormancılık faaliyetlerine ayrılan zaman düzeyi

Çizelge 7’de görüldüğü gibi, orman mühendislerinin ormancılık faaliyetlerine verdikleri önem düzeylerine yönelik verilerin normal dağılıp dağılmadığı Kolmogrov-Smirnov testi ile incelenmiştir. Buna göre, sadece orman suçu oluşuktan sonraki idari ve adli işlemlere (c) yönelik verilerin normal dağılım gösterdiği diğer ormancılık faaliyetlerine yönelik verilerin ise normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Aynı kapsamda, ormancılık faaliyetlerine ayrılan zaman bakımından ise bütün verilerin normal dağılım göstermediği Çizelge 8’den görülmektedir.

Çizelge 7’de görüldüğü gibi, ormancılık faaliyetlerine verilen önem bakımından dört yönetim düzeyine yönelik verilerin varyansının eşit olup olmadığı Levene testi ile incelenmiştir. Buna göre, ormancılık faaliyetlerine ait dört yönetim düzeyine yönelik verilerin varyansının eşit olduğu belirlenmiştir. Aynı kapsamda, Çizelge 8’den ormancılık faaliyetlerine ayrılan zaman bakımından ise silvikültürel faaliyetler (e) ile kadastro-mülkiyet faaliyetlerine (f) yönelik verilerin varyansının eşit olmadığı, diğer ormancılık faaliyetlerine yönelik verilerin varyansının ise eşit olduğu görülmektedir.

Orman suçu oluşuktan sonraki idari ve adli işlemlere (c) verilen önem açısından elde edilen verilerin normal dağılım göstermesi ve varyansının eşit olması nedeniyle, yönetim düzeyleri arasında 0,05 anlamlılık düzeyindeki farklılık tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir. Buna göre, p değeri 0,459 olarak elde edilmiş olup, dört yönetim düzeyinin orman suçu oluşuktan sonraki idari ve adli işlemlere (c) verdiği önem açısından anlamlı fark bulunmamıştır.

Diğer taraftan Çizelge 7 ve Çizelge 8’de yer alan ve normal dağılıma sahip olmayan ormancılık faaliyetlerinin yönetim düzeyleri arasında 0,05 anlamlılık düzeyindeki farklılık Kruskal Wallis H testi ile değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 9’da verilmiştir. Çizelge 9’da görüldüğü gibi, yönetim düzeyleri arasında ormancılık faaliyetlerine verilen önem düzeyi açısından anlamlı farklılık bulunmamaktadır. Buna karşılık, yönetim düzeyleri arasında ormancılık faaliyetlerine ayrılan zaman yüzdesi açısından ise sadece orman suçu oluşuktan sonraki idari ve adli işlemlere (c) ayrılan zaman düzeyinde ($p=0,013$) anlamlı farklılık bulunmaktadır. Bu faaliyete yönelik yönetim düzeyleri arasındaki farklılığı ortaya koyabilmek amacıyla Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 10’da sunulmuştur.

Çizelge 10’da yer alan Mann-Whitney U testi sonuçlarına göre, orman suçu oluşuktan sonraki idari ve adli işlemlere (c) ayrılan zaman düzeyi bakımından OBM yöneticileri ile diğer orman mühendisleri ($p=0,023$) arasında, OİM yöneticileri ile orman işletme şefleri ($p=0,033$) arasında ve orman işletme şefleri ile diğer orman mühendisleri ($p=0,005$) arasında farklılık bulunmaktadır.

Orman işlevlerine verilen önem düzeyi ile ayrılan zaman arasındaki ilişki, parametrik olmayan bir istatistik ölçüsü olan ve iki değişken arasındaki ilişkiyi açıklayan Spearman’ın sıralama korelasyon katsayısı ile incelenmiştir. Buna göre;

- OBM yöneticilerinin istihdam sağlama (III, 0,590), bol, kaliteli ve sürekli su sağlama (IV, 0,528), biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi (IX, 0,545) ve ot ve yaprak üretimi (X, 0,535) işlevine verdikleri önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,05 anlam düzeyinde ilişki bulunmuştur.

- OİM yöneticilerinin kekik, defne vb. odun dışı orman ürünü üretimi (II, 0,521), istihdam sağlama (III, 0,514), av ve yaban hayatı sağlama (VII, 0,548), ot ve yaprak üretimi (X, 0,557), kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama (XI, 0,545) ve balıkçılık (XII, 0,608) işlevine verdikleri önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,01 anlam düzeyinde, su, hava, gürültü, atık vb. çevresel kirliliği önleme (VI, 0,424) ve doğa turizmi, piknik, eğlenme, dinlenme vb. rekreasyon etkinlikleri (VIII, 0,486) işlevine verdikleri önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,05 anlam düzeyinde ilişki bulunmuştur.

- Orman işletme şeflerinin kekik, defne vb. odun dışı orman ürünü üretimi (II, 0,509), istihdam sağlama (III, 0,575), bol, kaliteli ve sürekli su sağlama (IV, 0,515), toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme (V, 0,536), doğa turizmi, piknik, eğlenme, dinlenme vb. rekreasyon etkinlikleri (VIII, 0,560) ve kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama (XI, 0,830) işlevine verdikleri önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,01 anlam düzeyinde, biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi (IX, 0,403) ve balıkçılık (XII, 0,420) işlevine verdikleri önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,05 anlam düzeyinde ilişki bulunmuştur.

- Diğer orman mühendislerinin av ve yaban hayatı sağlama (VII, 0,788) işlevine verdiği önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,01 anlam düzeyinde, kekik, defne vb. odun dışı orman ürünü üretimi (II, 0,682),

bol, kaliteli ve sürekli su sağlama (IV, 0,664), toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme (V, 0,682), doğa turizmi, piknik, eğlenme, dinlenme vb. rekreasyon etkinlikleri (VIII, 0,672), kum, taş, çakıl, maden vb. ürünleri sağlama (XI, 0,591) ve balıkçılık (XII, 0,631) işlevine verdikleri önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,05 anlam düzeyinde ilişki bulunmuştur.

Benzer şekilde, ormancılık faaliyetlerine verilen önem düzeyi ile ayrılan zaman arasında bir ilişki de Spearman'ın sıralama korelasyon katsayısı ile incelenmiştir. Buna göre;

- OBM yöneticilerinin orman yangınlarını önleme ve mücadele faaliyetlerine (d, 0,537), sosyal ve politik sorunlara yönelik halkla ilişkiler faaliyetlerine verdikleri önem düzeyi (k, 0,499) ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,05 anlam düzeyinde ilişki bulunmuştur.
- OİM yöneticilerinin orman suçlarını önleme (b, 0,505), orman suçu oluştuktan sonraki idari ve adli işlemler (c, 0,629), mera ıslahına yönelik faaliyetleri (g, 0,558), odun dışı orman ürünlerine yönelik üretim ve pazarlama faaliyetleri (h, 0,777), orman kaynaklarının planlanması ve fonksiyonel ormancılık faaliyetleri (j, 0,677), sosyal ve politik sorunlara yönelik halkla ilişkiler faaliyetleri (k, 0,542), makine ikmal, yol ve bina-inşaat işleri (l, 0,557), ormanların rehabilitasyonu için yapılan çalışmalara (m, 0,703) verdikleri önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi

arasında 0,01 anlam düzeyinde ilişki bulunmuştur.

- Orman işletme şeflerinin orman suçlarını önleme (b, 0,507), kadastro-mülkiyet faaliyetleri (f, 0,646), odun dışı orman ürünlerine yönelik üretim ve pazarlama faaliyetleri (h, 0,539), sosyal ve politik sorunlara yönelik halkla ilişkiler faaliyetleri (k, 0,496) ve ormanların rehabilitasyonu için yapılan çalışmalara (m, 0,653) verdikleri önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,01 anlam düzeyinde, ormanların korunması ve orman zararlıları ile mücadele faaliyetine (a, 0,460) verdiği önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,05 anlam düzeyinde ilişki bulunmuştur.

- Diğer orman mühendislerinin ormanların korunması ve orman zararlıları ile mücadele (a, 0,692), orman suçlarını önleme (b, 0,823), orman yangınlarını önleme ve mücadele faaliyetlerine (d, 0,710) verdikleri önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,01 anlam düzeyinde, orman suçu oluştuktan sonraki idari ve adli işlemler (c, 0,617), silvikültürel faaliyetler (e, 0,628), odun dışı orman ürünlerine yönelik üretim ve pazarlama faaliyetleri (h, 0,584) ile orman kaynaklarının planlanması ve fonksiyonel ormancılık faaliyetlerine (j, 0,645) verdikleri önem düzeyi ile ayırdıkları zaman yüzdesi arasında 0,05 anlam düzeyinde ilişki bulunmuştur.

Çizelge 9. Yönetim düzeylerine göre ormancılık faaliyetlerine verilen önem düzeyi ile ayrılan zaman yüzdesi için Kruskal Wallis H testi sonuçları

Faaliyet No	Ormancılık Faaliyetleri	Önem Puanı		Zaman Yüzdesi	
		Yöntem	p	Yöntem	p
a	Ormanların korunması ve orman zararlıları ile mücadele	Kruskal	0,745	Kruskal	0,806
b	Orman suçlarını önleme	Kruskal	0,759	Kruskal	0,877
c	Orman suçu oluştuktan sonraki idari ve adli işlemler	ANOVA	0,459	Kruskal	0,013*
d	Orman yangınlarını önleme ve mücadele faaliyeti	Kruskal	0,699	Kruskal	0,526
e	Silvikültürel faaliyetler	Kruskal	0,917	Kruskal	0,324
f	Kadaastro-mülkiyet faaliyetleri	Kruskal	0,255	Kruskal	0,225
g	Mera ıslahına yönelik faaliyetleri	Kruskal	0,703	Kruskal	0,751
h	ODOU'ye yönelik üretim ve pazarlama faaliyetleri	Kruskal	0,361	Kruskal	0,425
ı	Asli orman ürünleri üretim ve pazarlama faaliyetleri	Kruskal	0,643	Kruskal	0,547
j	Orman kaynaklarının planlanması ve fonksiyonel ormancılık faaliyetleri	Kruskal	0,294	Kruskal	0,565
k	Sosyal ve politik sorunlara yönelik halkla ilişkiler faaliyetleri	Kruskal	0,142	Kruskal	0,066
l	Makine ikmal, yol ve bina-inşaat işleri	Kruskal	0,562	Kruskal	0,210
m	Ormanların rehabilitasyonu için yapılan çalışmalara	Kruskal	0,091	Kruskal	0,426

Kruskal: Kruskal-Wallis H Testi, ANOVA: Tek Yönlü Varyans Analizi

Çizelge 10. Orman suçu oluştuktan sonraki idari ve adli işlemlere ayrılan zaman yüzdesinin yönetim düzeylerine göre farklılaşmasına yönelik Mann-Whitney U testi sonuçları

Yönetim Düzeyleri (I)	Yönetim Düzeyleri (J)	p
OBM Yöneticileri	OİM Yöneticileri	0,159
	Orman İşletme Şefi	0,573
	Diğer Orman Mühendisleri	0,023*
OİM Yöneticileri	Orman İşletme Şefi	0,033*
	Diğer Orman Müh.	0,141
Orman İşletme Şefi	Diğer Orman Mühendisleri	0,005*

4. Tartışma ve sonuç

Ege Bölgesi'ndeki orman mühendisleri, 12 orman işlevi içerisinde yakacak ve yapacak odun üretimi (I) işlevine en fazla önemi vermekte ve zamanlarının büyük çoğunluğunu bu işleve ayırmaktadır. Orman işlevlerine verilen önem düzeyi bakımından yakacak ve yapacak odun üretimi işlevini (I), toprak erozyonu, sel ve heyelan olaylarını önleme (V) ile istihdam sağlama (III) işlevi izlemektedir. Orman işlevlerine en çok ayrılan zaman yüzdesi bakımından istihdam sağlama (III) işlevi ikinci sırada, toprak erozyonunu, sel ve heyelan olaylarını önleme (V) işlevi dördüncü sırada yer almaktadır. Kum, taş, çakıl, maden vb ürünleri sağlama (XI) işlevine düşük önem verilmele

birlikte en fazla zaman ayrılan ikinci orman işlevidir. Balıkçılık (XII) ile ot ve yaprak üretimi (X) işlevleri ise en az önem verilen ve en az zaman ayrılan orman işlevleridir.

Ege Bölgesi'ndeki OİM yöneticileri ve orman işletme şefleri, 2008 yılında da 12 orman işlevi içerisinde yakacak ve yapacak odun üretimi (I) işlevine en fazla önemi vermiş ve zamanlarının büyük çoğunluğunu bu işleve ayırmışlardır (Şafak, 2009). OİM yöneticilerinin bu orman işlevine 2008 ve 2011 yıllarında vermiş olduğu önem düzeyi (7,50) değişmemiştir. Buna karşılık, orman işletme şeflerinin yakacak ve yapacak odun üretimi (I) işlevine 2008 yılında vermiş olduğu önem düzeyi (7,80), 2011 yılında (7,44) 0,36 puan düşmüştür.

OİM yöneticilerinin 2008 yılında istihdam sağlama (III) işlevi için vermiş olduğu önem düzeyi (6,10), 2011 yılında (5,08) 1,02 puan düşmüştür. Ancak, OİM yöneticilerinin yakacak ve yapacak odun üretimi (I) ve istihdam sağlama (III) işlevi dışındaki diğer 10 orman işlevi için 2008 yılında vermiş olduğu önem düzeyleri, 2011 yılında 0,05 puan ile 0,067 puan arasında yükselmiştir. Orman işletme şeflerinin 2008 yılında kum, taş, çakıl, maden vb ürünleri sağlama (XI) işlevine vermiş olduğu önem düzeyi (4,30), 2011 yılında (4,70) 0,4 puan yükselmiştir. Buna karşılık, orman işletme şeflerinin kum, taş, çakıl, maden vb ürünleri sağlama (XI) işlevi dışındaki diğer 11 orman işlevi için 2008 yılında vermiş olduğu önem düzeyleri, 2011 yılında 0,1 puan ile 1,9 puan arasında düşmüştür. Orman işlevlerine verilen önem düzeyleri 2008 ve 2011 yıllarında bir miktar farklı olmakla birlikte, OİM yöneticileri ile orman işletme şeflerinin en çok ve en az önem verdiği orman işlevleri değişmemiştir.

2011 yılında, yakacak ve yapacak odun üretimi (I), toprak erozyonu, sel ve heyelan olaylarını önleme (V) ile istihdam sağlama (III) işlevi dışındaki diğer 9 orman işlevine 83 orman mühendisinin vermiş olduğu ortalama önem puanı 5,00'in altındadır. Diğer bir ifadeyle, bazı yönetim düzeylerinde değişimle birlikte, orman mühendisleri bu üç orman işlevi dışındaki işlevlere önem vermemetedirler.

Ege Bölgesi'ndeki orman mühendisleri, 13 ormancılık faaliyeti içerisinde orman yangınlarını önleme ve mücadele faaliyetine (d) en fazla önemi vermekte ve en fazla zaman ayırmaktadır. Bu faaliyeti, silvikültürel faaliyetler(e) ile kadaströ-mülkiyet faaliyetleri (f) izlemektedir. Odun dışı orman ürünlerine yönelik üretim ve pazarlama faaliyetleri (h) ile mera islahına yönelik faaliyetler (g) ise en az önem verilen ormancılık faaliyetleridir.

Odun dışı orman ürünü üretiminin (h) orman mühendislerinin en az önem verdiği ilk üç orman işlevi ve faaliyeti arasında bulunması ise dikkat çekici başka bir sonuçtur. Geray ve Şafak (2007)'de "Orman Genel Müdürlüğü (OGM)'nün odun dışı orman ürünlerini merkezden yönetmesi, bu ürünlere yeterince önem vermemesi ve bu ürünlere yönelik tarife bedelini düşük tutması" bu sonucun başlıca nedeni olarak ifade edilmektedir.

Şafak (2009)'da belirtildiği gibi, son yıllarda, özellikle Ege Bölgesi'nde iklim değişikliği, susuzluk ve kuraklık sorununa toplum ve bilim adamları oldukça önem vermekte, ormanları bol, kaliteli ve sürekli su üretiminin ana kaynağı olarak görmektedirler. Ancak; Ege Bölgesi'ndeki orman mühendisleri, bol, kaliteli ve sürekli su sağlama (IV) işlevine az önem vermekte ve az zaman ayırmaktadırlar. Oysa Geray (2007)'de de ifade edildiği gibi, ormancılık

faaliyetleri, suyun nitelik ve miktar olarak azaltılıp, arttırılmasında oldukça etkilidir. Bu nedenle de, orman mühendisleri, bölgelerinde oluşturmaya çalıştığı orman yapısıyla, esasen bol, kaliteli ve sürekli su sağlama işlevine destek olmalıdırlar.

ANOVA testi sonuçlarına göre, yönetim düzeyleri arasında orman işlevlerine verilen önem açısından sadece istihdam sağlama (III) işlevine verilen önem düzeyinde ($p=0,003$) anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu farklılığın nedeni Tukey HSD testi ile araştırılmış ve farklılığın OBM yöneticileri ile diğer orman mühendisleri ($p=0,001$) arasında olduğu belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, OBM yöneticilerinin aksine, diğer orman mühendisleri, istihdam sağlama (III) işlevine daha az önem vermektedirler. OBM yöneticileri, görev sorumlulukları açısından istihdam sağlama (III) işlevine önem vermek, ülkenin kırsal kalkınma ve istihdam stratejilerini destekleyecek biçimde karar almak durumundadırlar. Türker vd. (2002)'nin ifade ettiği gibi, orman kaynakları yöneticileri, ormancılığı, uzun yıllar sadece odun üreten ve kırsal kesim için istihdam sağlayan bir kaynak olarak görmüşlerdir. Bu makalede elde edilen verilere göre de bu iki görüşün halen devam ettiği görülmektedir.

Kruskal Wallis H testi sonuçlarına göre, yönetim düzeyleri arasında orman işlevlerine ayrılan zaman yüzdesi açısından ise sadece biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi (IX) işlevine ayrılan zaman düzeyinde ($p=0,003$) anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu durum, OİM yöneticilerinin, diğer yönetim birimlerinin aksine, görevleri yürütürken biyolojik çeşitliliğin korunması ve geliştirilmesi (IX) işlevine daha fazla zaman ayırmaya çalıştıklarının bir göstergesi olarak açıklanabilir.

Kruskal Wallis H testi sonuçlarına göre, yönetim düzeyleri arasında ormancılık faaliyetlerine verilen önem düzeyi açısından anlamlı farklılık bulunmamaktadır. Buna karşılık, yönetim düzeyleri arasında ormancılık faaliyetlerine ayrılan zaman yüzdesi açısından ise sadece orman suçu oluştuktan sonraki idari ve adli işlemlere (c) ayrılan zaman düzeyinde ($p=0,013$) anlamlı farklılık bulunmaktadır. Mann-Whitney U testi sonuçlarına göre, bu durum OBM yöneticileri ile orman işletme şeflerinin, OİM yöneticileri ile diğer orman mühendislerinin aksine, görevleri yürütürken orman suçu oluştuktan sonraki idari ve adli işlemlere (c) daha fazla zaman ayırdıklarının bir göstergesidir. Nitekim dava sürecini takip etmek orman işletme şeflerinin asli görevleri arasında bulunmaktadır. OBM yöneticileri, dava sürecinde ilgi gruplarının baskısı ile karşı karşıya kalmaları nedeniyle, bu faaliyete daha fazla zaman ayırmak durumunda olabilirler.

Bu sonuçlar, genel olarak değerlendirildiğinde, farklılık arz eden işlev veya faaliyetlerin, diğer orman mühendislerinin görev ve sorumluluk alanı içine girmemesi ile açıklanabilir.

Yönetim düzeylerine göre orman işlevlerine ve ormancılık faaliyetlerine verilen önem düzeyi ile ayrılan zaman arasındaki ilişkinin düzeyi Spearman korelasyon analizi ile incelenmiştir. Buna göre, her bir yönetim düzeyinde farklı olmakla birlikte, OİM yöneticileri, orman işletme şefleri ve diğer orman mühendisleri açısından bazı orman işlevlerine verilen önem ve ayrılan zaman arasında pozitif yönde ilişki bulunmuştur. Ancak; OİM yöneticileri, orman işletme şefleri ve diğer orman mühendislerinin yakacak ve yapacak odun üretimi (I) işlevine verdiği önem ve ayırdığı zaman arasında ilişki bulunmamıştır. Ayrıca;

OİM yöneticileri, orman işletme şefleri ve diğer orman mühendisleri açısından bazı ormancılık faaliyetlerine verilen önem ve ayrılan zaman arasında da pozitif yönde ilişki bulunmuştur.

Sonuç olarak, orman işlevlerine ve faaliyetlerine verilen önem ve bunlara ayrılan zaman düzeyi, esasen OGM'nin Ege Bölgesi'ndeki taşra teşkilatının (bölge müdürlüğü, işletme müdürlüğü, işletme şefliği) öncelikli amaçlarını da sıraya koymaktadır. Buna göre; günümüzde en önemli amaç, yapacak ve yakacak odun hammaddesi üretimi (I) olup, diğer amaçların önceliği hiyerarşik düzeye göre değişmektedir. Balıkçılık (XII), ot ve yaprak üretimi (X) ile odun dışı orman ürünleri üretimi (II) ise en az önem verilen ve en az zaman ayrılan amaçlar arasındadır.

Kaynaklar

- Acar, H., H., Şentürk, N., 1999. Artvin Yöresindeki Orman İşçilerinde İşçi Sağlığı Üzerine Bir Araştırma. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri:A, Cilt. 49, Sayı:1, s:25-39.
- Asan, Ü., 1999. Orman Fonksiyonlarının Haritalanması ve İşletme Sınıfı Ayırımı, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, Cilt: 49, İstanbul, s:19-29.
- Daşdemir, İ., Güngör, E., 2010. Çok Kriterli ve Katılımcı Yaklaşımla Orman Kaynaklarının İşlevsel Önceliklerinin Belirlenmesi: Ulus Devlet Orman İşletmesi Örneği. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Cilt: 12, Sayı: 17, 11-25.
- Eraslan, İ., 1982. Orman Amenajmanı Ders Kitabı. İstanbul, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 318, İstanbul, 582s.
- Geray, A., U., 1990. Prof. Dr. İlhan Gülen ile Söyleşi: Ormancılıkta Ekonominin Yeri. Orman Mühendisliği Dergisi, Sayı: 9, s: 14-17.
- Geray, A., U., 1998. Orman Kaynaklarının Yönetimi, Devlet Planlama Teşkilatı Yayını, Ulusal Çevre Eylem Planı, Ankara, 115s.
- Geray, A., U., 2007. Temiz Tatlı Su Nereden Geliyor? TMMOB İKK İstanbul, Ölçü Dergisi, Haziran 2007, s.71-76, İstanbul.
- Geray, U., Şafak, İ. 2007. Ege Bölgesi Odun Dışı Bitkisel Orman Ürünleri Yönetimindeki Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Ormancılık Eğitiminin 150. Yılında Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler Sempozyumu (17-19 Ekim 2007), İstanbul, s:467-482.
- Geray, U., Şafak, İ., Yılmaz E., Kiracıoğlu, Ö., Başar, H. 2007. İzmir İlinde Orman Kaynaklarına İlişkin İşlev Önceliklerinin Belirlenmesi, Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayın No:46, Teknik Bülten No:35, İzmir, 137s.
- Güzenge, E., 2007. Orman Fonksiyonları ve İşletme Amacının Saptanmasında Karşılaşılan Darboğazlar ve Çözüm Önerileri. Ormancılık Eğitiminin 150. Yılında Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler Sempozyumu (17-19 Ekim 2007), İstanbul, s:857-867.
- İlter, E., Ok, K. 2007. Ormancılık ve Orman Endüstrisinde Pazarlama İlkeleri ve Yönetimi (Genişletilmiş 2. Baskı), Form Ofset Matbaacılık, Ankara, 476s.
- Korkmaz, M. 2006. Orman İşletmelerinde Üretim Planlarının Optimizasyon Olanakları ve Bir Uygulama. SDÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 201s.
- Kuvan, Y., Akgün, B., Erol, S., Y., Yıldırım, H., T. 2007. Türkiye'de Ormancılık Politikası Süreci ve Ormancılık Örgütü (Orman Bölge Müdürlükleri Örneği). Ormancılık Eğitiminin 150. Yılında Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler Sempozyumu (17-19 Ekim 2007), İstanbul, s:578-590.
- OGM, 2006. Orman Varlığımız, Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara, 160s.
- OGM, 2009, Orman Genel Müdürlüğü 2010-2014 Stratejik Plan, Ankara, 124s.
- Özdönmez, M., Akesen, A., Ekizoğlu, A. 1998. Ormancılık Yönetim Bilgisi. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 457, İstanbul, 357s.
- Öztürk, A., Türker, M.,F., Karagöl, N. 2003. Türkiye Orman Kaynakları Yönetiminde Katılımcılık, Türkiye Ormancılar Derneği II. Ulusal Ormancılık Kongresi, Ankara, s:344-359.
- Pak, M., Berber, H. 2011. Orman Kaynaklarının İşlevlerine İlişkin Toplumsal Biliş Düzeyinin İncelenmesi: Eskişehir İli Örneği. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12 (2), s:161-171.
- Şafak, İ. 2009. Orman Mühendisleri Açısından Ege Bölgesi'ndeki Önemli Orman İşlevleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 1. Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı 2009, Özel Sayı, ISSN:1302-0943, Cilt:II, s:626-632.
- Türker M F, Öztürk A, Pak M, Durusoy İ (2002) Orman Kaynağından Geleneksel ve Çağdaş Yararlanma Şekilleri: Dünya, Ülkemiz ve Bölgemizdeki Durum. Kırsal Çevre Yıllığı 2002, Ankara
- Yazıcı, K. 1990. Türkiye'de Orman Mühendislerinin İşlendirilmesi. Orman Mühendisliği Dergisi, Sayı: 12, s: 43-45.
- Yılmaz, E. Keleş, H., Koçak, Z. 2010. Mersin İlinde Orman Kaynaklarına İlişkin İşlev Önceliklerinin Belirlenmesi. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten no:35, 260s
- Yılmaz, E., 2004. Orman Kaynaklarının İşlevsel Planlaması, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayın No: 32, Teknik Bülten No:23, Tarsus, 130s.

Sandalye çerçevelerinin sonlu elemanlar analizi

Tuğba Yılmaz^{a,*}, Ergün Güntekin^a

^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta

* İletişim yazarı/Corresponding author: eguntekin@orman.sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 23.12.2011, Kabul tarihi/Accepted: 29.03.2012

Özet: Bu çalışmada, farklı ara kayıt konumlarına göre üretilmiş sandalye çerçevelerinin sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Ağaç malzeme olarak Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odunu kullanılmıştır. Sandalyelerde elemanlar metal çektiçmeler ve silindir somun kullanılarak birleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında sandalye üretiminde kullanılacak ahşap malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Laboratuvar şartlarında belirlenen mekanik özellikler kullanılarak Doğu kayını için emniyet gerilmeleri hesaplanmıştır. Kritik oturma pozisyonunda ve ara kayıt elemanının yeri değiştirildiğinde sandalye elemanlarına etki eden uç kuvvetler ve momentler bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak sandalye elemanlarının minimum enine kesitleri elde edilmiştir. Sandalye çerçevelerinin yapısal analizi bir sonlu elemanlar yazılımı olan COSMOSWorks programında yapılmış ve deneylerden elde edilen veriler programdan elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. Oluşturulan sonlu elemanlar modellerinin gerçek davranışa yakın değerler verdiği ortaya koyulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre, gerilme ve deformasyonların en fazla ara kayıtsız modellerde meydana geldiği ortaya çıkmıştır. Çalışmada ara kayıt kullanımının çerçevelerde oluşan gerilmeleri, deformasyonları ve malzeme kullanımını azalttığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sonlu elemanlar metodu, Sandalye çerçevesi, Kayın

Finite element modeling of chair frames

Abstract: In this study, chair frames with various stretcher positions were investigated using finite elements analysis. Beech (*Fagus orientalis* L.) wood has been used as study material. Chair frames are produced using bolts and cross dowels. First, some physical and mechanical properties of the wood materials used in the study have been evaluated. Using mechanical properties found in laboratory conditions, allowable stress values have been calculated. End forces and moments have been found for both the critical sitting position and when the stretcher position is changed. Minimum cross section of the chair elements has been calculated using these values. Structural analysis of the chair frames was conducted using COSMOSWorks software which is a 3D finite element program. Results which are obtained by finite element program and experiments were compared. The generated finite element models have revealed values close to the actual behavior of the chair frames. The highest stresses and deformations resulted in the models which has no stretcher. Use of stretchers will reduce stresses and deformations of the chair frames under load, thus they may reduce material consumption in manufacturing.

Keywords: Finite element method, Chair frame, Beech wood

1. Giriş

Mobilya tasarımı ve yapımı uygulamalı bir sanat olduğu için estetik, fonksiyonel ve moda özelliklerinin yanında direnç ihtiyaçlarının da göz önünde bulundurulmalıdır. Mobilya tasarımının objektif fonksiyonu malzeme kullanımını azaltırken elemanlarının ve birleştirmelerin dirençlerini yükseltmektir (Smardzewski, 1998). Mobilya tasarımında ayrı fakat birbirleriyle alakalı üç alan vardır. Bunlardan ilki belki de en önemlisi estetik tasarımdır. İkincisi, fonksiyonel planlamadır. Üçüncüsü ise mobilyanın üzerine gelen yükleri emniyetli bir şekilde taşımasının sağlandığı mühendislik tasarımıdır (Eckelman, 1997).

Mobilya tasarımı çoğu zaman geleneksel üretimdeki deneyimlere dayanmıştır. Literatürdeki bulgulara bakıldığında hiçbir marangozluk işinin mobilya elemanlarındaki iç gerilmeleri bulmak için statığı kullandığı görülmemiştir (Gustafsson, 1997). Günümüz mobilya tasarımcıları üretilen ürünün son şeklini etkileyen birçok faktörü göz önünde bulundurmak zorundadırlar. Başarılı bir çözüme ulaşmak için tasarımcı birçok faktörü göz önünde

bulundurarak bunların harmoni içinde olduğu çözümü bulmak zorundadır.

Sonlu Elemanlar Metodu (SEM) mühendislikte malzemelerin veya sistemlerin dış etkenlere (kuvvet, ısı, elektrik, vb.) karşı davranışlarının analizinde kullanılan nümerik bir yöntemdir. SEM yapısal statik hesaplamalarda rijitlik matrisi {K} ile deformasyonlar matrisinin {u} kuvvetler matrisine {F} eşitlenmesi ile kurulan matematik modelin nümerik çözümünü içerir (Güntekin, 2004).

Sonlu elemanlar metodu ile mobilya veya mobilya elemanlarının analizi konusunda yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu konuda yapılan ilk çalışmalardan birinde Jamaludin (1995) sonlu elemanlar metodu kullanılarak koltuk çerçevesinin ön kayıt elemanını modellemiştir. Kayıt, ayak ve kavelalı birleştirmelerin modellenmesinde üç boyutlu katı (solid) elementler kullanılmıştır. Her bir koltuk elemanı için farklı malzeme özellikleri tanımlanmıştır. Birleştirme noktalarında kavelalar ve iskelet elemanları arasındaki ara yüzler tutkal (glue) işlemi ile birleştirilmiştir.

Güntekin (2004) tarafından yapılan bir çalışmada kavelalı mobilya köşe birleştirmelerinin modellenmesi sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Oluşturulan

modellerin analizi ANSYS programı kullanılarak yapılmıştır. SEM modelleri ile elde edilen moment-rotasyon eğrileri kavelalı birleştirmelerin laboratuvarında yapılan statik yüklemelerden elde edilen moment-rotasyon eğrileri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada SEM modellerinin ve test yoluyla elde edilen eğrilerin birbirine yakın değerlerde olduğu belirtilmiştir.

Gusstafsson (1995, 1996, 1997) tarafından yapılan çalışmalarda sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak sandalye elemanlarındaki gerilmeler hesaplanmış ve minimum ebatlar bulunmaya çalışılmıştır. Benzer çalışmalar Smardzewski (2001, 2003) ve Kasal (2006) tarafından ortaya konmuştur. Bu çalışmalarda da sonlu elemanlar yönteminin mobilya çerçeve sistemlerinde gerilme analizlerinde başarıyla kullanıldığı görülmüştür.

Smardzewski ve Gawronski (2001), sandalye optimizasyonu için sonlu elemanlar metodunu kullanmıştır. Çalışmada zaman fonksiyonu ve örnek sayısında malzeme hacminin en az ölçülerde belirlenmesinde statik optimizasyon yöntemlerinin etkinliği belirlenmiştir. Maksimum direnç değerleri alınarak sandalye elemanlarının minimum boyutları hesaplanmıştır. Çalışma sonucuna göre sonlu elemanlar metodu ve Monte-Carlo metodu ile statik optimizasyon uygulama çalışmaları ile sandalyede kullanılan malzemenin ilk hacminin % 53' ü kadar malzeme tüketimini azaltmaya müsaade ettiği ortaya koyulmuştur.

Bu çalışmanın amacı Doğu kayınından üretilen sandalye çerçevelerinin sonlu elemanlar analizini yapmak, dolayısıyla standartlarda belirtilen yüklemeler altında sandalye çerçevelerinin mekanik davranışını önceden tahmin edebilmektir. Ayrıca ara kayıt elemanının konumunun sandalye çerçevesinin mekanik davranışına etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada ağaç malzeme olarak mobilya endüstrisinde yaygın kullanımı göz önüne alınarak I. sınıf Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) kullanılmıştır. Bağlantı elemanı olarak da demonte mobilya birleştirmelerinde kullanılan 6 mm çapında ve 70–90–110 cm boyunda çinko kaplı metal çektirme vidası ile 10 mm çapında ve 20 mm boyunda çelik silindir somunu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bağlantı elemanları Şekil 1' de gösterilmiştir.

2.2. Yöntem

Çalışmanın ilk aşamasında ağaç malzemenin rutubet ve yoğunlukları (TS 2472), eğilme direnci (TS 2474), eğilmede elastikiyet modülü (TS 2478), liflere paralel basınç (TS 2472) ve kesme dirençleri (TS 3459) ilgili standartlara göre hesaplanmıştır. Çalışmada Eckelman (1997) tarafından tavsiye edilen emniyet katsayıları uygulanarak emniyet gerilmeleri hesaplanmıştır. Eckelman'a göre eğilme ve kesme emniyet gerilmesi eğilme ve kesme direncinin üçte biri, basma emniyet gerilmesi ise basma direncinin üçte ikisi oranındadır. Bu emniyet gerilmelerinden yola çıkılarak çerçeve elemanlarının enine kesitleri hesaplanmıştır.

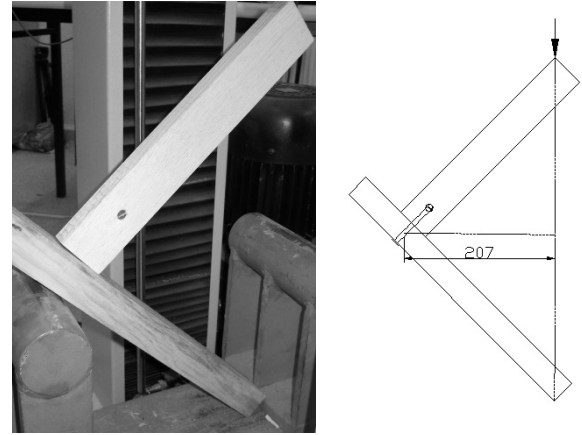
İkinci aşama olarak kullanılan çektirme uzunluğunun birleştirme performansı (maksimum yük taşıma ve rijitlik) üzerine etkisini görmek için 3 farklı uzunlukta (70, 90, 110

mm) çektirme kullanılarak birleştirme örnekleri hazırlanmıştır. Bu birleştirmelere şekilde gösterilen eğilme testleri uygulanmıştır. Elde edilen yük deformasyon grafiklerinden birleştirmelerin eğilmedeki rijitlik ve maksimum yük taşıma değerleri hesaplanmıştır. Eğilme örneği ve test düzeneği Şekil 2' de gösterilmiştir.

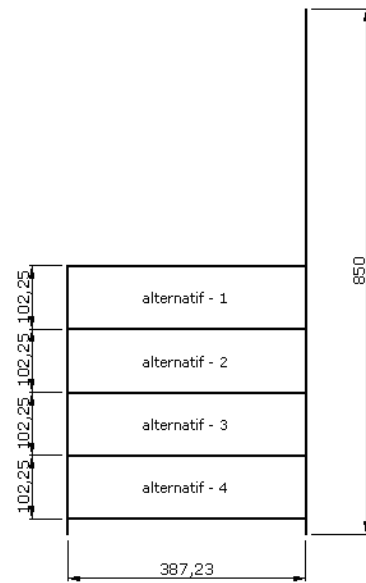
Çalışmanın üçüncü aşamasında çerçevelerin rijit olduğu kabul edilerek eksenel yük, kesme ve moment diyagramları oluşturulmuştur. Bu diyagramlar kullanılarak çerçeve elemanlarının enine kesitleri belirlenmiştir. Deneylerde 5 farklı alternatif (A-0, A-1, A-2, A-3, A-4) ve her çerçeveden 5 adet tekrar edecek şekilde toplam 25 adet (5x5) sandalye çerçevesi hazırlanmıştır. Sandalye çerçevelerine ait genel ölçüler ve alternatif durumları Şekil 3' de gösterilmiştir. Diyagonal yüklem düzeneği Şekil 4' de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan çektirme vidası ve silindir somun



Şekil 2. Eğilme örneği ve test düzeneği ve ölçüleri (mm)



Şekil 3. Sandalye çerçevelerine ait genel ölçüler (mm)

Sandalye çerçevelerinin ön ayağın üst kısmına uygulanan yük ve uygulanan yük sonucu çerçevelerde oluşan yer değiştirmeler yükleme başlığında ölçülmüştür. Çerçevelerin rijitliği elde edilen yük-deformasyon eğrileri kullanılarak P/d eşitliğinden hesaplanmıştır.

2.3. Sonlu elemanlar modelleri

Sonlu elemanlar modelleri COSMOSWorks programı kullanılarak yapılmıştır. COSMOSWorks katı modellemede tetrahedral katı elemanı kullanılmaktadır. Bu eleman 4 düğüm noktasına ve her düğüm noktasında da 3 serbestlik derecesine sahiptir. Sonlu elemanlar metoduyla problemlerin çözülebilmesi için programda modellerin geometrik ölçüleri, elastikiyet modülü ve Poisson oranı değerleri, çerçevenin destek noktalarının durumları ve uygulanacak kuvvetlerin değerleri girilerek analizler yapılmıştır. Tüm malzeme ve kesit özellikleri her bir eleman için ayrı olarak tanımlanmış ve analizleri yapılmıştır. Yük ve mesnet noktaları tanımlanmış sandalye çerçevesi modeli Şekil 5' de gösterilmiştir.

Çalışmada elde edilen değerler SAS istatistik programı yardımıyla analiz edilmiştir. Ara kayıt konumunun sandalye çerçevelerinin rijitliğine etkisi, kullanılan farklı çektirme uzunluklarının maksimum yük taşıma kapasitesine etkisi varyans analizi (ANOVA) yapılarak ortaya çıkarılmıştır. Sandalye çerçevelerinde ara kayıt alternatifleri arasındaki farkı görmek için rijitlik değerlerine DUNCAN testi uygulanarak farklar ortaya konulmuştur.

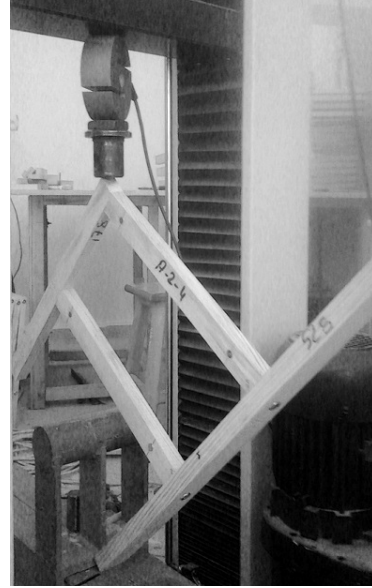
3. Bulgular ve tartışma

Çalışmada kullanılan ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1 'de verilmiştir.

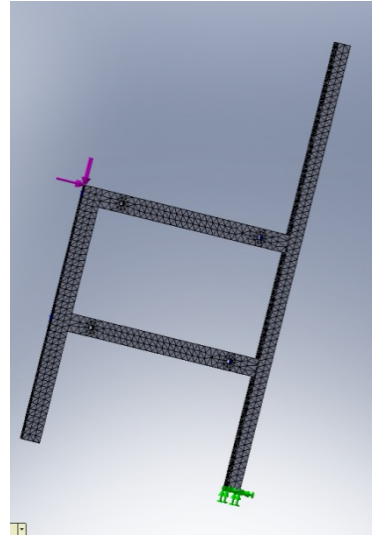
Bektaş vd. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada Doğu kayınının eğilme direnci 118 N/mm^2 bulunurken, Güler ve Bektaş (2000) tarafından yapılan başka bir çalışmada doğu kayınının eğilmede elastikiyet modülü 12503 N/mm^2 olarak ortaya koyulmuştur. Çizelge 1'deki sonuçlardan çalışmada kullanılan kayın odunu için eğilme emniyet gerilmesi 32 N/mm^2 , basınç emniyet gerilmesi 32.68 N/mm^2 , ve kesme emniyet gerilmesi 3.88 N/mm^2 hesaplanmıştır.

Çalışmada kullanılan çektirmelerin ortalama rijitlik değerleri 95.05 ile 101.3 N/mm arasında, maksimum yük taşıma değerleri ise 1231 ile 1372 N arasında değişmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre çektirme uzunlukları arasında rijitlik ve maksimum yük taşıma kapasiteleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (maksimum yük taşıma kapasitesi analizi için hata ihtimali $P < 0.2547$, R^2 değeri 0.2; rijitlik analizi için hata ihtimali $P < 0.4341$, R^2 değeri 0.12).

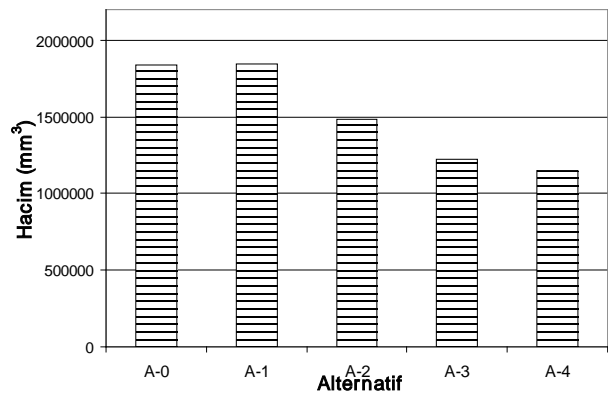
Kritik oturma pozisyonunda standartta belirtilen yük (784.8 N) kullanılarak yapılan çerçeve analizinde sandalye elemanlarında oluşan maksimum gerilmelere göre belirlenen enine kesit ölçüleri Çizelge 2'de verilmiştir. Hesaplamalarda kayıt ve ön ayak için 20 mm sabit kalınlık, arka ayak için ise 42 mm sabit genişlik esas alınmıştır. Her bir modeli oluşturmak için kullanılacak ahşap malzeme miktarları Şekil 6' da gösterilmiştir. Buna göre A-O ve A-1 yaklaşık aynı hacimde malzemeden yapılmasına rağmen A-1 çerçevesinin rijitliği A-O çerçevesinin rijitliğinin iki katından fazladır. A-2, A-3, A-4 çerçeveleri arasında rijitlik bakımından anlamlı farklar bulunmamasına rağmen A-4 çerçevesi için daha az ahşap malzemeye gerek vardır.



Şekil 4. Sandalye diyagonal yükleme deneyi



Şekil 5. Yük ve mesnet noktaları tanımlanmış sandalye çerçevesi (A-3)



Şekil 6. Modellerin toplam hacimleri

Çalışmada yüklenen çerçevelerden elde edilen yük deformasyon eğrileri Şekil 7’ de verilmiştir. Bu grafikler kullanılarak çerçevelerin rijitlik değerleri elastik bölge kullanılarak hesaplanmıştır. Çerçeve rijitliklerine ait ortalama değerler Çizelge 3’ de verilmiştir.

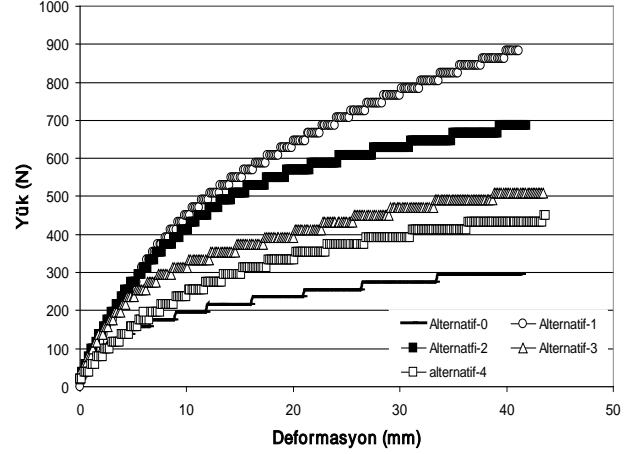
Test edilen çerçevelerde ara kayıt konumunun çerçeve rijitliği üzerine etkisi varyans analizi ile ortaya konmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre çalışmada teorik hesaplamalara göre bulunan enine kesitler kullanılarak imal edilen çerçeveler arasında rijitlik bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmaktadır ($p<.0001$). Alternatifler arasındaki farkı görmek için ise Duncan testi uygulanmıştır.

Duncan testi sonuçlarına göre A-1 rijitlik bakımından en yüksek, A-0 ise en düşük değerlere sahiptir. Diğer alternatifler arasında rijitlik bakımından anlamlı bir fark bulunmamaktadır. A-0 çerçevesinde rijitliğin düşük çıkmasının sebebi tek kayıt elemanına sahip olması dolayısıyla kayıttan arka ayağa momentlerin tek bir birleştirme vasıtasıyla transfer edilmesi olabilir. Bu da birleştirme noktasında gerilmelerin yoğunlaşmasına ve birleştirmenin daha fazla deformasyona uğramasına sebebiyet verecektir. Nitekim diğer çerçevelerde kayıt – arka ayak birleştirme noktalarında meydana gelen momentler oldukça azalmıştır.

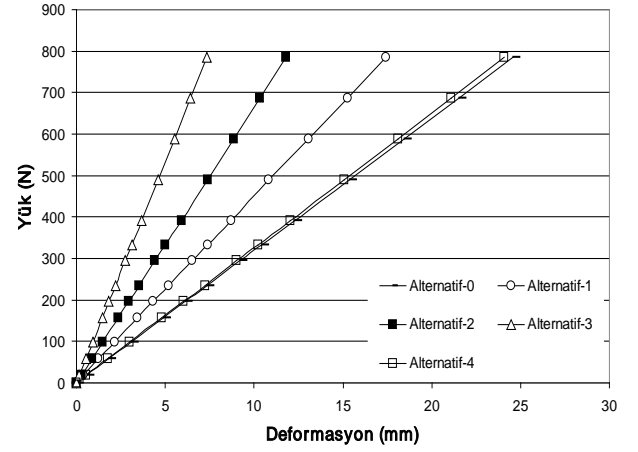
3.1. Çerçevelerin sonlu elemanlar modelleri

Çalışmada çerçevelerin COSMOSWorks programında gerilme ve deformasyon analizleri yapılarak deformasyon miktarları laboratuvar şartlarında elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Modellerin her birinde 10000 in üzerinde katı (solid) eleman kullanılmıştır. Bu modellemenin gerçekçi olması bakımından önemlidir.

Modellerden elde edilen yük deformasyon eğrileri Şekil 8’ de gösterilmiştir. Modellemede de en düşük rijitliğin A-0 da olduğu söylenebilir. Diğer alternatiflerde yer değişikliği söz konusudur. Bu da modellemede ortalama elastikiyet modülü değerinin kullanılmasından kaynaklanıyor olabilir.



Şekil 7. Çerçevelerden elde edilen ortalama yük-deformasyon eğrileri



Şekil 8. Sandalye çerçevelerinin COSMOSWorks programında analizi sonucunda oluşan deformasyonların karşılaştırılması

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

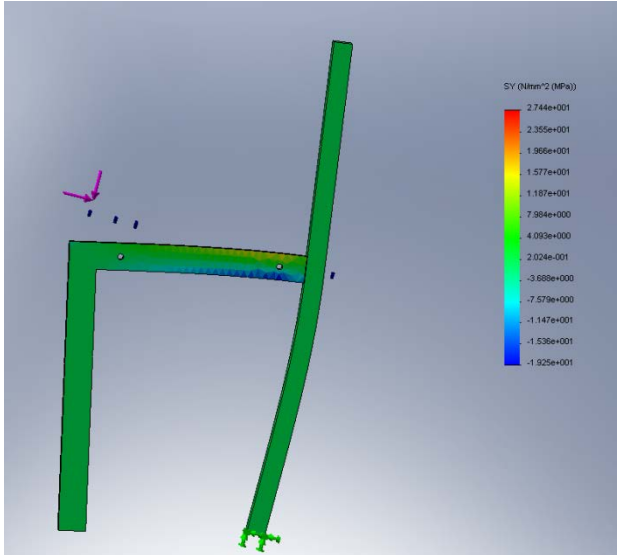
Özellik	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Rutubet %	8,53	7,30	10,50	0,73
Yoğunluk	0,59	0,51	0,68	0,04
Eğilme direnci (N/mm ²)	96,00	59,20	127,10	18,00
Elastikiyet modülü (N/mm ²)	9347	6301,00	12887,00	1813,00
Basınç direnci // (N/mm ²)	49,03	33,35	61,02	6,18
Kesme direnci // (N/mm ²)	11,66	5,62	19,81	3,13

Çizelge 2. Çerçeveler için hesaplanan kesit yüksekliği değerleri (mm)

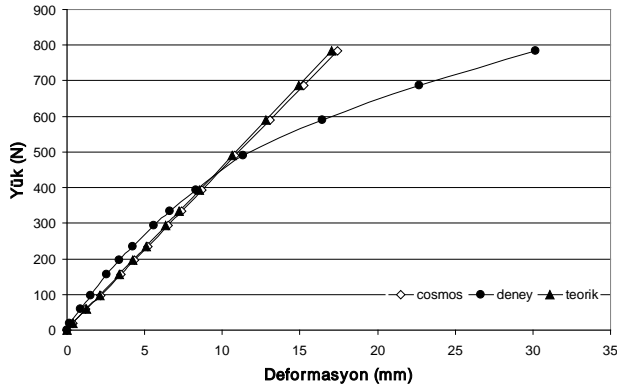
Model	Alternatif-1	Alternatif-2	Alternatif-3	Alternatif-4	Alternatifsiz
Kayıt- ön ayak	38,81	31,09	25,63	24,14	45,21
Arka ayak	26,78	21,46	17,69	16,66	31,20

Çizelge 3. Sandalye çerçevelerinin ortalama rijitlik kat sayıları ve yüzde varyasyon katsayıları

Model	Ortalama Rijitlik Katsayısı (N/mm)	Maksimum Rijitlik Katsayısı (N/mm)	Minimum Rijitlik Katsayısı (N/mm)	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)	Duncan grubu
A-0	23,18	32,70	17,60	6,26	27,00	C
A-1	51,76	58,13	46,71	5,25	10,14	A
A-2	39,91	48,25	30,90	6,33	15,86	B
A-3	35,90	44,08	26,04	7,05	19,63	B
A-4	34,08	44,08	28,57	7,27	21,33	B



Şekil 9. COSMOSWorks programı ile elde edilen gerilmelerin gösterilmesi



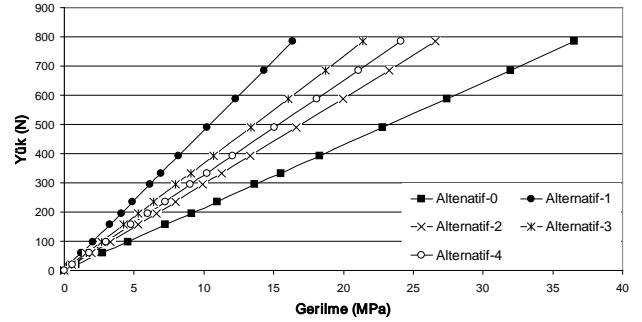
Şekil 10. Ara kayıtsız (A-0) sandalye çerçevesinin yük-deformasyon sonucunda elde edilen COSMOSWORKS, teorik ve deney sonuçları arasındaki ilişki

Şekil 9'da COSMOSWORKS programında elde edilen gerilmelere örnek gösterilmiştir. Şekil 10'da elde edilen yük deformasyon eğrileri laboratuvar sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Teorik olarak (rijit çerçeve) çerçevelerde oluşan deformasyon miktarları da karşılaştırmalarda yer almaktadır.

Genel olarak, teorik ve sonlu elemanlar modelleri ile elde edilen deformasyon miktarları laboratuvar şartlarında elde edilen deformasyon sonuçlarından düşük görünmektedir. Bunun sebebi teorik ve sonlu elemanlar modellerinde çerçeveler rijit olarak kabul edilmektedir. Bu yüzden deformasyon hesaplanırken malzemelerin elastikiyet modülü hesaba katılmaktadır. Hâlbuki gerçekte çerçevenin davranışı birleştirmelerden dolayı yarı rijittir. Buna rağmen sonlu elemanlar modelleri çerçevenin davranışının elastik olduğu bölge için yaklaşık sonuçlar vermektedir.

Sonlu elemanlar modellerinde elde edilen gerilme sonuçları Şekil 11'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre en yüksek gerilmeler A-0 da oluşmaktadır. En düşük gerilmeler ise A-1 çerçevesinde görülmektedir.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde; A-0 ile A-1 karşılaştırıldığında aynı hacme sahip olmalarına rağmen A-1'in A-0'a göre daha rijit olduğu görülmektedir.



Şekil 11. Kayın ahşap malzemeden yapılmış sandalye çerçevesinin COSMOSWorks programında analizi sonucunda oluşan gerilmelerin karşılaştırılması

4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada ahşap malzemeden üretilen beş farklı sandalye çerçevesi TS 9215'de belirtilen yük altında laboratuvarında test edilip, sonlu elemanlar analizi yapılarak rijitlik değerleri karşılaştırılmıştır.

Çerçevelerin üretiminde kullanılan malzeme miktarları karşılaştırıldığında; en az malzeme ihtiyacı ise Alternatif-4'de en fazla malzeme ihtiyacı ise Alternatif-1 için gerekmektedir. Böylece Alternatif 4 kullanılarak Alternatif-1'e göre malzemeden yaklaşık % 37 tasarruf sağlanabilir.

Teorik olarak sandalye çerçevesine uygulanan diyagonal yükleme sonucu maksimum momentler arka ayakta oluşmaktadır. Alternatifler arasında maksimum moment ara kayıtsız (A-0) modelde, minimum moment ise Alternatif-3 modelinde ortaya çıkmıştır. Alternatif-1'den Alternatif-3'e doğru düğüm noktalarındaki momentler azalmıştır. Sandalye çerçevesinde ara kayıt uygulaması arka ayakta oluşan momentleri azaltmaktadır.

En kritik oturma biçimini sembolize eden diyagonal yüklemeye sandalye çerçevesinin birleştirme noktalarında oluşan açılmalar arka ayaklarda oluşmuştur.

Sandalye çerçevesinin rijitlik değerlerine göre ara kayıt uygulanan çerçeveler ara kayıtsız çerçeveye göre %55 daha rijittir. Duncan testi sonuçlarına göre Alternatif-1 rijitlik bakımından en yüksek, A-0 ise en düşük değerlere sahiptir. Diğer alternatifler arasında rijitlik bakımından bir fark bulunmamaktadır. A-0 çerçevesinde riğitliğin düşük çıkmasının sebebi tek kayıt elemanına sahip olması dolayısıyla kayıttan arka ayağa momentlerin tek bir birleştirme vasıtasıyla transfer edilmesidir. Bu da birleştirme noktasında gerilmelerin yoğunlaşmasına ve birleştirmenin daha fazla deformasyona uğramasına sebebiyet verecektir. Nitekim diğer çerçevelerde kayıt – arka ayak birleştirme noktalarında meydana gelen momentler oldukça azalmıştır.

Sonlu elemanlar metodu kullanılarak yapılan modellemelerde, sandalye çerçevesinin mekanik davranışları (elastik bölgede) hakkında anlamlı değerler elde edilmiştir. Sonlu elemanlar metodunun sağladığı faydalar (zaman tasarrufu, tekrar test, ekonomiklik, gerçek yapıya yakın model oluşturabilme v.b.) ve gelişen bilgisayar teknolojisi, tasarlanan mobilya sistemlerinin üretimden önce analizinin yapılarak tasarımcılara gerekli ön bilgileri vermesi göz önüne alındığında sonlu elemanlar metodunun mobilya mühendislik tasarımında kullanılması önerilmektedir.

Kaynaklar

- Bektaş, İ., Güler, C., Baştürk, M.A., 2002. Principal mechanical properties of Eastern Beech Wood (*Fagus orientalis* Lipsky) naturally grown in Andırın Northeastern Mediterranean Region of Turkey. *Turk Journal Agriculture Forest*: 147-154.
- Eckelman, C.A., 1997. Textbook of product engineering and strength design of furniture. Purdue University, W. Lafayette, IN.
- Gustafsson, S. I., 1995. Furniture design by use of the finite element method. *Holz als Roh-und Werkstoff* , 53 (4) , 257-260,
- Gustafsson, S. I., 1996. Finite element modelling versus reality for Birch chairs. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 54 (5) , 355-359.
- Gustafsson, S.I. 1997. Optimizing of Ash wood chairs. *Wood Science and Technology*, 31: 291-301.
- Güler, C., Bektaş, İ., 2000. Andırın Doğu Kayını (*Fagus orientalis* l.) odununda elastiklik özellikler ile yoğunluk arasındaki ilişki. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 3, Sayı 2: 51-57.
- Güntekin, E., 2004. Kavelalı mobilya köşe birleştirmelerinin sonlu elemanlar analizi. *Stüleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1: 159-169.
- Jamaludin, M. A., 1995. Prediction of the strength of typical furniture and its immediate members. Ph.D. Dissertation, Mississippi State University.
- Kasal, A., 2006. Determination of the strength of various sofa frames with finite element analysis, *Gazi Üniversitesi Journal of Science* 19(4), 191-203.
- Smardzewski, J., 1998. Numerical analysis of furniture constructions. *Wood Science and Technology*, 32 (4): 273-286.
- Smardzewski, J., Gawronski, T., 2001. FEM Algorithm for chair optimisation. *Wood Science And Technology*, V:4, I:2.
- Smardzewski, J., Gawronski, T., 2003. Gradient optimization of skeleton furniture with different connections. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. 6(1).
- TS 2472, 1976. Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, T.S.E., Ankara.
- TS 2474, 1976. Odunun statik eğilme dayanımının tayini, T.S.E., Ankara.
- TS 2478, 1976. Odunun statik eğilmede elastikiyet modülünün tayini, T.S.E., Ankara.
- TS 2472, 1977. Odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı tayini, T.S.E., Ankara.
- TS 3459, 1980. Odunda liflere paralel doğrultuda makaslama dayanımının tayini, T.S.E., Ankara.
- TS 9215, 1991. Ahşap mobilya mukavemet ve denge deneyleri, TSE, Ankara.

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) kerestesi için direnç sınıflandırması

Ergün Güntekin^{a,*}, Tuğba Yılmaz^a

^aSüleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta

* İletişim yazarı/Corresponding author: ergunguntekin@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 14.04.2012, Kabul tarihi/Accepted: 05.06.2012

Özet: Ahşap malzeme için tahribatsız muayene yöntemleri son yıllarda önem kazanmaktadır. Bu yöntemleri kullanan ticari birçok kereste sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada Avrupa da ticari olarak kullanılan MTG kereste sınıflandırma cihazı kullanılarak kızılçam kerestelerinin dinamik elastikiyet modülü (EM) ölçülmüştür. Bu değerler üç nokta testinden elde edilen statik EM değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen EM değerleri kullanılarak keresteler TS EN 338'e göre sınıflandırılmıştır. Yapısal amaçlı kullanılacak kerestelerde bu sınıflandırma işlemi büyük önem taşımaktadır. Görsel olarak ta sınıflandırılan keresteler ile direnç sınıfları arasındaki ilişki de çalışmada ortaya konulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre kızılçam kerestesi tahribatsız olarak elde edilen elastikiyet modülüne (EM) göre sınıflandırılabilir.

Anahtar kelimeler: Kızılçam, Direnç sınıflandırması, Tahribatsız muayene

Strength grading of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.)

Abstract: Nondestructive methods for wood materials have been gaining importance for the last decades. Many commercial types of grading equipment are available. In this study, dynamic modulus of elasticity for red pine lumber has been measured using MTG Timber Grader. Dynamic modulus of elasticity values are compared with those which were obtained through three point bending tests. Modulus of elasticity values are classified according to TS EN 338. This classification plays an important role for sawn lumbers used in construction. The relationship between visually graded lumber and strength classes has been presented. Test results indicate that Turkish red pine lumbers can be graded according to modulus of elasticity values obtained using nondestructive method.

Keywords: Red pine, Strength classification, Nondestructive testing

1. Giriş

Direnç sınıflandırması, biçilmiş odun parçasının (kereste) direnç özelliklerini belirlemeyi mümkün kılar. Sınıflandırma işlemi görsel veya makine esaslı metotlarla gerçekleştirilir. Görsel sınıflandırma budaklar, lif kıvrıklığı, reaksiyon odunu, mantar ve böcek hasarları, v.b. özellikleri göz önünde bulundurarak yapılır. Standartlarda (TS EN 1927-2, 2009) bu kusurların limitleri belirtilmiştir. Görsel sınıflandırma en eski ve en çok kullanılan sınıflandırma yöntemidir. Görsel sınıflandırma daha çok tecrübelerle dayanır ve objektif değildir. Kereste parçasına elastik limit bölgesinde bir yük uygulayarak EM ve eğilme direncini belirleyerek sınıflandırma yapan makineli sistemler Kuzey Amerika, Avustralya, Avrupa, Güney Afrika, Yeni Zelanda ve Japonya'da uzun yıllardır kullanılmaktadır (Galligan ve McDonald, 2000). Makine ile direnç sınıflandırması odun örneğinin elastikiyet ile direnç özellikleri arasındaki ilişkiye dayanır. Odunun mekanik özellikleri ile elastikiyet modülü arasında yüksek doğrusal istatistiksel ilişki olduğu için direnç özellikleri EM ile tahmin edilebilir EM tahmini statik veya vibrasyon, ultrasonik, stres dalgası gibi tahribatsız yöntemlerle de belirlenebilir (Yang vd., 2008). Statik deformasyon yöntemini uygulayan makineler iki şekilde çalışır. Birincisinde keresteye önceden belirlenmiş bir yük makineden geçerken uygulanır ve bu yük sonucu oluşan deformasyondan da yararlanılarak direnç sınıfı belirlenir. İkincisinde ise önceden belirlenmiş bir deformasyona

ulaşmaya kadar keresteye yük uygulanır. Uygulanan yük kerestenin direnç sınıfını belirler (Baltrusaitis ve Pranckeviciene, 2003). Bu sınıflandırma yöntemlerine ek olarak son yıllarda tahribatsız yöntemlerle çalışan kereste sınıflandırma sistemlerini uygulamada görmek mümkündür. Tahribatsız yöntemler içinde stres dalga ve ultrasonik yöntemler öne çıkmıştır. Stres dalga yöntemi pratik olarak diğer yöntemlere göre daha avantajlıdır (Esteban vd. 2009).

Yapısal amaçlı kullanılacak kereste genellikle direnç sınıflarına ayrılmaktadır. Uluslararası arenada kullanılan Avrupa'da kullanılan EN 338 gibi birkaç direnç sınıflandırma sistemi mevcuttur (Köhler ve Sandoomer, 2007). Ülkemizde standartlarda (TS EN 338, 2010) olmasına rağmen kereste üreticileri herhangi bir direnç sınıflandırma sistemi kullanmamaktadır. TS EN 338'e göre sınıflandırma işleminde iğne yapraklılar için 12 direnç sınıfı (C14-C50) belirtilmiştir (Çizelge 1). Buradaki rakam her bir direnç sınıfının taşıması gerekli eğilme direncini temsil etmektedir. Üretilen keresteler yoğunluk, eğilme direnci (% 5'lik alt limit) veya EM'ne göre (ortalama değer) belirli bir direnç sınıfına ayrılabilir. Sınıflandırmada bir (C24) veya birden fazla (C18, C20, C22, C24) direnç sınıfı esas alınabilir. Eğilme direncine göre sınıflandırılan materyalin örneğin C40 ta %5 lik alt limit direnci 40 MPa (N/mm²) olması gerekir (Steiger ve Arnold, 2009).

Çizelge 1. EN 338'e göre iğne yapraklı ağaçlar için direnç sınıfları

		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Ortalama MOE	$E_{0,mean}$	7	8	9	9.5	10	11	11.5	12	13	14	15	16
MOE // % 5	$E_{0,0.5}$	4.7	5.4	6	6.4	6.7	7.4	7.7	8	8.7	9.4	10	10.7
Ortalama Yoğunluk	ρ_k	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550
Eğilme Direnci	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50

Bu çalışmada; kızılçamda statik EM'ne göre bir direnç sınıflandırması yapılarak stres dalga yöntemiyle çalışan MTG Timber Grader cihazı vasıtasıyla yapılan bir direnç sınıflandırması ile karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Kereste örnekleri Türkiye'nin Burdur ili Bucak ilçesi Pamucak Orman İşletme Bölgesi'nden 3 farklı sınıf (1, 2 ve 3) ve 23-57 cm arasındaki tomruklardan elde edilmişlerdir. Öncelikle ağırlıkları tartılan örneklerin yoğunlukları hesaplanmış daha sonrada bir rutubet ölçer yardımıyla rutubet miktarları belirlenmiştir. Yaklaşık 40 x 90 mm enine kesit ve 3 metre uzunluğundaki keresteler görünüşlerine göre sınıflandırılmıştır (TS EN 1927-2, 2009). Dinamik EM değerleri MTG Timber Grader cihazı kullanılarak elde edilmiştir. Bu cihazın ölçüm prensibi ses dalga hızının ölçümüne dayanır (Rozema, 2007). MTG EN 14081-4'te listelenmiş makine ile direnç sınıflandırma yapan sistemler içerisindedir (CEN 2005). Kerestelerin statik EM değerleri ise üç nokta eğilme testleri ile aşağıdaki formül yardımıyla elde edilmiştir.

$$EM = \frac{PL^3}{48I\delta} \quad (1)$$

EM= Statik elastikiyet modülü değeri (N / mm²)

P = Elastik bölgeden elde edilen iki yük değeri arasındaki fark (N).

L = destek noktaları arasındaki uzaklık (mm)

δ = Elastik bölgeden elde edilen iki deformasyon değeri arasındaki fark (mm).

I = atalet momenti (mm⁴)

Örneklerde elde edilen EM değerleri kullanılarak çizelge 1'ye göre sınıflandırma işlemleri yapılmıştır. Eğilme testlerinden elde edilen EM ile eğilme direnci arasında yüksek bir korelasyon olduğu literatürdeki çalışmalarda belirtilmiştir. EM tahribatsız olarak ta tahmin edilebildiği için makine ile sınıflandırmada önemli bir parametredir. Sınıflandırma makinelerinin çoğu direnç göstergesi olarak EM'nü kullanır (Steiger ve Arnold, 2009).

3. Bulgular ve tartışma

Test edilen kereste örneklerinin görünüş sınıflarına göre dağılımı şu şekildedir; 232 adet 1.sınıf, 336 adet 2. Sınıf, 220 adet ise 3. Sınıf. Toplam 788 adet kereste örneğinden elde edilen yoğunluk, rutubet miktarı, statik EM ve dinamik EM ortalama değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

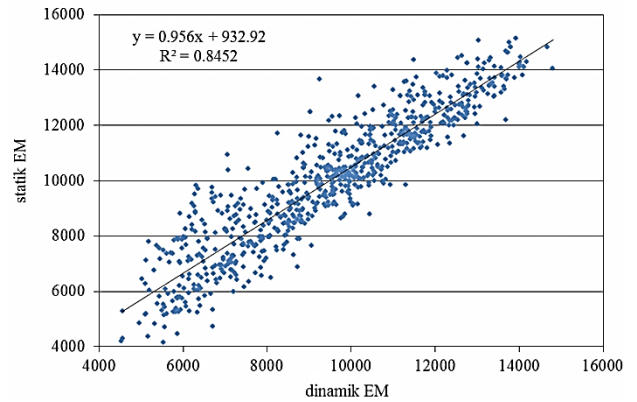
Kerestelerin ortalama yoğunluk değerleri genel olarak Kızılçam küçük örnekleri için belirtilen ortalama yoğunluk değerlerine göre yüksektir, çünkü reçine, budak gibi bazı kusurları ihtiva etmektedir. Kerestelerin ortalama rutubet miktarları % 15'tir.

Çizelgeden de anlaşılacağı üzere dinamik EM değerleri genellikle statik EM değerlerinden daha yüksek gözükmektedir. Bunun nedeni statik EM hesaplamalarında makaslama gerilmelerinden dolayı oluşan deformasyon statik deformasyonun içindedir. Dinamik EM ölçümleri bunu içermez (Barrett vd. 2008). Statik EM ile dinamik EM değerleri arasındaki ilişki Şekil 1'de gösterilmiştir.

EM direnci tanımlayan bir parametre olmamasına rağmen, bazı faktörlere bağlı olmakla birlikte, kereste kalitesinin en iyi göstergelerinden biridir. Statik EM yerine dinamik EM bu çalışmada gösterge olarak kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi yapısal olarak kullanılacak kerestelerde beklenen direnç özelliklerine göre aynı grupların oluşturulmasını sağlar. Sınıflandırmada hedef direnç grupları kombine edilerek sınıflandırma yapılabilir, örneğin sadece C24, veya C18 ile C24, veya C18, C24 ve C30 kombinasyonları gibi. Sınıflandırmanın koruyucu olması, yani bir parti kerestenin olması gerekenden daha düşük bir sınıfa gitmesi veya sınıf dışı kalması emniyet açısından yararlıdır, fakat üreticinin zararınadır. (Divos ve Kiss, 2010)

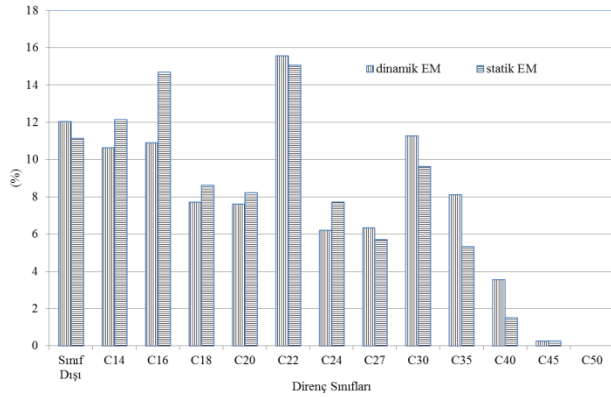
Çizelge 2. Kızılçam keresteleri için ortalama değerler

Özellik	Ortalama	En küçük	En büyük	Standart sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
Yoğunluk (g/cm ³)	0.56	0.33	0.90	0.07	12.5
Rutubet (%)	15	8	18.6	2.72	18.1
Statik EM (N/mm ²)	9711	4536	14817	2168	22.3
Dinamik EM (N/mm ²)	9989	3801	15155	2389	23.9



Şekil 1. Kızılçam kerestelerinde statik EM ile dinamik EM arasındaki ilişki

Çalışmada elde edilen regresyon katsayısının beklenen değerler arasında olduğu görülmektedir. Ahşap malzemede yoğunluk ile eğilme direnci arasında 0.2-0.6, elastikiyet modülü ile eğilme direnci arasında 0.4-0.65, doğal frekans ile eğilme direnci arasında ise 0.30-0.55 civarında bir regresyon katsayısı bulunmaktadır. Bu regresyon katsayısı yoğunluk ve elastikiyet modülü kombine edildiğinde 0.8^3 e kadar çıkmaktadır (Denzler, 2007). Basit bir tahribatsız muayene ile ölçülen dinamik EM de bir direnç göstergesidir. Fakat güvenilir bir sınıflandırma işlemi için yoğunluk, budaklar vb. gibi niteliklerin de ölçülmesi gerekir (Steiger ve Arnold, 2009). Şekil 2’de statik ve dinamik EM değerlerine göre kerestelerin direnç sınıfları gösterilmektedir. Genel olarak iki sınıflandırma arasında bir uyum olduğu söylenebilir. Dinamik sınıflandırma C14, C16, C18, C20, C24 sınıflarında % olarak statik EM’ne göre sınıflandırmaya göre daha fazladır. Bu sınıflarda örneklerin bazıları olması gerekenden veya sınıf dışı olması gerekirken bir üst direnç sınıflarında yer almaktadır. Diğer direnç sınıflarında ise koruyucu bir direnç sınıflandırması oluşmuştur. Yani bazı örnekler olması gereken direnç sınıfı yerine bir alt direnç sınıfında yer almaktadırlar. Statik ve dinamik elastikiyet modülleri arasındaki farkın odunda bulunan doğal kusurlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 2. Statik ve Dinamik EM değerlerine göre sınıflandırma işlemi

Kaynaklar

- Baltrusaitis, A., Pranckeviciene, V., 2003. Strength grading of the structural timber. *Materials Science (Medziagotyra)*: 9(3): 284-287.
- Barrett, J.D., Lam, F., Chen, Y., 2008. Comparison of machine grading methods for Canadian Hemlock. In: *Proceedings of 10th WCTE Miyazaki, Japan*.
- CEN (2003) EN 338 Structural timber - Strength classes
- CEN (2005) EN 14081-1 ve -2 Timber structures – Strength graded structural timber with rectangular cross section – Part 1: General requirements, Part 2: Machine grading; additional requirements for initial type testing
- Denzler, J.K., 2007. Machine strength grading – an overview over existing machines. *The Future of Quality Control for Wood & Wood Products*, 14-15 May 2007, Hamburg. COST Action E53
- Divos, F., Kiss, S., 2010. Strength Grading of Structural Lumber by Portable Lumber Grading - effect of knots. *The Future of Quality Control for Wood & Wood Products*, 4-7th May 2010, Edinburgh The Final Conference of COST Action E53
- Esteban, L.G., Fernandez, F.G., de Palacios, P., 2009. EM prediction in *Abies pinsapo* Boiss. timber: Application of an artificial neural network using non-destructive testing. *Computers and Structures*, 87, 1360–1365.
- Galligan, W.L., McDonald, K.A. 2000. Machine grading of lumber: practical concerns for lumber producers (General technical report FPL ; GTR-7):39 p.
- Köhler, J., Sandomeer, M.K., 2007. Modeling the properties of strength graded timber material. COST E 53 Conference – Quality Control for Wood and Wood Products. Warsaw, Poland.
- Rozema, P., 2007. Timber Grader MTG - Brookhuis Micro-Electronics BV, the Netherlands.
- Steiger, R., Arnold, M. 2009. Strength grading of Norway spruce structural timber: revisiting property relationships used in EN 338 classification system. *Wood Science and Technology*, 43:259–278.
- TS EN 1927-2., 2009. Qualitative classification of softwood round timber- Part 2: Pines, TSE, Ankara.
- TS EN 338, 2010. Yapı kerestesi – Mukavemet sınıfları, TSE, Ankara.
- Yang, T.H., Wang, S.Y., Lin, C.J., Tsai, M.J., 2008. Evaluation of the mechanical properties of Douglas-fir and Japanese Cedar lumber and its structural glulam by non-destructive techniques. *Construction and Building Materials*, 22: 487-493.

Kayın, kavak ve okaliptüs kaplamalarından üretilen kontrplakların bazı fiziksel özellikleri

Bekir Cihad Bal^{a,*}, İbrahim Bektaş^b

^a KSÜ, Andırın Meslek Yüksekokulu, 46100, Andırın, Kahramanmaraş, Türkiye

^b KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh., 46060, Kahramanmaraş, Türkiye

* İletişim yazarı/Corresponding author: bcbal@hotmail.com, Geliş tarihi/Received: 17.05.2012, Kabul tarihi/Accepted: 05.07.2012

Özet: Bu çalışmada, kayın (*Fagus orientalis* L.), melez kavak (*Populus x euramericana* I-214), ve eucalyptus (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) kaplamaları ile, üre-formaldehit, melamin-üre-formaldehit ve fenol-formaldehit tutkalları kullanılarak 3 farklı kombinasyonda 5 tabakalı kontrplak levhaları üretilmiştir. Üretilen levhaların hava kurusu yoğunluk, kalınlığına şişme ve su alma gibi fiziksel özellikleri ölçülmüştür. Kalınlığına şişme ve su alma testlerinin ölçümleri 2, 24, 168 ve 336 saatlik süreler sonunda yapılmıştır. Yapılan istatistik testleri ile tutkal türü, kombinasyon tipi ve süre faktörlerinin kalınlığına şişme ve su alma üzerine etkisi incelenmiştir. İstatistik testlerin sonuçlarına göre; her üç faktöründe kalınlığına şişme ve su alma miktarları üzerine etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Tutkal türüne göre en düşük kalınlığına şişme ve su alma miktarları melamin-üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda, en yüksek fenol-formaldehit ile üretilen levhalarda ölçülmüştür. Kombinasyon tipine göre en düşük kalınlığına şişme okaliptüs-kavak kombinasyonunda, en düşük su alma miktarı ise kayın-okaliptüs kombinasyonunda ölçülmüştür.

Anahtar kelimeler: Kontrplak, Kalınlığına şişme, Su alma, Okaliptüs, Kavak, Kayın

Some physical properties of plywood produced from beech, poplar and eucalyptus veneers

Abstract: In this study, in three different combinations and five ply plywood boards were produced from beech (*Fagus orientalis* L.), eucalyptus (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) and hybrid poplar (*Populus x euramericana* I-214 clone) rotary cut veneers using urea-formaldehyde (UF), melamine-urea formaldehyde (MUF) and phenol-formaldehyde (PF) adhesives. Physical properties e.g. air-dry density, thickness swelling and water absorption of produced plywood boards were determined. The measurements of thickness swelling and water absorption were made at the end of 2, 24, 168 and 336 h times. The effects of factors of adhesive type, combination type and time on the thickness swelling and water absorption were investigated. As a result of ANOVA test, it was determined that the effects of all three factors on the thickness swelling and water absorption were significant, statistically. According to adhesive type, the lowest thickness swelling and water absorption were determined on the plywood bonded with MUF, the highest were determined on the plywood bonded with PF. According to combination type, the lowest thickness swelling was determined on the plywood produced with eucalyptus and poplar combination. The lowest water absorption was determined on the plywood produced with beech and eucalyptus combination.

Keywords: Plywood, Thickness swelling, Water absorption, Eucalyptus, Poplar, Beech

1. Giriş

Okaliptüs gibi hızlı büyüyen ağaç türleri, kısa idare süreleri sonunda odun hammaddesinin endüstriyel plantasyonlar ile karşılanması bakımından önemlidir. Fakat kısa süreli üretimler bazı sorunlara sebep olmaktadır. Bunlar; hızlı büyüyen türlerin kullanımlarını sınırlayan, yüksek oranda genç odun ve büyüme gerilmeleri içermeleridir. Hızlı büyüyen türlerin kereste olarak kullanımındaki engel olarak bu sorunlar gösterilmektedir. Genel olarak hızlı gelişen türlerin kullanım alanları; kâğıt, kâğıt hamuru ve ormancılar için karlı olmayan enerji odunudur (Kojima vd., 2009).

Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis*) Türkiye'ye ilk olarak 1885 yılında Adana-Mersin demiryolu hattını yapan Fransız şirketi tarafından bu hat güzergâhındaki istasyonlara süs bitkisi olarak dikilmek amacıyla getirilmiştir (Adalı, 1944). Park ve bahçelerde süs bitkisi ya da gölge ağacı olarak kullanılmasının dışında ilk *E. camaldulensis*

ağaçlandırması 1939 yılında Tarsus-Karabucak'ta gerçekleştirilmiştir. 885 hektarlık bir alanı kaplayan bu ağaçlandırmanın, aynı zamanda Türkiye'nin ilk ağaçlandırması olduğu belirtilmektedir. Yapılan adaptasyon denemelerinde, 191 okaliptüs türüne ait 609 orijin Türkiye'de yetiştirilme açısından denenmiştir (Gürses, 1990). Bu çalışmalar sonrasında, *E. camaldulensis* ve *E. grandis* türlerinde sırasıyla 33.5 ve 50.5 m³/ha yıllık ortalama artım değerlerine ulaşılmıştır (Gürses vd., 1995).

Okaliptüs odununun değişik alanlarda kullanılması üzerine bazı araştırmalar yapılmıştır. Masif odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine Tan (1999), odun kömürü üretiminde kullanılması Tüfekçi (2001) ve kontrplak üretiminde kullanılması üzerine Şahin (1998), LVL (laminated veneer lumber) üretiminde kullanılması üzerine Aydın vd. (2004) ile Çolak vd. (2003), okaliptüsün kâğıt endüstrisinde kullanılması üzerine Ayata (2008) ve lif morfolojisi üzerine Gürboy ve Özden (1994) tarafından araştırmalar yapılmıştır. Okaliptüs odunundan kontrplak

üretimi konusunda Türkiye’de yapılan çalışmalarda, genel amaçlar ve yapı maksatlı olarak kontrplak üretiminde okalıptüs odunundan yararlanılabileceği belirtilmiştir (Şahin, 1998; Çolak vd., 2003). Ayrıca, Raute Wood firmasının (Finlandiya) hızlı gelişen ağaç türlerinin kontrplak üretiminde değerlendirilmesi ile ilgili bir raporunda okalıptüstün (*E.globulus* ve *E.grandis*) uygun sonuçlar alındığı belirtilmiştir (Çolak vd., 2003). Türkiye’de yapılan bu bilimsel çalışmalarda *E.camaldulensis* üzerinde denemeler yapıldığı fakat *E.grandis* türü üzerinde kaplama ve kontrplak üretimi konusunda, herhangi bir çalışma olmadığı görülmektedir.

Türkiye’de okalıptüs odunu ambalaj sanayi ve yakacak odunu olarak ve kâğıt hamuru üretimi gibi farklı alanlarda değerlendirilmektedir. Özellikle MOPAK GRUP tarafından bu konuda büyük yatırımlar yapılmıştır (Anonim, 2012). Ayrıca, günümüzde yapılan bazı araştırmalarda, okalıptüs odununun mobilya üretiminde, kontrplak, yönlendirilmiş şerit yonga levha, yonga levha, orta yoğunluklu lif levha, tabakalanmış ağaç malzeme ve tabakalanmış kaplama kereste üretimine uygun olduğu belirtilmiştir (Kurt vd. 2008).

Hızlı büyüyen bir tür olarak *E.grandis* diğer bazı ülkelerde değişik alanlarda kullanılmakta ve üzerinde bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle, LVL üretiminde kullanılması üzerine Saviana vd. (2009), Castro ve Paganini (2003) Carvalho vd. (2004) ve kontrplak üretiminde kullanılması üzerine Dias ve Lahr (2004), Iwakiri vd. (2006) tarafından bazı araştırmalar yapılmıştır.

Türkiye’de kontrplak sektöründe genel olarak yerli ağaç türlerinden en çok kayın ve kavak odunları kullanılmaktadır. Özellikle kaplama, kontrplak ve diğer bazı alanlarda fazlaca kullanılmasından dolayı büyük çaplı ve yeterli kalitede kayın odunu yurt içinden temin edilememektedir. Bu konuda ucuz ve kaliteli hammadde temini için yurt dışı piyasalardan ithalat yapılmaktadır. Dünya genelinde ise, Okume (*Aucoumea klaineana*) Batı Afrika odunu olarak büyük ölçüde kontrplak üretiminde değerlendirilmektedir. Soyma kaplama üretimi için ülkemizde ve Avrupa’da okume odununun kullanımı oldukça fazladır. Ayrıca, Kontrplak üretiminde okume ve ithal kayın kullanılması durumunda döviz çıktısı söz konusu olmakta ve ekonomik duruma göre döviz fiyatlarındaki değişimler üreticileri olumsuz yönde etkilemektedir. (Örs vd. 2002).

Farklı ağaç türlerinden üretilen kontrplakların fiziksel özellikleri de birbirlerinden farklıdır. Üretilen kontrplağın teknolojik özelliklerini etkileyen en önemli odun özelliği yoğunluktur. Yoğunluğu yüksek ağaç türlerinden üretilen kontrplağın mekanik özellikleri daha yüksektir. Fiziksel özelliklerden kalınlığına şişme ve su alma miktarları ise suda bekletme süresine göre değişiklik göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı, okalıptüs, kayın ve kavak odunlarından üç farklı kombinasyonda ve üç farklı tutkal ile üretilen kontrplakların fiziksel özelliklerinden hava kurusu yoğunluk, kalınlığına şişme ve su alma miktarlarının incelenmesi ve hızlı büyüyen bir ağaç türü olarak okalıptüsün, hızlı büyüyen kavak ve yavaş büyüyen kayın odunundan elde edilen farklı kombinasyonlardaki kontrplakların karşılaştırılmasıdır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Kontrplakların elde edilmesinde, okalıptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden), kayın (*Fagus orientalis* L.) ve kavak (*Populus x euramericana* I-214) odunlarından elde edilmiş soyma kaplamalar ve ÜF (üre-formaldehit), MÜF (melamin-üre formaldehit) ve FF (fenol-formaldehit) tutkalları kullanılmıştır. Okalıptüs tomrukları (ortalama çap:30cm) Karabucak-Tarsus’dan, kayın (ortalama çap:55 cm) ve kavak tomrukları (ortalama çap: 40 cm) Yenice-Karabük’ten elde edilmiş ve özel bir kontrplak fabrikasında 3 mm kalınlıkta soyma kaplamalar üretilmiş ve kurutulmuştur. Kavak tomruklarından ağaç kesildikten bir gün sonra, okalıptüs tomruklarından 3 gün sonra soyma kaplamalar üretilmiştir. Kayın tomrukları yaklaşık 40 saat okalıptüs tomrukları yaklaşık 15 saat, 70-80°C sıcaklıkta buharlanmıştır. Soyma makinesinin hızı kayın ve kavak kaplamalarda 25-30 m/dk, okalıptüslerde ise 15-20 m/dk olarak ayarlanmıştır. Kullanılan tutkallar özel bir tutkal üreticisinden temin edilmiştir. Kuru madde miktarı FF tutkalında %47, ÜF tutkalında %52 ve MÜF tutkalında %55’dir.

2.2. Yöntem

Tutkal kaplama levhalarının sadece bir yüzüne 200 g/m² olacak şekilde sürülmüştür. ÜF ve MÜF tutkalları hazırlanırken sertleştirici olarak amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) kullanılmıştır. FF tutkalına katkı veya dolgu maddesi katılmamıştır. Tutkal karışımları ve pres şartları Çizelge 1’de verilmiştir. Kontrplaklar 5 tabakalı olarak laboratuvar tipi elektrik ısıtmalı bir hidrolik preste üretilmiştir. Her grup için 5 adet levha üretilmiştir. Tutkalamadan sonra ön presleme yapılmamıştır. 1. kombinasyonda dış tabakalar kayın ortadaki 3 tabaka okalıptüs (Tip I), 2. kombinasyonda dış tabakalar kayın ortadaki 3 tabaka kavak (Tip II) ve 3. kombinasyonda dış tabakalar okalıptüs ortadaki 3 tabaka kavak (Tip III) olarak oluşturulmuştur. Presleme işleminden sonra levhalar 1 hafta üst üste konup bekletilmiş sonra test örnekleri hazırlanmıştır. Hava kurusu yoğunluk (D₁₂) TS EN 323’de, kalınlığına şişme (KŞ) ve su alma (SA) TS EN 317’de belirtilen esaslara göre (Formül 1, 2 ve 3) belirlenmiştir. Deney parçaları kontrplak kalınlığında ve 50±1 mm genişlik ve kalınlığa sahip kare şeklinde kesilmiştir. Her grup için 30 deneme örneği D₁₂ ölçümleri için, 20 deneme örneği KŞ ve SA ölçümleri için hazırlanmıştır. KŞ ve SA Deney örnekleri testlerden önce klima edilmiş ve sonra suya daldırılmıştır. Sudan çıkarıldıktan sonra yüzey suyu hafifçe silinmiş ve kalınlığı ve ağırlığı alınmıştır. Daha sonra tekrar suya daldırılmıştır. Bu şekilde ilk daldırmadan 2, 24, 168 ve 336 saat sonra dört defa ölçüm yapılmıştır. Aslında KŞ ve SA testleri pratikte 2 ve 24 saatlik sürelerde yapılmaktadır. Ancak farklı kombinasyonda üretilen bu kontrplakların uzun süreler sonundaki davranışlarını inceleyebilmek için 168 ve 336 saatlik sürelerde de ölçümler yapılmıştır. Hesaplamalar aşağıdaki formüle göre yapılmıştır. Elde edilen bulguların SPSS programında istatistik analizleri yapılmıştır. Süre, kombinasyon tipi ve tutkal türünün KŞ ve SA üzerine etkisi üç yönlü varyans analizi (Three-way ANOVA) ile ve bu faktörlere ait grupların ortalamaları arasındaki farklar Tukey

HSD (Tukey Honestly Significant Difference) çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

$$D_{12} = \frac{W_{12}}{V_{12}} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (1)$$

Burada D_{12} : hava kurusu yoğunluk (kg/m^3), W_{12} : deney parçasının hava kurusu haldeki ağırlığı (kg), V_{12} : deney parçasının hava kurusu haldeki hacmidir (m^3)

$$K\text{Ş} = \frac{k_2 - k_1}{k_1} \times 100 \quad (2)$$

Burada KŞ: kalınlığına şişme miktarı (%), k_1 : deney parçasının suya daldırmadan önceki kalınlığı (mm), k_2 : deney parçasının suya daldırmadan sonraki kalınlığı (mm).

$$SA = \frac{a_2 - a_1}{a_1} \times 100 \quad (3)$$

Burada SA: su alma miktarı (%), a_1 : deney parçasının suya daldırmadan önceki ağırlığı (g), a_2 : deney parçasının suya daldırmadan sonraki ağırlığı (g).

3. Bulgular ve tartışma

Bu çalışmada üç farklı kombinasyonda ve üç farklı tutkal türü ile üretilen 5 tabakalı kontrplakların hava kurusu yoğunluk miktarları ortalama değerleri, standart sapmaları ve varyasyon katsayıları Çizelge 2’de verilmiştir. Elde edilen bu bulgulara göre Tip I kombinasyonunda üretilen kontrplakların yoğunlukları diğer ikisine göre ve Tip II nin yoğunluğu da Tip III’e göre daha yüksek ölçülmüştür. Bunun birkaç temel sebebi bulunmaktadır; kontrplağın yoğunluğunun elde edildiği odunun yoğunluğuna göre değişmesidir. Yüksek yoğunluğa sahip odunlardan yüksek yoğunluğa sahip kontrplaklar elde edilir. Bir diğeri pres basıncıdır. Pres basıncı arttıkça elde edilen kontrplağın yoğunluğu da artar ve son olarak kullanılan tutkal miktarı, dolgu maddeleri ve katkı maddelerinin miktarıdır. Bunların kullanım miktarı arttıkça kontrplak yoğunluğu da artar. Ayrıca kaplama kalınlığı da yoğunluğu etkiler ve ince kaplamalardan üretilen kontrplakların yoğunluğu, diğer şartlar aynı ise, daha kalın kaplamalardan üretilen kontrplakların yoğunluğundan yüksek olur (Özen, 1981; Örs vd, 2002). Kontrplağın fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen temel faktör yoğunluktur. Yüksek yoğunluğa sahip kontrplakların mekanik özellikleri yüksektir.

Çizelge 3’de 4 farklı sürede ölçülen KŞ ve SA testlerine ait bulgular verilmiştir. Bu bulgulara göre genel olarak KŞ ve SA miktarlarının da arttığı görülmektedir. KŞ miktarları

2 saatlik süre sonunda Tip I’de MÜF ile üretilen örneklerde %1.02 ile Tip III’de FF ile üretilen örneklerde %2.58 aralığında değişmektedir. 336 saatlik süre sonunda yapılan ölçümlerde ise en düşük Tip III ve MÜF ile üretilen örneklerde %3.38 ve en yüksek Tip I’de FF ile üretilen örneklerde ölçülmüştür.

Su alma miktarı ise 2 saatlik süre sonunda en düşük Tip I’de MÜF ile üretilen örneklerde %13.07 ve en yüksek Tip III’de FF ile üretilen örneklerde %30.84 ölçülmüştür. 336 saat sonunda ise en düşük su alma yüzdesi Tip I’de MÜF ile yapılandırılan örneklerde ve en yüksek Tip III’de FF ile yapılandırılan örneklerde %105.9 ölçülmüştür. Diğer tüm bulgular bu değerler aralığında yer almıştır.

Sürenin, tutkal türünün ve kombinasyon tipinin (dış ve iç tabakalarda kullanılan odun türünün) ayrı ayrı etkilerini inceleyebilmek için varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4’te gösterilmiştir. Elde edilen bu istatistik sonuçlarına göre; tutkal türünün, kombinasyon tipinin ve sürenin KŞ ve SA testleri üzerine istatistiksel olarak önemli seviyede ($P < 0.001$) etkili olduğu belirlenmiştir. Diğer ikili ve üçlü etkileşimlerde (KŞ’de üçlü etkileşim hariç) önemli bulunmuştur.

Genel olarak böyle bir çalışmada sürenin ve kontrplak kombinasyonunun önemli seviyede etkili olabileceği beklenebilir. Ancak, tutkal türünün hem kalınlığına şişme hem de su alma testlerinin sonuçları üzerine önemli seviyede etkili olabileceği öngörülmeyebilir. Her üç tutkalda formaldehit esaslı tutkaldır ve sıcaklık etkisi ile kürlenmektedir. Yapışma direnci bakımından aralarında önemli farklar vardır. Fakat KŞ ve SA yüzdeleri bakımından fark olması beklenmeyebilir. Ancak, elde edilen bu sonuçlar literatürde ki bazı çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Özen (1981) yapmış olduğu çalışmada kayın ve kızılğaç kaplamaları ile ÜF ve FF tutkalları ile üretilen kontrplaklar üzerinde yaptığı KŞ ve SA testlerinde benzer sonuçlar elde etmiştir. Aynı çalışmada; Schneider’e göre; sertleşmiş ÜF tutkalının denge rutubetinin, 20°C ’de ve %58 bağıl nem ortamında %11.0 iken, sertleşmiş FF tutkalının %38.6 olduğunu, aynı şartlarda ağacın denge rutubetinin ÜF’nin denge rutubetine yakın olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle FF ile yapılandırılmış yonga levha ve kontrplak benzeri ağaç malzemelerin su alma miktarları ÜF ile yapılandırılmış olanlarınkinden daha yüksek olduğunu ve bu fazlalığın yapıştırma için kullanılan FF tutkalının kontrplak genel ağırlığına katılma oranına göre değiştiğini bildirmiştir. Ayrıca kontrplaklarda kalınlık artımının, pres basıncı nedeniyle azalmış olan kalınlığın zamanla başlangıçtaki duruma gelmesi, yani zahiri kalınlık artımı ve ağacın lif doygunluk noktasına kadar adsorbe ettiği suyun neden olduğu gerçek kalınlık artımı şeklinde iki farklı şekilde olduğu ve bunların her ikisinin iç içe olup pratik olarak ayrılamayacağını bildirmiştir (Özen, 1981).

Çizelge 1. Tutkal karışımları ve pres şartları

Tutkal tipi	Tutkal miktarı (Birim)	Buğday Unu (Birim)	Sertleştirici (Birim)	Pres süresi (dk)	Pres basıncı (kg/cm^2)	Pres sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)
ÜF	100	30	10	24	Tip I için 12, Tip II ve III için 8	110
MÜF	100	15	10	24		110
PF	100	0	0	24		140

Çizelge 2. Kontrplakların hava kurusu yoğunlukları

	Hava Kurusu Yoğunluk (kg/m ³)								
	KAYIN-OKALİPTÜS-KAYIN (Tip I)			KAYIN-KAVAK-KAYIN (Tip II)			OKALİPTÜS-KAVAK-OKALİPTÜS (Tip III)		
	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF
x	667	642	636	537	519	527	503	511	504
s	33.9	40.6	29.3	21.9	17.6	22.9	25.8	25.6	23.1
v	5.1	6.3	4.6	4.1	3.4	4.3	5.1	5.0	4.6
n	30	30	30	30	30	30	30	30	30

x: aritmetik ortalama, s: standart sapma, v: varyasyon katsayısı, n: örnek sayısı

Çizelge 3. Kalınlığına şişme ve su alma miktarları

n:20	Tutkal		KŞ (%)					SA (%)			
			2 s	24 s	168 s	336 s	2 s	24 s	168 s	336 s	
TİP I											
ÜF	x	1.23	4.34	5.39	5.65	13.60	35.14	47.41	61.9		
	s	0.31	0.51	0.55	0.52	1.68	3.15	3.4	4.21		
MÜF	x	1.02	3.36	4.46	4.55	13.07	29.31	39.68	49.5		
	s	0.22	0.52	0.41	0.45	2.53	4.56	4.04	5.4		
FF	x	1.29	4.86	5.82	5.90	16.16	44.11	67.98	78.77		
	s	0.2	0.6	0.54	0.56	2.86	5.32	6.75	7.59		
TİP II											
ÜF	x	1.95	4.24	4.46	4.75	22.1	54.55	71.22	96.18		
	s	0.5	0.55	0.53	0.63	4.41	3.24	3.04	4.08		
MÜF	x	1.37	3.64	3.79	3.88	21.87	51.65	70.81	83.3		
	s	0.22	0.36	0.41	0.4	2.88	4.26	4.35	5.96		
FF	x	2.26	4.89	5.23	5.19	28.5	62.29	87.03	100.57		
	s	0.33	0.4	0.53	0.5	2.76	4.21	5.29	6.51		
TİP III											
ÜF	x	2.28	4.09	4.19	4.43	28.94	56.15	84.14	102.67		
	s	0.26	0.25	0.25	0.33	4.33	3.14	5.19	6.01		
MÜF	x	1.52	3.25	3.37	3.38	23.96	49.09	76.69	90.49		
	s	0.28	0.41	0.96	0.42	3.24	4.26	6.51	6.88		
FF	x	2.58	4.63	5.05	5.14	30.84	60.16	89.74	105.9		
	s	0.46	0.4	0.54	0.49	3.3	5.01	10.45	10.25		

Çizelge 4. Kalınlığına şişme ve su alma testlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans kaynağı	SD	Kalınlığına şişme			Su alma			
		Ortalama kareler	F	Önem düzeyi	SD	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
TT	2	98.7	460.1	0.000	2	12493.4	474.8	0.000
KT	2	6.5	30.2	0.000	2	43861.2	1666.9	0.000
SR	3	364.3	1697.5	0.000	3	136322	5180.7	0.000
TT * KT	4	0.9	4.1	0.003	4	501.1	19.0	0.000
TT * SR	6	2.1	9.7	0.000	6	872.2	33.1	0.000
KT * SR	6	14.3	66.7	0.000	6	1997.4	75.9	0.000
TT * KT * SR	12	0.3	1.5	0.105	12	153.6	5.8	0.000

TT: Tutkal Türü, KT: Kombinasyon Tipi, SR: Süre, SD: Serbestlik Derecesi.

Benzer şekilde, Uysal ve Kurt (2005) tarafından farklı tutkallarla üretilen çam, kavak ve dut odunlarından üretilen LVL üzerinde su buharı ile yaptıkları denemelerde FF ile üretilen LVL'lerin ÜF ile üretilenlerden daha fazla su buharı

aldıklarını ve daha fazla kalınlığına şişme yaptıklarını belirlemişlerdir. Uysal (2005) sarıçam ve Karadeniz göknarı odunlarından ÜF, FF, PVAc ve VTKA tutkalları ile elde edilen LVL'lerin farklı sürelerde su buharına maruz

kalmadan sonra ağırlıkça artma miktarını ve radyal yönde şişme miktarının FF ile üretilen levhalarda daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Shukla ve Kamdem (2009) tarafından lale ağacı (*Liriodendron tulipifera*) odunundan PVAc, ÜF, MÜF ve MF tutkalları ile üretilen LVL'nin KŞ ve SA miktarları 2 ve 24 saat sürelerde test edilmiş ve ÜF ile üretilen levhaların diğerlerine göre daha fazla KŞ ve SA yüzdelere sahip olduğu belirlenmiştir.

Literatürdeki bu bilgiler yanında, FF ile üretilen kontrplaklardaki KŞ ve SA miktarlarının diğerlerine oranla daha yüksek çıkmasının bir diğer nedeni; FF kullanılan levhalarda pres sıcaklığı 140°C, ÜF ve MÜF kullanılan levhalarda ise 110°C olmasından dolayı, preslemeden sonra test örneklerinin ortalama rutubetlerindeki farklılıklar olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 5'de KŞ ortalama değerleri üzerine etki eden tutkal türü, kontrplak tipi ve süre faktörlerine ait Tukey çoklu ayırım testi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre; en az KŞ miktarı MÜF tutkalında, en fazla FF tutkalında, en az Tip III kombinasyonu kontrplakta, en fazla Tip I kombinasyonu kontrplakta ve en az 2 saatlik sürede en fazla 336 saatlik sürede ölçülmüştür. Fakat 168 ile 336 saatlik sürelerdeki KŞ miktarları arasında önemli farklılık belirlenmemiştir.

Çizelge 6'da SA ortalama değerleri üzerine tutkal türü, kombinasyon tipi ve süre faktörlerinin etkisine ilişkin Tukey çoklu ayırım testi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre: En az SA miktarı MÜF, en fazla FF ile üretilen kontrplaklarda, en az Tip I kombinasyonu kontrplakta ve en fazla tip III kombinasyonu kontrplakta, süre faktöründe ise en az 2 saatte ve en fazla 336 saatte ölçülmüştür. KŞ ile SA miktarları arasında doğrusal-pozitif bir ilişki olduğunu gösteren ilgili grafik Şekil 1'de verilmiştir. En az SA miktarının Tip I'de ve en fazla Tip III'de ölçülmesinin sebebi ise kontrplak yoğunluğundan kaynaklanmaktadır. Yoğunluğu yüksek olan kontrplaklar düşük SA miktarına ve yüksek KŞ miktarına sahiptir. Yoğunluğu düşük olanlar ise tam tersi özelliktedir. Bu durum temelde odunun su alması sonucu daralma genişleme özelliği ile ilgilidir. Yoğunluğu yüksek olan odunların "daralma ve genişleme yüzdeleri"

yoğunluğu düşük olan odunlara göre büyükken, "içerisine alabileceği maksimum su alma yüzdeleri" düşüktür.

Tüm grupların KŞ ve SA değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 1'de verilmiştir, 2 saat sonunda yapılan ölçümlerde KŞ ile SA arasındaki ilişki doğrusal ve güçlü-pozitifdir (Şekil 1-A). Diğer bir deyişle fazla su alan örnekler aynı zamanda fazla kalınlığına şişme yapmıştır ($R^2:0.69$). Fakat bu ilişkinin gücü 24 saat sonunda yapılan ölçümlerde zayıf-pozitif şeklindedir ($R^2:0.10$). 168 saat sonunda yapılan ölçümlerde ise ilişkinin yönü değişmiştir ve zayıf-negatif olarak gerçekleşmiştir ($R^2:0.02$). 336 saat sonunda yapılan ölçümlerde ise bu ilişki yine zayıf-negatif olarak gerçekleşmiştir ($R^2:0.03$). Bu durum Çizelge 5'de verilen KŞ miktarı üzerine sürenin etkisinde de belirgindir. 168 saat ile 336 saatlik süreler sonunda yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. 168 saatten sonra SA devam ederken KŞ son derece azalmıştır. Bu farklılıktan dolayı, grafikten de görüleceği üzere, ilişki zayıf-negatif olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde, Shukla ve Kamdem (2009) tarafından yapılan bir çalışmada farklı tutkal türleri ile üretilen LVL'de, 2 saatlik daldırma sonrası ölçülen KŞ ile SA yüzdeleri arasında doğrusal ve pozitif-güçlü bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

4. Sonuç ve öneriler

Yapılan bu çalışmada kayın, melez kavak ve okalıptüs kaplamaları ile ÜF, MÜF ve FF tutkalları kullanılarak 3 farklı kombinasyonda 5 tabakalı kontrplak levhaları üretilmiş ve üretilen levhaların D₁₂, KŞ ve SA gibi fiziksel özellikleri ölçülmüştür. Sonuçlara göre;

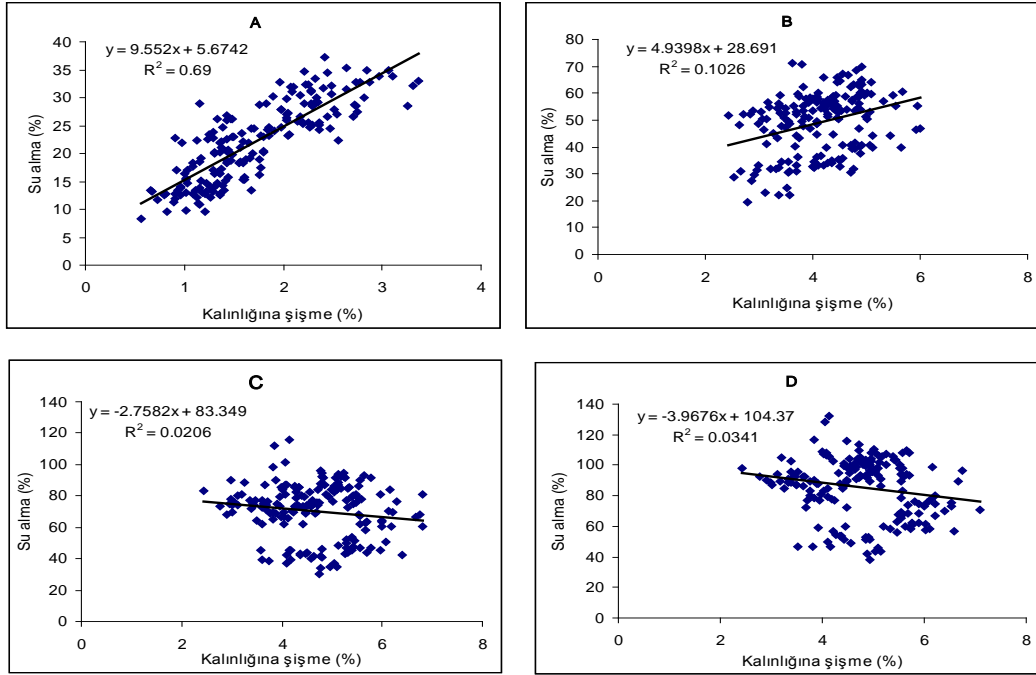
- Tutkal türüne göre en düşük KŞ ve SA miktarları MÜF tutkalı ile üretilen levhalarda, en yüksek FF ile üretilen levhalarda ölçülmüştür. Bunun olası sebeplerinin, FF tutkalının denge rutubetinin aynı ortam şartlarında ÜF'den çok daha yüksek olması ve FF tutkalı ile 140°C'de üretilen test örneklerinin preslemeden sonra daha düşük rutubet seviyelerine sahip olmasından kaynaklandığı söylenebilir.
- Ağaç türüne göre en düşük kalınlığına şişme okalıptüs-kavak kombinasyonunda, en düşük su alma miktarı ise kayın-okalıptüs kombinasyonunda ölçülmüştür.

Çizelge 5. KŞ ortalama değerlerinin tutkal türü, kontrplak tipi ve süre faktörlerine göre Tukey çoklu ayırım testi sonuçları

	Tutkal türü		Kombinasyon Tipi		Süre			
	n	Gruplar	n	Gruplar	n	Gruplar		
MÜF	240	3.1 a	Tip III	240	3.6 a	2	180	1.7 a
ÜF	240	3.9 b	Tip II	240	3.8 b	24	180	4.1 b
FF	240	4.4 c	Tip I	240	3.9 c	168	180	4.6 c
						336	180	4.7 c

Çizelge 6. SA ortalama değerlerinin tutkal türü, kombinasyon tipi ve süre faktörlerine göre Tukey çoklu ayırım testi sonuçları

	Tutkal türü		Kombinasyon Tipi		Süre			
	n	Gruplar	n	Gruplar	n	Gruplar		
MUF	240	49.9 a	Tip I	240	41.3 a	2	180	22.1 a
UF	240	56.1 b	Tip II	240	62.5 b	24	180	49.1 b
FF	240	64.3 c	Tip III	240	66.5 c	168	180	70.5 c
						336	180	85.4 d



Şekil 1. 2 (A), 24 (B), 168 (C) ve 336 (D) saat suda bekletme sonrası KŞ ile SA arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler, regresyon denklemleri (y) ve belirtme katsayıları (R²)

- Elde edilen tüm bulgular süre faktörüne göre 4 grupta KŞ ve SA arasındaki regresyon ilişkisi belirlenmiş ve bu ilişkinin 2 saat sonunda güçlü-pozitif, 24 saat sonunda zayıf-pozitif, 168 ve 336 saat sonunda ise zayıf-negatif olduğu tespit edilmiştir.

Kombinasyonlar karşılaştırıldığında *E.grandis*'in fiziksel özellikler bakımından kayın odununa yakın değerler verdiği görülmektedir. *E.grandis* odunundan elde edilen kaplamalar, görünüşün önemli olmadığı yerlerde kullanılacak kontrplaklarda dış tabakalarda, diğerlerinde iç tabakalarda kullanılabilir.

Teşekkür

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi araştırma projeleri yönetim birimi başkanlığı tarafından 2009/3-2D numaralı proje kapsamında hazırlanmıştır. Vermiş oldukları destekten dolayı KSÜ BAP başkanlığına teşekkür ediyoruz.

Kaynaklar

- Adalı, F., 1944. Sağlık Ağacı Okalıptüs, Ziraat Vekaleti Neşriyat Müdürlüğü Genel Sayı:609, Pratik Kitaplar Sayı:3, İstanbul, S:146.
- Anonim, 2012, *Okalıptüs grandis* plantasyonları projesi. MOPAK internet sitesi, www.mopak.com.tr, (Erişim tarihi: 13.05.2012).
- Aydın, İ., Çolak, S., Çolakoğlu, G., Salih E., 2004. A comparative study on some physical and mechanical properties of laminated veneer lumber (LVL) produced from beech (*Fagus orientalis* L.) and eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) veneers, Holz Roh Werkst 62: 218–220.
- Carvalho, A.M., Lahr, F.A.R., Bortoletto, G., 2004. Use of Brazilian eucalyptus to produce LVL panels, For Prod J 54 (10):61-64.
- Castro, G., Paganini, F., 2003. Mixed glued laminated timber of poplar and *Eucalyptus grandis* clones, Holz als Roh-und Werkstoff 61: 291-298.

- Çolak, S., Aydın, İ., Çolakoğlu, G., 2003. Okalıptüs ağacının farklı yüksekliklerinden alınan tomruklardan üretilmiş kontrplakların bazı mekanik özellikleri, Doğu Akdeniz Ormançılık Araştırma Müdürlüğü, DOA dergisi, Sayı:9, 2003, Tarsus.
- Dias, F.M., Lahr, F.A.R., 2004. Alternative castor oil-based polyurethane adhesive used in the production of plywood, Materials Research, 7 (3): 413-420.
- Gürboy, B., Özden, Ö., 1994. *E.camaldulensis* ve *E. Grandis* odununun hacim-ağırlık değerleri ve lif morfolojisi, İÜ Orman fakültesi Dergisi A serisi, V:44, S:101,106
- Gürses, M., K., 1990: Dünya'da ve Türkiye'de Okalıptüs. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, 1990/1, İzmit, s. 1-19.
- Gürses, M.,K., Gülbaba, A.G., Özkurt, A., 1995. Türkiye'de okalıptüs yetiştiriciliğinin geliştirilmesi hakkında rapor, Doğu Akdeniz Ormançılık Araştırma Müdürlüğü, DOA dergisi, Sayı:1.
- Iwakiri, S., Neto, R., A., de Almeida, B. C., Biasi, C.,P., Chies, D., Guisantes, F.P., Franzoni, J.A., Rigatto, P.,A., Bettega, W., P., 2006. Evaluation of quality of phenolic plywood manufactured from *Eucalyptus grandis*. Ciência Florestal, Santa Maria, 16 (4): 437-443.
- Kojima, M., Yamamoto, H., Yoshid, M., Ojio, Y., Okumura, K., 2009, Maturation property of fast-growing hardwood plantation species: a view of fiber length, Forest Ecology and Management 257 (2009) 15–22
- Kurt, R., Mengeloğlu, F., Çavuş, V., 2008. Okalıptüs odununun kullanımında yeni alanlar. I. Ulusal Okalıptüs Sempozyumu Bildiriler Kitabı, S:84.
- Örs, Y., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak S., 2002. Kayın, okume ve kavak soyma kaplamalarından farklı kombinasyonlarda üretilen kontrplakların bazı teknik özelliklerinin karşılaştırılması. Politeknik Dergisi, 5 (3): 257-265
- Özen, R., 1981. Çeşitli Faktörlerin Kontrplağın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yaptığı Etkilere İlişkin Araştırmalar. KTÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Fakülte yayın No:120, S:168. Trabzon.
- Saviana, J., Sosa, Z.M.A, Piter J.C., 2009. Bending strength and stiffness of structural laminated veneer lumber manufactured

- from fast-growing Argentinean *Eucalyptus grandis*. Maderas. Ciencia Y Tecnología 11(3): 183-190.
- Shukla, S.R., Kamdem, P.D., 2009. Properties of laboratory made yellow poplar (*Liriodendron Tulipifera*) laminated veneer lumber: effect of the adhesives. European Journal of Wood and Wood Product, 67: 397-405.
- Şahin, A., 1998. Okaliptüs odunundan üretilen kontrplakların bazı teknolojik özellikleri üzerine tomruk buharlama süresinin etkisi. Yüksek lisans tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tan, H., 1999. Tarsus karabucak yöresi buharlanmış ve buharlanmamış okaliptüs odununun (*E.camaldulensis* Dehn.) bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tüfekçi, S., 2001. Odun Kömürü ve Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odun Kömürünün Özellikleri. DOA Dergisi, Sayı:7, Tarsus.
- Uysal B., Kurt Ş., 2005. Dimensional stability of laminated veneer lumbers manufactured by using different adhesives after the steam test. G.U. Journal of Science, 18 (4): 681-691.
- Uysal B., 2005. Bonding strength and dimensional stability of laminated veneer lumbers manufactured by using different adhesives after the steam test, International Journal of Adhesion & Adhesives, 25: 395-403.

Isıl işlemin meşe (*Quercus petraea* L.) ağaç malzemedeki yapışma direncine etkileri

Raşit Esen^{a,*}, Cemal Özcan^a

^a Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Karabük

* İletişim yazarı/Corresponding author: resen@karabuk.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 14.12.2011, Kabul tarihi/Accepted: 22.06.2012

Özet: Isıl işlem yöntemi, kimyasal maddeler kullanmadan ağaç malzemenin korunması için yapılan bir koruma yöntemidir. Bu çalışmada meşe (*Quercus petraea* L.) ağaç malzemenin elde edilen deney örnekleri 170,190 ve 210 °C sıcaklıklarda 2,6 ve 10 saat süre ile ısıtılmasına maruz bırakılmıştır. Isıl işlem yapıldıktan sonra deney örnekleri poliüretan (PUR), fenol-formaldehit (FF), melamin-üre-formaldehit (MUF) ve melamin-formaldehit (MF) tutkalları kullanılarak yapıştırma direnci belirlenmiştir. Sonuç olarak ısıtılma işlemi yapışma direncini olumsuz etkilemektedir. En yüksek yapışma direnci melamin formaldehit tutkalı ile yapıştırılan 2 saat süre ile 170 °C sıcaklıkta ısıtılma işlemi gören meşe ağaç malzemesinde belirlenmiştir. En düşük yapışma direnci 210 °C sıcaklıkta 10 saat süre ile ısıtılma işlemi görmüş meşe ağaç malzemesinin poliüretan tutkal ile yapıştırılan örneklerden elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Isıl işlem, Yapışma direnci, Ağaç malzeme, Yapıştırıcılar

The effects of heat treatment on shear strength of oak (*Quercus petraea* L.) wood

Abstract: The heat treatment is a protective method of wood material that without any chemical materials in the machining industry. The test samples were prepared from oak (*Quercus petraea* L.). Firstly, the samples were exposed to heat treatment conditions at 170-190 and 210 °C, 2-6 and 10 h. After finishing heat treatment process, shear strength of experiment samples which were bonded with polyurethane (PUR), phenol-formaldehyde (FF), melamine-formaldehyde (MF), melamine-urea-formaldehyde (MUF) were determined. As a result of effect of heat treatment is negative on shear strength. While the highest shear strength value was determined bonded melamine-formaldehyde (MF) at 170 °C heat treatment during 2 hour from oak wood material, the lowest shear strength value was obtained bonded polyurethane (PUR) at 210 °C heat treatment during 10 hour from oak wood material.

Keywords: Heat treatment, Shear strength, Wood material, Adhesives

1. Giriş

Deneysel ve ticari amaçla uygulanmaya başlanan ısıtılma işlem yöntemleri; ağaç malzemenin ısıtılması için buhar kullanılan Fin (ThermoWood) yöntemi, buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı Plato yöntemi, inert gaz kullanılan Fransız (Rectification) yöntemi ve sıcak yağ kullanılan Alman (OHT) yöntemidir (Rapp, 2001). Isıl işlem görmüş malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri, malzemenin bu kullanım alanlarındaki performansını etkilemektedir. Elastikiyet modülü, eğilme direnci ve basınç direnci yük taşıyıcı yapı elemanları için önem teşkil etmektedir. Boyutsal stabilizasyon ise sauna, banyo ve bahçe mobilyaları gibi rutubetli ortamlarda kullanılan ağaç malzeme için önemli bir faktördür.

Önceki dönemlerde yapılan benzer çalışmalar, ağaç malzemenin ısıtılma işlemi sonrası mekanik-fiziksel özellikleri ve teknolojik özellikleri ele alınmıştır. Isıl işlem sırasında ağaç malzemesinde, hemiselüloz, selüloz ve ligninin bozulmasıyla kimyasal değişiklikler meydana gelir (Inari vd., 2007; Alen vd., 2002) Ağaç malzemenin kimyasal bileşiminde ve anatomik yapısının değişime uğraması ile yapışma direnci de etkilenmektedir.

Isıl işlem uygulanmış odununda higroskopiklikteki kayıp ısıtılma işlemi süresince odunun hidrosil gruplarının kademeli kaybına bağlıdır. Bu termal olarak inaktivite edilen

odunun zayıf yapışmasından sorumlu olacağını tespit etmişlerdir (Sernek, 2002). Yüksek sıcaklıklardaki ısıtılma işlemi gerçekleşirken ağaç malzemenin mekanik özelliklerinde büyük oranda düşüş meydana gelmektedir (Vernois, 2000).

Ladin odunu panelleri ile PE (polietilen) yapıştırıcılar kullanılarak yapışma direnci ve ısıtılma işlemi etkisi belirlenmiştir. Testler sonucunda; ısıtılma işlemi sonucunda yüzeyde ki bağlanmayı sağlayan fonksiyonel grupların kopması ve bu yüzden kontak açısının arttığı belirtilmiştir. Bu sayede PE (polietilen) ve odun yüzeyi arasındaki bağlanma gücü ısıtılma işlemi görmemiş ahşap materyale göre çok daha fazla olduğu yapılan mekanik testler sonucunda belirlenmiştir (Follrich vd., 2006).

Şahin Kol vd. (2009) yapmış olduğu çalışmada thermowood yöntemi ile ısıtılma işlemi uygulanmış karaçam odununun, fenol-formaldehit (FF), melamin-üre-formaldehit (MUF), melamin-formaldehit (MF), poliüretan(PUR) ve üre-formaldehit (UF) tutkalları ile yapışma direncine etkisi araştırılmıştır. Isıl işlem uygulamasının yapışma direncini olumsuz yönde etkilediğini bildirmişler ve yapıştırıcılardan UF tutkalının en az etkilendiğini bildirmişlerdir.

Yapıştırma işlemi etkileyen bir başka faktörde ahşap pH değeridir. Isıl işlem sonucu asetik ve formik asidin oluşması sebebiyle ağaç malzemenin pH değeri azalmıştır (Boonstra vd., 2007). Ağaç malzemesindeki pH değerinin değişmesi yapıştırma için kullanılan tutkalın türüne bağlı

olarak yapıştırıcının kürlenmesini hızlandırabilir yada yavaşlatabilir (Sernek vd., 2008). Isıl işlem sonrasında ahşap malzemenin asidik artışı sonucu, fenol-formaldehit için kullanılan alkali sertleştiriciler nötrale olabilir ve tutkalın sertleşmesine engel olabilir (Pizzi, 1983).

Isıl işlem teknolojisi Türkiye’de son zamanlarda yaygınlaşan, çeşitli mekanlarda kullanım alanı yaygınlaşan bir ahşap koruma yöntemidir. Bu nedenle ısı işlem uygulanacak yerli ağaç türlerinin, ısı işlem sonrası tutkallama ve yapışma direnci özelliklerinin tespit edilmesi ve en uygun yapıştırıcının belirlenmesi, hem akademik hem de endüstriyel anlamda önemlidir.

Bu çalışmanın amacı sektörde suya maruz kalacak mekânlarda yaygın olarak kullanılan meşe (*Quercus petraea* L.) ağaç malzemenin, farklı süre ve sıcaklıklarda yapılan ısı işleminden sonra farklı tutkallarla yapıştırılması sonucu, en uygun ısı işlem ve yapıştırıcı türünün belirlenmesidir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Ağaç malzeme

Ağaç malzeme türü olarak yerli ağaç türlerinden meşe (*Quercus petraea* L.) ağaç malzemesi Karabük’ün Yenice ilçesi orman işletme müdürlüğünden temin edilmiştir. Ağaç malzemenin seçiminde kerestenin, kusursuz, normal büyüme göstermiş liflerinin düzgünlüğü, budaksız, ardaksız, mantar ve böcek zararına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir. Masif malzemeler 20 (±2) °C sıcaklık ve %65 bağıl nem laboratuvar şartlarında %12 rutubete ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Isıl işlem uygulanmadan önce tüm deney örnekleri eşit rutubet değerine getirilmiştir.

2.2. Tutkal

Yapıştırma işlemlerinde poliüretan (PUR), fenol-formaldehit (FF), melamin-üre-formaldehit (MUF) ve melamin formaldehit (MF) tutkalları kullanılmıştır. Kullanılan tutkallar GENTAS ve POLİSAN firmalarından temin edilmiştir. Kullanılan tutkalların özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

2.3. Isıl işlem

Meşe ağaç malzemenin hazırlanan deney taslakları 6*8*35 cm ebatlarında hazırlanarak 170, 190, 210 °C sıcaklıklarda ve 2, 6, 10 saat süre ile ısı işleme tabi tutulmuştur.

2.4. Deney örneklerinin hazırlanması

Meşe ağaç malzemesinden hazırlanan deney örnekleri BS EN 205 ve TS EN 12765 standartlarında belirtilen esaslara göre panel kalınlığı 5mm olacak Şekil 1.’de

10*20*150 mm net ölçülerinde hazırlanmıştır. Her gruptan 10’ar adet örnek hazırlanarak toplam 480 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deney örneklerinin tutkallama işlemlerinde; tutkal türüne bağlı olarak 180-200 gr/m² olacak şekilde ve üretici firma tarafından belirtilen sıcaklık, basınç ve süre değerlerine göre preslenmiştir.

2.5. Yapışma direnci testi

Deney örneklerinin yapışma yüzeyine 5 mm/dk yükleme hızıyla kademeli çekme kuvveti uygulanarak Üniwersal test cihazı tutkal hattından koparmaya çalışılmıştır (BS EN 204, 205).

Kopma anındaki maksimum kuvvet (Fmax) tespit edilerek yapışma direnci (σ_y);

$$\sigma_y = \frac{F \max}{A} \text{ N/mm}^2 \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.}$$

A=a x b= yapışma yüzey alanı (/mm²)

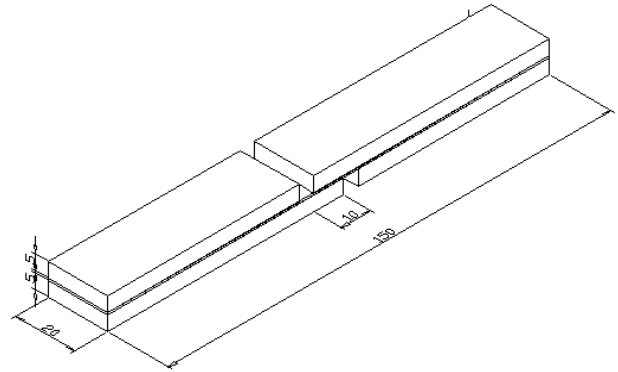
3. Bulgular

Isıl işlem görmüş meşe ağaç malzemenin hava kurusu özgül ağırlıkları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2’ de meşe ağaç malzemenin farklı sıcaklıklarda ısı işlem sonrasında ölçülen özgül ağırlıkları verilmiştir. Selüloz, lignin ve hemiselülozun bozunmasından dolayı ağaç malzemenin denge rutubeti ısı işlem sıcaklığı arttıkça düştüğü görülmektedir.

3.1. Yapışma direnci değerleri

Meşe ağaç malzeme örnekleri 170-190 ve 210 °C sıcaklıklarda 2,6 ve 10 saat süre ile ısı işleme maruz bırakıldıktan sonra poliüretan (PUR), fenol-formaldehit (FF), melamin-üre-formaldehit (MUF) ve melamin formaldehit (MF) tutkalları ile yapıştırılmış ve yapışma direnci belirlenmiştir. Elde edilen yapışma direnci sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir.



Şekil 1. BS EN 205 standardında belirlenen yapıştırma deneyi örneği

Çizelge 1. Tutkalların özellikleri

Tutkal Türü	Yoğunluk (20°C) (g/cm ³)	pH (20 °C)	Katı Madde (2saat °C) (%)	Viskozite (20 °C) (cPs)
PUR	1.11	7.0	5500	100
FF	1.20	11.0	300	47.6
(%30) MUF	1.28	9.2	600	64.9
MF	1.23	9.15	50	55.2

Çizelge 2. Ağaç malzeme hava kuru özgül ağırlıkları

	Kontrol	170 °C	190 °C	210 °C
Özgül Ağırlıkları (g/cm ³)	0,71	0,69	0,67	0,66

Çizelge 3. Ortalama yapışma direnci sonuçları

Tutkal Türü	Sıcaklık (°C)	Zaman (saat)	Ortalama	Std. Sapma	
	Kontrol	Kontrol		8,37	0,868
Phenol Formaldehide (FF)	170	2	9,39	0,922	
		6	8,12	0,775	
		10	5,06	0,313	
	190	2	8,36	0,668	
		6	7,50	0,477	
		10	5,01	0,301	
	210	2	4,76	0,457	
		6	4,20	0,274	
		10	4,02	0,460	
Melamine-Formaldehide (MF)	Kontrol	Kontrol	10,81	0,987	
	170	2	12,69*	0,714	
		6	7,41	0,639	
		10	5,60	0,576	
	190	2	8,27	0,827	
		6	5,53	0,526	
		10	4,53	0,440	
	210	2	6,09	0,430	
		6	4,85	0,186	
		10	4,50	0,379	
	Melamine-ure-formaldehide (MUF)	Kontrol	Kontrol	10,10	0,727
		170	2	11,50	0,794
			6	6,98	0,395
			10	6,23	0,367
		190	2	8,16	0,633
6			6,08	0,490	
10			5,11	0,511	
210		2	5,71	0,363	
		6	4,87	0,501	
		10	4,01	0,250	
Polyurethane (PUR)		Kontrol	Kontrol	10,31	0,659
		170	2	10,65	0,303
			6	7,59	0,273
			10	6,65	0,418
		190	2	11,27	0,369
	6		6,62	0,549	
	10		4,97	0,095	
	210	2	7,24	0,346	
		6	4,51	0,313	
		10	3,62	0,256	

Çizelge 3'te verilen yapışma direnci sonuçlarına göre; en yüksek yapışma direnci (12,69) 170 °C'de 2 saat süre ile ısıtılmış görmüş meşe ağaç malzemenin melamin-formaldehid tutkalı ile yapıştırılan örneklerden elde edilmiştir. En düşük yapışma direnci değeri (3,62) 210 °C'de 10 saat süre ısıtılmış görmüş meşe ağaç malzemenin poliüretan tutkal ile yapıştırılan örneklerden elde edilmiştir.

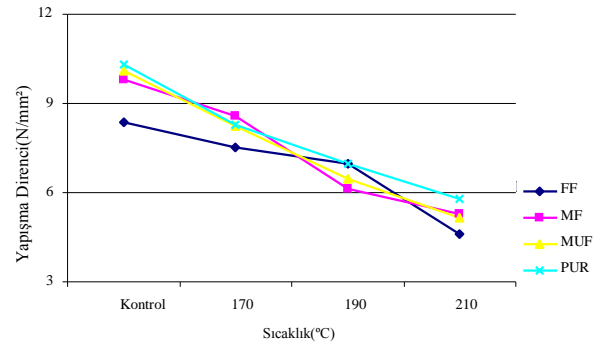
Yapışma direnci sonuçları; tutkal türü, sıcaklık dereceleri ve zaman bakımından farklı bulunmuştur. Bu farklılığın hangi faktörden kaynaklandığını bulmak amacıyla çoklu varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır ve sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre; sıcaklık, zaman ve sıcaklık-zaman etkileşimi anlamlı bulunurken, tutkal, tutkal-sıcaklık etkileşimi, tutkal-zaman etkileşimi ve tutkal-sıcaklık-zaman etkileşimi anlamsız bulunmuştur. Anlamlı bulunan gruplarda farklılık oluşturan grupları tespit etmek amacıyla Duncan testi yapılmıştır ve Çizelge 5'te verilmiştir.

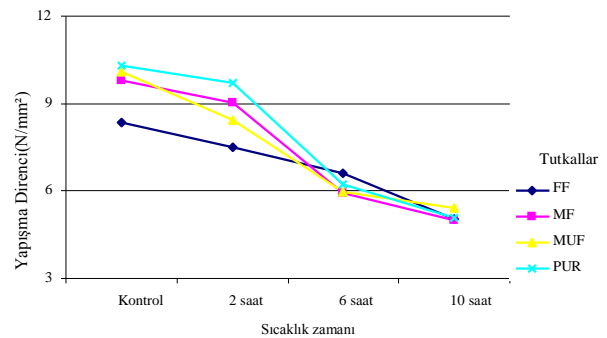
Sıcaklık türü ve zamana bağlı duncan testi sonuçlarına göre en yüksek yapışma direnci (9,64) en düşük ise; 210 °C ve 10 saat süre ile uygulanan gruplarda elde edilmiştir.

Yapışma direnci deneyi sonunda tutkal türü-sıcaklık etkileşiminin grafikleri Şekil 2'de verilmiştir. Sıcaklık ve tutkal türünün etkileşimindeki yapışma direnci sonuçlarına göre (Şekil 2) yapışma direnci en yüksek poliüretan tutkalı ile yapıştırılan kontrol meşe ağaç malzemesinde elde edilmiştir. En düşük yapışma direnci ise 210 °C sıcaklıkta ısıtılmış işlem gören meşe ağaç malzemenin fenol-formaldehid (FF) tutkalı ile yapıştırılan grupta bulunmuştur.

Yapışma direnci deneyi sonunda tutkal türü-Sıcaklık zamanı etkileşiminin grafikleri Şekil 3'de verilmiştir. Tutkal türü-Sıcaklık zamanı etkileşimindeki yapışma direnci sonuçlarına göre (Şekil 3) yapışma direnci en yüksek yapışma direnci poliüretan tutkalı ile yapıştırılan meşe ağaç malzemesinde elde edilmiştir. En düşük yapışma direnci değeri ısıtılmış işlem süresi 10 saat olan ısıtılmış işlem gören meşe ağaç malzemenin melamin-üre-formaldehid tutkal ile yapıştırılan gruplarında elde edilmiştir.



Şekil 2. Tutkal türü-sıcaklık etkileşiminin yapışma direncine etkisi



Şekil 3. Tutkal türü-sıcaklık zamanı etkileşiminin yapışma direncine etkisi

Çizelge 4. Varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	P Değeri (p<0,05)
Düzeltilmiş Model	1906,555058	39	48,88603	6,73928	0,000
Sabit Terim	16963,15881	1	16963,15881	2338,48913	0,000
Tutkal	33,20873108	3	11,06958	1,52602	0,207
Sıcaklık	467,4842579	2	233,74213	32,22297	0,000
Zaman	713,615655	2	356,80783	49,18843	0,000
Tutkal * sıcaklık	32,47097888	6	5,41183	0,74606	0,612
Tutkal * zaman	65,37025444	6	10,89504	1,50196	0,176
Sıcaklık * zaman	202,3336466	4	50,58341	6,97327	0,000
Tutkal * sıcaklık * zaman	99,60929723	12	8,30077	1,14432	0,323
Hata	2321,24697	320	7,25390		
Toplam	21684,83694	360			
Düzeltilmiş Toplam	4227,802028	359			

R = 384

Çizelge 5. Sıcaklık ve zamana bağlı Duncan testi sonuçları

Sıcaklık (°C)	Ortalama	H.G.	Zaman(h)	Ortalama	H.G.
210	5,2141	A	10	5,1327	A
190	6,6263	B	6	6,1899	B
170	8,1557	C	2	8,6735	C
Kontrol	9,6478	D	Kontrol	9,6478	C

H.G: Homojenlik Grubu

4. Sonuç ve öneriler

Meşe ağaç malzemenin özgül ağırlıkları incelendiğinde; kontrol örneklerine göre ısı işlem sıcaklıkları arttıkça özgül ağırlıklarında düşüş görülmüştür. Ağaç malzemeye uygulanan ısı işlem sonrasında, sıcaklık arttıkça kimyasal bozulmalar meydana gelmekte bundan dolayı özgül ağırlıkların değiştiği düşünülmektedir.

Yapılan çalışma sonucunda en yüksek yapışma direnci (9,64 N/mm²) poliüretan tutkalı ile yapıştırılan ısı işlem görmemiş meşe ağaç malzemedede, en düşük yapışma direnci (5,13 N/mm²); melamin-üre-formaldehit tutkalı ile yapıştırılan ve 210°C sıcaklık altında 10 saat süre ile ısı işlem görmüş meşe ağaç malzemededen elde edilmiştir. Isı işlem sıcaklığının ve süresinin ağaç malzemenin hem mekaniksel özelliklerini hem de yapışma özelliğini olumsuz etkileyeceği literatüre paralel bir sonuç olarak bulunmuştur (Korkut ve Kocaefe, 2009).

Yapılan araştırma sonucunda; meşe ağaç malzemeye uygulanan ısı işlem sonrasında yapışma direncinin düştüğü görülmüştür. Isı işlem uygulamasının ağaç malzemenin asidik değerini arttırmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca tutkal ağaç malzemeye daha az oranda nüfus etmiş, böylece mekanik bağ oluşumunu olumsuz etkilemiş olabilir.

Isı işlem görmüş ağaç malzemenin kullanılacağı mekânlarda, tutkal türü olarak poliüretan tutkal önerilebilir. Kullanım alanına göre ısı işlem sıcaklık ve süre seçiminin yapışma direnci sonuçları göz önüne alınarak seçilmesi önerilebilir.

Kaynaklar

- Alen, R., Kotilainen, R., Zaman, A., 2002. Thermochemical behavior of Norway spruce (*Picea abies*) at 180-225 °C. Wood Science and Technology, 36:163-171.
- Boonstra, M.J., Van Acker, J., Kegel, E., Stevens, M., 2007. Optimisation of the two-stage heat treatment process: durability aspects. Wood Science and Technology, 41:31-57.
- BS EN 205, 2003. Adhesives. Wood adhesives for non-structural applications. Determination of tensile shear strength of lap joints, British Standards Institution.
- Follrich, J., Uller, U. M., Gindl, W., 2006. Effects of thermal modification on the adhesion between spruce wood (*Picea abies* Karst.) and a thermoplastic polymer, Holz als Roh- und Werkstoff, 64:373-376.
- Inari, G.N, Petrissans, M., Gerardin, P., 2007. Chemical reactivity of heat-treated wood. Wood Science and Technology, 41:157-168.
- Korkut, S., Kocaefe, D., 2009. Isı işlemin odun özellikleri üzerine etkisi, Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi, 5 (2): 11-34.
- Pizzi, A., 1983. Wood adhesives: chemistry and technology. M. Dekker, New York, 416 pp.
- Rapp, A.O. (Ed.), 2001. Review of heat treatment of wood. In: Proceedings of COST E22 Environmental optimisation of wood protection. Antibes, France, pp.6.
- Sernek, M., 2002. Comparative analysis of inactivated wood surfaces. Virginia Polytechnic Institute and State University, Doctoral Dissertation, 179 p.
- Sernek, M., Boonstra, M., Pizzi, A., Despres, A., Gerardin, P., 2008. Bonding performance of heat treated wood with structural adhesives. Holz als Roh-und Werkstoff, 66(3):173-180.
- Şahin Kol, H., Uysal, B., Altun, S., Kurt, Ş., Özbay, G., 2009. Shear strength of heat treated pine wood (*Pinus nigra*) with some structural adhesives, Teknoloji D., Karabük, 12(1): 63-69.

TS EN 12765, 2004. Classification of thermosetting wood adhesives for non-structural applications, Turkish Standards Institution.

Vernois, M., 2000. Heat treatment of wood in France—state of the art, in: review on heat treatments of wood. Rapp A. O.

Proceedings of Special Seminar held in Antibes: Environmental optimisation of wood protection, Forestry and Forest Products Information and Documentation, Hamburg, Germany.

Orman ürünleri endüstrisinde kullanılan fenol ve melamin formaldehit tutkallarının paslanmaz çelik (AISI 316L) korozyonuna etkisi

Hüsnü Gerengi^a, Çağlar Akçay^{b,*}, Cengiz Güler^b, Halil İbrahim Şahin^b

^aDüzce Üniversitesi, Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu, Korozyon Araştırma Laboratuvarı, Düzce

^bDüzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce

* İletişim yazarı/Corresponding author: caglarakcay@duzce.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 23.12.2011, Kabul tarihi/Accepted: 12.07.2012

Özet: Korozyon genel anlamda, malzemenin bulunduğu ortamda özelliklerini kaybederek parçalanması ve kullanılamaz hale gelmesidir. Au, Pt, Ir ve Pd gibi soy metaller dışındaki tüm metaller buldukları ortama bağlı olarak korozyona çok daha hızlı uğramaktadırlar. Korozyon olayı endüstrinin her bölümünde kendini göstermektedir. Korozyona uğrayan cihazların bozulması veya arızalanması sonucu endüstri üretiminin azalması, korozyon ürünü malzemelerin insan sağlığı ve çevre açısından son derece zararlı olduğunun iyice anlaşılması, yeraltı maden yataklarının hızla tükeniyor olması gerçekleri korozyonun önemini arttırmaktadır. Tutkal üretimi esnasında kullanılan mikserler, tanklar ve borular ayrıca üretim sonrası yapılan sevkiyatlarda kullanılan sevkiyat kazanları genelde paslanmaz çelikten yapılmıştır. Bu çalışma ile orman endüstrisinde en yaygın kullanılan tutkallar arasında gösterilen fenol ve melamin formaldehit tutkallarının paslanmaz çeliğe olan korozif etkisi, korozyon ölçme metodlarından biri olan Elektrokimyasal empedans yöntemi (EIS) ile belirlenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır. Fenol formaldehit tutkalının melamin formaldehite göre daha korozif olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Fenol formaldehit, Melamin formaldehit, Korozyon, Paslanmaz çelik (AISI 316L), EIS

The corrosion effect of phenol and melamine formaldehyde glues used in the forest product industry on stainless steel (AISI 316L)

Abstract: Corrosion generally a means fragments and becomes unusable through the loss of its properties in its environment. All metals except the noble metals such as Au, Pt, Ir and Pd corrode quickly depending on their environment. Corrosion has been observed in all areas of industry. Decreases in industrial production through the breakdown of corroded devices, an understanding that corroded products are extremely harmful in terms of human health and environment and accelerated rate of using underground mineral deposits increases the importance of corrosion. Mixers, tanks and pipes used in the production of glue and shipment tanks used in the shipment of glue are generally made of stainless steel. In this study, the effect of corrosion by phenol and melamine formaldehyde glues which are indicated as the most commonly used glues in the forest industry, on stainless steel (AISI 316L) is determined and discussed through the electrochemical impedance method (EIS) which is one of the methods of measuring corrosion. Phenol formaldehyde glue was found to be more corrosive than melamine formaldehyde glue.

Keywords: Phenol formaldehyde, Melamine formaldehyde, Corrosion, Stainless steel (AISI 316L), EIS

1. Giriş

Korozyon reaksiyonları termodinamik ilkeler doğrultusunda incelendiğinde istemli süreçler olduğu görülecektir. Metaller tabiatta genellikle oksit ve sülfür bileşikleri halinde bulunurlar. Bu bileşikler halinde iken serbest enerjileri en düşük durumdadır. Minimum enerjiye eğilimi korozyon reaksiyonlarının temel gerçekleşme sebebidir. Yapılan araştırmalar korozyondan kaynaklanan zararların ülkemiz gayri safi milli hâsılanın % 2-5'i kadar olduğunu göstermiştir (Çoban, 2006). Açık atmosferde bulunan tanklar, depolar, betonarme direkleri, korkuluklar, taşıt araçları, yer altı boru hatları, rafinerilerde, deniz altılarında, fabrikalarda kullanılan birçok makine ekipmanları korozyon olayı ile karşı karşıyadır. Bütün bu yapılar korozyon olayı ile beklenenden daha kısa sürede servis dışı kalmakta ve büyük ekonomik kayıplar meydana gelmektedir (Uhlig ve Revie, 1985).

İngiltere devlet korozyon komitesinin yaptığı araştırmaya göre, İngiltere'de yıllık 1365 milyon paund korozyon ve korozyonun neden olduğu ekonomik kayıp söz konusudur (Kenneth, 1998). Korozyonun neden olduğu ekonomik kayıplar tahmin edilenlerin çok üstündedir. Örneğin, patlak

bir su borusunu değiştirmek ile o patlağın tespit edilinceye kadar neden olduğu ekonomik zarar, zaman ve iş kaybı kıyaslanamayacak kadar farklıdır.

Çelik, metalik demirin karbon, manganez, fosfor, silisyum, kükürt gibi birçok elementlerle bileşimi sonucu oluşan bir malzemedir. Dünyada metal üretiminin % 95'ini demir oluşturmakta ve demirin karbon ile yaptığı alaşımlar, orman endüstri sektörü de dâhil olmak üzere birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun sebebi demirin kristal yapısının sıcaklığa bağlı olarak değişen (allotropik) bir metal olması ve demir-karbon alaşımlarına ısıl işlemler veya alaşımlama yoluyla farklı özellikler kazandırılabilmesidir (Kayır ve Baççıl, 2008).

20. yüzyılın başlarında 28 milyon ton olan dünya demir çelik tüketimi bu yüzyılın sonunda 780 milyon tona ulaşmıştır. 2007 yılında dünya ham demir çelik üretimi 1 milyar 344 milyon ton olduğu rapor edilmiştir. Türkiye'de ise 2007 yılında, 25 milyon 760 bin ton ham demir üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu açıdan bakıldığında, çeliğin ne derece önemli bir malzeme olduğu daha iyi anlaşılacaktır (Kayır ve Baççıl, 2008).

Organik yapıştırıcılar, sentetik ve doğal yapıştırıcılar olmak üzere ikiye ayrılır. Özellikle orman ürünleri

sektöründe kullanılan sentetik yapıştırıcılar Duroplastlar, Termoplastlar ve Elastomerler olarak üçe ayrılırlar (Burdurlu,1984). Orman ürünleri sektöründe yongalevha, MDF ve kontrplak gibi ürünlerde daha çok duroplast (polikondenzasyonlu) tutkallar kullanılmaktadır. Bu ürünlerin kullanımı % 90'dan fazladır. Bunlar üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin formaldehit, resorsin formaldehit tutkallarıdır. Bu nedenle evlerde ve diğer ekstrem iklim koşulları için üretilen ahşap esaslı kompozit malzemelerde yapıştırıcıların meydana getirdiği korozyon etkisinin araştırılması çalışmanın esasını teşkil etmektedir.

Termoset tutkallar, çapraz bağ yapısına sahip olup ısı yoluyla sertleşen polimerlerdir. Bunlar genellikle sentetik tutkallar olarak bilinirler. Termosetler, katalizör veya ısı etkisiyle katılaşır ve bozunmadan tekrar eski haline getirilmeleri ya da yumuşatılmaları imkansızdır (Korucu ve Mengeloğlu, 2007). Çizelge 1'de bölgelere göre dünya toplam termoset üretimi verilmiştir.

Fenol formaldehit tutkalları 20. yüzyılın başlarında geliştirilen sentetik polimer sınıflarının en eski olanlarıdır. Bu tutkallar yüksek mukavemet, ahşap malzemeye iyi nüfuz edebilme ve üstün yapıştırma özelliklerinden dolayı laminasyon ve kompozitlerde kullanılmaktadır (Frihart, 2005). Fenol formaldehit, fenol ve formaldehitin bileşiminden oluşur. Fenol ham petrolden elde edilen altı karbonlu aromatik bileşiktir. Fenolün temel bileşenleri ise tolüen ve benzendir. Tolüen benzoik asitten dönüştürülür, benzen ise propilen ve kümen'in bir karışımıdır. Benzoik asit ile birleşerek fenolü oluşturur (Uysal ve Kurt, 2005).

Fenol formaldehit sıvı halde % 47'lik katı madde ihtiva etmektedir. Tutkal bu halde iken lamine ağaç malzeme veya tabakalı ağaç malzeme üretiminde kullanılmaktadır. Fenol formaldehit kondenzasyonu asidik veya alkali ortamda olmaktadır. Kondenzasyon suda çözülebilir durumda iken notralize edilir (Resol). Yapıştırma işleminde yarıda kalmış kondenzasyon, yüksek ısıda üç boyutlu ağlar oluşturacak şekilde ve sonunda çözülmeyen, erimeyen katı madde haline dönüşür. Buna C durumu (Resit) denilmektedir. Fenol formaldehitin kondenzasyonu reaksiyonu Şekil 1'de görülmektedir.

Fenol formaldehit havaya, birçok asit çeşitlerine, yağ ve asit çözücülerine karşı dayanıklıdır. Ekstrem iklim koşullarına karşı dayanıklılık gerektiğinde fenol formaldehit tutkalının kullanılması tercih edilmektedir.

Melamin tutkalları, 60 yıldan beri ticari olarak kullanılmaktadır. Melamin (1,3,5-triamino-2,4,6-triazine) ve formaldehiden oluşan önemli amino reçinelerindedir. Melamin formaldehitin kendisi dekoratif laminantlarda, tutkallarda, kaplamalarda ve diğer ürünlerde kullanılan sert ve katı bir polimerik maddedir. Düşük yanıcılık özelliği, sert ve katı madde olma gibi avantajlarından dolayı ağaç malzemenin özelliklerini iyileştirmektedir (Gindl vd., 2003).

Çizelge 1. Bölgelere göre dünya toplam termoset tutkal üretimi (URL 1)

Bölgeler	1994 (1000 ton)	2000 (1000 ton)	Yıllık ortalama değişme (1000 ton)
Kuzey Amerika	5500	6700	3.3
Güney Amerika	290	360	3.7
Batı Avrupa	5130	5900	2.4
Doğu Avrupa	2010	2190	1.4
Afrika/Ortadoğu	275	365	4.8
Asya/Okyanusya	3120	4205	5.1
Dünya Toplamı	12650	16135	4.1

Melamin formaldehit diğer tutkallara nazaran daha pahalı bir tutkal olduğundan dolayı genellikle üre formaldehit

belli oranlarda karıştırılarak kullanılır. Üre formaldehit ile % 25-75 oranında karıştırıldığında suya karşı önemli ölçüde dayanabilmektedir. Sulu çözeltisinin dayanım süresi çok kısa olduğundan dolayı toz halinde satılır (Fidan, 2005; Çavuş, 2008).

Melamin formaldehit tutkalı, melamin ve formaldehitin kondenzasyonu sonucu elde edilmektedir. Melamin formaldehit tutkalı üretiminde, reaksiyon ortamı pH'ı 5-6 olarak ayarlanır. 1 mol melamin 6 mol formaldehit ile karıştırılarak reaksiyon başlar ve kademeli olarak devam eder (Şekil 2). Reaksiyon ürünleri suda çözülebilir duruma geldiğinde reaksiyonun sonu beklenmeden çözeltinin nötrleştirilmesi ve soğutulmasıyla reaksiyon yarıda durdurulur. Reçine toz halindeyken kuru ve serin bir yerde saklandığında 1 yıl dayanabilmektedir (Fidan, 2005; Çavuş, 2008).

Melamin formaldehit, üre formaldehit gibi sadece asidik koşullar altında değil aynı zamanda nötral koşullarda ve alkali koşullarda da gerçekleşebilmektedir. Metilmelaminin hidrofobik ara ürünler vermek için oluşturduğu reaksiyon su ile formaldehidin ayrışması sonucu metil eter bağları oluşur. Bunun sonucu olarak reçinenin boyutu hızla artar. Şekil 2'de görüldüğü gibi bu ara elemanlar ticari melamin formaldehide büyük hacim kazandırır. Bu sertleşme mekanizması amino ve metilol gruplarının reaksiyonu aracılığıyla arzu edilen melamin formaldehit çözünmezliği ve erimezliğine dönüşümü sağlar. Yapılan araştırmalarda melamin formaldehitin, en iyi fiziksel özelliklerinin ve kondenzasyon derecesininin çapraz bağlanma sonucu elde edildiği görülmüştür (Fidan, 2005; Çavuş, 2008).

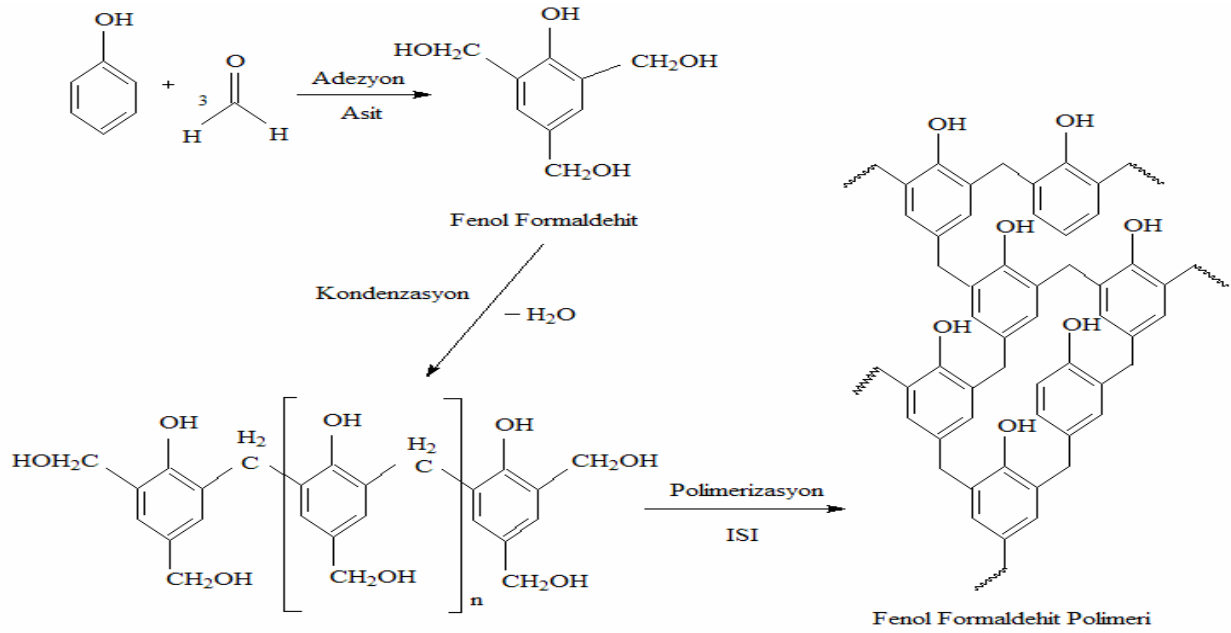
Sentetik tutkalların üretimi aşamasında kullanılan mikserler, tanklar ve borular ile kompozit malzeme üretimi sırasında tutkallama, serme üniteleri, ön presler ve sıcak presler, sıvı halde kullanılan tutkal nedeniyle özellikle yonga ve lifler % 20'lere varan rutubet içerdiğinden korozyon etkisine maruz kalabilmektedir. Korozyon etkisi ile pres sacları ve tablaları deformasyona neden olmaktadır. Bunun sonucunda elde edilen levha türü ürünler, pürüzlü yüzeylerin oluşmasına ve çok fazla kalınlık toleransına sahip bir malzeme ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla yüzeylerin zımparalama ile düzeltilmesi gibi işlemlerde zayıfın da artmasına yol açmaktadır. Diğer yandan melamin kâğıt empenye edilerek sürekli preslerde elde edilen folyolar ya da sıcak preslerde uzun süre bekletilerek üretilen laminant malzemenin korozyon etkisi ile yüzey düzgünlüğünü olumsuz etkileyebilecek sakıncaları göz önünde bulundurmamak gerekmektedir.

Bu çalışma ile orman endüstrisinde en yaygın kullanılan tutkallar arasında gösterilen fenol ve melamin formaldehit tutkallarının paslanmaz çeliğe olan korozif etki, korozyon ölçme metodlarından biri olan EIS ile belirlenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

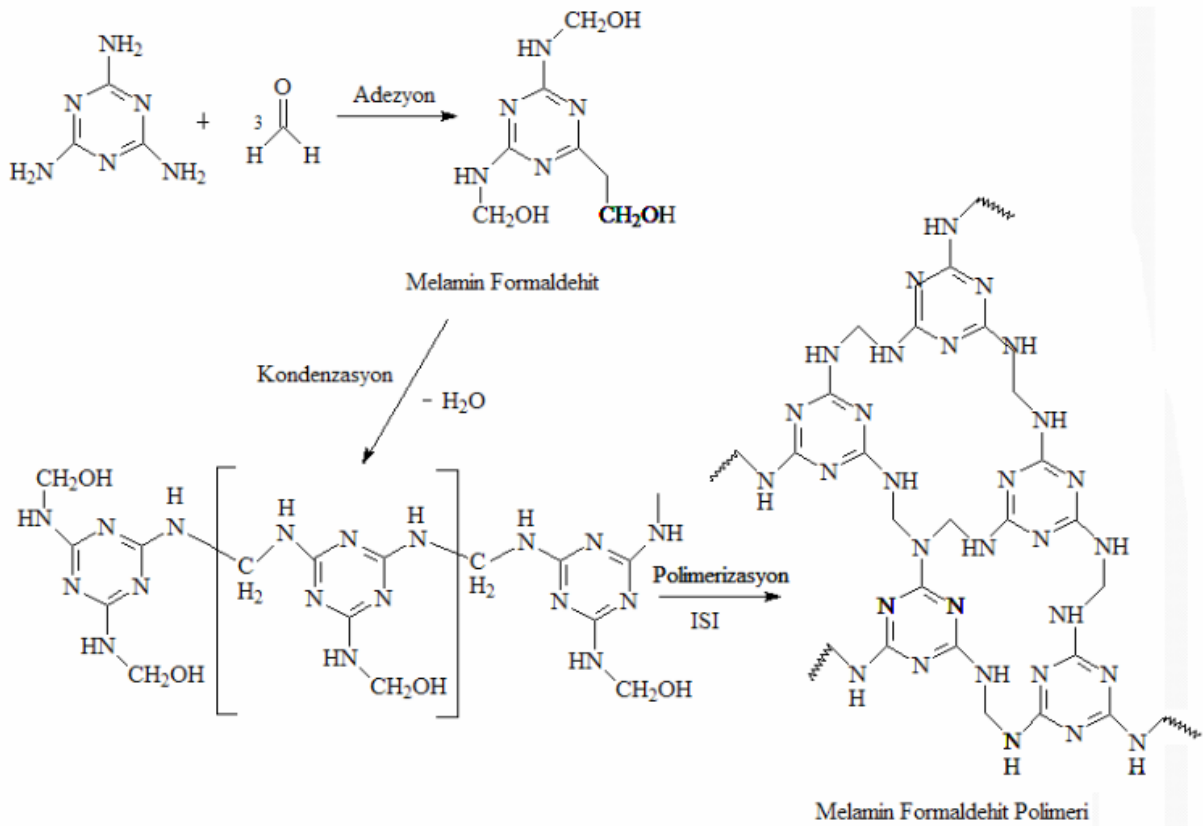
2. Materyal ve yöntem

2.1. Elektrokimyasal empedans spektroskopisi (EIS) yöntemi

EIS, 30 yıldan beri korozyon hızı ölçümlerinde başarıyla kullanılan bir yöntemdir. Sistemin elektrokimyasal yapısı hakkında geniş bilgi verdiği için hemen her sektörde kullanılmaktadır. Doğru akım kaynakları kullanılarak yapılan ölçümlere nazaran elektrot üzerinde çok az etkiye bulunur. Dolayısıyla daha güvenilir bilgiler verir (Cogger ve Evans, 1999). Bu yöntem, Ohm yasası temeline bakılarak daha iyi anlaşılır. Ohm yasası, direnç değerinin, voltaj ile akım arasındaki oran olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 1. Fenol formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu (Frihart, 2005)



Şekil 2. Melamin formaldehitin kondenzasyonu (Frihart, 2005)

$$R = \frac{E}{I} \quad (1)$$

Fakat bu ideal koşullar için söz konusudur. Alternatif akım kullanımında, frekansın sıfır değerine eşit olmadığı durumlarda veya sistemde başka tür devre elemanlarının olması durumunda ortaya empedans kavramı çıkmaktadır.

$$Z = \frac{E}{I} \quad (2)$$

Elektrokimyasal empedans veya AC empedans yöntemi, genelde 0.001 Hz – 100.000 Hz frekans 5 ile 50 mV voltaj aralığında, hücreye ufak bir sinüzoidal gönderilmesiyle ölçülür. Sistem bu etkiye aynı frekansta fakat biraz geriden cevap verir. Bu etkileşim Şekil 3 üzerinde gösterilmektedir. Alternatif gerilimin frekans değeri f (hertz), açısal frekansı ω (rad.s⁻¹) ile gösterilir.

$$\omega = 2\pi f \quad (3)$$

Frekansa bağlı olarak elde ettiğimiz sinüzoidal, Şekil 3 incelendiğinde apsis ve ordinat eksenlerin karşılık geldiği noktaları bulmak son derece kolay olacaktır. Şekil 4'te bunun nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir (Silverman,1984).

$$i_{\text{Real}} (\text{gerçek akım}) = i_x = |i| \sin(\omega t) \quad (4)$$

$$i_{\text{img}} (\text{hayali akım}) = i_y = |i| \cos(\omega t) \quad (5)$$

(4) ve (5) eşitlikleri kullanılarak;

$$|i|^2 = |i_x|^2 + |i_y|^2 \quad (6)$$

Akım için yazılan bu eşitlikler gerilim içinde aynen yazılabilir. Akım, gerilimden “ θ ” açısı kadar geride olduğunu varsayarsak, eşitlik (4) ve (5) benzer şekli olan;

$$E_y = |E| \sin(\omega t) \quad (7)$$

$$E_x = |E| \cos(\omega t) \quad (8)$$

Eşitlik (2) de veriler yerine konursa;

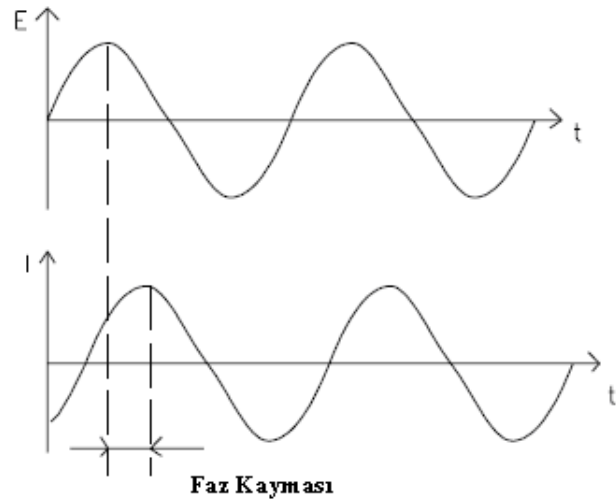
$$Z = \frac{E}{I} \Rightarrow \frac{|E| \sin(\omega t)}{|i| \sin(\omega t + \phi)} \Rightarrow Z_{\text{im}} \quad (9)$$

$$Z = \frac{E}{I} \Rightarrow \frac{|E| \cos(\omega t)}{|i| \cos(\omega t + \phi)} \Rightarrow Z_{\text{Re}} \quad (10)$$

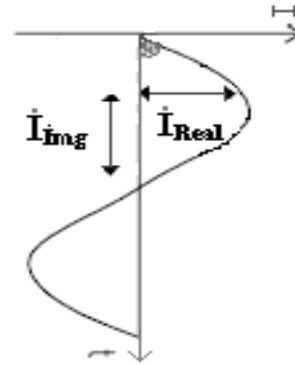
ϕ , burada Şekil 3'de gösterilen, gerilim ve akım arasındaki faz kayması (phase-shift) değeridir. Z_{im} ; hayali empedans, Z_{Re} ; gerçek empedans olarak tanımlanmaktadır. Z_{im} ve Z_{Re} arasındaki ilişki Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu iki empedans türü arasında, eşitlik (11) de ifade edilen bir ilişki söz konusudur (Gamry, 2012). EIS tekniğinde metal yüzeyine uygulanan alternatif akım frekansına bağlı olarak

iki farklı direnç değeri elde edilir. Bunlardan biri reel direnç (Z_{re}), diğeri sanal dirençtir (Z_{im}). Bu dirençlerin birbirlerine göre değişimini gösteren Nyquist eğrilerinden istenilen polarizasyon direnci değerleri belirlenmeye çalışılır. Bunun için, metal/çözelti ara yüzeyinde kuramsal olarak beklenen olası direnç ve kapasitif elemanlara göre uygun bir eşdeğer devre oluşturup, uyarlama (fitting) programları ile tüm elemanlar için değerler tahmin edilerek yüzeydeki gelişim izlenebilir. EIS deneyleri 100 kHz – 0.2 Hz frekans aralığında 10 mV genlikte yapılmıştır.

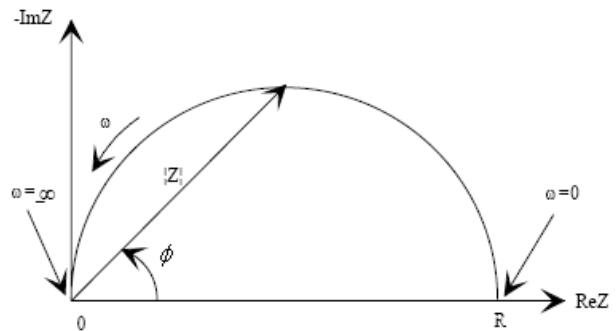
$$|Z| = \sqrt{Z_{\text{im}}^2 + Z_{\text{Re}}^2} \quad (11)$$



Şekil 3. Sinusoid AC voltaj ve akım sinyali



Şekil 4. I_{Real} (gerçek) ve I_{img} (hayali) akım değerlerinin bulunması

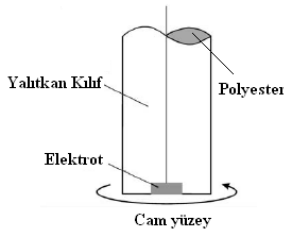


Şekil 5. Z_{im} ve Z_{Re} arasındaki ilişkiden, empedans değerinin (Z) bulunması

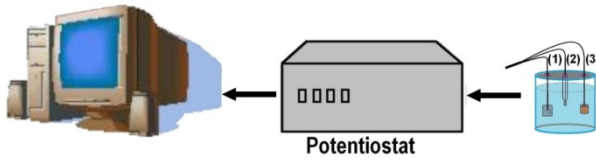
2.2. Numunenin ve tutkalların hazırlanması

Paslanmaz çelik alaşımının bileşimi Çizelge 2'de gösterilmiştir. Çalışma elektrodumuz, 0.2 cm² alana sahip, silindirik diskler şeklinde kesilerek Şekil 6'da gösterildiği gibi etrafı kalın bir polyester tabakası ile kaplanmıştır. Numunemiz, kütlece %3.5'lük hazırlanan NaCl çözeltisi içerisine konulduktan 2 saat sonra EIS ölçümleri yapılmıştır. Ticari kullanım için üretilen (%54.6) fenol ve (%52.5) melamin formaldehit tutkalları Divapan A.Ş. /Düzce' den temin edilmiştir. (%52.5) melamin formaldehit tutkalının son derece viskoz olduğu görülmüştür. Viskoz çözeltilerde çözülmüş oksijen miktarı az olacağından EIS yöntemi gibi elektrokimyasal yöntemlerle ölçüm yapmak olanaksız olur. Bunun üzerine %100 seyreltme işlemine gidilerek çözelti içerisindeki melamin formaldehit miktarı yarıya indirilmiştir. Melamin formaldehit tutkalı konsantrasyonu bu seyreltme işlemi sonunda %26.25 olmuştur. Şekil 7'de deney düzeneği görülmektedir. Üçlü elektrot sisteminde çalışma elektrodumuz olan paslanmaz çelik, referans elektrot olarak Ag/AgCl elektrodu ve karşıt elektrot olarak Pt tel kullanılmıştır (Gerengi vd., 2009).

Numuneler, deney öncesi 400 ile 1800 numaralı zımpara kâğıtları ile iyice zımparalanarak yüzeyin pürüzsüz olması sağlanmıştır. Bu işlemlerden sonra, numunenin yüzeyi saf su ile yıkanarak, asetonla silinip iyice kurutulmuştur. Bütün çalışmalarımız oda sıcaklığında yapılmıştır. EIS ölçümleri, GAMRY PC3/600 potansiyostat/galvanostat/ZRA sisteminde yapılmış, veriler Gamry CMS-5.30 yazılımı ile analiz edilmiştir. Empedans analizleri için ZSimpWin 3.21 yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 6. Deneyde kullanılan elektrotların hazırlanış şekli



Şekil 7. Deney Düzeneği [(1) Pt tel, (2) Ag/AgCl elektrot, (3) Çalışma elektrodu]

Çizelge 2. Paslanmaz çelik alaşımının bileşimi

Bileşimdeki Element	Bulunma Yüzdesi (%)
Karbon (C)	0,021
Silisyum (Si)	0,440
Mangan (Mn)	1,260
Fosfor (P)	0,035
Kükürt (S)	0,026
Krom (Cr)	16,290
Nikel (Ni)	10,100
Bakır (Cu)	0,600
Azot (N)	0,058
Kobalt (Co)	0,220
Molibden (Mo)	2,100

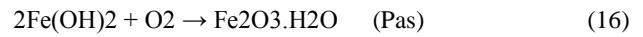
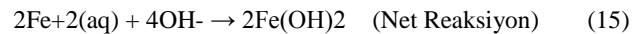
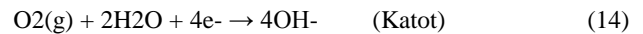
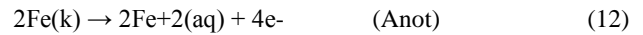
3. Bulgular ve tartışma

3.1. Melamin formaldehit tutkalının paslanmaz çelik korozyonuna etkisi

% 26.25'lik melamin formaldehit tutkalı içerisindeki paslanmaz çeliğin 2 saat boyunca ölçülen potansiyel değişimi Şekil 8'de gösterilmiştir. Potansiyel değişimin yaklaşık 1 saatin sonunda oldukça yavaşladığı görülmektedir. Bu yavaşlama hücre içerisinde melamin formaldehit tutkalı ile paslanmaz çelik arasındaki elektrokimyasal sürecin ilk bir saatte son derece hızlı, sonra yavaş ilerlediğini göstermektedir.

Metal ile tutkallar arasında gerçekleşen elektrokimyasal süreci 2 saat boyunca izledikten sonra EIS ölçümleri yapılmıştır (Gerengi vd., 2010). Şekil 9'da elde edilen Nyquist diyagramları görülmektedir. Empedans analizinde kullanılan devre R(CR)(CR)W şeklinde olduğu ZSimpWin 3.21 programı ile tespit edildi. Elde edilen deney sonuçları ile bu devre arasında uyumun çok iyi olduğu hesaplanan χ^2 değerine bakılarak anlaşılmaktadır. Bu değer melamin formaldehit tutkalı için 3.57E-04 olarak ölçülmüştür. Bu değer analiz etmek için kullandığımız devrenin doğru olduğunu göstermektedir. Eşdeğer devrede üç tane direnç (R) vardır. Sırasıyla ilk R çözelti direncini, ikinci R korozyon sonucu oluşan oksit filmine ait direnci, üçüncü R metalin çözünmesi ile ilgili yük transfer direncini (R_c), W korozyon sonucu oluşan ürünlerin difüzyonu ile ilişkili Warburg empedansını göstermektedir. C_1 ve C_2 de sırasıyla korozyon ürünlerinin ve metal-çözelti ara yüzeyinin kapasitör değerini ifade etmektedir. Çizelge 3'de R(CR)(CR)W devresi kullanılarak elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

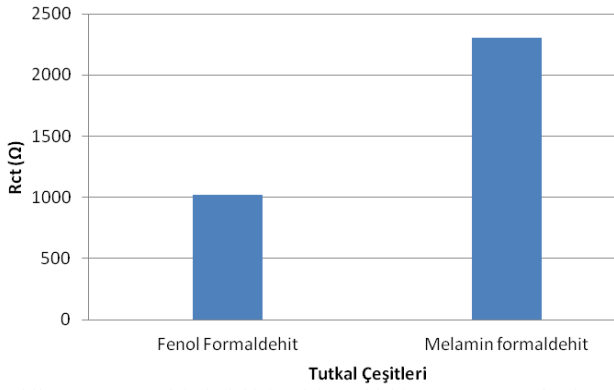
Çözelti direnci (R_s) 4613 ohm ile oldukça yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi %100 seyreltilmesine rağmen çözeltinin hala yeterince elektrolit olmadığını göstermektedir. Metal yüzeyinde oluşan filmin direnci 278 ohm olarak ölçülmüştür. Paslanmaz çeliğin korozyon mekanizması eşitlik (12-16) da gösterilmiştir (Talbot, 1997; Gerengi ve Nas, 2011).



Oluşan oksit tabakanın direnci eşitlik 15 ile gösterilen ürünün direnci olarak tanımlanabilir. R_3/R_{ct} redoks reaksiyonun düşük frekans aralığındaki elektron transfer direncini, yani yük transfer direncini ifade etmektedir.

Çizelge 3. % 26.25 melamin formaldehit tutkalı içerisine daldırılmış paslanmaz çelik numunesinin korozyonuna dair elde edilen EIS sonuçları

R_s (ohm)	C_1 (F)	R_1 (ohm)	R_2 (ohm)	W (Ss-5)	C_2 (F)	R_3/R_{ct} (ohm)
4613	3.299E-5	278	1268	2.28E-4	1.02E-7	2304



Şekil 13. %54,6 derişimindeki fenol formaldehit ve %26,25 melamin formaldehit tutkalı içerisinde konulan paslanmaz çeliğin R_{ct} değeri

Diğer yandan kontrplak gibi levha ürünlerinin de çelik plakalarla doğrudan teması ile doğrudan korozyon etkisi altında olduğu söylenebilir. Bu nedenle korozyon sürecinin daha yavaş yürüdüğü (galvanik seri dikkate alınarak) metallerin seçilmesi konusunda tutkal üretim ve tüketim endüstrisinin Ar-Ge çalışması yapması gerektiği gerçeği yine bu çalışma ile ortaya çıkmıştır.

Teşekkür

Bu araştırma, Düzce Üniversitesi Araştırma Fonunca 2010.26.01.45 No'lu proje ile desteklenmiş, Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu, İletken Polimer ve Korozyon Araştırma laboratuvarlarında yürütülmüştür.

Kaynaklar

- Burdurlu E., 1994. Ahşap kökenli Kaplama ve Levha Üretim - Kullanım Teknolojisi, Hacettepe Üniversitesi, Ağaç İşleri Endüstri Müh. Ankara.
- Cogger, N.D., Evans, N.J. 1999. An introduction to electrochemical impedance measurement technique report, no.6, Solartron Instrument.
- Çavuş, V., 2008. I-214 (*Populus X euramericana*) melez kavak klonundan fenol formaldehit ve üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilmiş paralel şerit kerestelerin (PŞK) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, Kahramanmaraş Sütçü İmam

- Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 7-8-9.
- Çoban, K., 2006. Ketonik bazlı reçinelerle paslanmaz çelik ve bakırın korozyonunun önlenmesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Fidan, M., 2005. Bazı yıllık lignoselülozik artıklardan fenol formaldehit tipi tutkalların üretimi ve uygulanması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 32-33.
- Frihart, R.C., 2005. Wood Adhesion and Adhesives, USDA, Forest Service, Forest Product Laboratory, Madison, 250-251.
- Gamry, 2012. Basic of electrochemical impedance spectroscopy, <http://www.gamry.com>, (Erişim Tarihi: 18.04.2012).
- Gerengi, H., Darowicki, K., Bereket, G., Slepski, P., 2009. Evaluation of corrosion inhibition of brass-118 in artificial seawater by benzotriazole using Dynamic EIS, Corrosion Science, 51, 2573-2579.
- Gerengi, H., Darowicki, K., Slepski, P., Bereket, G., Ryl, J., 2010. Investigation Effect of Benzotriazole on the Corrosion of Brass MM55 Alloy in Artificial Seawater by Dynamic EIS. J Solid State Electrochem 14:897-902.
- Gerengi, H., Nas, S., 2011. Effect of nut shell extract on corrosion of low carbon steel” Fırat University, Institute of Sciences Journal; 23, 2, 87-93, ISSN:1308-9064.
- Gindl, W., Zargar-Yaghubi, F., Wimmer, R., 2003. Impregnation of softwood cell walls with melamine-formaldehyde resin, Bioresource Technology, 87, 325-330.
- Kayır, Y.Z., Baççıl, E.G., 2008. Türkiye’de Paslanmaz Çelik Üretilmeli Mi?, 14. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Konferansı, 16-18 Ekim, Beylikdüzü, İstanbul, 2-3.
- Kenneth, R.T., 1998. Corrosion for Science Engineering, ISBN 978-0582238695 Longman pup, 125-225.
- Korucu, T., Mengeloğlu F., 2007. Türkiye tarımsal artık potansiyeli ve alternatif kullanım olanakları, Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi 5-6 Eylül. 297-307.
- Silverman, D.C., 1984. Rotating cylinder electrode for velocity sensitivity testing, Corrosion, 40, 220.
- Talbot, J., 1997. CRC Series in Materyal Science and Technology, Corrosion Science and Technology, CRC Press, Boca Roton, Florida, ISBN 0-8493-8224-6.
- Uhlig, H.H., Revie, R.W., 1985. Corrosion and Corrosion Control, An Introduction to Corrosion Science and Engineering, John Willey & Sons, 3rd Edition, New York, ISBN :0471078182.
- Uysal, B., Kurt, Ş., 2005. Dimensional stability of laminated veneer lumbers manufactured by using different adhesives after the steam test. G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 18 (4) 681-691.
- URL 1: <http://www.belgeler.com/blg/9t8/plastik-malzemeler> (Erişim Tarihi 01.12.2011).

Evaluation of alterations on historical urban structure of Erzurum with fractal analysis method

Ömer Atabeyoğlu^{a,*}, Hilal Turgut^b, Pervin Yeşil^c, Hasan Yılmaz^d

^aOrdu University, Agricultural Faculty, Landscape Architecture Department, Ordu

^bArtvin Çoruh University, Forestry Faculty, Department of Landscape Architecture, Artvin

^cGeneral Directorate of State Hydraulic Works, Erzurum

^dAtatürk University, Architecture and Design Faculty, Landscape Architecture Department, Erzurum

* İletişim yazarı/Corresponding author: atabey6@hotmail.com, Geliş tarihi/Received: 11.10.2011, Kabul tarihi/Accepted/: 06.08.2012

Abstract: Like everything in the world, cities and the values they possess undergo a change process. So, all the components from districts making up a city to streets making up the districts and the architectural structures and elements forming them go through a constructive or unconstructive change or renewal process. Erzurum city heads the list of the cities under the influence of such a change to a great extent due to its historical qualification, too. The aim of this study is to reveal the extent of this change, determine the negative and positive sides of this process and prove using visual material whether we are on the right or wrong direction with respect to general progress and future of the city. In the study, totally eleven couples of images, which can constitute strong relationships between historical and modern structures of the city and represent the historical core were evaluated. The findings, obtained by comparing and evaluating the past, old state and visual materials produced by considering the old state, revealed that we are faced with a big destruction rather than a change process. In addition, another importance of the study is that it has filed a new and up-to-date visual archive of the cultural works, compiled and added new photos to the existing archive.

Keywords: Historical city, Urban renewal, Photograph, Erzurum

Erzurum tarihi kent dokusundaki değişimlerin fraktal analiz yöntemiyle değerlendirilmesi

Özet: Dünyada var olan her şey gibi, kentler ve kentlerin sahip oldukları değerlerde değişim gösterirler. Bu yüzden bir kenti meydana getiren mahallelerden, mahalleleri meydana getiren sokaklara ve onu şekillendiren mimari elemanlar ve unsurlara kadar tüm bileşenler olumlu veya olumsuz bir değişim ve gelişim süreci geçirirler. Erzurum kenti de tarihsel niteliği nedeniyle bu değişimden en büyük oranda payını alan kentlerin başında gelmektedir. Bu çalışmanın amacı bu değişimin boyutlarını ortaya koymak, bu sürecin olumlu ve olumsuz taraflarını belirlemek ve kentin geleceği ve genel gelişime göre doğru veya yanlış yönde olup olmadığımızı görsel materyaller kullanarak göstermektir. Çalışmada, tarihi kent çekirdeğini temsil eden ve kentin modern ve tarihi yapıları arasındaki güçlü ilişkiyi ortaya koyan 11 çift fotoğraf değerlendirilmiştir. Sonuçta, eski ve eski durum ve açılarına uyularak çekilen yeni görsel materyallerin karşılaştırılması ile elde edilen veriler değerlendirilmiş ve değişimden çok, büyük bir yıkımla karşı karşıya bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışma sonuçları, günümüzde yeniden fotoğraflanmış kültür varlıklarının görsel arşivlerinin oluşturulmuş, var olan arşivlerin derlenmiş ve arşivlere yeni tarihli fotoğrafların eklenmiş olması nedeniyle de önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Tarihi kent, Kentsel yenilenme, Fotoğraf, Erzurum

1. Introduction

The industrialization in parallel with the developing technology in the course of time, overpopulation, urbanization and suchlike change processes cause the silhouette of the cities to decay and let rapid and deviant structuring and therefore the historical core, generally in the central position of the city, is wiped out for different reasons or it undergoes great changes.

Cities are living organisms constantly being renewed and maintaining themselves by reconstruction. A city is worn by the time and its dwellers. Enemies burn, destroy and plunder it. Cities which resist destruction, fix and renew themselves to meet the changing needs succeed to remain standing. Cities are also center of information and culture. Cities have produced more information than rural areas in

every period. They constitute cultural richness. It is necessary for a city to augment information about itself, make the information widespread and easily accessible so that it can be a real information and culture center (Karatepe, 1999).

The situation is the same for cities in Turkey. A change process was started by new public improvement plans in our cities, which entered a rapid change process through the Republic Period. These plans did not usually have aesthetic anxieties perhaps because of the requisites of the time or due to the inadequate sources. As a result of the interacting processes, constructions sparing no thought on the historical city texture followed. The last traces are in most of the places at risk due to wrong restorations and planning. As is the case all over the world, Turkey has also experienced irregular structuring and destruction of historical texture

stemming from rapid urbanization. Especially in countries like Turkey, which are in a rapid development process, this destruction continues much faster, ugly, without identity and incoherent in the name of modernization. Cities of nowadays have turned into places jammed in narrow areas, dealing with several problems with higher flats and overpopulation, whereas they had specific principles, were accessible, lively, and distinctive cultural cities and they developed horizontally.

Turkey is one of the luckiest a few countries as it is on the territories richest in kind and samples with respect to its cultural heritage. Anatolia alone has hosted 28 civilizations so far. The intensive panorama of cultural history brings about the necessity to make the whole country an open museum. The structures within the development process of urban settlements identifying some periods become a means of cultural transfer for the establishment, progress, order and functions of the city by setting up a messenger web for understanding the city (Özek, 1992). Cities are living presences carrying the traces of every civilization established on them and they themselves also experience, learn and teach this civilization and culture. In the course of time they lose their teaching skill as they change through new civilizations, new movements and ages. This is because every renewal or regeneration in fact means extinction for a city together with its possessions, heritages and values.

All of the pieces forming the city texture from the texture of the smallest residence to city scale gain an identity and protect this identity through the sense keeping the culture establishing it alive and experiencing the same culture. In other words, culture is protected, kept alive and transferred by those who appreciate it. In a city like Erzurum, which has a rich history and which in fact heads the list of the cities with respect to the number of historical works per unit area, cultural transfer is a must. However, due to some dramatic issues such as impersonal urbanization, senseless modern understanding, intensive migration pressure, economical and commercial worries, uncontrolled tourism, wrong and inadequate planning, unconscious public and administration, deficits in law and regulations defining the protection principles, the city has a historical texture that is faced with the danger of extinction and destruction.

Erzurum city, where even a stone is a bridge between the past and future, was an important stop of Silkway and it maintained its existence along history during Byzantium, Saltuks, Seljuks and Ottoman periods respectively as a living city of culture. It is a pity that the countless historical works left by these civilizations can only be represented by few samples today due to earthquakes, wars and plunder. Especially, the samples of civil architecture are not efficiently preserved, and the historical neighborhoods and streets are replaced by ugly, un-aesthetical multi-story office buildings and apartments which do not reflect the traces of the past, in the name of modernization. However, it is ignored that future generations will need culture and that they will need to breathe the historical smell coming from the past to our time, for it is an unquestionable fact that a generation will undergo a big degeneration without knowing and learning its traditions, conventions, culture and history.

The aim of this study is to reveal the differences and general changes in the understanding of culture and urbanism between that of past and present. In the study, squares and streets of the city which are currently serving as

main axis and center of the city were evaluated and their favorable and unfavorable alterations tried to be criticized.

2. Material and method

2.1. Material

Erzurum city is in the northeast of East Anatolian Region. It is 25.066 km². It is located between 40° 15' and 42° 35' east longitudes and 40° 57' and 39° 10' north latitudes (Figure 1). According to the observations of 70 years, the coldest month average is -8.6 °C, and the hottest month average is 19.6 °C. The lowest temperature, -36 °C, was measured in January and the highest temperature, 35 °C, was measured in July. Annual rainfall is 453 mm. The number of days with snowfall is 50 and the duration of snow cover is 114 days (Anonymous, 2012a). Erzurum has a population of 395.472 people (Anonymous, 2012b). Although agriculture is the main source of living, the rapid development of winter tourism in the city which is located on a quite high altitude (1959 m) has made tourism a leading sector. As the city will host 2011 Universiade Winter Olympic Games, it is on a rapid change trend. Along with winter tourism, health and congress tourisms also occupy a significant place.

The material of the study consists of all historical monuments, samples of civilian architecture, social structures, squares, and streets within the boundaries of Erzurum Protected Urban Area. This area also forms the core of historical city and is a center defining the city and reflecting its identity and past.



Figure 1. The location of study area

2.2. Method

The positive and negative changes in the historical texture of Erzurum city in general were determined by comparing the differences between the past and present based on both old dated photographs obtained from different sources and the photographs we took during the field observations between 2003 and 2007 and on the updated photographs of the places where changes were met. We tried to observe the differences between eleven couples of the images belonging to streets, civil architecture examples and monumental structures, and taken approximately from the same angles and same perspectives and put forward the alterations in the entire city concretely. Fractal analyses theory provides a reliable base for understanding the different urban spaces. Fractal theory helps for understanding the open complex systems, while fractal geometry determines the complexity level of morphological differentiation and interrelation between space elements, evaluating its development process (Kaya, 2003). The old photographs were compiled from the archive of Cultural and Natural Heritages Protection Directory, internet, municipality, archive of governorship, relevant literature, Lieutenant Colonel Hakan Elginöz's personal archive and our own archive. In the subsequent stage, we visited the areas pictured in the photographs, and observed and examined the site. We interviewed the district headmen, old district dwellers one by one and evaluated the findings. Then we took photographs of the every square to be used in the study from the same angles.

Fractal values of the photographs tabulated in the form values of the old and new photographs. These values for the old and new photos of group are divided into 5 (very high, high, medium, low, very low) categories. The highest and lowest values were removed. The difference between the second highest and lowest values was divided into 5. The old and new photos were compared according to classification.

Fractal analysis is method which expresses one, two or three dimensioned spatial objects using fractional numbers instead of integer numbers like 1, 2 or 3. It is based on counting squares. View is processed in black and white in the program used. View is classed into two categories; black squares wholly covered by black objects (DB), black and white squares overlapping black object but not wholly covered by black object (DBW) and white squares not overlapping black object (DW). Basic view is prepared for the analysis in the form of black and white vectoral view. As the result of the analysis, fractal value is obtained with the graphic showing the distribution of fractal structure. As this value increases, form becomes complex, aesthetic value and organic structure and the rate of object in the space also increase. Different perspectives in urban analyses increase the site elaboration and visual quality and vice versa. In urban studies, features such as distribution of urban elements, comparison of urban and elements, density, urban complexity and aesthetic potential can be evaluated.

Graphics show the distribution of frequency for the determination of fractal values. Value selected and taken for the evaluation from these graphics belongs to black squares

(B) plus black-white squares (BW). Therefore, adjustment is performed using "B+BW" value shown by the sensitivity degree "0,001" and by correlation sensitivity degree "0,9".

3. Findings

In the study, past and present situations of the areas were compared considering the land-use properties and alterations. In order to determine the alterations, emphasis was given on the densely used areas and objects present in the historical core and carrying representative features. Alterations in the last image group were tabulated according to the previous ones.

In Figure 2a located at the corner linking Ali Ravi Street to Cumhuriyet Street, this place was a spot that had not been improved completely in 1930s yet. The streets were not opened and asphalted entirely. The old high building on the left is Government Hall. The mosque on the right is Lala Paşa Mosque, built in 1562. As it is seen in Figure 2b, taken in the same place in 2007, the Government Hall and the Mosque still stand. However, today the government hall is used as Judicial Court Hall. There is an underground car park still under construction along the street (Figure 2, Table 1).

The fractal analysis difference between the two pictures has shown a small decline from 1.526 to 1.495. As the linear value increases, the fractal analysis value increases as well. In previous studies, the increase in the linearity on the face of the buildings had been attributed to the increase in aesthetic value. In this photograph, the fractal value is seen to decrease as the aesthetic value declines.

Figure 3a, the dome in this picture, which is thought to belong to the early years of Republic, still stands. However, old structures collapsed. The dome in the Figure 3b is one of the monuments that still stand by restorations. However, it remains between the shopping centers at present. The street on which this monument is present is city's main axis and under dense use. New commercial centers were built demolishing the old structures. Restoration of the city is of course a positive approach whereas building ugly business offices around the dome is a negative attitude (Figure 3, Table 2).

The analysis of the two pictures shows that the fractal value declines from 1.826 to 1.527. This is therefore to show that the old structure of the setting displays a progress in terms of fading and corruption. Though the historical dome still preserves its existence, the traditional structures nearby have disappeared. This leads a decrease in fractal value and the aesthetic value changes in parallel to it.

Table 1. Alterations in the Old Governorship Office square

Stress type	Distorted urbanisation, false plantation, road, construction of parking lot
Stress degree	Very high
Field preservation	Absent
Structure preservation	Present
Perception	Low
Image alteration period range	Approximately 80 years



a) (Anonymous, 2012c), (Fractal value: 1,526) b) (Original, 2007), (Fractal value: 1,495)
Figure 2. Physical alterations in the Old Governorship Office square



a) (Anonymous, 1936), (Fractal value; 1,826) b) (Original, 2007), (Fractal value; 1,527)
Figure 3. Physical alterations in Cimcime Hatun Dome and its location

Table 2. Physical alterations in Cimcime Hatun Dome

Stress type	Distorted urbanization, road
Stress degree	High
Field preservation	Present
Structure preservation	Present
Perception	High
Image alteration period range	Approximately 85 years

Table 3. Physical alterations in Cumhuriyet Street

Stress type	Traffic
Stress degree	Middle
Field preservation	Present
Structure preservation	Present
Perception	High
Image alteration period range	Approximately 50 years

Figure 4a is thought to belong late 1960s. The dome on the left is partly destroyed. The mosque on the right is Ulucami, the oldest mosque of the city. The top of the minaret above the balcony is seen to have collapsed. In Figure 4b, due to the structures on both side of the street, the width was preserved exactly the same; however, the middle refuge was removed because of the intense traffic and constantly increasing vehicles. The part of the minaret above the balcony was restored. With later restorations, the structures were fixed and they gained their present conditions. The dome on the left was restored. There are new structures here in an increasing number but as is observed, this does not cause a negative change (Figure 4, Table 3).

Cumhuriyet Street is the location which constitutes the main axis of Erzurum city, shapes the development of the city and is the center. It is also the only trade center in the city in this scale. It is the representative of the city. It has undergone quite constructive developments and it has reached a desired level.

The fractal values of the photos show an increase from 1.254 to 1.638. This high difference between these values demonstrates significant changes in the configuration of the

setting. In addition, by approximating the traditional Turkish setting configuration value, which is 1.7 fractal value, it also expresses a progress. The ruined view of the historical structures in the first photograph can be shown as the reason why the fractal value yields low. The setting concept and aesthetic value was enhanced through restoration works; and this is the reason why the fractal value yields high.

Figure 5a is thought to have been taken in early 1900s, and reflects the traditional old urban tissue. The houses here have a traditional architecture with wide walls made of stone and earthen roofs fitting the climatic conditions. They are important actors of old city texture. The earthen roofs of these houses are the first representatives of today's roof gardens. The people in the city used the earthen roofs as terraces for years. The houses were planned in an adjacent order due to the climatic reasons and they were located along the narrow streets preserving the topography. In addition, the streams passing through the city were preserved in their natural state. In Figure 5b, which reveals the present situation of the area, it can be seen that the historical texture apart from tiny traces has been completely destroyed and the city has entered a degeneration trend through an unplanned structuring. As a result of irregular urbanization, we see that a city texture surrounded by shapeless, multi flatted and multi colored structures masking the historical elements, city identity and aesthetics is composed. There are few unchanged elements that we can see between the two photographs: bastion, graveyard and mountains (Figure 5, Table 4).

Although the fractal value of the traditional Turkish cities is determined to be 1.7, the result of the analysis indicates that the fractal value is high for both of the pictures. When the two photos are evaluated in isolation, instead of a planned setting, an improvisational setting system is observed in both photos. This structuring becomes

more haphazard and crowded in the second photo. This result is reflected in the fractal analysis as 1.923.

Figure 6a is thought to have been taken in 1940s, which belongs to historical core of the city representing the monumental and architectural characteristics of the city. In addition to monuments such as Çifte Minare Madrasa and Dome, Ulucami and Narmanlı Mosque, an urban tissue composed of single-story civilian architecture samples with earthen roofs can be seen. As can be seen in the image, new structures take their places in the traditional texture as well. In Figure 6b, a section from historical core of the present situation of the city is seen. Traditional houses have completely been replaced with roads and new structures. The rest are merely the monumental structures.

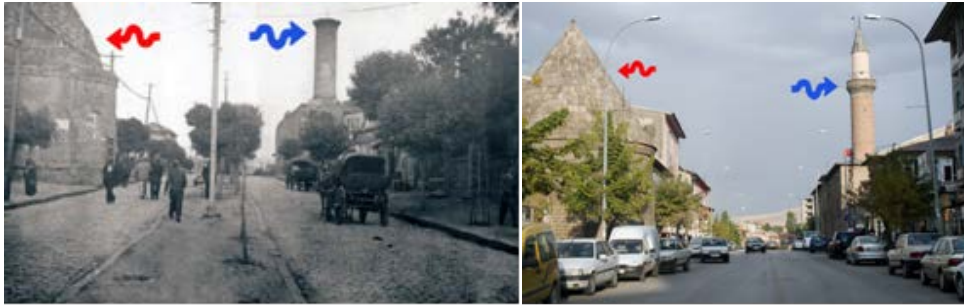
As in the entire city, the samples of traditional civilian architecture have been demolished in this area, too, and the trend continues. In fact, according to the "World Regulation on Protecting Cultural and Natural Wealth", the Works bearing the value of cultural heritage must be protected by international societies in cooperation. Especially when the whole city is observed, we see that the historical texture is

not protected as it should be. In fact the development areas of the city are not limited and the transportation net is quite developed; however, new housing areas are not utilized. The city silhouette is even on a second change process following the first (Figure 6, Table 5).

The fractal value between the two photographs shows a significant decrease and this also indicates a significant decrease in compactness, as well. Unlike those in the up-to-date photograph, apart from narrow streets, there is comparatively a compact setting order in the old photograph. In the up-to-date photograph, wide streets and the spaces caused by destroyed old buildings through time give rise to the decrease in compactness and fractal value.

Table 4. Physical alterations in Cedit Neighborhood

Stress type	Distorted urbanisation
Stress degree	Very high
Field preservation	Absent
Structure preservation	Absent
Perception	Absent
Image alteration period range	Approximately 100 years



a) (Anonymous, 2007), (Fractal value:1,254)

b) (Original, 2007), (Fractal value: 1,638)

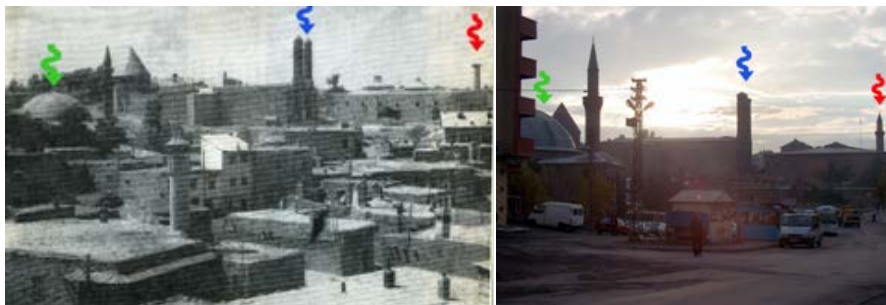
Figure 4. Physical alterations in Cumhuriyet Street and its location



a) (Elginöz, 2007), (Fractal value: 1,890)

b) (Original, 2007), (Fractal value: 1,923)

Figure 5. Physical alterations in Cedit Neighborhood and its location



a) (Anonymous, 1936), (Fractal value: 1,874)

b) (Original, 2007), (Fractal value: 1,102)

Figure 6. Physical alterations in Tebriz Kapı Neighborhood and its location

The structural compactness is pretty high in both photographs. On the other hand, though there is not much difference between the two photos, the biggest change is observed in the height of the buildings. This leads close fractal values between the two photos. The reason why the fractal value of the first photograph is comparatively a bit higher can be interpreted as it is much more harmonious and aesthetic.

Erzurum has an important place in gold workmanship with respect to its artistic creation and trade for a long time. Figure 7a is thought to have been taken in 1930s. It belongs to Stone Shops Street known as the place where golden products were exhibited and sold. The Stone Shops seen on the Figure 7b have not been preserved today. Either they were replaced with new buildings or new flats were built on them removing their old characteristics.

Protecting the cultural wealth is not only important for the people and societies using them but also vital for the future of the people of the world. While the Stone Shops Street, attracting us with its different texture until late 1900s is a component that could have added much to the city with respect to its aesthetic, cultural and recreational features and it could have contributed to city tourism and therefore boosted the economy if it had been preserved with its old features, today it is almost impossible to perceive this artistic value even from some of the spots of the city (Figure 7, Table 6).

In Figure 8a, which belongs to recent years, small shops constructed on the castle walls and their locations are seen. These irregularly built shops influence the castle walls negatively and they cover the scenery to a great extent.

These shops, covering the walls completely, were demolished; therefore, the walls can be seen today (Figure 8b). They were restored. However, the restoration around the walls still continues.

The restoration and cleaning has been an important progress since it has let the oldest historical structure of the city, the castle and its walls appear. However, the area should be prevented from irregular structuring, because more positive progresses and efforts and arrangements regarding recreational needs should be increased (Figure 8, Table 7).

A big difference emerges between the two photographs in terms of fractal values. The fractal value of the old photo yields a higher value compared to its new version. The reason of this difference stems from the fact that most of the buildings in the old photo do not exist or they have been destroyed when the new photo has been taken. Though the new state of the site has become plain, its old state is rather dense and complex. The old structures were removed to make the front side of the castle walls plain and put the walls into sight. When the application is compared to the fractal values, it can be said to be successful.

Table 5. Physical alterations in Tebriz Kapı Neighborhood

Stress type	Distorted urbanization, traffic density
Stress degree	Very high
Field preservation	Absent
Structure preservation	Partly
Perception	High
Image alteration period range	Approximately 70 years

Table 6. Physical alterations in Taşmağazalar Neighborhood

Stress type	Distorted urbanization, traffic density
Stress degree	Very high
Field preservation	Absent
Structure preservation	Absent
Perception	Very low
Image alteration period range	Approximately 70 years



a) (Elginöz, 2007), (Fractal value: 1,87)

b) (Original, 2007), (Fractal value: 1,844)

Figure 7. Physical alterations in Taşmağazalar Neighborhood and its location



a) (Anonymous, 2006), (Fractal value: 1,717)

b) (Original, 2007), (Fractal value: 1,412)

Figure 8. Physical alterations on the Inner Castle walls and its location

The passage seen in Figure 9a shows the characteristics of a quite beautiful spot displaying the traditional structure of the city, where there are some small shops. Today some of the old structures around this street were demolished and the ones seen in Figure 9b are in the list of structures to be demolished.

While the traditional street characteristics is preserved in the photograph on the left taken from Erzurum Castle Street, it is seen that most of this area has been demolished in later constructions and it is still being demolished. This type of traditional street structures displaying the city culture are no longer met. It stems from a big change in traditional city texture and urbanization concept. It is one of the most outstanding indicators proving that the street textures reflecting the city culture are on an extinction trend (Figure 9, Table 8).

There is a big difference between the fractal values of the two photographs; and this implies that there are considerable differences in the settings between the times when the two photographs were taken. Despite the change is not visually significant, the high difference in the fractal value indicates that the structure of the setting has shown a progress today and in the past within a socio-cultural and physical interaction independent of each other. In addition, that the fractal value indicates a change to a great extent and in an increasing trend implies an unplanned change pattern in the setting.

Çifte Minare Madrasa is at the junction of Tebrizkapı Street and Cumhuriyet Street. It is the symbol of Erzurum and the biggest Madrasa of Anatolia. It is considered to have been built in the late 13th century since it does not have an epigraph. The shops next to the castle walls near the Madrasa were demolished two years ago.

After the old shops had been demolished, the castle walls were restored and the front side was opened

completely. However, today new shopping centers have been built in the same place by the municipality, the aim of which is not understood (Figure 10, Table 9).

These shopping centers were built identical to their originals. They reflect all the characteristics of old shops and they are more aesthetic and compatible with the historical texture. It would have been possible to obtain positive outcomes if they had been placed in a more appropriate location of the historical texture. However, the castle walls and front side of the Madrasa is again covered with new structures.

The fractal values of the two photographs are rather low; however, the value of the old photo is comparatively higher. The removal of the electric post, the tree seen in the old photo and the restoration of the in-harmonious shops in front of the historical structure cause the setting in the second photo to become plain and the value to decrease. The setting in the old photo is much more in-harmonious and denser in comparison to its new state.

Table 7. Physical alterations on the Inner Castle walls

Stress type	Absent
Stress degree	Low
Field preservation	Present
Structure preservation	Present
Perception	Very high
Image alteration period range	Approximately 70 years

Table 8. Physical alterations in the passage between Cumhuriyet Street and the city Castle

Stress type	Distorted urbanization
Stress degree	High
Field preservation	Absent
Structure preservation	Absent
Perception	Middle
Image alteration period range	Approximately 5 years



a) (Anonymous, 2006), (Fractal value: 1,445)

b) (Original, 2007), (Fractal value: 1,682)

Figure 9. Physical alterations in the passage between Cumhuriyet Street and the city Castle and its location



a) (Anonymous, 2006), (Fractal value: 1,34)

b) (Original, 2007), (Fractal value: 1)

Figure 10. Physical alterations in the close proximity of Double Minaret Medrese and its location

Figure 11a belongs to 1970s. We can see the inner walls of the castle, the clock tower, a fountain and a sample of traditional civilian architecture just next to the fountain. Today, the walls of the castle, the clock tower and the fountain still stand (Figure 11b). However, the house, one of samples of the traditional architecture, was demolished in order to widen the street.

The castle, the clock tower and the fountain are public buildings. They are registered and protected by the government. Therefore they have succeeded to stand though the architectural structure near them is demolished. This is an important sample proving that cultural and structural transfer is possible through a protection and handling balance (Figure 11, Table 10).

The fractal values of the two photographs are high; however, the value of the old photo is comparatively higher than that of the new photo. The structure in the old photo and the density it causes lead this result. In the new photo of the setting, this building does not exist as it has been removed. This decreases the fractal value by making the setting plain.

We can see one of the most beautiful samples of traditional residence structure in this image, which belongs to 2000s (Figure 12a). The owners deserted the house long time ago. The spot is located in an area which is densely filled with the historical texture. Image (Figure 12b) belongs to 2007. The house on the left was demolished and it was reproduced in the same traditional architecture. The building intended to be a restaurant is still under construction (Figure 12, Table 11).

This is an important sample in revealing a misconception that a historical structure can be demolished and it can be reproduced using modern equipment and techniques instead of restoring it and that new version can replace the original.

The fractal value of the old dated photo is higher than that of the new dated photo. The ragged and deserted state of the old house in the old photo and the density of the setting cause this difference. On the other hand, the old structure has been restored and its surroundings have become plain in the new dated photo; and this has caused the fractal value to decrease.

The old and new photos are classified according to categories within the range of fractal values (Table 12, 13).

All data are tabulated for comparison (Table 14). Fractal values of old and new photos of some location are consistent. The values of some photos are different. This difference is not the change in location. The difference is the aesthetic and density. Assessment was made according to increasing and decreasing or no change of aesthetic impact. The aesthetic factor is not a reduction or increase in locations 1, 4, 9, 10 and 11. It is reduction in 2, 5 and 7 locations and increase in 3 and 8 locations.

Table 9. Physical alterations in the close proximity of Double Minaret Medrese

Stress type	Traffic density, faulty planning
Stress degree	High
Field preservation	Low
Structure preservation	High
Perception	Middle
Image alteration period range	Approximately 5 years

Table 10. Physical alterations on the southern walls of the city castle

Stress type	Traffic density, faulty planning
Stress degree	High
Field preservation	Low
Structure preservation	High
Perception	Middle
Image alteration period range	Approximately 5 years



a) (Anonymous, 2006), (Fractal value: 1,876) b) (Original, 2007), (Fractal value: 1,745)
Figure 11. Physical alterations on the southern walls of the city castle and its location



a) (Yeşil, 2003), (Fractal value: 1,694) b) (Original, 2007), (Fractal value: 1,478)
Figure 12. Physical alterations in the Tebrizkapı Street and its location

Table 11. Physical alterations in the Tebrizkapı Street

Stress type	Traffic density, inconvenient restoration
Stress degree	Very high
Field preservation	High
Structure preservation	Absent
Perception	High
Image alteration period range	Approximately 5 years

Table 12. The classification for fractal values of new photos

A (New)	
Range of Fractal Value	Description
< 1,340	Very Low
1,341 – 1,519	Low
1,520 – 1,699	Medium
1,700 – 1,879	High
1,880 <	Very High

Table 13. The classification for fractal values of old photos

B (Old)	
Range of Fractal Value	Description
< 1,102	Very Low
1,103 – 1,350	Low
1,351 – 1,598	Medium
1,599 – 1,846	High
1,847 <	Very High

Table 14. Fractal values of photos

Comparison	A (Old)		B (New)	
1	1,526	Medium	1,495	Medium
2	1,826	High	1,527	Medium
3	1,254	Very Low	1,638	High
4	1,898	Very High	1,923	Very High
5	1,874	High	1,102	Very Low
6	1,870	High	1,844	High
7	1,717	High	1,412	Medium
8	1,445	Low	1,682	High
9	1,340	Very Low	1,00	Very Low
10	1,876	High	1,745	High
11	1,694	Medium	1,478	Medium

4. Conclusion

There are different between fractal values of two photos groups that old and new photos. Fractal values have increased in 3 of the old photos and 2 of the new photos. The values haven't changed in 6 of the photos. As 2, 5 and 7 number of the old photos are aesthetic and detailed, the fractal values have increased. As 3 and 8 number of the new photos are complex, the fractal values have increased. As the others are balanced it's details and complex structures, the fractal values haven't changed. There are aesthetic different between the photos as visual.

It has decreased the aesthetic and the harmony of the new photos and has increased the complexity of the new photos in comparison with the old photos. The harmony and the aesthetic in the old photos have provided with kind of the structural material, similar structure kind and simple urban structure. Using of the different material, different structure style and complex urban structure have provided to be poor as harmony and aesthetic of the new urban.

Factors such as population growth, the progress of new urbanization concepts and modernization play an important role in the change of the cities. This necessity of change and progress, which distinguishes city from countryside and is also demanded by dwellers of a city in the name of keeping up with the requisites of the age, is an undeniable and irresistible reality.

As is the case in the samples in all over the world, the cities of our country undergo a rapid change process. Erzurum city entered this trend after the declaration of Republic like almost all other cities in Turkey. The city underwent an intensive restoration activity as far as the war ended.

Turkey has a deep historical past. A number of civilizations were emerged on the country and each of these civilizations traced its effects on Turkish cities. Cities have witnessed great changes in time such as functions, aesthetics, historical tissue and structures. In some of these cities, the size of changes was larger and deeper while in others traditional urban tissue was fully conserved. Most important examples for them are the cities such as Afyon, Bursa, Kayseri, Safranbolu and Amasya where the traditional tissue was conserved by restoring. However, because Turkey is a rapidly developing and changing country, urban structure in its cities is also facing transformations.

While these changes were on the process, the structures reflecting the history and the culture of the city were destroyed one after another by unconscious or malicious hands. Most of the structures influenced from this destruction were traditional residences and streets. The monumental structures were restored and therefore they reached our time in a protection and handling balance whereas private residences were destroyed one by one.

When we compare today's structures, which seem more modern and more practical, with the old ones, we see that they continue to cover the city day by day by removing the traditional texture. The demand to keep up with the age is a must. However this progress, which exposes the historical texture to the danger of extinction, is an unacceptable state.

The main objective of planning of every stone or meter square bearing the value of cultural heritage should be protecting and keeping the values alive by using them. Especially the local governments should consider the case as cultural values and attributes more than motivation to obtain profit and they should also bear aesthetic worries. When the cultural values are evaluated with a view point from particular to general considering the integrity principle, not only will a remnant be saved but also every object giving life to that area will maintain its presence with the value it deserves. Therefore the heritage will be transferred to its owners.

References

- Anonymous, 1936. Erzurum Albümü. Kurtuluş Günü Andacı (Album of Erzurum. Memento of Liberation Day). Marifet Basımevi, İstanbul (in Turkish).
- Anonymous, 2005. Erzurum Turizm Rehberi (Erzurum Tourism Guide). Erzurum Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Yayını, Erzurum (in Turkish).
- Anonymous, 2006. Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Müdürlüğü Arşivi (Archive of Directorate of Cultural and Natural Heritage Protection), Erzurum (in Turkish).
- Anonymous, 2007. Erzurum Büyükşehir Belediyesi Fotoğraf Arşivi (Photo Archive of Metropolitan Municipality of Erzurum), Erzurum (in Turkish).
- Anonymous, 2012a. Erzurum'un Coğrafik Yapısı (Geographical Structure of Erzurum) <http://www.erkurum.gov.tr/cografasi.asp>, (Erişim Tarihi: 04.09.2012), (in Turkish).

- Anonymous, 2012b. Nüfus (Population), <http://www.izmir.gov.tr/nufus.asp>, (in Turkish).
- Anonymous, 2012c. Erzurum Lalapaşa Camii. (Erzurum Lalapaşa Mosque), "http://wowturkey.com/t.php?p=/tr348/sguner_1ERZURUMLALAPASACAMIIHUKUMET_KONA.jpg", (Erişim Tarihi: 03.09.2012), (in Turkish).
- Elginöz, H., 2007. Kişisel Arşiv (Personal Archive). Yarbay, 9. Kolordu Komutanlığı Genel Sekreteri, (in Turkish).
- Karatepe, Ş., 1999. Kendini Kuran Şehir (The City Establishing Itself). Kayseri Büyükşehir Belediyesi, Kültür Yayınları, No:30, Kayseri, (in Turkish).
- Kaya, H.S., 2003. Kentsel Mekan Zenginliğinin Kaos Teorisi ve Fractal Geometri Kullanılarak Değerlendirilmesi (Evaluating Richness of Urban Space by Using Chaos Theory and Fractal Geometry). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s159, İstanbul, (in Turkish).
- Özek, V., 1992. Kentsel Tasarımda Koruma Boyutu-Edirne Örneği (Protection in Urban Design – Sample of Edirne). I. Kentsel Tasarım ve Uygulamalar Sempozyumu. Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, s; 285-295, İstanbul, (in Turkish).
- Yeşil, M., 2002. Erzurum Kentinde Konut Bahçelerinin Peyzaj Tasarım İlkelerine Göre İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma (Examination of Residential Gardens in Erzurum City According to The Landscape Architecture Principles). Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, (in Turkish).

Artvin ilinde doğal çevrenin kent kimliğine etkileri

Hilal Turgut^{a*}, Ayşe Yavuz Özalp^a, Aslıhan Erdoğan^a

^a Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Artvin

* İletişim yazarı/Corresponding author: hturgut@artvin.edu.tr., Geliş tarihi/Received: 14.11.2011, Kabul tarihi/Accepted: 09.08.2012

Özet: Son yıllarda kent tasarımlarında teknolojinin ön plana çıkmasına paralel olarak yeni yapılanmalar gözlenmektedir. Kentler; sosyal dokuyla ilintili olarak modellenmekte ve dönüşüm projeleri ile farklı kimlikler kazandırılmakta veya kazandırılmaya çalışılmaktadır. Bazen tek tip kentlerin karşımıza çıktığı bu çalışmalarda kentsel dokuyu oluşturan çevre bileşenlerinin doğru okunamamasından dolayı, kentler kimliksizleşmekte ve özgünlüğünü yitirmektedir. Yapılan bu çalışmada özgün kentsel yapısıyla karşımıza çıkan Artvin ili örnek olarak ele alınmış ve çevre bileşenlerinin kent profili üzerindeki etkisi irdelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla kent kimliğine etki eden etmenler, topoğrafya, iklim, bitki örtüsü, fauna, jeolojik ve jeomorfolojik durum ve su varlığı Artvin kenti örneğinde incelenmiştir. Sonuç olarak Artvin ili doğal çevresinin, kentsel kimlik açısından kentin özgün değer kazanmasında etkili olduğu ve göğe yakın topraklar, merdivenler şehri, yeşil Artvin gibi adlarla özdeşleşmesine neden olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kent kimliği, Artvin, Doğal çevre bileşenleri

Effects of natural environment on urban identity in Artvin

Abstract: In recent years, new structuring is being observed in urban planning parallel to the prominence of technology. Cities are being modeled based on their social texture and with urban regeneration projects; they have been gained variety of identities. In these efforts -where sometimes monotype cities are emerged- cities become misidentified and lose their uniqueness for the reason that environmental components forming the urban texture are not being comprehended correctly. Artvin, with its unique urban structure, is taken as an example in this study and the effects of environmental components on the city's profile were tried to be investigated. For this purpose, factors of topography, climate, vegetation cover, fauna, geological and geomorphologic status and presence of water were analyzed since they affect the city profile. As a result, it was determined that the natural environment of Artvin has been effective both to increase eigen value of the city in respect to its urban identity and to cause the city to become identified with such names as "land adjacent to the sky", "city of stairs" and "green Artvin".

Keywords: Urban identity, Artvin, Environmental components

1. Giriş

Kentlerle ilgili pek çok kavram ve konu farklı şekillerde irdelenmiştir. Çoğu zaman kentler insanlara benzetilmiş ve onlara uygun görülen tanımlama sıfatları kentle bütünleştirilmiş, kimlikleştirilmiştir. Doğal nedenlerle ya da insan eliyle özgün olma, farklılıkları yaşama ve yaşatma kentlerin kimliklerini buldukları noktalardır (Erkan, 1996; Can, 1996; Yıldız 1996; Yazgan ve Erdoğan, 2000; Köylü, 2003; Önem ve Kılınçarslan, 2005; Keleş, 2006; Köylü ve Kiper, 2007). Ancak kentleri kimlikleştiren insan zihnidir, yani kentlerin tamamı veya bir parçası kişiye özgü çarpıtılmış özellikler taşımaktadır. Lynch (1960)'a göre; fiziksel biçimlerle ilgili olduğunda, kent imgesinin içeriği beş öge ile sınıflandırılabilir. Bunlar yollar, kenarlar, bölgeler, sınırlar ve referans noktalarıdır. Doğal etmenler fiziksel biçimlerin nasıl şekilleneceğini belirlerler. Sonuç olarak karşımıza birbirinden farklı yüzlere, silüetlere sahip kentler çıkar.

Lynch (1960), insanların çevreleri hakkındaki düşünceleri gibi, buna benzer özel konuları ve insanların algılamalarının çevre tasarımıyla nasıl kullanılabileceğini anlamaya çalışan kişilerin başında gelir. Lynch; kentsel imgeleri kimlik, yapı ve anlam olmak üzere üç parça halinde çözümlenebileceğini ileri sürmüştür. Kimlik herhangi bir nesnenin diğer nesnelere ayırt edilmesi, bunun ayrı bir

nesne olarak kabul edilmesi anlamına gelir. Yapı ise gözlemci ve diğer nesnelere açısından, nesnenin uzamsal ya da biçimsel ilişkileri ile ilgilidir. Anlam ilişkilere göndermelerde bulunur, fakat bunlar yapıya ait olanlara göre oldukça farklıdır (Aydingün, 2000). Bu ve bunun gibi pek çok çalışma, kent kimliğinin veya kent profilinin ortaya çıkmasında kentsel çevrenin şekillenmesinin ve algıda çeşitliliğin önemli birer etken olduğunu göstermiştir. Kentsel çevrenin şekillenmesi gerek insan etkisi gerekse doğal çevrenin etkisi ile olmaktadır. Kent kimliği kavramı çerçevesinde ele alınan kentin sahip olduğu doğal çevre verilerinin iyi analiz edilmiş olması, korunması, iyileştirilmesi ve vurgulanması, kentin olumlu kimliğinin korunması ve güçlendirilmesi anlamına gelir ve kentsel algılamaya daha olumlu olarak sağlanır (Ocakçı, 1995).

Doğal çevreyi; coğrafi konum, topoğrafik durum, iklim, bitki örtüsü, fauna, jeolojik ve jeomorfolojik durum ve su ögesi oluşturur. Bu faktörlerin farklılığı kentleri birbirinden ayırır, tanımlar, özgün kılar ve kente kimlik verir (Ocakçı, 1995; Köylü ve Kiper, 2007). Kent kimliğini oluşturan öğelerin belirlenebilmesi için öncelikle çevrenin doğru bir şekilde algılanması ve tanımlanması gerekir (Önem ve Kılınçarslan, 2005).

Topoğrafik durum ve bu durumun değerlendirilmesiyle ortaya çıkan yaklaşımlar kent kimliğinin şekillenmesinde belki de en belirleyici öğelerden birisi olmaktadır. Kentlere

daha üstten bakıldığında topoğrafyanın çok farklı değişimler sunabildiği gözlemlenmektedir. Topoğrafik yapısına göre araziler düz arazi ve eğimli araziler olarak karşımıza çıkmaktadır. Arazinin düzlüğü ve eğim derecesi de kendi içerisinde derecelendirildiğinde tek bir konuda dahi ne derece çeşitliliğin ortaya çıkabileceği tasavvur edilebilir.

Kentlerin topoğrafik yapıları diğer doğal etmenlerle ve mimari desenlerle birlikte kentin şekillenmesinde ve kimlik oluşturmada önemli rol oynarlar. Aynı tip topoğrafyaya ait alanlarda farklı çözüm yaklaşımları farklı kentsel perspektiflerin ortaya konmasına yardımcı olur. Daha anlaşılabilir olması açısından en küçük ölçekte yapılan bir ev bahçesine ait topoğrafyanın öne çıktığı farklı tasarım yaklaşımları Şekil 1’de verilmiştir.

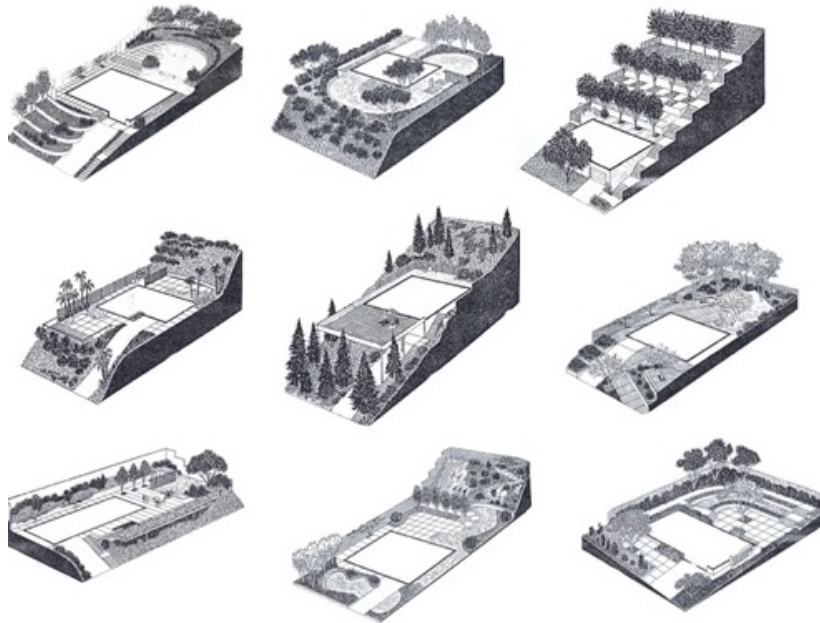
Peyzaj mimarlığı çalışmalarında eğim derecelerine göre alan plastiği çalışmaları yapılmaktadır. Evyapan ve Tokol (2000)’a göre; %4’ten az eğimler oldukça düz görüldüğü halde yüzey suyunu akıtmada etkilidir. İnşaat ve spor alanları için elverişlilik gösterir. %4-10 arası eğimler; az bir değiştirme ile yaya ve araç yollarını inşa etmeye elverişlidir. %6 eğim, yüksek yoğunluklu toplu konut inşasında kullanılabilir en yüksek eğimdir. %10’dan fazla eğimler dik sayılır, araç ve yaya yollarının inşası böyle eğimlerde kazma-doldurma işlemine ve özel düzenlemelere gerek duyar. Bitkilendirme ve serbest oyun alanları için bu tür eğimler elverişlidir. %15 eğim araç trafiği için maksimum sayılmaktadır. %25 eğim yüzey erozyonu bakımından değiştirilebilecek maksimum eğim olarak kabul edilmelidir. %25 in üzerindeki eğimlere müdahale etmemek daha doğru olur.

İklim kent dokusunda yapay çevrelerin oluşturulmasında ve bitki örtüsünün şekillenmesinde baskın şekilde görev almaktadır. Kentin konumlandırılması, ana aksların oluşturulması, mimari desenin ortaya çıkması gibi etkenlerde iklim belirleyici olmaktadır (Şahin ve Dostoğu, 2007). Robinette (1977)’e göre, iklimsel faktörler mikroklima oluşturarak fiziksel çevrenin şekillenmesini etkilemektedir. Örneğin özellikle soğuk bölgelerdeki vadi oluşumlarında gece sıcaklıkları vadi tabanında daha düşük

olmaktadır. Dolayısıyla yerleşim alanlarının vadi tabanlarında konumlandırmak yanlıştır. Bu yüzden vadi eteklerinin güneye bakan kısımları yerleşim alanı olarak tercih edilmektedir. Yine iklimle ilişkili olarak kar, don, kırağı, yağmur, rüzgar, nemlilik, güneşli gün sayısı, kapalı gün sayısı ve sisli gün sayısı kentsel profil üzerinde farklı etkiler sunmaktadır. Kentlerin konumlandırılmalarında dikkate alınan bir diğer etken bakı durumudur. Güney bakarlı alanlar güneş ışınlarını fazla miktarda alırlar ve kuzey bakarlı alanlara göre daha sıcak olduklarından yerleşim yeri olarak daha çok tercih edilirler (Genç, 2006).

Bitki örtüsü; kentin görsel etkisini belirleyen bir diğer etmenddir. İstanbul çoğu zaman ‘erguvan’ rengi ile anılır. Batu’mda ‘okaliptüs’ bitkileri kente damgasını vurmuştur. Akdeniz bölgesi denince ‘palmiyeler’, Bursa denince ise akla ‘serviler’ gelir. Bitkilerin mevsimsel değişimleri, canlı ve cansız elemanlar ile oluşturdukları kompozisyonlar, kullanılış amaç ve şekilleri kent kimliğini değiştirmektedir. Özellikle yol akslarının vurgulanması amacı ile yapılan yol ağaçlandırmalarının kent üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerini kent bütününde görmek mümkündür.

Jeolojik ve jeomorfolojik durum; yerleşim alanlarının seçilmesinden başlayarak konumlandırılması, şekli gibi konuların çeşitlenmesinde ve dolayısıyla kentlerin birbirlerinden farklılaşmalarında önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Jeolojik farklılığı ile dikkati çeken kentlerin arasında Mardin, İzmir’in bazı ilçeleri, Konya, Erzurum, Gümüşhane gibi pek çok kentimizi saymak mümkündür. Özellikle su kıyıları, dağ etekleri, vadi yamaçları kentlerin yerleşim alanı olarak seçilmesinde etken rol oynamıştır. Tek başına bir etken olarak jeolojik yapı karşımıza çıkmamaktadır, yerleşim alanı seçimleri iklimin rolü jeolojik durumla beraber irdelenmektedir. Yine bu yerleşimlerin sonucu olarak kent profili yeryüzü şekilleri, suyun varlığı, düzlük veya yükseltilerin etkisi ile çeşitlenmektedir. Aynı şekilde jeomorfolojik farklılıklar veya çeşitlilikler kentlerin renklenmesinde olumlu katkılar sağlamaktadır (Önem ve Kılınçaslan, 2005).



Şekil 1. Topoğrafya kullanılarak ortaya konulan farklı çözümler (Anonymous, 1967)

2. Materyal ve yöntem

Artvin İli, 40,35-41,32 Kuzey enlemleri ve 41,07-42,00 Doğu boylamları arasında yer almaktadır. Kentin toplam yüzey alanı 7.436 km² dir. Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan il, doğusunda Ardahan, batısında Rize, kuzeyinde Gürcistan, güneyinde Erzurum ile komşudur (Şekil 2). Çalışma Artvin İli imar sınırı içerisinde yürütülmüştür. Kent Aşağı, Orta ve Yukarı Mahalleler ile yeni yerleşim birimi olarak açılan İskebe Mahallesinden oluşmaktadır (Anonim, 2006).

Artvin ili kent kimliğine doğal faktörlerin etkisinin tespit edilmesi amacı ile yapılan bu çalışmada öncelikle; kentlerde kimlik kavramı ve kent kimliğinin oluşumunda yer alan doğal faktörler detaylı bir literatür taraması ile belirlenmiştir. Daha sonra bu faktörlerin Artvin özelinde etkinliğinin belirlenmesi amacı ile yerinde incelemeler ve gözlemler yapılmış ve fotoğraflar çekilmiştir.

Çalışmada yer alan doğal etmenlerden topoğrafyanın kent kimliğine etkisinin incelenilmesi aşamasında arazi formundaki belirsizliğin ortadan kaldırılması ve görselleştirilmesi için yükseklik grupları haritası, sayısal yükseklik modeli, eğim ve bakı haritaları ArcGIS 9.3 yazılımı kullanılarak hazırlanmış ve çeşitli analizler yapılmıştır. Yükseklik, Artvin kentinde 180m- 1290m arasında değişmektedir. Veritabanı oluşturma ve analiz işlemleri ArcGIS 9.3 için Georeferencing, ArcCatalog, Editor, 3D Analyst ve Spatial Analyst modülleri kullanılmıştır. 1/25000 ölçekli Artvin F47-c1 paftası üzerinden 10 metre aralıklı eşyüksekti eğrileri sayısallaştırılmış ve ardından 3D Analyst modülü ile TIN (düzensiz üçgen ağı) üretilmiştir. Ardından eşyüksekti eğrilerine dayalı olarak yükseklik grupları haritası oluşturulmuştur. Üretilen TIN modelinden sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. SYM'de grid büyüklüğü 15 metre olarak alınmıştır. Eğim grupları haritası 3D Analyst içindeki Raster Surface altındaki Slope komutu kullanılarak yüzde olarak hazırlanmıştır. Eğim aralıklarının belirlenmesinde Altunkasa (2006), baz alınmıştır. Ayrıca Google Earth'den elde edilen verilerle kent yol güzergâhı çıkartılarak topoğrafyanın hareketliliğinin kent peyzajında ki yansımaları fotoğraflarla ortaya konulmuştur.

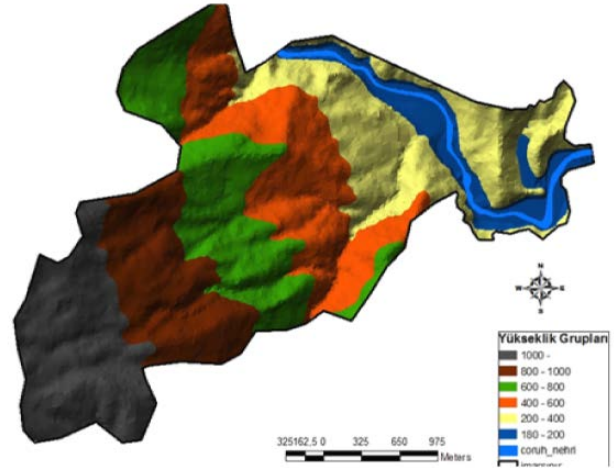
3. Bulgular

Artvin ili eski bir heyelan alanına konuşlandırılmıştır. Bu heyelan alanının kopma yüzeyi Kafkasör Yaylasında (1200 m) ve topuğu ise Korzul mahallesindedir (225 m). Kentteki yerleşim alanları yaklaşık 1000 m. lik kot farkına yayılmıştır. Kentin yükseklik grupları bakımından oransal olarak en düşük alanını 180-200 m arasındaki yükseklik grubu (%9.07), en yüksek alanını ise 200-400 m arasındaki yükseklik grubu (%20.90) oluşturmaktadır (Şekil 3).

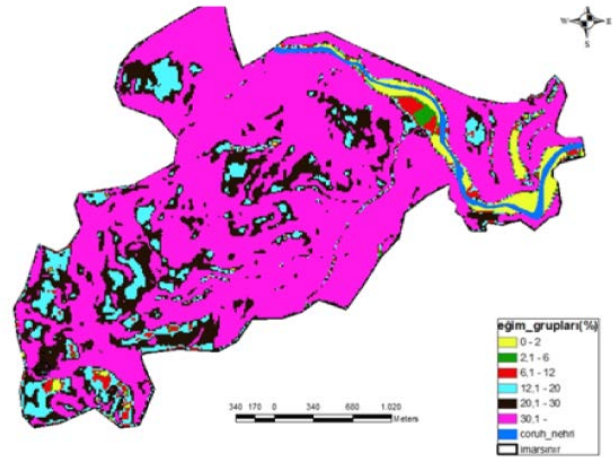
Kentin yaklaşık %66'lık kısmı, %30 ve daha yüksek eğim derecesine sahiptir (Şekil 4). Bu alan içerisinde birçok küçük heyelan basamağı, aktif, potansiyel ve eski heyelan alanları izlenmektedir. Yüksek eğim nedeniyle şehrin gelişme alanları kısıtlı ve dardır (Anonim, 2006). Kent çoğu zaman bir apartmana benzetilmektedir. En alt kattan üst kata kadar tek bir ana caddede ulaşım sağlanmaktadır. Kentin girişi olan Çoruh Nehrinden kent merkezine kadar olan mesafe yaklaşık 5 km'dir ve bu mesafe yaklaşık 11 viraj ile kat edilebilmektedir (Şekil 5, 6).



Şekil 2. Çalışma alanının konumu



Şekil 3. Artvin kenti yükseklik grupları haritası (180-200 %9.1, 200-400 %20.9, 400-600 %20.2, 600-800 %18.4, 800-1000 %14.1, 1000-1290 %17.3)



Şekil 4. Artvin kenti eğim grupları haritası (0-2 %3.8; 2-6 %0.9; 6-12 %2.1; 12-20 %8.1; 20-30 19,7; >30 %66)

Evyapan ve Tokol (2000)'a göre %25 üzeri eğimlere sahip alanlara erozyon riskinden dolayı dokunulmaması gerekir. Kentin %66'lık bir kısmı % 30 üzeri bir eğime sahiptir. Bu durumdan dolayı yerleşim alanlarının ve mekanlarının kısıtlı olması alan kazanımını gerekli kılmıştır. Bu amaçla teraslamalar yapılarak hem alan kazanımı sağlanmış hem de kaygan olan zeminin güvenliği kontrol altına alınmıştır. Kent bütününe bakıldığında bina konumlandırmalarında ve yollarda toprak kaymasını önlemek ve güvenliği sağlamak amacı ile yapılan terasların ölçek ve mühendislik açısından baskın olduğu ve kent görseğinde etken rol oynadığı gözlemlenmektedir. Kent merkezine kadar olan yaklaşık 5km'lik ana yol aksı boyunca karşımıza çıkan teraslar için yapılmış istinat duvarları en az 1 metre, en çok 5m yüksekliğindedir (Şekil 7).

Sert yüzeylerin bu kadar yoğun kullanıldığı bir kentte, kent peyzajı açısından değerlendirme yapıldığında; çoğunlukla çıplak duvarlar şeklinde görülen istinat duvarlarının dokusal özelliklerinin ön plana çıktığı görülmektedir. Taş ve çimento ile yapılan duvarlar, kente soğuk ve itici bir hava katmaktadır. Duvarlar üzerine yapılan düşük işçilikli resimler ve kabartmalar, rastgele asılmış afişler ve tabelalar görsel kirliliği artırmaktadır. Bazı duvarların üzerleri şevlerde bulunan bitkilerle doğal bir şekilde kapanmıştır. Bu tür istinat duvarları daha çekici olmasına rağmen bakımsızlık, bu alanların görsel açıdan yeterli doyum noktasına ulaşımı engellemektedir (Şekil 8).

Bina konumlandırmalarında karşımıza çıkan istinat duvarları genellikle daha fazla yüksekliğe sahiptir. Ayrıca bina girişlerine yaklaşım çözümleri, derin kot farklılıklarının köprü ve sahanlıklarla aşılmasını zorunlu hale getirmiştir. Ana yol aksı boyunca duvarların uzun mesafeler boyunca kesintisiz devam etmesi duvar görüntüsünü iyice baskın yapmaktadır (Şekil 9).

Bu kadar sert ve dik bir topoğrafyanın görüldüğü kentte istinat duvarları kadar merdivenler ve rampalar, kent fiziki yapısı üzerinde belirleyici öğedir (Şekil 10). Teras yapılarının çokluğu yayalar için alternatif yol akslarının oluşmasına sebep olmuştur. Alanın doğal eğiminden kaynaklanan merdivenler; üst ve alt sokakları birbirine bağlamakta aynı zamanda Artvin Kenti'ne özgü farklı bir görsellik katmaktadır. Çoğu zaman oldukça dar olarak inşa edilen bu bağlantıları, kent halkı yoğun olarak kullanmaktadır. Fonksiyonelliğinin yanı sıra kent görünüşünü de etkileyen bu merdivenler kentin 'Merdivenler Şehri' olarak tanımlanmasını sağlamıştır.

Yakın zamana kadar tek bir girişin mevcut olduğu kentte Çoruh Nehri'nin kıyıdan başlayan ana yol aksı Kafkasör'ün eteklerine kadar devam etmektedir. Arazinin kısıtlı olması en küçük bir alanı bile değerlendirmek açısından zorlayıcı olmuştur. Bunun sonucu olarak teras yapılar sadece yol ve bina konumlandırmalarında karşımıza çıkmamakta aynı zamanda halkın farklı ihtiyaçlarının değerlendirilmesine de olanak tanımaktadır. Her an yol kenarında veya bir dik yamacın sonunda oluşturulmuş setli bir yapıyla karşılaşma olasılığı var olan kente bu yapılar farklı bir görsel özellik katmaktadır. Bu yapılar bazen araç park etmek için yer olurken bazen de bir sebze bahçesi ve hatta yakacak malzemelerin istiflendiği bir depo olarak kullanılabilir (Şekil 11).

Topoğrafyanın etkisi ile kent bütününde farklı noktalarda kendiliğinden oluşmuş bakı noktaları ve vista alanları kent profili için önemli noktaları oluşturmuştur (Şekil 12). Farklı perspektiflere açılan bu pencereler kot farklılıklarının etkisiyle çok çeşitli görüş olanakları sunmaktadır.



Şekil 5. Artvin Kenti ana yol aksı



Şekil 6. Artvin İline ait görüntü



Şekil 7. Kent merkezinde bulunan istinat duvarlarından bir görüntü



Şekil 8. Kent merkezinde bulunan istinat duvarlarına ait görüntüler



Şekil 9. Kent merkezinde bulunan kesintisiz duvarlardan örnek görüntüler



Şekil 10. Kent merkezinde bulunan merdiven ve rampalara ait görüntüler

Topoğrafyanın baskın etkisine jeolojik oluşumlar da eklenince kent kimliği daha da çarpıcı bir hal almaktadır. Farklı renk ve dokulardaki bazalt, andezit ve granit kayaç türleri oldukça etkili görselliklerin ortaya çıkmasında rol alırlar. Kütlesel özellikleri ile dikkati çeken bu oluşumlar dikey çizgiler ve dikey kütleler şeklinde algılanmaktadır (Şekil 13a). Bu da doğal peyzaja ve dolayısıyla kente karakter kazandırmaktadır. Özellikle topoğrafya ile bütünleşen bu renkli dokular mimari ile de birleşince çarpıcı bir kent silüeti ortaya çıkmaktadır. Tarihi süreç içerisinde de bu özellikten faydalanılmış ve kentin giriş ve çıkış noktasına hakim bir kaya üzerinde Artvin Kalesi inşa edilmiştir.

Artvin kalesi doğal elemanların kültürel peyzaja katkılarının gözlemlendiği en güzel örneklerden biridir. Günümüzde bile kentin önemli bir imaj noktası olan kale, jeolojik dokunun bir devamı niteliğinde algılanmakta ve kent karakterine olumlu katkılar sağlamaktadır (Şekil 13b).

Hemen hemen hiç müdahale edilmeksizin çoğu zaman çıplak bırakılan kayalar üzerinde farklı bitki türlerinin oluşturduğu kompozisyonlar ilgi odağı olmaktadır. Şevlerin çok olması ve bu alanların yer örtücü bitkilerle kaplı olması kentte yaşanan yoğun betonlaşmayı biraz da kapatıcı etki yapmaktadır (Şekil 14).



Şekil 11. Teraslama ile yer kazanımına örnek bir alan



Şekil 12. Kent merkezinde bulunan bakı noktalarına ait görüntüler



Şekil 13. Farklı jeolojik oluşumlara ait görüntüler

Kent bitimi ile başlayan iğne yapraklı ormanların varlığı kentin 'Yeşil Artvin' olarak adlandırılmasında önemli bir etkindir (Şekil 15). Özellikle 'ladin' ve "meşe" ağaçları ile dikkat çeken dağlarda yeşilin her tonunu görmek mümkün olmaktadır. Renklenmenin başladığı sonbahar ve ilkbahar dönemlerinde adeta tablo etkisi oluşturan ormanlar, Artvin kent dokusu için oldukça önemli kaynak değerleridir. Güngör ve Cengiz (2006)'in yaptığı bir çalışmada Artvin ili iklimini uygun olması nedeni ile bitki çeşitliliğinin oldukça yoğun olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada alanda mevcut bitki örtüsünün ve endemik bitki çeşitliliğinin koruma altına alınmasının gerekliliği ifade edilmiştir.

Kentin ılıman iklime sahip olması tür çeşitliliği yönünden önemli bir avantaj olmuştur. İklimin ılıman olması kentin konumlandırılması ile de alakalıdır. Şekil 16'da kente ait bakı haritası görülmektedir. Kuzey bakanlı alanlar daha soğuk oldukları bilinmektedir. Bitki örtüsü de bakı durumuna göre çeşitlilik göstermektedir. Kuzey bakanlı alanlarda soğuğa daha dayanıklı bitkiler yer almaktadır.

Kent de kışlar ılık yazlar sıcak ve çok yağışlı geçmektedir. Devlet meteoroloji genel müdürlüğünün verilerine göre 1975-2010 yılları arası tespit edilen ortalama sıcaklık verilerine göre en düşük sıcaklık ocak ayı -0.7, en yüksek sıcaklık ağustos 25.9 olarak tespit edilmiştir. Ortalama yağış miktarı en düşük ağustos ayında 29.4 kg/m^2 en yüksek yağış ocak ayında 96.3 kg/m^2 olarak tespit edilmiştir (Anonim 2011). Güngör ve Cengiz (2006)'in yaptığı çalışmada ilin büyük bir bölümünde iklim kontrolü potansiyelinin çok yüksek ve yüksek olduğu, ilin tamamında düşük ve çok düşük iklim konforu potansiyeline sahip alanların olmadığı tespit edilmiştir.

İklimin etkisiyle kentte sık sık yağmurlar ve sis bulutları görülmektedir. Sis bulutları dağlarda adeta dans etmektedir. Bu özelliğinden dolayı kente 'Göge Komşu Topraklar' da denilmektedir (Şekil 17). Dağların adeta sur gibi kenti sarması, ufuk çizgisinin olmaması, güneşin doğuş ve batışının görülmemesi de kent için ayırt edici birer özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentte vejetasyon erken yananmakta ve kent yeşil kimliğine kısa sürede kavuşmaktadır. İklimin rakımla olan ilişkisi bitki örtüsünü de etkilemektedir. Vadinin aşağılarında 5-6 °C lik sıcaklık farklılığı vejetasyonu da etkilemekte çiçeklenme dönemi kentin en aşağı mahallelerinde 4-5 gün daha erken başlamaktadır.

Artvin kenti kimliği için belirleyici olan bir diğer etken başta Çoruh Nehri olmak üzere su varlığıdır. Kent girişi Çoruh nehri üzerinde kurulan Borçka ve Deriner Baraj Gölleri arasındadır. Her zaman koyu çamur rengi hırçın dalgalarıyla akan nehir son zamanlarda yapılan barajlar ile sakinleşmiş ve durulmuştur. Kentin konumlandırılması ve topoğrafyanın etkisi ile Çoruh nehrinin bazı kısımları kentteki çoğu noktadan görülebilmektedir. Nehir üzerinde taşıt ulaşımını sağlayan iki betonarme köprü ve yaya ulaşımını sağlayan 1 asma köprü bulunmaktadır. Çoğu sokakta karşımıza çıkan küçük derecikler birleşerek Çoruh nehrine akmaktadırlar. Ayrıca suların tahliyesi için yapılan küçük su kanalları hemen hemen tüm anayol boyunca devam etmektedir (Şekil 18).

Peyzaj mimarlarının da olumlu katkıları ile sanatın kentlerimize kimi zaman sokak ölçeğinde kimi zaman balkon ölçeğinde girmesi kent ve kente ait elemanlar için gereklidir. Artvin ili yakın çevresi pek çok doğal zenginliğe ev sahipliği yapmaktadır. Kente 10 km uzaklıkta milli park

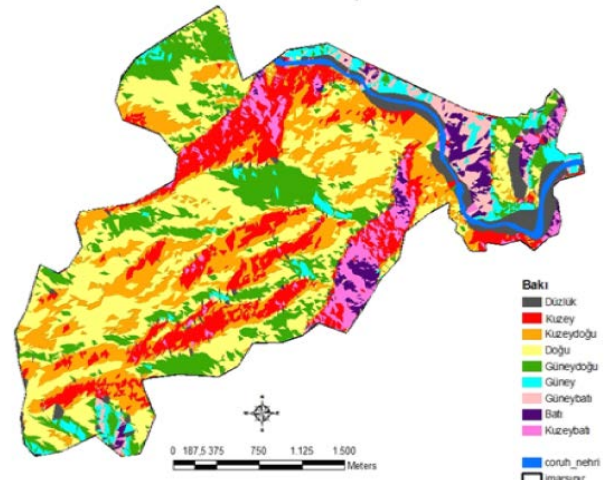
statüsündeki Hatila Vadisi'nde endemik ve relik bitki türlerine rastlanmaktadır. Hatila Milli Parkının kente yakın olması kent kimliğini olumlu etkilemektedir. Kente 8 km mesafede bulunan Kafkasör dinlenme alanında yazın boğa güreşleri ve karakucak güreşleri yapılmaktadır. Kent için en ayırt edici özelliklerden birisi de bu mekan ve aktivitelerdir. Kent merkezinde simgesel olarak kullanılan boğa figürleri kent estetiğini olumlu etkilemektedir. Diğer taraftan kent kimliği için ayırt edici güce sahip bu alanlar kentin tanınmasında önemli birer imaj noktaları olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 14. Kentin yoğun yapılaşmasına ait örnek bir görüntü



Şekil 15. Kent ile iç içe girmiş ormanlar



Şekil 16. Kente ait bakı grupları haritası



Şekil 17. Kent merkezinde yılın çoğu döneminde görülen manzaralar



Şekil 18. Çoruh nehrine ve kentteki su varlığına ait görüntüler

4. Sonuç

Kentler doğal ve insan yapımı çevrelere göre kimlik kazanırlar. Artvin örneğinde yapılan bu çalışmada, doğal etmenlerin kent kimliğine olan etkisi incelenmiştir. İnsan yapımı mekanların kent dokusunu oluşturduğu ve bunlarında Artvin'in keskin ve sert coğrafyasında, doğal etmenlerden çok fazla etkilendiği görülmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda kentlerin kimliklerini yitirdiği birbirine benzer dokuların ortaya çıktığı tartışılmaktadır. Bu durum doğal etmenlerin zorunlu yönlendirmeleri ile Artvin kenti için mümkün değildir. Çalışmada ifade edildiği gibi kent doğal etmenler açısından incelendiğinde Göğe Yakın Topraklar, Yeşil Artvin, Merdivenler şehri gibi doğal etmenleri ile kimlik kazanmış ve farklı şekillerde adlandırılmıştır. Doğal etmenlerin etkisi ile ortaya çıkan bu farklılıklar insanların yaşam koşullarının şekillenmesinde önemli rol almaktadır. Ancak kent geneli değerlendirildiğinde bu çeşitliliğin çoğu zaman olumlu olarak ortaya çıkarılmadığı ve kent yaşamına olumsuz etkileri olduğu gözlemlenmektedir. Bakımsızlık, istinat duvarlarının estetik olmaması kentte betonlaşma algısını artırmaktadır. Yine istinat duvarlarının üzerine yapıştırılan afişler, bilgilendirme panoları, sanatsal değeri olmayan gelişigüzel yapılmış resim ve kabartma figürler beraberinde kargaşa getirmekte ve görsel kirlilik oluşturmaktadır. Arazinin kısıtlı olmasından dolayı topoğrafya ya yapılan plansız müdahaleler, hızlı imarlaşma, tek katlı bahçeli konutların yerlerini apartman bloklarına bırakmaları yeşil alan miktarının gün geçtikçe azalmasına sebep olmaktadır. Su kanallarının gelişigüzel oluşturulması, jeolojik oluşumların hiçbir şekilde dikkate alınmaması gibi olumsuz etkiler kent görüntüsüne hakim olmaktadır. Başta topoğrafya şartlarının zor olması, güvenlik sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Yolların, merdivenlerin standartlara uymaması, ulaşımı iyice zorlaştırmaktadır.

Sonuç olarak kentte peyzaj tasarımı ve kent kimliğine katkıları açısından eşsiz fırsatların yakalanma şansı varken, bu fırsatlar göz ardı edilmektedir. Doğal çevre bileşenlerinin kente kimlik kazandırmadaki rolü çoktur. Ancak bu etkenler değerlendirilirken kentin bir bütün olarak ele alınması daha iyi sonuçların alınmasını sağlayacaktır. Doğal çevre bileşenleri kentsel tasarımlarda kimlik oluşturması açısından önemlidir. Bu bileşenler doğru kullanılırsa kentler için farklı algılamalar ve farklı kimlikler oluşacaktır.

Kaynaklar

- Altunkasa, M. F., 2006. Peyzaj Mühendisliği. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 36, Adana.
- Anonymous, 1967. Sunset Landscaping for Modern Living. Lane Magazine and Book Company, Menlo Park, California.
- Anonim, 2006. 2005 Yılı Artvin İl Çevre Durum Raporu. İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Artvin.
- Anonim, 2011. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Resmi Internet Sitesi: <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ARTVIN>. (Erişim Tarihi: 14.11.2011)
- Aydın, İ., 2000. Kentsel İmgeler ve Kent Kimliği: Bursa'da Üç Yaşam Çevresi Üzerine bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi Anabilim Dalı, Kent ve Çevre Bilimleri Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Can, N., 1996. Kent Kimliği. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı Yönetim Bilimi Bilim Dalı, Yüksek Lisan Tezi, Ankara.
- Erkan, N.,Ç., 1996. Çevresel Psikoloji Bağlamında Çevresel İmaj ve Beşiktaş Meydanı Örneği. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Evyapan, G., Tokol, A.S., 2000. Peyzaj Tasarımı Ders Notları / Landscape Design Lectures METU, Faculty of Architecture Press, Ankara.
- Genç, G., 2006. Peyzaj Tasarım Elemanlarının Enerji Korumaya Etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 197 s.

- Güngör, S., Cengiz, T., 2006. Artvin İlinin İklim Konforuna Sahip Rekreasyon ve Turizm Alanları. Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 7(1): 69-80.
- Keleş, R., 2006. Kentleşme Politikası, İmge Kitabevi, 10:795, Ankara.
- Köylü, P., 2003. Türk Bahçesi Kimliğinin Mekan Sentaksı Açısından İrdelenmesi: Topkapı Sarayı Örneği. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Doktora Tezi, Ankara.
- Köylü, P., Kiper, T., 2007. Kent Kimliğini Oluşturan Değerler ve Kimliksizleşme Üzerine Örneklemler. Peyzaj Mimarlığı 3. Kongresi, 42-49, Antalya.
- Lynch, K. 1960. The image of the city. The MIT Press, Cambridge
- Ocakçı, M., (1995). Şehir Kimliği ve Çevre İlişkileri, Kent ve Çevre Planlamaya Ekolojik Yaklaşım, 17. Dünya Şehircilik Günü Kolokyumu, 163-170, İstanbul.
- Önem, A.B., Kılınçaslan, İ., 2005. Haliç bölgesinde çevre algılama ve kentsel kimlik. İTÜ Dergisi, Mimarlık Planlama ve Tasarım, 4(1):115-125.
- Robinette G.,1977; Landscape Planning for Energy Conservation. Environment Design Press, Reston, Virginia.
- Şahin, E., Dostoğlu, N., 2007. Kentsel Mekan Tasarımında Doğal Verilerin Kullanımı. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 12 (1): 29-40.
- Yazgan, M., E., Erdoğan, E., 2000. Geçmişten Geleceğe Tarihi ve Kültürel Değerleriyle Safranbolu. 2000'li Yıllarda Yaşadığımız Çevre ve Peyzaj Mimarlığı Sempozyumu, 227-232, Ankara.
- Yıldız, D.,1996. Peyzaj ile Mimarlık-Kentsel Tasarım ilişkileri ve Mimari Tasarıma Etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Yazar rehberi

Yazarlar makaleyi A4 ebadında, Times New Roman yazı tipinde 12 punto büyüklüğünde hazırlamalıdır. Makale düz metin şeklinde hazırlanmalı ve zorunlu olmadıkça hiçbir özel format kullanmamalıdır. 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 ve çizelge ve şekillerle birlikte toplam 10 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 altında kullanılabilir.
- **Sembol 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 kaynaklar parantez içinde yazarların soyadları, yayın yılı şeklinde verilmelidir (Örnek: Berkel, 1970). Metin sonundaki kaynaklar alfabetik-kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır.
- **Çizelge ve şekiller:** Bütün çizelge ve şekiller metin içerisinde atıf alışı sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalı ve metnin sonuna sırasıyla eklenmelidir. Çizelgelerin üzerinde ve şekillerin altında başlıkları yer almalıdır. Çizelge ve şekiller mümkün olduğu kadar sade olmalı, içerilerindeki metin, rakam, sembol vb. unsurlar hem elektronik ortamda hem de kağıt baskıda net olarak görünür ve anlaşılabilir olmalıdır.
- **Makalenin gönderilmesi:** Dergimizin bütün hakemlik ve yayıncılık işlemleri elektronik sistem üzerinden yürütülmektedir. Dergimize yayın göndermek isteyen yazarların öncelikle dergimizin "[web sitesine](#)" girerek "[kayıt](#)" ekranından üye olmaları gerekmektedir. Kayıtlı yazarlarımız sisteme "[giriş](#)" yaptıktan sonra, makalelerini ve hakem önerilerini de içeren "[üst yazı](#)" formunu sisteme yüklemelidirler. Hakemlik süreci sonunda kabul alan makaleler için yayın haklarının dergimize devredildiğini belirten bir "[telif hakkı devir formu](#)" doldurulmalıdır.

Daha fazla bilgi için, yazarlarımız geçmiş sayılarımızı inceleyebilir veya editörlerimizle iletişime geçebilirler.

Instructions for authors

Authors should prepare their manuscripts in A4 size paper, with Times New Roman font and 12 pt font size. Manuscript should be written as plain text and unless necessary, no special formatting should be used. Page and line numbers should be into the manuscript. Please check out the explanations below for other details:

- **Cover page:** Cover page should include title if the manuscript, names of the authors and contact information for 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 10 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.
- **Literature cited:** In the text, literature should be given within a parenthesis including last name of the author and year of the publication (for example: Berkel, 1970). At the end, it should be ordered alphabetically and chronologically.
- **Tables and figures:** All tables and figures should be numbered in the order of their appearance in the text, and they should be given at the end of the manuscript. 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 both in print and electronic versions.
- **Submission of a manuscript:** In our journal, all review and publishing processes are conducted within an electronic system. Authors who want to submit their manuscript to our journal should first visit our "[web page](#)" and "[register](#)" as an author. Then, our registered members can "[log in](#)" to the system and upload their manuscript and "[cover letter](#)", containing their suggested referees. At the end of the review process, authors should also fill out and submit a "[copyright transfer form](#)" if their manuscript is accepted for publication.

For more information, authors can examine our previous papers or they can contact our editors.

