



Süleyman Demirel Üniversitesi

Orman Fakültesi Dergisi

Yıl
Year 2013

Cilt
Volume 14

Sayı
Number 1

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

Kapak ve logo tasarımı

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 Üniversitesi, Çek Cumhuriyeti
Arif Karademir, Doç.Dr., Bursa Teknik Üniversitesi, Türkiye
Asko Lehtijarvi, Doç.Dr., Bursa Teknik 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, Doç.Dr., North Carolina State Üniversitesi, 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 Üniversitesi, ABD
Veli Ortaçeşme, 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, Assoc.Prof.Dr.
Halil Turgut Şahin, Assoc.Prof.Dr.
H. Oğuz Çoban, Asst.Prof.Dr.
Mehmet Korkmaz, Asst.Prof.Dr.
Yılmaz Çatal, Assoc.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 University, Turkey
Alois Skoupy, Prof.Dr., Mendel University, Czech Republic
Arif Karademir, Assoc.Prof.Dr., Bursa Technical University, Turkey
Asko Lehtijarvi, Assoc.Prof.Dr., Bursa Technical University, Turkey
Aydın Tüfekçioglu, Prof.Dr., Artvin Çoruh University, Turkey
Aynur Aydın Coşkun, Prof.Dr., İstanbul University, Turkey
Bahar Türkyılmaz, Prof.Dr., Ege University, Turkey
Cemil Ata, Prof.Dr., Yeditepe University, Turkey
Emin Zeki Başkent, Prof.Dr., Karadeniz Technical University, Turkey
Ertuğrul Bilgili, Prof.Dr., Karadeniz Technical University, Turkey
Ferhat Gökbulak, Prof.Dr., İstanbul University, Turkey
Fikret Işık, Assoc.Prof.Dr., North Carolina State University, USA
Gökhan Abay, Assoc.Prof.Dr., Çankırı Karatekin University, Turkey
H. Hulusi Acar, Prof.Dr., Karadeniz Technical University, Turkey
H. Şebnem Düzgün, Prof.Dr., Middle East Technical University, Turkey
Hakkı Alma, Prof.Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Turkey
Kani Işık, Prof.Dr., Akdeniz University, Turkey
Kenan Ok, Prof.Dr., İstanbul University, Turkey
Nihat Sami Çetin, Prof.Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Turkey
Nilgül Karadeniz, Prof.Dr., Ankara University, Turkey
Osman Karagüzel, Prof.Dr., Akdeniz University, Turkey
Sadık Artunç, Prof.Dr., Mississippi State University, USA
Veli Ortaçesme, Prof.Dr., Akdeniz University, Turkey

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

- Orman köylerinde kooperatifçiliğin gelişimine etki eden etmenler
Hasan Alkan, Emin Demir 1-9
- Hedef türler için gösterge bitki türlerinin sayısal metotlar kullanarak tespiti: Acıpayam Yöresi örneği
Serkan Gülsoy, Özdemir Şentürk, M.Güvenç Negiz 10-14
- Menengiç (*Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Engler) meyvelerinin bazı fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine ekolojik faktörlerin etkisi
Serkan Gülsoy, Gülcan Özkan, Kürşad Özkan, Musa Genç 15-23
- Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri kullanılarak Ayancık-Göldağ kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde hacim tahmini
Alkan Günlü, İlker Ercanlı, Emin Zeki Başkent, Muammer Şenyurt 24-30
- Havasal LIDAR verileri kullanılarak meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi
İbrahim Özdemir 31-39
- Yersel lazer tarama ile tek ağaç özelliklerinin belirlenmesi
İbrahim Özdemir 40-47
- Kağıt üretiminde CaCO₃ dolgu maddesinin kimyasal tutunması üzerine bir araştırma
Arif Karademir, Hülya Varlıbaş, Mustafa Çiçekler 48-52
- Eğilmeye çalışan budaklı kırışlerin sonlu elemanlar modelleri
Ergün Güntekin, Tuğba Yılmaz 53-57
- Kavak (*Populus nigra* x *Populus deltoides*) odunundan selüloz nanokristalit eldesi
Nilgül Özmen, Nihat Sami Çetin, Nasır Narlıoğlu 58-63
- Kastamonu'daki hastane bahçelerinin peyzaj tasarımlarının değerlendirilmesi
Çiğdem Sakıcı, Suzan Çelik, Özkan Kapucu 64-73

Derleme

- Kağıt geri dönüşüm işlemlerinin selülözün yapısında meydana getirdiği değişimler üzerine bir inceleme
H. Turgut Şahin 74-80

CONTENTS

Research

- Factors affecting the development of cooperatives in forest villages
Hasan Alkan, Emin Demir 1-9
- Identification of indicator plant species for target species by using quantitative methods: A case study from Acıpayam district
Serkan Gülsoy, Özdemir Şentürk, M. Güvenç Negiz 10-14
- Effects of ecological factors on some physical and physicochemical fruit characteristics of turpentine tree (*Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Engler)
Serkan Gülsoy, Gülcan Özkan, Kürşad Özkan, Musa Genç 15-23
- Predicting stand volume using Quickbird and Landsat 7 ETM+ satellite images for stands of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky): a case study in Ayancık-Göldağ
Alkan Günlü, İlker Ercanlı, Emin Zeki Başkent, Muammer Şenyurt 24-30
- Estimation of forest stand parameters using airborne LIDAR data
İbrahim Özdemir 31-39
- Determination of individual tree characteristics with terrestrial laser scanning
İbrahim Özdemir 40-47
- A study on the chemical retention of CaCO₃ on paper production
Arif Karademir, Hülya Varlıbaş, Mustafa Çiçekler 48-52
- Finite element modeling of knot contained beams in bending
Ergün Güntekin, Tuğba Yılmaz 53-57
- Production of cellulose nanocrystallites from poplar wood (*Populus nigra* x *Populus deltoides*)
Nilgöl Özmen, Nihat Sami Çetin, Nasır Narlıoğlu 58-63
- Evaluation of landscape designs of hospital gardens in Kastamonu
Çiğdem Sakıcı, Suzan Çelik, Özkan Kapucu 64-73

Review

- A study on paper recycling effects on cellulose properties
H. Turgut Şahin 74-80

Orman köylerinde kooperatifçiliğin gelişimine etki eden etmenler

Hasan Alkan^{a,*}, Emin Demir^b

^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

^b Bucak Orman İşletme Müdürlüğü, Burdur

* İletişim yazarı/Corresponding author: hasanalkan@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 18.12.2012, Kabul tarihi/Accepted: 24.01.2013

Özet: Kooperatifçilik insan kaynaklarının geliştirilmesi, girişimciliğin teşviki, istihdam olanaklarının artırılması, yoksulluğun azaltılması, vb. gibi potansiyel faydaları nedeniyle kırsal kalkınma çalışmalarında yıllardır kullanılmakta olan en önemli araçlardan birisidir. Bununla birlikte, kooperatifçilikle ilgili devlet politikalarında devamlılığın sağlanamaması, mevcut yasal ve yönetsel sorunların giderilememesi ve başta eğitim olmak üzere kırsaldaki insanımızın niteliği, vb. nedenlerle kooperatifçilik çalışmalarından beklentilerin yeterince karşılanamadığı da bilinmektedir. Bu çalışmada orman köylerindeki kooperatifleşme çabaları ve kooperatifçiliğin gelişimine etkisi olan etmenler yönetici görüşleri yardımıyla (1) güvenilir ve güçlü bir kooperatifçilik imajı, (2) planlı ve istikrarlı devlet politikaları, (3) uygun ve gelişime açık bir mevzuat, (4) insan kaynaklarının geliştirilmesi, (5) etkin bir örgütlenme ve işbirliği ve (6) finansman olanakları şeklinde sınıflandırılmış; ardından kooperatiflerin bu etmenler bakımından durumları sorgulanmıştır. Araştırmanın evreni Isparta Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Bucak Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içinde faaliyet gösteren kooperatiflerdir.

Anahtar kelimeler: Kooperatifçilik, Orman köyleri, Bucak Orman İşletme Müdürlüğü

Factors affecting the development of cooperatives in forest villages

Abstract: Because of some potential benefits such as reducing of poverty, developing of human resource, supporting of entrepreneurship and providing employment for years cooperative system is one of the most instruments that is used for rural development. And also, it is known that cooperatives can't provide the expects due to the fact that the politics of the state can't ensure the continuity, can't be solved of the legal and managerial problems, and the most important one is the low education level. In this research, cooperative approach to forest villages of managers of cooperatives, cooperative development efforts and the factors that have an impact are classified such as; (1) the image of a reliable and powerful cooperatives, (2) planned and consistent government policies, (3) suitable and a clear legal framework, (4) development of human sources, (5) effective organization and co-operation and (6) funding opportunities. After classifying, statuses of these cooperatives were investigated. Population of the study is the cooperatives are operating within the boundaries of the Forestry Directorate of Bucak on Forest District Directorate of Isparta.

Keywords: Cooperatives, Forest villages, Forestry Directorate of Bucak

1. Giriş

Kooperatifçilik orman köylerinin sosyo-ekonomik olarak kalkındırılmasında eskiden beri önemli bir araç olarak kabul görmektedir. Kooperatifçiliğin ülkemizdeki temelleri birçok kaynakta 1863 yılında Mithatpaşa tarafından kurulan “*Menafi ve Memleket Sandıkları*” yardımlaşma kuruluşuna dayandırılmaktadır. Modern kooperatifçilik çalışmalarının başlangıç tarihi ise Cumhuriyet Dönemi'ne rastlamaktadır. Orman köylerindeki ilk kooperatif 1963 yılında Almanya'ya işçi göndermek amacıyla kurulmuştur (Tolunay vd., 2002). Başlangıç olarak hangi tarihi alırsak alalım kooperatifçilik konusunda gerekli deneyimin oluşabilmesi için yeterli olan bir zaman diliminin varlığından söz edebiliriz. Ne var ki, kooperatifçilik konusunda, günümüzde hala çağdaş ve tutarlı politikalar oluşturulamamış ve kooperatifler ekonomik ve toplumsal kalkınmayı gerçekleştirmede sahip oldukları potansiyeli kullanamamışlardır. Benzer şekilde bazı istisnalar dışında orman köylerini kalkındırma kooperatifleri de köylünün sosyo-ekonomik ve kültürel yönlerden kalkındırılması,

köyden kente olan göçün önlenmesi, ormanlar üzerindeki baskısının azaltılması, vb. hususlarda gerek makro gerekse mikro ölçekli etmenler nedeniyle kendilerinden beklenen potansiyel faydaları üretememiş ve kuruluş amaçlarına ulaşamamıştır (Atmış, 2001; Akesen vd., 2002; Daşdemir, 2002; Gümüş vd., 2002; Tolunay vd., 2002; Alkan ve Toksoy, 2008). Dolayısıyla orman köylerindeki kooperatifçilik çabaları konusunda yapılacak araştırmalara olan ihtiyaç halen devam etmektedir. Bununla birlikte kooperatifçilikle ilgili çabalar ve bunların başarı durumlarının irdelenmesine yönelik yapılacak çalışmalar bölgeden bölgeye, yöreden yöreye ve hatta köyden köye değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle kooperatifçilik konusunda yapılacak özellikle yerel ölçekli araştırmaların sayısının artırılarak başarı hikâyelerinin tespiti ve bunların analizi kooperatifçiliğin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Öte yandan, orman köylerindeki kooperatifçilik hakkında birçok yayın bulunmasına rağmen; katılımcı bir yaklaşımla yönetici görüşlerini dikkate alan araştırmaların sayısı da oldukça sınırlıdır (Coşgun, vd., 2008). Bu bağlamda araştırma ile orman köylerindeki kooperatifçilik çabaları,

kooperatifçiliğin gelişmesinde etkili olan etmenler ve bu etmenler bakımından kooperatiflerin mevcut durumları Bucak Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içinde ormancılıkla ilgili faaliyet gösteren tarımsal kalkınma kooperatiflerinin yöneticileriyle birlikte ele alınmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Araştırmanın evreni, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü'nün 6 Orman İşletme Müdürlüğünden birisi olan ve orman emvali üretimi bakımından en önde gelen Bucak Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içindeki orman köylerinde faaliyet gösteren 18 tarımsal kalkınma kooperatifidir. Bu kooperatiflerin araştırmaya konu edilmesinin başlıca nedenleri aşağıdaki açıklamalara dayandırılmıştır.

Bucak İlçesi orman alanları bakımından oldukça zengindir. Zira, İlçenin %68'i ormanlarla kaplı olup, bu alanların da %50'si verimlidir. Bu orman kaynakları Bucak, Melli, Pamucak, Çamlık, Uğurlu ve Kestel işletme şeflikleri tarafından yönetilmektedir. Araştırma alanındaki kırsal yerleşimlerin tamamı orman kaynakları ile iç içe konumlanmış durumdadır. Bu yüzden orman kaynakların yönetilmesinde/işletilmesinde orman işletmeleri orman köylüsü ile birlikte hareket etmektedir. Orman işletmelerine iş gücü olarak en önemli katkıyı kooperatifler yapmaktadır. İlçedeki en önemli sanayi sektörü konumunda olan mermercilik, aynı zamanda keresteciliğin de gelişmesine katkı sağlamıştır. Nitekim ambalaj için ihtiyaç duyulan ahşap paletler ilçede üretilmektedir. Ayrıca, araştırma öncesi gözlemlerimize ve orman işletmelerinin yöneticilerine göre yörede kooperatifçilik çabaları itibar görmektedir.

Araştırma konusu ve alanı ile ilgili olarak mevcut araştırma ve dokümanlar temin edildikten sonra işletme, köy ve kooperatif yöneticileri ile bir toplantı yapılarak çalışmanın odak noktaları belirlenmiştir. Bu toplantının ardından son şekli verilen ve ikinci toplantıda köy ve kooperatif yöneticileri ile birlikte doldurulan bilgi ve mülakat formları çalışmanın ana materyallerini oluşturmuştur. Çalışma kapsamında kullanılan formlar yapısal nitelikli formlar olup, anket formlarına eşdeğer formlardır. Mülakat formları araştırma alanında faaliyet gösteren ve orman emvali üretim işi ile uğraşan 18 kooperatifin yöneticilerine uygulanmıştır.

Köyün sosyo-ekonomik ve diğer özelliklerinin (demografik yapı, topoğrafik yapı, alt ve üst yapı, orman ve orman teşkilatı ile olan ilişkiler, sosyolojik özellikler, vb.) yer aldığı köy bilgi formları ise köy muhtar ve azaları ile birlikte doldurulmuştur. Ayrıca arazi çalışmaları kapsamında her bir köy tek tek gezilerek köylerin sosyo-ekonomik yapıları hakkında gözlemler yapılmış ve köylülerle ormancılık etkinlikleri, kooperatifçilik, vb. hususlarda mülakatlar gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışmaları tamamlandıktan sonra anılan yöntemlerle elde edilen veriler bilgisayarda MS Excell programında oluşturulan veri tabanına girilmiştir. Soruların değerlendirilmesi ise SPSS 18.00 paket programı yardımıyla yapılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Köylerin sosyo-ekonomik yapıları

Alkan ve Toksoy (2008) ulaşım, haberleşme ve iletişim başta olmak üzere alt ve üst yapı olanaklarının yeterli olduğu yörelerdeki orman köylerinde değişim ve gelişmenin ortaya çıkabilmesinin daha kolay olduğunu ifade etmektedir. Dolayısıyla orman köylerindeki fiziksel yaşam koşulları, sahip olunan doğal kaynaklar ve köylünün bu kaynaklarla olan ilişkileri, o köylerin sosyo-ekonomik yapıları ve köylülerin davranış biçimlerinin şekillenmesinde belirleyici olmaktadır. Bu durumun kooperatifçilik çabalarının başarıya da başarısızlığında da etkili olabileceği düşünülmüş ve köylerin bazı sosyo-ekonomik özellikleri de çalışmaya dâhil edilmiştir. Araştırma alanındaki köylerin konumsal, demografik ve uğraşı düzenlerine ilişkin bazı bilgiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Araştırılan köyler genellikle dağlık alanlarda konumlanmış olmasına rağmen, alt-üst yapı bakımından önemli sorunlar söz konusu değildir. Köylerin tamamında elektrik ve telefon bulunmaktadır. Sağlık tesisleri ve personeli bakımından yöre gelişim sürecinde olmakla birlikte, Dutalan, Beşkonak, Karaseki, Kuyubaşı, Avdancık, Karaot Çomaklı, Kargı ve Demirli köylerinde hala sağlık tesisi ve/veya personeli bakımından sorunlar bulunmaktadır. Eğitim olanakları bir yerleşimin gelişiminde etkili olan diğer bir unsurdur. Öğretmen yetersizliği, öğrenci sayılarındaki değişkenlik, okul bulunmaması ya da okulun yeterli donanımına sahip olmaması gibi nedenlerle Dutalan, Karaseki, Demirli, Kocaaliler, Kızılseki, Kuyubaşı, Avdancık, Karaot, Yüreğil ve Çomaklı'da eğitim taşınmalı olarak devam etmektedir. Köylüler taşınmalı eğitime sıcak bakmamakta ve eğitimin fiziksel yetersizlikler-öğretmen yetersizliği giderilerek köylerinde devam etmesini istemektedir. Bu durum daha önce Göller Bölgesinde yapılan bazı çalışmaların bulgularından farklılıklar göstermektedir (Alkan, 2009; Alkan vd., 2009). Yörede okur-yazarlık oranı %100'e yakın olup, Türkiye kırsal kesim ortalamasının oldukça üzerindedir. Köylüler içme sularını kaynaklardan ya da sondajlardan sağlamaktadır. Tüm köylerde içme suyu şebekesi bulunmaktadır. Bununla birlikte özellikle Çamlık ve Uğurlu İşletme Şeflikleri sınırları içindeki köylerde içme suyu olanaklarının geliştirilmesine yönelik beklentiler söz konusudur.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi araştırılan kırsal yerleşimlerden en fazla nüfusa sahip olanlar Kocaaliler, Çamlık ve Ürkütlü Beldeleridir. En az nüfusa sahip olanlar ise Dutalan ve Kuyubaşı köyleridir. Yerleşimlerdeki erkek ve kadın nüfusları birbirine yakındır. Yöredeki hane büyüklüğü, ülkemiz kırsal kesimi ortalamaya hane büyüklüğünden daha küçüktür. Yörede göç, geçmiş yıllara göre azalmakla birlikte, halen bazı köyler için önemini muhafaza eden bir olgu halindedir.

Araştırılan köylerde öne çıkan uğraşı düzenleri önem düzeyine göre sırasıyla ormancılık, hayvancılık ve tarım şeklindedir. Köylerde kuru ve/veya sulu tarım yapılmaktadır. Kuru tarım genellikle hayvansal üretim amaçlı ya da evsel ihtiyaçları karşılamak için yapılmakta, bu üretim biçimi çok fazla pazara konu olmamaktadır.

Çizelge 1. Köylere ilişkin bazı bilgiler

Köyün Adı	Topoğrafik Yapısı	Rakımı (m)	Nüfus	Hane Sayısı Dolu (Boş)	Ort. Hane Büyüklüğü	Niteliği (31 veya 32. mad.)	Öncelikli geçim kaynakları sıralaması
Çobanpınar	Dağlık	300-700	614	210 (15)	2,9	31	Ormancılık
Elsazi	Kısmen Dağlık	300	716	220 (30)	3,3	31	Ormancılık-Tarım-Hayvancılık
Çamlık	Dağlık	1200	1669	500 (118)	3,3	32	Ormancılık-Tarım-Hayvancılık
Dutalan	Dağlık	700	119	55 (10)	2,2	31	Ormancılık-Tarım-Hayvancılık
Beşkonak	Dağlık	850	365	145 (5)	2,5	31	Ormancılık-Hayvancılık-Tarım
Karacaören	Dağlık	250	169	50 (20)	3,4	31	Ormancılık
Taşyayla	Dağlık	600	674	340 (10)	2,0	31	Ormancılık-Hayvancılık-Tarım
Karaseki	Dağlık	750	171	60 (15)	2,9	31	Ormancılık Faaliyetleri
Demirli	Dağlık	680	550	205 (15)	2,7	31	Ormancılık-Hayvancılık-Tarım
Kocaaaliler	Dağlık	675	2206	580 (205)	3,8	32	Ormancılık
Kızılseki	Dağlık	600	625	235 (10)	2,7	31	Ormancılık
Kargı	Dağlık	150	509	135 (5)	3,8	31	Ormancılık
Kuyubaşı	Ova	960	130	45 (5)	2,9	31	Ormancılık
Avdancık	Dağlık	950	397	160 (10)	2,5	31	Ormancılık
Karaot	Dağlık	920	218	60 (15)	3,6	31	Ormancılık
Ürkütlü	Dağlık	800	901	356 (141)	2,5	32	Ormancılık
Yüreğil	Dağlık	950	506	210 (40)	2,4	31	Ormancılık-Hayvancılık-Tarım
Çomaklı	Dağlık	800	1138	400 (95)	2,8	31	Hayvancılık-Ormancılık-Tarım
Toplam	-	-	11677	3966 (764)	-	-	-

Köylerin hemen hemen tamamında sulama imkanlarının geliştirilmesine yönelik beklentiler söz konusudur. Çünkü Çamlık Beldesi Sahil mahallesi, Elsazi, Dutalan, Karacören, Kargı Köylerinde olduğu gibi sulama imkanlarının olduğu yerlerde turfanda sebzeçilik önemli bir geçim kaynağı haline gelmektedir. Yörede, hayvancılık, ahır hayvancılığı ve salma hayvancılık şeklinde yürütülmekle birlikte, son yıllarda özellikle salma hayvancılıkta bir gerileme olduğu söylenebilir. Yörede Çamlık, Melli ve Kestel İşletme Şefliklerindeki köylerde alabalık üretimi de söz konusudur. Yöredeki önemli istihdam kaynaklarından birisi de mermercilik sektörüdür. Bunun yanında kerestecilik sektörü, ticaret, nakliyecilik, tamircilik ve hizmet gibi sektörler de oldukça önemli iş ve geçim alanlarıdır.

3.2. Köylerdeki kooperatiflerin durumu

Araştırılan köylerin tamamında kooperatif bulunmakta ve kuruluş tarihi itibarıyla en yenisi bile 20 yılı aşkın süredir faaliyet göstermektedir. Bunların içinde hizmet yılı 40'ı aşanlar da bulunmaktadır (Çizelge 2). Köy, kooperatif ve işletme yöneticilerinin ortak görüşüne göre yörede kooperatifçiliğe itibar edilmesinin temel nedeni ormancılıkla ilgili işlerin varlığı ve sürekliliğidir. Zira, yöredeki kooperatiflerin temel faaliyet konuları ormancılık etkinlikleridir. Bunun yanında tarımsal ve hayvansal üretim kapsamında da bazı etkinlikleri söz konusudur. Yöredeki ormancılık kooperatiflerinin %44,4'ü sadece orman ürünleri istihsalı ile uğraşırken, %16,7'si ormancılık işlerinin yanında bazı tarımsal faaliyetlerle de uğraşmakta ve %38,9'u da ormancılık, tarım ve hayvancılık etkinliklerini birlikte yürütmektedir. Kooperatiflerin %22,3'ü kendilerine ait binalarda faaliyet göstermektedir. Kooperatiflerin hiç birinin orman ürünü işleyen tesisi bulunmamaktadır. Bununla birlikte %22,2'sinin süt soğutma tesisi vardır.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi kooperatiflerin yıllık üretim kapasiteleri 2000 ile 20000 m³ arasında değişim göstermektedir. Yöneticilerin ifadelerine göre bu kapasitelerin gelecek 5-10 yıllık dönemlerde değişmesi beklenmemektedir.

Çizelge 2. Kooperatifler ve bazı özellikleri

Sıra no	Kooperatifler	Kuruluş Yılı	İlişkili Olduğu İşletme Şefliği	Yıllık Ort. Üretim (m ³)
1	Çobanpınar	1988	Pamucak	20000
2	Elsazi	1987	Çamlık	15000
3	Çamlık	1985	Çamlık	15000
4	Dutalan	1987	Çamlık	5000
5	Beşkonak	1986	Pamucak	6000
6	Karacaören	1990	Pamucak	3000
7	Taşyayla	1976	Bucak	7000
8	Karaseki	1983	Melli	3000
9	Demirli	1993	Melli	2000
10	Kocaaaliler	1990	Melli	7000
11	Kızılseki	1992	Melli	4000
12	Kargı	1989	Melli	2000
13	Kuyubaşı	1986	Uğurlu	3000
14	Avdancık	1991	Uğurlu	2000
15	Karaot	1994	Uğurlu	2000
16	Ürkütlü	1985	Kestel	3000
17	Yüreğil	1991	Kestel	2000
18	Çomaklı	1971	Kestel	2000

Ormancılık işlerinden elde edilen gelirler köylülerin geçim kaynakları içinde önemli bir yere sahip olmakla birlikte; bu gelirlerin günden güne azaldığına yönelik tespitler bulunmaktadır. Örneğin, Alkan ve Toksoy (2008) tarafından Karadeniz Bölgesi için yapılan değerlendirme bu şekildedir. Konu araştırma alanı için sorgulandığında "Orman işçiliği üyeleriniz için önemli bir gelir kaynağı mıdır?" sorusuna kooperatif yöneticilerin tamamı evet cevabı vermiştir. Kooperatiflerin ormancılık etkinliklerinden elde ettikleri gelirlerin tutarları ve bunların yıllar itibarıyla değişimi Çizelge 3'deki gibidir.

Çizelge 3'te görüldüğü gibi kooperatiflerin orman ürünleri istihsalından elde ettikleri gelirlerde yıllar itibarıyla azalış ve artışlar meydana gelse de bu gelirler genel itibarıyla bir devamlılık göstermektedir. Gelirlerdeki düşüşün nedenlerinden biri son yıllarda artan dikili satışlardır. Kooperatifler genel olarak temsil bölmelerinin tamamını tahsisli dikili olarak satın almaktadır. Dikili satışların üretimini de aynı kooperatifler yapmakta buradan da önemli sayılabilecek gelirler elde etmektedirler. Ayrıca, 2008-2009 yıllarına rastlayan ekonomik kriz ve Manavgat-Taşayıl Yangını nedeniyle gerçekleştirilen olağanüstü üretimin de etkisi olabilir.

Kooperatif yöneticilerinin sadece %16,7'si orman ürünleri istihsalinden sağladıkları gelirleri yeterli bulmaktadır. Ormanlık gelirlerini yetersiz bulanların gerekçeleri iş miktarının yetersizliğinden ziyade vahidi fiyatların yetersizliği ile ilgilidir. Kooperatifler istihsal işlerini zamanında tamladıkları için 34. maddesi kapsamında da gelirler elde etmektedir.

Yöneticilerin ifadelerine göre vahidi fiyatların yetersizliği, girdi fiyatlarının yüksekliği, iş kazaları ve sosyal güvenlik sorunları gibi nedenlere bağlı olarak kooperatif üyelerinin ormanlık işlerinde çalışma istekleri gün geçtikçe azalmaktadır. Kooperatif yöneticileri genç neslin başka bir alternatif bulduğu takdirde artık ormanlık işlerini yapmak istemediklerini belirtmektedir. Orman işletmelerinin kayıtları da bunu doğrular niteliktedir. Kooperatiflerin ormanlık işlerinde çalışan üye sayıları ve yıllara göre değişimi ise Çizelge 4'deki gibidir. Buna göre, 2010 yılı için kooperatif üyelerinin sadece %23,84'ü istihsal işleri ile uğraşmaktadır.

Çizelge 3'te verilen yıllık gelirler ile Çizelge 4'te verilen üye sayıları yardımıyla üye başına gelirler ve bunların yıllar itibarıyla değişimi hesaplanarak Çizelge 5'te verilmiştir. Buna göre özellikle 2008 yılından sonraki dönemdeki

kooperatiflerin gelir azalmalarına bağlı olarak ormanlık işlerinde çalışan üye başına düşen pay da azalmakta ve yıllara göre dalgalı bir seyir göstermektedir.

Ormanlık işleri gelirlerinden kişi başına düşen paylardaki değişimler Şekil 1'de daha açık bir şekilde görülmektedir.

Orman işçiliğine olan talep günden güne azalmakla birlikte, ormanlığın gelir getirici bir uğraşı olarak yöredeki öneminin gelecekte de devam edeceği söylenebilir. Zira, "Orman işçiliği üyeleriniz için gelecekte de önemli bir gelir kaynağı olmaya devam edecek midir?" şeklinde sorulan soruya yöneticilerin %88,9'ü evet, %11,1'i ise hayır cevabı vermiştir.

Yukarıda verilen bilgiler dikkate alındığında yörede kooperatifçilik çalışmalarının itibar görmesinde ormanlık etkinlikleri ve bu etkinliklerden sağlanan gelirlerin başat unsur olduğu ve kooperatif üyelerinin ormanlık etkinliklerine olan ilgisinin her geçen gün azaldığı söylenebilir. Tarım ve hayvancılığa yönelik sınırlı etkinlikler dışında kooperatiflerin etkinlik alanlarının genişletilememiş olması ise önemli bir sorun olarak tespit edilebilir.

Çizelge 3. Kooperatiflerin yıllar itibarıyla gelir durumları (2010 yılı fiyatları ile)*

Kooperatifler	Kooperatiflere ödenen tutarlar ve değişimi (TL)					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Çamlık	883514,80	770608,80	904345,08	576961,14	872688,65	536460,00
Elsazi	608216,20	520538,95	586011,52	389282,31	406053,16	246577,00
Dutalan	564460,07	420730,59	658225,59	246904,96	385130,56	68839,00
Çobanpınar	417503,85	891298,22	874706,82	470369,28	515336,60	172690,00
Beşkonak	482391,07	591538,77	823068,03	297742,24	279727,59	246102,00
Kocaaaliler	502622,63	408648,48	534682,29	141421,58	158523,87	170080,00
Karaseki	364853,15	490785,22	626988,71	188629,12	130053,04	252607,00
Kızılsaki	397728,53	435832,56	466218,98	192918,01	133928,07	195538,00
Kargı	582416,17	428513,27	626571,41	135708,90	281349,87	182917,00
Karacaören	363357,77	395839,71	501261,09	153225,93	80057,34	63303,00
Kuyubaşı	397718,46	598760,65	534816,03	195894,10	185915,00	301780,00
Ürkütü	346040,69	392343,30	444338,55	107814,59	62009,28	98320,00
Yüreğil	-	-	-	-	74281,14	61618,00
Demirli	516258,10	529177,30	617619,88	308217,30	325746,24	261288,00
Karaot	604284,16	543345,93	579984,80	250219,40	328156,33	273439,00
Avdancık	349018,50	366696,80	382649,87	29513,64	131868,48	35704,00
Taşyayla	633647,77	637050,05	886365,24	359823,60	347407,81	26492,00
Çomaklı	-	-	-	-	31701,30	95626,00

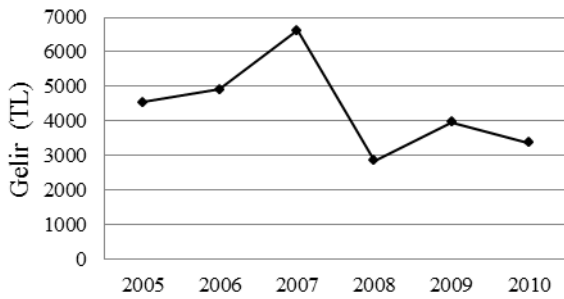
* Nominal değerler, TÜİK Üretici Fiyatları Endeksine (2003=100) göre düzeltilmiştir.

Çizelge 4. Ormanlık işlerinde çalışan kooperatif üye sayılarının yıllara göre değişimi

Kooperatifler	Yıllara göre ormanlık işlerinde çalışan üye sayıları						2010 yılı toplam üye sayısı
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Çamlık	250	250	200	200	150	120	235
Elsazi	100	90	80	80	60	50	253
Dutalan	26	26	26	26	26	26	654
Çobanpınar	200	200	200	180	170	150	24
Beşkonak	40	40	45	40	45	40	121
Kocaaaliler	120	120	100	100	80	70	40
Karaseki	110	100	90	80	70	60	380
Kızılsaki	80	80	70	70	50	50	80
Kargı	35	35	35	25	20	20	360
Karacaören	60	60	60	50	50	40	345
Kuyubaşı	50	50	50	40	30	20	211
Ürkütü	150	150	120	120	100	80	120
Yüreğil	16	15	15	15	11	11	56
Demirli	80	80	75	60	50	40	89
Karaot	100	80	80	80	60	50	220
Avdancık	30	25	20	20	20	10	350
Taşyayla	200	200	150	150	120	80	211
Çomaklı	120	110	100	80	80	60	350
Toplam	1767	1711	1516	1416	1192	977	4099

Çizelge 5. Üye başına ormancılık gelirleri ve yıllara göre değişimi

Kooperatifler	Üye başına ormancılık gelirlerin yıllara göre değişimi					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Çamlık	3534,06	3082,44	4521,73	2884,81	5817,92	4470,50
Elsazı	6082,16	5783,77	7325,14	4866,03	6767,55	4931,54
Dutalan	21710,00	16181,95	25316,37	9496,34	14812,71	2647,65
Çobanpınar	2087,52	4456,49	4373,53	2613,16	3031,39	1151,27
Beşkonak	12059,78	14788,47	18290,40	7443,56	6216,17	6152,55
Kocaaliler	4188,52	3405,40	5346,82	1414,22	1981,55	2429,71
Karaseki	3316,85	4907,85	6966,54	2357,86	1857,90	4210,12
Kızılseki	4971,61	5447,91	6660,27	2755,97	2678,56	3910,76
Kargı	16640,46	12243,24	17902,04	5428,36	14067,49	9145,85
Karacaören	6055,96	6597,33	8354,35	3064,52	1601,15	1582,58
Kuyubaşı	7954,37	11975,21	10696,32	4897,35	6197,17	15089,00
Ürkütlü	2306,94	2615,62	3702,82	898,45	620,09	1229,00
Yüreğil	-	-	-	-	6752,83	5601,64
Demirli	6453,23	6614,72	8234,93	5136,96	6514,92	6532,20
Karaot	6042,84	6791,82	7249,81	3127,74	5469,27	5468,78
Avdancık	11633,95	14667,87	19132,49	1475,68	6593,42	3570,40
Taşyayla	3168,24	3185,25	5909,10	2398,82	2895,07	331,15
Çomaklı	-	-	-	-	396,27	1593,77



Şekil 1. Kişi başına gelirlerin yıllara göre değişimi (Her yıl için tüm kooperatiflerin üye başına gelirler toplamının üye toplamlarına oranlanmasıyla elde edilen değerler yardımıyla oluşturulmuştur.)

3.3. Kooperatifçiliğin gelişimine etki eden etmenler

Orman köylerindeki kooperatifçilik hareketlerinin tam anlamıyla amaçlarına ulaşamamasında, kırsal alanın olumsuzluklarının yanında kooperatifçilik sisteminin makro sorunları da etkili olmaktadır. Bu olumsuzlukların ortaya çıkmasında etkili olan etmenler konusunda yapılan birçok değerlendirme bulunmaktadır. Bunlardan Mülayım (1993) ve Turan (2002) tarafından ortaya koyulan etmenlerin yöredeki kooperatifler için de uygun olduğu düşünülmektedir. Zira, yöneticilerin Çizelge 6'da verilen konuya ilişkin düşünceleri bu yargıyı destekler niteliktedir.

Çizelge 6. Kooperatifçiliğin gelişimine etki eden etmenler hakkındaki görüşler

Başarılı etkileyen etmenler	Etkilidir (%)	Etkisi yoktur (%)	Fikrim yok (%)
Olumlu yerel algılar, güçlü ve güvenilir bir kurum imajı	100,0	-	-
Eğitim, öğretim ve insan kaynaklarının geliştirilmesi	94,4	-	5,6
Güçlü, planlı ve istikrarlı bir devlet politikası	94,4	-	5,6
Uygun ve gelişmeye açık bir mevzuat	94,4	-	5,6
Etkin bir örgütlenme ve kooperatifler arası işbirliği	88,8	5,6	5,6
Finansman olanakları	100,0	-	-

3.3.1. Kooperatifçiliğe ilişkin yerel algılar ve imaj

Bir kooperatifin kalkınmada üstlendiği rolü gerçekleştirebilmesi için toplumun ve özellikle de üyelerinin güvenini kazanması ve desteğini alması gerekmektedir. Bu ise kooperatiflerin potansiyel ya da mevcut üyeleri tarafından yönetim, yürütülen etkinliklerin yeterliliği/faydalılığı, vb. gibi konularda nasıl algılandığı yani imajı ile yakından ilintilidir. Bu nedenle kooperatiflerin imaj durumunun sorgulanması önemli hale gelmiştir.

Kooperatifçilik üzerine farklı Yörelere için yapılan çalışmalarda kooperatifçiliğe yönelik yerel algıların ve kooperatiflerin imajının değişebildiği görülmektedir. Toksoy vd., (2008) tarafından Artvin İlinde Artvin Merkez, Murgul, Yusufeli, Hopa ve Borçka İlçelerine bağlı köylerde yapılan çalışmada orman köylerinin sadece %35'inde kalkındırma kooperatifi bulunduğu tespit edilmiştir. Kooperatif bulunan köylerde köylünün %71,4'ü bu kooperatiflere üyedir. Bu çalışmada halkın %8,8'inin kooperatif çalışmalarının çok iyi ve %31,4'ü de iyi bulunduğu tespiti de yapılmıştır. Kooperatifler tarafından yapılan çalışmaların yetersiz ya da çok yetersiz olduğu görüşünde olan üyelerin oranı ise yarından fazla (%54,1) seviyededir. Buna birçok köylünün kooperatif yöneticilerin kendi çıkarlarına göre faaliyet gösterdikleri kanısı da eklenince kooperatifleşme oranının düşük olmasının zaten beklenen bir durum olması gerektiği söylenebilir.

Kılıç (2012) tarafından Sivas Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içindeki 16 orman köyü için yapılan çalışmada da benzer bulgu ve tespitler yer almaktadır. Yöredeki orman köylerinde kooperatif bulunmamaktadır. Bunun temel nedeni ise kooperatifçiliğe ilişkin olumsuz yerel algılar olarak belirlenmiştir. Köylüler kooperatifin köyün kalkınmasına hiçbir katkı sağlamayacağına inanmaktadır. Zira, köylülere kooperatifleşmenin kendilerine ve/veya köylerine yararlı olup olmayacağı sorulduğunda, %94,4 oranında hayır cevabı alınmıştır. Araştırma alanında ise durum daha farklıdır. "Kooperatifinizin şimdiye kadar yürüttüğü faaliyetlerle üyelerinin sosyal ve ekonomik yönlerden kalkındırılmasında başarılı olduğuna inanıyor musunuz?" sorusuna yöneticilerin %94,4'ü evet cevabı verirken, %5,6'lık kısım ise bu soruyu cevapsız bırakmıştır. Denekler kooperatiflerin başta ormancılıkla ilgili işler

olmak üzere bazı tarımsal ve hayvansal etkinliklerin gerçekleştirilmesinde önemli katkılar sağladığına inanmaktadır. Deneklerin %72,2'lik kısmı bu katkının gelecekte daha da artacağına inanmaktadır. Geri kalanların %22,2'si gelecekte köyün gelişimine kooperatif katkısının azalacağını belirtirken, %5,6'sı ise katkının değişmeyeceğine inandıklarını ifade etmişlerdir. Orman köylerinde kooperatiflerin birçoğu sayı olarak köylünün geniş katılımı ile kurulmaktadır. Tüm üyelerin kooperatiflere güvenin tesis edilmesi ve yönetime katılımının sağlanması kooperatiflerin başarısını arttıracak hususlardır. Yöneticilerin tamamı kooperatiflerinin üyelerinin denetimine açık olduklarını ve isteyen üyelerin istedikleri zaman kendilerini denetleyebildiklerini ifade etmiştir. Bununla birlikte bu hususun üyeler nezdinde de sorgulanması gerekmektedir. Zira, kooperatifçilikle ilgili var olan yazında yöneticilerin menfi olarak davranabildiklerine yönelik tespitler de bulunmaktadır. Bununla birlikte köylülerle yapılan sohbetlerde genel kanının yöneticilerce belirtilen yönde olduğunun görülmesi üzerine çalışma kapsamında üyeler için ayrıca bir sorgulama yapılmamıştır.

Köylülerin kooperatiflere yönelik algılarının şekillenmesinde köy ve kooperatif yönetimi arasındaki ilişkiler de etkili olabilmektedir. Köy muhtarlarının %94,4'ü kendi köylerindeki kooperatiflerin üyesidir. Köy ihtiyaç heyeti için kooperatiflere üyelik oranı ise %100'dür. "*Köy yönetimi ile kooperatif yönetiminin arası nasıldır?*" sorusuna deneklerin %82,2'si iyi, geri kalan %17,8'i ise kötüdür cevabı vermiştir. Köylülerle yapılan sohbetlerden edinilen bilgilerde dikkate alındığında Yörede genel itibarıyla köy-kooperatif yönetimleri arasında ciddi sorunların yaşanmadığı söylenebilir.

3.3.2. Eğitim, öğretim ve insan kaynaklarının geliştirilmesi

Orman köylerinde eğitim seviyesinin düşük olması kooperatiflerin başarısını da olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle kooperatif yöneticilerinin eğitim seviyesi başarı durumu ile yakından ilgilidir. Eğitimli kişilerce yönetilen kooperatiflerin daha başarılı olduğu bilinmesine rağmen, kooperatiflerin birçoğu eğitim seviyesi düşük ve profesyonellikten yoksun kişiler tarafından yönetilmektedir. Gümüş vd., (2002) tarafından Trabzon'da yapılan bir araştırmada orman köylerini kalkındırma kooperatiflerinin yöneticilerinin %50'sinin ilkökul, %40'nın orta dereceli okul ve sadece %10'unun ise yüksekokul mezunu olduğu saptanmıştır. Aynı araştırmada, bu kooperatiflerde sık sık yönetici değişikliği yapıldığı da görülmüştür. Kooperatiflerin eğitim seviyesi düşük insanlar tarafından yönetilmesi sonucunda kooperatifçilik ilkelerinin uygulanması, faaliyet alanı yaratma, üretim, pazarlama, vb. açılardan sorunlar yaşanmaktadır. Eğitim noksanlığı ortaklarla ilgili sorunların ortaya çıkmasına da neden olabilmektedir. Ortaklar kooperatifçilik konusunda yeterli bilgi sahibi olmadıkları için yönetime katılımı ve sosyal denetimi gerçekleştirememektedir. Hem yöneten hem de yönetilenlerin yeterli bilgiye sahip olmaması kooperatifçilik ilkelerinin uygulanması, yeni faaliyet alanları ve açılımların yaratılamaması, teknoloji gelişiminin sağlanamaması, kooperatifler arası bütünleşmenin sağlanamaması, yeni finansman kaynaklarının bulunamaması vb. olumsuzluklara neden olmaktadır. Yöredeki kooperatiflerin yöneticilerinin %88,3'ü ilkökul, %11,1'i ortaokul ve sadece %5,6'sı da lise

mezunudur. Üyeler için de durum farklı değildir. Eğitimle ilgili diğer bazı bilgiler ise Çizelge 7'deki gibidir.

Orman köylüsünün sadece kooperatifçilik bilgisi değil, diğer birçok konuda da bilgili olması gerekmektedir. Nitekim işlerin çeşitliliği, çalışılan materyalin yüksek değer taşınması, yapılan işlerde iş kazası riskinin yüksek olması, ormancılıkla ilgili Dünya ve Türkiye ölçeğinde meydana gelen değişimlerin takibi zorunluluğu, vb. nedenlerle orman işçiliği yapan köylülerin yeterli derecede bilgi, görüş, kabiliyet ve sorumluluk duygusuna sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler ise eğitim ile sağlanabilmektedir. Örneğin; ormancılık bakımından son yılların popüler konuları olan "*sürdürülebilir orman yönetimi ve sertifikasyon*" konuları hakkında kooperatif yöneticilerinin bilgi sahibi olup olmadıkları sorulduğunda, yöneticilerin %94,4'ü anılan konulara ilişkin bilgiye sahip olmadığını belirtmiştir. Hâlbuki sürdürülebilir orman yönetimi, biyolojik çeşitlilik, sertifikasyon vb. hususlara oluşturulacak politikalara göre belirlenecek önlemlerin bölme düzeyinde uygulayıcıları orman köylüleridir (Türker ve Ayaz, 1998; Alkan ve Eker, 2005).

"*Üyeleriniz orman işçiliğine yönelik herhangi bir kurs veya eğitim aldı mı?*" şeklinde deneklere yöneltilen soruya %61,1 oranında hayır cevabı alınmıştır. Kooperatif yöneticilerinin %33,3'ü orman işletme müdürlüğü yetkilileri tarafından, %5,6'sı da diğer kamu kuruluşları tarafından eğitim verildiğini ifade etmiştir. Devlet, ekonomi alanında olduğu gibi, eğitim alanında da kooperatiflere gerekli desteği sağlayamamakta ve bu konuda kooperatifçilik üst örgütlerinin çabaları da yetersiz kalmaktadır. Daha önceleri 1163 sayılı Kooperatifler Kanunu'nun 94. maddesi uyarınca kooperatiflerden kesilen %1'lik payla oluşturulan "Tanıtım ve Eğitim Hizmetlerini Sağlayacak Fon" sayesinde kısıtlı da olsa çeşitli eğitim faaliyetleri yürütülmekteydi. Ancak, 1993 yılında bu fonun genel bütçeye devredilmesi ile birlikte bu olanak da ortadan kalkmıştır.

3.3.3. Güçlü, planlı ve istikrarlı bir devlet politikası

Toplumun kalkınmasında kooperatiflerin önemli biri araç olarak görülmesi nedeniyle devletler kooperatifleşme ve kooperatifçilik ile ilgilenmekte ve buna ilişkin politikalar üretmek kooperatiflerin yerini ve rolünü belirlemektedir. Böylelikle de devlet-kooperatif ilişkileri ortaya çıkmaktadır. Bu ilişkiler kooperatifçilik çalışmalarının gelişmesinde son derece önemli ve belirleyicidir. Bir ülkede kooperatifçiliğin gelişebilmesi için Devlet bir taraftan kooperatifçiliği teşvik ederken, diğer taraftan da üretken ve bağımsız kooperatiflerin gelişebilmesi için çaba harcamalı, bunu yaparken de kooperatiflerin işlevlerine fazla karışmamalıdır (Turan, 2002).

Çizelge 7. Eğitim durumuna ilişkin diğer bilgiler

Sorular	Evet (%)	Hayır (%)
Kooperatif üyelerine yönelik kooperatifçilik konusunda herhangi bir eğitim etkinliği düzenlendi mi?	27,8	72,2
Kooperatifçilik konusunda eğitim aldınız mı?	27,8	72,2
Kooperatifçilik konusunda eğitim almayı ister miydiniz?	88,3	11,7
Kooperatifçilik konusunda şimdiye kadar kitap okudunuz mu?	50,0	50,0
Kooperatifçilik konusunda seminer, konferans, vb. herhangi bir etkinliğe katıldınız mı?	44,4	55,6

Bu bilinci yakalamış olan ülkelerde kooperatifler birer ekonomik işletme gibi görülmekte ve ekonomide kamu ve özel sektör ile birlikte üçüncü sektör olarak yerini almaktadır (Mülayım, 1988). Turan'ın Munkner'e atfen bildirdiğine göre, en uygun devlet-kooperatif ilişkisinin oluşturulabilmesi için yapılması gereken işler sırasıyla, (1) Kooperatiflerin kolay ve hızlı kurulabilmesine olanak sağlanması ve bunun için gerekli kurumsal altyapının oluşturulması, (2) Kooperatiflerin özerk yapısına zarar vermeyecek yasal düzenlemelerin yapılması, (3) Kooperatif ortaklığının kolaylaştırılması, (4) Dayanışma fonu ve yedek akçe oluşumuna izin veren politikaların kabulü ve (5) Diğer işletmelerce önem verilmeyen alanlarda faaliyet gösteren kooperatiflerin yasal ve siyasal bir çerçevede desteklenmesi şeklindedir (Turan, 2002).

Ülkemizdeki modern kooperatifçilik faaliyetleri cumhuriyet dönemiyle birlikte başlamış ve 1961 Anayasasından itibaren de anayasa ve kalkınma planlarında yer almaya başlamıştır. Buna rağmen, hükümetlerin gerek destekleme gerekse kredi politikalarında etkin görev alma istekleri, sık hükümet değişimine bağlı olarak değişen kooperatifçilik politikaları ve tabana yayılamamış olan bir yönetim organizasyonu günümüze kadar süregelmiştir.

Araştırma alanındaki kooperatiflerin yöneticileri genel itibariyle kooperatifçilik konusundaki Devlet politikaları hakkında tatmin edici bilgiler verememişlerdir. Bununla birlikte, kooperatif yöneticilerinin yarısı devletin mutlaka kooperatiflerle sıkı bir şekilde ilgilenmesinin zorunlu olduğu ve kooperatifler üzerinde mutlaka devlet denetiminin olması gerektiğine inanmaktadır. Yöneticilerin %38,9'luk kısmı ise devletin kooperatifçilikle ilgili işlere gereğinden fazla karıştığını ve bu işlere karışmaması gerektiğini ifade etmektedir. Geri kalan %11,1'lik kısmı bu konuda görüş belirtmemiştir. Devletin gereğinden fazla kooperatif işlerine karıştığını ifade eden denekler, kooperatiflerin denetiminin devlet yerine üyeler tarafından yapılması gerektiğine inanmaktadır. Araştırma alanındaki kooperatiflerin başkanlarının %88,9'u 5 yıldan az süredir, %5,6'sı 5-10 ve %5,6'sı da 10 yıldan fazladır başkanlık görevini yürütmektedir. Başkanlıkları zamanında hükümet değişimi söz konusu olmadığı için hükümet değişimi ile birlikte kooperatiflere olan yaklaşımın değişip değişmediği konusunda fikir beyan edememişlerdir. Öte yandan, yöredeki kooperatiflerin genel itibariyle kamu kurum ve kuruluşlarıyla iyi bir ilişki içinde olduğu yönetici görüşleri (Çizelge 8) ve işletme yöneticilerinin söylemlerinden anlaşılmaktadır.

Yukarıda belirtilen hususlarla birlikte Devletin orman köylüsü ve kooperatifçilik için geliştirdiği dar kapsamlı ve sürekliliği olmayan politikaların etkileri yöredeki kooperatifçilik çalışmalarına da yansımış durumdadır. Zira kooperatiflerin daha önce de belirtildiği gibi tarımsal uğraşlar ve hayvancılık alanına yönelik çalışmaları da olmakla birlikte, genellikle ormancılıkla ilgili işler yaptığı ve diğer ekonomik kaynakların yeterince harekete geçirilemediği söylenebilir.

Çizelge 8. Kamu kurum ve kuruluşlarının yaklaşımlarından memnuniyet durumu

Kurumlar / memnuniyet durumu	Memnun (%)	Memnun değil (%)
Orman işletmeleri	83,3	16,7
ORKÖY	88,9	11,1
Tarım İl Müdürlüğü	88,9	11,1

3.3.4. Uygun ve gelişime açık bir mevzuat

Devlet, politikaları çerçevesinde kooperatiflerin ekonomik ve sosyal kalkınmadaki yerine göre bazı hukuksal düzenlemelere gitmekte; bunun sonucunda da kooperatifçilik mevzuatı oluşmaktadır. Kooperatifçilik faaliyetleri özellikle Atatürk'ün çabaları ile gelişmeye başlamış, 1961 anayasası ile de kooperatifçilikle ilgili hükümler anayasamıza girmiştir. O günlerden günümüze kadar olan dönemde kooperatifçilik konusunda çeşitli yasal düzenlemeler yapılmış ve kooperatifçilik mevzuatımız ortaya çıkmıştır. 4572 sayılı Tarım Satış kooperatifleri ve Birlikleri Yasası, 1163 sayılı Kooperatifler Yasası ve 1581 sayılı Tarım Kredi kooperatifleri ve Birlikleri Yasası olmak üzere kooperatifçilik konusunda çok sayıda yasa bulunmaktadır. Tarım ve tarım dışı kooperatiflerin tek bir yasaya göre kurulup işletilmemeleri bazı sorunlara yol açmaktadır. Orman köylerini kalkındırma kooperatifleri, tarımsal amaçlı kooperatifler olduğu gerekçesi ile 1163 sayılı Kooperatifler Kanunu'nun 3476 sayılı Kanun'la değişen Ek 1. Maddesine göre kuruluşları, denetimleri ve fesihleri Tarım-Orman ve Köy İşleri Bakanlığı'na bırakılmıştır. Ancak, günümüzde tarım ve orman bakanlıkları ayrılmış durumdadır. Kooperatiflere hizmet götüren bakanlık sayısının birden fazla olması ve kooperatiflerin çok sayıda mevzuat ile ilişkili olması kooperatiflerin başarısı üzerinde olumsuz yönde etkiye sahip olabilmektedir. Örneğin, kooperatif yöneticilerinin ve üyelerinin kendilerine sağlanan yasal hakları yeterince bilip bilmemesi hakların kullanımı bakımından önemli olmasına rağmen, "*Kooperatifler ve kooperatifçilikle ilgili düzenlemeler yapan kanunları biliyor musunuz?*" ve "*Bu kanunların kooperatiflerinize tanıdığı hakları ve yüklediği sorumlulukları biliyor musunuz?*" sorularına yöneticilerin %44,4'ü evet, %55,6'sı ise hayır cevabı vermişlerdir." Doğrudan ilgisi yokmuş gibi görünen yasal düzenlemeler bile kooperatifleri etkileyebilmektedir. Örneğin KDV uygulamalarında 1000 TL'yi geçen işlemler için KDV tevkifatının yapılması hala kooperatif yöneticilerince yeterince anlaşılammakta ve dolayısıyla benimsenmemektedir.

3.3.5. Etkin bir örgütlenme ve kooperatifler arası işbirliği

Kooperatiflerin rekabet gücü kazanabilmeleri için kendi aralarında birlikler kurmaları ve güçlerini birleştirmeleri gerekmektedir. Nitekim bu birleşme satın alma, satma, organizasyon, yönetim, eğitim, vb. açılardan olanaklar sağlayacaktır. Araştırma alanındaki kooperatiflerin %83,3'ü Burdur İli Köy Kalkınma Kooperatifler Birliği (Burdur Köy Koop), %11,1'i Süt Üreticileri Koop. ve %5,6'sı da her iki birliğe birden üyedir. Yöneticilere "*Üst birliğinizle koordinasyon sorunu yaşıyor musunuz?*" şeklinde sorulan soruya büyük oranda (%94,4) hayır yanıtı alınmıştır. Kooperatifler arası işbirliği bakımından bir sorgulama yapıldığında kooperatiflerin %94,4'ünün başka bir kooperatifle iş birliği içine gitmediği görülmüştür. Köylerin tamamında başka kooperatif veya kooperatifler bulunmasına rağmen, aynı köyün kooperatifleri arasında bile yeterli işbirliğinin olmadığı söylenebilir. Öte yandan, "*Kooperatifler arası iş birliği sizce yönetimde yararlı sonuçlar üretebilir mi?*" sorusuna yöneticilerin %61,1'i evet, %38,9'u ise hayır cevabı vermiştir.

3.3.6.Finansman olanakları

Ortakların düşük ortaklık payı üstlenmeleri, orman köylerini kalkındırma fonundan başka ciddi bir devlet desteğinin olmaması, kredi gereksinimlerini karşılayacak özel finansman kuruluşlarının olmayışı, vb. nedenler orman köylerindeki kooperatifleri ciddi finansman problemleri ile karşı karşıya bırakmaktadır. Kooperatiflere sağlanan banka kredisi olanakları ve verilen kredilerin faiz oranları da kooperatiflerin başarısı üzerinde etkili olan faktörlerdendir. Ülkemizdeki kredi uygulamaları kooperatiflerden ziyade özel sektörü hedef almakta ve kooperatiflere kredi almada yeterli kolaylıklar sağlanamamaktadır (Mülayım, 1993; Yılmaz, 1993). Araştırma kapsamındaki kooperatiflerin %66,6'sı bugüne kadar kredi kullanmazken; geri kalan %33,4'lük kısım ise bankalardan ya da çeşitli kurumlardan kredi desteği almıştır (Çizelge 9).

Kooperatif yöneticilerinin ifadelerine göre kullanılan kredilerin tamamı amacına ulaşmış ve kooperatifler için yararlı olmuştur. ORKÖY tarafından sağlanan krediler kooperatifler için önemli bir finansman kaynağıdır. Bununla birlikte, ORKÖY kredileri de hükümetlerin politikaları ile çok yakından ilgili olduğundan bu kaynaklarda yeterince verimli kullanılamamakta ve uygulamalarda bir devamlılık sağlanamamaktadır. Özellikle 1980'li yıllardan sonra ORKÖY'ün orman köylüsü ve kooperatiflere sağladığı desteğin azaldığı bilinen bir husustur (Akesen vd., 2002). Yöneticilerin ifadelerine göre araştırma alanındaki kooperatiflerin hiçbiri ORKÖY desteklerinden faydalanmamıştır. Kooperatiflerin finansman kaynakları Çizelge 10'daki gibidir.

Yöneticilerin %55,6'sı kooperatiflerin finansman kaynaklarını yetersiz bulurken; %44,4'ü ise bugünkü haliyle finansman kaynaklarının kendileri için yeterli olduğunu belirtmiştir. Yöneticilere "Devletin kooperatiflere finansal destek sağlama ve kredilendirme politikalarından memnun musunuz?" şeklinde yöneltilen soruyu yöneticilerin %38,9'u evet, %22,2'si hayır olarak cevaplandırmıştır. Yöneticilerin %38,9'u ise bu konuda fikir belirtmemiştir. Memnuniyetsizliğin en önde gelen nedeni ise faizlerin yüksekliği olarak belirtilmiştir.

Çizelge 9. Kooperatiflerce kullanılan krediler

Krediler	(%)
Tarım Bakanlığı işletme kredisi (< 50 000)	5,6
Tarım Bakanlığı işletme kredisi (>50 000)	11,1
Banka kredisi (< 50 000)	11,1
Banka kredisi (> 50 000)	5,6

Çizelge 10. Kooperatiflerin finansman kaynakları

Finansman kaynakları	(%)
Orman işçiliğinden sağlanan gelirler	27,8
Ortaklık payları ve orman işçiliğinden sağlanan gelirler	16,7
Ortaklık payları, orman işçiliği ve diğer işlerden sağlanan gelirler	33,3
Ortaklık payları, orman işçiliğinden sağlanan gelirler, kooperatif karları, bankalar vb. kuruluşlardan temin edilen krediler	22,2

4. Sonuç ve öneriler

Kooperatifçilik yıllardan beri köylülerin başarabildiği en önde gelen örgütlenme şekli olarak kabul edilmekte ve orman köylerinin kalkındırılmasında önemsenen araçlardan biri olmaktadır. Bununla birlikte mevcut yazına göre devlet politikaları, mevzuat, finansman olanakları, vb. makro etmenlerle birlikte orman köylüsünün sosyo-ekonomik özelliklerine bağlı olarak şekillenen yerel ölçekli etmenler nedeniyle kooperatifçilik hâlihazırda kendisinden beklenen potansiyel faydaları yeterince sağlayabilmiş değildir. Araştırma alanındaki köylerin tamamında kooperatif bulunmakta ve uzun süredir faaliyet göstermektedir. Yöredeki kooperatifler genel itibariyle üyeleri tarafından benimsenmiş, görece de olsa özellikle ormancılık etkinlikleri bağlamında köylere bazı faydalar sağlamıştır. Dolayısıyla kooperatifçilik imajına yönelik yerel algılar genel itibariyle olumludur. Bu durum kooperatif kurma ve kooperatiflere üye olma bakımından olumlu etki yapmaktadır.

Kooperatifçiliğin gelişmesinde en önemli etmenlerden birisi de eğitim ve insan kaynaklarının geliştirilmesidir. Araştırmaya konu olan kooperatiflerin ve köylerin yöneticilerinin çoğunluğunun eğitimi ilköğretim düzeyindedir. Bununla birlikte yöneticilerin ve köylünün kooperatifçilik, ormancılık ve diğer alanlarda eğitimine yönelik çalışma ve çabalar da yok denecek kadar azdır. Yöneticilerin büyük bir kısmı kooperatifçilik ve diğer konularla ilgili eğitim almak istediklerini belirtmektedir. Devletin ilgili tüm kurumlarıyla birlikte kooperatif birlik ve üst birliklerin de bu alanda inisiyatif almaları ve gerekli hizmeti kooperatiflere sağlamaları gerekmektedir.

Kooperatiflerin yerel ölçekte devlet kurum ve kuruluşlarıyla sorunu olmadığı ifade edilse de kooperatifçilik konusundaki devlet politikalarının yansımalarının yöre için de çok olumlu olduğu söylenemez. Özellikle orman köylülerinin kalkındırılmasını tamamen ormancılık etkinlikleri üzerinden sağlamayı öngören ve bu zor işi orman teşkilatının omuzlarına yükleyen politikaların izleri burada da görülmektedir. Nitekim tarımsal ve hayvansal üretim kapsamında bazı etkinlikleri yürütse de yöredeki kooperatiflerin temel faaliyet alanı ormancılıkla ilgili etkinliklerdir. Diğer alanlara yönelik açılım-girişimler ne uygulamada ne de insanların hayalleri arasında yeterince yer almamaktadır. Devletin kooperatifçilik alanında benimsediği dar kapsamlı politikaları kooperatifçilik mevzuatının şekillenmesinde de temel unsurdur. Kooperatiflere hizmet götüren bakanlık sayısının birden fazla olması ve kooperatiflerin çok sayıda mevzuat ile ilişkili olmasına rağmen yöneticilerin büyük bir kısmının ilgili mevzuat hakkında yeterli bilgiye sahip olmaması kooperatiflerin başarısı üzerinde olumsuz yönde etkiye sahiptir.

Araştırılan kooperatiflerin en önemli finansman kaynakları ortaklık payları, orman işçiliği ve diğer işlerden sağlanan gelirlerdir. Yöredeki kooperatiflere bugüne kadar ORKÖY tarafından herhangi bir destek sağlanmamıştır. Yöneticilerin yarısından fazlası kooperatiflerinin finansman kaynaklarını yetersiz bulmakta ve Devletin kooperatiflere finansal destek sağlama ve kredilendirme politikalarından memnun olmadıklarını ifade etmektedir.

Kooperatifler arası işbirliği kooperatifçiliğin gelişmesinde önemi olan bir diğer unsurdur. Bununla birlikte yöredeki kooperatifler arasında işbirliği söz konusu

değildir. Kooperatiflerin rekabet gücü kazanabilmeleri için mutlaka güçlerini birleştirmeleri gerekmektedir. Bu bağlamda birlik ve üst birliklerin yeterli çabayı göstermedikleri söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışmanın verileri TÜBİTAK 110O435 nolu Proje kapsamında yapılan arazi uygulamaları, Orman Köylerinde Kooperatifçilik konulu Yüksek Lisans Semineri kapsamında yapılan çalışmalar ile Bucak Orman İşletme Müdürlüğü kayıtlarından elde edilmiştir. İlgilere teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akesen, A. Ekizoğlu, A., Yurdakul, S., 2002. Orman Köylerini Kalkındırma Kooperatiflerinin Sorunları ve Çözüm Yolları. 1. Ulusal Ormanlık Kooperatifleri Sempozyumu, 22-23 Mart 2002, s. 75-87, Kastamonu.
- Alkan, H., Eker M., 2005. Orman Kaynaklarından Faydalanmanın Sürdürülebilirliğine Dar Ölçekli Bir Bakış. Türk Ormanlığında Uluslararası Süreçte Acil Eyleme Dönüştürülmesi Gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları, Orman Mühendisleri Odası Sempozyumu, 22-24 Aralık 2005, s. 423-437, Antalya.
- Alkan, H., 2009. Negative impacts of rural settlements on natural resources in the protected areas: An example from Kovada Lake National Park. *Journal of Environmental Biology*, 30 (3): 363-372.
- Alkan, H., Korkmaz, M., Tolunay, A., 2009. Assessment of primary factors causing positive or negative local perceptions on protected areas. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 17(1): 20-27.
- Alkan, S., Toksoy, D., 2008. Orman Köylerinde Sosyo-ekonomik Yapı: Trabzon İli Örneği, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 8 (1): 37-46, Kastamonu.
- Atmış, E., 2001. Sürdürülebilir Ormanlıkta Halk Katılımının İlk Aşaması: Toplumun Beklentilerinin Tespiti. I. Ulusal Ormanlık Kongresi, Türkiye Ormancılar Derneği Kongre Serisi No:1, ISBN:975-93478-0-6, 218-233, Ankara.
- Coşgun, U., Bekiroğlu, S., Telek, A., 2008. Orman Köylerindeki Tarımsal Kalkınma Kooperatiflerinin Etkinlik Düzeylerinin

- İrdelenmesi (Antalya İli Örneği). Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten: 34, ÇOB Yayın No: 375, MYN:046, s.58, Antalya.
- Daşdemir, İ. 2002. Sarıkamış ve Oltu Yöresindeki Ormanlık Kooperatiflerinin Kırsal Kalkınma ve Bölge Ormanlığı Açısından Değerlendirilmesi. 1. Ulusal Ormanlık Kooperatifleri Sempozyumu, 22-23 Mart 2002, s. 107, Kastamonu.
- Gümüş, C., Toksoy, D., Ayaz, H., Diktaş, N., 2002. Trabzon Yöresi Orman Köyleri Tarımsal Kalkınma Kooperatiflerinin Yasal ve Yönetimsel Sorunları. 1. Ulusal Ormanlık Kooperatifleri Sempozyumu, 22-23 Mart 2002, s.87-97, Kastamonu.
- Kılıç, M., 2012. Orman Köylerinin Ormanlık Etkinliklerine İlişkin Algı ve Beklentilerinin Belirlenmesi, Sivas Orman İşletme Müdürlüğü Örneği. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Isparta.
- Mülayım, Z.G., 1988. Atatürk'ten Bugüne Kooperatifçilik. Yetkin Yayınları, ISBN:975-464-110-2, s.14, Ankara.
- Mülayım, Z.G., 1993. 21. Yüzyıla Doğru Türk Tarımsal Kooperatifçiliği Alanındaki Gelişmeler, Sorunlar ve Öneriler. XIV. Milletlerarası Türk Kooperatifçilik Kongresi, 3-6 Kasım 1993, s. 89-94, ISBN:975-7604-13-5, Ankara.
- Toksoy, D., Ayaz, H., Şen, G., 2008. Artvin İli Orman Köylerinin Sosyo-ekonomik Özellikleri. Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 9 (1-2): 1-11, Artvin.
- Tolunay, A., Alkan, H., Korkmaz, M., 2002. Sütçüler İlçesi Orman Köylerini Kalkındırma Kooperatiflerinin Yöresel Kalkınmaya Katkıları. 1. Ulusal Ormanlık Kooperatifleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 22-23 Mart 2002, s.159-178, Kastamonu.
- Turan, N., 2002. Kooperatif İşletmelerinin Ekonomik ve Toplumsal Kalkınmayı Gerçekleştirmede Başarı Sağlamalarında Etkili Olan Faktörler ve Bu Faktörlerin Türk Kooperatif İşletmeciliği Açısından Ele Alınması. AÜ.İİBF Dergisi, C:4, s.2., Eskişehir.
- Türker, M., F., Ayaz, H., 1998. Orman Köylerinin Sosyo-Ekonomik Yapısı ve Orman Kaynaklarının Tahribi. Uluslararası Katılımlı III. Ekoloji Yaz Okulu Tebliği, Çevre Koruma ve Araştırma Vakfı Çevre Eğitimi Merkezi Yayınları: 2, s.165-187, İzmir.
- Yılmaz, G., 1993. Orman Köylerinde Kooperatifçilik. 1. Ormanlık Şurası, Seri No:13, YN:006, s.316, Ankara.

Hedef türler için gösterge bitki türlerinin sayısal metotlar kullanılarak tespiti: Acıpayam Yöresi örneği

Serkan Gülsoy^{a,*}, Özdemir Şentürk^b, M.Güvenç Negiz^c

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

^b Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Burdur

^c Süleyman Demirel Üniversitesi, Sütçüler Prof.Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Isparta

* İletişim yazarı/Corresponding author: serkangulsoy@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 05.07.2012, Kabul tarihi/Accepted: 15.10.2012

Özet: Bu çalışma Acıpayam (Denizli) Yöresinde yayılış gösteren hedef türlerimizden Anadolu karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) gösterge türlerinin tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 100 örnek alan verisi kullanılmıştır. Vegetasyon veri matrisi türlerin var-yok durumu itibarıyla düzenlenmiştir. Daha sonra bu vegetasyon veri matrisi nitelikler arası ilişki analizi yardımıyla değerlendirilmiş olup karaçam için 6 adet pozitif ve 9 adet ise negatif gösterge bitki türü tespit edilmiştir. Bu türler içerisinde karaçam için sedirin (*Cedrus libani* A. Rich.) yöredeki en güçlü pozitif gösterge, kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) ise en önemli negatif gösterge bitki türü olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Acıpayam Yöresi, Gösterge bitki türü, Hedef tür, Karaçam, Nitelikler arası ilişki analizi

Identification of indicatory plant species for target species by using quantitative methods: A case study from Acıpayam district

Abstract: This study was conducted to determine indicator plant species of Anatolian black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) which is a main forest tree species having distribution in Acıpayam district (Denizli). Totally, 100 sample plots were located in the area. Vegetation data matrix was arranged by using binary data (presence and absence data) of the species. Next the data matrix was examined by using inter-specific correlation analysis (ICA). Finally, 6 positive indicator species and 9 negative indicator species of black pine were determined. Among those species, Taurus cedar and Brutian pine were respectively found as the most significant positive and negative indicator species of the Anatolian black pine in the district.

Keywords: Acıpayam district, Indicator plant species, Target species, Black pine, Interspecific correlation analysis

1. Giriş

Türkiye’de yaklaşık 21,6 milyon ha orman alanı mevcuttur (Anonim, 2012). Bununla birlikte ağaçlandırmayı bekleyen çok sayıda potansiyel ağaçlandırma sahası mevcuttur. Bu açıdan TC Çevre ve Orman Bakanlığınca 2008-2012 yılları arası ağaçlandırma ve erozyon kontrolü seferberliği eylem planı çerçevesinde toplam 2.300.000 ha alanın ağaçlandırılması planlanmış ve bu çalışmaların toplam maliyeti ise 2.702.100.000 TL olarak öngörülmüştür (Anonim, 2007). Elde edilen bu planlar doğrultusunda ülkemizde son yıllar itibarıyla oldukça geniş alanlarda ağaçlandırma çalışmalarının yapıldığı bilinmektedir (Anonim, 2012). Yukarıdaki rakamlardan da anlaşılacağı üzere, ağaçlandırma çalışmaları hem maliyetli hem de uzun zaman alan işlerdir. Bu nedenle yapılacak ağaçlandırma çalışmalarında doğru tür seçiminin yapılması tartışmasız büyük önem arz etmektedir.

Ağaç türlerinin yayılışında iklim özellikleri birinci derecede önem arz etmektedir. Türkiye’nin dağlık yapıya sahip olması, geniş alanlarda genel iklim özellikleri içerisinde birçok farklı yöresel ve yerel iklim alanlarının oluşumuna sebep olmaktadır. Bu sebepten ağaçlandırmaya konu olan alanların iklim özellikleri onların içinde buldukları bölgenin genel iklim özelliklerinden önemli

farklılıklar gösterebilmektedir. Dolayısıyla yalnızca yakın olan bir meteoroloji istasyonuna veya istasyonlarına ait veriler dikkate alınarak ağaçlandırmaya konu olacak türleri tespit etmek çok doğru bir yaklaşım değildir. Yani bu durum bazen yanıltıcı sonuçlar verebilir. Bu bağlamda meteoroloji istasyonu verilerinin dışında yetişme ortamı özellikleri ve toprak özelliklerinin bilinmesi veya tespit edilmesi elbette ki çok faydalı olacaktır (Karatepe vd., 2005). Ancak hedef tür için o alanda iklimsel faktörler uygun değilse toprak özellikleri çok fazla bir anlam ifade etmemektedir. Başka bir deyişle bir hedef tür için iklim özelliklerinin uygun olduğu bir alandaki toprak özellikleri, o hedef türün tutma başarısı ve verimliliği ile ilgili bilgileri öngörmek için çok gereklidir. Fakat her bölgede lokal olarak toprak, iklim ve diğer yetişme ortamı özelliklerinin belirlenmesi hem zaman alıcı hem de maliyetli bir iştir. Bu nedenle özellikle hedef türlerin ağaçlandırılmasında başarıyı getirecek pratik bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bitki türleri yetişme ortamı istekleri bakımından birbirinden farklılıklar veya benzerlikler göstermektedirler. Benzer yetişme ortamı isteklerine sahip birçok bitki türü bir araya gelerek toplum kurmaktadır. O halde farklı birçok alanda aynı ortamı paylaşan bitki türleri eğer benzer ekolojik tolerans alanına sahipse muhtemelen birbirlerinin pozitif göstergeleridir. Aksine hiç ortam paylaşmayan bitki

türleri ise birbirleri için negatif göstergelerdir. Bu durumda ağaçlandırmaya konu olan hedef türlerin gösterge bitkilerinin belirlenmesi önemlidir. Zira ağaçlandırma potansiyeline sahip alanlarda doğal yayılışı olan türler, o alanda ağaçlandırma için kullanılacak veya kullanılmayacak hedef türlerin tespiti için önemli pratik bilgiler sunabilir (Godefroid and Koedam, 2003).

Hedef türlere ait gösterge türlerinin tespitinde en sık kullanılan yöntem nitelikler arası ilişki analizidir (Özkan, 2002). Bu analiz yöntemi kullanılarak birçok hedef türün gösterge türleri tespit edilmiştir (Çelik vd., 2006; Özkan ve Bilir, 2007; Özkan vd., 2010; Güner vd., 2011). Ayrıca yine bu yöntem kullanılarak gösterge tür gruplarının tespit edilmesi bir diğer önemli basamağı oluşturmaktadır. Çünkü herhangi bir alanda hedef türlerin pozitif gösterge türlerinden ne kadar fazla gözlenmiş ise o alan o hedef türler için o kadar uygundur denilebilir. Bu sebepten birleştirilmiş tür verileri ile hedef tür için gösterge değerlerinin tespiti de önem arz etmektedir.

Bu çalışma Acıpayam (Denizli) Yöresinde gerçekleştirilmiş olup, yörede yayılışı bulunan önemli asli ağaç türlerinden karaçamın bulunduğu ve bulunmadığı sahalardaki bitki türleri tespit edilmiştir. Bu açıdan çalışılan 100 örnek alandaki vejetasyon verisi istatistiksel olarak test edilmiş ve yöredeki ağaçlandırma çalışmalarında pratik olarak kolaylık sağlaması amacıyla türün pozitif ve negatif gösterge bitki türleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Araştırma alanı

Çalışma alanı (37°45' K ve 28°98' D) ülkemizin güney batısında Acıpayam (Denizli) Yöresini içine almakta ve toplam 2.365 km² lik bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1).

Yörenin Akdeniz ve Ege bölgelerinin geçiş zonunda yer alması sebebiyle güney kısımlarında daha çok Akdeniz ikliminin hakim olduğu, kuzeye doğru ilerledikçe ise geçiş ikliminin egemen olduğu görülmektedir. Yörede genel olarak kışlar soğuk ve yarı nemli yazlar ise sıcak ve kurak geçmektedir. 1970-2003 yılları arası Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilen verilere göre, denizden 941 m yükselti için yörenin yıllık ortalama sıcaklık değeri 12,5°C olarak tespit edilmiştir. Yörede en düşük aylık ortalama sıcaklık değerleri 2°C ile ocak ayına, en yüksek aylık ortalama sıcaklık derecesi ise 24,4°C ile Temmuz ayına tekabül etmektedir. Yörenin yıllık ortalama yağış miktarı ise 520 mm olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca yörenin ortalama rüzgar hızı 2.0 m/s olup, yıl içerisindeki rüzgarların yaklaşık % 44'lük kısmı kuzey (K) ve batı (B)'dan esmektedir (DMİ, 2003; Özkan, 2009).

Çalışma alanı 400-2000 m yükseltiler arasında kalıp, alan içerisindeki en yüksek kesimleri kuzeyde yer alan Honaz (2528 m) ve Bozdağ (2419 m) zirveleri teşkil etmektedir (Özkan ve Kavgacı, 2009). Yörenin derin kısımlarında paleozoik yaşlı şist ve kalker serileri, bu serilerin arasında ise kısmen sedimenter manganez yatakları yer almaktadır. Bu serilerin üst kısımlarında ise Mesozoik yaşlı kalker ve serpantinlerin yanı sıra Neolitik yaşlı marn, konglomeralara, kumtaşı ve kilaşına rastlanmaktadır (Özpinar, 1987; Anonim, 2008; Özkan, 2009).

Yöredeki Dalaman çayı kuzeybatı ve güneydoğu doğrultusunda yöreyi ikiye bölmekte ve böylece Gireniz vadisini oluşturmaktadır. Bu vadinin her iki yönünde uzanan

dağlık alanların alt yükseltilerinde kızılçam ormanları, yüksek kesimlerde ise karaçam, meşe ve ardıç ormanları yayılış göstermektedir. Ayrıca yörenin daha nemli ve kar örtüsünün daha uzun süre kalabildiği üst dağlık kısımlarında ise lokal olarak sedir ormanlarına rastlanmaktadır. Bu alanların dışında kalan diğer yerler ise yerleşim alanlarının yakınındaki düzlükleri kaplayan tarım arazileri otlama ve odun temini gibi ihtiyaçlar sonucu oluşmuş bozuk orman sahalarıdır (Özkan, 2009).

2.2. Yöntem

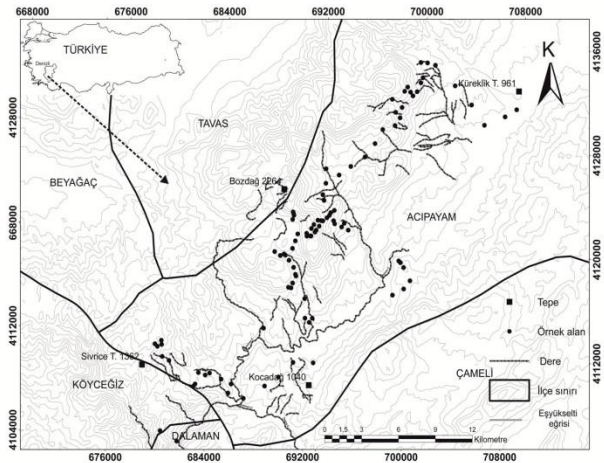
2.2.1. Arazi envanteri ve veri toplama

Çalışmada 100 adet örnek alan verisinden faydalanılmıştır. Örnek alanlarda bitki türlerinin kayıtları var-yok şeklinde tutulmuştur. Arazi çalışmaları sonrası örnek alanlarda karaçam ile birlikte envantere kaydı yapılan diğer 76 bitki türünden oluşan veri matrisi düzenlenmiştir. Bu sayede veri istatistiksel değerlendirmeler için hazır hale getirilmiştir. Bitkilerin latince isimlerine istatistiksel değerlendirme öncesinde kısaltma yapılarak her birine kod verilmiştir (Ek Çizelge 1). Çalışma alanının topografik haritası ve örnek alanların kordinatları Şekil 1'de gösterilmiştir.

2.2.2. İstatistiksel değerlendirme

İstatistiksel değerlendirme için hazır hale getirilen veri matrisi üzerine karaçamın yöredeki gösterge bitki türlerini tespit etmek amacıyla SPSS 17.0 paket programında nitelikler arası ilişki analizi uygulanmıştır. İlişki katsayısı hesabında ise C3 formülünden faydalanılmıştır (Cole, 1949). Burada sırasıyla şu işlemler gerçekleştirilmiştir (Özkan, 2002).

1. Karaçam ile karşılıklı olarak diğer türlerin aynı örnek alanlarda bulunma durumlarına göre a, b, c ve d katsayıları elde edilmiştir (Çizelge 1),



Şekil 1. Türkiye haritası üzerinde Acıpayam (Denizli) Yöresinin ve örnek alan konumlarının gösterimi

Çizelge 1. Karaçam ile diğer türlerin aynı yetişme ortamını paylaşma oranını tespiti yönelik oluşturulan 2x2 tablosu

	Var (Tür)	Yok (Tür)	Toplam
Var (Karaçam)	a	b	a + b
Yok (Karaçam)	c	d	c + d
Toplam	a + c	b + d	a + b + c + d

$$2. \chi^2 = \frac{(ad-bc)^2 n}{(a+b)(a+c)(c+d)(b+d)} \text{ formülü ile Ki-Kare}$$

değerleri elde edilmiştir,

3. Ki-Kare cetvelinden faydalanılarak, n-1 formülünden p (önem düzeyi) değerleri tespit edilmiştir,

4. İstatistiksel olarak önem arz eden ilişkilerin yönü tespit edilmiştir. Burada ad>bc şeklinde ilişki verenlerde ilişkinin yönü pozitif, bc>ad olanlarda ise ilişkinin yönü negatif olarak belirlenmiştir (Poole, 1974).

$$5. \text{ Son olarak ise } C3 = \frac{4(ad-bc)}{(a+d)^2 + (b+c)^2} \text{ formülü}$$

kullanılarak korelasyon katsayıları tespit edilmiştir.

3. Bulgular

Araştırma alanında karaçam dahil olmak üzere 77 farklı bitki türü tespit edilmiştir (Ek Çizelge 1). Karaçam dışında yörede yayılış gösteren asli orman ağacı türleri; Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich.), boylu ardiç (*Juniperus excelsa* Bieb.), kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve saçlı meşedir (*Quercus cerris* L. var. *cerris*). Ayrıca yörede *Amygdalus orientalis* Miller., *Arbutus andrachne* L., *Berberis crataegiana* DC., *Crataegus monogyna* L., *Juniperus oxycedrus* L., *Liquidambar orientalis* Mill., *Origanum nanitum* L., *Prunus divaricate* Ledeb., *Pistacia terebinthus* L., *Rhus coriaria* L., *Rosa canina* L. ve *Salvia officinalis* L. gibi önemli odun dışı orman ürünü özelliklerine sahip odunsu ve otsu bitki türlerinin varlığı dikkat çekmektedir. Yörenin genel anlamda orta düzeyde bira bitki tür zenginliğine sahip olduğu ve *Digitalis davisiana* Heywood. gibi bazı endemik bitki türlerini barındırdığı tespit edilmiştir. Nitelikler arası ilişki analizi sonucunda karaçam için yörede istatistiksel olarak önemli bulunan türler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2'de görüleceği üzere; tespit edilen 15 gösterge bitki türü içerisinde *Amygdalus orientalis* Miller., *Berberis crataegiana* DC., *Carduus nutans* L., *Cedrus libani* A. Rich., *Juniperus oxycedrus* L. ve *Vicia sativa* L. türleri karaçam için pozitif gösterge bitki grubunu oluşturmakta, *Astragalus microcephalus* Willd., *Lonicera etrusca* Santi

var. *etrusca*, *Cercis siliquastrum* L., *Cotinus coggyria* Scop., *Pinus brutia* Ten., *Pirus elaeagrifolia* Willd., *Pistacia terebinthus* L., *Platanus orientalis* L. ve *Styrax officinalis* L. türleri ise negatif gösterge bitki grubunu oluşturmaktadır. Önem seviyelerine bakıldığında karaçam için en önemli pozitif gösterge türlerinin sırasıyla; *C. libani* (C3=0,4065), *V. sativa* (C3=0,3328) ve *A. orientalis* (C3=0,3822), negatif gösterge türlerinin ise; *P. brutia* (C3= -0,7958) ve *S. officinalis* (C3= -0,5265) olduğu görülmektedir.

4. Sonuç ve tartışma

Literatürde karaçamın dağılımı üzerine etkili olan çevresel faktörleri belirlemeye yönelik yapılan çalışmaların (Özkan, 2004) yanında, pratikte kolaylık sağlaması amacıyla gösterge bitkilerinin belirlenmesini konu alan çeşitli çalışmalarda yapılmıştır. Örneğin; Özkan (2002) Beyşehir gölü havzasında yapmış olduğu çalışmada, karaçamın potansiyel yayılış alanları üzerine *Cistus laurifolius* bitki türünün önemli bir gösterge bitki türü olduğunu ifade etmiştir. Son yıllarda yapılan bir diğer çalışmada ise Öztürk ve Güvenç (2010), dalsı bir liken türü olan *Pseudevernia fufuracea* var. *fufuracea* (L.) Zopf., türünü karaçamın önemli bir göstergesi olduğunu ifade etmiştir. Ülkemizde karaçam oldukça geniş bir yayılış alanına sahiptir. Bu nedenle yayılış alanlarında karaçam ile birliklilik gösteren bitki türleri üzerine etki eden çevresel dış faktörler dahil olmakta ve lokal olarak bu alanlarda bitki türleri değişime uğramaktadır. Yani bir yerde hedef tür için gösterge olan bitki türü, hedef türün yayılış gösterdiği başka bir yerde çok nadir veya bazen hiç görülemeyebilmektedir. Bu nedenle hedef türlerin gösterge bitki türlerini tespit etmeye yönelik yapılan çalışmaların yöresel bazda gerçekleştirilmesi bir zorunluluk haline gelmektedir. Bu açıdan Acipayam-Denizli Yöresinde gerçekleştirilen bu çalışmada (karaçamın yayılış gösterdiği örnek alanlarda her bir türün bulunma ve bulunmama durumlarını ortaya koyan a, b, c, d değerleri kullanılarak uygulanan ki kare analiziyle) karaçam için yörede 15 farklı gösterge bitki türü tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Acipayam Yöresinde karaçam türü için tespit edilen pozitif ve negatif gösterge bitki grupları ve önem seviyeleri

	Pozitif gösterge bitki grubu						Negatif gösterge bitki grubu								
	<i>Amygdalus orientalis</i> Miller.	<i>Berberis crataegiana</i> DC.	<i>Carduus nutans</i> L.	<i>Cedrus libani</i> A. Rich.	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	<i>Vicia sativa</i> L.	<i>Astragalus microcephalus</i> Willd.	<i>Cercis siliquastrum</i> L.	<i>Cotinus coggyria</i> Scop.	<i>Lonicera etrusca</i> Santi var. <i>etrusca</i>	<i>Pinus brutia</i> Ten.	<i>Pirus elaeagrifolia</i> Willd.	<i>Pistacia terebinthus</i> L.	<i>Platanus orientalis</i> L.	<i>Styrax officinalis</i> L.
a	51	48	49	53	38	53	48	47	40	48	18	49	44	48	39
b	3	6	5	1	16	1	6	7	14	6	36	5	10	6	15
c	34	31	35	35	22	37	46	46	42	46	38	46	45	46	46
d	12	15	11	11	24	9	0	0	4	0	8	0	1	0	0
χ^2	8,213	6,92	3,969	11,448	5,26	8,66	5,437	6,412	4,996	5,437	24,478	4,483	6,778	5,437	15,033
p	0,004	0,009	0,046	0,001	0,022	0,003	0,020	0,011	0,025	0,020	0,000	0,034	0,009	0,020	0,000
C3	0,3822	0,4001	0,2800	0,4065	0,4236	0,3328	-0,2204	-0,2567	-0,3375	-0,2204	-0,7958	-0,1839	-0,3216	-0,2204	-0,5265

Yörede tespit edilen gösterge bitki tür grupları incelendiğinde pozitif gösterge bitki grubunda yer alan türlerin bariz bir şekilde yörenin 1000 m ve üzerindeki ve akdeniz ikliminden ziyade geçiş ikliminin hakim olduğu dağlık kısımlarında daha yoğun yayılış gösteren türler olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun tersine negatif gösterge bitki grubunda yer alan türlerin ise daha çok tipik akdeniz ikliminin hakim olduğu alçak bölgelerde (1000 m ve altı) yayılış gösteren türler oldukları görülmektedir. Dolayısıyla karaçamın alan tercihi için yörede bariz bir şekilde yükselti ve iklimin önemli rol oynadığı gösterge bitkilerin varlığı ile doğrulanmaktadır. Belirtilen bu ayırım zonları içerisinde yukarıdaki türlerin görülmesi yada görülememesi, o alanlar için karaçamın var olup olamayacağını ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle bu türler karaçamın potansiyel yayılış sahalarını işaret etmektedir. Bu durum pratikte uygulayıcılar için hem hız kazandıracak, hemde ileride ağır maliyetlere sebep olabilecek yanlış uygulamalar için ön tedbir olacaktır. Fakat elde edilen bu sonuçların daha ziyade yöresel olarak geçerli olabileceği unutulmamalıdır.

Diğer yandan tespit edilen bu türlerin sadece karaçamın yayılış alanı için bir gösterge olduğu, verimliliğin bir ölçütü veya göstergesi olmadığı bilinmelidir. Fakat, karaçam yayılışı için tespit edilen pozitif gösterge bitkilerin kendi içinde ayrı bir değerlendirmeye tabi tutularak verimlilik için ne ifade ettikleride ortaya konulabilmektedir. Bu konuda örneğin Güner vd. (2011) gösterge bitki türlerini karaçamın verimlilik ölçütü olarak düşünmüş ve İç Anadolu bölgesinde karaçamın yayılış gösterdiği sahalarda *J. oxycedrus*'un kötü bonitet için bir gösterge olduğu, *R. canina*, *C. laurifolius*, *Q. vulcanica* ve *C. orientalis* türlerinin ise daha ziyade iyi bonitet için gösterge olduğunu ifade etmişlerdir.

Sonuç olarak bir yöredeki hedef türlerin yayılış sahalarda negatif ve pozitif gösterge bitki türlerinin tespit edilmesi ve bunlar arasından pozitif gösterge türlerinin verimlilik ile ilişkiye getirilmesi ile ağaçlandırma çalışmalarını bakımından daha yüksek bir başarının sağlanması mümkün olacaktır. Diğer bir ifadeyle yetiştirme ortamlarında bir tür için belirlenen pozitif gösterge bitki türlerinin verimlilik ile ilişkilendirilmesi mümkün görülmektedir. O halde hedef türlere yönelik ilk aşamada yayılış itibarıyla gösterge türlerin belirlenmesi, ikinci aşamada ise bu gösterge bitki türlerinden pozitif olanların verimlilik ile ilişkilerinin tespit edilmesi ile ağaçlandırma çalışmalarında verimlilik anlamında daha iyi sonuçların elde edilmesi mümkün olacaktır.

Kaynaklar

- Anonim, 2007. Ağaçlandırma ve erozyon kontrolü seferberliği eylem planı. TC Çevre ve Orman Bakanlığı, <http://www.agaclandirmaseferberligi.gov.tr/mevzuat/plan.pdf>.
- Anonim, 2008. T.C. Denizli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü Denizli Çevre Durum Raporu, http://www2.cedgm.gov.tr/icd_raporlari/denizliicd2007.pdf
- Anonim, 2012. Orman ve Su İşleri Bakanlığı 2012 Yılı Bütçe Sunuşu (TBMM Plan ve Bütçe Komisyonu). <http://www.sgb.ormansu.gov.tr/Strateji/Bütçe%20Konuşması%202012.docx>.
- Çelik, S., Özkan, K., Yücel, E., Göktürk, R. S., Öztürk, M., 2006. Determination of indicator species and comparison of soil characteristics of *Centaurea mucronifera* DC. and *Centaurea pyrohoblephera* Boiss. distributed in Turkey. Int. J. Biol. Biotech., 3(3): 609-617.
- DMİ, 2003. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 1970-2003 yılları arası Denizli/Acıpayam Yöresi iklim verileri. Ankara, Türkiye.
- Godefroid, S., Koedam, N., 2003. Identifying indicator plant species of habitat quality and invasibility as a guide for peri-urban forest management. Biodiversity and Conservation, 12: 1699-1733.
- Güner, Ş.T., Özkan, K., Çömez, A., Çelik, N., 2011. İç Anadolu Bölgesi'nde Anadolu Karaçamı'nın (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) Verimli Olabileceği Potansiyel Alanların Odunsu Gösterge Türleri. Ekoloji, 20(80): 51-58.
- Karatepe, Y., Süel, H., Yetüt, İ., 2005. Isparta Gölcük Tabiat Parkı'nda Toros Sediri (*Cedrus libani* A. Rich.)'nin farklı anakayalardan oluşmuş topraklardaki gelişiminin ekolojik irdelenmesi. SDÜ. Orman Fakültesi Dergisi, 1: 64-75.
- Özkan, K., 2002. Türler arası birlikteliğin interspesifik korelasyon analizi ile ölçümü. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 2: 71-78, Isparta.
- Özkan, K., 2004. Beyşehir gölü havzası'nda Anadolu karaçamının (*Pinus nigra* Arnold) yayılışı ile fizyografik yetiştirme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 2: 30-47.
- Özkan, K., 2009. Environmental factors as influencing vegetation communities in Acıpayam district of Turkey. Journal of Environmental Biology, 30(5) 741-746.
- Özkan, K., Bilir, N., 2007. Influence of soil and topographical characteristics on spatial distribution of wild rose (*Rosa canina* L.) and its indicator species in Beyşehir watershed, Mediterranean region, Turkey. International Conference on Environment: Survival and Sustainability, 52 pp., Edited by Prof Dr. Hüseyin Gökçekuş, Organized by Near East University, 19-24 February 2007 Nicosia-Northern, Cyprus.
- Özkan, K., Gulsoy, S., Aerts, R., Muys, B. 2010. Site properties for Crimean juniper (*Juniperus excelsa*) in semi-natural forests of south western Anatolia, Turkey. Journal of Environmental Biology, 31: 97-100.
- Özkan, K., Kavgacı, A., 2009. Küresel ısınmanın orta dağlık alanlarda tür çeşitliliği üzerine olası etkileri (Acıpayam Yöresi örneği). I. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, Editör: Patla, Ç., Konya, 277-284.
- Özkan, K., Negiz, G. M., 2011: Isparta Yukarıgökdere Yöresi'ndeki odunsu vejetasyonun hiyerarşik yöntemlerle sınıflandırılması ve haritalanması, SDU Orman Fakültesi Dergisi, 12: 27-33.
- Özpinar, Y., 1987. Denizli – Acıpayam batısının jeolojik petrografik ve petrokimyasal incelemesi. Doktora Tezi, KTÜ. Müh. Mim.Fak., 220 s.
- Öztürk, Ş., Güvenç, Ş., 2010. Comparison of the epiphytic lichen communities growing on various tree species on Mt. Uludağ (Bursa, Turkey). Turkish Journal of Botany, 34: 449-456.
- Poole, R.W., 1974. An introduction to quantitative ecology, McGrawHill, Inc., New York, 532 p..

Ek Çizelge 1. Örnek alanlarda tespit edilen türler ve istatistiksel değerlendirme öncesi kodlar

Tür adı	Kod	Tür adı	Kod
<i>Acanthalimon</i> sp.	Acansp	<i>Ononis spinosa</i> L.	Onospi
<i>Acer monspessulanum</i> L.	Acecom	<i>Origanum nanitium</i> L.	Orinan
<i>Acer</i> sp.	Acersp	<i>Prunus divaricate</i> Ledep	Prudiv
<i>Althaea rosea</i> L.	Altros	<i>Paeonia</i> sp.	Paesp
<i>Amygdalus orientalis</i> Miller.	Amyori	<i>Phlomis armeniaca</i> Willd.	Phlarm
<i>Arbutus andrachne</i> L.	Arband	<i>Phlomis grandiflora</i> H.S. Thamsom	Phlgra
<i>Arum maculatum</i> L.	Arumac	<i>Pinus brutia</i> Ten.	Pinbru
<i>Astragalus microcephalus</i> Willd.	Astmic	<i>Pinus nigra</i> Arn. ssp. <i>pallisiana</i> (lamb.) Holmboe	Pinnig
<i>Astragalus</i> sp.	Astrsp	<i>Pirus communis</i> L.	Pircom
<i>Berberis crataegiana</i> DC.	Bercra	<i>Pirus elaeagnifolia</i> Wild.	Pirela
<i>Bromus</i> sp.	Brosp	<i>Pistacia terebinthus</i> L.	Pister
<i>Lonicera etrusca</i> Santi var. <i>etrusca</i>	Lonetr	<i>Platanus orientalis</i> L.	Plaori
<i>Carduus nutans</i> L.	Carnut	<i>Populus tremula</i> L.	Poptre
<i>Cedrus libani</i> A. Rich.	Cedlib	<i>Prunus spinosa</i> L.	Pruspi
<i>Cercis siliquastrum</i> L.	Cersil	<i>Quercus cerris</i> L. var. <i>cerris</i>	Quecer
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop	Cirarv	<i>Quercus coccifera</i> L.	Quecoc
<i>Cistus creticus</i> L.	Ciscrc	<i>Quercus ilex</i> L.	Queile
<i>Cistus salvifolius</i> L.	Cissal	<i>Quercus infectoria</i> Olivier.	Queinf
<i>Colutea arborescens</i> L.	Colarb	<i>Quercus trojana</i> P. B. Webb	Quetro
<i>Cotoneaster nummularia</i> Fisch&Mey.	Cotnum	<i>Rhamnus oleoides</i> L.	Rhaole
<i>Cotinus coggyria</i> Scop.	Cotcog	<i>Rhus coriaria</i> L.	Rhucor
<i>Crataegus monogyna</i> L.	Cremon	<i>Rosa canina</i> L.	Roscan
<i>Dafne serisiana</i> Vahl.	Dafser	<i>Rubus fruticosus</i> L.	Rubfru
<i>Digitalis davisiana</i> Heywood.	Digdav	<i>Salix alba</i> L.	Salalb
<i>Dryopteris pallida</i> (Bory) Fomin.	Drypal	<i>Salvia officinalis</i> L.	Saloff
<i>Echinops viscosus</i> DC. subsp. <i>bithynicus</i>	Echvis	<i>Satureja cuneifoll</i> Ten.	Satcun
<i>Erica verticillata</i> Forsk.	Erivcr	<i>Scolymus hispanicus</i> L.	Scohis
<i>Eryngium</i> sp.	Erysp	<i>Spartium junceum</i> L.	Spajun
<i>Euhorbia</i> sp.	Euhorb	<i>Styrax officinalis</i> L.	Styoff
<i>Fontanesia philliraeoides</i> Labill subsp. <i>philliraeoides</i>	Fonphil	<i>Tamarix smyrnensis</i> Bunge.	Tamsmy
<i>Fraxinus ornus</i> L.	Fraorn	<i>Taxus baccata</i> L.	Taxbac
<i>Inula anatolica</i> Boiss.	Inuana	<i>Thymra spicata</i> L.	Thyspi
<i>Juniperus excelsa</i> Bieb.	Junexc	<i>Thymus longicaulis</i> Cpresl.	Thylon
<i>Juniperus feoetidissima</i> Wild.	Junfeo	<i>Ulmus glabra</i> Hadson.	Ulmgl
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	Junoxy	<i>Urtica dioica</i> L.	Urtdio
<i>Liquidambar orientalis</i> Mill.	Liqoir	<i>Verbascum</i> sp.	Verbas
<i>Marrubium vulgare</i> L.	Marvul	<i>Vicia sativa</i> L.	Vicsat
<i>Mentha spicata</i> L.	Menspi	<i>Xanthium spinosum</i> L.	Xanspi
<i>Morus alba</i> L.	Moralb		

Menengiç (*Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Engler) meyvelerinin bazı fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine ekolojik faktörlerin etkisi

Serkan Gülsoy^{a,*}, Gülcan Özkan^b, Kürşad Özkan^a, Musa Genç^a

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

^b Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

* İletişim yazarı/Corresponding author: serkangulsoy@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 31.07.2012, Kabul tarihi/Accepted: 26.12.2012

Özet: Bu çalışmada Göller yöresinde doğal yayılış gösteren menengiç (*P. terebinthus* subsp. *pallasiana* Boiss. (Engler)) türünün bazı fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri ile ekolojik faktörler arasındaki ilişkilerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla göller yöresinin 7 farklı yöre içerisinde toplam 19 örnek alanda çalışma yapılmıştır. Çalışmada örnek alanlar arası farklılığın belirlenmesi için elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi ve duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Meyve fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine ekolojik faktörlerin etkisini ortaya koymak için ise çoklu değişken analizi olarak temel bileşen ve kümeleme analizleri kullanılmıştır. Sonuç olarak meyve fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerinin örnek alanlara göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Yörede mevcut ekolojik faktörlerden ise özellikle sıcaklık ve yükseltinin menengiç meyvelerinin fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine etki eden en önemli değişkenler olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Ekolojik faktörler, Fiziksel ve fizikokimyasal özellikler, Göller yöresi, Menengiç, Meyve

Effects of ecological factors on some physical and physicochemical fruit characteristics of turpentine tree (*Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Engler)

Abstract: In present study, the relationships between physical and physicochemical characteristics of turpentine tree (*P. terebinthus* subsp. *pallasiana* Boiss. (Engler)) which has a native distribution in the lakes district of Turkey and ecological factors were analyzed. For this purpose, the study was conducted on total 19 plots of 7 different locations in the lakes district. The data obtained to determine the differences among sample plots were analyzed with the one-way ANOVA and Duncan multiple range test. Principal component analyses (PCA) and hierarchical cluster analyses (HCA) as multiple comparison tests were also applied to define effects of ecological factors on the physical and physicochemical characteristics of the fruits. In conclusion, according to the sample plots the physical and physicochemical characteristics of turpentine fruits showed a distinction. Temperature and elevation were found as the most affected ecologic factors on the physical and physicochemical characteristics of turpentine fruits in the district.

Keywords: Ecological factors, Physical and physicochemical characteristics, Lakes district, Turpentine, Fruit

1. Giriş

P. terebinthus L. ormanlarda doğal olarak yayılış gösteren önemli tıbbi aromatik bitki türlerimizden birisidir. Ülkemizde yayılış gösteren bu türe ait iki alt türden *P. terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Engler özellikle Akdeniz Bölgesi'nde oldukça geniş bir yayılış göstermekte ve yöresel olarak "menengiç" adıyla bilinmektedir.

Türün özellikle yaprakları, meyveleri, taze sürgünleri, çiçek, kök, mazı ve kabuk gibi çeşitli kısımlarından kırsal kesimlerde insanlar tarafından geçmişten günümüze kadar tıbbi ve aromatik amaçlı faydalanılmaktadır. Örneğin en yaygın olarak yapraklarının halk tıbbında mide, karın ağrıları, astım gibi hastalıkların tedavisinde ve enfeksiyon gidermek için kaynatılıp içildiği bilinmektedir (Baytop, 1984). Bunun haricinde yine ateş düşürücü, romatizma, öksürük, ayak terlemesi, yara, yanık ve idrar söktürücü olarak menengiç yapraklarından faydalandığı ifade edilmektedir (Baytop, 1984; Duke, 1989; Yeşilada vd., 1995; Tuzlaci ve Aymaz, 2001). Taze sürgünlerinin toplanılıp konserve şeklinde hazırlanarak yemeklerde

kullanımı ise türün bilinen diğer yaygın faydalanma şekillerinden birisidir. Meyvelerinden ise iştah açıcı olarak özel köy ekmeklerinde faydalanılmakta, yine halk tıbbında romatizma, öksürük, ayak terlemesi, yara tedavisi gibi hastalıklarda kullanılmaktadır. Ayrıca meyveleri kavrulup çerez gibi besleyici bir ürün olarak insanlar tarafından tüketilmektedir (Willheim, 1981; Baytop, 1984; Duke, 1989; Yeşilada vd., 1995).

Menengiçler ayrıca sahip oldukları kimyasal özellikler bakımından da önemli bitki türleridir. Bu nedenle türün son yıllarda antioksidan özellikleri, fenolik maddeleri, sabit yağ miktarı ve yağ asidi bileşenleri, uçucu yağ miktarı ve bileşenleri ile tokoferol içeriği gibi konularda çalışmalara ilgi artmıştır (Couladis vd., 2003; Gülaçtı vd., 2007; Özcan vd., 2009; Dalgıç vd., 2011). Ayrıca türün kimyasal özelliklerini tıbbi açıdan ele alan bazı çalışmalar, bu bitkinin halk tıbbındaki kullanım alanlarını bilimsel anlamda destekler nitelikte sonuçlar ortaya koymuştur (Riemersma vd., 1991; Nakaizumi vd., 1997; Edwards vd., 1999; Nishimura vd., 2000; Giner-Larza vd., 2001; Bakirel vd., 2003). Bu durum ise türe ayrı bir önem kazandırmıştır. Yine

bahsedilen tıbbi ve aromatik özelliklerinin yanında son yıllarda giderek popüler olan “menengiç kahvesi” ve “bıttım sabunu” gibi ürünler türe ticari anlamda büyük bir önem kazandırmıştır.

Bilindiği üzere son yıllarda hem dünya ormancılığında, hem ülkemiz orman işletmeciliğinde ormanlardan çok yönlü faydalanma yaklaşımı ön plana çıkmaktadır. Pek çok araştırmacı tarafından ormanları sadece odun hammaddesi olarak görme mantığından sıyrılıp, diğer fonksiyonlarının da göz önünde bulundurulması gerektiği ifade edilmektedir. Dolayısıyla odun hammaddesi olarak temel teşkil eden asli orman ağacı türlerinin yanında, ormanlarda yayılış gösteren diğer odunsu ve otsu türlerinde iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu açıdan konuyu ele aldığımızda, yukarıda da ifade edildiği üzere menengiç bitkisi gelecekte hedef türler arasında yer alacak potansiyele sahip bir tür olarak görülmektedir.

Ormanlarımızda odun dışı bitkisel orman ürünü olarak değerlendirilmekte olan türlerin yetiştirme ortamları üzerine yapılan çalışmalar son derece azdır (Kovačić, Nikolić, 2005; Stevović vd., 2010). Bu çalışmalar içerisinde türlerin yetiştirme ortamı özellikleri ile fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerini konu alan detaylı bir çalışmaya ise rastlanamamıştır. Dolayısıyla bu çalışmada ülkemiz ormanlarında önemli bir odun dışı orman ürünü olarak görülen menengiç türünün yetiştirme ortamı özellikleri belirlenerek, menengiç meyvelerinin önemli fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine ekolojik faktörlerin etkisi araştırılmış ve bu konuda yapılacak benzer çalışmalara katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Araştırma alanı

Çalışma Akdeniz Bölgesinin batısında, 38°25'- 36°06' kuzey enlemleri ile 29°30'- 32°34' doğu boylamları arasında yer alan Göller yöresi sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Göller yöresi güneyde Antalya (20591 km²) ilini, kuzeye doğru ise Burdur (7152 km²) ve Isparta (8933 km²) illerini kapsamakta, Konya, Afyon ve Denizli illeriyle ise çevrelenmektedir. Çalışma alanı içerisinde volkanik ve tektonik hareketlerle meydana gelen çukurlarda suların birikmesiyle oluşmuş çok sayıda göl bulunmakta ve yöre adını bu göllerden almaktadır. Bu göllerden Beyşehir (651 km²), Eğirdir (482 km²), Burdur (250 km²), Salda (44 km²) ve Kovada (40 km²) gölleri yöredeki en çok bilinen ve en büyük olanlardır.

Yörede yer alan Batı Torosların uzantısı çalışma alanında dağılık bir arazi yapısını meydana getirmektedir. Bu dağılık arazi yapısı içerisinde yöredeki en hakim anakaya türü olarak kireç taşı, en yaygın toprak türleri olarak ise Kırmızı Akdeniz ve Esmer Orman Topraklarına rastlanmaktadır (Özkan vd., 2007). Yörede genel iklim özelliklerine bakıldığında Akdeniz'e yakın yerler, alçak kesimler ve dağların denize bakan yamaçlarında tipik Akdeniz iklimi (kışlar ılık ve yağışlı, yazlar sıcak ve kurak) görülürken, denizden uzak ve daha yüksek kesimlerde ise Akdeniz iklimi ve karasal iklim arasında bir geçiş iklimi hüküm sürmektedir (Evliyaoğlu, 1996). Ayrıca yöredeki karstik arazi yapısından dolayı girintili, çıkıntılı bir arazi yapısının olması, çalışma alanında genel iklim özelliklerinin içerisinde çok sayıda lokal iklim koşullarının oluşmasına sebep olmaktadır.

Fitocoğrafik bölgelere göre taksonların dağılımına bakıldığında yörede en hakim olanların Akdeniz elementine ait bitki toplumlarının olduğu, bununla birlikte, İran-Turan ve Avrupa Sibiryaya elementlerine ait bitki türlerinin de yörede yayılış gösterdiği bilinmektedir (Karaca, 2002; Fakir, 2006). Ayrıca yöredeki yerel iklim koşulları çok sayıda bitki türünün yaşamasına olanak sağlamakta, bu durum ise yüksek bir bitki potansiyeli, tür çeşitliliği ve endemizm oranına olanak sağlamaktadır.

2.2. Arazi çalışmaları

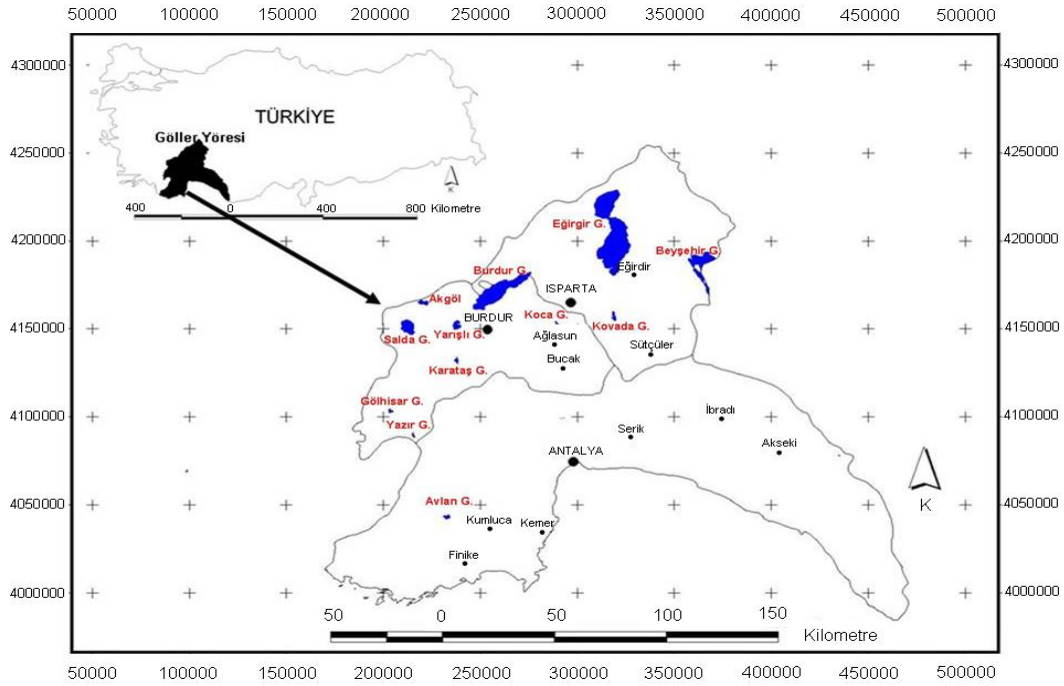
Çalışma alanı içerisinde ilk aşamada ön gezi düzenlenerek, insan etkisinden uzak, doğal yetiştirme koşullarının olduğu ve sağlıklı bireylerin yer aldığı menengiç sahaları tespit edilmiştir. Bu koşulları sağlayan 7 farklı yöre (Ağlasun, Eğirdir, Sütçüler, Bucak, Finike, Kumluca ve İbradı)'de örnek alanlar belirlenmiştir. Her bir yörede 0-500 m, 500-900 m ve 900 m üzeri yükselti basamaklarına denk gelecek şekilde örnek alınmaya özen gösterilmiş fakat iki yükselti basamağında örnek alan tespit edilemediği için toplam 19 adet örnek alanda çalışma yapılmıştır. Bu örnek alanlar koordinatlarıyla birlikte 1/25.000 ölçekli topografik haritalar üzerine aktarılmıştır (Şekil 2).

Her biri 400 m² ölçeğinde olan örnek alanlarda ilk olarak ekolojik faktörlerin tespitine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bunun için birinci aşamada yetiştirme ortamı özelliklerini belirlemeye yönelik; GPS vasıtasıyla örnek alanların enlem ve boylam değerleri, altimetre vasıtasıyla yükseltileri, pusula yardımıyla ise bakıları tespit edilmiştir. Ayrıca klizimetre yardımıyla arazinin eğimi bulunmuş ve örnek alanlar 40 m² lik 10 eşit parçaya bölünerek burada demir çubuk yöntemiyle rastlantısal olarak yüzey taşlılık durumları (%) belirlenmiştir (Daşdemir, 1987). Örnek alanların yamaç konumları ise sırt, üst yamaç, orta yamaç, alt yamaç ve taban arazi şeklinde kayıt edilmiştir.

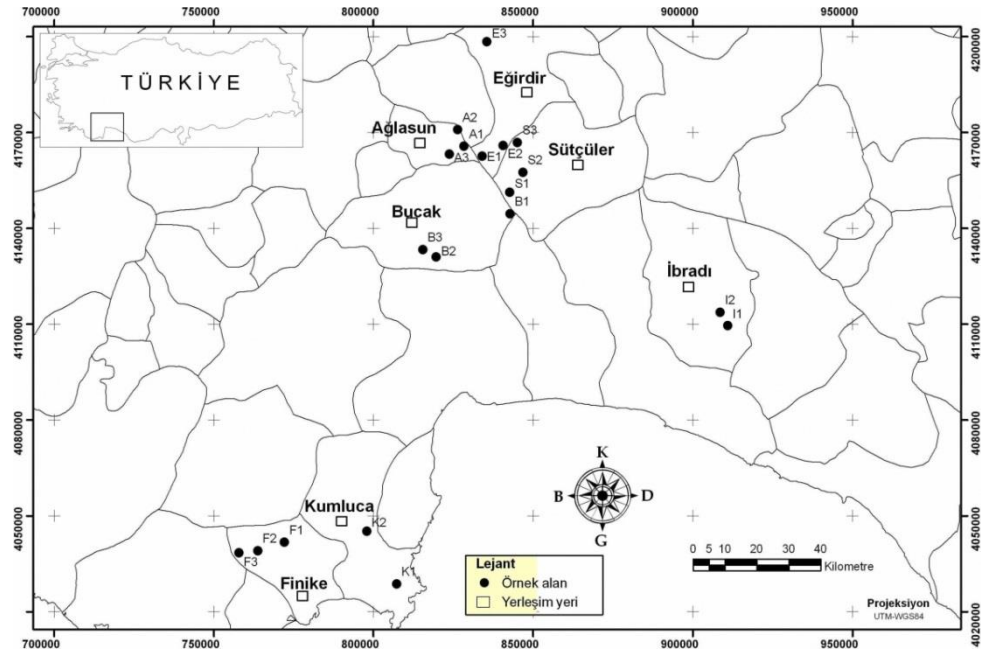
Arazide ekolojik faktörleri tespit etmeye yönelik yapılan bir diğer çalışma ise toprak örneklerinin alınması olmuştur. Bunun için örnek alan içerisinde meyve toplanacak ağaçlardan herhangi birisine yakın (yaklaşık 1 m mesafe) bir yerden toprak çukuru kazılmıştır. Bu çukurlardan uygun koşullarda laboratuara sevk edilmek üzere 0-10 cm, 10-30 cm ve 30-50 cm derinlik kademelerinde hacim ve paket toprak örnekleri alınmıştır.

Arazide yetiştirme ortamı ve toprak özelliklerine ait ekolojik değerlendirmeler yapıldıktan sonra yapılan bir diğer çalışma ise bu örnek alanlara ait iklim özelliklerinin belirlenmesi olmuştur. Bunun için, Hijmans vd. (2005) tarafından hazırlanan ve kullanıma açık www.worldclim.org internet adresinden her bir örnek alanın yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış ortalamaları temin edilip veri matrisine yerleştirilmiştir.

Örnek alanlardaki ekolojik değerlendirmeler haricinde yapılan bir diğer çalışma ise menengiç meyvelerinin toplanması olmuştur. Örnek alanlarda menengiç meyveleri sağlıklı ve iyi niteliklere sahip aynı yaşlı (30-40 yaş) 5 bireyden olacak şekilde olgunlaşma dönemi olan 2010 yılının Eylül-Ekim aylarında toplanmıştır. Her bir örnek alanda yaklaşık olarak 1 kg meyve örneği temin edilmiş ve arazide bekletilmeksizin kağıt ambalajlara konulup aynı gün içerisinde laboratuara sevk edilmiştir.



Şekil 1. Göller Yöresinin Türkiye haritası üzerindeki konumu



Şekil 2. Çalışma alanı içerisinde örnek alanların konumu

2.3. Laboratuvar çalışmaları

2.3.1. Toprak analizleri

Araziden laboratuvara getirilen toprak örnekleri kimyasal hava buharından uzak bir yerde ve oda sıcaklığında (21-27 °C) temiz bir kap içine konularak kurutulmuştur. Tamamen hava kurusu hale gelen topraklar içerisinde gözle görülebilen taş parçaları ve büyük kök artıkları gibi organik materyaller ayıklanmış ve içlerindeki primer kum

taneciklerini parçalayacak biçimde porselen havanlar içerisinde öğütülmüştür. Öğütülen topraklardan yaklaşık 500 gramı 2 mm'lik elekten, 100 gram kadarı ise 0,5 mm'lik elekten geçirilerek analizler için hazır hale getirilmiştir. Daha sonra bu örneklerde; değiştirilmiş Walkley-Black yöntemi (Walkley, 1947) ile organik madde, Bouyoucos Hidrometre Yöntemi (Bouyoucos, 1962) ile toprakların mekanik (tekstür) analizi, Kalsimetrik Yöntem I (Allison vd., 1965) ile toprakların kireç içeriği ve Toprak-Su (1-2,5'lik) karışımında (Peech, 1965) ise toprak reaksiyonu

tespit edilmiştir. Bu analizler dışında daha önce araziden alınmış hacim örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilerek elekte kalan mineral parçacıklar (taş ve çakıl gibi) ayıklanmış ve hacim içerisindeki toprağa oranları bulunup % taşlılık durumları belirlenmiştir.

2.3.2. Meyvede fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesi

Araziden laboratuara getirilen meyvelerin bir kısmı öz sularını kaybetmelerine izin verilmeden aynı gün içerisinde fiziksel meyve özelliklerinin tespiti için kullanılmıştır. Bu amaçla taze, sağlıklı, ve dolgun meyve örneklerinden rastgele örnekler seçilerek 10 paralel olacak şekilde fiziksel ölçümler yapılmıştır (Özcan, 2004). Fiziksel meyve özellikleri olarak sırasıyla; dijital kumpas yardımıyla meyve eni (mm), meyve boyu (mm), meyve boy (uzunluk)/en (genişlik) oranısından faydalanarak meyve şekil indeksi ve 1000 adet meyve örneği hazırlanıp hassas terazide tartılmak suretiyle ise meyve bin dane ağırlığı (g) tespit edilmiştir. Meyve fizikokimyasal özelliği olarak ise 105 °C etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulan meyvelerde nem yüzdesi (%), diğer bir ifadeyle kuru madde (%) oranı belirlenmiştir.

2.3.3. İstatistiksel değerlendirme

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda Ağlasun, Eğirdir, Sütçüler, Bucak, Finike'den 3 farklı yükselti basamağı, Kumluca ve İbradı'dan ise iki farklı yükselti

basamağı olmak üzere toplam 19 adet örnek alana ait tüm veriler Microsoft Office Excel ortamında kaydedilmiştir. Bu örnek alanlara istatistiksel değerlendirme öncesinde yükselti basamakları gözetilip buldukları yörenin baş harfi ile kod verilmiştir (Çizelge 1). Ayrıca bu örnek alanlardaki çalışmaya konu olan tüm değişkenler yine istatistiksel değerlendirmeler öncesinde 6 harfli geçmeyecek şekilde kodlanmıştır (Çizelge 2).

Diğer yandan istatistiksel değerlendirme öncesinde bakı değerleri, Radyasyon İndeksi (RI)=[1-cos(($\pi/180$)($\pi-30$))]/2)] formülü vasıtasıyla 0-1 arasında değişim gösteren radyasyon indeksi değerlerine dönüştürülmüştür (Moisen and Frescino 2002; Aertsen vd., 2010). Yamaç konumu durumları ise sırt araziden tabana doğru sırasıyla 1, 2, 3, 4, ve 5 olarak rakamsal verilere dönüştürülerek kayıt edilmiştir.

Çizelge 2'de görüleceği üzere 4 farklı değişken grubu içinde toplam 35 farklı değişken istatistiksel değerlendirmeye alınmıştır. Elde edilen verilerin istatistik değerlendirilmesinde ilk olarak SPSS 17.0 istatistik programı kullanılarak, gruplar arası farkın önemi varyans analizi ile belirlenmiştir. Gruplar arası farklılığın belirlenmesinde ise Duncan tek yönlü karşılaştırma testi kullanılmıştır. Çoklu Değişken Analizi olarak ise örneklere Temel Bileşen (PCA) ve Hiyerarşik kümeleme (HCA) analizi uygulanmış olup, elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde PC-ORD (4.0 version) paket programı kullanılmıştır (Rao, 1964; Özdamar, 1999).

Çizelge 1. Örnek alanların ait olduğu yöre adı, yükseltisi ve istatistiksel değerlendirilmeler öncesi kodları

Kod	Mevki	Yükselti basamağı	Yükselti (m)	Kod	Mevki	Yükselti basamağı	Yükselti (m)
A1	Ağlasun	0-500 m	490	B1	Bucak	0-500 m	412
A2	Ağlasun	500-900 m	611	B2	Bucak	500-900 m	819
A3	Ağlasun	900 m ve üzeri	942	B3	Bucak	900 m ve üzeri	1045
E1	Eğirdir	0-500 m	346	F1	Finike	0-500 m	500
E2	Eğirdir	500-900 m	884	F2	Finike	500-900 m	831
E3	Eğirdir	900 m ve üzeri	1060	F3	Finike	900 m ve üzeri	908
S1	Sütçüler	0-500 m	282	K1	Kumluca	0-500 m	255
S2	Sütçüler	500-900 m	742	K2	Kumluca	500-900 m	789
S3	Sütçüler	900 m ve üzeri	1017	I1	İbradı	500-900 m	703
				I2	İbradı	900 m ve üzeri	1000

Çizelge 2. İstatistiksel değerlendirmeye alınan değişkenler ve kodları

Toprak özelliklerine ait değişkenler					
0-10 cm arası		10-30 cm arası		30-50 cm arası	
Kum yüzdesi (%)	kum10	Kum yüzdesi (%)	kum30	Kum yüzdesi (%)	kum50
Kil yüzdesi (%)	kil10	Kil yüzdesi (%)	kil30	Kil yüzdesi (%)	kil50
Toz yüzdesi (%)	toz10	Toz yüzdesi (%)	toz30	Toz yüzdesi (%)	toz50
pH derecesi	ph10	pH derecesi	ph30	pH derecesi	ph50
Kireç yüzdesi (%)	krc10	Kireç yüzdesi (%)	krc30	Kireç yüzdesi (%)	krc50
Organik madde yüzdesi (%)	omad10	Organik madde yüzdesi (%)	omad30	Organik madde yüzdesi (%)	omad50
Toprak taşlılık yüzdesi (%)	tas10	Toprak taşlılık yüzdesi (%)	tas30	Toprak taşlılık yüzdesi (%)	tas50
Yetiştirme ortamı özelliklerine ait değişkenler					
Enlem derecesi	enlem		Bakı (Radyasyon indeksi)		radinx
Boylam derecesi	boylam		Yamaç konumu		yamkon
Yükselti (m)	yukslt		Arazi yüzey taşlılığı (%)		arztas
Eğim (%)	egim				
İklim özelliklerine ait değişkenler					
Yıllık ortalama sıcaklık (°C)	scklk		Yıllık toplam yağış ortalaması (mm)		Yağış
Meyve fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine ait değişkenler					
Meyve bindane ağırlığı (g)	mbindn		Meyve boyu (mm)		mboy
Meyve eni (mm)	meyeni		Meyve şekil indeksi		msekil
Meyve kuru madde yüzdesi (%)	mkuror				

3. Bulgular

Bu araştırmada, farklı örnek alanlardan toplanan menengiç meyve örneklerinin bazı fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine yetiştirme ortamı, iklim ve toprak özellikleri gibi ekolojik faktörlerin etkileri incelenmiştir. Menengiç meyvelerinin fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine ilişkin ortalama değerler ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları, farklı örnek alanlardan toplanan örneklerin meyve bindane ağırlığı (73,08±1,99-173,03±3,07), meyve eni (4,34±0,54-6,23±0,19), meyve boyu (5,43±0,19-7,00±0,57), meyve şekil indeksi (1,05±0,05-1,42±0,13) ve meyve kuru madde (57,50±1,67-74,99±2,55) oranları bakımından örnek alanlar arası önemli istatistiksel farklılığın olduğunu göstermiştir (Çizelge 3). Ayrıca farklı örnek alanların meyve fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analiz sonuçları ise örnek alanlar arasındaki farklılığın $p \leq 0.001$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu göstermiştir (Çizelge 4).

Menengiç meyvelerinin fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerinin dağılımı itibarıyla örnek alanların gruplandırılması amacıyla yapılan kümeleme analizi (Jacard formülü ve Grup Bağlantı Yöntemi olarak, Flexible Beta (=0,25) değerine göre) sonuçları ise Şekil 3’de verilmiştir.

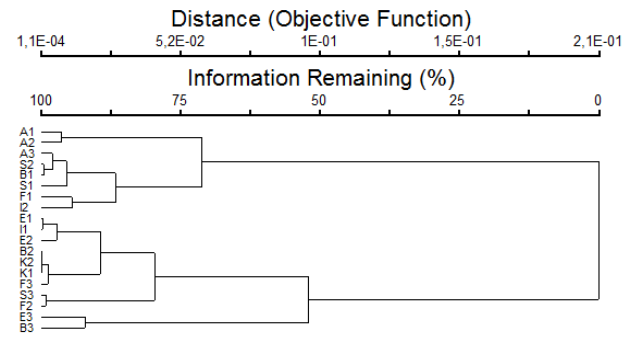
Şekil 3’de görüleceği üzere, örnek alanların yakınlık derecesini belirlemek amacıyla yapılan kümeleme analizinde düşey kesme noktası 0 ile 50 değerleri arasında alınırsa meyve fiziksel ve fizikokimyasal parametrelerine göre menengiç örneklerinin 2 gruba ayrıldığı görülmektedir. İlgili dendogram incelendiğinde ilk grup A1, A2, A3, S2, B1, S1, F1, I2 örnek alanlarından, diğer grup ise E1, I1, E2,

B2, K2, K1, F3, S3, F2, E3 ve B3 örnekler alanlarından oluşmaktadır.

Diğer yandan ekolojik özelliklere bağlı olarak menengiç meyvelerinin fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerinin durumunu ortaya koymak için uygulanan Temel Bileşen Analizi ile elde edilen varyans (Eigenvalue) ve varyansa katılma değerleri (% of variance) ise Çizelge 5’te verilmiştir.

Burada, ilk iki eksenin varyansı 1’den büyük olup, varyansa katılma oranları % 4’den büyüktür. Eksen 1 (PC1) varyansın % 50.682’ sini açıklarken, Eksen 2 (PC2) varyansın % 32.919’ unu açıklamıştır. İlk iki eksenin toplamı varyansın % 83.601’ ini açıklamıştır.

Elde edilen bu iki eksen ile menengiç meyvelerinin fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri arasındaki korelasyon (Pearson ve Kendall) katsayı (r) değerleri ise Çizelge 6’da verilmiştir.



Şekil 3. Farklı yetiştirme ortamlarında menengiç meyvelerinin fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine göre kümeleme analizi (HCA) sonuçları

Çizelge 3. Menengiç meyvelerinin fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine ilişkin ortalama değerler ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Örnek alanlar	Meyve Bin Dane Ağırlığı (g)	Meyve Eni (mm)	Meyve Boyu (mm)	Meyve Şekil İndeksi	Meyvede Kuru Madde Oranı (%)
A1	81,09 ± 3,95k	4,55 ± 0,3f-i	5,64 ± 0,18df	1,24 ± 0,09c-f	69,31 ± 0,75c
A2	73,08 ± 1,99l	4,34 ± 0,54i	5,43 ± 0,19f	1,26 ± 0,13def	68,11 ± 0,58c
A3	99,02 ± 2,05h	4,53 ± 0,31ghi	6,30 ± 0,30bc	1,39 ± 0,08ab	60,84 ± 0,15j
E1	110,18 ± 1,20f	4,81 ± 0,46e-h	6,11 ± 0,79bcd	1,27 ± 0,11bcd	66,43 ± 1,08d
E2	113,23 ± 10,30ef	4,95 ± 0,51d-g	6,08 ± 0,37b-e	1,24 ± 0,12c-f	71,86 ± 4,67b
E3	173,03 ± 3,07a	6,23 ± 0,19a	6,52 ± 0,17b	1,05 ± 0,05g	65,91 ± 0,47de
S1	96,98 ± 3,20h	4,70 ± 0,32e-i	5,89 ± 0,38c-f	1,26 ± 0,11c-f	68,65 ± 0,76c
S2	104,00 ± 1,40g	5,10 ± 0,47cde	5,82 ± 0,30def	1,15 ± 0,14d-g	64,78 ± 0,29ef
S3	131,06 ± 6,26c	5,69 ± 0,23b	6,49 ± 0,17b	1,14 ± 0,05efg	68,87 ± 0,87c
B1	101,01 ± 1,82gh	4,94 ± 0,43d-g	7,00 ± 0,57a	1,42 ± 0,13a	65,81 ± 0,75de
B2	118,36 ± 3,02d	5,47 ± 0,59bc	5,85 ± 0,55def	1,09 ± 0,19g	63,04 ± 1,11gh
B3	151,33 ± 2,66b	5,68 ± 0,31b	5,83 ± 0,19def	1,03 ± 0,05g	64,27 ± 0,81fg
F1	91,76 ± 1,70i	4,42 ± 0,21hi	5,62 ± 0,18f	1,28 ± 0,08bcd	59,45 ± 0,82k
F2	131,44 ± 6,35c	5,36 ± 0,42bcd	5,54 ± 0,46f	1,04 ± 0,09g	74,99 ± 2,55a
F3	118,82 ± 9,79d	5,28 ± 0,27bcd	6,54 ± 1,09b	1,24 ± 0,19c-f	57,50 ± 1,67l
K1	118,79 ± 2,64d	4,94 ± 0,44d-g	6,48 ± 0,51b	1,33 ± 0,20abc	61,63 ± 0,30ij
K2	117,24 ± 5,29de	4,99 ± 0,62def	6,31 ± 0,45bc	1,27 ± 0,10bcd	63,67 ± 0,21fgh
I2	111,03 ± 2,02f	4,76 ± 0,55e-i	6,38 ± 0,44b	1,36 ± 0,19abc	62,72 ± 0,42hi
I3	86,77 ± 4,28j	4,96 ± 0,68d-g	5,54 ± 0,20f	1,13 ± 0,13fg	64,95 ± 1,56ef

*Aynı sütunda aynı harfle işaretlenen ortalama değerler, istatistik olarak birbirinden farklı değildir ($p < 0.05$).

Çizelge 4. Menengiç meyvelerinin fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri bakımından örnek alanlar arası farklılığa ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F oranı
Meyve bin dane ağırlığı	18	102753,323	5708,518	265,888***
Meyve eni	18	42,558	2,364	12,288***
Meyve boyu	18	3,3997	1,889	8,932***
Meyve şekil indeksi	18	2,506	0,139	8,813***
Meyvede kuru madde oranı	18	3307,226	183,735	85,786***

*** $p \leq 0.001$ seviyesinde önemli, ** $p \leq 0.01$ seviyesinde önemli, * $p \leq 0.05$ seviyesinde önemli

Burada koyu renkle yazılan değerler, temel bileşenleri açıklamada diğer faktörlere göre daha etkin olanlardır. Eksen 1’de analiz edilen parametrelerden meyve bin dane ağırlığı ve meyve eni ile yüksek pozitif korelasyon, meyve şekil indeksi ile ise yüksek negatif korelasyon göstermektedir. Eksen 2 ile ise meyve boyu ve meyve şekil indeksi yüksek pozitif, meyve kuru madde oranı ise yüksek negatif bir korelasyon göstermiştir.

Eksenler üzerinden meyve fiziksel özellikleri ile ekolojik faktörlerin ilişkisini ortaya koyabilmek için her bir ekolojik faktör grubu sırasıyla ayrı ayrı analiz edilmiştir. Bunun için ilk olarak eksenler ile yetiştirme ortamı özellikleri arasındaki korelasyon (Pearson ve Kendall) (r) değerleri tespit edilmiş (Çizelge 7) olup, yetiştirme ortamı özelliklerine göre meyve fiziksel özelliklerine ait skorların grafiği ise Şekil 4’de verilmiştir.

Çizelge 6 ve Çizelge 7 birlikte değerlendirilecek olursa PC1’e göre, yükseltti arttıkça meyve eni ve meyve bin dane ağırlığı artarken, meyve şekil indeksinin düştüğü görülmektedir. Şekil 4’te ise, E3, B3, S3 ve F2 örnek alanlarında yükseltiye bağlı olarak Eksen 1 (PC1) ile yüksek pozitif korelasyon gösteren meyve bin dane ağırlığı ve meyve eninin en yüksek, meyve şekil indeksinin ise en düşük değerlere sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

İkinci bir ekolojik parametre olan iklim özelliklerinin eksenler ile arasındaki korelasyon (Pearson ve Kendall) (r) değerleri Çizelge 8’de, bu parametrelerine göre meyve fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine ait skorların grafiği ise Şekil 5’te verilmiştir.

Çizelge 8 ve Çizelge 6 birlikte değerlendirilecek olursa, PC1’e göre iklim değişkenlerinden sıcaklık arttıkça meyve bin dane ağırlığı ve meyve eninin küçüldüğü, meyve şekil indeksinin ise arttığı görülmektedir. Şekil 5’te ise A1, A2, A3 ve F1 örnek alanlarında sıcaklık artışına bağlı olarak Eksen 1 ile yüksek pozitif korelasyon gösteren meyve bin dane ağırlığı ve meyve eninin en düşük değerlere sahip olduğu, yüksek negatif korelasyon gösteren meyve şekil indeksinin ise bu örnek alanlarda sıcaklığa bağlı olarak en yüksek değerlere sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Ekolojik değişken gruplarından sonuncusu olarak toprak özellikleri ile eksenler arasındaki korelasyon (Pearson ve Kendall) (r) değerleri ise Çizelge 9’da verilmiştir.

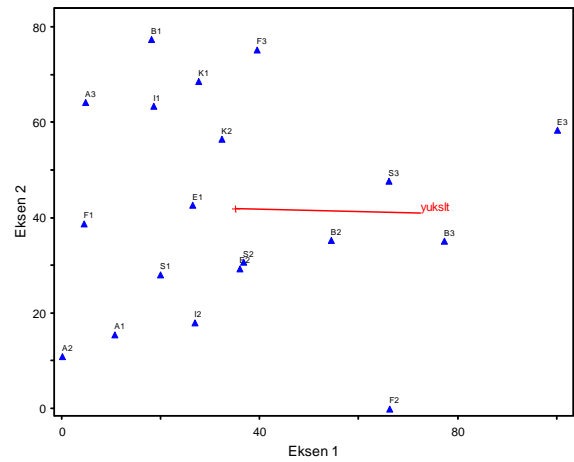
Burada PC1 ve PC2’nin analiz edilen toprak parametreleri ile istatistiksel olarak önem arz eden yüksek bir korelasyonunun olmadığı sonucuna varılmıştır.

4. Tartışma ve sonuç

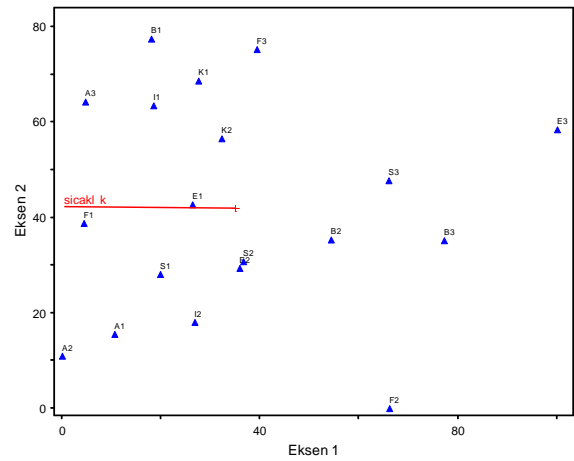
Menengiç meyvelerinin bazı fiziksel özelliklerine ilişkin ortalama değerler ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; Göller yöresinde 7 farklı lokasyondan alınan meyvelerin ortalama bin dane ağırlığı en yüksek Eğirdir ($173,03 \pm 3,07$ g) yöresinde bulunmuştur. Eğirdir’den sonra ise Bucak ($151,33 \pm 2,66$ g), Sütçüler ($131,06 \pm 6,26$ g) ve Finike ($131,44 \pm 6,35$ g) yörelerinin meyve bin dane ağırlığı bakımından iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda türün meyve bin dane ağırlığını Özcan (2004) $59,73 \pm 0,94$ g olarak, Kızıl ve Türk (2010) ise $82,5$ g olarak belirlemiştir. Buradan görüleceği üzere bu çalışma sonuçları ile literatürdeki meyve bin dane ağırlıkları arasında önemli farklılıklar mevcuttur. Bu durumun bu çalışmadaki meyve bin dane ağırlıklarının yaş

meyvede, diğer çalışmalarda ise kuru halde belirlenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Diğer yandan meyve bin dane ağırlıklarının en yüksek çıktığı Eğirdir, Bucak ve Sütçüler yöreleri kendi içinde yükselti basamaklarına göre değerlendirildiğinde ise, bu yörelerin hepsinde 900 m ve üzerindeki örnek alanların alt yükseltilere göre daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Oluşan bu farklılığın ekolojik faktörlerle ilişkisini ortaya koymak için uygulanan temel bileşenler analizinde ise sırasıyla; yükseltinin meyve bin dane ağırlığı üzerinde olumlu, sıcaklık artışının ise olumsuz bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda elde edilen sonuçlar birbirini destekler niteliktedir. Yani çalışma sahasında meyve bin dane ağırlığı üzerinde en önemli olan faktörlerin yöre, yükselti ve sıcaklığın olduğu söylenebilir.



Şekil 4. Bazı yetiştirme ortamı özelliklerinin meyve fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine etkisi



Şekil 5. Bazı iklim özelliklerinin meyve fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine etkisi

Çizelge 5. PCA analizi sonucu meyve fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerinin eigenvalue, varyans ve kümülatif varyans değerleri

Eksenler	Eigenvalue	Varyans (%)	Kümülatif varyans (%)
Eksen 1 (PC1)	2,534	50,682	50,682
Eksen 2 (PC2)	1,646	32,919	83,601

Çizelge 6. Eksenler ile meyve fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri (değişkenler) arasındaki korelasyon (Pearson ve Kendall) katsayısı (r) değerleri (N=19)

Değişken Kodları	Değişkenler	Eksenler	
		Eksen 1 (PC1)	Eksen 2 (PC2)
Mbindn	Meyve bin dane ağırlığı	0,924	0,284
Meyeni	Meyve eni	0,976	0,154
Mboy	Meyve boyu	0,167	0,910
Mseki	Meyve şekil indeksi	-0,806	0,516
Mkuro	Meyve kuru madde	0,223	-0,668

Çizelge 7. Eksenler ile bazı yetiştirme ortamı verileri arasındaki korelasyon (Pearson ve Kendall) (r) değerleri (N=19)

Değişken Kodları	Değişkenler	Eksenler	
		Eksen 1 (PC1)	Eksen 2 (PC2)
Enlem	Enlem	-0,223	0,047
Boylam	Boylam	0,105	-0,163
Yükslt	Yükselti	0,613	-0,097
Radinx	Radyasyon indeksi (Bakı)	0,145	0,083
Yamkon	Yamaç konumu	-0,027	-0,117
Egim	Eğim	-0,310	0,370
Arztas	Arazi taşlılığı	0,285	-0,048

Çizelge 8. Eksenler ile bazı iklim verileri arasındaki korelasyon (Pearson ve Kendall) (r) değerleri (N=19)

Değişken Kodları	Değişkenler	Eksenler	
		Eksen 1 (PC1)	Eksen 2 (PC2)
Yagis	Yağış	-0,376	0,245
Scklk	Sıcaklık	-0,588	0,059

Örnek alanlarda meyve en değerlerinin $6,23 \pm 0,19$ mm (E3) ile $4,34 \pm 0,54$ mm (A2) arasında, meyve boy değerlerinin ise $7,00 \pm 0,57$ mm (B1) ile $5,43 \pm 0,19$ (A2) arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Aydın and Özcan (2002) tarafından menengiç meyvelerinin bazı fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerin tespitine yönelik yapılan çalışmada, ortalama meyve eni 5,30 mm, meyve boyu ise 6,10 mm olarak tespit edilmiştir. Kızıl and Türk (2010) ise yine buradaki sonuçlara paralel olarak ortalama meyve enini 5,4 mm ve ortalama meyve boyunu ise 6,3 mm olarak tespit etmişlerdir. Burada görüleceği üzere literatürde yer alan sonuçlar ile bu çalışmadan elde edilen sonuçlar paralellik göstermektedir.

Diğer yandan meyvelerin en ve boy değerleri bakımından yine Eğirdir yöresindeki örnek alanının diğerlerine nazaran daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Ayrıca yükselti basamaklarına göre değerlendirme

yapıldığında 900 m üzerindeki örnek alanların daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Tıpkı meyve bin dane ağırlığında olduğu gibi Temel Bileşenler Analiz sonuçları ile meyve eni üzerinde ekolojik faktörlerden yükselti artışının olumlu, sıcaklık artışının ise olumsuz sonuç verdiğini göstermektedir. Yani yörede yükselti arttıkça sıcaklık düşmekte ve menengiç meyvelerinin bin dane ağırlığı ve en değerleri bu duruma paralel olarak artmaktadır.

Çalışmada meyve şekil indeksi için elde edilen sonuçlar ise en, boy ve bin dane ağırlıklarının sağlaması niteliğinde olmuştur. Meyve şekil indeksi için yine en etkili olan ekolojik faktörlerin yükselti ve sıcaklığın olduğu, yükselti artışına paralel olarak meyve şekil indeksinin düştüğü, sıcaklıkla doğru orantılı olarak ise artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışmada son olarak ise meyve fizikokimyasal özelliklerinden kuru madde oranının $74,99 \pm 2,55$ (F2) ile $57,50 \pm 1,67$ g (F3) arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Aydın ve Özcan (2002) yapmış oldukları çalışmalarında meyvede kuru madde oranını % 42-56 arasında tespit etmişlerdir. Burada bir farklılığın olduğu görülmektedir. Oluşan bu farklılığın meyve toplama zamanı ve uygulanan metotla alakalı olabileceği düşünülmektedir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda tıpkı meyve fiziksel parametrelerinde olduğu gibi meyve kuru madde oranı bakımından da, örnek alanlar arası önemli farklılıkların olduğu, fakat bu durumun örnek alanların alınmış olduğu yöreler ve bu yörelerin içindeki yükselti basamakları ile doğrudan açıklanamayacağı sonucuna varılmıştır. Meyve kuru madde oranındaki değişimin daha çok eğim ve yağış gibi ekolojik faktörlerle ilişkili olabileceği fakat bu ilişkinin daha detaylı bir çalışma ile ortaya konulabileceği düşünülmektedir.

Yukarıda bahsedildiği üzere elde edilen tüm sonuçlar menengiç meyvelerinin bazı fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerine sıcaklık ve yükseltinin önemli etkilerinin olduğunu ortaya koyarken, toprak özelliklerinin bu parametreler üzerinde istatistiksel olarak önemli etkisinin olmadığını ortaya çıkarmıştır. Bu durumun yöredeki karstik arazi yapısı ile alakalı olabileceği düşünülmektedir. Yörede menengiç bitkisi genellikle çatlaklı yapıda ve toprak derinliğinin çok az olduğu karstik kireçtaşı arazilerini tercih etmektedir. Dolayısıyla bitkinin gelişimi ve kalite parametreleri üzerine toprak faktörünün etkisi sıcaklık ve yükselti gibi diğer ekolojik faktörlere nazaran daha az olmaktadır.

Çizelge 9. Eksenler ile bazı toprak verileri arasındaki korelasyon (Pearson ve Kendall) (r) değerleri (N=19)

Değişken Kodları	Eksenler		Değişken Kodları	Eksenler	
	Eksen 1 (PC1)	Eksen 2 (PC2)		Eksen 1 (PC1)	Eksen 2 (PC2)
kum10	0.198	0.214	krc30	-0.137	-0.158
toz10	-0.052	-0.154	omad30	0.228	-0.137
kil10	-0.219	-0.181	tas30	0.030	0.023
ph10	-0.027	0.003	kum50	-0.206	-0.018
krc10	-0.140	-0.079	toz50	0.319	0.073
omad10	0.163	0.052	kil50	0.092	-0.011
tas10	-0.415	0.090	ph50	-0.220	-0.006
kum30	0.077	0.077	krc50	-0.123	-0.263
koz30	0.001	-0.202	omad50	0.251	-0.105
kil30	-0.104	0.085	tas50	0.060	-0.209
ph30	-0.123	-0.016			

Çalışmada ilişkileri daha netleştirmek adına uygulanan kümeleme analizinde örnek alanlar yakınlık derecesi bakımından 2 gruba ayrılmıştır. Bunlardan ilk grup A1, A2, A3, S2, B1, S1, F1, I2 örnek alanlarından, diğer grup ise E1, I1, E2, B2, K2, K1, F3, S3, F2, E3 ve B3 örnekler alanlarından oluşmuştur. Oluşan bu ikili ayrıma göre örnek alanların konumlarına bakıldığında, tipik Akdeniz ve karasal iklimin etkisi altında örnek alanların dağılması sonucu bu ayrımın oluştuğu düşünülmüştür. Ayrıca Ağlasun (A) yöresi hariç diğer 3 kodlu örnek alanların hepsi tek bir grupta toplanmıştır. Bu durum ise tıpkı diğer analizlerde olduğu gibi, 900 m ve üzerindeki alanların ayrımda önemli etkisinin olduğunu göstermiştir. Diğer yandan yörenin en kuzeyinde yer alan E kodlu Eğirdir örnek alanlarının tamamı 900 m ve üzerindeki örnek alanlarla aynı grupta yer almış ve bu sonuç yukarıda bahsedilen karasal ve tipik Akdeniz iklim kuşağı ayrımının bir anlamda sağlaması olmuştur.

Menengiçler ülkemiz ormanlarında meyvelerinden yaygın olarak faydalanılan, odun dışı orman ürünlerinden birisidir. Özellikle Akdeniz bölgesi ve göller yöresinde oldukça iyi bir yayılış alanına sahip olan bu türden insanlar geçmişten günümüze kadar gıda olarak faydalanmıştır. Ayrıca bitkinin çeşitli kısımları halk arasında tıbbi ve aromatik amaçlı kullanılmıştır. Diğer yandan oldukça ekonomik bir tür olan antep fıstığının aşılmasında altlık bitki olarak menengiçler büyük önem arz etmektedir. Ülkemizin belirli yörelerinde yapılan sabunu (bıttım sabunu)'u ve giderek yaygınlaşan menengiç kahvesi, türün son yıllarda ticari değerini artıracak bir takım kullanım alanlarını ön plana çıkarmıştır. Bunun yanı sıra bitkinin çeşitli kısımlarından hem sabit yağ hem de uçucu yağ elde edilmesi ona ayrı bir önem kazandırmaktadır. Bu özellikleri dolayısıyla ilaç, kozmetik, parfümeri gibi söktörlere katkı sağlayabilecek bir bitki türü olarak öne çıkmakta ve araştırılmaya değer bir tür olarak görülmektedir.

Bu açıdan ülkemizde menengiçin en geniş yayılış alanlarından birisi olan göller yöresi içerisindeki 7 farklı yörenin değişik yükselti basamaklarında gerçekleştirilen bu çalışmada sonuçlar genel olarak değerlendirilecek olursa menengiç bitkisinden toplanan meyvelerin fiziksel ve fizikokimyasal özelliklerinin göller yöresinde temin edildikleri yöreler ve örnek alanlara göre önemli farklılıklar oluşturduğu ortaya çıkmıştır. Bu farklılıklar üzerinde ekolojik faktörlerden en çok sıcaklık ve yükseltinin etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu iki faktör aşında yöredeki iklim özelliklerini temsil etmektedir. Yani yörede yükselti ile birlikte veya kıyı kesimlerden iç kesimlere doğru ilerlendiğinde iklimsel olarak sıcaklığın ve yağışın değişime uğraması menengiç meyvelerinin fiziksel ve fizikokimyasal parametrelerine etki etmektedir.

Sonuç olarak bitkinin özellikle doğada iyi niteliklere sahip olduğu ortamlarda yerleriyle birlikte korunması özellikle ileriki yıllarda türün gen kaybını önleme açısından büyük önem arz etmektedir. Ayrıca menengiç türü için elde edilen bu sonuçlar doğada başka türler için test edilebilir. Özellikle ticari değeri yüksek olan zirai ya da orman türleri için benzer çalışmaların yapılması ile mevcut ve potansiyel durum ortaya konacak ve ekonomik anlamda büyük getiriler sağlanacaktır. Bu açıdan yapılan bu çalışma ileriki dönemlerde başka türlerle ilgili yapılacak çalışmalara ışık tutacaktır. Dolayısıyla ülkemiz bitki tür zenginliği içinde sahip olunan değerlere bilimsel anlamda katkı sağlanmış olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, SDÜ/BAPKB 2539-M-10 no.lu proje ile desteklenmiştir. İlgililere teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aertsen, W., Kint, V., Orshoven, J., Özkan, K., Muys, B., 2010. Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological Modelling*, 221: 1119-1130.
- Allison, L.E., Moodie, C.D., 1965. Carbonate. In: C.A. Black et al (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2, Agronomy Series*, Am. Soc. of Argon., Inc., U.S.A., 9:1379-1400.
- Aydin, C., Özcan, M., 2002. Some physico-mechanic properties of terebinth (*Pistacia terebinthus* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*, 53: 97-101.
- Bakirel, T., Sener, S., Bakirel, U., Keles, O., Sennazli, G., Gurel, A., 2003. The investigation of the effects of *P. terebinthus* L. upon experimentally induced hypercholesterolemia and atherosclerosis in rabbits. *Turkish Journal of Veterinary Sciences*, 27: 1283-1292.
- Baytop, T., 1984. Türkiye'de Bitkilerle Tedavi (Geçmişte ve Bugün). İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3255/40, İstanbul, s: 520.
- Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54: 464-465.
- Couladis, M., Özcan, M., Tzakou, O., Akgül, A., 2003. Comparative essential oil composition of various parts of the turpentine tree (*Pistacia terebinthus* L.) growing wild in Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 136-138.
- Daşdemir, İ., 1987. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Carr.) Ormanlarında Yetiştirme Ortamı Faktörleri-Verimlilik İlişkisi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 122 s.
- Duke, J.A., 1989. *CRC Handbook of Nuts*. CRC Pres., Boca Raton, Florida, pp. 343.
- Dalgıç, L., Sermet S.O., Özkan,G., 2011. Farklı Kavurma Sıcaklıklarının Menengiç Yağ Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 9(3): 26-36.
- Edwards, K., Kwaw, I., Matud, J., Kurtz, I., 1999. Effect of istachio nuts on serum lipid levels in patients with moderate hypercholesterolemia. *Journal of the American College of Nutrition*, 18: 229-232.
- Evliyaoğlu, S., 1996. Türkiye Turizm Coğrafyası ve Türkiye Coğrafyasının Ana Hatları. Dizgi Ofset, Ankara, s. 72.
- Fakir, H., 2006. Bozburun dağı ve çevresinin florası (Antalya-Isparta-Burdur, Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 30:149-169.
- Giner-Larza, E.M., Ma'nez, S., Recio, M. C., Giner, R. M., Prieto, J. M., Cerda-Nicola's, M., 2001. Oleanolic acid, a 3-oxotriterpene from *Pistacia*, inhibits leukotriene synthesis and has anti-inflammatory activity. *Eur. J. Pharmacol.*, 428: 137-143.
- Gülaçtı, T., Ay, M., Bilici, A., Sarıkkürücü, C., Öztürk, M., 2007. Ulubelen, A., A new flavone from antioxidant extracts of *Pistacia terebinthus*. *Food Chemistry*, 103:816-822.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Para, J.L., Jones P.G., Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25:1965-1978.
- Karaca, S., 2002. Göller Yöresinin Sucul Florasına Katkıları. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Kizil, S., Turk, M., 2010. Microelement content and fatty acid compositions of *Rhus coriaria* L. and *Pistacia terebinthus* L. fruits spread commonly in the South eastern Anatolia region of Turkey. *Natural Product Research*, 24(1): 92-98.
- Kovačić, S., Nikolić, T., 2005. Relations between *Betula pendula* Roth. (Betulaceae) leaf morphology and environmental factors in five regions of Croatia. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 47(2): 7-13.
- Moisen, G.G., Frescino, T.T., 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling*, 157: 209-225.
- Nakaizumi, A., Baba, M., Uehara, H., Iishi, H., Tatsuta, M., 1997. d-Limonene inhibits N-nitrosobis(2-oxopropyl)amine induced hamster pancreatic carcinogenesis. *Cancer Letters*, 117: 99-103.

- Nishimura, S., Taki, M., Takaishi, S., Iijima, Y., Akiyama, T., 2000. Structures of 4-aryl-coumarin (neoflavone) dimers isolated from *Pistacia chinensis* BUNGE and their estrogen-like activity. *Chemistry of Pharmaceutical Bulletin*, 48: 505–508.
- Özcan, M., 2004. Characteristics of fruit and oil of terebinth (*Pistacia terebinthus* L) growing wild in Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(6):517–520.
- Özcan, M.M., Tzakou, O., Couladis, M., 2009. Essential oil composition of the turpentine tree (*Pistacia terebinthus* L.) fruits growing wild in Turkey. *Food Chemistry*, 114(1): 282-285.
- Özdamar, K., 1999. Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi 1, Yayın No:1, Kaan Kitapevi, Eskişehir.
- Özkan, K., Mert, A., Gülsoy, S., 2007. Beyşehir gölü havzası topraklarının bazı özellikleri ile toprak rengi ve strüktürü arasındaki ilişkiler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 9-22.
- Peech, M., 1965. Hidrogen-ion activity. In:C.A.Black (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy 9*, ASA. Madison, Wisconsin. USA, 927-932 p.
- Riemersma, R.A., Wood, D.A., Macintyre, C.C.A., Elton, R.A., Gey, K.F., Oliver, M.F., 1991. Risk of angina pectoris and plasma concentrations of Vitamins A, C and E and carotene. *The Lancet*, 337:1–5.
- Rao, C.R., 1964. The Use and Interpretation of Principal Component Analysis in Applied Research. *Sankhya A*, 26: 329 -358.
- Stevović, S., Miković, V.,S., Dragosavac, D.Ć., 2010. Environmental impact on morphological and anatomical structure of Tansy. *African Journal of Biotechnology*, 9(16):2413-2421.
- Tuzlacı, E., Aymaz, P.E., 2001. Turkish folk medicinal plants, Part IV: Gönen, Balıkesir. *Fitoterapia*, 72: 323-343.
- Walkley, A., 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63: 251-263.
- Willheim, L., 1981. *Western Fruit and Nuts*, HP Books, Inc., pp: 166.
- Yeşilada, E., Honda, G., Sezik, E., 1995. Traditional medicine in Turkey V. Folk Medicine in The Inner Taurus Mountains. *Journal of Ethnopharmacology*, 46: 133-155.

Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri kullanılarak Ayancık-Göldağ kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) meşcerelerinde hacim tahmini

Alkan Günlü^{a,*}, İlker Ercanlı^a, Emin Zeki Başkent^b, Muammer Şenyurt^a

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

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

* İletişim yazarı/Corresponding author: alkangunlu18@gmail.com, Geliş tarihi/Received: 09.11.2012, Kabul tarihi/Accepted: 16.01.2013

Özet: Orman amenajman planlarının hazırlanmasında ve ormanların ekolojik, ekonomik sosyokültürel değerlerinin belirlenmesinde envanter verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bilindiği gibi planlama süreci envanter çalışmaları ile başlamaktadır. Ormancılıkta envanter verisi, yersel ölçümler veya uzaktan algılama verileri (hava fotoğrafı veya uydu görüntüsü) ya da bu iki tekniğin birlikte kullanılmasıyla elde edilmektedir. Orman amenajman planlarının hazırlanmasında meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı gibi meşcere parametreleri ihtiyaç duyulan önemli envanter verileridir. Bu parametrelerin yersel ölçümlerle elde edilmesi pahalı ve zaman alıcı bir aşamayı içermektedir. Bu çalışma, saf kayın meşcerelerinde Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri yardımıyla meşcere hacminin tahmin edilmesi amacıyla yapılmıştır. Toplam geçici 70 örnek alanda, yersel ölçümlerle meşcere hacmi belirlenmiştir. Aynı örnek alanların koordinat değerlerinden yararlanarak Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri üzerinde parlaklık değerleri hesaplanmıştır. Uydu görüntülerinden elde edilen parlaklık değerleri ile meşcere hacmi arasındaki ilişkiler regresyon analiziyle ortaya konulmuştur. Analizler sonucunda, Quickbird uydu görüntüsünün Bant 1, Bant 2, Bant 3 ve Bant 4 bağımsız değişkenleri ile elde edilen regresyon denklemi ile meşcere hacmi arasında en iyi ilişki ($R^2=0.70$, $RMSE=28.56 \text{ m}^3/\text{ha}$) bulunurken, Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünde ise ETM 2, ETM 3 ve ETM 4 bağımsız değişkenlerinde ($R^2=0.545$, $RMSE=53.13 \text{ m}^3/\text{ha}$) iyi ilişki olduğu bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Meşcere hacmi, Quickbird uydu görüntüsü, Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü

Predicting stand volume using Quickbird and Landsat 7 ETM+ satellite images for stands of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky): a case study in Ayancık-Göldağ

Abstract: In forestry, inventory data is needed for ecological, economical and social values of forest and in preparing forest management planning. The planning process starts with forest inventory. In forestry, inventory data is obtained from both remotely sensed (aerial photo interpretation or satellite image) data and field survey with temporary sample plots. In the preparation of forest management plans, stand volume, basal area, number of trees stand as an important inventory data for the required parameters. Obtaining measurements of these parameters is costly and time consuming. This study were carried out to examine the Quickbird and Landsat 7 ETM+ satellite images in estimating stand volume in pure stands of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky). The stand volume was determined by field measurements at total 70 temporary sampling plots. Reflectance values were calculated based on the Quickbird and Landsat 7 ETM+ satellite data points that correspond to the sampling plots. Regression analyses were conducted to examine the relationships between the reflectance values and stand volume. The results demonstrated that regression model with band 1, band 2, band 3 and band 4 as independent variables for Quickbird and ETM 2, ETM 3 and ETM 4 as independent variables for Landsat 7 ETM+ were used for a better estimation of stand volume ($R^2=0.70$, $RMSE=28.56 \text{ m}^3/\text{ha}^{-1}$; $R^2=0.545$, $RMSE=53.13 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), respectively.

Keywords: Stand volume, Quickbird satellite data, Landsat 7 ETM+ satellite data

1. Giriş

Orman amenajman planlarının yapılmasında ve ormanların ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel değerlerinin belirlenmesinde envanter verisine gereksinim duyulmaktadır (Leckie ve Gillis 1995; Chubey vd., 2006). Ormancılıkta envanter verisi, yersel ölçümler veya uzaktan algılama verileri ya da bu iki tekniğin birlikte kullanılmasıyla elde edilmektedir (Lund ve Thomas, 1989; Avery ve Burkhart, 1994; Kilpelainen ve Tokola, 1999, Özdemir 2004). Meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, ağaç sayısı vb. gibi meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi orman amenajman planları için oldukça önemlidir. Bununla birlikte bu parametrelerin doğru bir şekilde belirlenmesi etkili ve

başarılı planlama için gerekli olmaktadır (Zimble vd., 2003). Bu parametrelerin arazide yersel ölçümlerle elde edilmesi pahalı, yoğun iş gücü ve zaman alıcı bir aşamayı içermektedir (Hyypä vd., 2000; Günlü vd., 2008; Sivrikaya, 2011; Günlü, 2012). Son zamanlarda, uzaktan algılama verileri geniş alanlarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ormancılıkta uzaktan algılama verilerinin kullanılması envanter çalışmalarında iş yükünü azaltmaktadır (Yeşil vd., 2002). Literatüre bakıldığında uydu görüntüleri yardımıyla meşcere parametrelerinin belirlenmesine ilişkin birçok çalışma söz konusudur. Bu çalışmalardan bazıları şu şekildedir; Sivanpillai vd. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, Teksas'da *Pinus teada* ormanlarında Landsat ETM uydu görüntüsü kullanılarak

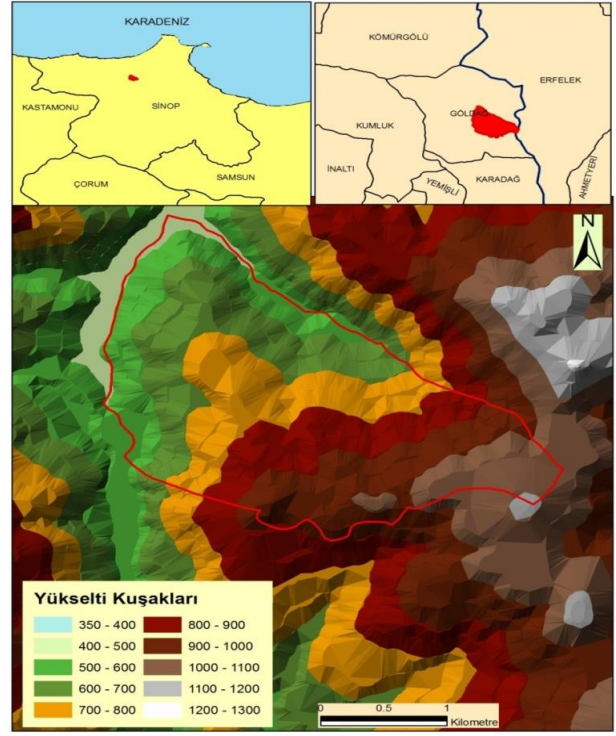
meşcere parametrelerinden meşcere yaşı ve ağaç sayısını, Hall vd., (2006) ve Mohammadi vd., (2010) tarafından yapılan çalışmada Landsat ETM uydu görüntüsü kullanılarak meşcere hacmini tahmin, Poulain vd., (2010) tarafından yapılan bir çalışmada ise ASTER uydu görüntüsü kullanılarak göğüs yüzeyini tahmin etmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Son zamanlarda yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak meşcere parametrelerine ilişkin tahmin etmeye yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır (Franklin vd., 2001; Kayitakire vd., 2006; Peuhkurinen vd., 2008). Astola vd., (2004) tarafından yapılan bir çalışmada IKONOS uydu görüntüsü kullanılmış ve meşcere hacmi, Kayitakire vd., (2006) tarafından yapılan başka bir çalışmada IKONOS uydu görüntüsü kullanılmış ve bu çalışmada göğüs yüzeyi, Peuhkurinen vd., (2008) tarafından yapılan başka bir çalışmada IKONOS uydu görüntüsü kullanılmış ve bu çalışmada sırasıyla meşcere hacmi, göğüs yüzeyi ve ortalama boy, Özdemir ve Kamieli (2011) tarafından yapılan bir çalışmada WorldView-2 uydu görüntüsü kullanılmış ve bu çalışmada ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve meşcere hacmi gibi meşcere parametrelerini tahmin etmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Yapılan çalışmalardan da görüleceği üzere uzaktan algılama verileri kullanılarak bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesine ilişkin iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu bağlamda, bu çalışmada Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsüne ait bantlardan elde edilen parlaklık değerleriyle ile meşcere hacmi arasındaki ilişkileri istatistiksel olarak ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Çalışma alanı, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Ayancık Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Göladağ Planlama Ünitesi içerisinde yer alan yaklaşık 600 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Türkiye'nin Orta Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı coğrafi mevki olarak, ED_1950_UTM_Zone_36N, 647000-651000 doğu boylamı, 4629000-4633000 kuzey enlemi koordinatları arasında yer almaktadır. Araştırma alanının ortalama eğimi %26 ve ortalama yükseltisi 775 m'dir. Araştırma alanının yıllık ortalama maksimum sıcaklığı yaz aylarında 27.6 °C, kış aylarında ise 13.8 °C ve ortalama 17.6 °C'dir. Araştırma alanının ortalama yıllık yağış miktarı ise 677.3 mm'dir (Günlü, 2009). Araştırma alanı müdahale görmemiş aynı yaşlı saf kayın meşcerelerinden oluşmaktadır.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde; 21.08.1999 tarihli ve 30 m konumsal çözünürlüğe sahip Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünün 6 bantı (ETM 1-5 ve 7), 18.06.2004 tarihli ve 0.60 cm çözünürlüğe sahip Quickbird uydu görüntüsünün 4 bantı ve yerleri sistematik olarak 300 x 300 m aralıklarla alınan 70 adet örnek alan verileri kullanılmıştır. Meşcere kaplılıklarına göre (3 kapalı meşcerelerde 400 m², 2 kapalı meşcerelerde 600 m² ve 1 kapalı meşcerelerde ise 800 m²) örnek alanların büyüklükleri belirlenmiştir. Her bir örnek alandaki 8 cm ve üzerindeki ağaçların göğüs çapı ölçülmüştür. Örnek alanlara ilişkin meşcere hacimleri ise, Carus (1998) tarafından geliştirilen ağaç hacim denklemleri ile tahmin edilen tek ağaçların hacim değerlerinin toplanıp, hektara çevrilmesi suretiyle hesaplanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu

Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri üzerinde bazı ön işlemler yapılmıştır. Uydu görüntüleri üzerinde araştırma alanı olarak seçilen Göladağ Planlama Ünitesinin kapladığı alan, sayısallaştırılan meşcere tipi haritası sınırları kullanılarak gerekli geometrik düzeltmeler yapıldıktan sonra kesilmiştir. Bu çalışmada tüm işlemler kesilen görüntü üzerinden yapılmıştır. Uydu görüntülerinin konumsal veri tabanı içerisinde değerlendirilebilmesi için geometrik olarak düzeltilmesi gerekmektedir. Geometrik düzeltme işlemi, orijinal uydu görüntüsündeki eğilme-büzülmelerin (distorsiyonları) giderilerek harita düzeninde kullanımını sağlamaktadır. Dijital ortamdaki uydu görüntüleri, görüntü sistemi, uydu yörüngesi ve dünyanın dönmesinden meydana gelen bozulmalardan dolayı analitik olarak tanımlanmış dönüşümlerle yapılamaz. Bu nedenle, dönüşüm parametreleri en küçük kareler yöntemi ile belirlenir. Bunun için manuel (elle) olarak belirlenen ve hem görüntüde hem de çalışılan projeksiyon sisteminde çok sayıda kontrol noktalarına ihtiyaç duyulur. Bunlar yer kontrol noktaları (YKN) olarak adlandırılır. Geometrik düzeltme işleminin yapılabilmesi için öncelikle uydu görüntüsünün dönüştürüleceği koordinat sistemi için datum ve yer kontrol noktaları belirlenmelidir (Çakır, 2006).

Bu çalışmada yer kontrol noktaları 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinden seçilmiştir. Yüksek doğrulukta ve çok sayıda YKN seçimi oldukça zor bir işlemdir. Bu işlem için yol kesişimleri, yol-dere kesişimleri gibi yapay detaylar YKN olarak seçilmiştir. YKN'lerinin seçiminde, noktaların görüntü üzerine homojen olarak dağılmasına dikkat edilmiştir. Datum seçiminde, Göladağ Planlama Ünitesi 60°'lik tek bir UTM dilimi içerisinde değerlendirilebildiğinden, ülke koordinat sistemindeki diğer büyük ölçekli mühendislik çalışmalarla entegrasyonu kolay sağlamak amacıyla 60°'lik UTM koordinat sistemi ile 1/25.000 ölçekli paftaların üretiminde kullanılan ED50 datumu tercih edilmiştir. Uzaktan algılama verilerinin

geometrik dönüşümünde maksimum karesel ortalama hata (RMS) miktarı 0.5 piksel olarak kabul edilir (Jensen, 1996; Armston vd., 2002). RMS hatası 1 pikselden aşağı olacak şekilde Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünün geometrik düzeltmesi yapılmıştır. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünde ise RMS hatasının 1 metre veya 2 piksel düzeylerinde olması sağlanmıştır. Landsat 7 ETM+ ve Quickbird uydu görüntülerine ilişkin bazı ön işlemler yapıldıktan sonra arazide envanter aşamasında alınan her bir örnekleme alanı için, Landsat 7 ETM 1- ETM 5 ve ETM 7 ve Quickbird uydu görüntüsünün dört bantına ilişkin parlaklık değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamadaki parlaklık değerleri Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü üzerinde örnek alanların tekabül ettiği pikseldeki parlaklık değeri olarak alınmıştır. Buna karşın Quickbird uydu görüntüsü üzerindeki parlaklık değerleri ise örnek alan büyüklüklerine göre farklı şekilde hesaplanmıştır. Şöyle ki, 400 m² lik örnek alanlar için 35 x 35 m; 600 m² lik örnek alanlar için 42 x 42 m ve 800 m² lik örnek alanlar için ise 48x48 m büyüklüğündeki piksellerin ortalama parlaklık değerleri alınarak hesaplanmıştır.

3.1. İstatistiksel Analiz

Bu çalışmada, meşcere hacmi ile Landsat 7 ETM+ ve Quickbird uydu görüntülerine ilişkin parlaklık değerleri arasındaki istatistiksel ilişkileri modellemek üzere, çoğul regresyon analizi kullanılmıştır. Çoğul regresyon modellerinde tahmin edilmek istenen bağımlı değişken; meşcere hacmi iken, bağımsız değişken ise; Landsat 7 ETM uydu görüntüsüne ait altı bantın parlaklık değerleri (ETM1, ETM 2, ETM 3, ETM 4, ETM 5 ve ETM 7) ile Quickbird uydu görüntüsünün (Bant 1, Bant 2, Bant 3 ve Bant 4) dört bantına ilişkin değerlerdir. Meşcere hacmini çeşitli yansıma değerlerine ilişkin bant değerlerine göre tahmin regresyon model yapısı aşağıda verilmiştir.

$$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_1 + \beta_2 \cdot X_2 + \dots + \beta_n \cdot X_n + \varepsilon \quad (1)$$

Denklemden, V; meşcere hacmini, $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$; denklem parametrelerini, X_1, X_2, \dots, X_n ; Landsat 7 ETM+ ve Quickbird uydu görüntüsünden elde edilen parlaklık değerlerine ilişkin bant değerlerini, ε ; ise model hatasını ifade etmektedir. Her iki uzaktan algılama verisinde %95 güven düzeyi için farklı bantların kombinasyonların üzerinden istatistiksel olarak anlamlı model seçenekleri belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan istatistiksel model başarı ölçütleri ise; Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R_{adj}^2), Akaike Bilgi Ölçütü (AIC), Sawa'nın Bayesian Bilgi Ölçütü (BIC), Schwarz'ın Bayesian Bilgi Ölçütü (SBC), Hataların Ortalama Kare Kökü (the root mean square error, RMSE) ve Mallow'un Cp değeri olmak üzere altı adettir.

Belirtme Katsayısı, bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarının bağımsız değişken (ler) tarafından açıklandığını ifade edip, modelin açıklayıcılık gücünün iyi bir göstergesidir. Aşağıdaki formül ile ifade edilmektedir; (Beal, 2007).

$$R_{adj}^2 = 1 - \frac{(n-1) \cdot RKT}{(n-k) \cdot GKT} \quad (2)$$

Bu formülde, RKT; regresyon kareler toplamı olup, modelin hata varyansını göstermektedir ve gözlem değerinden model ile elde edilen tahmin değerlerinin

çıkarılması ile elde edilen model hatalarının karesi ile olarak hesaplanmaktadır. GKT ise; genel kareler toplamı olup, bağımlı değişkene ilişkin varyansı göstermektedir. Özellikle 0 ile 1 arasında değer alan belirtme katsayısının, mümkün olduğunca 1'e yakın bir değer alması istenilmektedir.

Akaike Bilgi Ölçütü (AIC), 1974 yılında Hirotosugu Akaike tarafından önerilmiş olan bir model karşılaştırma ölçütüdür. Özellikle farklı modelleri ve yaklaşımları sıklıkla kullanılan Akaike Bilgi Ölçütü (AIC) değerinin küçülmesi, daha başarılı sonuçların elde edildiğini göstermektedir.

$$AIC = n \cdot \ln\left(\frac{RKT}{n}\right) + 2k \quad (3)$$

Bu formülde, RKT; regresyon kareler toplamını, n ve k; modelin geliştirilmesinde kullanılan veri sayısını ve modeldeki katsayı sayısını ifade etmektedir (Beal, 2007).

Sawa'nın Bayesian Bilgi Ölçütü (BIC), Sawa (1978) tarafından Akaike Bilgi Ölçütünden Bayes yaklaşımı ile üretilmiştir.

$$BIC = n \cdot \ln\left(\frac{RKT}{n}\right) + \frac{2(k+2) \cdot n \cdot \sigma^2}{RKT} - \frac{2 \cdot n^2 \cdot \sigma^4}{RKT^2} \quad (4)$$

Yukarıdaki formül ile hesaplanan Sawa'nın Bayesian Bilgi Ölçütünde; RKT; regresyon kareler toplamını, σ ; model hatasını, n ve k; modelin geliştirilmesinde kullanılan veri sayısını ve modeldeki katsayı sayısını ifade etmektedir.

Schwarz'ın Bayesian Bilgi Ölçütü (SBC); Schwarz (1978) tarafından Sawa'nın Bayesian Bilgi Ölçütü (BIC) benzer şekilde, Akaike Bilgi Ölçütünden üretilmiş bir model karşılaştırma ölçütüdür.

$$SBC = n \cdot \ln\left(\frac{RKT}{n}\right) + k \cdot \ln(n) \quad (5)$$

Sawa'nın Bayesian Bilgi Ölçütü (BIC) ile Schwarz'ın Bayesian Bilgi Ölçütü (SBC) değerlerinin küçülmesi; Akaike Bilgi Ölçütündeki gibi daha başarılı modellerin elde edildiğini göstermektedir.

Hataların Ortalama Kare Kökü (the Root mean square error, RMSE); regresyon kareler toplamına ve veri sayısına göre aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{RKT}{n-k}} \quad (6)$$

Mallow'un Cp değeri, Mallow (1973) geliştirdiği bir model başarı ölçütü olup, Cp değeri küçüldükçe; başarılı modeller elde edilmektedir (Beal, 2007).

$$Cp = \frac{SSE}{\sigma^2} + 2k - n \quad (7)$$

Yukarıda söz edilen farklı bant değerlerini içeren çoğul regresyon modellerinin oluşturulmasında ve modellere ilişkin başarı ölçütlerinin tahmin edilmesinde, SAS/ETS 9.0 istatistik paket programında PROC REG ve PROC RSQUARE prosedürleri kullanılmıştır (SAS Institute Inc, 2004). Özellikle, PROC RSQUARE prosedürleri ile tüm bağımsız değişkenleri ilişkin seçenekleri içerecek şekilde regresyon modelleri ve bu modellere ilişkin yukarıda sözü edilen tüm model başarı ölçütleri elde edilebilmektedir.

3. Bulgular

Meşçere hacmini tahmin etmek üzere kullanılan Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünden elde edilen 6 adet bant (ETM 1, ETM 2, ETM 3, ETM 4, ETM 5 ve ETM 7) değişkenlerini içeren tüm farklı regresyon model seçeneklerine ilişkin model başarı ölçütleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu çizelge incelendiğinde, farklı bağımsız değişkenleri içeren tüm regresyon model seçeneklerine ilişkin model başarı ölçüt değerleri görülmektedir. Özellikle, 6. model grubundaki tüm bant değerlerini içeren model, en başarılı model olarak görülebilirken, diğer taraftan söz konusu bu modelde; bazı parametrelerin %95 güven düzeyi ile anlamlı olmaması model kullanılabilirliğini engellemektedir. Bu bakımdan, daha yüksek belirtme katsayılarına sahip modellerin parametre değerlerinin %95 güven düzeyi ile anlamlı olmamaları nedeniyle meşçere hacmini tahmin etmede başarılı model olarak seçilmemişlerdir. Model değerlendirme sürecinde, model başarı ölçütleri ile birlikte model parametrelerinin anlamlılığı da değerlendirildiğinde; 3. model grubundaki ETM 2, ETM 3 ve ETM 4'ü içeren model; meşçere hacmini tahmin etmede en başarılı model olarak seçilmiştir. Bu modele ilişkin parametre tahminleri, Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde, modelin sabit katsayısının %95 güven ile anlamlı olmadığı görülmektedir. Bu bakımdan, modele ilişkin sabit katsayı, model yapısından çıkarılarak tekrar regresyon analizi ile model parametreleri tahmin edildiğinde; Çizelge 3'de verilen model parametreleri ve başarı ölçütleri elde edilmiştir. Sonuç olarak, Landsat uydu görüntüsü için seçilen en başarılı modelin başarı ölçütleri; $R^2_{adj.}=0.545$, $C_p=3.00$, $AIC=288.9147$, $BIC=291.4436$, $SBC=293.6652$, $RMSE=53.13$ olarak hesaplanmıştır. Modelin belirtme katsayısı, 0.545 olup, meşçere hacmindeki değişimin %54.5'i ETM 2, ETM 3 ve ETM 4 bant değerleri ile tahmin edilebilmektedir.

Çizelge 4'te, meşçere hacmini tahmin etmek üzere kullanılan Quickbird uydu görüntüsünden elde edilen 4 adet bant (bant 1, bant 2, bant 3 ve bant 4) değişkenine ilişkin tüm farklı regresyon model seçeneklerine ilişkin model başarı ölçütleri verilmiştir. Söz konusu tüm bu modeller model başarı ölçütleri ile birlikte model parametrelerinin anlamlılığı da değerlendirildiğinde; 4. model grubundaki bant 1, bant 2, bant 3 ve bant 4'ü içeren model; meşçere hacmini tahmin etmede en başarılı model olarak seçilmiştir. Bu modele ilişkin parametre tahminleri, Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelge 5 incelendiğinde, modelin tüm katsayısının %95 güven ile anlamlı olduğu görülmektedir. Quickbird uydu görüntüsü için seçilen en başarılı modelin başarı ölçütleri; $R^2_{adj.}=0.70$, $C_p=5.00$, $AIC=145.07$, $BIC=150.00$, $SBC=150.29$, $RMSE=28.56$ olarak hesaplanmıştır. Modelin belirtme katsayısı, 0.70 olup, meşçere hacmindeki değişimin %70'i bant 1, bant 2, bant 3 ve bant 4 ile tahmin edilebilmektedir. Ayrıca seçilen modellere ilişkin tahmin değerleri ve gerçek değerlerini gösteren grafikler Şekil 2-3'te gösterilmiştir.

4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada, Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünün 6 bantı ve Quickbird uydu görüntüsünün 4 bantı kullanılarak elde edilen parlaklık değerleri ile meşçere hacmi arasındaki istatistiksel ilişkilerin modellenmesi amaçlanmıştır., Quickbird uydu görüntüsüne ait bant 1, bant 2, bant 3 ve

bant 4 bantlarının bağımsız değişken olarak yer aldığı regresyon denklemi ($R^2=0.70$, $RMSE=28.56$ m³/ha) ile Landsat 7 ETM uydu görüntüsüne ait ETM 2, ETM 3 ve ETM 4 bantlarının bağımsız değişken olarak yer aldığı regresyon denklemi meşçere hacmini tahmin etmekte en iyi sonucu vermiştir ($R^2=0.545$, $RMSE=53.13$ m³/ha). Elde edilen bu sonuçlar değerlendirildiğinde Quickbird uydu görüntüsüne ait 4 bant (bant 1, bant 2, bant 3 ve bant 4) meşçere hacmini %70 düzeyinde açıklarken, Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsüne ait 3 bant (ETM 2, ETM 3 ve ETM 4) meşçere hacmini %54.5 düzeyinde açıklamaktadır. İki görüntüden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında yüksek çözünürlüğe sahip Quickbird uydu görüntüsü, orta çözünürlüğe sahip Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsüne göre daha başarılı sonuç vermektedir. Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsünden elde edilen sonuçlar diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında bu çalışmadan elde edilen sonucun iyi olduğu söylenebilir. Meşçere hacmini tahmin etmek üzere Mohammadi vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, Landsat ETM uydu görüntüsüne ait ETM 4 bantı bağımsız değişken olarak kullanan regresyon denklemi ile % 42.3'lük bir açıklayıcılık elde edilmiştir ($R^2=0.423$, $RMSE=70.164$ m³/ha). Hall vd. (2006) ve Trotter vd. (1997) tarafından yapılan çalışmalarda geliştirilen modeller ile model açıklayıcılığı %30 ($R^2=0.30$), olarak bulunmuştur. Mallinis vd. (2003) tarafından yapılan ve Landsat TM uydu görüntüsüne ait bantlardaki yansıma değerleri ile meşçere hacmi arasındaki ilişkilerin araştırıldığı başka bir çalışmada TM2, TM3, TM4 ve TM5 bantlarının bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon denkleminde regresyon denkleminde $R^2=0.183$, TM2, TM3 ve TM5 bantlarının bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon denkleminde $R^2=0.172$ ve TM1-TM5 ve TM7 bantlarının bağımsız değişken olarak kullanıldığı regresyon denkleminde ise $R^2=0.117$ olarak bulunmuştur. Landsat TM uydu görüntüsü kullanılarak meşçere hacmin tahmin edilmesine yönelik Günlü vd. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada ise TM 2 ve TM 4 bağımsız değişkenlerinin kullanılarak elde edilen regresyon denklemi ile meşçere hacmindeki değişimin %54'ü tahmin edilmiştir. Son zamanlarda yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak meşçere parametrelerine ilişkin tahmin etmeye yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır (Kayitakire vd., 2006; Peuhkurinen vd., 2008). Astola vd. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada IKONOS uydu görüntüsü kullanılmış ve meşçere hacmi için hata yüzdesi %39 olarak bulunmuştur. Kayitakire vd. (2006) tarafından yapılan başka bir çalışmada IKONOS uydu görüntüsü kullanılmış ve bu çalışmada göğüs yüzeyini tahmin eden modelin açıklayıcılığı %35 düzeyinde ($R^2=0.35$) bulunmuştur. Peuhkurinen vd. (2008) tarafından yapılan başka bir çalışmada IKONOS uydu görüntüsü kullanılmış ve bu çalışmada sırasıyla meşçere hacmi için hata yüzdesi %31.3, göğüs yüzeyi için %5.6 ve ortalama boy için %3.1 olarak bulunmuştur. Özdemir ve Karnieli (2011) tarafından yapılan bir çalışmada WorldView-2 uydu görüntüsü kullanılmış ve bu çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde ağaç sayısını tahmin eden modelin açıklayıcılığı %38, göğüs yüzeyinin %54 ve meşçere hacminin ise %42 olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında yüksek çözünürlüklü Quickbird uydu görüntüsünün, orta çözünürlüklü Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsüne göre meşcere hacmini daha iyi tahmin ettiği görülmüştür. Bu nedenle bundan sonraki meşcere parametrelerinin tahmin

edilmesine yönelik yapılacak çalışmalarda yüksek çözünürlük uydu görüntülerinin kullanılması daha faydalı olacağı söylenebilir.

Çizelge 1. Meşcere hacmini tahmin etmek üzere geliştirilmiş Landsat 7 ETM+ uydu verilerine bağlı olarak hesaplanmış farklı bağımsız değişkenleri içeren regresyon model seçeneklerine ilişkin başarı ölçüt değerleri

Model Grup	R ² _{adj.}	Cp	AIC	BIC	RMSE	SBC	Değişkenler				
1	0.33	18.03	299.53	300.25	62.37	302.70	ETM3				
1	0.20	28.44	306.34	306.39	68.56	309.50	ETM4				
1	0.18	29.69	307.08	307.06	69.27	310.24	ETM7				
1	0.15	31.70	308.23	308.11	70.38	311.39	ETM1				
1	0.11	34.99	310.04	309.76	72.18	313.21	ETM2				
1	0.08	37.39	311.31	310.92	73.46	314.48	ETM5				
2	0.43	11.80	295.07	296.19	57.88	299.82	ETM2	ETM3			
2	0.39	14.66	297.44	298.20	59.82	302.19	ETM3	ETM4			
2	0.33	18.90	300.71	300.99	62.60	305.46	ETM3	ETM5			
2	0.32	19.61	301.23	301.43	63.05	305.98	ETM3	ETM7			
2	0.32	19.66	301.27	301.46	63.08	306.02	ETM1	ETM3			
2	0.29	21.66	302.69	302.68	64.34	307.44	ETM1	ETM4			
2	0.23	26.21	305.73	305.31	67.11	310.48	ETM4	ETM7			
2	0.22	26.57	305.95	305.51	67.32	310.70	ETM4	ETM5			
2	0.22	27.05	306.26	305.77	67.61	311.01	ETM2	ETM4			
2	0.21	27.61	306.61	306.08	67.94	311.36	ETM1	ETM7			
2	0.21	27.74	306.69	306.15	68.02	311.44	ETM1	ETM5			
2	0.17	30.61	308.44	307.67	69.69	313.19	ETM2	ETM7			
2	0.16	31.35	308.87	308.05	70.11	313.62	ETM5	ETM7			
2	0.14	32.75	309.69	308.77	70.91	314.44	ETM1	ETM2			
2	0.13	33.73	310.24	309.26	71.46	315.00	ETM2	ETM5			
3	0.50	7.24	290.91	293.09	53.96	297.25	ETM2	ETM3	ETM4		
3	0.45	10.65	294.25	295.69	56.52	300.58	ETM1	ETM2	ETM3		
3	0.44	11.98	295.46	296.65	57.48	301.80	ETM2	ETM3	ETM5		
3	0.43	12.27	295.72	296.85	57.69	302.06	ETM3	ETM4	ETM5		
3	0.42	13.16	296.50	297.47	58.32	302.84	ETM2	ETM3	ETM7		
3	0.38	16.12	299.01	299.47	60.38	305.34	ETM1	ETM3	ETM4		
3	0.37	16.52	299.33	299.73	60.65	305.67	ETM3	ETM4	ETM7		
3	0.32	20.31	302.28	302.11	63.19	308.61	ETM1	ETM3	ETM5		
3	0.31	20.89	302.70	302.46	63.56	309.04	ETM3	ETM5	ETM7		
3	0.31	21.08	302.84	302.57	63.68	309.17	ETM4	ETM5	ETM7		
3	0.30	21.27	302.98	302.68	63.81	309.32	ETM1	ETM4	ETM5		
3	0.30	21.34	303.03	302.72	63.85	309.36	ETM1	ETM3	ETM7		
3	0.28	23.08	304.28	303.75	64.97	310.62	ETM1	ETM4	ETM7		
3	0.27	23.63	304.66	304.06	65.32	311.00	ETM1	ETM2	ETM4		
3	0.25	24.75	305.44	304.70	66.02	311.77	ETM2	ETM4	ETM5		
3	0.22	27.39	307.20	306.15	67.65	313.53	ETM2	ETM4	ETM7		
3	0.20	28.28	307.77	306.63	68.20	314.10	ETM1	ETM5	ETM7		
3	0.19	29.60	308.61	307.33	68.99	314.94	ETM1	ETM2	ETM7		
3	0.18	29.74	308.69	307.40	69.07	315.03	ETM1	ETM2	ETM5		
3	0.15	32.25	310.22	308.68	70.56	316.56	ETM2	ETM5	ETM7		
4	0.55	5.17	288.50	292.00	51.56	296.42	ETM1	ETM2	ETM3	ETM4	
4	0.54	5.53	288.92	292.29	51.86	296.83	ETM2	ETM3	ETM4	ETM5	
4	0.49	9.15	292.82	295.06	54.75	300.74	ETM2	ETM3	ETM4	ETM7	
4	0.48	9.65	293.33	295.43	55.14	301.25	ETM1	ETM2	ETM3	ETM5	
4	0.44	12.30	295.92	297.31	57.16	303.84	ETM1	ETM2	ETM3	ETM7	
4	0.42	13.96	297.45	298.43	58.39	305.36	ETM2	ETM3	ETM5	ETM7	
4	0.41	14.15	297.61	298.56	58.52	305.53	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7	
4	0.41	14.18	297.64	298.58	58.55	305.56	ETM1	ETM3	ETM4	ETM5	
4	0.36	17.87	300.80	300.94	61.17	308.72	ETM1	ETM3	ETM4	ETM7	
4	0.32	20.95	303.25	302.81	63.29	311.17	ETM1	ETM4	ETM5	ETM7	
4	0.30	22.31	304.27	303.59	64.19	312.19	ETM1	ETM3	ETM5	ETM7	
4	0.29	22.71	304.57	303.82	64.46	312.49	ETM2	ETM4	ETM5	ETM7	
4	0.28	23.25	304.97	304.13	64.82	312.89	ETM1	ETM2	ETM4	ETM5	
4	0.26	24.89	306.14	305.05	65.88	314.06	ETM1	ETM2	ETM4	ETM7	
4	0.18	30.20	309.72	307.87	69.24	317.64	ETM1	ETM2	ETM5	ETM7	
5	0.56	5.01	287.91	292.69	50.57	297.41	ETM1	ETM2	ETM3	ETM4	ETM5
5	0.54	6.72	289.98	293.98	52.04	299.48	ETM1	ETM2	ETM3	ETM4	ETM7
5	0.53	7.40	290.76	294.48	52.61	300.27	ETM2	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7
5	0.47	11.46	295.14	297.32	55.90	304.64	ETM1	ETM2	ETM3	ETM5	ETM7
5	0.40	16.10	299.57	300.32	59.46	309.07	ETM1	ETM3	ETM4	ETM5	ETM7
5	0.29	22.89	305.20	304.30	64.29	314.70	ETM1	ETM2	ETM4	ETM5	ETM7
6	0.55	7.00	289.90	295.16	51.42	300.99	ETM1	ETM2	ETM3	ETM4	ETM5

Çizelge 2. Meşcere hacmini tahmin etmede seçilmiş en başarılı modele ilişkin parametre değerleri ve bunlara ilişkin istatistiksel bilgiler

Denklem Parametresi	Tahmin Değeri	Standart Hata	t değeri	p
β_0	5.26455	128.938	0.04	0.9677
ETM2	-15.2779	5.223	-2.92	0.0063
ETM3	21.3665	4.800	4.45	<0.0001
ETM4	1.4838	0.607	2.44	0.0203

Çizelge 3. Meşcere hacmini tahmin etmede seçilmiş en başarılı modelin sabit katsayısı parametre değerleri ve bunlara ilişkin istatistiksel bilgiler ile model başarı ölçüt değerleri

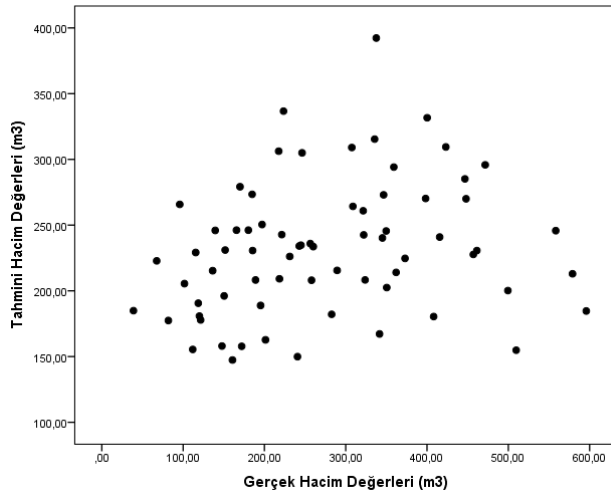
Denklem Parametresi	Tahmin Değeri	Standart Hata	t değeri	p
ETM2	-15.1277	3.6554	-4.14	0.0002
ETM3	21.2895	4.3467	4.90	<0.0001
ETM4	1.4917	0.5674	2.63	0.0129
$R^2_{adj}=0.545$	Cp=3.00	AIC=288.9147		
SBC=293.6652	RMSE=53.13	BIC=291.4436		

Çizelge 4. Meşcere hacmini tahmin etmek üzere geliştirilmiş Quickbird uydu verilerine bağlı olarak hesaplanmış farklı bağımsız değişkenleri içeren regresyon model seçeneklerine ilişkin başarı ölçüt değerleri

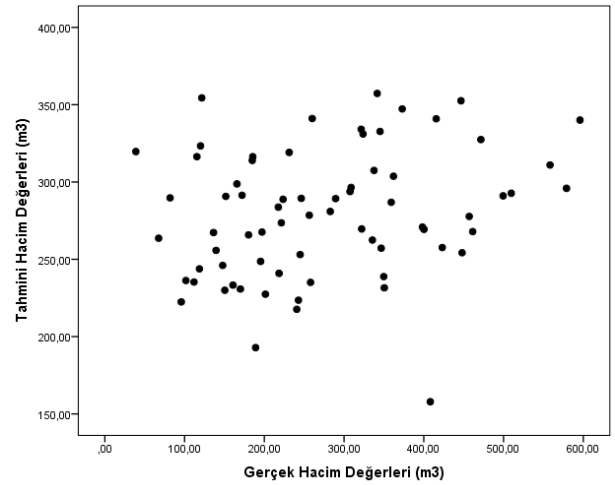
Model Grup	R^2_{adj}	Cp	AIC	BIC	RMSE	SBC	Değişkenler			
1	0.32	26.48	160.07	159.46	43.20	162.15	Bant 1			
1	0.28	29.41	161.44	160.65	44.64	163.53	Bant 4			
1	0.24	31.49	162.36	161.45	45.62	164.44	Bant 2			
1	0.19	35.26	163.93	162.82	47.36	166.02	Bant 3			
2	0.50	15.57	154.67	154.59	37.22	157.80	Bant 1	Bant 4		
2	0.45	18.69	156.71	156.17	39.07	159.84	Bant 1	Bant 3		
2	0.44	19.08	156.95	156.35	39.30	160.08	Bant 2	Bant 4		
2	0.39	22.16	158.77	157.78	41.04	161.90	Bant 3	Bant 4		
2	0.38	22.52	158.97	157.94	41.23	162.10	Bant 2	Bant 3		
2	0.33	25.73	160.70	159.32	42.96	163.83	Bant 1	Bant 2		
3	0.62	8.84	149.61	151.29	32.37	153.78	Bant 1	Bant 3	Bant 4	
3	0.61	9.50	150.23	151.69	32.86	154.41	Bant 2	Bant 3	Bant 4	
3	0.50	15.54	155.23	154.97	37.00	159.40	Bant 1	Bant 2	Bant 4	
3	0.50	15.61	155.28	155.01	37.05	159.45	Bant 1	Bant 2	Bant 3	
4	0.70	5.00	145.07	150.00	28.56	150.29	Bant 1	Bant 2	Bant 3	Bant 4

Çizelge 5. Quickbird uydu verilerine bağlı olarak meşcere hacmini tahmin etmede seçilmiş en başarılı modelin parametre değerleri ve bunlara ilişkin istatistiksel bilgiler ile model başarı ölçüt değerleri.

Denklem Parametresi	Tahmin Değeri	Standart Hata	t değeri	p
β_0	-2409.0388	592.0841	-4.53	0.0003
ETM 1	11.7274	4.5994	2.55	0.0214
ETM2	10.6365	4.4015	2.42	0.0280
ETM3	-20.2712	5.7242	-3.54	0.0027
ETM4	0.13417	0.0377	3.55	0.0027
$R^2_{adj}=0.700$	Cp=5.00	AIC=145.07		
SBC=150.29	RMSE=28.56	BIC=150.00		



Şekil 2. Landstat 7 ETM+ uydu görüntüsünden tahmin edilen hacim değerleri ile gerçek değerlere ilişkin grafik



Şekil 3. Quickbird uydu görüntüsünden tahmin edilen hacim değerleri ile gerçek değerlere ilişkin grafik

Kaynaklar

- Armston J.D., Danaher T.J., Goulevitch B.M., Byrne M.I. 2002. Geometric correction of Landsat MSS, TM, and ETM+ Imagery for mapping of woody vegetation cover and change detection in Queenlands, <http://www.nrm.gld.gov.au/slats/pdf/0078anav.pdf>.
- Astola, H., Bounsaythip, C., Ahola, J., Häme, T., Parmes, E., Sirro, L., Veikkanen, B., 2004. Highforest-forest parameter estimation from high resolution remote sensing data. Proceedings of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Twentieth Congress, 12–23 July, pp. 355–340, Istanbul, Turkey
- Avery, T.E., Burkhardt H.E. 1994. Forest measurements. McGraw-Hill Inc., New York.
- Beal, D.J., 2007. Information criteria methods in SAS® for multiple linear regression models. SAS Note, Paper SA05, 10 s.
- Çakır, G., 2006. Orman Amenajman Planlamasında Gerekli Bilişimin Sağlanması İçin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinden Yararlanılması. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Carus, S., 1998. Aynı Yaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Ormanlarında Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Chubey, M.S., Franklin, S.E., Wulder, M.A., 2006. Object-based analysis of IKONOS-2 imagery for extraction of forest inventory parameters. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 72 (4): 383-394.
- Günlü, A., Sivrikaya, F., Başkent, E.Z., Keleş, S., Çakır, G., Kadioğulları, A.İ., 2008. Estimation of stand type parameters and land cover using Landsat-7 ETM image: A Case Study from Turkey. Sensors, 8: 2509-2525.
- Günlü, A., 2009. Yetiştirme Ortamı Envanterinin Doğrudan, Dolaylı ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Belirlenmesi ve Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Günlü, A., 2012. Landsat TM Uydu Görüntüsü Yardımıyla Bazı Meşcere Parametreleri (Gelişim Çağı ve Kapalılık) ve Arazi Kullanım Sınıflarının Belirlenmesi. Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 12(1):71-79.
- Hall, R.J., Skakun, R.S., Arsenault, E.J., 2006. Modeling forest stand structure attributes using Landsat ETM+ data: application to mapping of aboveground biomass and stand volume. Forest Ecology and Management, 225:378–390.
- Hyypä, J., Hyypä, H., Inkinen, M., Engdahl, M., Linko, S., Zhu, Y., 2000. Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes. Forest Ecology and Management, 128:109-120.
- Jensen, J.R., 1996. Introductory Dijital Image Processing: A Remote Sensing Perspective 2d. Ed. Engle wood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Kayıtakire, F., Hamel, C., Defourny, P., 2006. Retrieving forest structure variables based on image texture analysis and IKONOS-2 imagery. Remote Sensing of Environment, 102:390–401.
- Kilpelainen, P., Tokola, T., 1999. Gain to be achieved from stand delineation in Landsat TM image-based estimates of stand volume. Forest Ecology and Management, 124:105–111.
- Leckie, D.G., Gillis, M.D., 1995. Forest inventory in Canada with emphasis on map production. The Forestry Chronicle, 71:74-88.
- Lund, H.G., Thomas, C.E., 1989. A primer on stand and forest inventory designs. General Technical Report WO-54. USDA Forest Service, Washington, DC.
- Mallows, C.L., 1973. Some comments on Cp. Technometrics, 15:661-675.
- Mohammadi, J., Joibary, S.S., Yaghmaee, F., Mahiny, A.S., 2010. Modelling forest stand volume and tree density using Landsat ETM data. International Journal of Remote Sensing, 31: 2959–2975.
- Özdemir, İ., 2004. Orman Envanterinden Uydu verilerinden Yararlanma Olanakları, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Sayı: 1, 84-96.
- Özdemir, İ., Karnieli, A., 2011. Predicting forest structural parameters using the image texture derived from WorldView-2 multispectral imagery in a dryland forest, Israel, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 13(5):701-710.
- Peuhkurinen, J., Maltamo, M., Vesa, L., Packalén, P., 2008. Estimation of forest stand characteristics using spectral histograms derived from an Ikonos Satellite Image. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 74:1335–1341.
- Poulain, M., Peña, M., Schmidt, A., Schmidt, H., Schulte, A., 2010. Relationships between forest variables and remote sensing data in a *Nothofagus pumilio* forest. Geocarto International, 25:25-43.
- SAS Institute Inc., 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide: statistics, Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC., 816 s.
- Sawa, T., 1978. Information criteria for discriminating among alternative regression models. Econometrica, 46:1273-1282.
- Schwarz, G., 1978. Estimating the dimension of a model. Annals of Statistics, 6:461-464.
- Sivanpillai, R., Smith, C.T., Srinivasan, R., Messina, M.G., Wu, X.B., 2006. Estimation of managed loblolly pine stand age and density with Landsat ETM+ data. Forest Ecology and Management, 223:247–254.
- Sivrikaya, F., 2011. The importance of spatial accuracy in characterizing stand types using remotely sensed data. African Journal of Biotechnology, 10(66):14891-14906.
- Yeşil, A., Musaoğlu, N., Kaya, Ş., Coşkun, G., Asan, Ü., Örmeci, C., 2002. Statistical modelling and stand type forest mapping selected area around Istanbul using Landsat-TM and Spot data. Proceeding, International Symposium on Remote Sensing and Integrated Technologies, 291-300, Istanbul, Turkey,
- Zimble, D.A., Evans, D.L., Carison, G.C., Parker, R.C., Grado, S.C., Gerard, P.D., 2003. Characterizing vertical forest structure using small-footprint airborne lidar. Remote Sensing of Environment, 87(2-3):171-182.

Havasal LIDAR verileri kullanılarak meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi

İbrahim Özdemir

Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü, Isparta

İletişim yazarı/Corresponding author: ibrahimozdemir@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 02.08.2012, Kabul tarihi/Accepted: 28.11.2012

Özet: Bu çalışma, bazı meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde LIDAR (Light Detection and Ranging) verilerinin potansiyeli araştırmak amacıyla yapılmıştır. Farklı özellikteki meşcerelerden alınan 30 örnek alanda, yersel ölçmelerle *Göğüs Yüzeyi (GY)*, *Ağaç Sayısı (N)*, *Reineke'nin Sıklık İndeksi (RSİ)* ve *Orta Çap (OÇ)* belirlenmiştir. Örnek alanlara karşılık gelen LIDAR noktaları tespit edilerek, bunlardan yüzdelikler (P50, P90, P95 ve P99) ve zemine ulaşamayan noktaların oranı (ZNO) olmak üzere 5 özellik hesaplanmıştır. LIDAR verilerinden çıkarılan bu özellikler ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler korelasyon analiziyle ortaya koyulmuştur. Analiz sonucunda, *GY* ve *RSİ* ile LIDAR değişkenleri arasında bir ilişki olmadığı görülmüştür. *N* ve *OÇ* ile LIDAR değişkenleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı ($p < 0,01$) ilişkiler tespit edilmiştir (en yüksek korelasyon katsayıları (r) sırasıyla 0,70 ve 0,72). Sonra aynı değerlendirmeler sadece iğne yapraklı ağaç türlerinin saf ya da baskın olduğu örnek alanlar (19 örnek alan) kullanılarak tekrarlanmıştır. Bu işlem sonucunda, LIDAR değişkenleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkilerin korelasyon katsayılarında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. En yüksek korelasyon katsayıları *N* ve *OÇ* için sırasıyla 0,82 ve 0,84 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, iğne yapraklı meşcereler için yapılan değerlendirmede *GY* ve *RSİ* ile ZNO arasında da istatistiksel olarak önemli fakat zayıf ilişkiler bulunmuştur (sırasıyla, $r = 0,46$ ve $0,58$). Buradan, karmaşık orman ekosistemlerinde LIDAR verileriyle meşcere parametreleri kestirilmek istenirse, öncelikle orman alanının belirli kriterlere göre gruplandırılarak değerlendirme yapılması gerektiği söylenebilir. Adımsal regresyon analizi sonucunda, iğne yapraklı ağaç türlerine ait meşcerelerde, *N* ve *OÇ* için geliştirilen modellerin açıklama payı (R^2) sırasıyla 0,82 ve 0,70 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, havadan lazer tarama ile elde edilen uzaktan algılama verilerine kullanılarak, iğne yapraklı ağaç türlerinden oluşan meşcerelerde örnek alan düzeyinde ağaç sayısı ve orta çap kestirilebilir.

Anahtar kelimeler: Havadan lazer tarama, Meşcere parametreleri, Meşcere yapısı, Orman envanteri

Estimation of forest stand parameters using airborne LIDAR data

Abstract: This study was carried out to examine the potential of LIDAR (Light Detection and Ranging) data in estimating some forest stand parameters. The stand parameters including Basal Area (BA), Number of Trees (N), Reineke's Density Index (RDI), and Mean Diameter at Breast Height (MDBH) were determined by field measurement at 30 sampling plots from the stands with different characteristics. The LIDAR metrics including the height percentiles (50th, 90th, 95th, and 99th) and the ratio of non-ground points (NGP) were calculated based on the LIDAR points that correspond to the sampling plots. Correlation analysis was conducted to investigate the relationships between the LIDAR metrics and stand parameters. There were no associations between the LIDAR metrics and the stand parameters, BA and RDI. On the other hand, statistically significant ($p < 0,01$) correlations were determined between the LIDAR metrics and the stand parameters, N and MDBH (highest correlation coefficients (r) are 0.70 and 0.72, respectively). The same analyses were also carried out for the sampling plots (19 plots) taken from the pure conifer or conifer-dominated stands. A clear increase was observed in the correlation coefficients of the relations between the LIDAR metrics and the stand parameters. The highest correlation coefficients calculated for the N and MDBH were 0.82 and 0.84, respectively. In addition, statistically significant but weak relationships were found between the NGP and the stand parameters, BA and RDI when the 19 conifer plots were used (r is 0.46 and 0.58, respectively). Therefore, it may be concluded that if stands parameters are estimated with LIDAR data in complex forest ecosystems, the forest stands should be pre-stratified by definite criteria. The regression models developed by means of stepwise procedure explained 0.82% and 0.70% of the variation in N and MDBH, respectively. As a result, the N and MDBH can be predicted at plot level in conifer-dominated forest stands using airborne laser scanning data.

Keywords: Airborne laser scanning, Forest stand parameters, Forest stand structure, Forest inventory

1. Giriş

LIDAR, lazer ışınlarını kullanarak, yeryüzündeki bir nesne ile taşıyıcı platform arasındaki mesafeyi ölçmeye ve buna göre cisimlerin yüksekliklerini hesaplamaya imkan veren aktif bir uzaktan algılama teknolojisidir. Ormancılık çalışmalarında kullanılan LIDAR sistemleri temel olarak, kesintili dönüşlü ve tam dalga biçimli olarak iki kategoriye ayrılmaktadır. Kesintili dönüşlü sistemde ilk ve son ya da 3-5 dönüş kaydedilirken, tam dalga biçimli sistemde, dönen

sinyalin belirli zaman aralıkları ile bütün bir profili çıkarılmaktadır. Kesintili dönüşlü veriler meşcere özelliklerinin kestirilmesinde yaygın olarak kullanılmakla birlikte, veri işlemesi bakımından daha karmaşık olan tam dalga biçimli sistemin meşcere yapısını değerlendirmede daha kullanışlı olduğu belirtilmektedir (Lefsky vd., 2002).

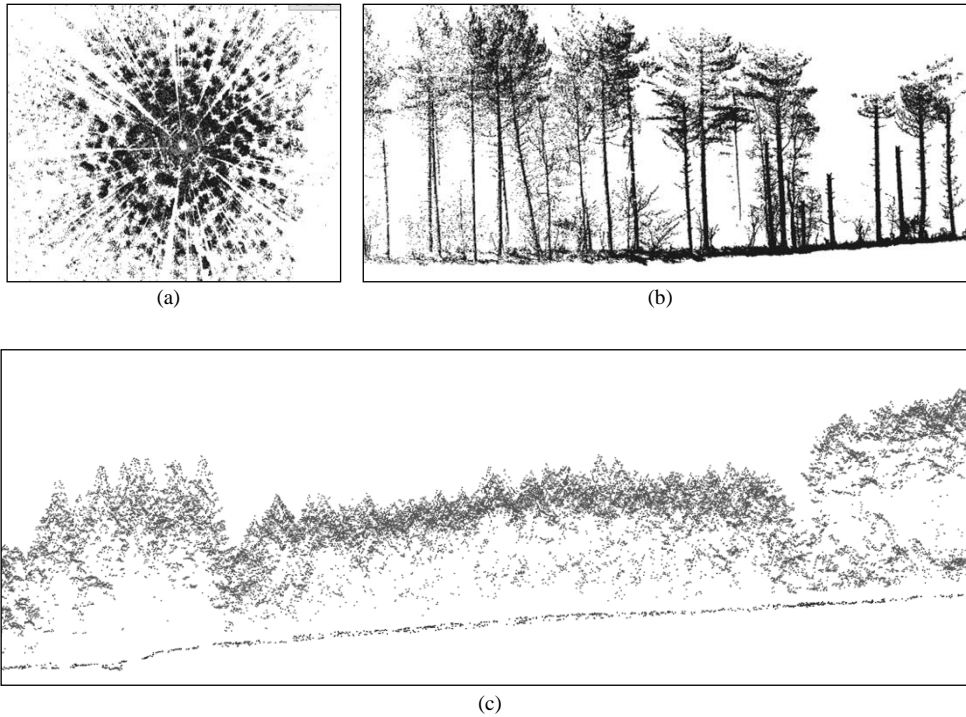
Lazer tarama sonucunda x , y koordinatlarına ve z yüksekliğine sahip çok sayıda noktadan oluşan bir veri seti elde edilmektedir. Bu verilerden zeminden yansıyanlar tespit edilerek "sayısal yükselti modeli (SYM)" ve en üst

değere sahip olanlar kullanılarak da “sayısal yüzey modeli (SSM)” üretilmektedir (Akay vd., 2009; Popescu, 2011). Bu iki verinin yükseklik değerleri arasındaki farktan da Meşcere Çatısı Yükseklik Modeli (MÇYM) elde edilmektedir. MÇYM’nin hassasiyeti nokta yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Eğer nokta yoğunluğu ağaç tepelerinin uç tomurcuğuna isabet edebilecek kadar yoğun değilse, bu durumda en yüksekteki lazer darbeleri bazen yan dallara ait olabilmektedir (Zimble vd., 2003). Bu durumda, MÇYM gerçek durumu yansıtmamakta ve ortalama meşcere boyunun yanlış olarak ölçülmesine yol açmaktadır.

Lazer tarama kullanılan platformun konumuna göre, Yerden Lazer Tarama, Havadan Lazer Tarama ve Uydudan Lazer Tarama olarak üç değişik şekilde sınıflandırılabilir. Yerden lazer tarama ile örnek alan düzeyinde, istenilen bir yükseklikten ağacın çapını ve ağaç boyunu ölçmek mümkün olabilmektedir (Şekil 1a,b) (Mathieu vd., 2011). Fakat ağaçların birbirini gölgelemesi, yani lazer platformu ile ölçülecek ağaç arasına başka bir ağacın girmesi durumunda bu ölçme mümkün olamamaktadır. Bunun yanında, ağaç tepeleri çoğu zaman alt dallar ve diğer ağaçlar tarafından gölgelenmekte ve ağacın tepesine lazer ışınlarının ulaşması engellenmektedir. Söz edilen bu sorunlar birden çok noktadan tarama yapmak suretiyle nispeten azaltılabilmektedir (Watt ve Donoghue, 2005). Yerden lazer tarama teknolojisi ardışık envanterle meşcere yapısındaki değişimlerin belirlenmesinde kullanışlı olabilir. Örneğin, ardışık bir envantere, artım sadece göğüs hizasından ölçülerek belirlenebilirken, lazer verileri kullanılarak gövdenin dalsız kısımlarının tamamı için belirlenebilir. Ayrıca, geleneksel yöntemlerle ölçümü zaman alıcı olan, tepelerin tabakalanma durumunu gösteren dikey

meşcere yapısı da yeterli doğrulukta ortaya koyulabilir (Parker vd., 2004).

Havadan lazer tarama ile elde edilen LIDAR verileri ise (Şekil 1c); meşcere boyunun ölçülmesi, hacim veya biokütle tahmin edilmesi, yaprak yüzey indeksi ve kapalılık derecesinin belirlenmesi, meşcerenin yapısal çeşitliliğinin kestirilmesi, meşcerenin çap veya boy dağılımlarının modellenmesi konularında küçük coğrafi alanlar için başarıyla kullanılabilir (Kwak vd., 2010; Jaskierniak vd., 2011; Akay vd., 2012; Özdemir ve Donoghue, 2013). Öte yandan, ormancılık çalışmalarında küçük aydınlanma (iz) alanına sahip LIDAR verilerinin kullanımı henüz bilimsel araştırma düzeyinde olup, uygulamada çok fazla yer bulamamaktadır. Bilimsel çalışmalarda en çok kullanılan havadan LIDAR teknolojisi (iz alanı 0,2 – 10 m arasında), meşcere boyunun ölçülmesinde tartışmasız çok iyi bir bilgi kaynağı olmasına rağmen, geniş orman alanlarını kapsayan pratik uygulamalar için halen aşırı pahalı ve veri işleme bakımından çok zaman alıcıdır (Carson vd., 2004; Zhao, 2009). LIDAR kullanılarak hesaplanan meşcere boyu özellikle tam kapalı iğne yapraklı ormanlarda, hacim ve biokütle ile yüksek korelasyon gösterdiğinden, bu meşcere özelliklerinin modellenmesinde başarıyla kullanılabilir (González-Ferreiro vd., 2012). Ancak tepe kapalılığının kırıldığı ve farklı ağaç türlerinden oluşan meşcerelerin bir arada bulunduğu daha karmaşık orman ekosistemlerinde meşcere boyu ile hacim ya da biokütle arasındaki ilişkiler zayıflamaktadır (Garcia vd., 2010). Bu yüzden LIDAR verilerinin değişik nitelikteki orman ekosistemlerinde de test edilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışılan ormana ait bazı lazer tarama görüntüleri a) Yerden Lazer Tarama ile (Yatay 360°ve Dikey yönde 60°) elde edilen nokta bulutu, b) Yerden lazer tarama ile elde edilen nokta bulutunun enine kesitinden bir örnek, c) Havasal lazer tarama ile elde edilen nokta bulutunun enine kesitinden bir örnek ve farklı meşcerelerin görünümü

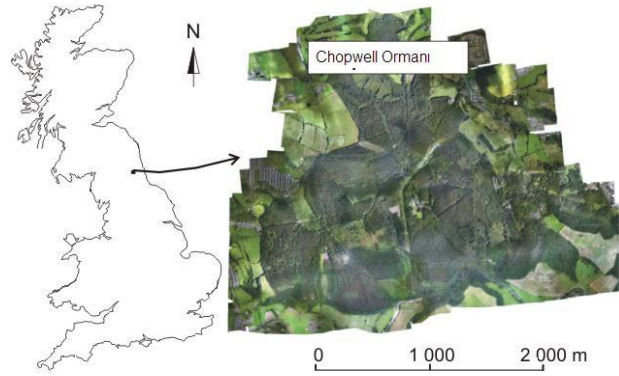
Diğer seçenek olan, uydudan LIDAR teknolojisi meşcere özelliklerinin belirlenmesinde, araziye kesintisiz biçimde kapsamadığından ve geniş iz alanından dolayı, günümüz itibariyle yetersiz kalmaktadır. Örneğin ICESat GLAS uydu laser algılayıcısının elips biçimindeki iz büyüklüğü dönemsel olarak yaklaşık 47 x 61 m veya 52 x 95 m olup, ayrıca profiller boyunca 172 m aralıklarla algılanmaktadır. Bu iz büyüklüklerinin, karmaşık orman ekosistemleri düşünüldüğünde, orman amenajman planlarının düzenlenmesinde yetersiz kalacağı anlaşılmaktadır. Diğer taraftan, orman ekosistemi ile ilgili yeterli bilginin olmadığı geniş coğrafi bölgeler için yapılacak envanterlerde, uydudan LIDAR teknolojisi kullanılarak kaba tahminler yapılabilir.

Yukarıda belirtildiği gibi, LIDAR verilerinin, farklı ağaç türlerinin saf ya da karışık bulunduğu, değişik yaş ve kapallılık derecelerine sahip meşcerelerin bir arada olduğu ormanlarda, meşcere özelliklerinin belirlenmesi amacıyla araştırılmasına gereksinim bulunmaktadır. Örneğin Garcia vd. (2010) yaptığı çalışmada üç baskın ağaç türü önce bir arada değerlendirilmiş ve LIDAR verileri ile biokütle arasındaki ilişkinin belirtme katsayısını (R^2) 0,58 olarak hesaplanmıştır. Ancak örnek alanlar üç baskın ağaç türüne (karaçam, ardıç ve meşe) göre gruplandırıldığında, R^2 değerleri ağaç türleri itibariyle 0,90 civarında bulunmuştur. Bu artış, bize orman yapısı karmaşıklaştıkça LIDAR verilerinden çıkarılan değişkenlerle meşcere özellikleri arasındaki ilişkilerin zayıfladığına işaret etmektedir. Dolayısıyla, LIDAR verilerinin daha karmaşık meşcerelerin bulunduğu bir orman alanında bu amaçla test edilmesine ihtiyaç bulunduğu düşünülmektedir. Sonuç olarak bu çalışma, İngiltere’de bulunan ve oldukça yüksek meşcere çeşitliliğine sahip bir ormanda, yüksek-yoğunluklu LIDAR verilerinden çıkarılan özellikleri kullanarak, Ağaç Sayısı, Reineke’nin Sıklık İndeksi, Orta Çap ve Göğüs Yüzeyini tahmin etmek amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanı

LIDAR verileriyle meşcere özelliklerinin belirlenmesinde, ağaç türü, bunların karışım biçimleri, kapallılık, katlılık gibi özellikler yönünden yüksek çeşitliliğe sahip meşcerelerden oluşan ülkemiz orman ekosistemlerinin çok uygun test alanları olduğu açıktır. Ancak, yeni girişimler başlamış olmakla birlikte, henüz ormanlarımızla ilgili havadan LIDAR teknolojisiyle elde edilmiş veri bulunmamaktadır. Diğer taraftan, LIDAR teknolojisinin yoğun olarak kullanıldığı kuzey ülkelerinde de böyle karmaşık meşcereleri bir arada bulmak çoğu zaman imkânsızdır. İngiltere’de Newcastle şehrinin yakınında bulunan bir kent ormanında (Şekil 2), oldukça küçük bir alanda çok sayıda meşcere tipinin bulunması ve bu alana ait helikopterden algılanmış yüksek yoğunlukta (m^2 de ortalama 30 nokta) LIDAR verisinin hazır olması sebebiyle, bu orman çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu ormanda, 1940’lı yıllardan bu yana yapılan ağaçlandırmalar neticesinde çok farklı yaşta meşcereler oluşmuştur. Ayrıca, ağaçlandırmalarda farklı işne yapıları türlerin kullanılması sonucu, türlerin ışık isteklerine bağlı olarak farklı kapallılık derecesine sahip meşcereler ortaya çıkmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanı

Bunun yanında yörenin kayın ve meşe gibi doğal türlerinin oluşturduğu yaşlı meşcereler de mevcuttur. Bunlara ilaveten uygulanan silvikültürel faaliyetler, meşcerelerin çeşitlenmesine katkı yapmıştır. Neticede çok küçük sayılabilecek bir alanda, çok farklı nitelikte meşcereler bir arada bulunmaktadır. Bu orman, LIDAR verilerinin meşcere özelliklerinin tahmin edilmesi amacıyla son derece uygun olduğundan, çalışma alanı olarak seçilmiştir.

2.2. LIDAR verileri

Lazer verileri bir helikoptere monte edilmiş Optech ALTM 3100EA lazer tarama sistemi ile elde edilmiştir. Bu veri Network Mapping Ltd şirketi tarafından 18-19 Temmuz 2009 tarihlerinde algılanmıştır. Verilerin ön işlemleri ilgili firma tarafından gerçekleştirilmiştir. Tarama esnasında uçuş yüksekliği yaklaşık 3,5 km olup, kullanılan dalga uzunluğu 1064 nm dir. Aydınlanma (iz) alanı tarama açısına bağlı olarak 30 ile 80 cm arasındadır. Bu sistem kesintili (ilk ve son dönüşlü) veri üreten bir sistemdir. Elde edilen veri setinin nokta yoğunluğu ilk ve son dönüşler dahil metrekarede ortalama 30 dur. Bu ormancılık çalışmaları açısından oldukça yüksek yoğunlukta bir LIDAR verisi olarak düşünülebilir. Gerçekte bu lazer verileri, adı geçen şirket tarafından enerji nakil hatları ve çevresinin planlanması amacıyla üretilmiştir. Dolayısıyla enerji nakil hattı kablolarının algılanabilmesi için böyle bir nokta yoğunluğu tercih edilmiştir. Çalışılan orman içindeki enerji hattı taranırken, uçuş genişletilerek tüm orman alanı algılanmıştır. Sonuç olarak, meşcere özelliklerini değerlendirilmesi açısından çok özel bir veri seti ortaya çıkmıştır.

2.3. Yersel ölçmeler

Çalışma sahasındaki değişik yapıdaki meşcereleri temsil edecek şekilde 30 örnek alan tespit edilmiştir. Bu amaçla çalışma sahasının 1/5000 ölçekli orto-fotoğrafi üzerinde farklı özellikteki meşcereler seçilmiş ve daha sonra bu aday meşcereler ziyaret edilerek örnek alanların merkezleri işaretlenmiştir. Örnek alanlarda, el GPS’i kullanılarak öncelikle koordinatlar kaydedilmiş ve yersel ölçmelerle hektardaki Ağaç Sayısı ($N ha^{-1}$) ve tüm ağaçların çapı ölçülerek de Göğüs Yüzeyi ($GY m^2 ha^{-1}$) belirlenmiştir. Örnek alanların büyüklüğü meşcere yapısına göre kararlaştırılmıştır. Düzenli müdahale görmüş, kapallığın

yüksek olduğu iğne yapraklı ağaç türlerinden oluşan meşcerelerden küçük, kapalılığın düşük olduğu ve yapısı karmaşık olan çok katlı meşcerelerden ise daha büyük örnek alan alınmıştır. Buna göre; 200, 400, 1250 m² büyüklüğünde örnek alanlarda ölçümler gerçekleştirilmiştir. Göğüs yüzeyi ve ağaç sayısı yanında, *Quadratik Orta Çap* (OÇ cm) ve *Reineke'nin Sıklık İndeksi* (RSI) de diğer bir meşcere parametreleri olarak değerlendirilmiştir. RSI quadratik orta çapa göre ağaç sayısını normalleştirmektedir. Hesaplama kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

$$D_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n dbh_i^2}{n}}$$

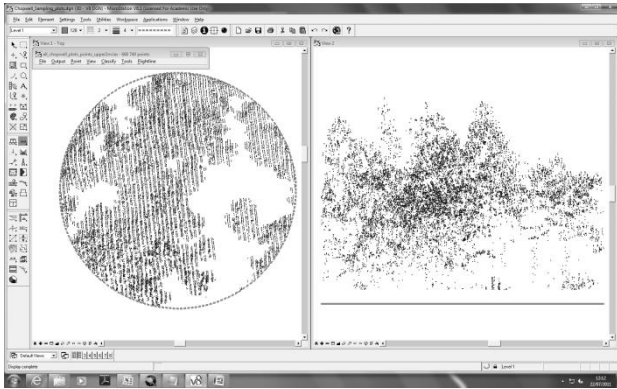
$$RSI = N * (D_q / 25)^{1,6}$$

Formülde N hektardaki ağaç sayısını, D_q quadratik orta çapı (cm), dbh 1,30'daki çapı göstermektedir.

2.4. LIDAR verilerinden özellik çıkarımı

Çalışılan alanın yüzölçümünün nispeten küçük (yaklaşık 360 ha) olmasına rağmen, veri setinin tamamını bilgisayarda aynı anda işlemek mümkün olmamıştır. Çünkü kullanılan LIDAR verisi, bilgisayarın kapasitesinin yetmeyeceği kadar çok yüksek nokta yoğunluğuna sahiptir. Bu yüzden veri seti parçalara ayrılıp değerlendirilmiştir. Bu işlemden sonra her yersel örnek alana karşılık gelen noktalar tespit edilmiştir (Şekil 3). İsbetli bir eşleştirme amacıyla, arazide referans özellikler tespit edilmiştir. Bunlar örnek alanın çevresindeki, arazide ve LIDAR görüntüsünde kolaylıkla görülebilen yol kesişim noktaları, izole ağaçlar, meşcerenin keskin köşeleridir. Bu referans noktalar ile örnek alan merkezi arasındaki açı ve mesafe ölçülmüştür. Böylece yersel örnek alan buna karşılık gelen lazer noktaları mümkün olduğu kadar yüksek bir hassasiyetle belirlenmiştir.

Giriş bölümünde değinildiği gibi, tam kapalı iğne yapraklı ormanlarda meşcere ortalama boyu ile hacim ya da biokütle arasında güçlü bir korelasyon bulunmaktadır. Ancak meşcere kapalılığı kırıldıkça bu ilişki zayıflamaktadır.



Şekil 3. Yersel örnek alanlara karşılık gelen LIDAR noktaları (beyaz kısımlar LIDAR noktalarının 6 m'nin altında kaldığı kısımlardır) ve bunların enine kesitinden bir görüntü

Bu durumda kapalılık ikinci bir etken olarak devreye girmektedir. Eğer kapalılıkla ilişkili bir LIDAR değişkeni belirlenebilir ve boyla birlikte kullanılırsa, yine göğüs yüzeyini az bir hatayla tahmin etmenin mümkün olabileceği öngörülmektedir. Bu amaçla çalışmada, LIDAR noktalarının ağaç topluluklarına ait organlardan dönen yani, zeminden dönmeyen kısımlarının oranı belirlenmiştir.

Lazer noktalarının sahip olduğu yükseklik değeri deniz seviyesinden yüksekliği temsil ettiğinden bunların zeminden yükseklik değerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla her noktanın zeminden yüksekliği hesaplanmıştır. İlk olarak nokta bulutundaki çok düşük ve çok yüksek (örn; havadaki kuşlardan dönen) değere sahip hatalı noktalar çıkarılmıştır. Sonra zeminden dönen noktalar tespit edilmiştir. Zemine ait en düşük yükselti değerine sahip noktaların sınıflandırılması belirli kriterlere (İterasyon açısı 6 derece ve iterasyon mesafesi 1,4 m olarak alınmış ve en büyük bina boyutu 12 m) göre yapılmıştır. Zemine ait noktalar belirlendikten sonra üçgenleme yöntemi kullanılarak sayısal yüksekli modeli (SYM) elde edilmiştir. Daha sonra her lazer noktasının yükseklik değeri SYM'den çıkarılmak suretiyle noktaların zeminden yüksekliği hesaplanmıştır. Dolayısıyla noktalara ait yüksekli değeri (z) artık deniz seviyesinden yüksekliği değil, zeminden yüksekliği göstermektedir. Böylece elde edilen veri setinden Meşcere Çatısı Yükseklik Modeli (MÇYM) gibi farklı amaçlı raster görüntüler de üretilebilmektedir. Yapılan işlemler şekil 4'de gösterilmiştir.

Zemine uyarlanmış nokta bulutu üzerinden, zeminden yansımayan noktaların oranı ve noktaların yükseklik değerlerine dayanarak; dört yüzdeler dilim (P50, P90, P95 ve P99) hesaplanmıştır. Zemine ve alt tabakaya ait olmayan noktaların oranı belirlenirken arazide eğrelti, böğürtlen ve sarmaşık gibi diri örtü göz önünde bulundurulmuş ve 6 m'nin üstündeki noktalar esas alınmıştır. Yani 6 m'den daha yüksek değere sahip noktaların sayısı tespit edilmiş ve bunun toplam nokta sayısına oranlanmasıyla, zeminden ve diri örtüden yansımayan noktaların oranı (ZNO) bulunmuştur. Sonuç olarak çalışmada 5 LIDAR değişkeni incelenmiştir. LIDAR verilerinin işlenmesinde, çizim programı olan MicroStation altında çalışan TerraScan yazılımı kullanılmıştır.

2.5. İstatistiksel analiz

LIDAR verisinden çıkarılan özellikler ile dört meşcere parametresi arasındaki ilişkiler basit korelasyon analizi ile ortaya koyulmuştur. Bu amaçla öncelikle ilgili değişkenler arasında ilişkiler incelenmiş ve çoğunlukla doğrusal ya da buna yakın ilişkiler gözlemlendiğinden, Pearson'un korelasyon katsayısının uygun olduğuna karar verilmiştir. Sonra adımsal regresyon analizi kullanılarak, meşcere parametreleri için çoklu doğrusal modeller elde edilmiştir. Modeller için değişken seçiminde, varyans şişme faktörü sürekli denetlenmiş (VIF<5 olarak kabul edilmiştir) ve modellerin çoklu-bağılantıdan ileri gelen aşırı uyumu en aza indirilmeye çalışılmıştır. Elde edilen modellerin doğruluğu, çapraz doğrulama kullanılarak test edilmiştir. Gözlem sayısı düşük olduğundan, bir gözlemin dışarıda bırakıldığı çapraz doğrulama yöntemi uygulanmıştır. Bir gözlem dışarıda tutularak, kalan gözlemlerle model geliştirilmiş ve bu model kullanılarak dışarıda bırakılan gözlemin tahmin değeri hesaplanmıştır. Tüm gözlemler en az bir kere dışarıda tutulacak şekilde işleme devam edilmiş ve tüm gözlemlerin

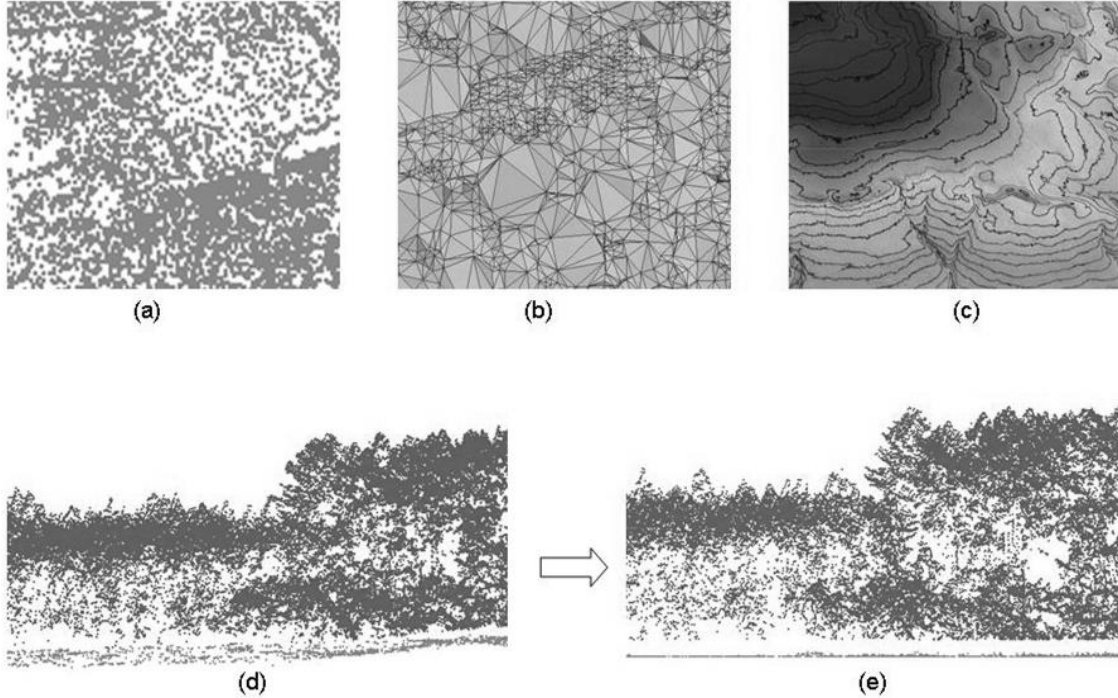
tahmin değerleri hesaplanmıştır. Sonra tahmin değerleri gerçek gözlem değerleri ile karşılaştırılarak çapraz doğrulanmış belirtme katsayısı (R^2_{cd}) ve ortalama hata karelerinin karekökü ($RMSE_{cd}$) hesaplanmıştır. Çapraz doğrulanmış değerler, tüm gözlemlerin kullanıldığı modele ait değerlerle karşılaştırılarak, modelin tutarlılığı ortaya koyulmuştur.

3. Bulgular

3.1. Tüm örnek alanlar için LIDAR değişkenleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler

LIDAR verisinden çıkarılan özellikler ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları Çizelge 1'de verilmiştir. İncelenen meşcere özelliklerinden *GY* ve *RSİ* ile LIDAR değişkenleri arasında istatistiksel

olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($p < 0,05$). *N* ve *OÇ* ile Zemin dışındaki cisimlerden dönen noktaların oranı (*ZNO*) dışında incelenen LIDAR değişkenleri arasında güçlü ilişkilerin varlığı gözlemlenmiştir ($p < 0,01$). Hektardaki ağaç sayısı arttıkça LIDAR noktalarının boy değerlerinde (*P50*, *P90*, *P95*, *P99*) bir azalma söz konusudur. Bu tespit, çoğunlukla bir meşcerenin yaşı büyüdükçe ağaç sayısında bir azalma ve meşcere boyunda bir artış olmasıyla izah edilebilir. En yüksek korelasyon *N* ile 90'ncı yüzdeliikteki boy değeri arasında bulunmaktadır. *OÇ* ile değişik yöntemlerle elde edilen boy değerleri arasında ise pozitif doğrusal ilişkiler bulunmaktadır. Bu durum meşcerenin orta çapı büyüdükçe meşcere boyunda da bir artış olmasıyla açıklanabilir. Yine ağaç sayısında olduğu gibi, 90'ncü yüzdeliikteki boy değeri *OÇ* ile en yüksek ilişki gösteren LIDAR değişkeni olmuştur.



Şekil 4. a) Zemine ait noktaların belirlenmesi, b) üçgenleme tekniğinin uygulanması, c) sayısal yükselti modelinin elde edilmesi, d) Orijinal nokta bulutuna ait bir en kesit, e) sayısal yükselti modeline göre uyarlandıktan sonra elde edilen nokta bulutuna ait bir en kesit

Çizelge 1. LIDAR değişkenleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları (n=30)

Meşcere Parametreleri	LIDAR Değişkenleri				
	50P	90P	95P	99P	ZNO (%)
Göğüs Yüzeyi (m ² /ha)	NS	NS	NS	NS	NS
Ağaç Sayısı (n/ha)	-0,641**	-0,707**	-0,671**	-0,642**	NS
Orta Çap (cm)	0,716**	0,720**	0,675**	0,643**	NS
Sıklık İndeksi	NS	NS	NS	NS	NS

** $p < 0,01$ ve * $p < 0,05$ 'i göstermektedir.

3.2. Tüm meşcereler için ağaç sayısı ve orta çapın tahmin edilmesi

Adımsal doğrusal regresyon analizi sonucunda N 'yi kestirmek için Çizelge 2'deki denklem elde edilmiştir. Bu modelin açıklama payı %50 ve standart hatası 376 adet/ha olarak hesaplanmıştır. $OÇ$ 'yi tahmin etmek için yapılan analiz sonucunda, regresyon modelinin açıklama payı %52 ve tahminin standart hatası 5,41 cm olarak hesaplanmıştır.

Hektardaki N ve $OÇ$ için elde edilen modeller, bu iki meşcere parametresindeki varyansın en azından %50'sinin LIDAR verisiyle açıklanabildiğini göstermektedir. Fakat bu modellerin güvenilirliğinin test edilmesi gerekmektedir. Yapılan doğrulama testi sonucunda N için çapraz doğrulanmış belirtme katsayısı (R^2_{cd}) 0,39 ve ortalama hata karelerinin karekökü ($RMSE_{cd}$) 401 olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi tüm gözlemlerin (30) kullanıldığı modelin R^2 ve $RMSE$ (sırasıyla 0,50 ve 363) değerleri ile çapraz doğrulanmış değerler arasında ciddi tutarsızlıklar bulunmuştur. Bu durum N için geliştirilen tahmin modelinin güvenilirliğinin düşük olduğuna işaret etmektedir. $OÇ$ için geliştirilmiş regresyon modelinin çapraz doğrulama testi sonucunda ise, R^2_{cd} 0,44 ve $RMSE_{cd}$ 5,63 cm olarak hesaplanmıştır. Önceki değerlerle (R^2 0,52 ve $RMSE$ 5,23 cm) çapraz doğrulanmış değerler karşılaştırıldığında, N 'ye kıyasla daha düşük bir tutarsızlık gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre, geliştirilen modeller odun üretimine yönelik amenajman planı düzenlemek amacıyla yapılan envanterler için istenilen doğruluk düzeyini karşılamaktan uzaktır. Ancak bu hatalar, geniş alanlarda gerçekleştirilecek bölgesel ya da havza düzeyindeki stratejik planlar için ya da odun dışı hizmetlere tahsis edilen alanlarda yapılacak değerlendirmeler açısından, eğer elde başka bilgi kaynağı yoksa kabul edilebilir.

3.3. İğne yapraklı ağaç türlerinden oluşan meşcereler için LIDAR değişkenleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkiler

Çalışma bulguları daha önce yapılan çalışma sonuçlarına kıyasla düşük bulunmuştur. Bu sebeple, grafikler üzerinde aykırı gözlemler incelenmiş ve bu örnek alanların büyük çoğunluğunun geniş yapraklı ağaç türlerine ait meşcerelerden alındığı anlaşılmıştır. Bu yüzden, geniş yapraklı ağaç türlerinin baskın olduğu tam kapalı

meşcerelerin karmaşık yapısının, LIDAR değişkenleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkileri zayıflattığı düşünüldüğü, yukarıda yapılan analizlerin sadece iğne yapraklı ağaç türlerinin baskın olduğu örnek alanlar için tekrarlanmasına karar verilmiştir. Yapraklı ağaç türlerinin (genellikle kayın ve meşe) baskın olduğu meşcerelerden alınan örnek alanlar çıkarıldığında, geriye kalan 19 örnek alanda korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. Hesaplanan korelasyon katsayıları Çizelge 3'de verilmiştir.

Sadece iğne yapraklı ağaç türlerinin saf ya da baskın olduğu karışık meşcerelerinden alınan örnek alanlar kullanıldığında, beklendiği gibi LIDAR değişkenleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkilerin kuvvetlendiği açık biçimde görülmektedir. Ayrıca, 30 örnek alan kullanıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmazken, 19 örnek alan kullanıldığında, ZNO ile GY ($r=0,46$ ve $p<0,05$), N ($r=0,53$ ve $p<0,05$) ve RSI ($r=0,58$ ve $p<0,01$) arasında önemli ilişkiler tespit edilmiştir. Bu durum, LIDAR verilerinin iğne yapraklı meşcereler için daha kullanışlı bir bilgi kaynağı olduğunu göstermektedir.

3.4. İğne yapraklı ağaç türlerinden oluşan meşcereler için ağaç sayısı ve orta çapın tahmin edilmesi

Adımsal regresyon analizi sonucunda meşcere parametreleri için geliştirilen doğrusal regresyon modelleri Çizelge 4'de verilmiştir. Sadece ağaç sayısını tahmin etmek amacıyla geliştirilen modelde iki LIDAR değişkeni; diğerlerinde tek LIDAR değişkeni kullanılmıştır. GY ve RSI 'yi kestirmek için elde edilen modeller, ilgili bu parametrelerdeki varyansın küçük bir kısmını açıklayabilmiştir (%21 ve %34). Dolayısıyla, bunların pratik orman envanterinde kullanımı hatalı tahminlere yol açabilir. Bu yüzden bu iki modelin çapraz doğrulama testi yapılmamıştır. Öte yandan $OÇ$ ve N için elde edilen regresyon modellerinin, bu meşcere parametrelerindeki varyansın önemli miktarını açıklayabildikleri görülmektedir. Bu modellerin orman amenajman planlarının yapımında ihtiyaç duyulan bazı bilgileri karşılayabileceği düşünülmektedir. Örneğin, iğne yapraklı ağaç türlerinin baskın olduğu toprak koruma ve su koruma işletme sınıflarında, yapılacak silvikültürel müdahalelerinin kararlaştırılmasında ve müdahalelerin etkilerinin izlenmesinde LIDAR verilerinin önemli potansiyeli bulunmaktadır.

Çizelge 2. Ağaç sayısı ve orta çap için geliştirilen regresyon modelleri (n=30)

Meşcere Parametresi	Denklem	Değişkenler	R^2	RMSE	F	p
Ağaç Sayısı	$N = 2624,87 - (94,75.X)$	X: P90	0,50	363 adet/ha	28,02	<0,01
Orta Çap	$OÇ = 0,811 - (1,413.X)$	X: P90	0,52	5,23 cm	30,11	<0,01

Çizelge 3. İğne yapraklı ağaç türlerinden oluşan meşcerelerde LIDAR değişkenleri ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları (n=19)

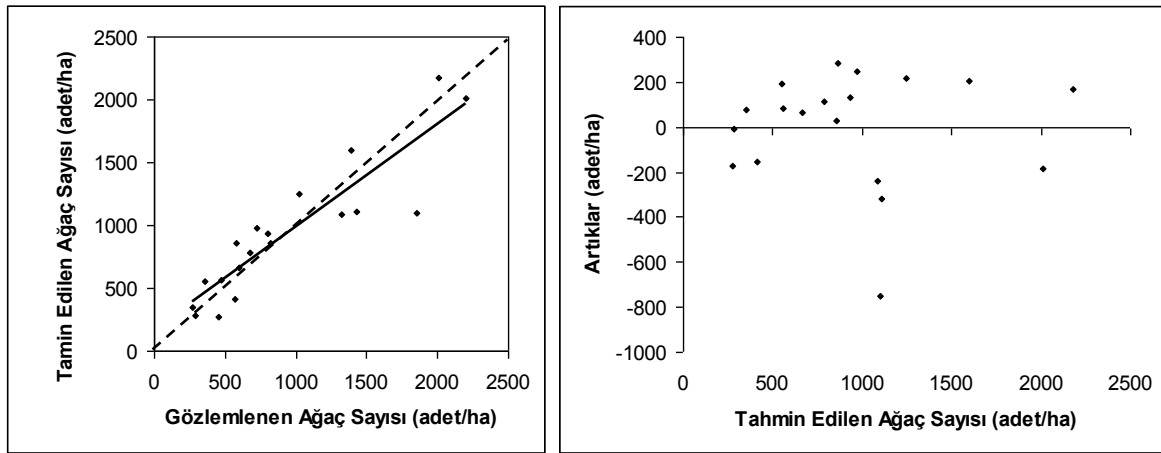
Meşcere Parametreleri	LIDAR Değişkenleri				
	50P	90P	95P	99P	ZNO (%)
Göğüs Yüzeyi (m ² /ha)	NS	NS	NS	NS	0,458*
Ağaç Sayısı (n/ha)	-0,727**	-0,815**	-0,813**	-0,799**	0,534*
Orta Çap (cm)	0,817**	0,835**	0,824**	0,801**	NS
Sıklık İndeksi	NS	NS	NS	NS	0,580**

** $p<0,01$ ve * $p<0,05$ 'i göstermektedir.

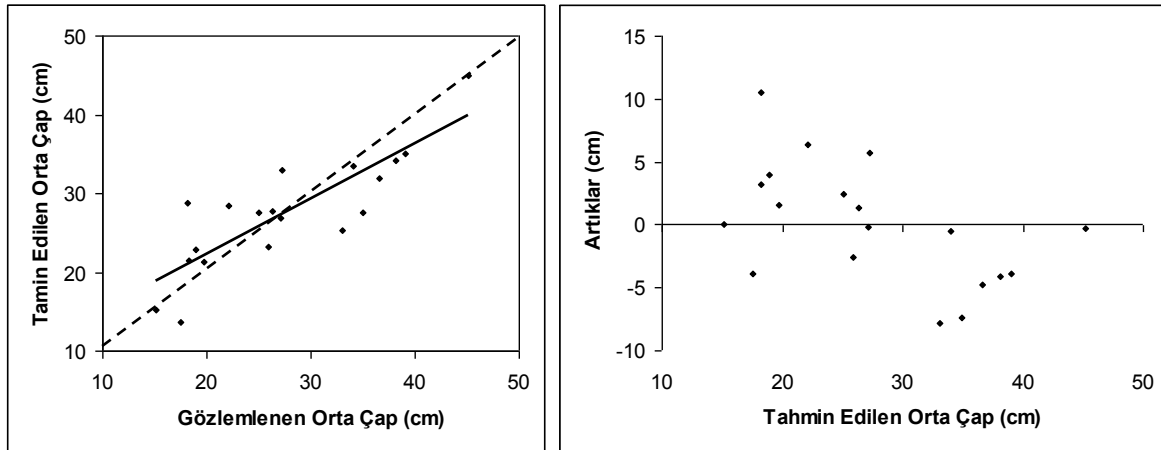
$O\check{C}$ ve N 'yi kestirmek amacıyla geliştirilen regresyon modellerinin çapraz doğrulama testleri yapılarak R^2_{cd} ve $RMSE_{cd}$ değerleri hesaplanmıştır. N için R^2_{cd} ve $RMSE_{cd}$ sırasıyla, 0,77 ve 279 adet/ha'dır. $O\check{C}$ için ise R^2_{cd} 0,65 ve $RMSE_{cd}$ ise 5,04 cm olarak hesaplanmıştır. Bu değerler tüm gözlemler kullanılarak elde edilen R^2_{cd} ve $RMSE_{cd}$ değerleriyle karşılaştırıldığında modellerin oldukça tutarlı olduğu söylenebilir. Sonuç olarak iğne yapraklı saf veya iğne yapraklı ağaç türlerinin baskın olduğu meşcerelerde, LIDAR verileri kullanılarak N ve $O\check{C}$ güvenilir olarak tahmin edilebilir. Bu iki meşcere parametresine ait gözlem ve kestirim değerleri arasındaki ilişkiyi ve artıkları gösteren grafikler şekil 5'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. İğne yapraklı ağaç türlerinden oluşan meşcerelerde, Göğüs Yüzeyi, Ağaç Sayısı, Orta Çap ve Sıklık İndeksi için geliştirilen regresyon modelleri

Meşcere Parametresi	Denklemler	LIDAR Değ.	R^2	RMSE	F	p
Göğüs Yüzeyi	$GY = 9,462 + 49413.X$	X: ZNO	0,21	11,21	4,5	<0,05
Ağaç Sayısı	$N = 1528,16 - (104,851.X) + (1978,976.Y)$	X:90P, Y:ZNO	0,82	241 adet/ha	35,9	<0,01
Orta Çap	$O\check{C} = -4,765 + 1,731.X$	X: 90P	0,70	4,67 cm	39,3	<0,01
Sıklık İndeksi	$RSI = 41,9 + 1199,5.X$	X: ZNO	0,34	196,87	8,61	<0,01



Şekil 5. a) Gözlemlenen ve LIDAR verilerinden tahmin edilen Ağaç Sayısı arasındaki ilişki (kesik çizgi 1:1 çizgisini, kesiksiz çizgi ise en iyi uyum çizgisini göstermektedir), b) Tahmin değerleri boyunca artıkların dağılışı



Şekil 6. a) Gözlemlenen ve LIDAR verilerinden tahmin edilen Orta Çap arasındaki ilişki (kesik çizgi 1:1 çizgisini, kesiksiz çizgi ise en iyi uyum çizgisini göstermektedir), b) Tahmin değerleri boyunca artıkların dağılışı

OÇ'nin kestirim ve gözlem değerleri arasındaki ilişkiye ait grafikte (şekil 6) noktaların 45° çizgisiyle uyumsuz olduğu görülmektedir. Bu durum artıkların kestirim değerleri boyunca dağılımında da kendisini göstermektedir. Model tarafından, küçük *OÇ* değerleri gerçeğinden büyük, tersine büyük *OÇ* değerleri ise olduğundan küçük tahmin edilmektedir. Sonuç olarak yapılacak kestirimlerin ve buna bağlı üretilecek haritaların doğruluk düzeyinin düşük olacağı anlaşılmaktadır.

4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışma, havadan lazer tarama teknolojisiyle elde edilen verilerden çıkarılan özellikler kullanılarak, bazı meşcere parametrelerinin kestirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. İncelenen meşcere parametrelerinden *N* ve *OÇ* daki varyansın yaklaşık %50'si doğrusal regresyon modelleriyle açıklanabilmiştir. *GY* ve *RSİ* ile LIDAR değişkenleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir. Bu bulgular daha önceki yapılmış çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre genellikle daha düşük düzeydedir. Örneğin González-Ferreiro vd. (2012) sahilçanı plantasyonlarında yaptıkları çalışmada, benzer LIDAR değişkenlerini kullanarak *GY*'yi modellemişlerdir ($R^2=0,69$ ve $RMSE 7,9 m^2/ha$). Yine iğne yapraklı ağaç türlerinin baskın olduğu meşcerelerde yapılan diğer bir çalışmada LIDAR verileri ile *GY* arasında yüksek ilişkiler tespit edilmiştir ($R^2=0,79$ ve $RMSE 4,2 m^2/ha$). Çalışılan orman bakımından oldukça benzer sayılabilecek Almanya'da Baviera tabiat parkı ormanında yapılan diğer bir çalışmada (Heurich ve Thoma, 2008), LIDAR indeksleri açıklayıcı değişken ve *GY* bağlı değişken olarak kabul edilerek yapılan çoklu regresyon analizi sonucunda elde edilen model, bu meşcere parametresindeki varyansın %43'ünü açıklayabilmiştir. Aynı çalışmada, göğüs yüzeyi orta ağacının çapı için belirtme katsayısı 0,86; *RSİ* için 0,40; *N* için ise 0,69 olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan, *N* için bulunan sonuç Gonçalves-Seco vd., (2011) tarafından okaliptus meşcerelerinde yapılan çalışmanın bulgularıyla uyum içindedir ($R^2=0,49$ ve $RMSE 667 ha^{-1}$). Çalışma bulgularının yapılmış olan diğer çoğu araştırma sonuçlarından daha başarısız olmasının sebebi, çalışılan orman yapısının diğerlerinden çok daha karmaşık olmasıyla izah edilebilir. Meşcere parametreleri daha sağlıklı olarak modellenmek istenirse mutlaka ön bir gruplandırma yapmanın ihtiyaç olduğunu göstermektedir. LIDAR verilerine dayalı olarak meşcere yapısının belirlenmesine yönelik birçok çalışmada da ön-katmanlama yapıldığı görülmektedir (Gobakken ve Næsset, 2004; Gobakken ve Næsset, 2005; Thomas vd., 2008).

Bu bilgiye dayanarak, çalışmada iğne yapraklı ağaç türlerinin saf ya da baskın olduğu örnek alanlar ayrılarak (19 örnek alan) yapılan değerlendirmelerin sonucunda, modellerin belirtme katsayılarında belirgin artışlar gözlemlenmiştir. Tüm örnek alanlar dikkate alındığında *GY* ve *RSİ* ile LIDAR göstergeleri arasında bir ilişki yokken, sadece iğne yapraklı meşcerelere ait örnek alanlar için zayıf da olsa istatistiksel olarak önemli bir ilişki tespit edilmiştir (sırasıyla, $R^2=0,21$ $p<0,05$ ve $R^2=0,34$ $p<0,01$). Aynı şekilde, hektardaki *N* ve *OÇ* için hesaplanan belirtme katsayılarında, sırasıyla 0,32 ve 0,18'lik bir artış gerçekleşmiştir. Heurich ve Thoma (2008) çalışmasında da ön-katmanlama sonucu ayrılan iğne yapraklı türlere ait

örnek alanlara dayanarak geliştirilen modellerin belirtme katsayılarında benzer artışlar gözlemlenmiştir. Bu artış *GY* için 0,13; *N* için 0,10; *RSİ* için 0,42 olarak hesaplanmıştır. Fakat *OÇ* için 0,09'luk bir azalma tespit edilmiştir. Sonuç olarak, sunulan bu araştırmanın bulguları ve ilgili literatür ışığında, LIDAR verileri ile meşcere özelliklerini kestirmek amacıyla yapılacak çalışmalarda mümkünse ön bir gruplandırma yapılması önerilebilir.

LIDAR henüz ülkemiz orman ekosistemleri için henüz test edilmemiş bir uzaktan algılama teknolojisidir. Ülkemiz ormanlarının meşcere yapısı oldukça karmaşıktır. Bu yüzden LIDAR verileriyle meşcere parametreleri tahmin edilirken, ülkemizin tüm orman alanlarında aynı doğruluk düzeyine ulaşılacağı beklenmemelidir. Özellikle gölgeye dayanıklı ağaç türlerinin saf ve karışık meşcerelerinde, lazer darbeleri ara ve alt tabakaya sızamayacağından genellikle dönüşler üst meşcere çatısından olmaktadır (Harding vd., 2001; Hofton vd., 2002). Bu durum birçok meşcere parametresinin kestirilmesinde hatalara yol açabilir. Bunun yanında, meşcere parametreleri kestirilirken kapalılığı az olan meşcerelerde yine çeşitli sorunlarla karşılaşılabilir. Dolayısıyla sadece, orman yapısı nispeten basit olan Kuzey ülkelerinde elde edilen başarılı sonuçlara bakılarak LIDAR teknolojisi değerlendirilmemelidir. Ülkemizin karmaşık ekosistemlerini temsil edecek kapsamlı çalışmalar tamamlanmaya kadar temkinli davranılmalıdır. Diğer taraftan, ticari değeri yüksek iğne yapraklı ağaç türlerimizin oluşturduğu ormanlarda, havadan lazer tarama verilerinin meşcere parametrelerinin kestirilmesi amacıyla başarıyla kullanılacağı öngörülmektedir. Tabii ki buradaki en büyük sorun maliyettir. Havadan lazer tarama şu an itibarıyla pratik orman envanteri için çok pahalıdır. Öte yandan, hızlı teknolojik gelişmeler gelecek yıllarda LIDAR teknolojinin daha erişebilir ve ucuz olacağı konusunda ümit vericidir. Özellikle uzaydan LIDAR teknolojisi geniş alanlar için kesintisiz ve iz alanı küçük veri sağlarsa, amenajman planı düzenlemek amacıyla yapılan orman envanteri çalışmalarına büyük katkılar sağlayabilir.

Teşekkür

Bu çalışma kısmen TÜBİTAK BİDEB 2219 (Doktora sonrası çalışma) programı ve kısmen de İngiltere'nin Doğa Çevre Araştırma Kurumu (NERC) tarafından desteklenmiştir. LIDAR verilerinin işlenmesi ve arazi çalışmalarında büyük desteğini gördüğün Prof. Dr. Daniel Donoghue'a ve örnek alanların ölçümünde yardımlarını esirgemeyen Sayın Cemil Mahmud, Niko Galiatsatos, Jitendra Thakur ve Abdul Khan'a sonsuz teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Akay, A.E., Oguz, H., Karas, I.R., Aruga, K., 2009. Using LIDAR technology in forestry activities. Environmental Monitoring and Assessment, 151:1-4, 117-125.
- Akay, A.E., Wing, M.G., Sessions, J., 2012. Estimating structural properties of riparian forests with airborne lidar data, International Journal of Remote Sensing, 33:22, 7010-7023.
- Carson, W., Andersen, H.E., Reutebuch, S.E., McGaughey, R.J. 2004. LIDAR applications in forestry: An overview. Proceedings of the Annual ASPRS Conference, Denver, May 23-28, 2004. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, MD.
- García, M., Riaño, D., Chuvieco, E., Danson, F.M., 2010. Estimating biomass carbon stocks for a Mediterranean forest in central Spain using LIDAR height and intensity data. Remote Sensing of Environment, 114:4, 816-830.

- Gobakken, T., Næsset, E., 2004. Estimation of diameter and basal area distributions in coniferous forest by means of airborne laser scanner data. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19, 529-542.
- Gobakken, T., Næsset, E., 2005. Weibull and percentile models for LIDAR-based estimation of basal area distribution. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20:6, 490-502.
- Goncalves-Seco, L., Gonzalez-Ferreiro, E., Dieguez-Aranda, U., Fraga-Bugallo, B., Crecente, R., Miranda, D., 2011. Assessing the attributes of high-density *Eucalyptus globulus* stands using airborne laser scanner data. *International Journal of Remote Sensing*, 32:24, 9821-9841.
- González-Ferreiro, E., Diéguez-Aranda, U., Miranda, D., 2012. Estimation of stand variables in *Pinus radiata* D. Don plantations using different LIDAR pulse densities. *Forestry*, 85:2, 281-292.
- Harding, D.J., Lefsky, M.A., Parker G.G., Blair, J.B., 2001. Laser altimeter canopy height profiles: methods and validation for closed-canopy, broadleaf forest. *Remote Sensing of Environment*, 76, 283-297.
- Heurich M., Thoma, F., 2008. Estimation of forestry stand parameters using laser scanning data in temperate, structurally rich natural European beech (*Fagus sylvatica*) and Norway spruce (*Picea abies*) forests. *Forestry*, 81, 645-661.
- Hofton, M.A., Rocchio, L.E., Blair J.B., Dubayah, R., 2002. Validation of vegetation canopy LIDAR sub-canopy topography measurements for a dense tropical forest. *Journal of Geodynamics*, 34:3-4, 491-502.
- Jaskierniak, D., Lane, P.N.J., Robinson, A., Lucieer, A., 2011. Extracting LIDAR indices to characterise multilayered forest structure using mixture distribution functions, *Remote Sensing of Environment* 115, 573-585.
- Kwak, D.A., Lee, W.K., Cho, H.K., Lee, S.H., Son, Y., Kafatos, M., Kim, S.R., 2010. Estimating stem volume and biomass of *Pinus koraiensis* using LIDAR data. *Journal of Plant Research*, 123:4, 421-432.
- Lefsky, M.A., Cohen, W.B., Parker, G.G., Harding, D.J., 2002. Lidar remote sensing for ecosystem studies, *BioScience*, 52, 19-30.
- Mathieu, D., Thiery, C., Meriem, F., 2011. The use of terrestrial LIDAR technology in forest science: application fields, benefits and challenges, *Annals of Forest Science*, 68, 959-974.
- Özdemir, İ., Donoghue, D.N.M., 2013. Modelling tree size diversity from Airborn Laser Scanning using Canopy Height Models with image texture measures. *Forest Ecology and Management*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.044>
- Parker, G.G., Harding, D.J., Berger, M.L., 2004. A portable LIDAR system for rapid determination of forest canopy structure, *Journal of Applied Ecology*, 41:4, 755-767.
- Popescu, S.C., 2011. Lidar Remote Sensing, *Advances in Environmental Remote Sensing, Sensors, Algorithms, and Applications*, Ed: Qihao Weng, CEC Pres, Taylor-Francis series in Remote Sensing Applications, UK, 589 s.
- Thomas, V., Oliver, R.D., Lim, K., Woods, M., 2008. LIDAR and Weibull modeling of diameter and basal area, *The Forestry Chronicle*, 84, 866-875.
- Watt, P.J., Donoghue, D.N.M., 2005. Measuring forest structure with terrestrial laser scanning, *International Journal of Remote Sensing*, 26, 1437-1446.
- Zhao, K., Popescu, S., Nelson, R., 2009. Lidar remote sensing of forest biomass: A scale-invariant estimation approach using airborne lasers, *Remote Sensing of Environment*, 113, 182-196.
- Zimble, D.A., Evans, D.L., Carlson, G.C., Parker, R.C., Grado, S.C., Gerard, P.D., 2003. Characterizing vertical forest structure using small-footprint airborne LIDAR, *Remote Sensing of Environment*, 87, 171-182.

Yersel lazer tarama ile tek ağaç özelliklerinin belirlenmesi

İbrahim Özdemir

Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü, Isparta

İletişim yazarı/Corresponding author: ibrahimozdemir@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 14.10.2012, Kabul tarihi/Accepted: 28.11.2012

Özet: Bu çalışma, sabit bir noktadan Yersel Lazer Tarama (YLT) ile elde edilen veriler kullanılarak bazı tek ağaç özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma, Kuzey İngiltere'deki bir kent ormanında bulunan, iki kayın, iki Korsika çamı ve bir Douglas göknarı meşceresinde gerçekleştirilmiştir. Tek ağaçta -çap, ağaç boyu, tepe boyu, tepe çapı- özellikleri, hem yersel hem de lazer nokta bulutu üzerinden ölçülmüştür. Toplam 127 ağaçta (Kayın + Korsika çamı) göğüs çapı ve 45 ağaçta (Korsika çamı) ağaç boyu, tepe boyu ve tepe çapı belirlenmiştir. Sıklığın yüksek olduğu (ağaç sayısı 1393 ha⁻¹) Douglas göknarı meşceresinden alınan örnek alanda ise herhangi bir ölçüm yapılamamıştır. Arazide doğrudan ölçümle elde edilen ve lazer verisinden çıkarılan ağaç özellikleri arasındaki ilişkiler basit regresyon analizleriyle ortaya koyulmuştur. Elde edilen belirtme katsayıları (R^2) ve ortalama hata kareleri karekökü (RMSE) değerleri sırasıyla, göğüs çapı için 0,91 ve 5,84 cm; ağaç boyu için 0,88 ve 1,1 m; tepe boyu için 0,83 ve 1 m; tepe çapı için ise 0,65 ve 0,81 m'dir. Tek noktadan taranan lazer verileriyle; a) sıklığın düşük olduğu meşcerelerde belirli miktardaki gövdede göğüs çapı; b) tepe kapallığının düşük olduğu (<%70) iğne yapraklı ağaç türlerinden oluşan meşcerelerde belirli sayıda bireyde ağaç boyunun ve bazı tepe özelliklerinin belirlenebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Lidar, Orman envanteri, Meşcere yapısı

Determination of individual tree characteristics with terrestrial laser scanning

Abstract: In this study, the potential of Terrestrial Laser Scanning (TLS) data obtained from a single point on determination of some individual tree characteristics was assessed. The study was carried out in two beech stands, two Corsican pine stands, and one Douglas fir stand located in an urban woodland in the North England. The targeted tree attributes including diameter at breast height (DBH), tree height, crown base height, and crown width were determined both by the field measurements and from the laser point cloud data. Totally, we measured the DBH in 127 trees in the beech and Corsican pine plots, and the tree height, crown base height, and crown width were determined in 45 trees in only the Corsican pine plots. However, we were not able to measure any tree attributes on the laser point cloud in the sampling plot taken from Douglas fir stand due to high stand density (1393 trees ha⁻¹). The relationships between field-measured and laser-derived tree attributes were determined using simple regression analyses. The obtained determination coefficients (R^2) and root mean square errors (RMSE) were; 0,91 and 5.84 cm for DBH; 0,88 and 1,1 m for tree height; 0,83 and 1 m for crown base height; 0,65 and 0,81 m for crown width, respectively. It was concluded that using laser data obtained from a single scan, a) the DBH in definite rate of individuals might be measured in the forest stands with low density; and similarly in some trees, b) the tree height and the other crown characteristics might be determined in conifer stands with a canopy cover less than 70 percent.

Keywords: Lidar, Forest inventory, Stand structure

1. Giriş

Sadece odun üretiminin sürekliliğini sağlamak amacıyla bir orman işletmesi planlanırken, ağaç serveti ve artımına yönelik yapılan ölçme ve gözlemlerin yeterli olabileceği öngörülebilir. Ancak tüm orman fonksiyonlarını dikkate alan yeni amenajman yaklaşımında envanter gereksinimleri çeşitlendiğinden, tüm ürün ve hizmetleri dikkate alan değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuda özellikle biyolojik çeşitliliği belirlemeye yönelik çabaların arttığı gözlemlenmektedir (Özkan, 2002). Meşcerelerin çeşitliliğinin (meşcere tipi sayısı) ve mekansal dizilişinin (meşcerelerin coğrafi düzeni), ayrıca da tek meşcerenin yapısal çeşitliliğinin (ağaç tepelerinin tabakalanma durumu ve gövdelerin mekansal düzeni) biyolojik çeşitliliğin dolaylı bir göstergesi olduğu genel olarak kabul görmektedir (MacArthur ve MacArthur, 1961; Magurran, 1998; Clawges vd. 2008; Hinsley vd. 2009, Wood vd. 2012). Dolayısıyla hem meşcerelerin

çeşitliliğinin, hem de meşcere içindeki çeşitliliğin artırılması amacıyla, hasat ve diğer bakım müdahalelerinin nasıl uygulanması gerektiği konusu çözümlenmeyi beklemektedir. Bir işletmedeki meşcerelerin ya da diğer meşcere tanımına girmeyen bitki topluluklarının oluşturduğu alanların çeşitliliğinin sağlanması, bunların birbirleriyle olan komşuluk ilişkilerinin düzenlenmesi, coğrafi bilgi sistemi destekli yapılan çalışmalarla (Konumsal Planlama) mümkün olabilmektedir (Başkent ve Jordan, 1996; Başkent, 1999). Bir meşcerenin yapısal çeşitliliği ise, doğal yaşlı meşcere yapılarını taklit eden silvikültürel müdahalelerle şekillendirilebilmektedir.

Meşcerenin mevcut dikey kuruluşunu yani ağaç tepelerinin tabakalanma durumunu belirlemek için ağaç boyutlarının çeşitliliğinden yararlanılmaktadır. Bu amaçla, ağaç tepesinin boyutları ile yüksek korelasyon gösteren, göğüs çapı ya da bunlardan hesaplanan göğüs yüzeyinin çeşitliliği çoğunlukla tercih edilmektedir (Lexerod ve Eid, 2006; Özdemir ve Karnieli, 2011). Ancak ölçümü kolay

olan bu özellikler, bazen meşceredeki gerçek tabakalanma durumunu temsil etmeyebilmektedir. Bu yüzden tepe boyutlarının veya ağaç boylarının doğrudan ölçülerek meşcerenin dikey çeşitliliğinin belirlenmesinin daha güvenilir olduğu düşünülmektedir. Boy, tepe hacmi, tepe çapı ve tepe yüksekliğinin yersel yöntemlerle ölçümü zaman alıcı ve yorucudur. Bu sebeple daha hızlı ölçme ve değerlendirme araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Lazer tarama veya diğer adıyla LIDAR (Light detection and Ranging) teknolojisi meşcerenin dikey yapısını hızlı biçimde belirlenmesinde kullanılabilir (Parker vd., 2004). Hava platformlarından elde edilen lazer verileri, iğne yapraklı ağaç türlerinin saf ya da baskın olduğu meşcerelerden oluşan ormanlarda meşcere yapısal çeşitliliğinin belirlenmesinde güvenilir bir bilgi kaynağıdır. Ancak bu teknoloji geniş alanlarda yapılacak değerlendirmeler için henüz çok pahalıdır. Ayrıca tepe formu karmaşık olan ve gölgeye dayanıklı ağaç türlerinin bulunduğu meşcerelerde bir takım yetersizlikleri bulunmaktadır (Lefsky vd., 2002). Öte yandan, meşcerenin doğrudan içine girerek uygulanan yersel lazer tarama (YLT), bir meşcerenin yapısal çeşitliliğinin belirlenmesinde iyi bir alternatif olabilir. Yersel lazer tarama nesnelerin üç boyut (3B) bilgilerinin hızlı biçimde çıkarılmasını sağlayan bir tekniktir (Altuntaş ve Yıldız, 2008). Bu teknik kullanılarak bir meşcerenin dikey kuruluşu üç boyutlu olarak belirlenebilir. Nitekim Parker vd. (2004) taşınabilir bir lazer tarayıcı ile meşcere yapısının ortaya koyulabileceğini göstermişlerdir.

YLT teknolojisinin orman envanterinde değişik amaçlarla kullanılabilirliğini gösteren çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Thies vd. (2004) ve Fleck vd. (2007) tepe boyunun oldukça yüksek bir hassasiyetle ($R^2=0,99$) ölçülebileceğini bildirmişlerdir. Danson vd. (2007) ve Lovell vd. (2003) yaptıkları araştırmalarda tepe kapallık oranının belirlenmesinde YLT'nin balıkgözü objektiflerden elde edilen fotoğraflarla aynı doğruluğu sağladığını bulmuşlardır. Bu teknoloji ayrıca dikili ağaçlarda odun kalitesinin tahmin edilmesinde de kullanılmaktadır (Schütt vd. 2004). Bir ağacın kesilmesine gerek kalmadan, YLT'den elde edilen verilerden, özel yazılımlar kullanılmak suretiyle (örn: AutoStemTM) otomatik olarak ve çok hassas biçimde tek ağaç hacminin belirlenmesi de mümkündür (Hopkinson vd. 2004). YLT'nin diğer bir kullanım alanı da, ancak bir ağacın kesilip tek tek yapraklarının ayıklanmasıyla mümkün

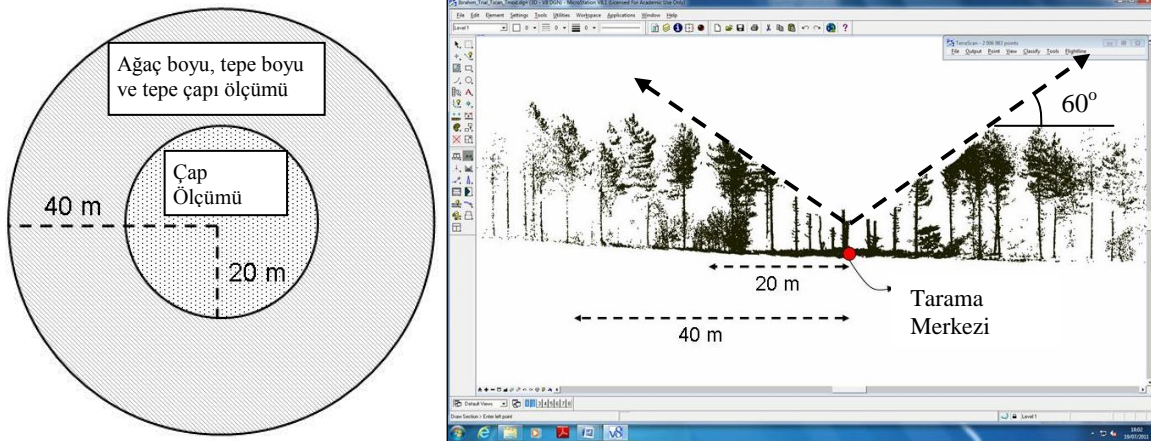
olan tepe yaprak miktarının belirlenmesidir. Bu konuda Clawges vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, yersel lazer tarayıcı kullanılarak ağaçların yaprakları döktükleri ve dökmedikleri zamanlarda yapılan taramalarda elde edilen lazer ışınlarının dönüş yoğunlukları arasındaki farka dayalı olarak, oldukça yüksek doğrulukta yaprak yüzeyi tahmin edilmiştir ($R^2=0,82$).

Bugüne kadar yapılan çalışmalara bakıldığında, durulan bir noktadan yersel lazer tarama cihazlarıyla, çeşitliliği belirlemede temel alınan tek ağaç özelliklerinin (özellikle tepe boyutlarıyla ilgili özellikler) belirlenmesine yönelik az sayıda araştırmaya rastlanmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada, yersel yöntemlerle ölçülen ve tek noktadan algılanan lazer verisinden çıkarılan tek ağaç özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Çalışma alanı ve arazi ölçümleri

Yersel lazer tarama verileri, İngiltere'de bulunan bir kent ormanındaki beş farklı özellikteki meşcereden elde edilmiştir. Bunlardan ikisi farklı sıklıktaki kayın (*Fagus sylvatica*) meşceresi, ikisi farklı tür karışımına sahip Korsika çamı (*Pinus nigra* subsp. *Laricio*) meşceresi ve kalan ise saf bir Douglas göknarı (*Pseudotsuga menziesii*) meşceresidir. Böylece oldukça geniş bir meşcere yapısı temsil edilmeye çalışılmıştır. Tek ağaç özellikleri 40 m yarıçaplı daire biçiminde ve büyüklüğü 5026 m² olan örnek alanlarda gerçekleştirilmiştir. Göğüs hizası çapı (1,30 m) merkeze yakın ilk 20 m yarıçaplı daire içine giren ağaçlarda ölçülmüştür. Çünkü ağaçların birbirini gölgelemesinden dolayı örnek alan merkezinden uzaklaştıkça YLT ile çap ölçümü mümkün olamamıştır. Ağaç boyları ise, kullanılan tarayıcının dikey tarama açısının 60 derece ile sınırlı olması sebebiyle, 20 ile 40 m arasında kalan kısma giren ağaçlarda tespit edilmiştir (Şekil 1). Aynı şekilde yine bu alan sınırları içindeki ağaçlarda tepe çapı ve tepe uzunluğu (zeminden tepesi oluşturan en aşağıdaki canlı dala kadar olan kısım) belirlenmiştir. Ağaç boyları ve tepe boyunun ölçümü Vertex-II ile yapılmıştır. Tepe çapı ise öncelikle en uzun çap ve buna dik yöndeki çapın izdüşümleri arasındaki mesafenin ölçülmesiyle bulunmuştur. Ayrıca pusula ve şerit metre yardımıyla tüm ağaçların mekansal konumları belirlenmiştir.



Şekil 1. Örnek alan ve YLT verisinin enine kesitinin görüntüsü üzerinde dikey tarama açısının etkisi

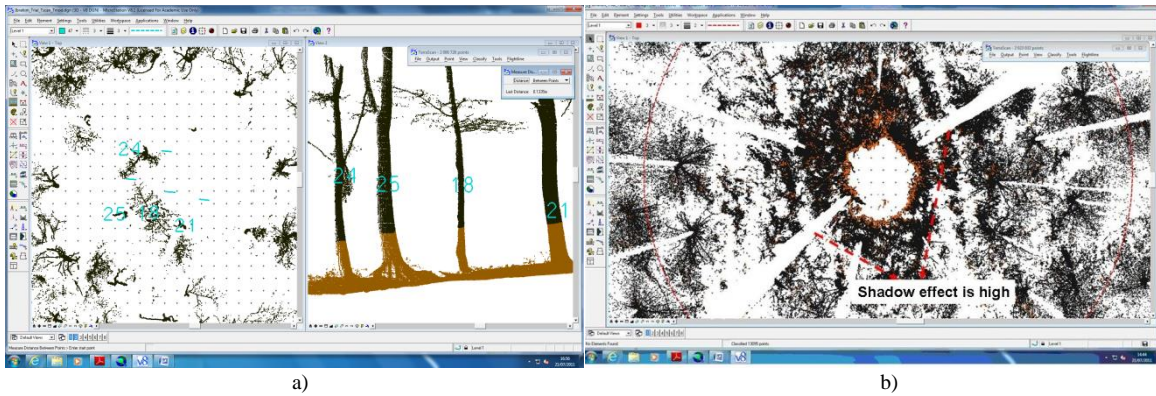
2.2. Yersel Lazer Tarama

Lazer tarama verileri Trimble GS200 cihazı kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 2). 200 m uzaklığa kadar algılama yapabilen bu cihaz ve saniyede 5000 sinyal kaydetmektedir. Görünür bölgeyi kullanan bu lazer cihazının tarama açısı, dikey ve yatay yönde sırasıyla 60° ve 360° 'dir. Bu yüzden cihazın kurulduğu noktadan nadir pozisyonda meşcere çatısından veri sağlanması mümkün değildir. YLT bir noktadan ya da birkaç noktadan yapılabilmektedir. Tek noktadan yapılan ölçmeler oldukça pratik olup, bir yönden tek ağaçların özellikleri ölçülebilmektedir. Fakat ağaç gövdelerinin birbirini örtmesi (gölge etkisi) sorununun oluşması, tek noktadan taramanın en önemli eksikliğidir. Bu sorunu azaltmak amacıyla birden fazla noktadan tarama yapılması önerilmektedir (Watt ve Donoghue, 2005). Çok noktadan taramalarda, araziye sabitlenen küçük toplar referans alınarak, tüm taramalar tek bir nokta bulutu olarak birleştirilebilmektedir. Bu çalışmada tek noktadan yapılan taramanın etkinliğini değerlendirmek amaçlandığından ikinci bir tarama yapılmamıştır. Sonuç olarak lazer verileri; x,y koordinatlarına ve z yükseklik değerine sahip noktalardan oluşan bir vektör veri biçiminde elde edilmiştir.

Nokta bulutu biçiminde elde edilen lazer verileri MikroStation adlı çizim programı altında çalışan TerraScan yazılımı kullanılarak işlenmiştir. İlk adım olarak, en düşük yüksekli değerine sahip lazer noktaları tespit edilmiştir. Bu amaçla ön komut olarak verilen açı ve mesafe temel alınarak otomatik olarak zeminden dönen noktalar tespit edilmiştir. Bu noktalardan sayısal arazi modeli oluşturulmuş ve zemin dışındaki noktaların boy değerleri sayısal arazi modelinden çıkarılmak suretiyle gerçek boy değerleri elde edilmiştir. Sonra 1,30 m yüksekliğindeki noktalar farklı renklerle gösterilerek ağaçların göğüs hizası çapları belirginleştirilmiştir. Daha önce arazi çalışmaları esnasında tespit edilen ağaçların merkezleri, nokta bulutu üzerine getirilerek ağaçlar için tek tek eşleştirme yapılmıştır. Tek ağaçlara ait tüm özellikler (ağaç boyu, göğüs çapı, tepe boyu, tepe çapı) ekran üzerinden elle ölçülmüştür. Ve buna karşılık gelen yersel ölçüm verileri kayıt edilmiştir. YLT cihazına yakın kısımlardaki gövdelerin ve dalların gölgeleme yaptığı ağaçlarda herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır. Arazide ölçülen ile lazer verisinden çıkarılan ağaç özellikleri arasındaki ilişkiler basit regresyon analizleriyle ortaya koyulmuştur.



Şekil 2. Kullanılan YLT cihazı ve tarama yapılan meşcerelerden örnek görüntüler



Şekil 3. a) Göğüs hizası çaplarının ölçüldüğü kısımların ortaya çıkarılması ve b) gövdelerin birbirini örtmesinden dolayı oluşan gölge etkisi

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Yersel lazer tarama verileri

Beş örnek meşcere için elde edilen lazer verileri ve bunların enine kesitinden bir örnek şekil 4’de gösterilmiştir. Görüntüler üzerinde yapılan değerlendirmeler neticesinde, tek noktadan yapılan tarama ile elde edilen lazer verisinin kalitesinin büyük ölçüde, meşcere sıklığına ve tarama yönünü kapatan alt dallar ve alt tabakadaki bitki örtüsünün varlığına bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle cihazın yerleştirildiği noktaya yakın olan gövdeler arkalarındaki alanı ileri doğru genişleten bir şerit biçiminde gölgelemektedirler. Hektardaki gövde sayısının oldukça fazla olduğu Douglas Göknarı meşceresinde (ağaç sayısı=1393 ha⁻¹) yapılan taramadan elde edilen verilerde, gövdelerin birçoğunda herhangi bir bio-fiziksel özelliği ölçmek mümkün olmamıştır. Genç Douglas Göknarı meşceresinden alınan örnek alanda kurumuş alt dalların gerekli ölçümlerin doğru olarak yapılmasına izin vermemesi karşılaşılan diğer sorun olmuştur. Meşcere sıklığının ve tepe kapallılığının nispeten az olduğu yaşlı Korsika çamı meşcerelerinde ise, ağaçların ekseriyetinde ölçümler gerçekleştirilmiştir.

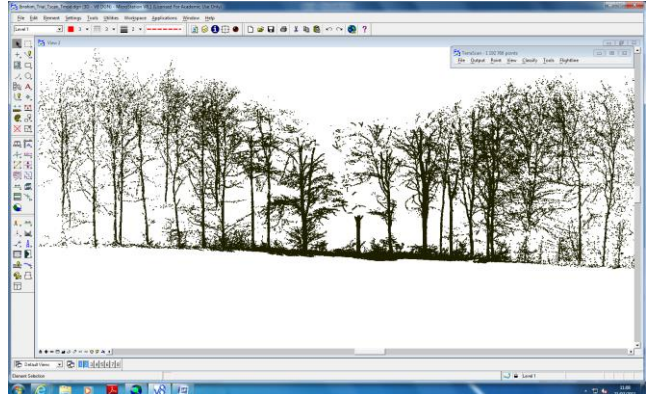
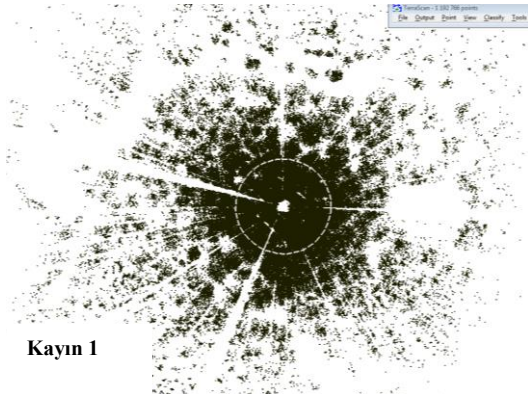
Gölgeye dayanıklı bir ağaç türü olan kayın meşcerelerinde ağaç tepelerinin iç içe girmiş olması yüzünden, YLT verileri kullanılarak tek ağaçların tepe çapını ölçmek mümkün olmamıştır. İki Korsika çamı meşceresinde, geçmişte yapılmış aralama kesimlerinin neticesinde tepeler arasında belirli bir mesafe olduğundan, YLT verisi üzerinden tepe ile ilgili ölçümler gerçekleştirilebilmiştir. Sonuç olarak, iki kayın ve iki Korsika çamı meşceresinden alınan toplam dört örnek alanda çap ölçümleri; sadece iki Korsika çamı örnek alanında ise tepe çapı, tepe boyu (tepeyi oluşturan en alttaki yaşayan dalın zeminden yüksekliği) ve ağaç boyu ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

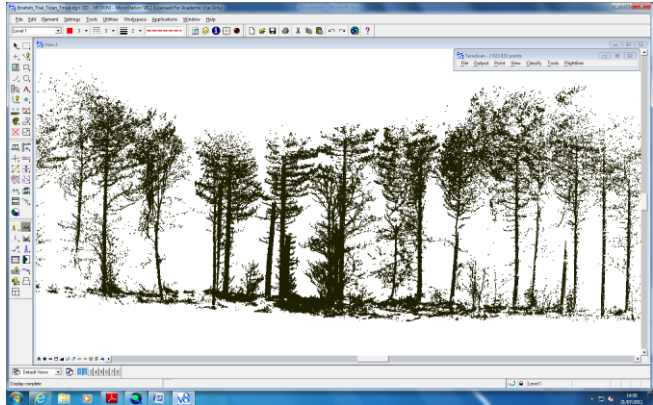
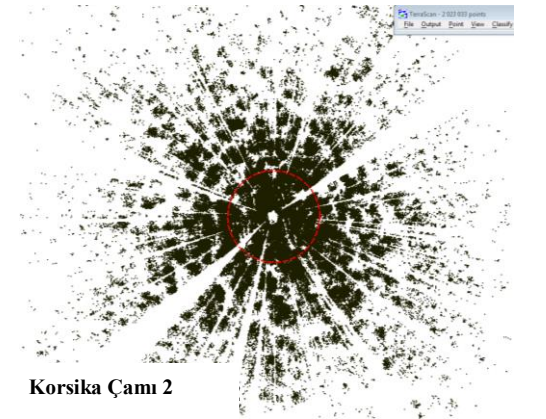
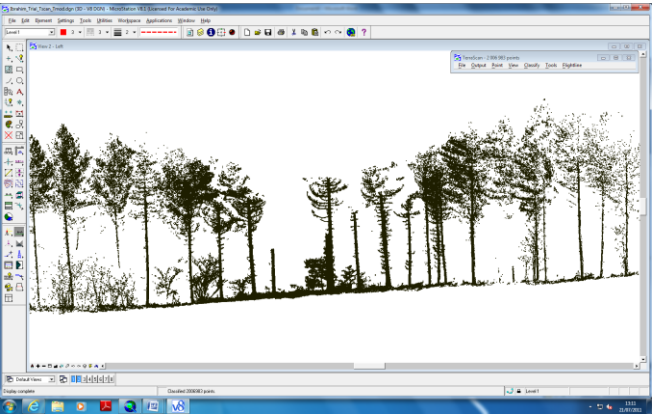
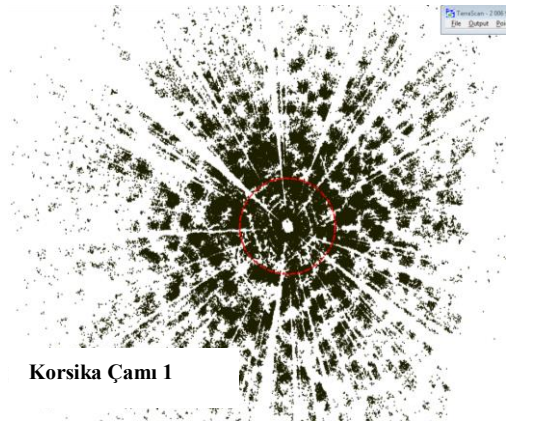
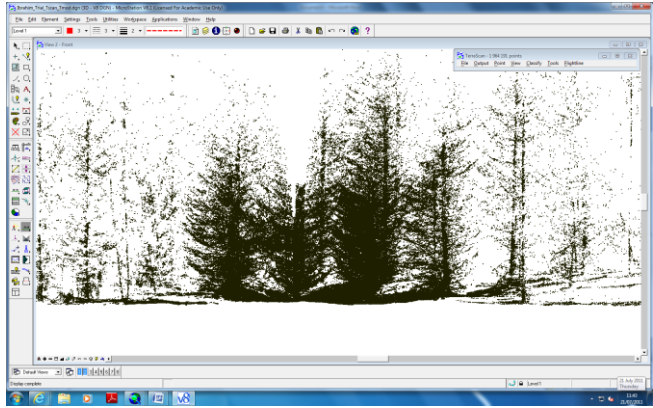
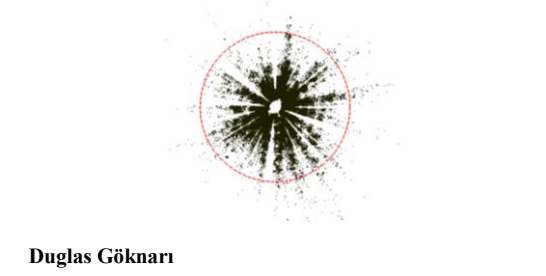
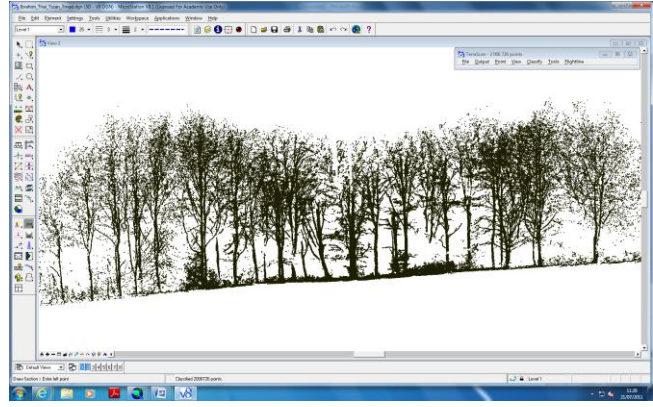
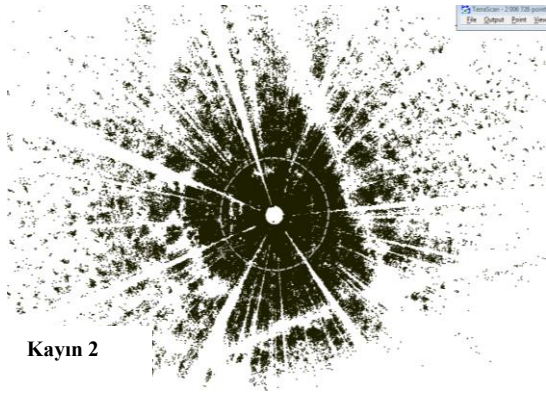
Tek noktada yersel lazer taramadan ileri gelen gölgeleme etkisi sonucunda, alt tabakanın nispeten az olduğu birinci Korsika çamı meşceresinden alınan örnek alanda (ağaç sayısı=286 ha⁻¹), algılanan gövdelerin %77’sinde çap ve %70’inde boy ve tepe çapı ölçümü

yapılmıştır. Sıklığın daha yüksek olduğu (ağaç sayısı 477 ha⁻¹) ve kısmen ara tabakaya sahip diğer Korsika çamı örnek alanında ise, gövdelerin %68’sinde çap ve %60’inde boy ve tepe çapı ölçümü gerçekleştirilmiştir. Benzer şekilde, ara ve alt tabakanın az olduğu kayın meşceresine (ağaç sayısı=286 ha⁻¹) ait örnek alanda, gövdelerin %72’si ölçülmüşken, sıklığın biraz daha fazla olduğu diğer kayın deneme alanında (ağaç sayısı=358 ha⁻¹) ise gövdelerin %66’sında gövde çapı belirlenebilmiştir. Özetle, YLT verileri kullanılarak 127 ağaçta (kayın + Korsika çamı) göğüs çapı ve 45 bireyde (Korsika çamı) ağaç boyu, tepe boyu ve tepe çapı belirlenmiştir.

3.2. YLT verisi kullanılarak belirlenen ağaç özellikleri ile doğrudan ölçümlerle belirlenen özellikler arasındaki ilişkiler

Yapılan analizler, Korsika çamı ve Kayın meşceresinden alınan örnek alanlarda, YLT verisinden ölçülen göğüs çapı ile arazide ölçülen göğüs çapı arasında yüksek korelasyon olduğunu göstermiştir ($R^2 = 0,91$, RMSE (ortalama hatanın karekökü) 5,84 cm, n=127 ve p<0,01). Uyumun çok yüksek olmasına rağmen, yapılan tahminin ortalamasının 4,24 cm’lik bir pozitif hatası (ölçümlerin ortalaması ile referans değer arasındaki fark, yani yanlışlık, ing=bias) bulunmaktadır. Şekil 5’ten kolayca anlaşılacağı gibi, YLT verisi üzerinden ölçülen çaplar çoğunlukla gerçek çaplardan daha düşüktür. Bu bulgular, daha önceki çalışmalarda da elde edilen sonuçlarla büyük oranda uyumludur. Örneğin, Henning ve Radtke (2006), yersel lazer tarama verileri üzerinden 28 bireyde yapılan göğüs çapı ölçümünün hatasını 5 cm olarak hesaplamışlardır. Yine YLT den ölçülen çap ile gerçek çap arasında güçlü bir istatistiksel ilişki olduğu ($R^2=0,85$, n=128) Hopkinson vd. (2004) tarafından da rapor edilmiştir. YLT ile yapılan bir diğer çalışmada, Watt and Donoghue (2005) tahminlerin ortalamasının hatasını 1,5 cm (n=12) olarak belirlemişler ve elde edilen doğrusal modelin gerçek göğüs çaplarındaki varyansın %92’sini açıkladığını belirtmişlerdir. Tansey vd. (2009) de YLT verileri kullanarak göğüs çapını tahmin etmek için geliştirilen modellerin RMSE değerlerini 1,9 ile 3,7 cm aralığında hesaplamışlardır.

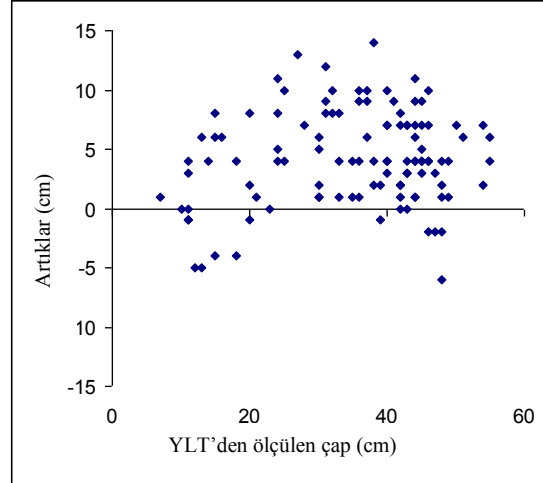
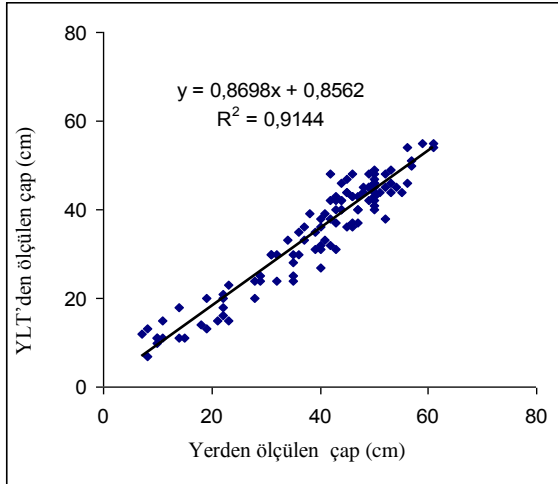




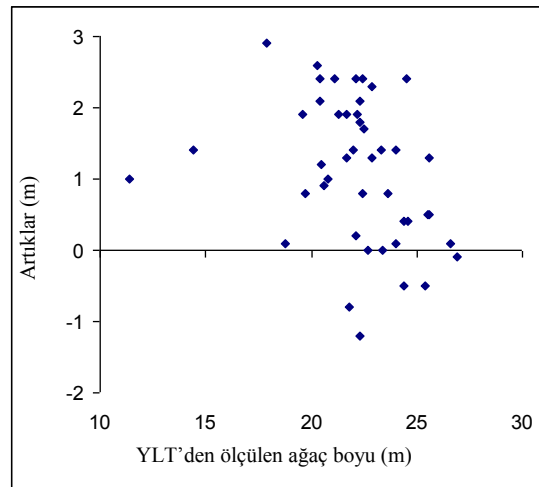
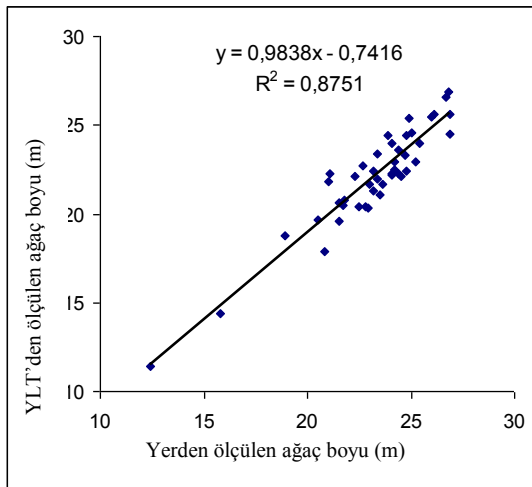
Şekil 4. Beş örnek alan için YLT ile elde edilen nokta bulutu ve enine kesitlerinden bazı örnekler

Yersel lazer tarama ile elde edilen nokta bulutu üzerinden ölçülen ağaç boyu ile yersel ölçmelerle belirlenen ağaç boyu arasında oldukça yüksek bir korelasyon (Şekil 6) bulunmaktadır ($R^2 = 0,88$, RMSE 1,1 m ve $p < 0,01$). YLT verisinden hesaplanan ağaç boylarının ortalaması ile gerçek boy değerlerinin ortalaması arasında 1,11 m bir fark (yan) bulunmaktadır. Bu beklenen bir bulgudur. Ağaç tepesini oluşturan alt dallar, lazer ışınlarının geliş açısına bağlı olarak, ağacın uç tomurcuğu ya da en yüksek noktası ile lazer cihazı arasına girebilmektedir. Dolayısıyla lazer ışınlarının tepenin en üst kısmına gelmesi zaman zaman engellemektedir. Sonuç olarak, YLT verisi üzerinden ağaçların boyu gerçek boy değerlerinden bir miktar küçük ölçülmektedir. Antonarakis (2009) tarafından yukarı doğru tarama tekniği kullanılarak yapılan çalışmada da, özellikle doğal ormanlarda ağaç tepelerinin iyi görülememesinden kaynaklanan bir hata olduğu belirtilmiştir. Aynı şekilde, Hopkinson vd. (2004) de YLT tekniği ile ağaç boyu ölçülürken %7-8'lik bir hata yapılabileceğini tespit etmişlerdir.

Çalışma sonuçları, YLT verilerinden tepe boyunu (tepeyi oluşturan en alttaki yaşayan dalın zeminden yüksekliği) da yüksek doğrulukta ölçmenin mümkün olduğunu göstermektedir ($R^2 0,83$; RMSE 1 m; hata 0,23 m; $p < 0,01$). Korsika çamı meşcerelerinin gevşek tepe yapısı, YLT verileri kullanılarak bu tek ağaç özelliğinin de yüksek doğrulukta ölçülmesine izin vermiştir (Şekil 7). Konuyla ilgili önceki araştırmalara bakıldığında da benzer bulgularla karşılaşmaktadır. Örneğin, Thies vd. (2004) tarafından geniş yapraklı ağaç türlerinden oluşan meşcerelerde yapılan çalışmada, YLT verisinden çıkarılan tepe boyu ile yerden dendrometrik aletlerle ölçülen tepe boyu arasında çok fazla bir farkın olmadığı (0,1 m) belirlenmiştir. Benzer bir araştırmada, Fleck vd. (2007) bu ortalama hatanın 0,52 m olduğunu bulmuşlardır. Sunulan bu çalışmada, tepe boyunun belirlenmesinde en önemli hata kaynağının, tepeyi oluşturan en alttaki canlı dalın belirlenmesinde yapıldığı öngörülmektedir. Çünkü bu dalın, yersel ölçmeler ve lazer nokta bulutundan ölçüm esnasında aynı dal olmasının bazen mümkün olmadığı düşünülmektedir.



Şekil 5. YLT verisi kullanılarak belirlenen göğüs çapı ile yersel ölçümlerle belirlenen göğüs çapı arasındaki ilişki ve artıkların durumu



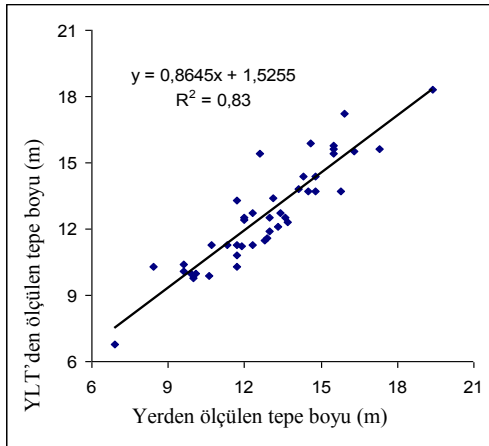
Şekil 6. YLT verisi kullanılarak belirlenen ağaç boyu ile yersel ölçümlerle belirlenen ağaç boyu arasındaki ilişki ve artıkların durumu

Regresyon analizi sonucunda, yerden ölçülen tepe çapı ile lazer verisinden çıkarılan tepe çapı arasındaki ilişkinin belirtme katsayısı 0,65; RMSE'si 0,81; ortalamanın farkı 0,25 m ($p < 0,01$) olarak hesaplanmıştır. Şekil 8'deki artıklar incelendiğinde, çok belirgin bir eğilim göze çapmamakla beraber, tepe çapı arttıkça eksi yönde hafif bir artış gözlemlenmektedir. Buradan, YLT üzerinden tepe çapının, daha büyük tepeli ağaçlarda bir miktar daha fazla ölçüldüğü anlaşılmaktadır. Bu tek ağaç özelliği diğer üç özelliğe göre (çap, ağaç boyu ve tepe boyu) daha hatalı olarak ölçülmüştür. Bunun değişik sebeplerinin bulunduğu tahmin edilmektedir. Birincisi yersel ölçümlerle Lidar verisinin ölçümlerinin yapıldığı yerler arasındaki farktır. Yersel ölçümlerde ağaç tepelerinin çapı; en uzun çap ile buna dik olan çapın ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Oysa YLT verisi üzerinden tepe çapı, lazer cihazına bakan yöndeki çapın bir defa ölçülmesi biçiminde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca iç içe girmiş veya birbirine yakın tepelerde, YLT verisinin görüntüsünde kenarlar yakın olarak belirlenemediğinden, tepe çaplarında hatalı ölçmeler yapılmış olma ihtimali de, diğer bir hata kaynağı olarak düşünülmektedir.

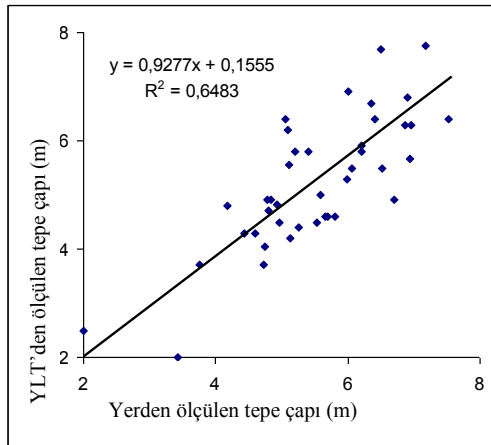
4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada, tek noktadan algılanan yersel lazer tarama (YLT) verilerinin, dört tek ağaç özelliğinin [i] göğüs çapı,

ii) ağaç boyu, iii) tepe boyu yani tepenin en alt canlı dalının zeminden yüksekliği ve iv) tepe çapı] belirlenmesindeki hassasiyetinin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Çalışma sonuçları, tek noktadan lazer tarama tekniği kullanılarak tek ağaç özelliklerinin belirlenmesinin, öncelikle çalışılan meşcerenin yapısına bağlı olduğunu göstermiştir. Meşcere kapalılığı azaldıkça gözlemlenen gövdelerin oranı artmaktadır. Sık meşcerelerde (örn: bu çalışmadaki Douglas Göknaarı) lazer ışınları oldukça dar bir alandan dönmekte, yani ağaç organları (gövde ve alt dallar) ışınların daha uzağa gitmesine engel olmaktadır (bakınız Şekil 4, Douglas Göknaarına ait veri). Çünkü birim alandaki gövde sayısı fazla olduğundan, lazer cihazı ile gövdeler arasındaki mesafe azalmakta ve gölgeleme etkisi büyümektedir. Dolayısıyla, böyle meşcerelerde göğüs çapı gibi kolay görülebilen bir özelliğin bile ölçümü mümkün olamamaktadır. Yoğun bir ara ve alt tabakanın mevcudiyeti de, bu tekniğin uygulanışında karşılaşılan temel sorunlardan birisidir. Bu durumda da lazer ışınları ara ve alt tabakadan dolayı, hedeflenen tek ağaç özelliklerinin ölçümünü için gerekli mesafeye ulaşamamaktadır. Yersel lazer tarama ile elde edilen görüntü üzerinden görülebilen gövdelerde çap ve boy bir miktar düşük ölçülmektedir. Diğer taraftan, zaten yersel yöntemlerle çap ve boy dendrometrik aletler kullanılarak (çapölçer, vertex boy ölçer) çok daha hızlı belirlenebildiğinden, YLT teknolojisinin bu özellikler açısından büyük bir avantajı görülmemektedir.



Şekil 7. YLT verisi kullanılarak belirlenen tepe boyu ile yersel ölçümlerle belirlenen tepe boyu arasındaki ilişki ve artıkların durumu



Şekil 8. YLT verisi kullanılarak belirlenen tepe çapı ile yersel ölçümlerle belirlenen tepe çapı arasındaki ilişki ve artıkların durumu

Yersel lazer taramadan beklenen asıl fayda çap ve boy ölçümünden çok, tepe boyutlarının belirlenmesidir. Çünkü tepe boyutlarının geleneksel yöntemlerle ölçümü güç ve zaman alıcıdır. Çalışmanın bulguları, geniş yapraklı ağaç türlerinin karmaşık tepe yapısı (tepelere iç içe girmesi) yüzünden, tepe boyutları ile ilgili özelliklerin belirlenmesinin mümkün olmadığını göstermiştir. Ancak tepe kapalılığının %70'in altında olduğu iğne yapraklı meşcerelerde tepe boyutlarının ölçülebileceği görülmüştür. Ancak tek noktadan lazer tarama ile ağaçların belirli miktarı algılanabilmektedir. Algılanan gövde sayısını arttırmak amacıyla iki ve üç noktadan lazer tarama işlemi yapılmalıdır. Böylece, ağaç çapı ve tepe yüksekliği ölçümleri oldukça hassas biçimde gerçekleştirilebilirken, uygun algoritmalar geliştirilirse ağaç tepelerinin hacminin otomatik olarak hesaplanması da mümkün olabilir. Bu noktada, YLT teknolojisinin kent içi ağaçların biokütlesinin hesaplanmasında başarıyla kullanılabilmesi söylenebilir. Çünkü şehirlerdeki ağaçların aralarında mesafe olduğundan, tepeleri çok açık biçimde görülebilmektedir. YLT verilerinin diğer bir kullanım alanı ise tek ağaçlarda gövde hacminin hesaplanması olabilir. Özellikle yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda bu teknoloji kullanılarak gövdenin daha yukarı kısımlarındaki çap kolaylıkla belirlenebilir. Dolayısıyla hacimde oldukça hassas biçimde tahmin edilebilir. Böylece YLT, biokütlenin belirlenmesinde kullanılan yıkıcı yöntemlere bir alternatif olabilir.

YLT verilerinin örnek alan düzeyinde dikey çeşitliliğin nitelendirilmesindeki etkinliğinin test edilmesi çok önemli görülmektedir. Sunulan bu çalışmada, örnek alan sayısı kısıtlı olduğundan örnek alan düzeyinde bir değerlendirme yapılamamıştır. Bu sebeple çalışma, değişik çeşitlilik değerine sahip meşcerelerden yeterli miktarda örnek alan alınarak tekrarlanmalıdır. Böylece, Lidar nokta bulutundan hesaplanan indekslerle (örn; yüzdelikler, çarpıklık, baskınlık) örnek alanlar için hesaplanacak yapısal çeşitlilik indeksleri (örn; çap çeşitliliği, boy çeşitliliği, tepe çapı çeşitliliği) arasındaki ilişkiler daha sağlıklı olarak ortaya koyulabilir. Bu çalışmada kullanılan lazer cihazının dikey tarama açısının sınırlı olması (60°) özellikle merkeze yakın ağaçlarda tepe çapı ölçümlerini engellemiştir. Yapılacak çalışmalarda yukarı doğru taramaya imkân veren lazer cihazları kullanılırsa, meşcere dikey çeşitliliğinin daha isabetli olarak tahmin edilebileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK BİDEB 2219 (Doktora sonrası çalışma) programı, Durham Üniversitesi ve İngiltere'nin Doğa Çevre Araştırma Kurumu (NERC) tarafından desteklenmiştir

Kaynaklar

- Altuntaş, C., Yıldız, F., 2008. Yersel lazer tarayıcı ölçme prensipleri ve nokta bulutlarının birleştirilmesi. HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 98, 20-27.
- Antonarakis, A.S., Richards, K.S., Brasington, J., Bithell, M., Muller, E. 2009. Leafless roughness of complex tree morphology using terrestrial lidar. Water Resources Research, 45, W10401.
- Baskent, E. Z.; Jordan, G. A. 1996. Designing forest management to control spatial structure of landscapes. Landscape and Urban Planning 34(1): 55-74.
- Baskent, E. Z. 1999. Controlling spatial structure of forested landscapes: a case study towards landscape management. Landscape Ecology 14(1): 83-97.

- Clawges, R., Vierling, L., Calhoun, M., Toomey, M., 2007. Use of a ground-based scanning lidar for estimation of biophysical properties of western larch (*Larix occidentalis*). International Journal of Remote Sensing, 28:19, 4331-4344.
- Clawges, R., Vierling, K., Vierling, L., Rowell, E. 2008. The use of airborne lidar to assess avian species diversity, density and occurrence in a pine/aspens forest. Remote Sensing of Environment, 112, 2064-2073.
- Danson, F.M., Hetherington, D., Morsdorf, F., Koetz, B and Allgöwer, B., 2007. Three-dimensional forest structure from terrestrial laser scanning. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 4, 157-160.
- Fleck S, Obertreiber N, Schmidt I, Brauns M, Jungkunst HF, Leuschner C, 2007. Terrestrial lidar measurements for analysing canopy structure in an old-growth forest. IAPRS Volume XXXVI, Part 3 / W52, 125-129.
- Henning, J.G., Radtke, P.J. 2006. Detailed stem measurements of standing trees from ground-based scanning lidar. Forest Science, 52:67-80.
- Hinsley, S.A., Hill, R.A., Fuller, R.J., Bellemy, P.E., Rothery, P., 2009. Bird species distributions across woodland canopy structure gradients. Community Ecology, 10, 99-110.
- Hopkinson, C., Chasmer, L., Young-Pow, C., Treitz, P., 2004. Assessing forest metrics with a ground-based scanner lidar. Canadian Journal of Forest Research, 34, 573-583.
- Lefsky, M. A., Cohen, W. B., Parker, G. G., Harding, D. J., 2002. Lidar remote sensing for ecosystem studies. BioScience, 52, 19-30.
- Lexerod, N.L., Eid, T., 2006. An evaluation of different diameter diversity indices based on criteria related to forest management planning. Forest Ecology and Management, 222, 17-28.
- Lovell, J.L.; Jupp, D.L.B.; Culvenor, D.S.; Coops, N.C. 2003. Using airborne and ground-based ranging lidar to measure canopy structure in Australian forests. Canadian Journal of Remote Sensing, 29, 607-622.
- MacArthur, R.H., MacArthur, J.W., 1961. On bird species diversity. Ecology 42, 594-598.
- Magurran, A.E., 1988. Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Özdemir, İ., Karnieli, A., 2011. Predicting forest structural parameters using the image texture derived from WorldView-2 multispectral imagery in a dryland forest, Israel. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 13, 701-710.
- Özkan, K., 2012. Taksonomik çeşitlilik indislerinin geleneksel çeşitlilik indisleri ile karşılaştırılması. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 13, 107-112.
- Parker, G.G., Harding, D.J., Bergera, M.L., 2004. A portable LIDAR system for rapid determination of forest canopy structure, Journal of Applied Ecology, 41, 755-767.
- Schütt, C.; Aschoff, T.; Winterhalder, D.; Thies, M.; Kretschmer, U., Spiecker, H., 2004. Approaches for recognition of wood quality of standing trees based on terrestrial laserscanner data. In: Thies, M.; Koch, B.; Spiecker, H.; Weinacker, H. (ed.), Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessment. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Vol. XXXVI- 8/W2.
- Tansey, K., Selmes, N., Anstee, A., Tate, N.J., Denniss, A., 2009. Estimating tree and stand variables in a Corsican Pine woodland from terrestrial laser scanner data. International Journal of Remote Sensing, 30, 19, pp. 5195-5209.
- Thies, M., Pfeifer, N., Winterhalter, D., Gorte, B.G.H., 2004. Evaluation And Future Prospects of Terrestrial Laser Scanning For Standardized Forest Inventories, Scandinavian Journal of Forest Research, 19, 571-581.
- Watt, P.J., Donoghue, D.N.M., 2005. Measuring forest structure with terrestrial laser scanning. International Journal of Remote Sensing, 26, pp. 1437-1446.
- Wood, E.M., Pidgeon, A.M., Mladenoff, D.J., Liu, F., 2012. Birds see the trees inside the forest: the potential impacts of changes in forest composition on songbirds during spring migration. Forest Ecology and Management, 280, 176-186.

Kağıt üretiminde CaCO₃ dolgu maddesinin kimyasal tutunması üzerine bir araştırma

Arif Karademir^a, Hülya Varlıbaş^{b,*}, Mustafa Çiçekler^b

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

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

* İletişim yazarı/Corresponding author: hvarlibas@ksu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 08.03.2012, Kabul tarihi/Accepted: 09.01.2013

Özet: Hammadde sıklığının ileri boyutlarda yaşandığı kağıt/karton endüstrisinde, çok çeşitli dolgu maddeleri farklı oranlarda kağıt ve karton üretiminde, selüloz lif kullanımını azaltma yanında çok çeşitli fonksiyonlar için tercih edilmektedir. Hamur süspansiyonuna ıslak partide katılan bir dolgu maddesinin, elek üzerinde yüksek oranda kalması, kağıt/karton içerisinde homojen dağılması ve liflere iyi tutunması arzu edilir. Bu araştırmanın birinci aşamasında, uzun polimer ve inorganik bir polielektrolitin, eski kağıt işleyen bir kağıt fabrikasının atık suyunu arıtma seviyeleri incelenmiştir. İkinci aşamada ise bu kimyasalların dolgu tutunmasına katkısı tek tek ve beraber araştırılmıştır. %60/40 oranında harman yapılmış ağartılmış uzun ve kısa elyaf kağıt hamurları kademeli olarak 45 shopper (°SR) değerine gelene kadar işlenmiştir. Diğer taraftan dolgu olarak kalsiyum karbonat seyreltik olarak saf su içerisinde homojen bir şekilde dağıtılmış ve farklı oranlarında katılım gerçekleştirilerek çok sayıda el kağıtları üretilmiştir. Üretilen kağıtlara ilk aşamada hiçbir kimyasal katılmadan, özellikle dolgu tutunmaları ve kağıtların bazı özellikleri takip edilmiştir. Tutunma seviyesi hassas olan %30 dolgu içeren el kağıtları, devam eden aşamalarında, sırasıyla katyonik uzun polimer ve yeni geliştirilmiş olan kısa bir inorganik polielektrolitin farklı oranlarda ayrı ayrı ve beraber katılımları ile üretilmiştir. Polimerlerin tek katıldığı gruplarda tutunmanın azaldığı birlikte kullanıldığı grupta tutunmanın en iyi sonucu verdiği gözlenmiştir. Sonuçlar, kağıt kalitesi ve çevre açısından tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Beyaz elyaf, Kalsiyum karbonat, Tutunma, Polielektrolit, Su kirlenmesi

A study on the chemical retention of CaCO₃ on paper production

Abstract: Various filler materials at different proportions are used in pulp and paper industry for numerous reasons in addition to reduce the expensive cellulose fibre consumption. Fillers added at the wet-end of papermachine is desired to be retained over forming web, distributed evenly and develop some attachments/bonds with fibres. In the first part of this work, a long chain polymer and an inorganic polyelectrolyte were investigated to find out their efficiency on the treatment of waste water from a recycling papermill. In the second part, the effects of these chemicals on the filler retention when used separately and together were studied. In this work, a blend of long and short virgin bleached pulp at 60/40% proportion were beaten at freeness of 45 Shopper Riegler degree (°SR). Meanwhile, calcium carbonate were finely dispersed in deionised water and numerous handsheets were made by adding the fillers at different rate. At the initial trials, especially filler retention and some properties of handsheets were monitored without using no chemicals. In further stages, handsheets were produced by separate addition of cationic long polymer and recently developed a new inorganic polyelectrolyte and in combination. Participated in groups to hold onto a single group of polymers are used to hold onto the best results with the observed decrease. Results were discussed in respect to paper quality and environment.

Keyword: White fibre, Calcium carbonate, Retention, Polyelectrolite, Water pollution

1. Giriş

Ülkemiz kağıt/karton sanayi lifsel hammadde tedariki konusunda ciddi sıkıntılar yaşamaktadır. Maalesef ülkemizde kağıt hamuru üretimi ve alternatif hammadde kaynakları konusunda çok detaylı bilimsel araştırmalar yapılmış olmasına rağmen, bir dizi başka sebeplerden dolayı, günümüz itibarıyla kağıt hamuru üretimi yok denecek seviyededir. Ülkemizde, kağıt karton üretiminde, %42 birincil elyaf, %58 ise sekonder lif kullanıldığı bildirilmiştir. 2010 itibarı ile kağıt karton üretiminde kullanılan atık kağıt oranı %42 olarak gerçekleşmiş ve

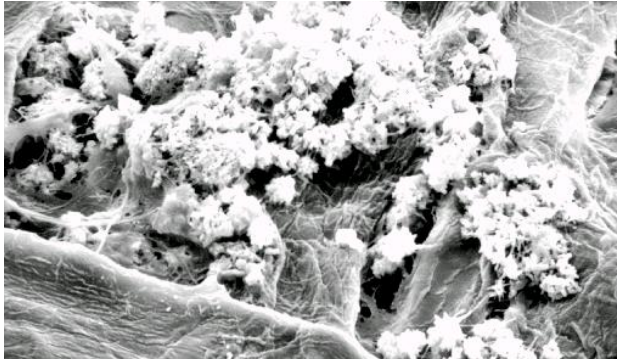
önceki çalışmalarda yapılan tahmin değerini aşmıştır (İmamoğlu vd., 2010). Selüloz ve Kâğıt Vakfı'na göre (SKV), ülkemizde kâğıt endüstrisine ait geçen üç yıla ait bazı veriler Çizelge 1'de verilmiştir (Karahan, 2012). Görüldüğü gibi ülke içerisinde toplam tüketilen kâğıt ve kartonun yarısından fazlası yurtdışından satın alınmaktadır. Yurtdışında üretilen kâğıt ve karton için kullanılan hamur hammaddesinin de (özellikle beyaz elyaf) dışarıdan alındığı hesaba katılırsa, kâğıt sanayinin hammadde ve mamul madde açısından ne yazık ki ciddi derecede dışa bağımlı bir sektör haline geldiği açıkça görülmektedir.

Çizelge 1. Ülkemizde kâğıt sektörüne ait bazı veriler.

İşlemler	Yıllar	Kâğıt türleri								Toplam (ton)
		Gazete	Yazı-Tabı	Sargılık	Oluklu Mukavva	Kraft Torba	Karton	Temizlik	Sigara vb.	
Üretim	2007	5.000	337.348	18.600	1.026.475	69.349	451.777	270.668	5.000	2.184.217
	2008	0	323.621	22.500	1.170.806	55.030	432.454	322.500	5.000	2.331.911
	2009	0	309.163	22.500	1.125.833	52.574	410.973	369.265	5.000	2.295.308
İthalat	2007	551.918	689.4	129.754	627.473	160.180	389.004	12.392	9.317	2.569.497
	2008	536.397	651.763	142.107	545.857	55.389	334.835	7.550	11.070	2.284.977
	2009	468.998	641.308	134.150	563.056	54.941	354.261	8.914	12.247	2.237.877
İhracat	2007	378	34.365	31.388	37.230	13.340	59.434	47.659	102	223.900
	2008	1.036	30.029	39.453	95.448	12.042	58.930	66.320	115	303.373
	2009	999	21.521	35.040	71.513	7.635	42.829	60.050	1.012	241.205
Yurtiçi Satış	2007	556.540	996.565	117.339	1.603.007	212.578	772.930	235.399	14.215	4.508.578
	2008	535.361	942.551	125.154	1.578.874	100.055	698.763	263.348	15.955	4.260.061
	2009	467.999	931.803	121.012	1.959.736	101.052	727.049	319.100	16.235	4.324.994

Lifsel hammadde kullanımını azaltmak için kağıt/karton üretiminde çeşitli dolgu maddeleri kullanılmaktadır. Dolgu maddeleri genelde kağıdın beyazlığını, baskı kalitesini, yüksek yüzgeçliliğini iyileştirmektedir. Özellikle alkali dolgulardan kalsiyum karbonat (CaCO₃), selüloz liflerinde asit hidrolize bağlı oluşacak bozunmaları ciddi derecede engellemekte ve kağıtların eskimelerini azaltmaktadır. Ancak, dolgu kullanımında düşük tutunma ve mukavemetlerde zayıflamaya bağlı problemlerle karşılaşmaktadır (Karademir vd., 2003b). Zira tanecik yapısı olarak lif ve kırıntılara göre son derece küçük olan dolgu maddelerini (Şekil 1) mekanik/fiziksel tutunma ile kağıt içerisine kazandırmak son derece zordur. Ortalama bir kalsiyum karbonat taneciğinin, kısa elyaf bir lif boyutundan ortalama bin kat daha küçük olduğu söylenebilir. Küçük tanecik yapısı nedeniyle dolgu maddeleri, selüloz liflerine göre aşırı derecede fazla yüzey alanına sahiptirler ve bundan dolayı da kağıt üretiminde katkı kimyasallarının kullanım oranını ciddi olarak artırır (Gill, 1995; Eroğlu ve Usta, 2004; Karademir vd., 2005).

Zayıf tutunma olayı diğer taraftan elek altı suyunun kirlenmesine, arıtma işlemlerinin yükselmesine ve daha fazla su sarfiyatına neden olmaktadır. Aşırı su tüketen endüstrilerden birisi olan kağıt/karton fabrikasında, formasyon sırasında kapalı devre çalışmak ve su tüketimini azaltmak için, üretimde çok iyi tutunma gerçekleşmesi ve elek altı suyunun temiz olması gerekmektedir. Bu açıdan formasyon eleğine verilen kütle içerisindeki özellikle küçük tanecikli bileşenler ve kolloidal yapıların bazı yardımcı kimyasallar ile elek üzerinde tutundurulması ve oluşacak kağıt içerisinde homojen dağılmış olarak kazandırılması son derece önemlidir (Holmberg, 1999; Pokhrel ve Viraraghavan, 2004).



Şekil 1: Kağıt içerisinde selüloz lifleri arasında tutunan kalsiyum karbonat tanecik grupları (Karademir, 2001)

Kağıt makinesi formasyon eleği üzerine gelen kütle, üretilen kağıt/kartonun ve makine özelliklerine göre yaklaşık %0,1 ile 1 kesafet sınırlarındadır. Çok fazla miktarda su içeren bu kütlenin bileşenleri genel olarak negatif yüklüdür. Selüloz lifleri ve kırıntılar üzerlerinde bulunan hidroksil grupları nedeniyle eksi yüklüdürler (Karademir vd., 2003a; Karademir ve İmamoğlu, 2007). Dolgu maddeleri de genelde negatif yüklüdürler. Bu nedenle bu parçacıklar zıt yüklü, yani katyonik karakterde inorganik kompleksler veya polimerler ile bir araya toplanabilirler. Genelde küçük gruplar oluşturulması koagülasyon, büyük lif veya kırıntı grupları oluşumu ise flokülasyon olarak ifade edilmektedir (Hakkarainen, 2007). Ancak kullanılacak tutundurucu kimyasalların özelliklerine ve dozajlarına bağlı olarak, drenaj ve formasyon kalitesi etkilenmektedir. Bu açıdan katkı kimyasallarında optimum dozaj miktarının takip edilmesi gerekmektedir (Miyanishi, 1998). Bu çalışmada alüminyum bazlı yeni geliştirilen bir tutundurucu inorganik koagülantın, dolgu tutunmasında etkinliği tek başına ve uzun polimerli bir katyonik tutundurucu ile beraber araştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Bu çalışma iki ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde uzun (UP) ve inorganik bir polielektrolit (İP) kullanılarak, kirlilik değeri elek altı suyuna göre son derece yüksek olan Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası (KMK) atık suyunun kimyasal temizlenmesi üzerine çalışılmıştır. Bu amaçla önce KMK'dan temin edilen granül haldeki UP'den 4 g alınmış, sürekli karıştırma altında 1 L saf su içerisinde açılarak kullanılmıştır. İP ise, Caran Kimya'dan ticari olarak temin edilmiştir. 4'lü jar test düzeneğine yerleştirilen 4 adet 500 mL'lik arıtma suyuna formüle edilen dozlarda UP süspansiyonu sırasıyla eklenmiştir. Arıtma suları 1 dakika 200 rpm hızda karıştırıldıktan sonra kimyasal eklenmiş ve karıştırmaya aynı hızda 2 dakika daha devam edilmiştir. Bunu takiben karıştırmaya 50 rpm'de 1 dakika daha devam edilmiş ve işlem sonlandırılmıştır. Aynı işlem İP denemesinde tekrar edilmiştir. Arıtma sularının bulanıklık ve askıda katı madde (AKM) miktarları, 30 dakika dinlendirme sonunda spektrofotometre cihazı (DR 890 Hach Lange) ile ölçülmüştür.

Araştırmanın ikinci bölümünde ise beyaz elyafı dolgu tutunması çalışması yapılmıştır. Bu amaçla, yapraklı ve ibreli ağaçlardan kimyasal metotlarla elde edilmiş ve ağartılmış birincil kağıt hamurları kullanılmıştır. Kağıt hamurları, %60/40 oranında yapraklı ve ibreli olarak

harmanlanmış ve karışık olarak Hollander dövücüde, serbestlik değeri 45 °SR olana kadar dövülmüşlerdir. Dolgu maddesi olarak çöktelmiş kalsiyum karbonat (PCC-Snowflake) kullanılmıştır. Dolgu maddesi %10'luk seyreltik bir süspansiyon olarak hazırlanmış ve hamurlara uygun oranlarda karıştırma altında eklenmiştir.

El kağıtları 100 g/m² gramajda, British handsheet former düzeneğinde ıslak safiha haline getirilmiş, Rapit Köthen cihazı kurutma ünitesinde her yüzü 5 dakika olmak üzere toplam 10 dakika 105 °C'de kurutulmuştur. Kağıt üretiminde 100 meshlik geniş delikleri olan elek kullanılmıştır. İlk aşamada, % 0, 5, 10, 20 ve 30 oranlarında dolgu maddesi katılımı yapılarak el kağıtları üretilmiş, bu kağıtların tam kuru ağırlıkları tartılarak, tutunma seviyeleri takip edilmiştir. İkinci aşamada ise, dolgu madde oranı %30 olan hamur süspansiyonu hazırlanmış ve üç set halinde değişen oranlarda sırasıyla uzun polimer (UP), inorganik polielektrolit (İP) ve ikisinin kombinasyonunun katılımı ile çok sayıda el kağıtları üretilmiştir. Kimyasal katılım değerleri, tam kuru kağıt ağırlığına oranlanarak belirlenmiştir. Kağıtların özellikle tutunma, dolgu seviyesi, kopma indisi (TAPPI T 494 om-88) ve patlama indisi (TAPPI T 403 om-91) özellikleri tespit edilerek tartışılmıştır.

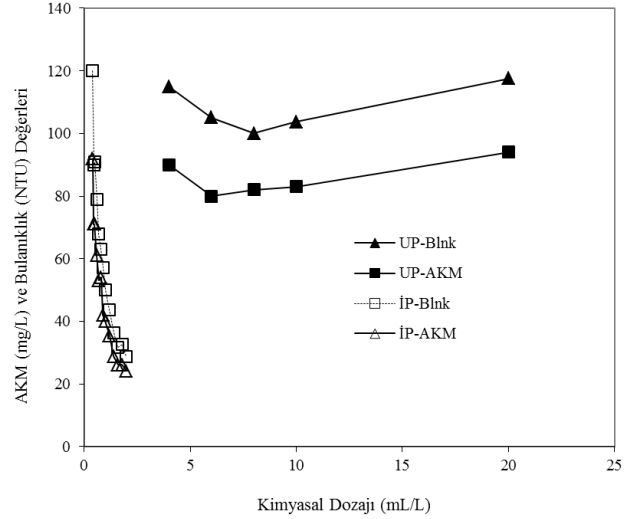
3. Bulgular ve tartışma

3.1. UP ve İP'in arıtma suyunda etkisi

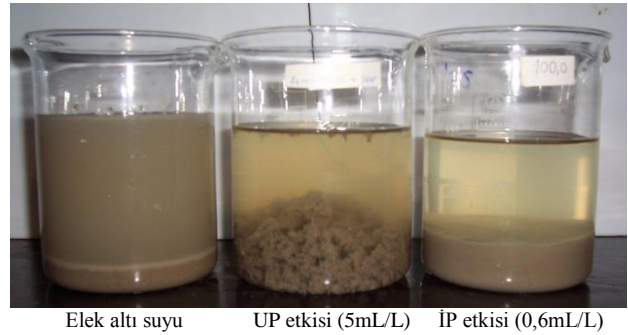
Eski kağıtların işlendiği kağıt/karton fabrikalarındaki proses suyu ve arıtmaya giden işlenmiş su (arıtma suyu) içerisinde oldukça yüksek seviyelerde organik ve inorganik bileşenler (kirlilikler) bulunur. Çok çeşitli bileşenleri bulunan, çeşitli türde kullanılan kağıtların hamurlaştırılması sonucu, doğal olarak çok değişik tür, özellik ve miktarda inorganik ve organik katkı maddeleri suya geçer ve kirlilik oluşturur. Bahsedilen kirliliklerin temizlenmesi için kısa ve uzun zincir yapıları bulunan polimerik veya inorganik yapıda katkı kimyasallarından faydalanılır. Bu kimyasallar, su içerisindeki kırıntı ve kolloidal parçaları toplamak, anyonik kirliliği azaltmak ve stok yüklerini (+, -) nötralize etmek için değişik oranlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan KMK arıtma suyuna ait AKM ve bulanıklık (Blk) (turbidity) değerleri sırasıyla 1890 mg/L ve 2080 NTU olarak tespit edilmiştir. Ancak, kullanılan UP ve İP karşılaştırılabilir dozaj aralıkları aşağıda Şekil 3'de sunulmuştur. Kullanılan UP'in, üzerinde çalışılan arıtma suyunun AKM ve bulanıklık değerlerini indirmeye başladığı ve fazla dozlandığında ters bulanıklık oluşturduğu katılım aralığının 4 ile 20 mL/L değerlerinde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2). Buna karşılık İP'in UP'e kıyasla son derece etkili olduğu da görülmüştür. Ayrıca oluşan flokların yapıları ve ebatlarında da ciddi farklar görülmüştür. UP katılımı iri floklar meydana getirirken, İP kullanıldığında oldukça küçük ve ince mikro-floklar meydana gelmiştir (Şekil 3).

3.2. Dolgu katılımı

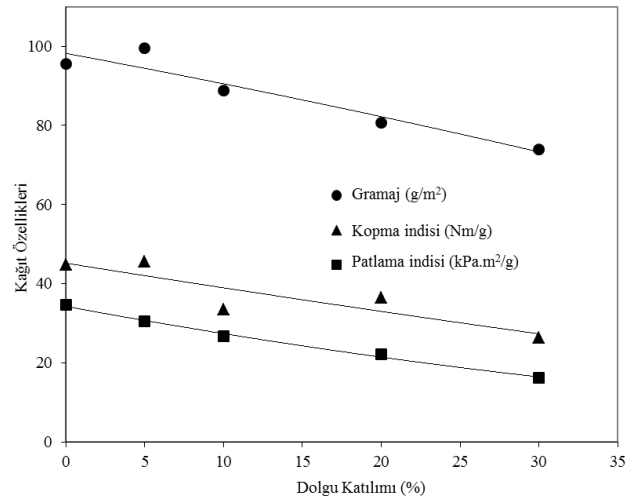
Hiçbir kimyasal kullanmadan sadece kağıt hamuru ve farklı oranlarda dolgu maddesi eklenmesi ile üretilen el kağıtlarına ait bazı veriler aşağıda Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 2: UP ve İP katılımının arıtma suyu değerlerine etkisi



Şekil 3: Polimer zincir uzunluğuna bağlı farklı flok oluşumları (Karademir vd., 2010)



Şekil 4: Tutundurucu kullanmadan dolgu maddesinin kağıt özelliklerine bazı etkileri

Çok açık görüldüğü gibi dolgu maddesi oranı arttıkça üretilen kâğıdın gramajı düşmüş, diğer bir ifade ile tutunma ciddi olarak zarar görmüştür. Aynı şekilde dolgu katılımına paralel olarak, kağıtların hem kopma, hem de patlama indislerinde ciddi düşüşler yaşanmıştır. Anlaşıldığı kadarıyla, çok ince tanecikleri olan dolgu maddelerinin çok büyük kısmı oluşan kağıt safihası içerisinde kalamamış, aksine elek altı suyuna kaçmıştır. Kısa ve uzun elyaf

karişımı dövülmüş kağıt hamuru, taslak oluşum sırasında elek üzerinde dolgu tutunmasına kısmen katkı yapmış, tutunan dolgular kağıdın daha çok üst yüzeyine doğru artış göstermiştir. Kağıt içerisinde fiziksel olarak kalan dolgu tanecikleri ise oluşacak lif-lif bağlarını olumsuz etkilemiştir. Tutunan dolgu miktarı çok az olmasına rağmen, kağıt mukavemetini olumsuz yönde ciddi derecede etkilemiştir.

Kağıt üretimlerinde kullanılan dolgu maddelerinin diğer aranan özellikler yanında oldukça küçük tanelerden oluşması istenir. Kaba bir oranla bir kalsiyum karbonat taneciği, kağıt hamurundaki bir liften yaklaşık en az 1000 kat daha küçük ebatlıdır. Bu kısmen Şekil 1'de de görülmektedir. Bu kadar ufak taneciklerden oluşan bir kağıt hamuru bileşeninin, normal şartlarda ve hiçbir yardımcı kimyasal kullanılmadan kağıt üretiminde özellikle formasyon sırasında kaybedilmemesi beklenemez. Diğer bir ifade ile fiziksel tutunma ile dolgu maddeleri çok az tutulabilir ve kağıt içerisinde kalabilir. Şekil 4'de görülen gramajdaki düşüş bu gerçeği ifade etmektedir. Kısaca dolgu maddesi katılsa bile, eğer hamur içerisinde tutunduruca bileşenler yok ise, dolgunun çoğu elek altı suyuna filtrasyon ile kaçacaktır.

3.3. Kimyasal tutunma

Çalışmanın ilk aşamasında, kullanılan UP ve İP kimyasallarının çok kirli arıtma suyunun temizlenmesinde ne kadar etkili olduğu görülmüştür (Şekil 2 ve Şekil 3). Atık suların arıtılmasında olduğu gibi, aynı şekilde kağıt üretiminde tutunmanın artırılması amacıyla iki aşamalı kimyasal kullanımı genelde uygulanan bir yöntemdir. Çift bileşenli tutundurma (dual retention system) denilen mekanizmaya göre önce kısa polimer ve ya inorganik yapıdaki bir polielektrolit kullanılmakta ve mikro flokların oluşması sağlanmaktadır. Peşinden ikinci aşama olarak uzun bir zincir yapısı bulunan yüklü polimerler kullanılarak bütün katı maddelerin toplanması sağlanmaktadır. Bahsedilen tek ve iki aşamalı veya bileşenli tutundurma işlemi sonucu dolgu tutunmasındaki değişim Şekil 5'de görülmektedir. Bütün kağıtlarda dolgu katılımı %30 olarak gerçekleşmiştir. Doğal üretim özellikleri nedeniyle her iki kimyasal da etrafı pozitif yüklü parçacıklardır. Ancak molekül büyüklük ve zincir yapılarında büyük fark bulunmaktadır. Bu açıdan her iki kimyasalda hamur süspansiyonunda negatif yüklü taneciklerle etkileşime girmiş olmalarına rağmen, tutunma açısından önemli olan nokta oluşturdukları kümelenmelerin (flok) ne kadar büyük ve aynı zamanda ne kadar kuvvetli olduğudur. Bu açıdan, UP oldukça iri parçacıklar meydana getirdiği, kısa İP ise nispeten küçük ve minik gruplanmalar oluşturduğu açıktır (Şekil 3) (Karademir vd., 2010).

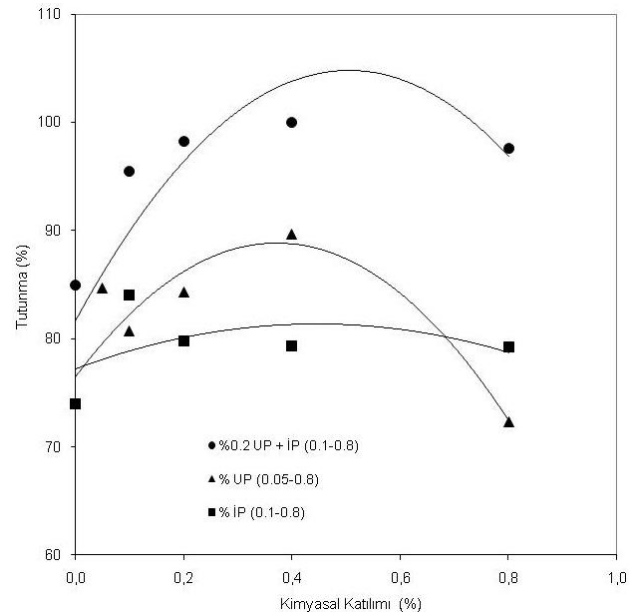
İP tarafından oluşturulan floklar fiziksel tutunma sınırlarına ulaşamamış, elekten dolgular yinede kaçmıştır. Bunun yanında en iyi sonuç her iki polimerin beraber kullanılması sonucu alınmıştır. Öncelikle kısa polimer eklenmiş, hamurla karışım sağlanmış, peşinden uzun polimer minik flokların birbirlerine bağlanmalarına katkı yapmıştır. Uzun polimerin yüksek oranda kullanımı sonucu, drenajın hızlandığı, formasyon kalitesinin düştüğü ve kağıt yüzey kalitesinin bozulduğu gözlemlenmiştir.

3.4. Tutunma ve mukavemet

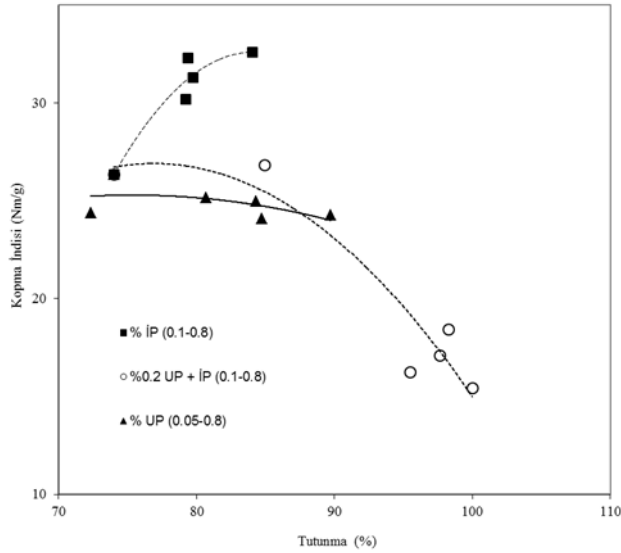
Özellikle dolgu maddesinin tutunması, kağıt içerisinde genel olarak lifler arası bağlanmayı olumsuz etkilediği için mukavemetler düşmektedir. Ancak içerisinde aynı miktarda dolgu maddesi tutunan aynı hamurdan yapılan kağıtlar farklı mukavemet özellikleri gösterebilir. Tutunan dolgu maddelerinin, kağıt iç yapısında homojen dağılım kalitesi ve oluşan flok ebatları bunda en etkili unsurlardır. Bu açıdan bakıldığında, aynı miktarda tutunma sağlanmış olan kağıtlardan, İP içerenlerin neden daha yüksek mukavemet gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 6). İki bileşenli tutundurmada (UP+İP), dolgu miktarı arttığı için, lifler arası bağlanmalarda önemli derecede düşme olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 7, sadece kimyasal katılımı ve mukavemet arasındaki ilişkiyi vermektedir. Daha açık görüldüğü gibi İP, aynı miktarda dolgu tutunması yapan UP'e karşı daha küçük floklar halinde dolgu maddelerinin kağıt içerisinde kalmasına katkı yaptığı için ve muhtemelen lifler arası bağlanmalara da kısmen destek olduğu için, daha yüksek kopma indisi vermiştir.

4. Sonuç

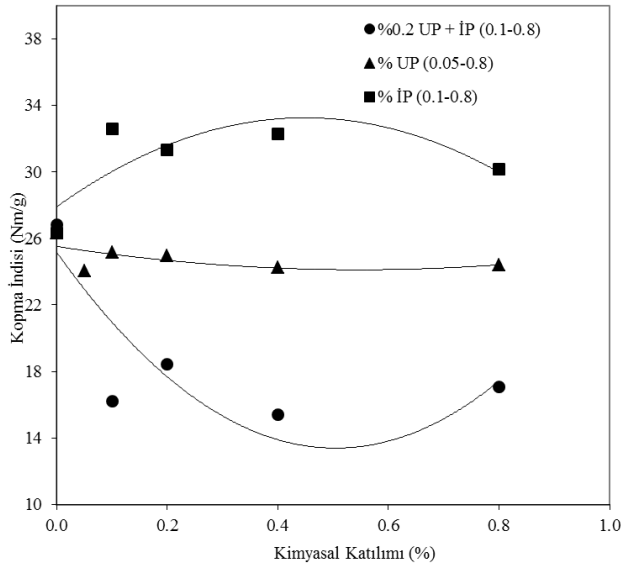
Farklı bir çok sebeplerden dolayı kağıt üretiminde ıslak partide kullanılan dolgu maddelerini, oluşan kağıt içerisinde tutmak oldukça zordur. Düşük tutunma, hammadde kaybı yanında, elek altı suyunun kirlenmesi ve arıtma işlemlerinin artması anlamına gelir. Dolgu tutundurma için katyonik karakterde polielektrolitler kullanılmaktadır. Ancak dolgu tutunumu diğer taraftan, kağıtların mukavemetlerini önemli seviyede düşürmektedir. Dolgunun hem yüksek oranda kağıt içerisine kazandırılması, hem de mukavemetlere çok fazla zarar vermemesi için çift bileşenli tutunma yapmak daha sağlıklı görünmektedir. Mümkün olduğu kadar elek üzerinde kırıntı ve dolguların kazanılmasını sağlayacak kadar minik floklar oluşturan kısa polimer yapıları tutundurucuların kullanılması daha yararlı olmaktadır. Zira aşırı uzun polimerler tutunmayı artırmakta ancak formasyon kalitesini düşürmekte ve mukavemet değerlerine daha fazla zarar vermektedir.



Şekil 5. Tutunmada tek ve çift bileşenli kimyasal etkisi



Şekil 6. Tutunma ve mukavemet arasındaki ilişki



Şekil 7. Kimyasal katılımı ve mukavemet arasındaki ilişki

Teşekkür

Gerekli kimyasalların temin edilmesinde ve yardımlarından dolayı Kahramanmaraş Kağıt ve Caran Kimya'ya teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Eroğlu, H., Usta, M., 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi Ders Kitabı Cilt I, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Gill, R.A., 1995. "Fillers for Papermaking" in Applications of Wet-End Paper Chemistry. Ed: By Che On Au and Ian Thorn, Blackie Academic&Professional, London, UK, pp:54-76.
- Hakkarainen, K., Sillanpää, M., 2007. Flocculation in Paper and Pulp Mill Sludge Process. Research Journal Of Chemistry And Environment Vol.11 (3), pp:96-100.
- Holmberg, M., 1999. Paper Machine Water Chemistry. Papermaking Chemistry. Ed. By Leo Neimo, Printed by Gummerus Printing, Jyväskylä, Finland.
- İmamoğlu, S., Atik, C., Karademir, A., 2005. Atık kağıt kullanan kağıt-karton fabrikalarında ortaya çıkan mikrobiyolojik sorunlar. KAÜ, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 6(1-2): 179-190.
- İmamoğlu, S., Kırıcı, H., Atik C., Karademir, A., Aydemir, C., Peşman, E. 2010. Flotasyon Mürekkep Gidermede CMYK Renk Sistemlerinin Uzaklaştırılma Performansları. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, Cilt: V, s. 2002-2012.
- Karademir, A., 2001. A study on the effects of Alkyl Ketene Dimer (AKD) sizing on the frictional properties of paper, PhD Thesis, Department of Paper Science, University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST), Manchester, UK.
- Karademir, A., Cetin, N.S., Tutus, A., Ozmen, N., Kurt, R., Mengeloğlu, F., 2003a. Effects of CaCO₃ Loading on Some Properties of Woodfree Papers. International Conference WPP 2003, Chemical Technology of Wood, Pulp and Paper, Bratislava, Slovak Republic, pp:184-188.
- Karademir, A., Tutuş A., Mengenoğlu F., 2003b. Kağıt İç Yapıştırmasında Kaolen, CaCO₃, ve TiO₂ Dolgu Maddelerinin Alkil Keten Dimer (AKD)'i Tutma Karakteristikleri. XI. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiri Kitabı 3 Eylül 2003
- Karademir, A., Chew, Y.S., Hoyland, R.W., Xiao, H., 2005. Influence of Fillers on Sizing Efficiency and Hydrolysis of Alkyl Ketene Dimer, The Canadian Journal of Chemical Engineering, 83(3): 603-606.
- Karademir, A., İmamoğlu, S., 2007. Effects of Dry Strength Resin and Surfactant Addition on the Paper Made From Pulps with Different Freeness Level. Journal of Applied Science, 7(4):484-488.
- Karademir, A., Varlıbaş, H., Nağas, G., Leblebici, A., 2010. Kağıt Fabrikalarında Atık Su Arıtmasında Yeni Bir Yaklaşım. PAC-S. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Artvin, Cilt:V, s.1993-2001.
- Karahan, S., 2012. Ultrasonik Enerji ve Enzim Kullanımının Lazer Baskılı Ofis Kağıtlarından Yüzdürme Esaslı Mürekkep Giderme İşlemi Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Miyaniishi, T., 1998. Optimization Of Paper Machine Wet-End Neutral, PCC Filled Newsprint, "A Paper at 1998 TAPPI Coating/Paper Making Conference.
- Pokhrel, D., Viraraghavan, T., 2004. Treatment of Pulp and Paper Mill Wastewater - A review, Science of Total Environment, 333 (2004) 37- 58.

Eğilmeye çalışan budaklı kirişlerin sonlu elemanlar modelleri

Ergün Güntekin^a, Tuğba Yılmaz^{a,*}

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

* İletişim yazarı/Corresponding author: tugbayilmaz@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 27.06.2012, Kabul tarihi/Accepted: 07.01.2013

Özet: Ahşap malzemenin mekanik davranışını etkileyen en önemli faktörlerden biri de yapısında doğal olarak bulunabilen budaklardır. Budakların özellikle büyüklükleri ve yeri mekanik davranışı hangi derecede etkileyeceğini belirlemektedir. Yük altında eğilmeye çalışan ahşap kirişlerde budağın bulunması meydana gelen gerilmeleri ve deformasyonu etkileyebilmektedir. Bu çalışmada, farklı büyüklüklerde ve konumda budak ihtiva eden ahşap kirişlerin teorik ve sonlu elemanlar modelleri oluşturularak eğilme gerilmeleri ve deformasyon analizleri yapılmıştır. Bulunan deformasyon miktarları laboratuvar şartlarında test edilen kirişlerden elde edilen deformasyon değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda oluşturulan sonlu elemanlar modellerinin belirli yükler altındaki gerçek davranışına yakın değerler verdiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Ahşap kirişler, Sonlu elemanlar yöntemi, Budaklar

Finite element modeling of knot contained beams in bending

Abstract: One of the important factors that affect mechanical behavior of wood is knot that naturally occurs within. Particularly, the size and location of the knots will determine the level of this effect on mechanical behavior. The presence on knots in wood beams that are in bending may change the magnitude of the bending stresses and deformation. In this study, finite element models of the wood beams that contain knots in different shape and location have been generated and bending stress and deformation analysis have been performed. Amount of deformation obtained has been compared with those that are measured in laboratory conditions. Results of the study indicated that finite element models have given very realistic values under the loads applied.

Keywords: Beams, Finite element method, Knots

1. Giriş

Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması çok eskilere dayanmaktadır. Önceleri, deneyimlerle yapılan uygulama, mühendislik alanındaki ilerlemelere paralel gelişen yapı tekniğiyle bilimsel olarak yapılanmaya başlamıştır. Daha sonra, ahşap yapıda kullanılan birleştirme gereçlerinin de, aynı şekilde, modern teknolojiye göre araştırılıp yönetmeliklerde yer almaları ahşap yapının yaygınlaşmasına yardım etmiştir. Malzemelerin akıllıca ve dönüştürülerek kullanımının önemini kavramak, yaşam konforunu artıran, doğru planlama ve enerji öncelikli tasarım ile üretilen her türlü araç gerecin ve yapıların çoğalmasını desteklemek gerekmektedir. Hafif olması, dayanıklı olması, boyalarla artırılan yangın direnci, emprenye edilerek çürüme ve böcek tahribatına karşı korunması, yapı söküldüğünde yeniden kurulabilmesi, onarım ve plan değişikliğinin kolay olması, enerji ve çevre dostu, depreme dayanıklı olması, çelik, beton, taş ve kerpiçle mükemmel bir uyum içerisinde kullanılabilmesi gibi özellikler ahşap malzemenin ekolojik tasarım kriterleri ile uygun olduğunu göstermektedir (Bostancıoğlu vd., 2004).

Ahşap, yapı malzemesi olarak asırlarca kullanılmış, kendi bünyesinde bulundurduğu hafifliğine karşın dayanıklılığının yüksek oluşu, yazın serin kışın sıcak tutuşu, kolay sökülüp monte edilebilmesi gibi üstün fiziksel ve mekanik özellikleri sayesinde vazgeçilmez bir yapı

malzemesi olma özelliğini devam ettirmektedir (Uzunoglu vd., 2009).

Ahşabın yapı malzemeleri olarak kullanılabilmesi için mekanik davranışının bilinmesi gerekmektedir. Ahşap malzemenin mekanik davranışını etkileyen faktörleri doğal faktörler (özellikler, budaklar, lif kıvrıklığı, reaksiyon odunu vb.) ve çevresel faktörler (rutubet, sıcaklık, yük altında geçen zaman, böcek mantar zararlıları vb.) olarak ikiye ayırabiliriz.

Budak, dal odununun gövde içerisinde kalması sonucu oluşup, yapısal özelliği normal kök ve gövde odunundan farklılık göstermektedir. Budakların çapı, bulunduğu yer, büyüklüğü, budağın cinsi, miktarı mekanik özellikleri önemli ölçüde azaltabilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1987). Xu (2002) budakların eğilmede elastikiyet modülü üzerine olumsuz bir etkisi olduğunu ifade etmektedir. Aynı şekilde Rajput vd.(1980) da budakların boyutunun artmasıyla elastikiyet modülünün azaldığını ortaya çıkarmışlardır.

As vd. (2006) sarıçam odununda değişik budak oranlarında eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde budaksız örneklerle oranla elde edilen elastikiyet modülü değerlerini budağın basınç ve çekme tarafında bulunmasına göre incelemiştir. Budak oranının artmasıyla elastikiyet modülü doğrusal bir şekilde azalmaktadır.

Grant vd. (1984) liflere paralel çekme direncinin kenar budakları içeren kerestelerin, merkezinde budak içeren kerestelere göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Chui (1991) ahşap kirişlerde kesme direncinin budaklı örneklerde daha yüksek olduğunu, ancak, budaklı örneklerin

sadece %45'inin makaslama değerinin eşleştirilmiş örneklerden daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

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. SEM'i kullanan çok sayıda bilgisayar programı mevcuttur; ALGOR™, COSMOS/M™, NASTRAN™, ADINA™, ve ANSYS™ bunlara örnek olarak verilebilir (Güntekin, 2004).

Mackerle (2005) tarafından yapılan bir literatür taramasında 1995-2004 yılları arasında sonlu elemanlar metodunun ahşap ile ilgili araştırmalarda kullanıldığı 300'e yakın çalışmanın olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmalar ahşabın temel özelliklerinden yapıda kullanımına kadar birçok alanı içermektedir.

Türkiye'de 1995-2010 yılları arasında sonlu elemanlar metodunun kullanıldığı çalışma sayısı ULAKBİM verilerine göre 80 kadardır. Bunlardan sadece iki tanesi ahşap malzemenin kullanıldığı çalışmalardır.

Kasal vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada montaja hazır koltuk iskeletlerinin gerilme analizi sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada doğu kayını, sarıçam, kontraplak, MDF, OSB kullanılarak üç farklı koltuk iskeleti yapılmıştır. TS9215'e göre yüklenen çerçevelerin kırılma anında maksimum yükler bulunarak RISA 3D yapısal analiz programında modellenen aynı çerçevelere uygulanmıştır. Programdan elde edilen çerçeve elemanlarındaki aksenal, kesme ve eğilme gerilmeleri deneysel olarak elde edilen emniyet gerilmeleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada eğilme gerilmelerinin ve malzeme çeşidinin sistemin genel deformasyonu üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir.

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 yükleme testlerinden elde edilen moment-rotasyon eğrileri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada SEM modellerinin ve test yoluyla elde edilen eğrilerin birbirine yakın değerlerde olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmada doğal kusurlardan olan budakların yük altındaki kirişlerin eğilmedeki davranışına etkisi sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak modellenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada ahşap malzeme olarak ülkemizde yayılış alanlarının genişliği göz önüne alınarak Kızılcıam (*Pinus brutia* Ten.) kullanılmıştır. Çalışmanın amacına uygun olarak budaklı olan malzemeler seçilmiştir. Deney numuneleri, 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl nem şartlarında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir.

2.2. Yöntem

Bu çalışmanın ilk aşamasında deney örneklerinin rutubet ve yoğunlukları, elastikiyet modülü (E) değerleri

hesaplanmıştır (Çizelge 1). Budaksız örneklerde yüklemeler altında meydana gelen eğilme gerilmeleri ile deformasyon değerleri teorik olarak aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Eğilme gerilmesi } f_b = \frac{M}{S} \quad (1)$$

$$\text{deformasyon (sehim) } d = \frac{PL^3}{48EI} \quad (2)$$

Burada:

M = maksimum moment, Nmm

S = kesit modülü (mm³),

P = yük (N),

L = mesnet noktaları arası mesafe (mm),

E = elastikiyet modülü (N/mm²),

I = atalet momenti (mm⁴),

Kirişlerdeki deformasyonlar LVDT yardımıyla ölçülmüştür. İkinci aşama olarak ahşap kirişler sonlu elemanlar yazılımı olan COSMOSWorks programında modellenerek gerilme ve deformasyon analizleri yapılmıştır. Budaklar kirişlerde yerleri boşluk bırakılarak modellenmiştir. Sonlu elemanlar metoduyla problemlerin çözülebilmesi için programda modellerin geometrik ölçüleri, elastikiyet modülü, poisson oranı, elemanın 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. Bilgisayar destekli üç boyutlu yapısal analizler için izlenen genel prosedür aşağıdaki gibidir;

- Modelin oluşturulması
- Malzeme özelliklerinin belirlenmesi
 - Malzemenin elastikiyet modülü değerinin girilmesi
 - Poisson oranının girilmesi
- Mesnet noktaları ve yüklemenin tanımlanması
 - Mesnet noktalarının ve mesnet tiplerinin belirlenmesi
 - Kiriş modellerinin orta noktalarına yüklerin uygulanması
- Elemanlara ayırma
- Çözüm aşaması
- Sonuçların okunması

3. Bulgular ve tartışma

Şekil 1'de örnek bir COSMOS programı çıktısında üç numaralı deney örneği için 3021 N' luk yük altında oluşan gerilmeler gösterilmiştir.

Çalışmanın birinci aşamasında kusursuz bir kirişte deformasyon ve gerilmeler teorik olarak hesaplanarak sonlu elemanlar modeli sonuç değerleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 2) Teorik gerilme ve laboratuvarında elde edilen deformasyon değerleri ile sonlu elemanlar analizi ile elde edilen sonuçların son derece uyumlu olduğunu tespit edilmiştir.

Şekil 3'te orta noktadan yüklenen iki numaralı deney örneğinin yaklaşık orta noktasında bulunan 40-45 mm çapında bir budanın maksimum eğilme gerilmesi değerini yaklaşık 1.5 kat arttırdığı, aynı şekilde COSMOS programının budaklı örneğin deformasyon miktarını yaklaşık olarak tahmin ettiği gösterilmiştir. Şekil 4'te aynı büyüklükte fakat örneğin alt yüzeyine daha yakın bir budanın maksimum eğilme gerilmesi yaklaşık 2.4 kat

artırırken deformasyon değeri COSMOS programında gerçeğe çok yakın bir biçimde bulunmuştur.

Şekil 5'te dört numaralı örnekte yaklaşık 50 mm çapında yarım ay şeklinde bir budağın maksimum eğilme gerilmesini 3.5 kat arttırdığı tespit edilmiştir. Altı numaralı örnekte ise yaklaşık 40 mm çapında örneği boylamasına geçen bir budağın maksimum eğilme gerilmesini yaklaşık 4.3 kat arttırdığı belirlenmiştir (Şekil 7). Yedi numaralı örnekte ise yaklaşık 25-30 mm çapında üç adet budak örneğin nötral eksenine yakın konumlanmıştır. Bu örnekte maksimum eğilme gerilmelerinin teorik olarak 38 N/mm^2 , COSMOS programında ise 47 N/mm^2 olduğu görülmüştür.

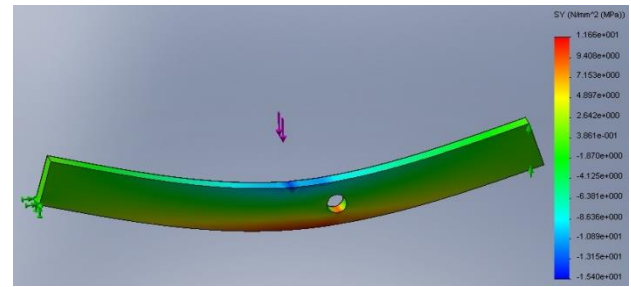
Laboratuvar ortamında ölçülen deformasyon değerleri COSMOS programında bulunan deformasyon değerleri ile tam olarak örtüşmektedir. Eğilmeye çalışan kirişlerde eğilme gerilmeleri alt ve üst yüzeylerde maksimum, nötral ekseninde ise 0'dır. Hooke kanununa göre yük altında bir elemanda elastik bölgede $E = \sigma / \varepsilon$ eşitliği geçerlidir. Dolayısıyla laboratuvar ortamında bulunan şekil değişiklikleri (deformasyonlar) oluşan gerilmelerin bir sonucudur.

Gere ve Timoshenko'ya (1997) göre çekmeye çalışan bir çubukta küçük deliklerin bile olması gerilme yoğunlaşmalarına sebebiyet vermekte ve gerilmeleri yaklaşık 3 katına kadar çıkarabilmektedir. Çalışmada da budakların kirişlerin çekmeye çalışan alt taraflarında olması gerilme miktarlarını yaklaşık 4.3 katına kadar çıkardığı görülmüştür. Bunun sebebi budakların kirişlerde atalet momentini düşürmeleridir. Bozkurt ve Göker'e (1987) göre

Ladin yapı kerestesinde budağın 15 mm'den 45 mm'ye çıkması çekme direncini % 85 oranında azaltmaktadır. Williams vd. (2000) e göre kerestenin yük altında davranışı budak veya boşluk olduğunda değişmemektedir. Ancak budakların etrafında lif kıvrıklığının olması oluşan gerilme dağılımlarını ve kırılmanın olacağı noktayı etkilemektedir (Bano vd., 2011).

Laboratuvar ortamında gerilmelerin tam olarak ölçülebilmesi için strengaçlere (strain gage) ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların kullanılması pahalı ve oldukça zaman alıcıdır. Sonlu elemanlar yönteminin kullanılması ile birçok mühendislik analizi pahalı laboratuvar analizlerinin önüne geçilerek yapılabilmektedir.

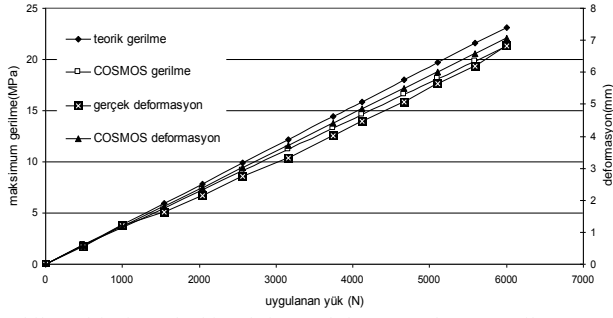
Ahşap doğal bir malzeme olduğu için budakların olması kaçınılmazdır. Yapısal olarak kullanılacak budaklı kirişlerin yük altındaki davranışı sonlu elemanlar metodu ile önceden tahmin edilebilir.



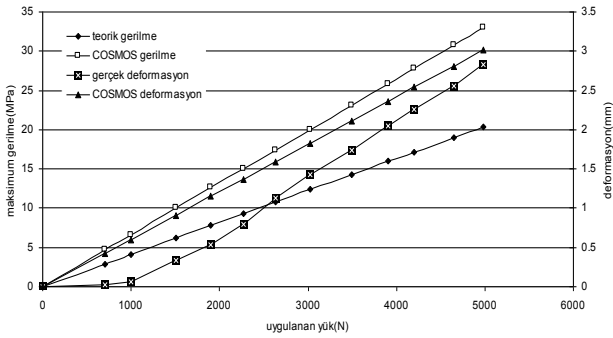
Şekil 1. COSMOS program çıktısı

Çizelge 1. Test edilen ve modellenen örneklerin genel özellikleri

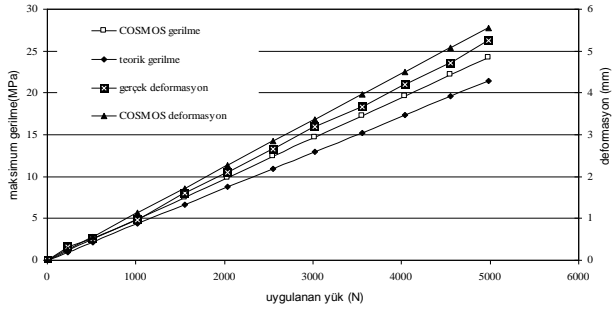
Örnek no	Örnek şekilleri	Boyutlar (mm)
1		L= 1000 b= 94 h= 44 E=6029 MPa d=0.58 g/cm ³
2		L = 1200 b=100 h=44 E=9617 MPa d=0.55 g/cm ³
3		L=1140 b= 93 h= 46 E=6342 MPa d=0.56 g/cm ³
4		L=1300 b= 100 h= 44 E=9519 MPa d=0.58 g/cm ³
5		L=1140 b= 89 h= 44 E=6380 MPa d=0.57 g/cm ³
6		L= 1140 b= 94 h= 44 E= 7618 MPa d=0.57 g/cm ³
7		L= 3000 b= 94 h= 44 E=12621MPa d=0.55 g/cm ³



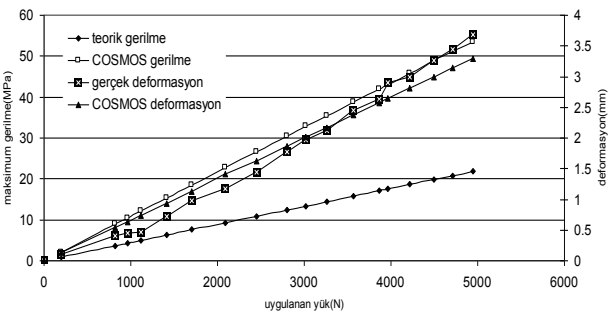
Şekil 2. Birinci örnekteki maksimum deformasyonların ve eğilme gerilmelerinin karşılaştırılması



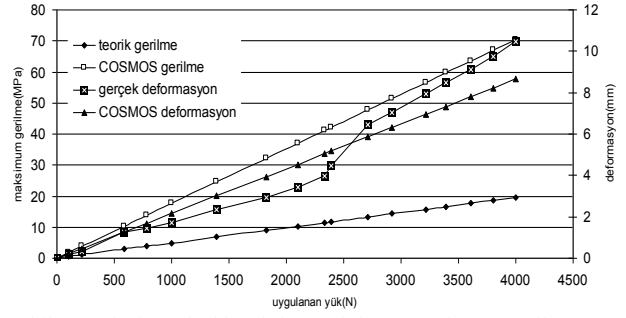
Şekil 3. İkinci örnekteki maksimum deformasyonların ve eğilme gerilmelerinin karşılaştırılması



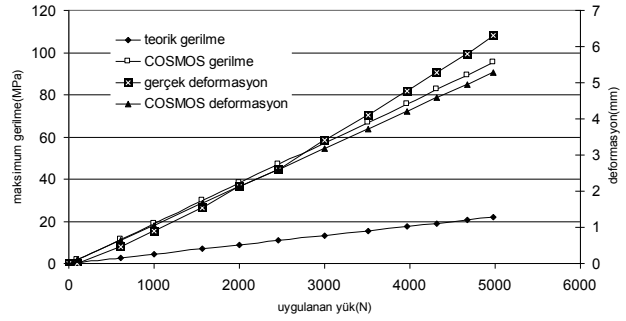
Şekil 4. Üçüncü örnekteki maksimum deformasyonların ve eğilme gerilmelerinin karşılaştırılması



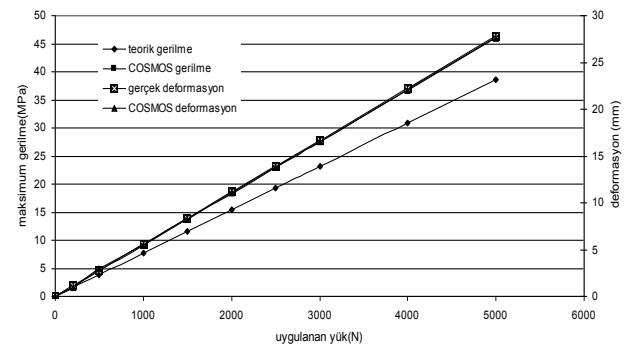
Şekil 5. Dördüncü örnekteki maksimum deformasyonların ve eğilme gerilmelerinin karşılaştırılması



Şekil 6. Beşinci örnekteki maksimum deformasyonların ve eğilme gerilmelerinin karşılaştırılması



Şekil 7. Altıncı örnekteki maksimum deformasyonların ve eğilme gerilmelerinin karşılaştırılması



Şekil 8. Yedinci örnekteki maksimum deformasyonların ve eğilme gerilmelerinin karşılaştırılması

Kaynaklar

- As, N., Göker, Y., Dünder, T., 2006. Effect of knots on the physical and mechanical properties of scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Wood Research*, 51(3):51-58.
- Bano, V., Arriaga, F., Solian, A., Guaita, M., 2011. Prediction of bending load capacity of timber beams using finite element method simulation of knots and grain deviation. *Biosystems Engineering*, (109): 241-249.
- Bostancıoğlu, E., Düzgün, E., 2004. Ekoloji ve ahşap-Türkiye'de ahşap malzemenin geleceği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 9, Sayı 2: 37-44.
- Bozkurt, A.Y., Y. Göker, 1987. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi. İ.Ü. Yayın No:3445, O.F. Yayın No: 388, İstanbul.
- Chui, Y.H., 1991. Simultaneous evaluation of bending and shear modulus of wood and the influence of knots on these parameters. *Wood Science and Technology*, 25:125-134.
- Grant, D.J., A. Anton, P. Lind, 1984. Bending strength, stiffness and stress-grade of structural *Pinus radiata*: Effect of knots and timber density. *New Zealand J. of Forestry Science*, 14(3):331-348.
- Gere, J.M., Timoshenko, S.P., 1997. *Mechanics of Materials*. PWS Publishing Company, NY, USA.

- Güntekin, E., 2004. Kavelalı mobilya köşe birleştirmelerinin sonlu elemanlar analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Sayı 1:159-169.
- Kasal, A., Efe, H., Erdil, Y.Z., 2007. Montaja hazır koltuk iskeletlerinin mukavemetinin sonlu elemanlar analizi ile belirlenmesi. Politeknik Dergisi, Cilt 10, Sayı 4: 411-422.
- Mackerle, J., 2005. Finite element analyses in wood research: a bibliography. Wood Science and Technology. 39(7): 579-600.
- Rajput, S.S., V.K. Gupta, R.C. Lohani, 1980. A study of effect of knot on the strength of timber. Journal of the Indian Academy of Wood Science 11(1):8-15.
- Xu, P., 2002. Estimating the influence of knots on the local longitudinal stiffness in radiata pine structural timber. Wood Science and Technology, 36: 501-509.
- Uzunoğlu, M.M., Emiroğlu, M., Kap, T., Yuca, Y., 2009. Ahşap iskelet sistemlerin deneysel ve nümerik olarak incelenmesi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, s. 2270-2280, Karabük.
- Williams, J.M., Fridley, K.J., Cofer, W. F., Falk, R.H., (2000). Failure modelling of sawn lumber with a fastener hole. Finite Element in Analysis and Design, 36(1), 83-98.

Kavak (*Populus nigra* x *Populus deltoides*) odunundan selüloz nanokristalit eldesi

Nilgül Özmen^{a,*}, Nihat Sami Çetin^a, Nasır Narhoğlu^a

^a Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kahramanmaraş

* İletişim yazarı/Corresponding author: nilgulozmen@hotmail.com, Geliş tarihi/Received: 08.01.2012, Kabul tarihi/Accepted: 02.10.2012

Özet: Selüloz yeryüzünde en yaygın bulunan, yenilenebilir ve biyolojik olarak bozunabilen doğal bir polimerdir. Farklı kaynaklardan örneğin lignoselülozik materyaller, çeşitli deniz hayvanları (tunisin, kitin) ve bakterilerden selüloz nanokristalit eldesi gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda selülozdan nanoparçacık eldesi üzerine çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Bu çalışmada kavak odunundan sodyum borhidrür (NaBH_4) ilaveli kraft kağıt hamuru pişirme yöntemi ile kağıt hamuru üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen kağıt hamurlarından önce α -selüloz ve bunlardan da asit hidroliz tekniği kullanılarak selüloz nanokristalit eldesi başarı ile gerçekleştirilmiştir. Farklı oranlarda (%0,3, %0,5 ve %0,7) NaBH_4 ilavesi kağıt hamuru elenmiş verimi üzerine etkisi belirlenmiş, NaBH_4 ilavesindeki artış elenmiş kağıt hamuru verimini artırmıştır. Pişirme esnasında %0,7 oranında NaBH_4 ilavesi kağıt hamuru verimini %5,5 oranında, α -selüloz verimini %7,4 ve nanokristalit verimini %3,5 oranında artırmıştır. Üretilen selüloz nanokristalleri atomik güç mikroskopunda (AFM) karakterize edilmiştir. AFM analizleri ile kavak odunundan üretilen selüloz nanokristalit boyutları 10 ± 4 nm çapında ve 250 ± 80 nm uzunluğunda olduğu ölçülmüştür.

Anahtar kelimeler: Kavak kağıt hamuru, Sodyum borhidrür ilaveli kraft pişirme, α -selüloz, Selüloz nanokristalit

Production of cellulose nanocrystallites from poplar wood (*Populus nigra* x *Populus deltoides*)

Abstract: Cellulose is one of the most abundant, renewable, biodegradable natural polymer. Cellulose nanocrystallites were obtained from lignocellulosic resources, various sea animals (tunicin, chitin) and bacterial cellulose. Recently, there has been an increased interest in the production of nanocrystals from cellulose. In this study, the pulps were produced from poplar wood chips by kraft pulping method with the addition of sodium borohydride (NaBH_4). Firstly, α -cellulose was produced from the pulp and then cellulose nanocrystallites were produced from this α -cellulose. The effect of the NaBH_4 addition (0%, 0,3%, 0,5% and 0,7%) on the screened pulp yields were determined and found that increasing the NaBH_4 addition, increased the screened pulp yield. Addition of the 0,7% NaBH_4 into cooking liquor improved the yields of the pulp, α -cellulose and nanocrystallite around 5,5%, 7,4% and 3,4%, respectively. The produced nanocrystallites were characterized with Atomic Force Microscope (AFM). The dimensions of the nanocrystallites produced from poplar wood were measured 10 ± 4 nm width and 250 ± 80 nm long by AFM analysis.

Keywords: Poplar pulp, Sodium borohydrate added kraft pulp, α -cellulose, Cellulose nanocrystallites

1. Giriş

Kompozit malzeme denildiğinde genelde iki ya da daha fazla sayıdaki, aynı veya farklı gruptaki malzemelerin iyi özelliklerini, yeni ve tek bir malzemede toplamak amacıyla birleştirilmesiyle meydana getirilen malzeme olarak tanımlanabilir ve bu malzemelerden en az biri üretim esnasında katı haldedir. Geçmişte polimer matris içerisine mikro ya da makro yapıda takviye edici malzemelerin kullanılması ile kompozit üretimi gerçekleştirilmiştir. Kompozit üretimi esnasında lignoselülozik kökenli takviye elemanları yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Son yıllarda takviye edici parçacıklar olarak nano boyutlarda yapıların kullanılması ile nanokompozit üretimi çalışmaları üzerine yoğun araştırmalar yapılmaya başlanmıştır.

Nanokompozit nanoyapıda düzenlenmiş yeni materyalleri temsil etmekte olup, üretilen kompozitlerin nanokompozit olarak tanımlanabilmesi için takviye edici elemanların en azından bir boyutunun 100 nanometreden

ufak olması şarttır. Takviye malzemelerin boyutlarının nano ölçeklere kadar küçülmesi ile yüzey alanlarının artması sağlanmış ve takviye edici malzemeler ile polimer matris arasındaki etkileşimin artırılması sonucu polimer nano kompozitlerin özelliklerinde iyileşmeler gözlemlendiği rapor edilmiştir. Bu sayede polimer nanokompozitlerin maliyetleri düşerken fiziksel ve mekanik özelliklerinde iyileşmeler gözlemlenmektedir (Coughlin vd., 2007).

Günümüze kadar nanokompozit alanında yapılan çalışmaların büyük bir kısmı nano boyutta inorganik takviye ediciler üstünde gerçekleştirilmiştir. Genelde en çok rastlanılan türler montmorillonite kili, silika ve TiO_2 'dir. Biyolojik bozunum özelliklerine sahip doğal kaynaklardan elde edilen nano takviye elemanlarının kullanımı kısıtlı kalmıştır (Azizi Samir vd., 2005). Son yıllarda biyo-kökenli yenilenebilir kaynaklardan elde edilen organik güçlendirici maddelerin kullanımına başlanmıştır ve bu yönde yapılan çalışmaların sayıları artış göstermiştir (Favier vd., 1995a; Anglis ve Dufrense, 2000). Doğal takviye elemanları

arasında lignoselülozik kaynaklardan, çeşitli deniz hayvanlarından (*tunisin, kitin*) ve bakteri selülozundan elde edilen selüloz nanokristalitleri (*whiskers*) başta gelmektedir. Biyokütle içerisinde lignoselülozik lifler arasından polimer matrislerde takviye elemanı olarak selüloz nanokristalitlerinin kullanımı önem kazanmıştır (Favier vd., 1995a; 1995b; Azizi Samir vd., 2004; 2005).

Doğal nano boyutta takviye elemanları arasında en önemlilerinden biri selüloz nanokristalitleridir. Nanokristalitler denildiğinde, belli ve kontrollü koşullar altında üretilebilen ve yüksek saflıkta tek kristalitlerden oluşan yapılar anlaşılmaktadır. Selüloz mikrofibrilleri birçok farklı kaynaktan mekanik ve kimyasal muameleler ile ayrıştırılabilir. Bu selüloz fibrilleri kaynağına bağlı olarak yaklaşık 5 ile 10 nm çapında ve uzunluğu 100 nm'den yüz mikrometrelere kadar olabilmektedir. Her fibril kristal ve amorf bölgeler içermektedir. Asit hidrolizi ile bu amorf bölgeler çözündürülmekte ve geriye kristal bölgeler yani selüloz nanokristalitleri kalmaktadır (Şekil 1).

Çok farklı lignoselülozik kaynağından selüloz nanokristalit üretimi gerçekleştirilmiştir. Hidroklorik asit ve sülfürik asit hidrolizi ile mikrofibrillerden, mikro kristal selülozdan (MCC), kitin ve bakteriyel selülozdan selüloz nanokristalit üretimi gerçekleştirildiği rapor edilmiştir (Bondeson vd., 2006a; 2006b). Pamuk liflerinden sülfürik asit yöntemiyle selüloz nanokristalit üretimini gerçekleştirmiş ve işlem koşullarının (süre, sıcaklık ve ultrasonik muamelelerin) selülozun mikrokristal yapısı üzerine etkisi çalışılmıştır (Dong vd., 1998). Artan süre ile kristalit boyutlarının kısaldığı ve yüzey yüklerinin arttığı rapor etmiştir. Bitkisel Makromoleküller Araştırma Merkezi'nde (CERMAV, CNRS, Fransa) çok farklı kaynaklardan buğday sapı, tunisin vb. selüloz nanokristalit üretimi gerçekleştirilmiştir (De Souza Lima ve Borsali, 2004). Son zamanlarda selüloz nanokristalit üretimi MCC (mikro kristal selüloz) kullanılarak üretilmektedir. MCC selüloz yaygın olarak eczacılık alanında tablet ve kapsül üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Selüloz nanokristalit eldesinde en yaygın kullanılan yöntem selülozun sülfürik asit ile hidroliz edilmesidir. Selülozun hidrolizi üzerine asit konsantrasyonunun etkisi büyüktür. Elde edilen selüloz kristalleri üzerine sülfat grupları bağlanmakta ve kristalitlerin yüzeyleri negatif yük sergilemektedir. Anyonik karakterdeki bu selüloz nanokristalitler kararlı koloidal bir süspansiyon özelliği göstermektedir. Süspansiyon kritik konsantrasyon değerinin üstünde *chiral nematic faz* sergiler (kristalitler düzleme paralel olarak düzenlenirler) (Şekil 2).

Farklı yöntemlerle elde edilen selüloz kristalitlerinin yapısını karakterize etmek için farklı teknikler kullanılmıştır. Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) (Dong vd., 1998; Sassi ve Chanzy, 1995), X ray ve nötron difraksiyon (Nishiyama vd., 2003), Nükleer Manyetik Rezonans Spektroskopisi (NMR) (Heux vd., 1999; Kono vd., 2002) ve Atomik Güç Mikroskobu (AFM) (Backer vd., 1998; 2000) ile selüloz kristalitlerinin karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Selüloz birçok farklı odun kaynağından mekanik ve kimyasal muameleler ile ayrıştırılabilir. Bu çalışmada kavak odunundan farklı oranlarda sodyum borhidrür (NaBH_4) ilaveli kraft kağıt hamuru pişirmesi gerçekleştirilmiş ve NaBH_4 ilavesinin kağıt hamuru verimi üzerine etkisi belirlenmiştir. Ayrıca üretilen bu farklı kağıt hamurlarından öncelikle α -selüloz üretimi ve üretilen α -selülozlardan asit

hidroliz tekniği kullanılarak nanokristalit eldesi gerçekleştirilmiştir. Pişirme esnasında katılan NaBH_4 oranının α -selüloz ve nanokristalit verimi üzerine etkisi belirlenmiştir. Üretilen nanokristalitler Fourier Dönüşümlü İnfra Red Spektroskopisi (FTIR) ve Atomik Güç Mikroskobu (AFM) teknikleri kullanılarak karakterize edilmiştir.

2. Materyal ve yöntem

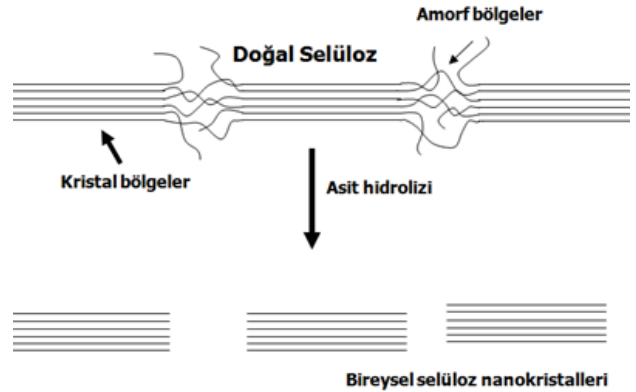
2.1. Materyal

I-214 Melez kavak odunu (*Populus nigra x Populus deltoides*) hammadde olarak kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kimyasallar sodyum hidroksit (NaOH), sodyum borhidrür (NaBH_4), sodyum klorit (NaClO_2), sülfürik asit (H_2SO_4) Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir. Tüm kimyasallar herhangi bir saflaştırma işlemine tabi tutulmadan temin edildiği şekliyle kullanılmıştır.

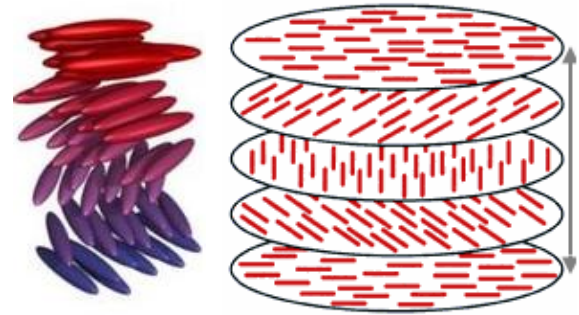
2.2. Yöntem

2.2.1. Kraft-sodyum borhidrür kağıt hamuru üretim yöntemi

Kraft-sodyum borhidrür kağıt hamuru üretim yönteminde pişirme sıcaklığı 170°C ve çözelti/yonca oranı 4/1 olarak sabit alınarak her biri üç kez tekrarlanmak üzere 4 farklı toplamda 12 adet pişirme gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Asit hidrolizi ile selülozun amorf bölgelerinin uzaklaştırılması ve selüloz nanokristalitlerin eldesi (Çetin vd., 2010)



Şekil 2. Kristalitlerin süspansiyon içerisinde *chiral nematic faz* şeklinde düzenlenmesinin şematik gösterilmesi (Anonim, 2010)

Pişirme çözeltisinde aktif alkali oranı %16, farklı sodyum borhidrür (NaBH_4) oranları (%0, %0,3, %0,5 ve %0,7) ve sülfidite oranı %25 olarak ayarlanmıştır.

Siyah çözeltinin uzaklaşması için üretilen hamurlar 200 meshlik elek üzerinde bol su ile yıkanmış ve takibinde laboratuvar tipi hamur disintegratöründe belli bir konsantrasyonda 10 dakika süreyle açılıp, yarık açıklığı 0,15 mm olan sarsıntılı ve vakumlu kağıt hamuru eleğinde elenmiş ve pişmeyen kısımlar ayrılmıştır. Elenen kısımdan %20-25 kuru madde oranına kadar suyu uzaklaştırılmasının ardından hamurlar polietilen torbalara aktarılmış ve denge rutubete ulaşması için 24 saat ağzı kapalı şekilde bekletilmiştir. Takibinde hamurun rutubeti TAPPI T 210 cm-86 standart metoduna göre tespit edilerek, elenmiş verim tayini yapılmıştır (Anonim, 1992).

Elek üzerinde kalan pişmemiş kısımlar ise alınıp 103°C deki fırında kurutulduktan sonra 30 dakika fosfor pentoksit içeren desikatör içerisinde bekletildikten sonra ağırlıkları tespit edilmiştir. Tam kuru lif ağırlığına oranlanarak elek artığı oranı tayin edilmiştir. Elenen verim ve elek artığı miktarları toplanıp tam kuru lif ağırlığına oranlanarak toplam verim tespit edilmiştir.

2.2.2. α -Selüloz eldesi

Üretilen kağıt hamurları üzerinden holoselüloz ve α -selüloz eldesi Browning'e (1967) göre gerçekleştirilmiştir. Üretilen holoselüloz ve α -selüloz vakum fırında 50°C 'de 24 saat süre ile kurutulmuş ve fosfor pentoksit içeren desikatör içerisinde 30 dakika bekletildikten sonra ağırlıkları ölçülmüştür.

2.2.3. Selüloz nanokristalit eldesi

Üretilen α -selüloz örneklerinden sülfürik asit kullanılarak asit hidroliz tekniği ile selüloz nanokristalit üretimi gerçekleştirilmiştir (Çetin vd., 2009a, 2009b). 10 g α -selüloz örneği bir beher içersine yerleştirilmiş, yeterli miktarda su ilave edildikten sonra homojen oluncaya kadar karıştırılma işlemine devam edilmiştir. Beher buz banyosu içersine yerleştirilerek büret aracılığı ile sülfürik asit ilavesi damlalar şeklinde gerçekleştirilmiş ve yeterli miktarda sülfürik asit (8mol/L) ilave edildikten sonra beher 44°C 'de ısıtılmış yağ banyosu içersinde 3 saat boyunca ısıtılmıştır. Sürenin sonunda karışımın santrifüj işlemi yardımıyla saf su kullanılarak asit uzaklaştırılmıştır. Santrifüj işleminde çökelti (sediment) saklanmakta ve çökeltinin üstünde yüzen üst süzöntü faz (supernatant) uzaklaştırılmaktadır. Çökelti üzerine ultra saf su ilave edilip karıştırılmakta ve karışım turbid oluncaya kadar bu işleme devam edilmiştir (pH 3-4 arası). Diyaliz yöntemi ile üretilen selüloz nanokristalitlerin pH'si ayarlandıktan sonra su ve nanokristalit karışımı soğutuculu ultrasonik banyoda 10°C 'de 24 saat bekletilmiş ve takibinde Ilshin marka liyafizatorde -50°C 'de kurutulduktan sonra selüloz nanokristalit verimi hesaplanmıştır.

2.2.4. Atomik güç mikroskop (AFM) analizleri

AFM ölçümleri Solver Pro-M marka atomik güç mikroskopunda gerçekleştirilmiştir (NT-MDT, Moskova). AFM analizi öncesi 5×10^{-6} g selüloz nanokristalit çözeltisi hazırlandıktan sonra, karışım ultrasonik banyoda 10°C 'de 24

saat bekletilmiştir. Selüloz nanokristalit ve su karışımından boyutlandırılmış silikon yongalar üzerine damlatıldıktan sonra temiz ortamda laminar kabin altında 48 saat süre ile kurutulmaya bırakılmıştır. Tüm ölçümler oda sıcaklığında Si yongalar üzerinde temas modunda (contact mode) 1,01 Hz frekansta kaydedilmiştir.

2.2.5. FTIR analizi

Analiz için örnekler toz haldeki KBr ile karıştırılmış (KBr/selüloz oranı; 100:1) ve bu karışım özel presi yardımıyla sıkıştırılıp KBr pelletleri oluşturulmuştur. FTIR analizler Shimadzu FTIR 8400s spektrofotometre yardımıyla 4000 ile 400 cm^{-1} dalga uzunluklarında 4 cm^{-1} çözünürlükte ve her bir örnek için 40 tarama yapılarak gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

Bu çalışmada selüloz kaynağı olarak kavak odunu seçilmiştir. Sodyum borhidrür (NaBH_4) ilaveli kraft yöntemine göre kağıt hamuru üretilmiş, farklı oranlarda NaBH_4 ilavesinin kağıt hamuru verimi üzerine etkisi belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 1'de gösterilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi pişirme çözeltisi içersine %0,7 oranında NaBH_4 kullanılan pişirmelerde en yüksek elenmiş verim elde edilmiştir (%56,6).

Kraft yöntemi ile kağıt hamuru eldesinde ligninin uzaklaştırılması için kullanılan alkali konsantrasyonu normal olarak çözünebilir polisakarit bileşenlerinin çözünerek uzaklaşmasını sağlayacak kadar yüksek olduğu belirtilmiştir. Soyulma reaksiyonlarının gerçekleştiği son uç gruplarının modifikasyonu verimi artırma açısından önemli olduğu ve kullanılacak güçlü indirgen yapıdaki NaBH_4 pişirme esnasında selüloz zincirinin indirgen ucundaki karbonil grubunu hidroksil grubuna indirgeyerek muhtemel soyulma reaksiyonunu durdurduğu ve bunun sonucunda yüksek verim elde edildiği rapor edilmiştir (Tutuş, 2008).

Kavak odununu ve ondan farklı oranlarda NaBH_4 katılması ile elde edilen kağıt hamurları FTIR spektra analizi ile karakterize edilmiştir (Şekil 3). Şekil 3a'da kavak odununun FTIR spektrası incelendiğinde 3410 cm^{-1} 'de hidrojen bağlı OH grubu gerilme piki, 2923 cm^{-1} 'de CH gerilme piki, 1735 cm^{-1} ve 1605 cm^{-1} 'deki pikler sırasıyla hemiselüloz (ksilan) bünyesinde bulunan C=O ve C-O gruplarının absorpsiyon pikleri, 1646 cm^{-1} 'deki pikin absorbe edilmiş OH grubundan kaynaklandığı tespit edilmiştir. 1510 cm^{-1} deki pik odun bünyesinde bulunan ligninin aromatik gruplardan ve 1267 cm^{-1} lignindeki guasil grubundan kaynaklanmaktadır. 1461 cm^{-1} 'deki pik ligninin C-H deformasyonu ve 1427 cm^{-1} karbohidratlardaki C-H grubundan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 1. Kraft- NaBH_4 yöntemiyle kavak odunundan kağıt hamuru üretiminde uygulanan pişirme koşulları ve elde edilen hamurların verim özellikleri (Değerler üç farklı pişirmenin ortalamasıdır.)

NaBH_4 Oranı (%)	Süre (dak.)	NaOH Oranı (%)	Elenen Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim (%)
0	150	16	51,1	3,0	54,0
0,3	150	16	54,9	1,5	56,4
0,5	150	16	54,3	0,4	54,7
0,7	150	16	56,6	0,4	56,9

1375 cm^{-1} selüloz ve hemiselülozdaki C-H deformasyonundan ve 1320 cm^{-1} selülozdaki -CH titreşimi, 1160 cm^{-1} selüloz ve hemiselülozdaki C-O-C grubunun titreşiminden ve 1058 cm^{-1} hemiselüloz ve selülozdaki C-O gerilme piki ve ayrıca 898 cm^{-1} selülozun C-H deformasyon piki olarak tanımlanmıştır. %0, %0,3, %0,5 ve %07 oranlarında sodyum borhidür (NaBH_4) ilaveli kraft yöntemine göre kavak odunundan elde edilen kağıt hamurlarının FTIR spektraları Şekil 3b, c, d ve e'de gösterilmiştir. Pişirme işlemi sonrasında tüm kağıt hamuru örnekleri benzer spektral sonuçlar vermiştir. Elde edilen kağıt hamurlarında pişirme işlemi esnasında hemiselülüzün büyük bir bölümünün uzaklaştırıldığı, FTIR spektralarındaki hemiselülüzün (ksilan) bünyesinde bulunan C=O ve C-O gruplarından kaynaklanan 1735 cm^{-1} ve 1605 cm^{-1} deki absorpsiyon piklerinin yok olmasından anlaşılmaktadır. Ayrıca kağıt hamurundan ligninin etkin bir şekilde uzaklaştırıldığı, ligninin aromatik gruplarından kaynaklanan 1510 cm^{-1} deki, ligninin C-H deformasyonundan kaynaklanan 1461 cm^{-1} deki ve lignindeki guasil gruplarından kaynaklanan 1267 cm^{-1} deki piklerin kaybolmasından anlaşılmaktadır.

Farklı oranlarda NaBH_4 katılımı ile üretilen kavak odunu kağıt hamurlarının kristal dereceleri (Şekil 4) FTIR analiz sonuçları ile hesaplanmıştır. FTIR analizlerinde A_{1370}/A_{670} oranları relatif kristal indeks belirlenmesinde kullanılmıştır (Richter vd., 1991). Şekilden de görüleceği gibi kağıt hamuru pişirme esnasında ilave edilen NaBH_4 miktarının artırılması, elde edilen kağıt hamurunun kristalitesini de artırmıştır.

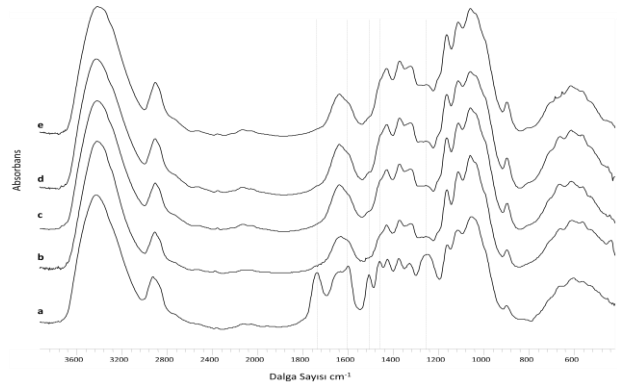
Farklı oranlarda NaBH_4 ilaveli kraft yöntemi ile üretilen kağıt hamurları (Şekil 5a) öncelikle delignifikasyon işlemine tabi tutularak kalıntı lignin uzaklaştırılmış ve saf holoselülüz üretilmiştir. Bu holoselülözlerden α -selülüz eldesi (Şekil 5b) ve elde edilen α -selülüzler üzerinden nano parçacık üretimi denenmiştir.

Önceki bir çalışmada (Çetin vd., 2010) mikrokristal selülozdan (MCC) nanokristalit eldesi esnasında 180 dakika 44°C 'de ideal sülfürik asit konsantrasyon oranı ise 8 mol/L ve 8,5 mol/L bulunmuştur. Bu konsantrasyon seviyesinde nanokompozit üretimi için uygun boyutlarda ve yüksek verimde nanokristalit eldesi gerçekleştirildiği belirtilmiştir. Önceden yapılan başka bir çalışmada ise koloidal süspansiyon şeklinde Rami ve Pamuk etkin bir şekilde 24 saat 20°C 'de 9,69 ve 9,94 mol/L arasındaki konsantrasyonlarda başarı ile gerçekleştirilmiştir. Düşük asit konsantrasyonlarında (9,18 mol/L) asidin etkisi 24 saat süresince belirgin olmamış, 72 saatten sonra kısmi olarak belirgin olmaya başlamıştır. Yüksek asit konsantrasyonlarında (10,04 mol/L ve üstünde) selülüzün kısmi değil, tamamen hidroliz olduğu tespit edilmiştir. Asit konsantrasyonunun yanında hidroliz süresi ve sıcaklığının da selülüz nanokristalit verimi üzerine etkisi olduğu rapor edilmiştir (Dong vd., 1998). Hidroliz süresinin artırılması kristalit yüzeylerinde sülfat gruplarının artması ve buna bağlı olarak yüzey yüklerinin (negatif) artmasına neden olmaktadır.

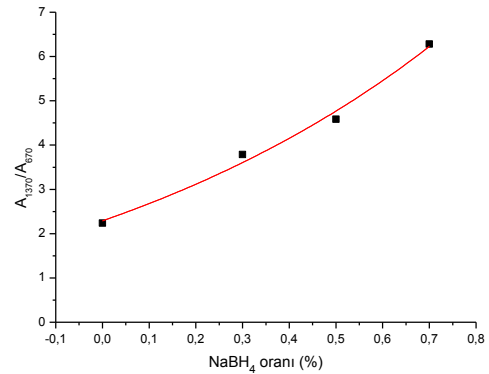
Şekil 6'da kavak odunundan NaBH_4 ilaveli (%0,7) ve ilavesiz gerçekleştirilen kraft pişirme işlemi sonrasında elde edilen kağıt hamuru, bu kağıt hamurlarının delignifikasyon işlemine tabi tutularak üretilen saf holoselülüz, bu holoselülüzden üretilen α -selülüz, ve bu α -selülüzden asit hidroliz tekniği ile üretilen nanokristalit

verimi başlangıçtaki kavak odun hammadesi oranına göre yüzdesel olarak verilmiştir. Pişirme esnasında %0,7 oranında NaBH_4 ilavesi kağıt hamuru verimini %5,5 oranında, saf holoselülüz verimini %5,8, α -selülüz verimini %7,4 ve nanokristalit verimini %3,5 oranında artırmıştır. Üretilen α -selülüz örnekleri sülfürik asit ile (180 dakika, 44°C ve 8 mol/L asit konsantrasyonu) hidroliz edilmiş ve başarı ile nanokristalit elde edilmiştir.

Üretilen selülüz nanokristalitleri atomik güç mikroskopunda (AFM) karakterize edilmiştir. Şekil 7'den de görüleceği gibi üretilen selülüz kristalitleri nano ölçekte dir. AFM analizleri sonucunda kavak odunundan üretilen selülüz nanokristalit boyutları 10 ± 4 nm çapında ve 250 ± 80 nm uzunluğunda olduğu ölçülmüştür.



Şekil 3. a)Kavak odunu b)Kavak kağıt hamuru (%0 NaBH_4 katılım oranı) c)Kavak kağıt hamuru (%0,3 NaBH_4 katılım oranı) d)Kavak kağıt hamuru (%0,5 NaBH_4 katılım oranı) e)Kavak kağıt hamuru (%0,7 NaBH_4 katılım oranı) FTIR spektraları



Şekil 4. Kraft yöntemi ile kavak odunundan kağıt hamuru üretim esnasında selülüzün IR kristalitesi üzerine NaBH_4 katılımının etkisi

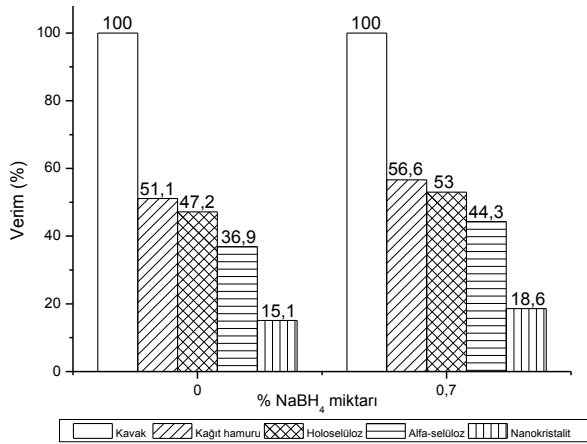


a)

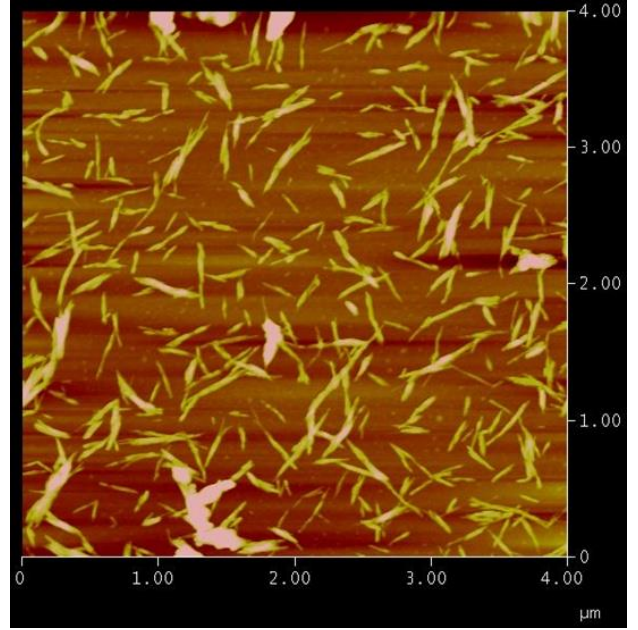


b)

Şekil 5. a) Kavak odun yongalarından üretilen kağıt hamuru (sağ NaBH_4 ilavesiz, sol %0,7 NaBH_4 ilaveli) b) Kavak kağıt hamurundan üretilen α -selüloz örnekleri (sağ NaBH_4 ilavesiz, sol %0,7 NaBH_4 ilaveli)



Şekil 6. Kavak yongalarından kağıt hamuru ve takibinde elde edilen kağıt hamurlarından holoselüloz, α -selüloz ve nanokristalit verimi üzerine NaBH_4 ilavesinin etkisi



Şekil 7. Kavak α -selülozundan elde edilen nanokristalitlerin AFM görüntüleri

4. Sonuç

Bu çalışmada, farklı oranlarda (%0, %0,3, %0,5 ve %0,7) NaBH_4 ilavesi ile kavak odunundan kraft yöntemi ile kağıt hamuru elde edilmiş ve NaBH_4 ilavesinin kağıt hamuru verimini olumlu olarak etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca üretilen kağıt hamurlarının kristalitesi FTIR spektra analizi ile hesaplanmış ve NaBH_4 katılım oranının artışına bağlı olarak kağıt hamurlarının kristalitesinin de arttığı görülmüştür. %0 ve %0,7 oranında NaBH_4 ilave edilen kağıt hamurlarından asit hidroliz yöntemi ile başarılı bir şekilde selüloz nanokristalit üretimi gerçekleştirilmiştir. %0,7 oranında NaBH_4 ilaveli kraft yöntemi ile üretilen kağıt hamurlarından daha yüksek verimde selüloz nanokristalit eldesi gerçekleştirilmiştir. Üretilen nanokristalitlerin yapısı atomik güç mikroskobu (AFM) ile karakterize edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma BOREN Projesi (2010.Ç.0254) ve 110O138 numaralı TÜBİTAK Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Angle's, M. N., Dufresne, A. 2000. Plasticized starch/tunicin whiskers nanocomposites: 1. Structural analysis. *Macromolecules*. 33(22): 8344-8353.
- Anonim, 1992: TAPPI Test Methods 1992-1993. Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.
- Anonim 2010. http://en.wikipedia.org/wiki/Liquid_crystal
- Azizi Samir, M. A. S., Alloin, F., Sanchez, J.-Y., El Kissi, N., Dufresne, A., 2004. Preparation of cellulose whiskers reinforced nanocomposites from an organic medium suspension. *Macromolecules*, 37: 1386-1393.
- Azizi Samir, M. A. S., Alloin, F., Dufresne, A. 2005. Review of recent research into cellulosic whiskers, their properties and their application in nanocomposite field. *Biomacromolecules*, 6: 612-626.
- Backer, A. A., Helbert, W., Sugiyama, J., Miles, M.J. 1998. Surface structure of native cellulose microcrystals by AFM. *Appl. Phys. A*. 66: 559-563.
- Backer, A. A., Helbert, W., Sugiyama, J., Miles, M.J. 2000. New

- insight into cellulose structure by atomic force microscopy shows the Ia crystal phase at near atomic resolution. *Biophys. J.* 79(2). 1139-1145.
- Bondeson, D., Kvien, I., Oksman, K., 2006a. Strategies for Preparation of Cellulose Whiskers from Microcrystalline Cellulose as Reinforcement in Nanocomposites. *Cellulose Nanocomposites Processing, Characterisation and Properties*. Oksman, K ve Sain, M. editör. ACS Symposium Series 938, 10-25.
- Bondeson, D., Mathew, A., Oksman, K., 2006b. Optimization of the isolation of nanocrystals from microcrystalline cellulose by acid hydrolysis. *Cellulose*, 13: 171-180.
- Browning, B. L., 1967. *Methods of Wood Chemistry, Volume 1 and 2*. Interscience Publishers, London,
- Coughlin, D., Gilbert, P., Masia, S., Roper, T., 2007. *Nanotechnology and the paper/forest product industry*, Tennessee, USA.
- Çetin, N. S., Tingaut, P., Özmen, N., Henry, N., Harper D., Dadmun, M., Sebe, G., 2009a. Acetylation of Cellulose Nanowhiskers with Vinyl Acetate under Moderate Conditions. *Macromolecular Bioscience*. 9: 997-1003.
- Çetin, N. S., Özmen, N., Tingaut, P., Harper, D., 2009b. Chemical Modification of Cellulose Whiskers with Acetic Anhydride. 10th International Conference on Wood & Biofiber Plastic Composites & Cellulose Nanocomposites Symposium. Madison Wisconsin USA. 11-13 Mayıs 2009.
- Çetin, N.S., Özmen, N., Narlıoğlu, N., 2010. Preparation of Cellulose Whiskers from Cellulose. The 1st International Symposium on Environment and Forestry, Trabzon, Turkey, 1530-1539.
- De Souza Lima, M., Borsali, R., 2004. Rod-like cellulose Microcrystals: Structure, Properties and Applications. *Macromol. Rapid Communications*. 25: 771-787.
- Dong, X. M., Revol, J.F., Grayi D.G., 1998. Effect of microcrystallite preparation conditions on the formation of colloid crystals of cellulose. *Cellulose*. 5(1): 19-32.
- Favier, V., Chanzy, H., Cavaillé, J.Y., 1995a. Polymer nanocomposites reinforced by cellulose whiskers. *Macromolecules*, 28: 6365-6367.
- Favier, V., Canova, G., Cavaillé, J.Y., Chanzy, H., Dufresne, A., Gauthier, C. 1995b. Nanocomposite materials from latex and cellulose whiskers. *Polymers for Advanced Technologies*, 6, 351-355.
- Heux, L., Dinand, E., Vignon, M.R., 1999. Structural aspects in ultrathin cellulose microfibrils followed by ¹³C CP-MAS NMR. *Carbonhydr. Polym.* 40(2): 115-124.
- Kono, H., Yunoki, S., Shikano, T., Fujiwara, M., Erata, T., Takai, M., 2002. CP/MAS ¹³C NMR study of cellulose and cellulose derivatives. 1. Complete assignment of the CP/MAS ¹³C NMR spectrum of the native cellulose. *J. Am. Chem. Soc.* 124(25). 7506-7511.
- Nishiyama, Y., Langan, P., Chanzy, H., 2003. Preparation of tunicin cellulose I-beta samples for X-ray and neutron diffraction. *Fibre Diffraction. Rev.* 11. 75-78.
- Richter, U., 1991 *Strukturänderungen von cellulose durch alkali behandlung: physikalische und chemische beurteilungsmethoden*, Doktora Thesis, 1991.
- Sassi, J. F., Chanzy H., 1995. Ultrastructural aspects of the acetylation of cellulose. *Cellulose*. 2(2). 111-127.
- Tutuş, A., 2008. Buğday Sapı Kağıt Hamuru Verimi Üzerine Sodyum Borhidrürün Etkisi. 2. Ulusal Bor Çalıştayı, Ankara, 303-310

Kastamonu'daki hastane bahçelerinin peyzaj tasarımlarının değerlendirilmesi

Çiğdem Sakıcı^{a,*}, Suzan Çelik^b, Özkan Kapucu^b

^a Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Kastamonu

^b Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kastamonu

* İletişim yazarı/Corresponding author: csakici@kastamonu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 29.06.2012, Kabul tarihi/Accepted: 16.01.2013

Özet: Hastaneler, her insanın yaşamı boyunca sağlık sorunları ya da ziyaret için mutlak gittiği sağlık kurumlarıdır. Genellikle hastaneye giden insanlar tedirgin, gergin ve stres içerisinde olur. Peyzaj mimarlarının, kullanıcılar üzerinde stres yaratan hastane ortamına zıt bir dış mekan olarak hastane bahçelerine mutlaka açık yeşil alan düzenlemeleri içerisinde yer vermesi gerekir. Hastane bahçelerinin kullanıcıların stresten uzaklaşmalarına, sakinleşmelerine yardımcı olduğu ve hastaların tedavilerinde gözle görülür oranda olumlu katkı sağladığı birçok bilimsel araştırmalarda ortaya konmuştur. Diğer dış mekan tasarımlarından farklı olarak hastane bahçeleri tasarlanırken, estetik kaygılar ikinci plana atılmalı öncelikle kullanıcıların istek ve ihtiyaçları doğrultusunda tasarım yaklaşımlarına yer verilmelidir. Kullanılan her türlü donatı ve malzemede bu hususlara dikkat etmek gerekir. Bu çalışmada Kastamonu'daki 6 hastane bahçesi deneysel kaliteler yardımıyla detaylı bir şekilde incelenmiştir. Puan tablosu yardımıyla hastanelere verilen puanlar sonucunda hastane bahçelerinin sorunları ortaya konulmuş ve hastanelerin ortak problemleri belirlenip çözüm önerileri getirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Hastane bahçeleri, İyileştirici bahçe, Terapi alanları

Evaluation of landscape designs of hospital gardens in Kastamonu

Abstract: Hospitals are health institutions providing care services for people. The people who go to a hospital for getting a medical treatment usually feel anxious, tense, and stressful. Hospital gardens must be exactly the opposite of hospital environment. They should help to calm and relax the patients, and provide a positive contribution to the treatment, as well. When designing the hospital gardens, aesthetic considerations should be kept in the background, and requests and needs of users should be given priority in the design approach. In this study, six hospital gardens in Kastamonu are investigated in detail with the help of experimental qualities. The problems of hospital gardens have been put forward with the help of scoring table, common problems of the hospitals have been identified, and solutions to these problems have been proposed.

Keywords: Hospital garden, Healing garden, Therapeutic areas

1. Giriş

Hastaneler; hastalar, aileler ve ziyaretçiler için kafa karıştırıcı, korkutucu, stresli ortamlardır. Hasta güvenli ve konforlu evinden ayrılıp hastane ortamına gelmiştir ve çevresini hiçbir şekilde kontrol edememektedir. Kişi çevresini kontrol edebilme kabiliyetini yitirdiğinde stresi artar ve tedaviden uzaklaşır (Maslow, 1970). Hastane çevreleri genellikle kompleks ve alışılmadık dışında bir görünüm sergilediği için gerginlik yaratan bir ortam olarak tanımlanmaktadır. Bu alanların zihinsel yorgunluğa, algılamaya ile ilgili kargaşaya ve fiziksel, psikolojik ve davranışsal açıdan olumsuz etkilere sebebiyet verdiği düşünülmektedir (Varni ve Katz, 1997; Bowers, 2003). Fiziksel açıdan kalp atışı, solunum ve kan basıncında artış (Ulrich, 1991), psikolojik açıdan korku, endişe, depresyon ve yalnızlık gibi olumsuz hisler (Marcus ve Barnes, 1999), davranışsal açıdan ise uykusuzluk, sinirlilik, dirençsizlik, pasif olma, hastane yönetimine uymama gibi etkiler (Ulrich, 1999) şeklinde kendini gösterir. Kullanıcıları bu olumsuz etkilerden biraz olsun uzaklaştırabilmek için doğal alanların kullanıcıları rahatlatdığı, daha az endişeye sebebiyet verdiği ve samimiyeti artırdığı gerekçesiyle hastane bahçelerinde doğa ile iç içe olabileceği tedavi edici bahçelere yer verilmelidir (Kaplan ve Kaplan, 1983).

Hastane bahçeleri fiziksel rahatlatma, stres azaltma, iyi olma hissini artırma, hafıza yenileme, fiziksel hareketliliği ve motivasyonu artırma gibi etkiler sağlayan pasif ya da yarı pasif aktivitelerin gerçekleştirildiği açık alanlardır (Elings, 2006). Bu aktiviteler gözlemleme, dinlenme, gezinme, dolaşma, oturma, alanı hissetme gibi aktivitelerdir (Marcus ve Barnes, 1999). Sosyalleştirme, mahremiyet, dolaşma, egzersiz, güneşli ve gölgeli ortamlarda oturma seçenekleri veya keşif gezileri, doğal ortamın oluşturduğu estetik öğular sağlık yapılarının bahçelerinde tedavi edici ortamlar oluşturur (Marcus ve Barnes, 1999).

“İyileştirme” (healing), sağlık durumunun gelişmesi ya da kişinin yeni şartlarını kabullenip kendini geliştirmesi anlamına gelmekte ve çoğunlukla kendini tamamıyla iyi hissetme hali olarak adlandırılan yararlı bir süreci tanımlamaktadır (Akin, 2006). Bahçe ortamının 3 ana durumlu iyileşme sürecine katkısı bulunmaktadır. Birincisi, hastalığın fiziksel belirtilerinin giderilmesi, bu belirtilerin farkındalığıdır. Travma ya da akut tarzı hastalıkları olan bireylerin ağrıyı yönetmede iyileştirmenin önemi büyüktür. İyileştirmenin ikinci şekli, medikal ortamda fiziksel ve duygusal olarak yorulan bireylerin rahatlaması ve streslerinden uzaklaşmasıdır. Böylece, fiziksel gelişimin sağlanmasının yanı sıra iyileşme tüm duylarda gelişir. Üçüncüsü de süregelen hastalıkları olan hastalar için iyi olma

hissi, faaliyet durumundaki artış şeklinde görülür (Marcus ve Barnes, 1995).

Hastane bahçelerinin hastalar üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koyabilmek için birçok araştırmacının çalışmalarından yararlanılmıştır. Bu çalışmalar (I) Bu bahçelerin hastaların ruh hallerini olumlu yönde etkilediğini (Marcus, 2001; Zeisel, 2001) (II) Dış mekandaki bahçe ve doğal alanların video görüntüleri, slaytları, fotoğrafları dahi hastaların kendilerini iyi hissetmelerine yardımcı olduğu ve sağlıklarını olumlu yönde etkilediği (Arnetz vd.,1983; Theorell, 2001) (III) Çiçek, kaya, gökyüzü, su, ağaç, çim gibi doğal görünümünün hastaların ferahlamalarına ve rahatlamalarına yardımcı olduğunu ortaya koymuştur (Ulrich, 1984; 1991; 2001).

Bu çalışma yardımıyla Kastamonu merkezde bulunan 6 hastane bahçesi irdelenmiş ve bu hastane bahçelerinin eksiklikleri ortaya konulup çözüm önerileri geliştirilmiştir. Böylece mevcut hastane bahçelerinin mevcut durumlarının farkındalığının sağlanması amaçlanmıştır.

1.1. Hastane bahçelerinin tarihsel gelişimi ve ülkemizdeki durum

Erken dönemlerde tıpla uğraşanlar huzurlu, rahatlatan mekanların ve ruhsal doyumu sağlayan ortamların iyileştirici etkilerini kavramış, inanca ve ruhsal duruma yönelik iyileştirme yöntemlerini benimsemişlerdir (Ergenoğlu ve Aytağ, 2007). Orta çağın ilk yarısında manastır içindeki hastaneler için tedavi edici alan olarak manastır bahçesi kullanılmıştır (Warner, 1995). 1950'lerde II. Dünya Savaşı'ndan sonra rehabilitasyon talebi artmış, tıbbi rehabilitasyon biçimi gündeme gelmeye başlamıştır. Bu tarihlerde rehabilitasyon merkezlerinde terapi amacı olarak doğal elemanlar kullanılmaya başlanmıştır (Söderström, 2000). 1957'de rehabilitasyon planlarında bahçenin terapi değeri anlaşılmaya başlanmış ve bu alanlar tanımlanmaya çalışılmıştır (Menninger ve Pratt, 1957; Riordan, 1983). Sonra bu bahçeler zamanla hobi bahçesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin İngiltere'deki Mary Marlborough Lodge'deki terapi bahçesi başlangıçta 5-12 yaş tekerlekli sandalye kullanan çocukların rahatlamaları amacıyla kullanılırken, zamanla çocukların hobi alanı olma özelliği göstermiştir (White, 1967).

1980'lerde bitkisel terapi tıp biliminde yaygınlaşmış ve doğallıkla ilgili bütün aktiviteler ve tedavide bahçeyi de kullanma fikri bu tarihlerde görülmeye başlanmıştır (Ulrich, 1984). İnsanların doğal alanlarda zaman geçirmelerinin onların ruh hallerine olumlu yönde katkı sağladığı gerçeğini birçok bilim adamı çalışmalarıyla ortaya koymuştur. (Kaplan ve Kaplan, 1989; Whitehouse vd., 2001; Varni vd., 1996). Ulrich yaptığı bir çalışmada stresli katılımcıların doğal çevreye yalnızca 4-6 dakika maruz kaldıktan sonra kan basıncında düşme, tansiyonlarında düzelme olduğunu gözlemlemiştir (Ulrich ve Parsons, 1992). Ayrıca böyle bir alanda iyi bir ruh haline büründükleri de ortaya çıkmıştır. Sağlıklı insanlarla yapılan çalışmalarda ise doğal alan ya da doğal alan simülasyonlarının görsel açıdan 3-5 dk gibi kısa bir sürede dahi önemli psikolojik onarım etkilerinin olduğu ortaya çıkmıştır (Ulrich vd., 1991; Hartig vd., 1995; Fredricksan ve Levenson, 1998; Parsons ve Hartig, 2000; Vanden Berg vd., 2003). Ulrich'in insanların doğal çevreye maruz kaldıklarında pozitif hislere sahip olduklarını ortaya koyan daha birçok çalışması vardır (Ulrich, 1981; 1984; 1992; 2000). Relf (1992) insanların aşına olduğu ağaç ya da

çiçeklerin bulunduğu bir çevreye daha iyi adapte oldukları gerçeğini göstermiştir.

Bu denli önemli olan hastane bahçelerinin bugün ne durumda olduklarının belirlenmesi ve problemlerinin ortaya konularak çözüm önerilerinin geliştirilmesi hastanelerin kullanıcılarının ruh hallerinin pozitif açıdan değişebilmesi adına oldukça önemlidir. Bu çalışma, Kastamonu'daki tüm hastanelerin bahçelerinin mevcut durumlarının ortaya konulması, 3 deneyimsel kalite ve puanaj tablosu yardımıyla değerlendirilmesi ve problemlerin ortaya konularak çözüm önerilerinin geliştirilmesini amaçlamıştır. Böylece bu çok ciddi problemin farkındalığının sağlanması amaçlanmaktadır.

2. Kastamonu'daki hastane bahçelerinin mevcut durumlarının ortaya konulması

Kastamonu şehir merkezinde bulunan 6 hastane çalışma kapsamında incelenmiştir. Bu hastaneler sırasıyla 1. Şerife Bacı Devlet Hastanesi, 2. Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi, 3. Münif İslamoğlu Devlet Hastanesi, 4. Özel Anadolu Hastanesi, 5. Özel İsfendiyar Anadolu Hastanesi ve 6. Özel Uğurlu Hastanesi'dir. Kastamonu ilinin Türkiye'deki yeri ve bu hastanelerin şehir merkezindeki konumları Şekil 1'de gösterilmiştir.

2.1. Deneyimsel kaliteler yardımıyla hastane bahçelerinin mevcut durumlarının belirlenmesi

Hastane bahçelerinin değerlendirilme kriterleri, hastane bahçeleri üzerine ortaya konulan Ulrich (1999)'in 4 kaynağı (1. Gizlilik ve kontrol hissi, 2. Sosyal destek (sosyal iletişim), 3. Fiziksel hareket ve egzersiz, 4. Doğallık ve pozitif dikkat dağıtıcılar), Kaplan ve Kaplan (1989)'ın faktörleri (uzaklaşma, boyut, cazibe ve uyumluluk) ve dinamikleri (tutarlılık, karışıklık, okunaklılık ve gizem), Marcus ve Barnes (1999)'in elemanları (Sosyallik, gizlilik, gezinti, enerji gerektiren hareketli egzersizler, güneş ya da gölge, oturma ya da keşfetme ve doğallığın estetiği) ve ayrıca diğer araştırmacıların (Hartig vd., 1991) çalışmalarını kullanarak Bowers (2003)'ün yüksek lisans çalışmasında ve Sakıcı (2009)'nın yılında ortaya koyduğu doktora tezinde bu kaynaklar, faktörler, dinamikler ve elemanlar 3 terapi sağlayıcı (sağlık veren, insana güç veren) deneyimsel kalitede sentez haline getirilmeye çalışılmıştır. Çalışmalarımızda hastane bahçelerini değerlendirmek için bu deneyimsel kaliteler kullanılmıştır. Bu deneyimsel kaliteler; duyuşsal uyarım, hareket, denetimdir (denetleyebilme) (Bowers, 2003; Sakıcı, 2009). Bu deneyimsel kalitelerden kısaca bahsetmek gerekirse;

Duyuşsal uyarım (Sensory stimulation)

İnsan duyuları uyarıldıkları zaman çalışır ve bütün bu uyarıların kaynağı da bireyin çevresidir (Hartig vd., 1991). Bir çok mekanda olduğu gibi özellikle hastane bahçelerinde duyuşsal uyarım çok önemlidir ve hastaların iyileşmelerinde ve çevrelerini fark etmelerinde oldukça önemli kriterlerden bir tanesidir. Terapi sağlamak amacıyla tasarlanan doğal alanların monotonluktan uzak, çoklu duyuşsal uyarım sağlayan alanlar olması gerekir (Brawley, 1992; Ghose, 1999). Bu monotonluktan uzaklık alanın tüm kaynak değerleri (su ögesi, arazi morfolojisi, yeşil alan, bitki kompozisyonu, kayalık ortam vb.) için geçerlidir. Alan ne

kadar çok duyuşsal uyarım sağırlarsa kullanıcıların dikkati o kadar doğal alana toplanır ve onları kendi sıkıntı ve streslerinden uzaklaştırrır.

Duyusal uyarım, doğallığı görerek ya da iletişim kurarak duyulara hitap etme yoluyla sağılan uyarıdır. Çevrede duyusal çeşitlilik hastane bahçelerinde tercih edilen bir özelliktir (Orians ve Heerwagen, 1992). Duyusal uyarım tasarımcı tarafından aynılık içinde farklılık oluşturarak, mimari elemanları kullanarak, doğallığı taklit yoluyla elde edilir. Görmek, duymak, test etmek, dokunmak ve koklamak olmak üzere beş duyu organına hitap eden doğal alanlar rehabilitasyon için oldukça iyi alanlardır. Appleton (1975; 1990; 1996) hastanedeki duyusal özelliklerin kullanıcıların tehlikeden uzaklaşmalarına yardımcı olduğunu bildirmiştir. İnsanlara sağlık kazandırma açısından tasarımda duyusal uyarım sağlamak kritiktir. Orta derecede uyarı, konfor ve optimum performans oluştururken çok aşırı uyarı performans düşüşüne sebep olur. Duyusal uyarımda doğallığı taklit etmek en olumlu yoldur. Doğallık bütün duyuları uyarır ve aynılık içinde farklılık sağlar, ne çok aşırı benzerlik ne de çok aşırı karşıtlık sergiler. Müzik, sanat çalışmaları, hayvanlar, su sesi ve görüntüsü, doğal elemanların sesi ve görüntüsü pozitif dikkat dağıtıcı elemanlar olarak karşımıza çıkar. Duyusal yoksunluk zihinsel olayları azaltır (Kaplan, 1992). Açık alan terapi ünitelerinde duyusal uyarım sağlayan elemanlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Hareket (Movement)

Hareket basitçe insan vücudundaki büyük kas gruplarının kullanılması sonucu kullanıcının alanda egzersiz yapması ya da hareket etmesi olarak tanımlanabilir. Hastaların hem fiziksel hem de sosyal kabiliyetlerini desteklemek ve cesaretlendirmek gerekir (Tyson, 1998) Vücudu hareketlendirmek, egzersiz yapmak, insan vücudundaki kasları kullanarak gerçekleşir. Marcus ve Barnes (1999) egzersiz yapmanın insandaki endişeyi ve depresyonu azaltmaya ve fiziksel olarak stresi kontrol altında tutmaya yardımcı olduğunu ortaya koymuştur. Bahçe kullanım açısından kullanıcıyı harekete cesaretlendirirse kullanıcıların depresyon seviyelerinde düşmeler söz konusu olur (Anonim, 2004).

Kaplan ve Kaplan (1989)'a göre insanların en önemli ihtiyaçlarından birisi de çevrelerini anlamak ve keşfetmektir. Okunaklılık ve gizem bu ihtiyacı karşılamada önemli kriterlerdendir. Uzaklaşmak, rutin hayatını bırakıp yeni yerler keşfetmek kişinin stresinden uzaklaşmasına ve sağlık kazanmasına yardımcı olur. Uzaklaşma için fiziksel olarak yer değişimi şarttır. Kişinin kısa zamanda çevresini keşfetmesi, kullanıcıların etkinliklere doğru hareket etmesi açısından önemlidir.



Şekil 1. Kastamonu'daki ele alınan hastanelerin şehir merkezindeki konumları

Çizelge 1. Açık alan terapi ünitelerinde duyusal uyarım sağlayan elemanlar (Sakıcı, 2009)

Görme ile ilgili	<ul style="list-style-type: none"> • Su yüzeyi ve akışı • Bitkilerin karakteristik özellikleri • Farklı dallanma, çiçek, meyve, yaprak, renk, form, tekstür (doku), çizgi özellikleri, mevsimsel değişimler • Aydınlatma (voltaj farklılıkları)
İşitme ile ilgili	<ul style="list-style-type: none"> • Akustik deneyimler • Müzik, su sesi, yaprak hışırdaması, kuş, böcek sesi, rüzgar sesi
Koku ile ilgili	<ul style="list-style-type: none"> • Güzel kokulu bitkiler • Aromatik yapraklar
Dokunma ile ilgili	<ul style="list-style-type: none"> • Farklı doku özelliği gösteren bitkiler • Damar, pürüzlülük, tüy, yumuşaklık • Farklı doku özelliği gösteren mimari elemanlar • Duvar, döşeme, bordür, korkuluk malzemeleri
Tat ile ilgili	<ul style="list-style-type: none"> • Bazı bitkilerin yenilebilme özelliği

Denetim (Control)

Basitçe anlamı seçenektir. Etkinlik seçimi yapabilmek olarak tanımlanabilir. İnsanın çevresini kontrol edebilmesi alan çeşitliliği, seçenek üretme, kontrollü kişisel erişilebilirlik, gizlilik olanakları, yol bulma gibi seçenekler sağlanarak artırılabilir (Ulrich, 1999). Hastane bahçeleri hem grup hem de kişisel olarak kullanılacak mekanlar sağlamalıdır. Alanda çeşitlilik sağlamak hastaya seçme şansı verir. Bu durum kendi kendine yol gösterme hissini artırdığından stres seviyesini düşürür (Ulrich, 1999; Anonim, 2004). Çevrenin güvenlik, gizlilik, sosyal aktivite, oyun ve hareket gibi insanlara olanakları seçme şansı sağlaması, alana terapi sağlayıcı özellik katar. Tahmin edilebilirlik, denetim diğer önemli elemanlardır. Ölçek, ışık, sıcaklık, nem, alanın kullanımında, açık alanlar ve kapalı gizli alanlar his kontrolünü artırabilen tasarım elemanlarından bazılarıdır (Appleton, 1975).

Belirlenen deneyimsel kalitelere göre Kastamonu'daki hastanelerin bahçeleri incelenmiştir.

2.1.1. Şerife Bacı Devlet Hastanesi

- Duyusal uyarım: Bahçede insanların duyu organlarını uyarıcı heykel, havuz, akustik deneyimler, farklı karakteristik özellik gösteren bitkiler gibi tasarım elemanlarına yer verilmemiştir. Bahçede bank ve masa vardır ancak sayı olarak yeterli değildir. Ayrıca banklar çok bakımsız görünmektedir. Bahçedeki açık-yeşil alan miktarı yeterli gibi görünse de kullanılabilir alan miktarı oldukça kısıtlıdır. Bahçede çam ağaçları ve sayıca az olan çalı formu bitkiler bulunmaktadır. Ancak mevsimsel değişiklikleri gösteren bitkilere yer verilmemiştir. Bahçede suyun sesinden ve görüntüsünden yararlanılmamıştır (Şekil 2).
- Hareket: Alanda hareket etmeyi tetikleyecek bir yapı neredeyse bulunmamaktadır. Sadece çocuklar için park yapılmıştır. Bahçeyi komple dolaşan patika sistemi bulunmamakta yürüyüş yaparak, rahatlamak, stresinden uzaklaşmak isteyen kullanıcıların bu ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir mekan bulunmamaktadır. Alanda gizem yaratacak ve insanlarda merak uyandıran elemanlara da yer verilmemiştir. Kullanıcıların spor yapabilecekleri yerler

yoktur. Kullanıcıların alan içerisinde daha güvenli ve konforlu hareket edebilmesi için yaya ve taşıt ayrımı kısmen de olsa yer verilmiştir (Şekil 2).

- Denetim: Kullanıcılara etkinlik çeşitliliği sunumu neredeyse yok sayılır. Etkinlik olarak bankların bir kısmı ağaçların altına konarak gölgeli bir alan oluşturulmuş, bir kısmı da güneşe konularak güneşli bir alan oluşturulmaya çalışılmış. Kullanıcılara güneş ve gölge mekanı seçme şansı tanınmıştır. Ancak kullanılan donatılar oldukça konforsuz görünmektedir. Birde çocuklar için park alanı mevcuttur (Şekil 2).

2.1.2. Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi

- Duyusal uyarım: Bahçede vurgu noktası olarak bir havuz kullanılmıştır. Ancak bu havuz atıl vaziyette durmakta ve içerisinde su bulunmamaktadır. Bahçede yeşil alan miktarı yeterli görünmekte ancak çimler bakımsız durmakta ve toprak görünmektedir. Bahçede çam ağaçları, mevsimsel değişimi gösteren yaprağını döken ağaçlar ve çalı formu bitkiler kullanılmıştır. Bahçede oturup hastanenin olumsuz ve stresli ortamından uzaklaşabilecek, doğa ile iç içe olabilecekleri mekanlar bulunmaktadır. Bahçe tam anlamıyla bakımlı sayılmasa da genel itibarıyla pek olumsuz bir görünüm vermemektedir (Şekil 3).
- Hareket: Bahçe içerisine kullanıcıların güvenliği için araç girmemektedir. Bahçe içini komple dolaşan ve bahçeyi dikdörtgen şekillerde bölen yürüyüş yolları vardır. Bu yollar kullanıcıları alan içerisinde yürüyüşe teşvik etmektedir. Ayrıca alanda mini golf sahası bulunmaktadır. Fizik tedavi açısından oldukça faydalıdır (Şekil 3).
- Denetim: Alanda bulunan oturma elemanları yeterlidir. Ancak bu oturma elemanlarının çoğunun sırt ve kollukları olmadığından dolayı fizik tedavi gören kişiler için kullanımı çok uygun değildir. Ayrıca banklar genelde ağaç altlarına yerleştirilmiş olduğunda güneşlenmek isteyen kullanıcılar için seçenekler düşünülmemiştir. Ayrıca banklar sabit olduğundan bir araya gelip toplanarak etkinlik yapabilecekleri mekanlara yer verilmemiştir. Golf ve yürüyüş yolları haricinde farklı etkinliklere yer verilmemiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Şerife Bacı Devlet Hastanesi bahçesinden görünüm (Foto: Çiğdem Sakıcı)



Şekil 3. Fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezi bahçesinden görünüm (Foto: Çiğdem Sakıcı)

2.1.3. Münif İslamoğlu Devlet Hastanesi

- Duyusal Uyarım: Hastane büyük bir alana sahip olmasına rağmen yeşil alan bakımından kısıtlı bir yapıya sahiptir ve bu kısıtlı yeşil alanın etrafı da korkuluklarla çevrilerek kullanıcıların bu alana girmeleri demir çitler yardımıyla engellenmiştir. Alandaki bitkisel çeşitliliği daha çok iğne yapraklı türler oluşturmaktadır. Bu yüzden mevsimsel değişim gösteren, yaprak, çiçek, meyve güzelliği olan bitkilere yer verilmemiştir. heykel, havuz, akustik deneyim, uyarıcı elemanlara vb. elemanlara alan içerisinde yer verilmemiştir. Alan içerisinde çeşme bulunmaktadır. Hastane bahçesi içerisinde tanımsız, boş alanlar bulunmaktadır. Bu alanların mutlaka kullanım alanına dönüştürülmesi gerekir. Bahçede bulunan oturma elemanı sayısı azdır ve bu elemanlar yeşil alan üzerine değil de beton üzerine yerleştirilmiştir. Yeşil alan tamamıyla görsel açıdan kullanılmaktadır (Şekil 4).
- Hareket: Bahçe içerisinde araç ve yaya yolu ayrımı yoktur. Buda kullanıcıların güvenliği açısından olumsuz bir durumdur. Kullanıcıların bahçede hareket etmelerini destekleyecek hiçbir gizemli tasarım elemanına yer verilmemiştir. Bahçede spor ve yürüyüş yapabilecekleri alanlar da bulunmamaktadır. Bu durum kullanıcıları hareket yönünden kısıtlamaktadır (Şekil 4).
- Denetim: Bahçede hiçbir şekilde kullanıcılar düşünülmemiştir. Bahçe içerisinde bir tane kafeterya bulunmakta ve kullanıcılar bundan başka bir yerde oturup dinlenememektedir. Denetim açısından bahçe çok zayıf bir yapıya sahiptir. Bahçe kullanıcıları seçim yapabileme şansı sunmamaktadır. Etkinlik çeşitliliği yoktur. Yeşil alanın kullanıma açılmaması bahçenin kullanıcılar üzerinde oluşturacağı olumlu etkiyi yok etmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Münif İslamoğlu Devlet Hastanesi bahçesinden görüntüler (Foto: Çiğdem Sakıcı)



Şekil 5. Özel Anadolu Hastanesi bahçesinden görüntüler (Foto: Çiğdem Sakıcı)



Şekil 6. Özel İsfendiyar Anadolu Hastanesi bahçesinden görüntüler (Foto: Çiğdem Sakıcı)

2.1.4. Özel Anadolu Hastanesi

- Duyusal uyarım, hareket ve denetim Hastane iki yol arasında kalıp dış mekanı bulunmamaktadır. Kullanıcılar direk hastaneye girip işlerini bitirdikten sonra hastaneyi terk etmektedir. Duyusal uyarım, hareket ve denetim adına hastanede hiçbir deneysel kaliteye yer verilmemiştir. Zaten hastane binası da hastane olacak diye yapılmamıştır. İlk önce otel olarak planlanmış daha sonra hastaneye dönüştürülmüştür (Şekil 5).

2.1.5. Özel İsfendiyar Anadolu Hastanesi

- Duyusal uyarım, hareket ve denetim: Bu hastane de Anadolu hastanesinin başka bir şubesidir. Bu hastanede de deneysel kaliteler adına hiçbir düzenlemeye yer verilmemiştir. Bu hastanede ufak ta olsa bir bahçe vardır ancak tamamen beton zeminden oluşmuş olup otopark olarak kullanılmaktadır (Şekil 6).

2.1.6. Özel Uğurlu Hastanesi

- Duyusal uyarım, hareket ve denetim: Özel Uğurlu Hastanesi'nin de bahçesi bulunmamaktadır. Yalnızca otopark olarak kullanılan bir alan vardır. Ancak Uğurlu Hastanesi'nin yeni binası yapım aşamasında ve yakın bir zamanda bu binaya taşınacaklardır. Yeni yapılan hastane binasının bahçesi geniş olup detaylı bir çevre düzenlemesi düşünülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Özel Uğurlu Hastanesi bahçesinden görünüm (Foto: Çiğdem Sakıcı)

2.2. Puantaj tablosu yardımıyla hastane bahçelerinin mevcut durumunun değerlendirilmesi

Kastamonu'daki hastane bahçelerinin mevcut durumunun ve eksikliklerinin net bir şekilde ortaya konulabilmesi için, Sakıcı'nın (2009) doktora çalışmasında hastane bahçelerinin değerlendirilmesi amacıyla oluşturduğu puantaj tablosu kullanılmıştır. Bu puantaj tablosunda hastane bahçeleri konfora yönelik tasarım özellikleri, tedavi etmeye yönelik tasarım özellikleri ve yol bulmaya yönelik tasarım özellikleri olmak üzere üç ayrı grupta incelenmiştir (Çizelge 2). Hastanelerde yapılan gözlemler ve görüşmeler sonucunda ve ayrıca alan verileri kullanılarak elde edilen bilgiler yardımıyla araştırmacılar ve 5 peyzaj mimarı tarafından belirlenen her özelliğe, puanlar verilerek hastane bahçelerinin mevcut durumları ortaya konulmuş ve birbirlerine göre bahçe açısından konumları belirlenmiştir.

Mevcut hastane bahçelerinin konfora yönelik, yol bulmaya yönelik ve tedavi etmeye yönelik tasarım kriterlerini ne oranda taşıdığını belirleyebilmek için hastane bahçeleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda oluşturulan puantaj tablosundan elde edilen sonuçlara göre; çalışma kapsamında incelenen hastaneler arasında genel başarı yüzdesi en yüksek olan hastane %51.69 ile (107 puan) Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi olurken, genel başarı yüzdesi en düşük olan hastaneler ise sırasıyla %1.93 (4 puan) ile Özel İsfendiyar Anadolu Hastanesi, %3.86 (8 puan) ile Özel Anadolu Hastanesi ve %4.38 (10 puan) Özel Uğurlu Hastanesi'dir. Hastanelerin tasarım kriterlerine göre başarı yüzdeleri ayrı ayrı incelendiğinde ise; konfora yönelik tasarım kriterleri bakımından Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi %48.96 (47 puan) ile en yüksek, Özel Uğurlu Hastanesi, Özel İsfendiyar Anadolu ve Özel Anadolu %2.08 (2 puan) ile en düşük başarı oranına sahiptirler. Tedavi etmeye yönelik tasarım kriterleri bakımından Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi %50.72 (35 puan) ile en yüksek, Özel Uğurlu Hastanesi %2.90 (2 puan), Özel Anadolu Hastanesi ve Özel İsfendiyar Anadolu Hastanesi %0 (0 puan) ile en düşük başarı oranına sahiptir. Yol bulmaya yönelik tasarım kriterleri bakımından ise Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi %59.52 (25 puan) ile en yüksek, Özel İsfendiyar Anadolu Hastanesi %4.76 (2 puan) ile en düşük başarı oranına sahiptir. Elde edilen sonuçlardan da

anlaşıldığı üzere Özel Uğurlu Hastanesinin, Özel Anadolu Hastanesinin ve Özel İsfendiyar Anadolu Hastanesinin genel başarı yüzdesi %5'in altındadır. Bu tarz hastane bahçelerinin amacına hizmet edebilmesi için en azından %50'lik bir oranda bu kriterleri barındırması gerektiği düşünülmektedir. İncelenen hastaneler arasında bu oranı tek sağlayabilen hastane bahçesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi %51.69 (107 puan) olmuştur. Ancak en iyi hastanenin bile başarı yüzdesi, hastane bahçelerinin amacına hizmet edebilmesi için en az seviyede gerekli olan %50 başarıyı ancak sağlayabilmektedir. Bu hastanelerin eksiklikleri, sorunları Çizelge 2'de görülmektedir.

3. Sonuç ve öneriler

Çalışma kapsamında Kastamonu'daki 6 hastane bahçesi tek tek ele alınmış olup incelenen hastane bahçelerinin bazılarında bir takım düzenlemelerin yapıldığı ancak bu düzenlemelerin terapi açısından son derece yetersiz olduğu göze çarpmıştır. İncelenen hastane bahçelerinden Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastane bahçesi dışında hiçbirinin, kullanıcıların ihtiyaçlarına tam olarak cevap verebilir nitelikte olduğu ve hastaların tedavilerine gerekli düzeyde olumlu katkı sağlamaya yetecek kadar duyuşsal uyum, hareket ve denetim kalitelerini gösterebildiği söylenemez. Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastane bahçesi de tam sınırdadır. Bu hastanelerde ilk göze çarpan temel eksiklikler açık yeşil alan yetersizlikleri, bakımsızlık, rekreatif etkinliklere yer verilmemesi ya da etkinlik çeşitliliğinin bulunmaması, hastaların iyileşmelerine, streslerinden uzaklaşmalarına yardımcı olacak terapi alanlarının bulunmaması, bu tarz alanlarda olması gereken tasarım kriterlerine yer verilmemesi ile yetersiz ve bakımsız donatılar sayılabilir. Kastamonu'daki hastane bahçelerinin sorunları ve bu sorunlara ait çözüm önerileri Çizelge 3'te özetlenmeye çalışılmıştır.

Hastane yetkililerinin mutlaka bu sorunları dikkate alarak bahçelerini düzeltme, ve genişletme yoluna gitmeleri ve hastane bahçelerini de tedavinin bir parçası olarak değerlendirmeleri gerekir. Böylece hastalar tedavi süreçlerini daha huzurlu, streslerinden uzak, mutlu geçirecek ve tedaviye daha hızlı yanıt vereceklerdir. Özellikle özel hastanelerde yalnızca iç mekanlar önemsenmiş ve dış mekanın kullanıcılara olumlu katkıları göz ardı edilmiştir. Unutulmamalıdır ki hastane bahçeleri de açık yeşil alanlar içerisinde yer alan dış mekanlardır. Ancak düzenleme yapılırken çok daha dikkatli olunmalı, kullanıcıların istek ve ihtiyaçlarına göre konforlu ve kullanımı rahat, farklı etkinliklerin gerçekleştirildiği mekanlar düzenlenmelidir. Burada peyzaj mimarlarına çok önemli işler düşmektedir. Hastane bahçeleri düzenlenirken bu bahçelerin açık yeşil alan olarak değerlendirilmemesi bu alanların hastaların tedavilerinde kullanılabilecek açık alan terapi ünitelerine dönüştürülmesine özen göstermeleri gerekir.

Çizelge 2. Hastane bahçelerinin puanaj tablosu yardımıyla terapi açısından değerlendirilmesi

Tasarım kriterleri	Şehir hastaneleri					
	Münif İslamoğlu Devlet Hastanesi	Şerife Bacı Devlet Hastanesi	Fizik Tedavi ve Rehabil. Hastanesi	Özel Uğurlu Hastanesi	Özel Anadolu Hastanesi	Özel İsfendiyar Anadolu Hastanesi
Konfora yönelik tasarım özellikleri (Sakıcı, 2009)						
Alan- Konum	Puanlar*					
Manzarası güzel mi?	1	2	2	0	0	0
Hastane şehir merkezinden uzak mı?	1	1	1	0	0	0
Bahçe hasta odalarından görülebiliyor mu?	2	2	2	0	0	0
Hastaneye girer girmez bahçe görülebiliyor mu?	2	3	3	0	0	0
Konfor- Bakım						
Bahçe yeterince bakımlı gözüküyor mu?	1	1	2	0	0	0
Kullanılan donatılar konforlu mu?	0	1	2	0	0	0
Oturma elemanlarının sırt ve kollukları var mı?	1	2	0	0	0	0
Donatılar kullanıcıların antropometrik yapılarına uygun mu?	1	1	1	0	0	0
Güvenlik ve Emniyet						
Hastaneye dışarıdan izinsiz giriş engellenmiş mi?	2	2	1	0	0	0
Her türlü rahatsız edici olaylara ve istenmeyen toplumsal etkileşimlere karşı korunma söz konusu mu?	2	2	2	2	2	2
Personel, hastaları bahçedekeyken gözlemleyebiliyor mu?	1	1	2	0	0	0
Bahçede çevrelenmiş-kuşatılmış alanlara yer verilmiş mi?	1	2	3	0	0	0
Alandaki gece aydınlatması alanın güvenliği için yeterlimi?	2	2	2	0	0	0
Malzeme Seçimi						
Sert doku yerine yumuşak-hafif dokuya yer verilmiş mi?	0	1	1	0	0	0
Döşemede doku ve malzeme çeşitliliğine yer verilmiş mi?	0	1	1	0	0	0
Aydınlatma elemanlarında düşük voltajlı lambalar kullanılmış mı?	0	1	1	0	0	0
Etkinlik- Mekan (sosyal ortam çeşitliliği)						
Alan mekan çeşitliliği sunuyor mu?	1	1	2	0	0	0
Keşif ve araştırma yapılabilecek alanlar var mı?	2	1	2	0	0	0
Uzanıp gökyüzünü seyredebileceği ve rahat hareket edebileceği serbest etkinlik alanları var mı?	1	1	3	0	0	0
Bahçedekeyken güneş ve yağmurdan korunaklı örtülü alanlar var mı?	0	0	0	0	0	0
Açık, yarı açık ve kapalı mekanlara yer verilmiş mi?	0	1	1	0	0	0
Hastalar farklı etkinlikler yapmaya yönlendiriliyor mu?	0	0	2	0	0	0
Bahçede serbest hareket edilebiliyor mu?	1	3	3	0	0	0
Hastalar her istedikleri zaman bahçeyi kullanabiliyorlar mı?	3	3	3	0	0	0
Farklı amaçlar için kullanılabilir yeterli sayıda oturma elemanı var mı?	1	1	2	0	0	0
Hareketli oturma elemanlarına yer verilmiş mi?	1	1	0	0	0	0
Bahçede düşünmek ve tek başına kalmak için uygun alanlar tasarlanmış mı?	0	1	2	0	0	0
Toplu gösteriler için bir alan var mı?	0	0	0	0	0	0
Grup etkinlikleri için alanlar var mı?	1	1	0	0	0	0
Fiziksel egzersiz ve spor alanları var mı?	0	0	2	0	0	0
Hobi bahçesi var mı?	0	0	0	0	0	0
Kışın da hastane bahçesinin kullanılabilmesi için kış bahçesi düşünülmüş mü?	0	0	0	0	0	0
Toplam (%100 başarı: 96p)	28	39	47	2	2	2
Başarı yüzdesi	29.17	40.63	48.96	2.08	2.08	2.08
Tedavi etmeye yönelik tasarım özellikleri						
Duyusal Uyarım						
Alanda doğal sesler (su, kuş, rüzgar...) mevcut mu ?	1	2	2	0	0	0
Sessiz ortam yerine akustik deneyimlere yer verilmiş mi?	0	0	1	0	0	0
Alanda görsel uyarıcı elemanlar kullanılmış mı?	0	0	1	0	0	0
Hastanede tek renk yerine renk gösterilerine yer verilmiş mi?	0	1	2	0	0	0
Duyu organlarına hitap eden düzenlemelere yer verilmiş mi?	0	1	1	0	0	0
Arazi Morfolojisi						
Arazide hareketlilik (tepecik, iniş, çıkış vb.) var mı?	0	0	2	0	0	0
Bahçedeki kot farklarının çözümünde merdivenlerin ve yüksek duvarların kullanımından kaçınılmış mı?	3	1	1	0	0	0
Bitki						
Alanda bitkisel çeşitlilik var mı?	2	1	2	0	0	0
Alanda uygun bitki türleri kullanılmış mı?	1	1	2	0	0	0
Mevsimsel değişim gösteren bitkilere yer verilmiş mi?	1	0	2	0	0	0
Renk ve koku özelliği gösteren bitkilere yer verilmiş mi?	1	0	2	0	0	0
Bitkilerde doku ve form çeşitliliği kullanılmış mı?	1	0	2	0	0	0
Meyve ve çiçek güzelliği gösteren bitkilere yer verilmiş mi?	1	0	1	0	0	0
Zararlı toksin maddeler içeren alerjik bitkilerden kaçınılmış mı?	3	3	3	0	0	0
Yaban Hayatı						
Bahçede kuş, kelebek gibi hayvanlar var mı?	2	2	2	0	0	0
Hayvanları çekici bitkilere ve yapısal elemanlara yer verilmiş mi?	1	1	2	0	0	0
Bahçede insanlara zarar vermeyecek yaban hayatı söz konusu mu?	1	1	1	0	0	0
Su						
Bahçede su kullanımına yer verilmiş mi?	1	0	1	0	0	0
Hareketli (fiskiye, akan) su kullanılmış mı?	0	0	0	0	0	0

Çizelge 2. (devamı) Hastane bahçelerinin puanaj tablosu yardımıyla terapi açısından değerlendirilmesi

Tasarım kriterleri	Şehir hastaneleri					
	Münif İslamoğlu Devlet Hastanesi	Şerife Bacı Devlet Hastanesi	Fizik Tedavi ve Rehabil. Hastanesi	Özel Uğurlu Hastanesi	Özel Anadolu Hastanesi	Özel İsfendiyar Anadolu Hastanesi
Landmark (Vurgu noktaları)						
İnsanlar tarafından bahçenin tanımlanabileceği, anımsatıcı bazı özellikler oluşturulmuş mu?	0	1	2	0	0	0
Her yerin aynı nitelikte olması yerine alan farklılıkları, gizem oluşturulmuş mu?	1	1	2	0	0	0
Mimari Elemanlar						
Alanda heykellere yer verilmiş mi?	0	0	0	0	0	0
Çiçeklik, konteynır gibi elemanlar kullanılmış mı?	3	2	2	2	0	0
Toplam (%100 başarı: 69p)	21	18	35	2	0	0
Başarı yüzdesi	30.43	26.09	50.72	2.90	0	0
Yol bulmaya yönelik tasarım özellikleri						
Ulaşım						
Yollar tekerlekli sandalye kullananlar için uygun mu?	1	1	1	2	2	1
Taşıt yolu bahçeye kadar ulaşıyor mu?	3	3	3	0	0	0
Yaya-taşıt ayırımı söz konusu mu?	0	2	3	0	0	0
Yaya yolu genişliği uygun mu?	0	2	2	1	1	0
Alan içerisinde tanıtıcı ve yönlendirici panolara yer verilmiş mi?	1	1	2	0	0	0
Kot farkları merdiven yerine rampalarla mı çözülmeye çalışılmış?	2	1	2	3	3	1
Bahçeyi baştan sona dolaşan bir patika sistemine yer verilmiş mi?	0	1	3	0	0	0
Yolları gezintiye teşvik edici ve organik hatlardan mı oluşuyor?	0	0	1	0	0	0
Yürüyüş yaparken mola için oturma cepleri düşünülmüş mü?	0	0	0	0	0	0
Bahçede yürüyüş yolu boyunca kullanıcıları harekete teşvik edecek sürpriz olaylara yer verilmiş mi?	0	1	2	0	0	0
Bahçede mekanlar arasında hareket etmek istendiğinde geçiş kolaylığı söz konusu mu?	1	1	2	0	0	0
Peyzaj tasarımı						
Keskin ani geçişler yerine yumuşak geçişler kullanılmış mı?	0	1	1	0	0	0
Dik, sert, doğrusal ve düz çizgiler yerine, yuvarlak, eğrisel, kavisli çizgiler kullanılmış mı?	0	1	1	0	0	0
Tasarım sade, basit ve anlaşılır mı?	1	2	2	0	0	0
Toplam (%100 başarı: 42p)	9	17	25	6	6	2
Başarı yüzdesi	21.43	40.48	59.52	14.28	14.28	4.76
Genel toplam (% 100 başarı: 207p)	58	74	107	10	8	4
Genel başarı yüzdesi	28.02	35.75	51.69	4.83	3.86	1.9

*0: Yok, 1: Az, 2: Orta, 3: Çok

Çizelge 3. Kastamonu'daki hastanelerin sorunları ve çözüm önerileri

Sorunlar	1 Nolu Hastane	2 Nolu Hastane	3 Nolu Hastane	4 Nolu Hastane	5 Nolu Hastane	6 Nolu Hastane	Çözüm önerileri
Hastane bahçesi büyüklük açısından yetersiz	+		+	++	+	++	Bahçesiz bir hastane düşünülemez. Çünkü bahçenin hastaların tedavilerine olumlu katkısı birçok araştırmayla ortaya konulmuştur. Bu nedenle hastane çevresindeki boş ve tanımsız alanlar satın alınarak hastane kullanıcılarının dış mekanın olumlu etkilerinden yararlanabilmesi için hastane bahçesi olarak düzenlenmeli, uygun alan bulunamazsa hastane daha uygun bir alana taşınmalıdır.
Hastane bahçesinde boş ve tanımsız alanlar mevcut.	+	+	++				Bu alanlar kullanıcı istek ve ihtiyaçları göz önüne alınarak yeniden tasarlanmalı ve kullanıcıların hizmetine açılmalıdır.
Bahçede kullanıcıların duyu organlarına hitap ederek duyuusal uyurım sağlayacak hiçbir tasarım elemanına yer verilmemiştir.	+	+	+	++	++	++	Önerilen bahçede duyu organlarına hitap edecek, kullanıcıları uyuracak bitkisel ve yapısal tasarım elemanlarına alanın genelinde yer verilmeli ve 5 duyu organına hitap edecek tasarım önerileri geliştirilmelidir.
Bahçede farklı temalara yer verilerek dış mekanın olumlu etkileri kullanıcılar hissettirilmemiştir.	++	+	+	++	++	++	Koku bahçesi, renk bahçesi, ses bahçesi, su bahçesi, yaban hayvanlarıyla buluşma noktası gibi mekanlar oluşturulması önerilebilir.
Alandaki mevcut donatılar yetersiz ve konforsuzdur.	++	+	++	++	++	++	Alan içerisinde gerekli olan yerlerde tekli ve grup oturma elemanları, masalar, kuş seslerinden yararlanmak için kuş kafesleri ve su kapları, çeşme, çöp kutuları ve aydınlatma elemanları kullanılmalıdır. Alandaki mevcut donatılarda son derece konforsuz ve deformasyona uğramıştır.
Egzersiz yapabilecekleri alanlar bulunmamaktadır.	++	+	++	++	++	++	Yürüyüş, koşu ve gezinti yapılabilmesi için tüm alanı dolaşan yürüyüş yolu yapılmalıdır.

Çizelge 3. (devamı) Kastamonu'daki hastanelerin sorunları ve çözüm önerileri

Sorunlar	1 Nolu Hastane	2 Nolu Hastane	3 Nolu Hastane	4 Nolu Hastane	5 Nolu Hastane	6 Nolu Hastane	Çözüm önerileri
Bireysel, ikili veya toplu oturma ihtiyaçları için farklı alanlara yer verilmemiştir.	+	+	++	++	++	++	Kullanıcılara gizlilik, yarı gizlilik ve açıklık sağlayacak farklı mekanlar sunulmalıdır. Böylece bireysel yada toplu etkinlikleri gerçekleştirebilirler
Bahçenin dört mevsim kullanımı için alternatif alanlara yer verilmemiştir.	++	++	++	++	++	++	Yağmurlu ve güneşli havalar için örtülü oturmalara, soğuk havalar için de kış bahçesine yer verilmelidir.
Ne görsel ne de işitsel açıdan su kullanımına yer verilmemiştir.	++	+	++	++	++	++	Suyun yansımaya ve görsel özelliklerinden, teskin edici sesinden yararlanmak için su kullanımına yer verilmelidir.
Hastanede yaya ve taşıt yolu ayrımı söz konusu değildir.	+		++	++	++	++	Yayaların güvenliği için taşıt yolu ve yaya yolu ayrımı yapılmalıdır.
Hastane bahçesinde yeşil alan oranı oldukça düşük olup her yer beton yüzey olarak bırakılmıştır.	+		+	++	++	++	Alandaki yeşil alan miktarı mümkün olduğu kadar artırılmalı ve hastalar için serbest etkinlik alanları oluşturulmalıdır.
Alanda mekânsal bazda bir kapalılık ve mahremiyet olgusuna yer verilmemiştir.	+	+	++	++	++	++	Her bir etkinlik alanı için açıklık- kapalılık kriteri değerlendirilmeli ve kullanıcıların kendilerini rahat ve güvende hissedebilecekleri kapalılık seçenekleri sunulmalıdır.
Bahçede renkli, güzel kokulu ve mevsim değişikliğini gösteren bitkilere yer verilmemiştir.	++	+	+	++	++	++	Kullanıcıların stresini, endişesini azaltmak ve ağrılarını hafifletmek, duyuşsal uyurum ve zihinsel tedavi yapmak amacıyla özelliikli bitkilere yer verilmelidir.
Kullanıcıları bahçede bitkilerle birebir iletişime girebilecekleri bir mekan bulunmamaktadır			+	++	++	++	Kullanıcıların sosyal yeteneklerini, yetkinlik ve özgüven hislerini artırmalarına, mesleki ve el becerilerini geliştirmelerine yardımcı olacak hobi bahçelerine yer verilmelidir.
Alana yaban hayatı getirilmemiştir.	++	+	+	++	++	++	Serbest etkinlik alanı oluşturularak kullanıcılara zarar vermeyecek yaban hayvanlarıyla bir arada bulunabileceği mekanların oluşturulması önerilebilir.
Bahçede sanat çalışmalarına yer verilmemiştir.	++	++	++	++	++	++	Heykel, oturma duvarı gibi sanatsal elemanlara bahçe genelinde yer vermek gerekir.
Akustik deneyimlere yer verilmemiştir.	++	+	++	++	++	++	Müzik, su, yaprak, rüzgar, kuş sesi gibi insan kulağına hoş gelebilecek seslerden yararlanılabilir.
Bahçede farklı etkinliklere yer verilmemiştir.	+	+	++	++	++	++	Hastane bahçesinde farklı etkinliklere yer verilmeli böylece kullanıcıya seçme şansı verir ve alan kullanımına teşvik eder.

1 nolu hastane: Şerife Bacı Devlet Hastanesi, 2 nolu hastane: Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi, 3 nolu hastane: Münif İslamoğlu Devlet Hastanesi, 4 nolu hastane: Özel Anadolu Hastanesi, 5 nolu hastane: Özel İsfendiyar Anadolu Hastanesi, 6 nolu hastane: Özel Uğurlu Hastanesi

+ : Bahsedilen eksiklik alanda hissedilmektedir

++ : Bahsedilen eksiklik alanda çok hissedilmektedir.

Kaynaklar

- Akın, Z.Ş., 2006. Çocuklar İçin İyileştirme Bahçeleri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 118 s.
- Anonim, 2004. Healing by design: Healing gardens and therapeutic Landscapes. Implications, 2, 10: 1-4.
- Appleton, J., 1975. The Experience of Landscape. John Wiley, New York.
- Appleton J., 1990. The Symbolism of Habitat: An Interpretation of Landscape In The Arts. Seattle: University of Washington Press.
- Appleton, J., 1996. The Experience of Landscape. Revised Edition, John Wiley, New York.
- Arnetz, B., Theorell, T., Levi, L., 1983. An experimental study of social isolation of elderly people: Psycho-endocrine and metabolic effects. Psychosomatic Medicine, 45: 395-406.
- Bowers, D.A., 2003. Incorporating Restorative Experiential Qualities and Key Landscape Attributes to Enhance The Restorative Experience in Healing Gardens Within Health Care Settings. Master Theses. Washington State University, Department of Horticulture and Landscape Architecture, USA.
- Brawley, E.C., 1992. Alzheimer's disease: Designing the physical environment. Am J Alzheimer's Care Related Dis Res, 2:3-8.
- Elings, M., 2006. People-plant interaction: The physiological, psychological and sociological effects of plants on people, farming

- for health-springer agriculture book. Ed: Jan Hassink, Majken van Dijk (eds). Printed In The Netherlands Chapter 4: 43-55.
- Ergenoğlu, A.S., Aytuğ, A., 2007. Sağlık kurumlarında değişen paradigmlar ve iyileştiren hastane kavramının mimari tasarım açısından irdelenmesi. YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi, Cilt 2, Sayı 1: 44-63.
- Fredrickson, B.L., Levenson, R.W., 1998. Positive emotions speed recovery from the cardiovascular sequelae of negative emotions. Cogn. Emotion, 12: 191-220.
- Ghose, S., 1999. The Healing Dimensions of Hospital Gardens: Three Case Studies Assessing The Use, Therepetic Benefits and Design Recommendations. The University of Texas, Master Thesis, Arlington.
- Hartig, T., Book, A., Garvill, J., Olsson, T., Garling, T., 1995. Environmental influences on psychological restoration. Scandinavian Journal of Psychology, 37 (4): 378-93.
- Hartig, T., Mang, M., Evans, G.W., 1991. Restorative effects of natural environment experiences. Environment and Behavior, 23(1): 3-26.
- Kaplan, S., 1992. The Restorative environment: Nature and human experience. In: D. Relf (editor), The Role of Horticulture in Human Well-being and Social Development: A National Symposium, Timber Press, pp. 134-142, Portland.
- Kaplan, S., Kaplan, R., 1983. Cognition and Environment: Functioning in an Uncertain World. Praeger Publishers, New York.

- Kaplan, R., Kaplan, S., 1989. *Experience of Nature: A Psychological Perspective*. Cambridge University Press, New York.
- Marcus, C., 2001. Gardens and health: The therapeutic benefits of design. In: A. Dilani (editor) *Design & Health*, pp. 61–71.
- Marcus, C.C., Barnes, M., 1995. *Gardens in Health Care Facilities: Uses, Therapeutic Benefits, and Design Recommendations*. Martinez, CA: The Center for Health Care Design.
- Marcus, C.C., Barnes, M., 1999. *Healing Gardens: Therapeutic Benefits and Design Recommendations*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Maslow, A.H., 1970. *Motivation and Personality*. Harper&Row, 411p., New York.
- Menninger, C.F., Pratt, J.R., 1957. *The therapy of gardening*. *Popular Gardening*, 8: 54.
- Orians, G.H., Heerwagen, J.H., 1992. Evolved responses to landscapes. In: Barkow J, Cosmides L, Tooby J, eds. *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*, Oxford & New York: Oxford University Press, 98–121.
- Parsons, R., Hartig, T., 2000. Environmental psychophysiology. In: J.T. Cacioppo, L.G. Tassinary and G.G. Berntson, Editors, *Handbook of Psychophysiology*. (second ed.), Cambridge University Press, pp. 815–846, New York.
- Relf, D., 1992. Human issues in horticulture. *Horticulture Technology*, 2: 1–11.
- Riordan, R.J., 1983. Gardening as a rehabilitation adjunct. *Journal of Rehabilitation*, 49: 39–41.
- Sakıcı, Ç., 2009. *Ruh ve Sinir Hastalıkları Hastanelerinde Açık Alan Terapi Ünitelerinin Peyzaj Tasarımı: Ataköy (Trabzon) Ruh Sağlığı ve Hastalıkları Hastanesi Örneği*. KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Söderström, M., 2000. *The Possibility Garden, A Garden For All People*. The Swedish Institute for Handicapped and The Swedish Broadcasting AB, In Swedish.
- Theorell, T., 2001. Physiological reactions to creative and less creative environments. *Design & Health, The Therapeutic Benefits of Design*, 11–16.
- Tyson, M.M., 1998. *The Healing Landscape: Therapeutic Outdoor Environments*. McGraw-Hill, 224 s., New York.
- Ulrich, R.S., 1981. Natural versus urban scenes: Some psychological effects. *Environment and Behavior*, 13: 553–556.
- Ulrich, R.S., 1984. Views through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224: 420–421.
- Ulrich, R.S., 1991. Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11: 210-230.
- Ulrich, R.S., 1992. Effects of health facility interior design on wellness: Theory and scientific research. *Journal of Health Care Design*, 3: 97–109.
- Ulrich, R.S., 1999. Effects of gardens on health outcomes, healing gardens: Therapeutic benefits and design recommendation. Eds.: Marcus, C.C., Barnes, M., 27-86.
- Ulrich, R.S., 2000. Evidence-based Environmental Design for Improving Medical Outcomes, *Healing by Design: Building for Health Care in the 21st Century*. McGill University Health Care, Montreal.
- Ulrich, R.S., 2001. Effects of healthcare environmental design on medical outcomes, the therapeutic benefits of design. Ed.: Dilani, A., *Design & Health*, 49–59.
- Ulrich, R., Parsons, R., 1992. Influences of passive experiences with plants on individual well-being and health. *The Role of Horticulture in Human Well-being and Social Development*, Ed.: Relf, D., 93-105.
- Ulrich, R.S., Simons, R.F., Losito, B.D., Fioreto, E., Miles, M.A., Zelson, M., 1991. Stress recovery during exposure to natural and urban environment. *Journal of Experimental Psychology*, 11: 201–230.
- Varni, J.W., Katz, E.R., 1997. Stress, social support and negative affectivity in children with newly diagnosed cancer: A prospective transactional analysis. *Psycho-Oncology*, 6, 4: 267–278.
- Varni, J.W., Rapoff, M.A., Waldron, S.A., Gragg, R.A., Bernstein, B.H., Lindsley, C.B., 1996. Chronic pain and emotional distress in children and adolescents. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 17, 3: 154–161.
- Van den Berg, A.E., Koole, S.L., Van der Wulp, N.Y., 2003. Environmental preference and restoration: How are they related?. *Journal of Environmental Psychology*, 23, 2: 135–146.
- Warner, S.B.J., 1995. The periodic rediscoveries of restorative gardens. Eds.: Francis, M., Lindsey, P., Rice, J.S., *The Healing Dimensions of People-Plant Relations: Proceedings of A Research Symposium*, 5-12.
- White, A.S., 1967. Gardening for the disabled child. *Medical Biology, Illustrations*, 17: 270–272.
- Whitehouse, S., Varni, J.W., Seid, M., Marcus, C.C., Ensberg, M.J., Jacobs, J.R., Mehlenbeck, R.S., 2001. Evaluating a children's hospital garden environment: Utilization and consumer satisfaction. *Journal of Environmental Psychology*, 21: 301-314.
- Zeisel, J., 2001. Health Outcomes, Improvements from Alzheimer's Care Design. *Design & Health, The Therapeutic Benefits of Design*.

Kağıt geri dönüşüm işlemlerinin selülozun yapısında meydana getirdiği değişimler üzerine bir inceleme

H. Turgut Şahin

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

İletişim yazarı/Corresponding author: halilsahin@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 30.07.2012, Kabul tarihi/Accepted: 02.10.2012

Özet: Kağıt yapısının ana iskelet elemanı olan selüloz, yeryüzündeki canlı organizmalar tarafından üretilen en önemli doğal polimerlerden birisidir. Selüloz esaslı liflerin su ile etkileşimi ve bünyesine su alarak şişme, suyun uzaklaşmasıyla daralma özelliği göstermesi safiha yapısının oluşması için önemlidir. Atık kağıtların geri dönüşüm işlemleri sırasında selüloz kalıtsal olarak değişime uğramakta, suda şişme özelliği geri dönüşümsüz olarak azalmaktadır. Selüloz liflerinde meydana gelen bu değişiklik sonucu liflerin esneklik ve plastikleşme özelliği kaybolmaktadır. Selüloz liflerinin kuruması ve tekrar su ile muamelesi sonucu mikrofibrillerin yeniden karşılıklı olarak düzenlenmesi sonucu daha yoğun hidrojen bağları oluşmakta ve selülozun kristal yapısı artmaktadır. Bu durumdaki selüloz liflerinden üretilen kağıtların fiziksel ve direnç özellikleri azalmaktadır. Selüloz yapısında meydana gelen bu değişimlerin yakından incelenmesiyle, geri dönüşüm işlemlerinde bazı müdahalelerle örneğin mekanik işlemler veya kimyasal madde ilavesiyle, kalıtsal değişimler ve kalite düşmeleri belli sınırlar içersinde tutulabilir.

Anahtar kelimeler: Selüloz, Kağıt geri dönüşüm, Hornifikasyon, Kağıt direnç

A study on paper recycling effects on cellulose properties

Abstract: Cellulose is the main structural element of paper, one of the most important natural polymers that produced by plants. The water-cellulose interactions that causing swelling with water intake or shrinkage with water removal is very key issue for formation of sheet. However, during paper recycling, cellulose is undergoes some changes and swelling properties in water decreases irreversible. As a result of these modifications, plasticity and elastic properties of fibers modified. Once dried cellulose fibers after rewetting can cause reorientation of microfibrillated structure and further hydrogen bonds formed and crystallinity is increased. Monitoring cellulose structure during recycling, some additional process such as mechanical or chemical adding, irreversible changes might be control under acceptable level.

Keywords: Cellulose, Paper recycling, Hornification, Paper strength

1. Giriş

Dünya genelinde atık kağıtların toplanarak yeniden kağıt üretiminde değerlendirilmesi üzerine olan ilgi artarak devam etmektedir. Bu durumun oluşmasında özellikle son yıllarda ormanların kağıt ve orman ürünleri endüstrisi için aşırı tüketilmesi sonucu ekolojik dengede kaydedilen olumsuz etkiler önemli yer tutmaktadır. Ayrıca toplumun bilinçlenmesi ve zaten hazır halde kağıt sayfa yapısında bulunan selülozun yeniden ve defalarca kullanılabilmesinin bilinmesi de atık kağıt geri dönüşüme olan ilginin artmasına neden olmaktadır.

Kağıt sayfa yapısının esas bileşeni olan selüloz, dünyada en fazla bulunan doğal polimerlerin başında gelmektedir. Günümüzde selülozun kimyasal yapısı, polimerik özellikleri ve reaksiyon kabiliyeti iyi açıklanabilmiş olmakla birlikte, hala açıklanmayı bekleyen bazı hususlar söz konusudur. Selülozun fizikokimyasal özellikleri ile ilgili ayrıntılı bilgiler diğer kaynaklardan sağlanabilir (Fengel ve Wegener, 1984; Sjöstrom, 1993).

Selülozun, diğer doğal polimerlerden farklı olarak (nişasta, lignin, hemiselüloz, vb..) safiha yapısı (kağıt) oluşturabilmesi aşağıda özet olarak açıklanan özelliklere sahip olmasından ileri gelmektedir;

- Selüloz polimerini oluşturan her bir anhidroglikoz yapı taşları, serbest halde üç hidroksil grubu içermektedir. Bu durum lifler arası ve içi hidrojen bağlanma, dolayısıyla ağ şeklinde safiha yapısı oluşumu için gereklidir,
- Selülozun polimerik yapısını oluşturan anhidroglikoz yapıtaşları birbirlerine β 1-4 (baş-kuyruk) glikozidik tarzda, her bir ünite diğerine göre 180° dönerek bağlanmıştır. Bu durum selülozun doğal polimerik bir malzeme olarak; düz zincir şeklinde, dirençli olmasını sağlar,
- Koltuk formunda düzenlenen anhidroglikopiranoz halkalarında OH grupları ekvatoryal düzenlenerek, selüloz molekülünü oluşturan kimyasal gruplar arasındaki sterik etkileşimin en alt seviyede olmasını sağlar. Bu durum selülozun, bir bütün olarak en düşük enerji seviyesinde, kararlı ve direnç özellikleri yüksek bir polimer olmasını sağlar.

Yukarıda kısaca özetlenen bilgiler ışığında, safiha yapısının iskelet elemanı olan selülozun özellikleri ve geçirdiği evreler, kağıt özelliklerinin açıklanmasında en önemli durumu belirtmektedir. Bu nedenle kağıtların geri dönüşümlerinde selülozun özelliklerinin ve uğradığı etkilerin bilinmesi, kağıt ürünlerinin temel birçok özelliğinin açıklanabilmesi için gereklidir.

2. Kağıt geri dönüşüm işlemlerinin selüloz liflerine etkisi

Bir kere kağıt üretiminde kullanılmış olan bakir selüloz liflerinin geri kazanılması esnasında, herhangi bir kimyasal işlem uygulanmasa dahi fiziksel ve kimyasal bazı özelliklerin modifikasyona uğraması kaçınılmazdır.

Geri dönüşüm esnasında selülozun yapısında meydana gelen değişimler, henüz daha lif açma/hamurlaştırma ünitesinde (*pulper*) başlamaktadır. Ayrıca diğer geri dönüşüm basamakları örneğin; yoğunlaştırıcı/karıştırıcı, dövme/rafinasyon, temizleme/yıkama, ağartma ve mürekkep giderme basamakları da selüloz üzerine önemli etkiler yapmaktadır. Zira, çok basamaklı geri dönüşüm işlemleri neticesinde lifler sürekli olarak su ve diğer kimyasal maddelerle temas etmekte, ayrıca ezme/kesme kuvvetleri yanında, sirkülasyon ve karışım hareketlerine maruz kalmaktadır. Bu basamaklı ve karmaşık işlemler selülozun fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine önemli derecede etkiler oluşturmaktadır.

Elektron mikroskobu ile yapılan çalışmada; kağıtların geri dönüşümünden kazanılmış selüloz liflerinin (*sekonder lif*), hiç kurumamış bakir liflere göre daha ince, kısa ve enine kesit alanları daralmış olduğu açıklanmıştır (Minor, 1994). Bireysel lif boyları azalmış, enine kesit alanları daralmış küçük boyutlu lifler *ince/kırıntı lif veya fines* olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak *ince/kırıntı lifler*, oluşum durumlarına göre *primer (birincil)* ve *sekonder (ikincil)* *ince/kırıntı lif* olmak üzere ikiye ayrılırlar. Birincil *ince/kırıntı lifler* çoğunlukla öz ışın ve paransız hücreleri ile küçük lif fraksiyonlarından oluşur ve lif açma/hamurlaştırma işlemine uğramış fakat henüz rafinasyon/dövme işlemine uğramamış hamurlarda bulunurlar. İkincil *ince/kırıntı lifler* ise liflerin su ile dövülmesi/rafinasyon işlemi esnasında oluşan küçük lif fraksiyonları olarak tanımlanmaktadır (Laivin ve Scallan, 1996; Wistara vd., 1999).

Safihalarda mekanik direnç özelliklerinin oluşması ve geliştirilmesinde selüloz liflerinin bireysel boyutları (kalınlık ve uzunluk) önemlidir. Zira, bitkisel kaynaklardan elde edilmiş liflerin kağıt yapımına uygunluğunun pratik olarak belirtilmesinde de liflerin bireysel boyut özellikleri (*runkel oranı, lif keçeleşmesi, lif kabalığı*, vb.) göz önüne alınmakta ve temel kural olarak: uzun ve ince liflerden, kalın ve kısa liflere göre daha yüksek direnç özelliklerine sahip kağıtlar elde edilmektedir (Biermann, 1993).

Küçük boyutlu lif fraksiyonlarının, kağıt direnç özellikleri üzerine önemli etkileri olabilmektedir. Htun ve de Ruvo (1978) 200 meshlik Bauer McNett eleğinden geçen lifleri *ince/kırıntı lif* (*fines*) olarak tanımlamış ve bu lif fraksiyonlarının safiha direnç özelliklerinin oluşmasında önemli etkileri olduğunu açıklamıştır. Aslında, ince lifler diğer selüloz lifleriyle aynı kimyasal özelliklere sahiptir. Fakat ince lif oranının artışına bağlı olarak safiha yapısının yoğunluğu, su absorpsiyonu ve direnç özellikleri önemli derecede değişebilir. Çünkü bu kısa ve ince selüloz liflerinin kristal bölge oranı düşüktür. Ayrıca, küçük lif fraksiyonları genel olarak daha fazla yüzey alanına sahip olduklarından lifler arasındaki bağlanma potansiyelini artırabilirler. Fakat ince lif oranının artmasına bağlı olarak suyun safiha yapısından süzülme/uzaklaşması yavaşladığı ifade edilmektedir (Htun ve de Ruvo, 1978; Paavilainen, 1990).

Laivin ve Scallan (1996) ikincil ince liflerin, birincil ince liflere göre daha yüksek şişme kapasitesine sahip olduklarını ve bu nedenle ikincil ince liflerin safihaların

direnç özelliklerinin yükseltilmesinde daha olumlu etkilerinin olduğunu açıklamıştır. Genel olarak safihalar optimum direnç özelliklerine, eğer kağıt hamuru en yüksek oranda uzun lif oranına, aynı zamanda minimum ince lif fraksiyonlarına sahip olması durumunda ulaşabileceği belirtilmektedir (Biermann, 1993; Scott ve Abbott, 1995; Smook, 1994).

Uzun liflerden imal edilmiş kağıtların geri dönüşümleri esnasında fiziksel ve kimyasal etkiler sonucunda, yüksek oranda ince lif fraksiyonlarının oluşması beklenmektedir. Bu durum geri dönüşümden kazanılan liflerden yeniden üretilen kağıtların direnç özelliklerinin farklı olmasının başlıca nedenlerinden birisidir (Corson, 1980). Ayrıca selüloz liflerinin morfolojik özellikleri (primer çeper yapısı, saçaklanma/keçeleşme özelliği ve mikrofibriller arası bağlantılar) hamur açma ve devamında rafinasyon işlemlerinde, uygulanması durumunda mürekkep giderme ve ağartma işlemleri esnasında önemli derecede değişir. Aslında liflerin morfolojik özellikleri üzerine en dramatik etki, kuruma ile olmakta ve lif özellikleri geri dönüşümsüz olarak değişmekte, liflerde çökmeler (kollaps) meydana gelmektedir (Minor, 1994; Wistara ve Young, 1999; Üner ve Şahin 2004). Kuruma etkisiyle selülozun yapısında oluşan değişimler aşağıda ayrıntılı olarak açıklanacaktır. Aşağıda Çizelge 1’de geri dönüşümde kullanılan bazı proses ekipmanlarının lif özelliklerine etkisi özet olarak gösterilmiştir (Spangenberg, 1993).

Atalla (1992) yükselen sıcaklık ve su kaybına bağlı olarak selülozun moleküler yapısında değişikliklerin meydana geldiğini açıklamıştır. Suyun uzaklaşmasına bağlı olarak moleküler hareketliliğin oluşmasıyla ikinci ve üçüncü seviyede selülozun moleküler organizasyonu değişmektedir. Bu durum birçok durumda geri dönüşümde selüloz üzerine negatif etki yapmaktadır. Burada moleküler organizasyondan kasıt; lif kapasitesine bağlı olarak elastikliğin bozulmadan oluşan etkisidir.

Lif yüzeylerinin hidrofilik özeliği, lif-lif bağlanma derecesinin yüksek olmasında en önemli etkenlerden birisidir. Bilindiği gibi, hemiselülozlar hücre çeperindeki en fazla hidrofilik özelliğe sahip bileşiklerdir. Genel olarak, selüloz ve ligninden yaklaşık 2 kat daha fazla suyu bünyelerine bağlayabilirler.

Çizelge 1. Geri dönüşüm işlem ekipmanlarının selüloz lifleri üzerine etkisi

Özellik	Etki Eden Proses Ekipmanı
Lif Boyutu	Lif açma/hamurlaştırıcı
	Yoğurucu/karıştırıcı
	Dövme/rafinasyon
Lif morfolojisi	Lif açma/hamurlaştırıcı
	Ağartma
	Dövme/rafinasyon
	Kurutma
Lif yüzey özellikleri	Ağartma
	Mürekkep giderme
	Kimyasal madde eklenmesi
	Kirlerin kimyasal özellikleri
Safiha yapısındaki liflerin özellikleri	Elekler
	Temizleyiciler
	Mürekkep giderme
	Kağıt makinesi

Hemiselülozların yüksek hidrofilik özelliği, doğal amorf yapısına, düşük polimerizasyon derecesine (DP yaklaşık 150-200) ve yoğun OH gruplarına sahip olmasından ileri gelir (Fengel ve Wegener, 1984; Smook, 1994; Young, 2008). Hemiselülozların, lif-lif bağlanma derecesinin artırılması ve safiha direncinin yükseltilmesinde önemli etkileri vardır. Safiha yapısında selüloz ile birlikte bulunmaları durumunda daha fazla su absorplayarak yakınında buldukları lif-lif bağlanmasına yardım ederler. Fakat geri dönüşüm işlemlerinde hemiselülozların büyük çoğunluğu uzaklaşmaktadır. Yüksek hemiselüloz içeriğinin olumsuz etkisi, lif yüzeylerinde çok sıkı bağlanmış tabakanın oluşumunda sebep olabilir ki bu durum kağıdın yüksek absorpsiyon (fakat gereğince hızlı değil) ve düşük drenaj özelliğinde olmasını sağlar.

Genel olarak mekanik yöntemle üretilmiş kağıt hamurları, ağartılmış kimyasal hamurlardan kuruma sonucunda daha az daralma özelliği göstermektedir. Bunun başlıca nedeni olarak ise mekanik hamurlarda lignin bulunması gösterilmektedir. Zira lignin mikrofibriller arasında bulunduğu için, liflere bağlı olan suyun uzaklaşması esnasında mikrofibrillerin direk olarak birbirine değmesini engelleyerek hidrojen çapraz bağlanma potansiyelini azaltmaktadır.

Ligninin geri kazanılmış selüloz liflerine olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, TMP hamurlarından üretilmiş kağıtlardan geri kazanılan selüloz liflerinde kurumaya bağlı olarak daralma oranının düşük olmasının selüloz mikrofibrilleri arasında bulunan ligninden kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Nanko vd.,1991).

Laivin ve Scallan (1996) lignin uzaklaştırılmış hamurlarda, selüloz mikrofibrilleri arasında kurumaya bağlı olarak, lignin uzaklaştırılmamış hamurlara göre daha yoğun hidrojen bağları oluştuğunu öne sürmüştür. Howard ve Bichard (1992)' da, Taş mekanik hamurundan üretilmiş (SGW) kağıtlarından geri kazanılmış liflerde, ağartılmış kimyasal kraft hamurlarından geri kazanılmışlara göre daha az değişimin olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu durumun oluşmasındaki başlıca nedenin ise ligninin kurumaya bağlı olarak mikrofibriller arasındaki yoğun çapraz hidrojen bağ oluşumunu engellemesi olarak açıklanmıştır.

2.1. Kuruma etkisiyle selüloz liflerinde oluşan değişimler

Bilindiği üzere, mikrofibriller arasındaki suya *serbest su*, selüloz mikrobillerine bağlı ve film şeklinde tabaka oluşturan suya ise *bağlı su* denilmektedir. Bu ince film tabakası şeklindeki bağlı su, mikrofibrillerin yüzeylerindeki hidroksil grupları tarafından absorbe edilmekte ve mikrofibrillerinin üst üste gelerek direk olarak birbirleri üzerine binmesini engellemektedir. Hücrelerdeki serbest suyun uzaklaşmasıyla liflerde daralma oluşmaz. Çünkü yüksek elastik özelliğe sahip selüloz mikrofibrilleri suyun uzaklaşması sonucu oluşan boşluklarda liflerin çökmesini (kollaps) engeller. Selüloz yüzeylerinde bağlı olarak bulunan suyun uzaklaştırılması esnasında ise mikrofibriller arasındaki uzaklık ve boşluk azalarak elastik gücü yenecek durum oluşur. Bu durumda liflerde daralma/büzülmeler oluşur ve lifler daha sert yapıya dönüşür.

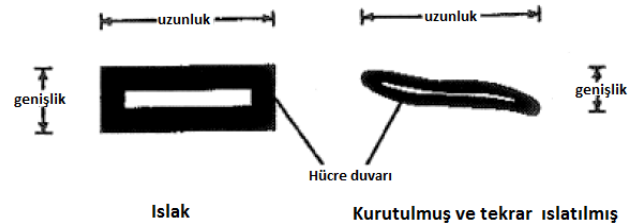
Kağıt ve selüloz literatüründe kabul görmüş genel kaniya göre, kağıt geri dönüşüm işlemleri sırasında selüloz kalıtsal olarak değişime uğramakta, suda şişme ve boyut değiştirme özellikleri geri dönüşümsüz olarak azalmaktadır. Selüloz liflerinde meydana gelen bu değişiklik sonucu

liflerin esneklik veya plastikleşme özelliği kaybolmaktadır. Bu durumdaki liflerden üretilen kağıtların direnç özellikleri, hiç kurumamış bakir selüloz liflerinden üretilenlere göre (odun hamuru) daha düşük olmaktadır. Islatma ve tekrarlanan kurutma, sonucunda, liflerin yüzey ve lümen alanını azalırken bazılarında ise kalıcı kapanma veya poröz yapıda çökmeler oluşmaktadır (Clark, 1978; Minor 1994; Spangenberg, 1993; Üner ve Şahin 2004; Wistara ve Young, 1999). Aşağıda Şekil 1 de, kuruma etkisi sonucu bireysel lif boyutlarındaki değişim şematik olarak gösterilmiştir.

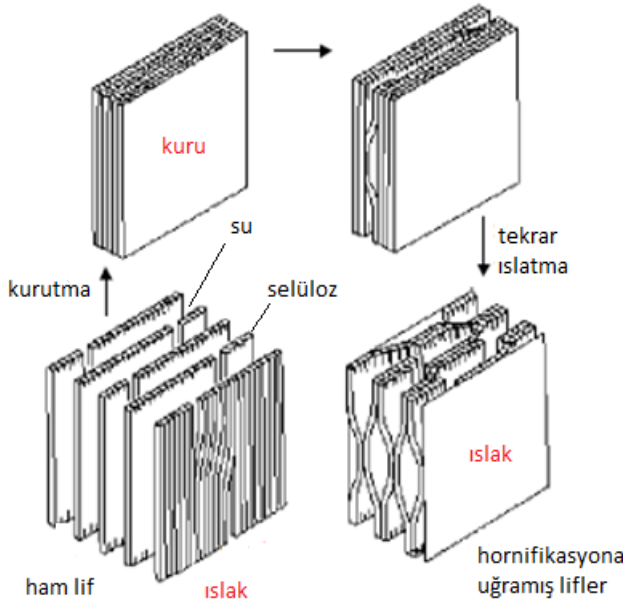
Moleküller arası hidrojen bağları ve hidroksil gruplarının geri dönüşümü mümkün olmayacak şekilde değişmesi, kağıt yapımında selüloz liflerinde oluşan direnç azalmasının başlıca nedeni olarak açıklanmaktadır. Selülozun yapısındaki meydana gelen bu kalıtsal değişimler *hornifikasyon* olarak bilinmektedir (Ellis ve Sedlachek, 1993; Spangenberg, 1993; Üner ve Şahin 2004; Wistara ve Young, 1999). Hornifikasyon, selüloz liflerinde fiziksel ve kimyasal bir değişim olarak tanımlanabilir. Hornifikasyon mekanizması suyun uzaklaştırılması sonucu selüloz liflerinin birbiri ile daha sıkı bir yapı oluşturması (yoğun çapraz hidrojen bağlanma) şeklinde özetlenebilir. Genel olarak hornifikasyona uğrayan lifler;

- daha sert,
- daha az birbirleriyle uyumlu,
- kuru sayfa yapısında daha kırılğan özellikte,
- liflerin birbirleriyle bağlanma (hidrojen bağ yapma) potansiyeli ve spesifik, yüzey alanları daha az

Yapılan yoğun çalışmalar neticesinde, sekonder selüloz liflerinden yeniden üretilen kağıtlarda direnç azalmasının esas nedeninin selülozun kuruma etkisinden kaynaklandığı (hornifikasyon) üzerine yoğun bir görüş birliği bulunmaktadır. Yapılan birçok çalışmada, birden fazla geri dönüşüme uğramış selüloz liflerinden yeniden üretilen kağıtlarda selülozun kristallik derecesinin arttığı ve bunun sonucu olarak şişme ve lifler arası bağ yapma potansiyelinin azaldığı belirtilmiştir. Çünkü kuruma ve devamında liflendirme/rafinör işlemleriyle daha gevşek yapıdaki selülozun amorf bölgeleri uzaklaştığı öne sürülmektedir (Clark, 1978; Ellis ve Sedlachek, 1993; Spangenberg, 1993; Üner ve Şahin 2004; Wistara ve Young, 1999). Şekil 2 de, selülozun kuruma etkisiyle mikrofibrillerin yaklaşması ve tekrar ıslatma etkisiyle eski haline dönememesi yani *hornifikasyon* olayı şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Kuruma etkisi sonucu bireysel lif boyutlarındaki değişim (Brancato, 2008)



Şekil 2. Selüloz mikrofibrillerinin kuruma etkisiyle yapısının değişimi (hornifikasyon) (Brancato, 2008)

Carlsson ve Lindstrom (1984)'a göre kurumamış lifler daha yüksek başlangıç şişme özelliği gösterirken daha sonra kurumayla yeniden şişme özelliği azalır. Benzer şişme özelliği gösteren hamurlar, yaş preslemeden hemen sonra %30-45 katı madde oranına ulaştığında ıslanma ile yeniden şişme özelliğinin azaldığı açıklanmıştır. Bilindiği gibi kuruma %50 ve daha yüksek katı madde oranında üzerinde oluşmaktadır. Bu durum hornifikasyonun sadece kuruma ile değil aynı zamanda yaş preslemede de oluştuğunu göstermesi bakımından önemlidir (Üner ve Şahin 2004).

Nanko vd., (1991) elektron mikroskopuyla geri dönüşüme uğramış liflerin morfolojik özelliklerini araştırmışlardır. Bulgularına göre, geri dönüşüme uğramış selüloz liflerinin kristallik derecesinin yükseldiği fakat su moleküllerinin mikrofibrillerin arasına sınırlı ve çok az girerek şişme meydana getirdiğini açıklamışlardır. Daha sonra oluşan kuruma olayına bağlı olarak ise lifler önce serbest suyu kaybetmekte, devamında ise bağlı suyun kaybedilmesiyle daralma oluşmaktadır.

Howard ve Bichard (1992), kağıtların geri dönüşümlerinde kurumaya bağlı olarak liflerin ıslanma/şişme özelliğinin azaldığını ve yoğun çapraz hidrojen bağların oluştuğunu öne sürmüştür. Ayrıca, aynı geri dönüşüm işlemlerinde, farklı tip atık kağıtların kullanılmasının, geri kazanılmış liflerin özellikleri üzerine farklı etkilerinin olduğunu açıklamışlardır. Özellikle mekanik odun hamurlardan üretilmiş kağıtların geri dönüşümlerinde, kimyasal odun hamurlarından üretilenlere göre, liflerde belli derecelerde yumuşama ve esneklikle birlikte kolay kıvrılma (curl) oluştuğu açıklanmıştır. Ayrıca, safiha yapısındaki direnç özelliklerinin, en genel olarak lif yüzeyleri arasındaki hidrojen bağları ile ilişkisi olduğu öne sürülmüştür (Howard ve Bichard, 1992).

3. Geri kazanılmış selülözün özelliklerinin geliştirilmesi

Kağıt geri dönüşümün selüloz liflerine (*sekonder lif*) ve dolayısıyla safiha yapısına olan etkisi üzerine literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğunluğu, kurumuş selüloz liflerinin yeniden kağıt üretiminde kullanılmasıyla oluşan durumun incelenmesi ve bazı kimyasal veya mekanik müdahalelerle kalite ve direnç düşürücü etkinin en aza indirilmesi üzerinedir.

Yukarıda kısaca açıklanan olumsuz durumun, geri dönüşüm esnasında bazı mekanik müdahalelerle (dövme) veya kimyasal madde ilavesiyle tamamen önlenemese de en azından kabul edilebilir sınırlar içinde kalabileceği açıklanmıştır (Clark, 1978; Hartman, 1984; Howard, 1990; Wistara vd., 1999; Wistara ve Young 1999). Genel olarak;

- lif uzunluğu,
- bireysel lif direnci,
- lif şişme kabiliyeti,
- liflerin bağlanma potansiyeli,

sekonder selüloz liflerinden yeniden üretilen kağıtlardaki direnç özellikleriyle yakından ilişkili olduğu üzerine görüş birliği vardır. Yukarıda kısaca belirtilen lif özelliklerinin yakından incelenmesiyle kağıt sayfa yapısında oluşan direnç ve kalite düşmeleri belirli sınırlar içinde tutulması sağlanabilir.

3.1. Geri kazanılmış selüloz özelliklerinin mekanik etkilerle geliştirilmesi

Dövülmemiş yani su tutma derecesi düzenlenmemiş hamurundan üretilen kağıtlar düşük direnç özellikleri yanında, düzensiz ve boşluklu yüzeyler, hacimli safiha yapısı oluşumunu sağlarlar (Hartman, 1984). Bu durum ticari kağıtlar için düşük kalite ve istenmeyen durum anlamına gelir. Bu nedenle, selüloz liflerinin kağıt sayfa yapısına uygun hale getirilmesi için su tutma dereceleri dövme/rafinasyon işlemiyle düzenlenir.

Dövme işleminde ezme, sürtme ve makaslama gibi mekanik etkilerle liflerin birbirlerine daha uygun şekilde düzenlenmesi ve bağ yapma potansiyelinin artırılması sağlanır (Biermann 1993; Scott ve Abbott 1995; Smook, 1994). Böylece, liflerde;

- iç liflenme,
- dış liflenme,
- lif kısalması ve küçük boyutlu liflerin (ince/kırıntı lif) oluşumu meydana gelir.

Attack (1978) iç liflenmeyi, dövme esnasında yüzeylerdeki fibrillerin birbirine göre gevşemesi ve mekaniksel olarak esnemesi olarak tanımlamıştır.

Herhangi işlem görmemiş selüloz liflerinin su ile dövülmesi/rafinasyonu işlemiyle bağlanma potansiyelinin artırılması ve sayfa yapısı içerisinde daha iyi düzenlenmesi/bağ yapması, safihaların direnç özelliklerinin artırılması için en kolay ve etkili yaklaşımdan birisidir. Aynı durum geri dönüşüme uğramış selüloz lifleri içinde geçerlidir (Hartman, 1984; Howard, 1990). Fakat tekrarlanan rafinör etkisi, geri dönüşümden kazanılmış selüloz liflerinden yeniden üretilen kağıtların direncini düşürür. Yukarıda açıklandığı üzere kurumuş ve hornifikasyona uğramış selüloz lifleri, hiç kurumamış liflere göre dövme/rafinasyon işleminde daha kolay bozulabilir/kırılabilir yani ince lif fraksiyonları oluşturabilir yapıdadır.

Laivin and Scallan (1996)'a göre selülozun kuruması sonucu küçük boyutlu lif fraksiyon oranı artmakta ve bu küçük lif fraksiyonları geri dönüşüm esnasında hornifikasyona uğramaktadır. Genel olarak, mekanik ve kimyasal hamurların geri dönüşümlerinde kuruma ve yeniden ıslatma sonucu (geri dönüşüm) ince boyutlu lif oranı artmaktadır.

- hornifikasyona uğramış lifler daha kırılmandır ve dövme işlemine tabi tutulduklarında daha kolay küçük boyutlu lif fraksiyonlarına dönüşebilirler,
- bir kere kurumuş küçük boyutlu lifler, dövme ile eski ıslanma özelliklerine kavuşamazlar.

Mekanik dövme işlemi ile özellikle kimyasal hamurlar ve lif fraksiyonları, hiç kurumamış liflere göre ıslanma/şişme özelliklerini belli seviyeye kadar geri kazanabilirler. Temel olarak, amacına uygun yapılan dövme işlemi sonucu hücre çeperi soyulur ve ince primer çeper tabakası uzaklaşır. Bu durumda liflerin iç yüzey alanları artar ve lifler daha fazla su absorplayarak daha fazla şişme özelliği gösterirler. Daha sonra, suyun uzaklaşmasına bağlı olarak mikrofibriller arasında daha fazla bağlanma alanı oluşur. Bu durum, daha fazla çapraz hidrojen bağlanma potansiyelini artırır. Fakat yüksek oranda dövülme işlemi uygulanmış lifler kuruma sonucu daha sert duruma dönüşebilirler.

3.2. Geri kazanılmış selüloz özelliklerinin kimyasal işlemlerle geliştirilmesi

Yukarıda kısaca açıklanan ve geri dönüşüm sırasında selülozun kurumasına bağlı olarak kalıtsal olarak oluşan değişimlerin önlenmesi/iyileştirilmesi üzerine bazı kimyasal maddelerin kullanılabilmesi üzerine literatürde birçok araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğunda, selüloz liflerinin kimyasal işleme tabi tutulmasının liflerin yeniden ıslanma ve bağlanma potansiyelini belli derecede düzenlediği açıklanmıştır. Yoğun çalışmalar sonucunda, en genel olarak liflerin bağlanma potansiyelinin düzenlenmesinde alkali kimyasalların daha etkili olduğu üzerine görüş birliğine varılmıştır (Bhat, vd., 1991; Katz vd., 1981; Liebergott ve Scallan 1998; Panzer ve Behera, 1985). Bazı araştırmacılar, kağıt hamurların alkali solüsyonlarla işleme tabi tutulmasıyla elde edilen kağıtların direnç özelliklerinin arttığını belirtmişlerdir (Wistara vd., 1999; Wistara ve Young, 1999). Geri dönüşüm esnasında bazı kimyasal maddeler ilave edilerek selülozun parçalı kristal yapısının modifiye edildiği ve bazı çözeltiler içinde mikrofibrillerin daha fazla şişmesinin sağlanabildiği açıklanmıştır. Bu işlemler sonucunda liflerin yüzey fizikokimyasal özelliklerinin değiştiği belirtilmiştir (Wistara vd. 1999; Wistara ve Young 1999).

Gevşemiş ve çatlamış kuru lifler geri dönüşümü olmayacak şekilde moleküller arası hidrojen bağları oluşturabilir. Bu geri dönüşümsüz hidrojen bağlarının açılabilmesi veya yeniden bağlanma yapabilmeleri için, liflerin bağlanma potansiyelini yenmeleri gerekir (Higgins ve McKenzie, 1963). Kuruma sırasında lifler bir araya toplanmakta ve büyük demetler oluşturarak sıkı bir yapıya dönüşmektedir. Bu durumda suyun mikrofibriller arasına girmesi azaldığından, lif demetleri katı, sert lif şekillerine dönüşmektedir. Gierts (1962)'e göre, kuruma sırasında oluşan hornifikasyonun başlıca nedeni hemiselülozların uzaklaşmasıdır. Fakat Scallan ve Grignon (1979) kuruma sırasında mikrofibriller arasında çapraz hidrojen bağlanma

derecesinin artmasıyla sıkı bir dokuya dönüştüğünü ve bu durumun, yeniden ıslanma sırasında değişmediğini öne sürmüştür.

Page (1967)'nin bildirdiğine göre alkalilerle temas eden selülozun kristal yapısı etkilenmektedir. Katz vd., (1981) ve Grignon ve Scallan (1980)'a göre, karşı iyonların bulunduğu karışımda, hamurların şişme/boyut değiştirme potansiyeli $Al^{3+} < H^+ < Mg^{2+} < Ca^{2+} < Li^+ < Na^+$ iyon sıralamasına göre artar.

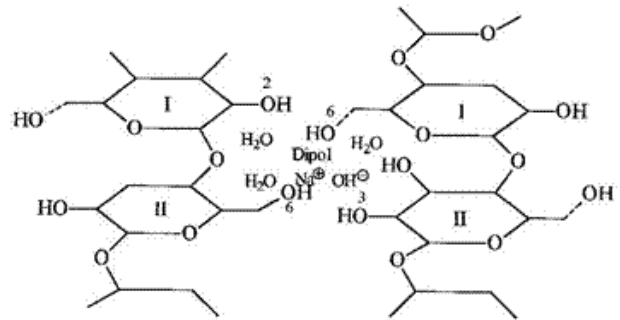
Scallan ve Tigerstorm (1992) kostik soda ile selülozun işlem görmesi sonucunda aşağıdaki reaksiyonların oluştuğunu açıklamıştır;

- Selülozik malzemenin sodyum hidroksit çözeltisi içerisinde bulunması esnasında elementsel fibrilleri bir arada tutan hidrojen bağları parçalanır ve şişme meydana gelir
- NaOH un selülozu güçlü şişirme etkisinden dolayı molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağlar parçalanır.

Şekil 3 de selülozun kristal kafes yapısında sodyum iyonlarıyla oluşan etkileşim gösterilmiştir.

Page (1983) kostik sodanın selülozun parçalı kristal yapısını etkilediğini açıklamıştır. Bir başka çalışmada, sekonder selüloz liflerinden üretilen kağıtların sayfa direnç özelliğinin artırılmasında özellikle karboksilik grupların önemli etkisinin olduğu, sodyum hidroksit'in selülozdaki ester gruplarını parçalanmasından dolayı karboksil grup oranını artırdığı öne sürülmüştür (Scallan, 1993). Scallan ve Grignon (1979) alkalilerle işlem sonucunda, selüloz lifleri arasındaki ester bağlarının kopması sonucu karboksil oranının arttığını belirtmişlerdir. Bu sonuç oldukça önemlidir. Zira buradan yola çıkarak bu tür bazı reaktif fonksiyonel gruplarının oluşturulmasıyla selüloz lifleri arasında bağlanma potansiyeli artabilir ve sayfa yapısının direnç özelliklerinde artış sağlanabilir.

Kullanılan alkali veya katyon tipinin selülozun yapısındaki karboksil grubu oluşumuna ve sonuçta lif direncine önemli etki ettiğini belirtilmiştir. Yapılan denemelerde, tek katyonlu sodyumun iki katyonlu kalsiyumdan, kalsiyumunda üç katyonlu alimünyum dan daha yüksek oranda liflerde direnç artışı sağladığını belirtilmiştir. Konu tam olarak açıklığa kavuşturulmamış olmakla birlikte seçilen katyon tipinin liflerin esnekliği ve şişmesi ile ilişkisi olduğu öne sürülmüştür (Bhat vd., 1991; Grignon ve Scallan, 1980; Katz vd., 1991; Panzer ve Behera, 1985; Scallan ve Grignon, 1979; Scallan ve Tigerstorm, 1992).



Şekil 3. Sodyum iyonlarıyla selüloz yapısının dipol etkileşimi

Bhat vd., (1991), yaptığı çalışmalarda, geri dönüşümden elde edilmiş liflerin bireysel dirençlerinin artırılmasında; alkalilerle işleme tabi tutulma ve devamında HSF (High shear field) işleminin yapılmasının uygun olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, alkali (NaOH) ile kombine edilen HSF işleminde, enzimle birlikte %10-20 yoğunlukta geri dönüşüm işleminde, sekonder liflerden üretilen kağıtların direnci belli derecede artırılmıştır. Burada, HSF işlemi, lif hücre çeperini bükme ve fırçalanma etkisiyle modifiye olmasını dolayısıyla bağ yapma potansiyelini artırdığını, daha az ince lif fraksiyonunun oluşumuna sebep olduğu öne sürülmüştür. NaOH ile HSF işleminin birlikte yapılmasıyla sadece rafinörde dövme etkisine göre (mekanik etki) safihaların direnç değerleri daha fazla artmış, hatta bazı durumlarda direnç özellikleri bakir selüloz lifleri ile karşılaştırılabilir düzeyde kalmıştır.

TMP kağıtlarının geri dönüşümlerinde NaOH ile işlemin liflerin direnç özelliklerini iyileştirdiği belirtilmiştir. Fakat kimyasal işlemin, düşük verimli kimyasal hamurlarda safiha direncini önemli oranda etkilemediğini açıklamışlardır. Kurumuş ve yeniden ıslatılmış TMP hamurlarında lif doygunluk noktası, hiç kurumamış liflere göre daha yüksek bulunmuştur. Oysa düşük verimli kimyasal hamurlarda (ağartılmış veya ağartılmamış kraft kâğıtlarında), lif doygunluk noktası yükselmektedir. Bunun anlamı NaOH işlemi TMP hamurlarında liflerin şişme kapasitesini artırmakta (düzenleme), fakat düşük verimli kimyasal hamurlarda NaOH'un etkisi tam olarak belirlenemediği ifade edilmiştir (Gurnagul, 1995).

Waterhouse ve Liang (1985) ince lif fraksiyonlarını %10 NaOH ile işleme sokmuş ve işlem sonucunda ince lif fraksiyonlarının su tutma dereceleri, dövülmemiş uzun liflere benzer bulunmuştur.

Katz ve Ark, (1981)'e göre, hücre çeperine jel olarak bağlı olan asidik gruplar jel içinde hareketli grupların oluşmasından dolayı fraksiyonlarına ayrılmaktadır. Jel içindeki ve dışarıdaki sulu fazdaki farklı konsantrasyondaki iyonlar ozmotik basınç farklılığı yaratmaktadır. Daha büyük iyon konsantrasyonuna sahip jel içine ilave su çekerek hücre çeperinin şişmesini sağlamaktadır. Hücre çeperindeki ozmotik basınç farklılığı hücre çeperindeki kohesif güçlerin etkisinden dolayı dengeye gelene kadar devam eder. Bu durum hamur içinde daha fazla asidik grupların oluşmasını sağlaması ve özellikle hücre çeperinin şişme kapasitesinin iyileştirilmesi için önemlidir. Oksidasyon, karboksimetilasyon ve sülfonlaşma işlemlerinin lifler içinde asidik grup yaratmak için kullanılabileceği önerilmiştir (Katz vd., 1981).

4. Sonuç ve öneriler

Kağıt üretimi, biyokütleden en yüksek oranda fayda sağlandığı ve katma değeri yüksek ürünlere dönüştürüldüğü proseslerin başında gelmektedir. Kağıt ürünlerinin özellikleri, yapısını oluşturan selülozun elde edildiği bitkinin morfolojik, lifsel karakteristiği ile üretim sırasındaki kullanılan metoda bağlı olarak değişmektedir.

Dünya genelinde atık kağıtların yeniden değerlendirilerek (recycling) tek başlarına veya diğer selüloz lifleriyle karıştırılarak başarılı bir şekilde kağıt imalinde kullanılmaktadır. Ülkemizde, orman kaynakları kısıtlı bulunmakla birlikte atık kağıtların toplanarak değerlendirilmesi düşük orandadır. İleri araştırmalar ve pratik yaklaşımlarla bu oranın yükseltilmesi ve geri

kazanılmış selülozdan katma değeri yüksek kağıt ürünleri üretiminde faydalanılması, orman kaynaklarımızın daha rasyonel kullanılması için önemlidir. Atık kağıtların özelliklerinin yakından bilinmesi geri dönüşüm esnasında oluşan kalite ve direnç azalmasının önlenmesi için gereklidir.

Kaynaklar

- Atalla, R.H. 1992. Structural Change in Cellulose during papermaking and Recycling. In: Rowell, et.al. Eds. Material Interaction Relevant to recycling of Wood-Based Material: Proceeding of Materials Research Society Symposium; 1992 April 27-29, San Francisco, CA.
- Attack, D. 1978. Advances in Beating and Refining. In : Fiber-Water Interaction in Papermaking. Wm. Clowes. London. p261.
- Bhat, G.R., Heitmann, J.A., Joyce, T.W., 1991. Novel Techniques for Enhancing the Strength Properties of Secondary Fiber. Tappi J.
- Biermann, C.J., 1993. Essentials of Pulping and Papermaking. Academic Press, Inc., San Diego.
- Brancato A.A., 2008. Effect of progressive recycling on cellulose fiber surface properties, Ph.D Theses, Georgia Institute of Technology. p112, USA.
- Carlson, G., Lindstrom, T., 1984. Hornification of Cellulosic Fibers During Wet Pressing. Svensk Papperstidning, No. 15: R119-R125.
- Clark, J. d'A., 1978. Pulp Technology and Treatment of Paper. Miller Freeman Publications, Inc. San Francisco.
- Corson, S.R. 1980. Fiber and Fines Fractions Influence Strength of TMP. Pulp & Paper Can., 81(5): 69.
- Ellis, R.L., Sedlachek, K.M., 1993. Recycled-Versus Virgin-Fiber Characteristic: A Comparison. In: Secondary Fiber Recycling. Spangenberg, R.J. Ed. Tappi Press. Atlanta, Georgia. p. 7.
- Fengel, D., Wegener, G., 1984. Wood; Chemistry, Ultrastructure, Reaction. Walter de Gruyter. Berlin.
- Giertz, H.W., 1962. In formation and structure of paper, Vol. 2, British Paper and Boards Makers Assoc., London, p. 619.
- Grignon, J., Scallan, A.M., 1980. Effect of pH and neutral salts upon the swelling of cellulose gels. Journal of Appl. Polym. Sci. Vol. 26: 2829-2843 p. D.H. 1983. Canadian Journal of pulp and paper 9 (1): Tr15.
- Gurnagul, N., 1995. sodium hydroxide addition during recycling; Effects on Fiber Swelling and Sheet Strength. Tappi J., 78(12): 119.
- Hartman, R.R. 1984. Mechanical Treatment of Pulp Fibres for Property Development, Doctoral Thesis. The Institute of Paper Chemistry, Appleton, USA.
- Higgins, H.G., McKenzie, A.W., 1963. The structure and properties of paper. XIV. Effect of Drying on Cellulose Fibers and The Problem of Maintaining Pulp Strength. Appita, 16(6): 145-164.
- Howard, R.C., Bichard, W., 1992. The Basic Effects of Recycling on Pulp Properties. Journal of Pulp and Paper Science, 18(4): J151.
- Howard, R.C. 1990. The Effect of Recycling on Paper Quality. Journal of Pulp and Paper Science: 16(5): 1990.
- Htun, M., de Ruvo, A., 1978. The Implication of the Fines Fraction for the Properties of Bleached Kraft Sheet. Svensk Papperstidning, 81(16): 507.
- Katz, S., Liebergott, N., Scallan, A.M., 1981. A Mechanism for the Alkali Strengthening of Mechanical Pulps. Tappi J. 64(7).
- Laivin, G.V., Scallan, A.M., 1996. The Influence of Drying and Beating on the Swelling of Fines. Journal of Pulp and Paper Science, 22(5): J178.
- McKee, R.C., 1971. Effect of Repulping on Sheet Properties & Fiber Characteristics. Paper Trade Journal, 155 (5): 34.
- Minor, J., 1994. Hornification. Its Origin and Meaning. Progress In Paper Recycling, 392: 93-95.
- Nanko, H., Asano, S., Ohsawa, J., 1991. Shrinking Behavior of Pulp Fibers During Drying. Tappi Proceeding, International Paper Physic Conference.
- Paavilainen, L., 1990. Importance of Particle Size, Fiber Length and Fines; for the Characterization of Softwood Kraft Pulp. Paperi ja Puu, 72(5): 516.
- Pazner, L., Behera, N.C., 1985. Beating Behavior and Sheet Strength Development of Conifer Organosolv Fibers. Holzforschung, 39(1): 51-61.

- Scallan, A.M., 1993. The effect of acidic groups on swelling of pulps-A review, *Tappi Journal*, 66 (11): 73-75.
- Scallan, A.M., Grignon, J., 1979. The Effect of Cations on Pulp and Paper Properties. *Svensk Papperstidnink* No. 2.
- Scallan, A.M., Tigerstorm, A.C.J., 1992. Swelling and elasticity of cell-walls of pulp fibers, *Journal of Pulp and Paper Science*, 18 (5): J188-J193.
- Scott, W.E., Abbott, J.E., 1995. Properties of paper: An introduction. (Eds.) Tappi Press, Atlanta, GA. 174p.
- Sjostrom, E., 1993. *Wood Chemistry. Fundamentals and Applications*. 2nd Ed., Academic Press, Inc., San Diego.
- Smook, G.A., 1994. *Handbook for Pulp and Paper Technologists*. Angus Wilde Publications, Canada, 419 pp.
- Spangenberg, R.J., 1993. *Secondary fiber recycling*, (Editor), Tappi Press, Atlanta, GA.
- Şahin, H.T. 2007. Kullanılmış atık kağıtların yeniden kağıt üretiminde kullanılması, *Orman Mühendisliği Dergisi*, 44 (3): Sayı 7-9.
- Üner B., Şahin H.T. 2004. Geri dönüşümde yaş pres ve kurutmanın lif özelliklerine etkisi, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri-A, Sayı 1*, s. 145-158.
- Walsh, F., 2006. An isotropic study of fiber-water interactions, Ph.D theses, Georgia Institute of Technology, 153p.
- Waterhouse, J.F., Liang, Y.X., 1995. Improving the Fines Performance of Recycling Pulps. *Tappi Proceeding, 1995 Recycling Symposium*.
- Wegner, T.H., 1982. Improve Strength in High-Yield Pulps Through Chemical Treatment. *Tappi J.*, 65(8): 103.
- Wistara, N., Young, R.A., 1999. Properties and treatments of pulps from recycled paper. Part I. Physical and chemical properties of pulps. *Cellulose*, 6 (4): 291-324.
- Wistara, N., Zhang, X.J., Young, R.A., 1999. Properties and treatments of pulps from recycled paper. Part II. Surface properties and crystallinity of fibers and fines. *Cellulose*, 6 (4): 325-348.
- Young, R.A., 2008. Historical Developments in Wood Chemistry. *SDU Faculty of Forestry Journal* 2008; 1 (A): 1-15.

Yazar rehberi

Makale A4 sayfa boyutunda, 12 punto Times New Roman yazı tipinde ve düz metin şeklinde hazırlanmalıdır. Zorunlu olmadıkça hiçbir özel format kullanılmamalıdır. Makaleye sayfa ve satır numarası eklenmelidir. Diğer hususlar için lütfen aşağıdaki açıklamalara bakınız:

Kapak sayfası: Kapak sayfasında sırasıyla makale başlığı, yazar adı soyadı, yazar iletişim bilgileri yer almalıdır.

Başlık ve özet (Türkçe ve İngilizce): Özet, 250 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalı, kısaca araştırmanın gerekçesini, amaçlarını, uygulanan yöntemi, sonuç ve önerileri içermelidir. Özet sonuna 3-6 kelimedenden oluşan anahtar kelimeler eklenmelidir.

Ana metin: Makale ana metni tek satır aralıklı olarak yazılmalı, çizelge ve şekillerle birlikte toplam 15 sayfayı geçmemelidir. Konu başlıkları 1., 1.1., 1.1.1., şeklinde numaralandırılmalıdır.

Dipnotlar: Metin içerisinde dipnotlardan olabildiğince kaçınılmalıdır. Çizelge ve şekillerde ise gerekli olması halinde ilgili objenin altında kullanılabilir.

Semboller ve kısaltmalar: Birim sembolleri Uluslararası Birimler Sistemine (The International System of Units; SI) uygun olmalıdır. Kısaltmalar ise metin içerisinde ilk geçtiği yerde parantez içinde açıklanmalıdır.

Kaynaklar: Metin içinde geçen kaynaklar yazarların soyadları ve yayın yılı ile birlikte verilmelidir (Örnek: Oliver vd., 1996; Boydak ve Çalikoğlu, 2008). Metin sonundaki kaynaklar önce alfabetik sonra kronolojik sıraya göre sıralanmalıdır. Bir yazarın aynı yılda birden fazla yayınına atıf yapılmışsa, bu kaynaklar yayın yılından sonra gelecek a, b, c... harfleriyle ayrılmalıdır (Örnek: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). Kaynaklar hakkında detaylar için Ek 1'e bakınız.

Çizelgeler ve şekiller: Bütün çizelge ve şekiller (grafik, fotoğraf, harita vb.) metin içerisinde atıf sıralarına göre ardışık olarak numaralandırılmalı ve metnin sonuna 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. Şekiller en az 300 dpi çözünürlüğünde ve 8,15 ya da 17 cm genişliğinde hazırlanmalıdır. Şekillerde kullanılan karakterler Times New Roman yazı tipinde ve 8 punto büyüklüğünde olmalıdır.

Makalenin gönderilmesi: Dergimizin 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 "[giris](#)" yaptıktan sonra, makaleleri ile birlikte ve hakem önerilerini de içeren "[üst yazı ve telif devir](#)" formunu sisteme ek belge olarak yüklemelidirler.

Instructions for authors

Manuscript should be prepared in A4 page size, with Times New Roman font and 12 pt font size, as plain text. Unless necessary, no special formatting should be used. Page and line numbers should be included into the manuscript. Please check out the explanations below for other details:

Cover page: Cover page should include title of the manuscript, names and contact information of the authors.

Title and abstract (Turkish and English): Abstract should not exceed 250 words, and briefly explains rationale, goals, methods, results and recommendations of the study. Keywords with 3-6 words should be included at the end of the abstract.

Main text: Main body of the manuscript should be written in single line spacing, and it should not exceed a total of 15 pages including tables and figures. Headings should be numbered as follows: 1., 1.1., 1.1.1.

Footnotes: Use of footnotes within the text should be avoided as much as possible. If necessary, it can be used below tables and figures.

Symbols and abbreviations: Unit symbols should comply with The International System of Units. Abbreviations should be explained briefly within a parenthesis where it appears first.

References: In the text, literature should be given with the last name of the author and year of the publication (For example: Oliver et al., 1996; Boydak and Çalikoğlu, 2008). At the end of the paper, references should be ordered first alphabetically and then chronologically. If there is more than one paper from the same author for a given year, these references should be identified by the letters a, b, c..., after the year of publication (For example: Jensen, 1998a; 1998b; 1999). See Appendix 1 for details on references.

Tables and figures: All tables and figures (graphs, photographs, maps etc.) should be numbered in the order of their citation in the text, 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. Figures should be prepared in at least 300 dpi resolution and 8.15 or 17 cm width. Characters within the figures should be in Times New Roman font type and 8 pt font size.

Submission of a manuscript: 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. Our registered members can "[log in](#)" to the system and then upload their manuscript and "[cover letter and copyright transfer form](#)" as an appendix, containing their suggested referees.

Ek 1. Kaynaklar

Genel kabul görmüş ilkelere uygun olarak, her bir yayının yazarı, yayın yılı, başlığı, yayıncısı, sayfa numarası ve gerekli diğer bilgileri verilmelidir.

Elektronik kaynaklar: Sıradan bir internet sitesi gibi güvenilirliği ve devamlılığı şüpheli olan elektronik kaynaklar tercih edilmemelidir. Eğer bir kaynağın hem elektronik hem de basılı hali mevcutsa, basılı olanı referans gösterilmelidir.

Eğer kullanılacaksa, elektronik kaynaklar da basılı kaynaklar gibi düşünülmesi; yazar, yayın yılı, makale veya internet sayfasının başlığı, yayıncı adı ve yeri verilmelidir. Sadece çevrimiçi yayın yapan dergilerde DOI numarası da kaynağın sonuna eklenmelidir.

Periyodik dergilerde makale / Article in periodical journals

Binkley, D., Stape, J.L., Ryan, M.G., 2004. Thinking about efficiency of resource use in forests. *Forest Ecology and Management*, 193: 5-16.

Acar, H.H., Ünver, S., 2012. Tomrukların oluk içerisinde traktör gücü ile kontrollü kaydırılması (TOKK-T) yönteminde iş verimliliği. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2): 97-102.

Kitap / Book

Boydak, M., Çalikoğlu, M., 2008. Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Rich) Biyolojisi ve Silvikültürü. Ormancılığı Geliştirme ve Orman Yangınları ile Mücadele Hizmetlerini Destekleme Vakfı Yayını, Lazer Ofset Matbaası, Ankara.

Oliver, C.D., Larson, B.C., 1996. *Forest Stand Dynamics*. John Wiley and Sons, New York.

Kitapta bölüm / Reference to a chapter in an edited book

Little, C.H.A., Pharis, R.P., 1995. Hormonal control of tree stem growth. In: Gartner, B.L. (Ed.), *Plant Stems: Physiology and Functional Morphology*, Academic Press, New York, pp. 281-319.

Moore, S.E., Allen, H.L., 1999. Plantation forestry. In: Hunter, M.L. Jr., (Ed.), *Maintaining Biodiversity in Forested Ecosystems*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 400-433.

Tez / Thesis and dissertation

Gurlevik, N., 2002. Stand and soil responses of a loblolly pine plantation to midrotation fertilization and vegetation control. PhD Dissertation, North Carolina State University, NC, USA.

Işık, F., 1998. Kızılcımanın (*Pinus brutia* Ten.) genetik çeşitlilik, kalıtım derecesi ve genetik kazancın belirlenmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Konferans bildirisi / Conference proceedings

Erdönmez, C., Ok, K., 2009. Özel ağaçlandırmaları etkileyen sosyo-ekonomik etkenler. II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, 19-21 Şubat 2009, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, s. 74-80.

Erkan, N., 2002. Growth performance of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) in natural forest and plantation in Turkey. Proceedings of IUFRO Meeting: Management of Fast Growing Plantations, 11-13 September 2002, Izmit, Turkey, pp. 67-74.

Elektronik kaynak / Electronic reference

FAO, 2011. Fact and figures: Forest cover. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/forestry/28808/en/>, Accessed: 22.12.2012.

OGM, 2009. Ormancılık istatistikleri 2009. Resmi istatistik programı kapsamındaki ormancılık istatistikleri, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara, http://web.ogm.gov.tr/Dkmanlar/istatistikler/ormancilik_ist_2009.pdf, Erişim: 06.02.2013.

Adam, M.C., Kneeshaw, D., Beckley, T.M., 2012. Forestry and road development: direct and indirect impacts from an Aboriginal perspective. *Ecology and Society* 17(4):1, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04976-170401>.

Appendix 1. References

In accordance with generally accepted principles; author, publication year, title, publisher, page numbers and other appropriate information should be given for each reference.

Electronic references: Ordinary internet sites sources with limited credibility and permanence should not be used as an electronic reference. If a publication exists in both print and electronic versions, the print version should be preferred as a reference.

If used, electronic sources should be treated as printed sources; author, year of publication, title of the article or web page, publisher's name and place should be given. DOI numbers should be included at the end if an online-only publication is used as reference.

