JFFIU

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

ISSN 0535-8418
E-ISSN 1309-6257

VOLUME CİLT 66 | ISSUE SAYI 1 | YEAR YIL 2016

1951

http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu

İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi dergisi = Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University.-- İstanbul : İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 1951-

c.: resim, şekil, tablo; 27 cm.

Yılda 2 sayı

ISSN 0535-8418

e-ISSN 1309-6257

Elektronik ortamda da yayınlanmaktadır:

http://www.journals.istanbul.edu.tr/jffiu/index

1. ORMANLAR VE ORMANCILIK – SÜRELİ YAYINLAR. 2. ORMAN MÜHENDİSLİĞİ. 3. ORMAN ÜRÜNLERİ. 4. PEYZAJ MİMARLIĞI.

Baskı:
İlbey Matbaa
www.ilbeymatbaa.com.tr
Sertifika No: 17845

İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü Sağlık Kültür ve Spor Daire Başkanlığı tarafından bastırılmıştır.

Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University (JFFIU)

İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi (İÜOFD)

EDITORIAL BOARD | EDİTÖRLER KURULU

Abdullah Emin Akay - Bursa Technical University, Faculty of Forestry, TURKEY
Ünal Akkemik - Istanbul University, Faculty of Forestry, TURKEY
M. Hakki Alma – Kahramanmaraş Sütçü Imam University, TURKEY
Kazuhiro Aruga - Utsunomiya University, Faculty of Agriculture, JAPAN
Nadir Ayrılmış - Istanbul University, Faculty of Forestry, TURKEY
Kevin Boston - Oregon State University, College of Forestry, USA
Zeki Candan - Istanbul University, Faculty of Forestry, TURKEY
Oliver Chadwick - Yale School of Forestry and Environmental Studies, USA
Ignacio J. Diaz-Maroto Hidalgo - University of Santiago de Compotela, SPAIN
S.Nami Kartal - Istanbul University, Faculty of Forestry, TURKEY
Lee Woo-Kyun - Korea University, College of Life and Environmental Sciences, REPUBLIC OF KOREA
Ender Makineci - Istanbul University, Faculty of Forestry, TURKEY
Marc Palahi - European Forest Institute, SPAIN
Neil Pederson - Harvard University, Harvard Forest, USA
Tibor Pentek - University of Zagreb, Faculty of Forestry, CROATIA
Albert Reif - University of Freiburg, GERMANY
Hideo Sakai - The University of Tokyo, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, JAPAN
Yowhan Son - Korea University, College of Life and Environmental Sciences, REPUBLIC OF KOREA
Yafang Yin – Chinese Academy of Forestry, Research Institute of Wood Industry, CHINA
Tetsuhiko Yoshimura- Shimane University, Faculty of Life and Environmental Science, JAPAN

ADVISORY BOARD | DANIŞMA KURULU

H.Hulusi Acar - Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, TURKEY
Zeynel Arslangündoğdu - Istanbul University, Faculty of Forestry, TURKEY
Hamit Ayberk - Istanbul University, Faculty of Forestry, TURKEY
Melih Boydak - Işık University, Faculty of Fine Arts, TURKEY
Gernot Fiebiger - Deputy Coordinator of Iufro Research Group 8.03, AUSTRIA
Ebubekir Gündoğdu - Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, TURKEY
Yusuf Güneş- Istanbul University, Faculty of Forestry, TURKEY
Jürgen Huss - University of Freiburg, GERMANY
Radomir Klvac - Mendel University, Faculty of Forestry and Wood Technology, CZECH REPUBLIC
Coşkun Köse - Istanbul University, Faculty of Forestry, TURKEY
Eldar Kurbanov - Mari State Technical University, RUSSIAN FEDERATION
Yalçın Kuvan - Istanbul University, Faculty of Forestry, TURKEY
Tadeusz Moskalik - Warsaw University of Life Sciences, Department of Forest Utilization, POLAND
Kenan Ok - Istanbul University, Faculty of Forestry, TURKEY
Serpil Özker - Işık University, Faculty of Fine Arts, TURKEY
Hayriye Eşbah Tunçay - Istanbul Technical University, Faculty of Architecture, TURKEY
Adnan Uzun - Işık University, Faculty of Fine Arts, TURKEY
Hakan Yener - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY

EDITORIAL STAFF | DERGİ YAYIN KURULU

EDITOR IN CHIEF

Murat Demir - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY

ASSOCIATE EDITORS

Ender Makineci - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY

Run-Cang Sun - *Regional Editor of Asia* - Dean of College of Materials Science and Technology; Director of Beijing Key Laboratory of Lignocellulosic Chemistry, Beijing Forestry University, Beijing; Director of State Key Laboratory of Pulp and Paper Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, CHINA

Martin A. Hubbe - *Regional Editor of North America* - North Carolina State University, Department of Forest Biomaterials, USA

Raphael Thomas Klumpp - *Regional Editor of Europe* - University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), AUSTRIA

STAFF

Zeki Candan - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY
Hasan Tezcan Yıldırım - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY
Mert Ekşi - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY
Mustafa Akgül - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY
Süleyman Çoban - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY
Fatma Diğdem Tuncer - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY
Selim Bayraktar - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY

LANGUAGE EDITORS

Hamit Ayberk - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY
Seda Erdinler - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY
Sevda Göncü - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY
Uğurgül Tunç - English Language Lecturer, CANADA

STATISTICAL EDITORS

Emrah Özdemir - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY
Ersel Yılmaz - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY

TECHNICAL SUPPORT

Hürbey Kaya - Istanbul University Faculty of Forestry, TURKEY

Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University , 34473 , Bahcekoy, Sarıyer, Istanbul, TURKEY
Phone: +90 212 338 24 00 | *Fax:* +90 212 338 24 24 or +90 212 226 11 13
e-mail: forestry_journal@istanbul.edu.tr | jffiu@istanbul.edu.tr
Web: http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu

JOURNAL INFORMATION | DERGİ KÜNYESİ

Journal owner: Istanbul University

Representative for journal owner: Dean of the Faculty of Forestry, Istanbul University: Prof.Dr. Ahmet Yeşil

Responsible manager: Associate Dean of the Faculty of Forestry, Istanbul University: Prof.Dr. Yusuf Güneş

Headquarters: Rectorate of Istanbul University, Beyazıt, Istanbul, Turkey **Phone:** +90 212 440 00 00

Journal office address: Istanbul University Faculty of Forestry 34473 Bahcekoy, Sarıyer, Istanbul, Turkey

Journal phones: +90 212 338 24 00 (23 lines) **Fax**: +90 212 338 24 24 or +90 212 226 11 13

E-mails: forestry_journal@istanbul.edu.tr - jffiu@istanbul.edu.tr

Web: http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu

Printing office: Istanbul University, Directorate of Printing and Publication Office

Printing office phones: +90 212 631 35 04-05

Type of publication: International, periodical, two issues per year (January and July), peer-reviewed journal

Abbreviated journal title: J FAC FOR ISTANBUL U

Registered DOI number and prefix: 10.17099/jffiu

Registered CrossRef titles: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi / J FAC FOR ISTANBUL U

ISSN: 0535-8418 / **e-ISSN:** 1309-6257

Year: 2016 **Volume:** 66 **Issue**: 1

AIMS AND SCOPE | DERGİ AMAÇ VE KAPSAMI

"**Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University – (JFFIU)**" is the official journal of Faculty of Forestry Istanbul University. **JFFIU** regularly published since 1951 by Istanbul University Faculty of Forestry. This journal is peer-reviewed since 1998 and international peer-reviewed since 2010. This journal provides both a national and international research forum for the exchange of knowledge dealing with various issues of forestry, wood science and technology and landscape architecture. This journal publishes two issues annually (January and July). The objectives of the **"Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University – (JFFIU)"** are both to publish original papers, short notes and review papers of a high scientific standard and to establish a discussion environment for current issues in forest-forest products and landscape architecture-related areas among researchers, legislators, decision-makers, industry, universities, research institutes and other professionals. "**Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University – (JFFIU)**" accepts papers of high scientific quality and both high local and global relevance in the field of forest research forum basic to applied areas including; Silviculture, Forest entomology and protection, Forest management, Forest mensuration, biometry and dendrometry, Forest construction and transportation, Surveying and photogrammetry, Soil science and ecology, Forest and environment administration and policy, Forest economics and marketing, Forestry and environment law, Forest botany, Watershed management, Wildlife management, Urban forestry, Forest utilization and planning, Wood science and technology, Wood biology, Wood and wood based products, Nonwood forest products, Wooden constructions and furniture, Wood chemistry, Pulp and paper, Wood pathology, Wood protection, preservation and drying, Wood products industry machinery and business administration, Environmental and ecological issues in forest products, Wood biomass, New technologies in forest products industries, Landscape architecture, Principles of landscape architecture design, Landscape plants, Urban design, Landscape ecology, Aesthetic assessment of landscape and landscape techniques, Site planning etc.

"**İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi – (İÜOFD)**" İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi'nin resmi dergisidir. **İÜOFD**, 1951 yılından itibaren düzenli olarak yayınlanan, 1998 yılında ulusal hakemli dergi ve 2010 yılından itibaren ise uluslararası hakemli dergi olup, ormancılık, odun bilimi ve teknolojisi ve peyzaj mimarlığı ile ilgili çeşitli konularda bilgi alışverişi için ulusal ve uluslararası düzeyde bir forum temin etmeyi amaçlamaktadır. Dergi yılda iki kez (Ocak ve Temmuz aylarında) yayınlanmaktadır. "**İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi - (İÜOFD)**"nin amaçları yüksek bilimsel standartta orjinal makaleler, kısa makaleler ve derleme makaleleri yayınlamak, ormancılık, orman ürünleri ve peyzaj mimarlığı ile ilişkili alanlarda güncel çalışmalar için, araştırıcılar, kanun yapıcılar, karar vericiler, endüstri, üniversite, araştırma kurumları ve diğer profesyonel kişiler arasında bir tartışma ortamı yaratmaktır. "**İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi - (İÜOFD)**" aşağıda belirtilen alanlardan, temel ve uygulamalı çalışmalar içeren, hem lokal hem de global ilişkiler kuran yüksek kalitede makaleler kabul etmektedir: Silvikültür, Orman entomolojisi ve koruma, Orman amenajmanı, Orman hasılatı, biyometri ve dendrometri, Orman inşaatı ve transportu, Ölçme bilgisi ve kadastro, Toprak ilmi ve ekoloji, Ormancılık ve çevre politikası ve yönetimi, Ormancılık ekonomisi ve pazarlama, Orman ve çevre hukuku, Orman botaniği, Havza yönetimi, Yaban hayatı yönetimi, Şehir ormancılığı, Orman kullanımı ve planlama, Odun bilimi ve teknolojisi, Odun biyolojisi, Odun ve odun esaslı ürünler, Odun dışı orman ürünleri, Ağaç konstrüksiyonları ve mobilya, Odun kimyası, Kağıt ve selüloz, Odun patolojisi, Odun koruma, emprenye ve kurutma, Odun endüstri makinaları ve işletme, Orman ürünleri endüstrisinde çevre ve ekolojik konular, Odunsu biyokütle, Orman ürünleri endüstrisinde yeni teknolojiler, Peyzaj mimarlığı, Peyzaj düzenleme prensipleri, Peyzaj bitkileri, Şehir planlama, Peyzaj ekolojisi, Peyzaj teknikleri ve estetik düzenleme, Alan planlama vb.

ABSTRACTED – INDEXED - ARCHIEVED

Tubitak-Ulakbim Turkish Academic Journal Portal, Tubitak-Ulakbim Dergipark Harvester, EuroForest Portal, DOI links, CrossRef, EBSCO Abstracts, DOAJ (Directory of Open Access Journal), CAB Direct, CABI Forestry Abstracts, CABI Forest Products Abstracts, CABI Environmental Science Database, CABI Horticultural Science Database, CABI Soil Science Database, CABI Soils and Fertilizers Abstracts, CABI Plant Genetics and Breeding Database, CABI Plant Genetic and Resources Abstracts, CABI Plant Protection Database, CABI Review of Agricultural Entomology, CiteFactor, OAJI Index (Open Academic Journals Index), Science Gate, Directory of Research Journal Indexing (DRJI), Arastirmax Scientific Publication Index, Turkey Bibliography (kaynakca.info), Google Scholar, Wikipedia Forestry Journals

Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University (JFFIU)
İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi (İÜOFD)

ISSN: 0535-8418 **e-ISSN: 1309-6257** **http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu**

VOLUME CİLT **66** | **ISSUE** SAYI **1** | **YEAR** YIL **2016**

CONTENTS | İÇİNDEKİLER

RESEARCH ARTICLES | *ARAŞTIRMA MAKALELERİ*

Ş.Doğanay Yener, Yahya Ayaşlıgil: İstanbul Marmara kıyılarının odunsu bitki varlığı açısından değerlendirilmesi
Evaluation of woody plants of Istanbul Marmara coastal areas..... 1

Erdoğan Atmış, Hikmet Batuhan Günşen: Kentleşmenin Türkiye ormancılığının dönüşümüne etkisi (1990-2010 Dönemi)
Effect of urbanization on transformation of forestry in Turkey (Period of 1990-2010)…..…….. 16

Kürşad Özkan: Bir meta bitki toplumunun kuantum analizi
Quantum analysis of a plant metacommunity ……..…….. 30

Vahid Eisavi, Ahmad Maleknezhad Yazdi, Seyeed Ali Niknezhad: Spatial and temporal modeling of wetland surface temperature using Landsat-8 imageries in Sulduz, Iran
İran Sulduz bölgesinde Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılarak sulak alanların yüzey sıcaklığının mekansal ve zamansal olarak modellenmesi ……..…….. 46

Ramazan Özçelik, Kaan Karaer: Eğirdir Yöresi doğal kızılçam ve karaçam meşcereleri için ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesi
Development of merchantable volume equations for natural brutian pine and black pine stands in Eğirdir District ... 59

Gökçe Gençay: Orman sınırları içinde tapu iptali kararlarının mülkiyet hakkını ihlal etmesi sorunu
The Problem of property rights infringement through annulment decisions in forest areas ……..…….. 75

Ahmad Maleknezhad Yazdi, Vahid Eisavi, Ali Shahsavari: Incorporation of hyperspectral imagery and texture information in a SVM method for classifying urban area of southern regions of Tehran, Iran
İran Tahran şehri güney bölgesinde kent alanlarının sınıflandırılmasında SVM yöntemi ile hiperspektral görüntü ve tekstür bilgilerinin birlikte kullanılması ……..……..... 90

Mustafa Akgül, Hüseyin Yurtseven, Murat Demir, Abdullah Emin Akay, Sercan Gülci, Tolga Öztürk: İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları
Usage opportunities of generating digital elevation model with unmanned aerial vehicles on forestry ……... 104

Mert Ekşi, Adnan Uzun: Yeşil çatı sistemlerinin su ve enerji dengesi açısından değerlendirilmesi
Assessment of green roof systems in terms of water and energy balance ……..…… 119

Tuğba Deniz, Kenan Ok: Erozyon kontrolü çalışmalarında değer analizi
Valuation analysis in erosion control activities ……..……... 139

Şükrü Teoman Güner, Aydın Çömez, Kürşad Özkan, Rıza Karataş, Nejat Çelik: Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi
Modelling the productivity of Anatolian black pine plantations in Turkey ……..…… 159

Ayhan Ateşoğlu: Havza çalışmalarında kullanılan CORINE 2006 arazi sınıflandırma verilerinin doğruluğunun araştırılması
Investigation of accuracy of CORINE 2006 land cover data used in watershed studies ……..……... 173

Yıldız Güneş, Albert Reif, Jürgen Huss: Türkiye Orta Toroslar bölgesinde peyzaj ve arazi kullanımı değişikliği
Change of land use in the Turkish Taurus Mountains ……..……..... 184

Musalam Mohammed Abdalmoula, Mohamad Azani Alias: Investigation of soil physical properties under *Shorea peltata* sym in Tengaroh Forest Reserve, Johor Bahru, Malaysia
Mersing-Malezya ormanındaki farklı sıklıkta Shorea peltata Sym. altında toprağın fiziksel özelliklerinin araştırılması 198

Istanbul University Faculty of Forestry 34473 Bahcekoy, Sarıyer, Istanbul, TURKEY
Phone: +90 212 338 24 00 | *Fax:* +90 212 338 24 24 or +90 212 226 11 13
e-mail: forestry_journal@istanbul.edu.tr | jffiu@istanbul.edu.tr
Web: http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu

Gafura Aylak Özdemir, Ömer Saraçoğlu: Trakya meşe ormanlarında artım ve büyüme ilişkileri
The relations of growth and increment in thrace oak forests …… 211

İlyas Bolat, Hüseyin Şensoy, Davut Özer: Fiğ (*Vicia sativa* L.) ve Yonca (*Medicago sativa* L.) ekimi yapılan toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin değerlendirilmesi
Evaluation of microbial biomass C and N content of the soils cultivated with vetch (Vicia sativa L.) and alfalfa (Medicago sativa L.) …… 244

Neşe Gülci, Abdullah Emin Akay, Orhan Erdaş, H. Hulusi Acar, Michael G. Wing: Controlled sliding of logs downhill by chute system integrated with portable winch and synthetic rope
Taşınabilir vinç ve sentetik halat ile entegre oluk sistemi içerisinde odun hammaddesinin yamaç aşağı kontrollü kaydırılması …… 256

Serkan Özdemir, Kürşad Özkan: Ovacık Dağı yöresinde Türk Kekiği (*Origanum onites* L.) ve Büyük Çiçekli Adaçayı (*Salvia tomentosa* Miller) türlerinin ekolojik özellikleri
Ecological properties of Turkish Oregano (Origanum onites L.) and Balsamic Sage (Salvia tomentosa Miller) in the Ovacık Mountain district of the Mediterranean region …… 264

Süleyman Çoban: Ecological indicator values of forest communities in Çitdere Region (Yenice-Karabük)
Çitdere bölgesi (Yenice-Karabük) orman toplumlarının ekolojik gösterge değerleri…… 278

SHORT NOTE | *KISA NOT*

Asma Zeiri, Hamit Ayberk, Mohamed Braham, Mohamed Braham: Investigations on gallery patterns of the Almond bark bettle (*Scolytus amygdali* Guerin-Méneville, 1847) (Coleoptera, Curculionidae) in Tunisia
Tunus'ta Badem yazıcı böceği (Scolytus amygdali Guerin- Méneville, 1847) (Coleoptera, Curculionidae)'nin galerileri üzerine araştırmalar …… 288

Olivier Bouyer, Yusuf Serengil: Carbon stored in harvested wood products in Turkey and projections for 2020
Türkiye'de hasat edilmiş orman ürünlerinde tutulan karbon ve 2020 projeksiyonları…… 295

Süleyman Çoban: Selanik'te bulunan Atatürk Evi Bahçesi'ndeki tarihi nar ağacına uygulanan bakım ve koruma önlemleri
Maintenance and conservation of historical pomegranate tree in the garden of Thessaloniki Ataturk's House …… 303

Selvinaz Gülçin Bozkurt: Gürün (Sivas) ilçesinin rekreasyon kaynaklarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi
Determination and evaluation of recreation resources of Gürün (Sivas) county …… 318

H. Hulusi Acar: Tomrukların kamyona yüklenmesi çalışmalarında taşınabilir el vinci ve polietilen oluk kombinasyonu sistemi
A combined loading system integrated with portable winch and polyethylene chutes for loading of timber products 329

REVIEW ARTICLES | *DERLEME MAKALELER*

Burçak Erdoğan Onur, Demet Demiroğlu: Kentsel sürdürülebilir mekânlar: Ekolojik parklar
Sustainable urban spaces: Ecological parks …… 340

Istanbul University Faculty of Forestry 34473 Bahcekoy, Sarıyer, Istanbul, TURKEY
Phone: +90 212 338 24 00 | *Fax:* +90 212 338 24 24 or +90 212 226 11 13
e-mail: forestry_journal@istanbul.edu.tr | jffiu@istanbul.edu.tr
Web: http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.53275

İstanbul Marmara kıyılarının odunsu bitki varlığı açısından değerlendirilmesi

Ş.Doğanay Yener [1*], Yahya Ayaşlıgil [1]

[1] Istanbul University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, 34473, Sariyer, Istanbul, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** doganay@istanbul.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 05.05.2014 **- Revised (Düzeltme tarihi):** 22.12.2014 **- Accepted (Kabul tarihi):** 23.12.2014

Özet: İstanbul'un güney kesimlerinde yer alan ve kuru yetişme ortamı özelliği gösteren Marmara Denizi kıyılarında yürütülen bu çalışmada; farklı özelliklerdeki örnek alanlarda mevcut odunsu bitki taksonları tespit edilmiştir. Belirlenmiş olan 9 örnek alanda yürütülen çalışmada, yerinde inceleme, fotoğraflama, örnek toplama ve tespit çalışmaları yapılmıştır. Tespit edilen odunsu bitkilerin bulundukları familyalara göre dağılımları ve cins-tür bazında yoğunlukları SPSS analiz programı ile değerlendirilmiştir. Ayrıca her bir bitki taksonunun bu bölgedeki kullanım yoğunlukları, örnek alanlarda bulunma durumlarına göre belirlenmiştir. Mevcut bitki taksonlarının bulunduğu yerin ekolojik yapısı ile uyumunu belirlemek üzere, Schroeder (1976) tarafından geliştirilen "*bitkilerin yayılış alanı formülü*"nden yararlanılarak bir değerlendirme yapılmıştır. İstanbul Marmara kıyıları peyzaj düzenleme alanlarında bitki tür çeşitliliği açısından toplam 204 odunsu takson ile önemli bir değerde olduğu, egzotik bitkilerin kullanımının bu bölgede oldukça yoğun olduğu ve bazı taksonların da ekolojik açıdan bu bölgede kullanımının uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Odunsu bitki taksonları, bitki kullanımı, İstanbul Marmara kıyıları

Evaluation of woody plants of Istanbul Marmara coastal areas

Abstract: In this work the woody plant species have been determined, which grow in in the southern part of the city İstanbul on the Marmara Sea Cost, which climate is somewhat warmer and drier than the nothern part as a habitat. Site inspections, photographing, sample collection and detection studies has been carried out in the selected 9 sample areas. The detected woody plants were evaluated within the SPSS analysis program; in terms of their distribution by the family names and also genus-species densities. Furthermore, the usage density of each plant taxa in this region has been identified, according to their occurrence in the sample areas. In order to determine the harmony of the plants within the ecological structure of the area; the "*formula of plants deployed area*" has been used. It is identified that the landscape design areas of the Istanbul Marmara coastal areas, has an important value of plant diversity within total of 204 woody plant taxa. The other important results identified in this study are, the intensively usage of exotic woody plants and also the reality that some of the woody plant taxa used in the landscape designs of this area are not ecologically suitable for this region.

Keywords: Woody plant taxa, plant usage, Istanbul Marmara coastal areas

1.GİRİŞ

Çevre düzenleme çalışmalarının yapı taşı olan bitkiler, özellikle odunsu bitkiler, aynı zamanda kentlerdeki yaşanabilirliği sağlayan 'kent yeşili'nin en önemli unsurlarıdır. İstanbul metropolitan kenti gibi nüfus ve kentleşmenin hızla arttığı yerlerde peyzaj düzenleme çalışmalarının ve dolayısıyla bitkilerin kentin ekolojisine görsel ve işlevsel katkıları oldukça büyüktür. İstanbul kentinin oldukça zengin bir florası

To cite this article (Atıf): Yener, Ş.D., Ayaşlıgil, Y., 2016. İstanbul Marmara kıyılarının odunsu bitki varlığı açısından değerlendirilmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 1-15. DOI: 10.17099/jffiu.53275

olmasına rağmen gerek çeşitlilik, gerekse estetik potansiyelleri açısından yabancı türlerin peyzaj düzenlemelerinde kullanımı oldukça yaygın bir uygulama haline gelmiştir.

Yapay çevrenin egemen olmaya başlaması ile birlikte peyzaj düzenlemelerinde kullanılan bitkilerin ekolojik, dendrolojik ve diğer özelliklerinin bilinmesi, kaynakların etkin kullanımı ve yaşanabilir kentsel mekanlar için zorunlu bir duruma gelmiştir. Bu taksonların doğru ve kesin olarak bilinmesi halinde, bunların yetişme ortamlarına gösterecekleri uyum değerlendirilebilecek ve uygun bitki türleri ile düzenleme çalışmaları yapılabilecektir.

Dayanıklılık, bir bitkinin belli bir bölgede mevcut genel iklim ve sıcaklık şartları altında başarılı bir şekilde yetişme yeteneğini belirtmek amacıyla kullanılan bir terimdir. Dayanıklılık söz konusu olduğunda, düşünülmesi ve hesaba katılması gereken çeşitli faktörler olmasına rağmen, sıcaklık en etkili ve kritik faktördür. Sıcaklık, dayanıklılığın bir unsuru olup, üzerinde insanın kontrolü çok sınırlıdır. Bir bitkinin dayanıklılık zonu belirlenirken, don olayları, mevsimlik yağış dağılımı, nem, toprak özellikleri ve güneş ışığının yoğunluğu ve süresi hesaba katılması gereken diğer faktörlerdir. (Ayaşlıgil,1989).

Eğer gerekli önlemler alınır ve bakım yapılırsa, bazı bitkiler herhangi bir zonda sınır bitkisi olarak yaşamını sürdürecektir, bu tür bitkiler yarı-dayanıklı bitkiler olarak sınıflandırılır. Yarı-dayanıklı olarak sınıflandırılmış bitkiler de tasarımda kullanılabilir. Böyle bir bitki yetişme ortamı koşullarının çok uygun olmadığı bölgelerde gelişimini başarıyla sürdürebilir. Belli niteliklere sahip yarı dayanıklı bir bitkinin dışında, dayanıklı bitkiler arasında istediğiniz nitelikleri taşıyan başka bir bitki bulunmuyorsa, yarı dayanıklı bitkinin kullanılması kaçınılmaz olur (Ayaşlıgil, 2005).

İstanbul Marmara Denizi kıyılarında yürütülen bu çalışma ile kentsel yerleşim alanlarındaki bitki tür çeşitliliğini tespit etmek ve bu bitkilerin bulunduğu yerin ekolojik özellikleri ile uyumunu değerlendirmek amaçlanmaktadır. Ayrıca bu çalışmanın kentsel alanlarda yapılacak olan bitkilendirme tasarımı çalışmalarına yol gösterici olması hedeflenmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

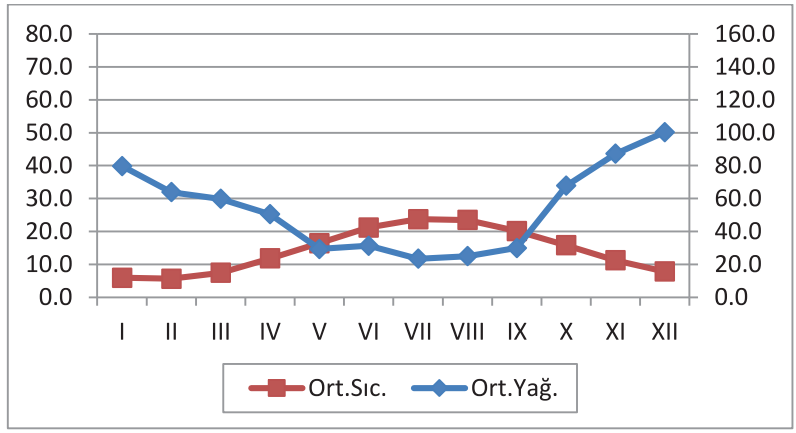
Bu çalışmada İstanbul Marmara kıyıları peyzaj düzenleme alanları araştırma alanı olarak belirlenmiştir. Kuzey rüzgarlarına kısmen kapalı olan ve daha az yağış alan bölge, ekolojik açıdan kuru yetişme ortamı özelliği taşımaktadır. Tarihi açıdan bakıldığında ise, kentteki yerleşim sırasına göre Tarihi Yarımada ve Boğaziçi'nden sonra gelmektedir. Bu özelliklerinden dolayı, bitkilerin yaşının ve türünün değişiklik gösterdiği birçok farklı peyzaj düzenlemesi araştırma objesi olarak seçilmiş ve değerlendirilmiştir.

Örnek alanlar ise sırasıyla; Fenerbahçe Parkı, Zeytinburnu Tıbbi Bitkiler Bahçesi, Eski Dostlar Parkı, Atilla İlhan Parkı, Yeşilköy Röne Park, Ata Park, Büyükada'da yer alan çeşitli peyzaj düzenleme alanları, Göztepe Parkı ve Maltepe sahil yolu çeşitli peyzaj düzenleme alanları'dır (Şekil / Figure 1).

Florya Meteoroloji İstasyonundan elde edilen veriler doğrultusunda hazırlanan Walter iklim diyagramına göre, çalışma alanı, kuru yetişme ortamı şartlarının hakim olduğu ve deniz kıyısı ve yakın çevresindeki bölgeleri içerisine alır (Şekil / Figure 2).

Bu çalışmada, İstanbul Marmara kıyıları peyzaj düzenleme alanlarında kullanılan odunsu bitki taksonlarının tespit edilmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda çalışmada izlenen aşamalar şu şekildedir; alanda gözlemlerin yapılması ve floristik yapının belirlenmesine yönelik ön çalışmaların gerçekleştirilmesi, araştırma alanında örnek alanların belirlenmesi, mevcut odunsu bitki taksonlarının tespiti ve değerlendirilmesidir.

Şekil 1. Çalışmada belirlenen örnek alanlar (Google Earth, 2013)
Figure 1. The sample areas determinated in this study



Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ort.Yağ.	79,7	63,9	59,8	50,5	29,3	31,3	23,4	25,0	29,9	67,8	87,2	100,4
Ort.Sıc.	5,9	5,6	7,4	11,8	16,4	21,2	23,7	23,5	20,1	15,8	11,2	7,8

Şekil 2. Florya Meteoroloji İstasyonu verilerine göre çalışma alanının Walter diyagramı
Figure 2. Walter diagram of the study area in terms of data from the Florya Meteorology station

2.2 Odunsu Bitki Taksonlarının Teşhisi

İstanbul Marmara kıyıları peyzaj düzenlemelerinde tespit edilen bitkilerin, arazi çalışmaları ve literatür araştırmaları ile doğal ya da egzotik olup olmadıkları belirlenmiştir. Doğal odunsu taksonların belirlenmesinde Davis (1965-1985), Davis ve ark. (1988) ve Güner ve ark. (2000)'nın Türkiye'nin doğal bitki örtüsünün tanımlanması ve haritalanması konusu ile ilgili hazırlamış olduğu 'Flora of Turkey and the East Aegean Islands' isimli eserlerinden ve Polunin (1969)'in 'Flowers of Europe' isimli eseri ile TUBİVES (TUBİVES, 2004) veri tabanından yararlanılmıştır.

İstanbul'da peyzaj düzenlemelerinde kullanılan egzotik bitkilerin teşhisinin yapılmasında başta Krussmann (1984; 1985a; 1985b; 1986), Dirr (1998); 1994) Fitschen, (1994), Hillier (2002), Kayacık (1980; 1981; 1982) ve Yaltırık (1991) olmak üzere bitki teşhisi ile ilgili diğer yerli ve yabancı kitaplardan, fotoğraflardan,

yurtdışındaki üniversite ve enstitülerin web adreslerinden, botanik bahçesi ve arboretumlardan yararlanılmıştır.

Bitkilerin isimlerinin yazılışı için; familya, cins, tür, alttür bazında Latince bilgilerin yer aldığı, 'The International Names Index –IPNI' (IPNI, 2009) adlı online veri tabanından ve Royal Horticultural Society'e ait bitki veri tabanından (RHS, 2010) yararlanılmış ve tespit edilen odunsu bitkilerin listesi cins adlarına göre alfabetik olarak sınıflandırılmıştır. Araştırma içinde alanda saptanan bitkilerin tam adlarına Tablo / Table 2'de yer verilmiş, daha sonraki grafiklerde (Şekil / Figure 6-9) bitkinin cins adının ilk 3 harfi ve tür adının ilk 3 harfi ile ifade edilmiştir. Örneğin '*Cupressus sempervirens*' bitkisi '*Cup.sem.*' olarak kısaltılmıştır.

2.3 Tepit Edilen Odunsu Bitki Taksonlarının Değerlendirilmesi

İstanbul kenti Marmara kıyıları peyzaj düzenleme alanlarında tespit edilen odunsu bitkileri değerlendirmek amacıyla izlenen yöntemler ise şu şekildedir;

1. Teşhisi yapılan bitkilerin bulundukları familyalara göre dağılımları, cins ve tür bazında yoğunlukları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede SPSS analiz programından yararlanılmıştır. Bu kapsamda türlerin frekans dağılımları ve yetişme ortamlarındaki bulunma yüzdeleri hesaplanmıştır.

2. Teşhisi yapılan bitki türlerinin örnek alanlarda bulunma durumuna göre kullanım yoğunlukları değerlendirilmiştir. Buna göre toplam 9 örnek alanın hepsinde veya 7-8 tanesinde tespit edilenlere "en yaygın kullanılan taksonlar", örnek alanlardan sadece 1 veya 2 tanesinde tespit edilenlere ise "en nadir kullanılan taksonlar" deyimleri kullanılmıştır. Çıkan sonuçlar grafiklerle desteklenmiştir.

3. Teşhisi yapılan bitkilerin bulunduğu yerin ekolojik şartları ile uyumunu belirlemek üzere bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmede de Schroeder (1976) tarafından geliştirilen ve türün yayılış alanı, coğrafi dağılışı, hangi vejetasyon zonuna ya da nemlilik ve yaz sıcaklığına bağlı olarak hangi alt zonuna ait olduğu hakkında bilgi veren "bitkilerin yayılış alanı formülü"nden yararlanılmıştır (Ayaşlıgil, 1989). Yayılış alanı formülü ile bir bitki taksonunun dünyanın neresinde kullanılabilir olduğu ortaya çıkmakta ve bu sayede peyzaj düzenlemelerinde kullanılan yabancı kökenli odunsu bitkilerin başarılı olabilmesi sağlanmaktadır. Bu formülden yararlanılarak, tespit edilen bitkilerin İstanbul Marmara kıyıları için dayanıklılık durumları da irdelenmiştir.

Buradan yola çıkarak İstanbul Marmara Denizi kıyıları peyzaj düzenleme alanlarında tespit edilen odunsu bitki taksonlarının bu bölge için, dayanıklı, yarı-dayanıklı ve de dayanıksız olma durumları, "bitkilerin yayılış alanı formülü"nden yararlanılarak değerlendirilmiştir (Tablo / Table 1).

Tablo 1. Yayılış alanı formülünde kullanılan semboller
Table 1. The symbols used in the distribution area formula

Vejetasyon zonları için kullanılan büyük harfler	**Vejetasyon zonunun yaz sıcaklığına ve nemliliğe bağlı olarak alt zonlar için kullanılan küçük harfler**	**Vejetasyon zonları için kara parçalarını simgeleyen rakamlar**
PN: Arktik	a: Kurak (yağışlar 500 mm'den daha az ya da 1-2 aydan daha uzun kuraklık periyodu)	1: Kuzey Amerika'nın doğusu
B: Boreal	s: Yarı nemli	2: Kuzey Amerika'nın batısı
N: Nemoral	h: Nemli	3:Avrupa-Akdeniz bölgesi- Ön Asya- Batı Sibirya
M: Meridyonel	k: Yazın serin (Temmuz sıcaklığı ortalaması 20 ^{0}C altında)	4: Kuzeydoğu, Doğu, Güneydoğu ve Orta Asya
T: Tropik	w: Yazın sıcak (Temmuz sıcaklığı ortalaması 20 ^{0}C üzerinde)	5: Güney Amerika
A: Tundra ve Alpin	m: kışın ılıman; en düşük sıcaklık -15 ^{0}C ile -20 ^{0}C'den aşağı değil	6: Güney Afrika
PS: Antartik	g: Yalnızca dağlık bölgelerde	7: Avustralya
		8: Yeni Zelanda ve Okyanusya

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1 Araştırma Alanında Tespit Edilen Odunsu Bitki Taksonları

İstanbul Marmara Denizi kıyılarında yer alan ve araştırma alanını oluşturan kesimde saptanan odunsu bitki türleri Tablo / Table 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Marmara denizi kıyıları peyzaj düzenlemelerinde tespit edilen odunsu bitki taksonları
Table 2. Woody plant taxa identified in the landscape designs of Marmara coastal areas

Bitki taksonları / Plant taxa	Örnek alanlar / Sample areas									Bitki Taksonları / Plan taxa	Örnek alanlar / Sample areas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Abies nordmanniana										*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*									
Abies pinsapo		x					x			*Acacia dealbata*		x							
Acca sellowiana		x								*Acer negundo*	x		x	x	x	x	x		x
Acer negundo 'Variegatum'	x		x	x	x		x	x		*Acer platanoides*		x				x			
Acer pseudoplatanus	x	x			x	x				*Acer pseudoplatanus* 'Atropurpureum'	x		x						
Acer tataricum subsp. *ginnala*					x					*Aesculus hippocastanum*	x	x	x				x	x	
Ailanthus altissima		x	x						x	*Albizzia julibrissin*		x	x						
Alnus glutinosa	x									*Amorpha fruticosa*		x							
Arbutus unedo		x					x			*Aucuba japonica* 'Variegata'	x		x	x	x				x
Baccharis halimifolia	x									*Berberis thunbergii*		x	x						
Berberis thunbergii 'Atropurpurea'				x	x		x	x	x	*Berberis vulgaris*		x							
Betula pendula		x	x		x			x		*Bougainvillea glabra*		x			x		x		
Buddleia davidii				x		x		x		*Buxus sempervirens*		x	x	x	x		x		x
Caesalpinia gilliesii		x					x	x		*Campsis radicans*			x		x		x		
Castanea sativa		x								*Catalpa bignonioides*	x	x							
Cedrus atlantica		x					x			*Cedrus deodara*	x						x		
Cedrus libani						x	x			*Celtis australis*	x	x			x	x	x		
Ceratonia siliqua		x					x			*Cercis siliquastrum*	x		x		x		x		
Chaenomeles japonica						x	x			*Chaenomeles speciosa*	x		x		x		x		
Chamaecyparis lawsoniana			x		x	x		x	x	*Chimonathus praecox*		x					x		
Cistus creticus		x					x			*Cistus salviifolius*		x					x		
Citrus limon		x								*Citrus reticulata*		x					x		
Citrus sinensis		x								*Clematis cirrhosa*		x							
Clematis vitalba		x								*Cornus mas*		x			x				
Cornus sanguinea		x								*Corylus avellana*		x					x		
Cotinus coggygria		x								*Cotinus coggygria* 'Royal Purple'			x		x		x		x
Cotoneaster frigidus				x						*Cotoneaster frigidus* 'Cornubia'						x			
Cotoneaster horizontalis			x		x		x			*Cotoneaster lacteus*					x			x	
Cotoneaster salicifolius				x			x			*Crataegus laevigata*		x	x						
Crataegus monogyna		x			x		x	x		*Cupressus arizonica*	x		x	x	x		x		
Cupressus macrocarpa		x								*Cupressus macrocarpa* 'Goldcrest'		x							
Cupressus sempervirens	x	x		x	x		x		x	*Cycas revoluta*		x					x	x	
Cydonia oblonga		x								*Cytisus scoparius*		x			x		x		
Deutzia scabra				x			x			*Diospyros kaki*		x							
Elaeagnus angustifolia	x	x	x	x	x	x				*Elaeagnus pungens*			x		x				
Elaeagnus rhamnoides		x			x					*Eriobotrya japonica*	x	x		x	x		x		
Euonymus japonicus	x	x		x	x	x				*Euonymus japonicus* 'Albo Marginatus'	x				x			x	x
Tamarix chinensis	x				x					*Tamarix tetrandra*		x			x	x	x		

Tablo / Table 2 Devam ediyor - Continued

Bitki taksonları / Plant taxa	Örnek alanlar / Sample areas									Bitki Taksonları / Plan taxa	Örnek alanlar / Sample areas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Euonymus japonicus 'Ovatus Aureus'	x				x				x	*Ficus carica*		x			x		x		
Forsythia x *intermedia*			x		x	x	x	x		*Fraxinus angustifolia*	x		x			x		x	
Fraxinus excelsior		x				x				*Ginkgo biloba*		x					x		
Gleditsia triacanthos		x			x					*Hedera colchica*		x							
Hedera helix		x	x		x	x	x	x	x	*Hibiscus syriacus*			x		x		x		
Hibiscus trionum		x								*Hydrangea macrophylla*	x		x		x		x	x	
Ilex aquifolium		x			x					*Jasminum fruticans*		x		x	x		x		
Jasminum officinale		x	x	x						*Juglans regia*		x			x				
Juniperus communis		x								*Juniperus horizontalis*		x							
Juniperus oxycedrus		x					x			*Lagerstroemia indica*	x						x	x	
Laurus nobilis		x			x			x	x	*Ligustrum delavayanum*			x						
Ligustrum japonicum			x	x	x			x	x	*Ligustrum lucidum*	x		x	x	x		x		x
Ligustrum ovalifolium				x						*Ligustrum vulgare*		x							
Liquidambar orientalis		x								*Liquidambar styraciflua*		x						x	
Liriodendron tulipifera		x								*Lonicera fragrantissima*				x	x			x	x
Lonicera japonica			x	x	x					*Lonicera ligustrina* var. *yunnanensis*	x								
Magnolia grandiflora	x	x		x	x		x			*Malus communis*			x						
Malus floribunda	x	x							x	*Melia azedarach*		x	x		x		x		x
Mirabilis jalapa		x	x	x				x	x	*Morus alba*		x						x	
Morus rubra		x							x	*Musa x paradisiaca*		x					x		
Myrtus communis		x								*Nandina domestica*				x	x		x		x
Nerium oleander	x	x	x	x	x	x	x		x	*Olea europaea*	x	x					x		
Parthenocissus quinquefolia			x		x					*Paulownia tomentosa*			x				x	x	
Philadelphus coronarius	x				x		x	x	x	*Phoenix dactylifera*		x					x		
Picea abies	x	x								*Picea orientalis*	x					x			
Picea pungens	x						x			*Pinus brutia*	x	x		x			x		
Pinus halepensis		x								*Pinus mugo*		x							
Pinus nigra	x	x				x		x		*Pinus pinaster*	x			x	x		x		x
Pinus pinea	x	x					x			*Pinus strobus*						x	x		
Pinus sylvestris	x	x								*Pistacia atlantica*	x						x		x
Pistacia lentiscus		x								*Pistacia terebinthus*		x					x		
Platanus orientalis		x				x				*Platanus* x *acerifolia*	x		x				x		x
Platycladus orientalis	x	x			x	x			x	*Platycladus orientalis* 'Aurea Nana'	x								
Populus alba					x			x		*Populus nigra*	x	x			x				
Populus tremula	x				x		x			*Prunus avium*	x	x		x			x		
Prunus cerasifera 'Pissardii Nigra'	x				x	x		x	x	*Prunus cerasus*		x							
Prunus domestica		x		x	x	x	x	x		*Prunus dulcis*		x							
Prunus laurocerasus		x			x		x	x	x	*Prunus serrulata*		x							
Prunus spinosa		x								*Punica granatum*		x					x		
Punica granatum 'Nana'					x	x	x	x		*Pyracantha angustifolia*	x								
Pyracantha coccinea	x	x		x	x	x	x		x	*Pyrus communis*		x							
Quercus frainetto			x							*Quercus ilex*	x								
Quercus robur	x	x								*Rhododendron luteum*		x							
Rhododendron ponticum		x								*Rhus coriaria*		x							
Rhus typhina		x			x					*Ribes uva-crispa*		x							
Robinia pseudoacacia	x	x		x	x	x	x	x	x	*Rosa canina*		x		x	x				
Rosa rugosa		x								*Rosa* sp.	x					x	x	x	x
Rosa x *damascena*		x								*Rosmarinus officinalis*		x			x			x	
Rubus idaeus		x							x	*Rubus vestitus*		x							
Ruscus aculeatus		x								*Ruscus hypoglossum*		x							

Tablo / Table 2 Devam ediyor - Continued

Bitki taksonları / Plant taxa	Örnek alanlar / Sample areas									Bitki Taksonları / Plan taxa	Örnek alanlar / Sample areas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Salix alba		x					x			*Salix babylonica*	x		x		x	x	x		
Salix matsudana 'Tortuosa'		x			x		x			*Sambucus ebulus*		x							
Sambucus nigra		x								*Sorbus aucuparia*		x							
Spiraea japonica		x								*Spiraea* x *vanhouttei*		x	x		x		x	x	
Styphnolobium japonicum	x	x					x			*Syringa vulgaris*		x					x	x	x
Taxus baccata		x					x	x	x	*Thuja occidentalis*		x							
Tilia plathyphyllos						x		x		*Tilia tomentosa*	x	x				x	x		x
Trachelospermum jasminoides			x		x		x			*Ulmus minor*					x				
Viburnum lantana			x							*Viburnum opulus*		x							
Viburnum opulus 'Roseum'					x				x	*Viburnum tinus*	x				x		x	x	
Vinca major		x								*Vinca major* 'Variegata'		x							
Vinca minor		x								*Vitex agnus-castus*		x							
Vitis vinifera		x			x					*Wisteria sinensis*		x			x	x	x		
Zizyphus jujuba		x																	

Örnek alanlar: 1. Fenerbahçe Parkı, 2. Zeytinburnu Tıbbi Bitkiler Bahçesi, 3. Eski Dostlar Parkı, 4. Atilla İlhan Parkı, 5. Yeşilköy Röne Park, 6 Ata Park, 7. Büyükada'da yer alan çeşitli peyzaj düzenleme alanları, 8. Göztepe Parkı, 9. Maltepe sahil yolu çeşitli peyzaj düzenleme alanları

3.2 Tespit Edilen Bitkilerin Familyalara Göre Dağılımları

Marmara denizi kıyılarında teşhisi yapılan bitkilerin bulundukları familyalara göre dağılımları, SPSS analiz programından yararlanılarak Tablo / Table 3'te verilmiştir.

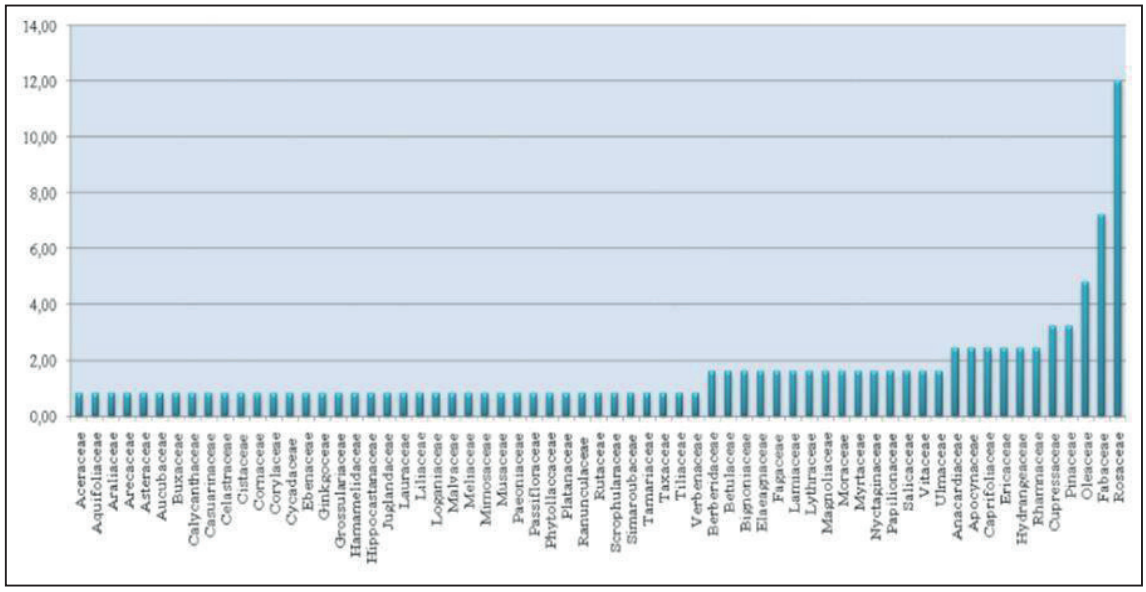
Tablo 3. Marmara Denizi kıyılarında tespit edilen odunsu bitki taksonlarının familyalara göre dağılımı
Table 3. Distribution of woody plant taxa of Marmara coastal areas in terms of families

Cins	Familya	Oran	Tür	Familya	Oran
1	*Aceraceae*	0,80	1	*Aquifoliaceae*	0,47
1	*Aquifoliaceae*	0,80	1	*Arecaceae*	0,47
1	*Araliaceae*	0,80	1	*Asteraceae*	0,47
1	*Arecaceae*	0,80	1	*Buxaceae*	0,47
1	*Asteraceae*	0,80	1	*Calycanthaceae*	0,47
1	*Aucubaceae*	0,80	1	*Casuarinaceae*	0,47
1	*Buxaceae*	0,80	1	*Celastraceae*	0,47
1	*Calycanthaceae*	0,80	1	*Corylaceae*	0,47
1	*Casuarinaceae*	0,80	1	*Cycadaceae*	0,47
1	*Celastraceae*	0,80	1	*Ebenaceae*	0,47
1	*Cistaceae*	0,80	1	*Ginkgoceae*	0,47
1	*Cornaceae*	0,80	1	*Hippocastanaceae*	0,47
1	*Corylaceae*	0,80	1	*Juglandaceae*	0,47
1	*Cycadaceae*	0,80	1	*Lauraceae*	0,47
1	*Ebenaceae*	0,80	1	*Loganiaceae*	0,47
1	*Ginkgoceae*	0,80	1	*Meliaceae*	0,47
1	*Grossulariaceae*	0,80	1	*Mimosaceae*	0,47
1	*Hamamelidaceae*	0,80	1	*Paeoniaceae*	0,47
1	*Hippocastanaceae*	0,80	1	*Phytollaccaceae*	0,47

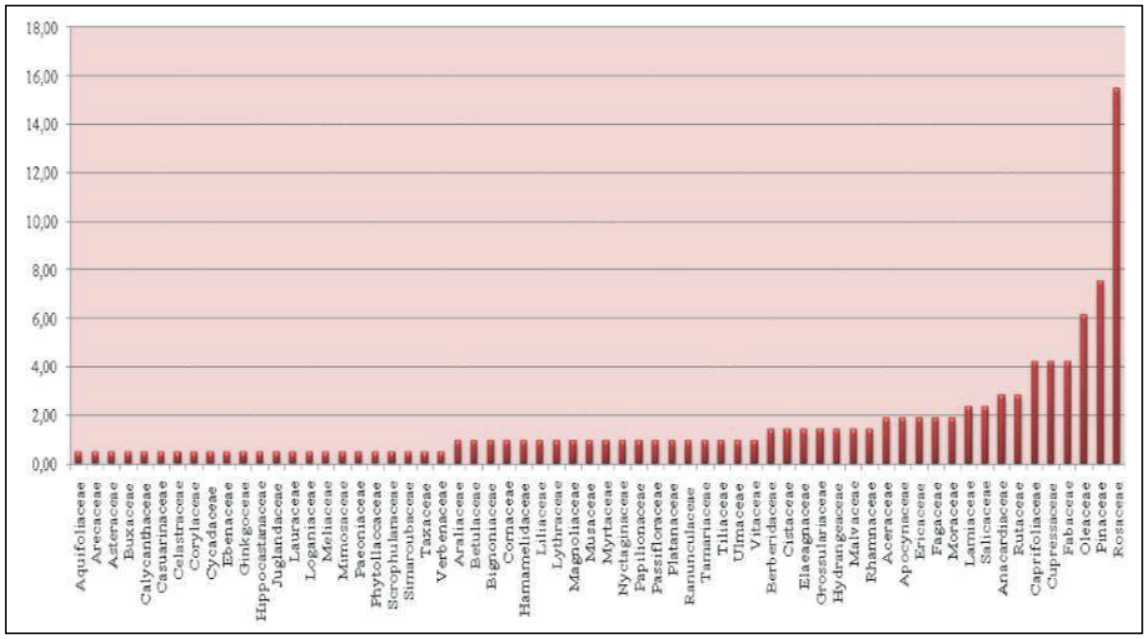
Tablo / Table 3 Devam ediyor - Continued

Cins	Familya	Oran	Tür	Familya	Oran
1	*Juglandaceae*	0,80	1	*Scrophulariaceae*	0,47
1	*Lauraceae*	0,80	1	*Simaroubaceae*	0,47
1	*Liliaceae*	0,80	1	*Taxaceae*	0,47
1	*Loganiaceae*	0,80	1	*Verbenaceae*	0,47
1	*Malvaceae*	0,80	2	*Araliaceae*	0,94
1	*Meliaceae*	0,80	2	*Betulaceae*	0,94
1	*Mimosaceae*	0,80	2	*Bignoniaceae*	0,94
1	*Musaceae*	0,80	2	*Cornaceae*	0,94
1	*Paeoniaceae*	0,80	2	*Hamamelidaceae*	0,94
1	*Passifloraceae*	0,80	2	*Liliaceae*	0,94
1	*Phytollaccaceae*	0,80	2	*Lythraceae*	0,94
1	*Platanaceae*	0,80	2	*Magnoliaceae*	0,94
1	*Ranunculaceae*	0,80	2	*Musaceae*	0,94
1	*Rutaceae*	0,80	2	*Myrtaceae*	0,94
1	*Scrophulariaceae*	0,80	2	*Nyctaginaceae*	0,94
1	*Simaroubaceae*	0,80	2	*Papilionaceae*	0,94
1	*Tamaricaceae*	0,80	2	*Passifloraceae*	0,94
1	*Taxaceae*	0,80	2	*Platanaceae*	0,94
1	*Tiliaceae*	0,80	2	*Ranunculaceae*	0,94
1	*Verbenaceae*	0,80	2	*Tamariaceae*	0,94
2	*Berberidaceae*	1,60	2	*Tiliaceae*	0,94
2	*Betulaceae*	1,60	2	*Ulmaceae*	0,94
2	*Bignoniaceae*	1,60	2	*Vitaceae*	0,94
2	*Elaeagnaceae*	1,60	3	*Berberidaceae*	1,41
2	*Fagaceae*	1,60	3	*Cistaceae*	1,41
2	*Lamiaceae*	1,60	3	*Elaeagnaceae*	1,41
2	*Lythraceae*	1,60	3	*Grossulariaceae*	1,41
2	*Magnoliaceae*	1,60	3	*Hydrangeaceae*	1,41
2	*Moraceae*	1,60	3	*Malvaceae*	1,41
2	*Myrtaceae*	1,60	3	*Rhamnaceae*	1,41
2	*Nyctaginaceae*	1,60	4	*Aceraceae*	1,88
2	*Papilionaceae*	1,60	4	*Apocynaceae*	1,88
2	*Salicaceae*	1,60	4	*Ericaceae*	1,88
2	*Vitaceae*	1,60	4	*Fagaceae*	1,88
2	*Ulmaceae*	1,60	4	*Moraceae*	1,88
3	*Anacardiaceae*	2,40	5	*Lamiaceae*	2,35
3	*Apocynaceae*	2,40	5	*Salicaceae*	2,35
3	*Caprifoliaceae*	2,40	6	*Anacardiaceae*	2,82
3	*Ericaceae*	2,40	6	*Rutaceae*	2,82
3	*Hydrangeaceae*	2,40	9	*Caprifoliaceae*	4,23
3	*Rhamnaceae*	2,40	9	*Cupressaceae*	4,23
4	*Cupressaceae*	3,20	9	*Fabaceae*	4,23
4	*Pinaceae*	3,20	13	*Oleaceae*	6,10
6	*Oleaceae*	4,80	16	*Pinaceae*	7,51
9	*Fabaceae*	7,20	33	*Rosaceae*	15,49
15	*Rosaceae*	12,00	0	*Aucubaceae*	0,00
125			213		

Familyaların içerdiği cins oranlarına ait grafik Şekil / Figure 3'te ve familyaların içerdiği tür oranlarına ait grafik de Şekil / Figure 4'te verilmiştir.



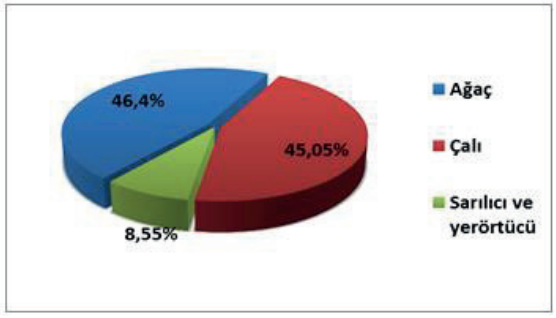
Şekil 3. Familyaların içerdiği cins oranları
Figure 3. Genus ratios of the families



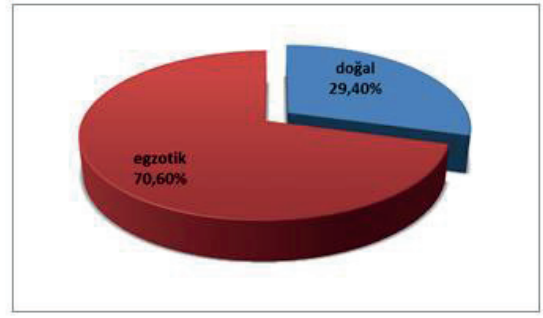
Şekil 4. Familyaların içerdiği tür oranları
Figure 4. Species ratios of the families

3.3 Tespit Edilen Bitkilerin Kullanım Yoğunluklarının Değerlendirilmesi

Marmara Denizi kıyıları peyzaj düzenleme alanlarında tespit edilen odunsu taksonlarının ağaç-ağaççık, çalı ve de sarılıcı-yerörtücü olma durumlarına göre değerlendirmesi Şekil / Figure 5'te, doğal/egzotik oranları Şekil / Figure 6'da grafikle ifade edilmiştir.



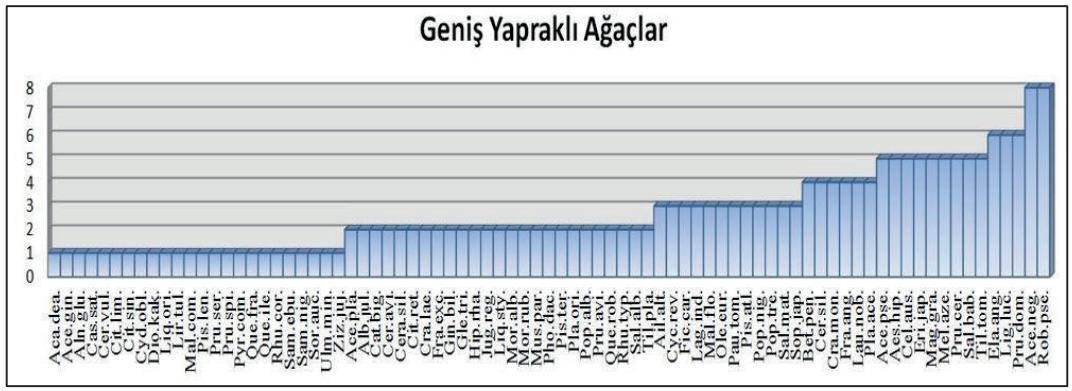
Şekil 5. Tespit edilen odunsu taksonların ağaç, çalı, sarılıcı-yerörtücü oranları
Figure 5. Tree, shrub and groundcover ratios of the identified woody taxa



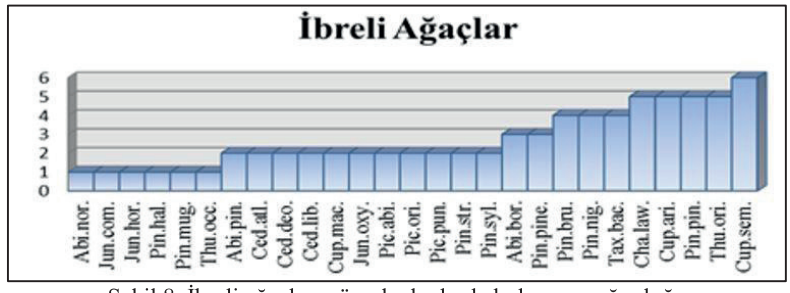
Şekil 6. Tespit edilen odunsu taksonların doğal/egzotik oranları
Figure 6. Native/exotic ratios of the identified woody taxa

Şekil / Figure 6'ya göre; çalışma alanında tespit edilen 204 adet odunsu bitki taksonundan 60'ı İstanbul'un doğal bitkisi olup, 144'ü ise egzotiktir.

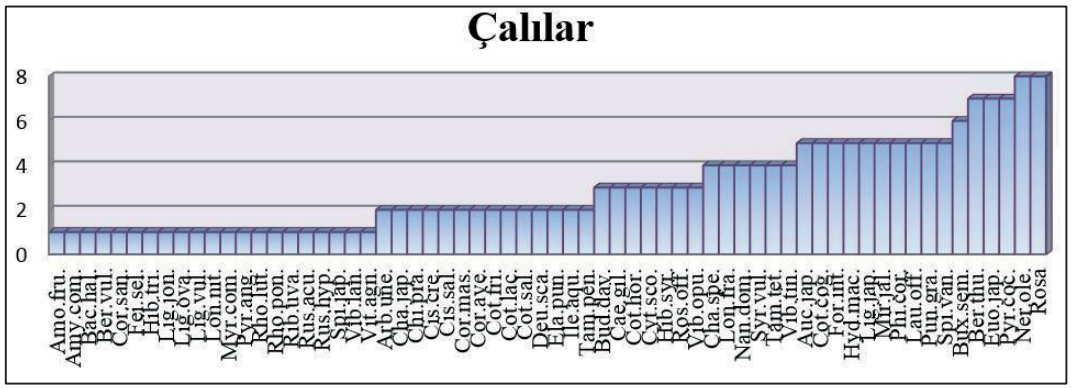
Marmara Denizi kıyıları peyzaj düzenlemelerinde tespit edilen bitki taksonlarının kullanım yoğunluklarına göre değerlendirilmesinde, odunsu bitki taksonları sırasıyla; 'geniş yapraklı ağaçlar', 'ibreli ağaçlar', 'çalılar' ve 'sarılıcı-yerörtücüler' olarak gruplandırılmıştır. Bu gruplarda yer alan bitki taksonlarının örnek alanlarda bulunma yoğunluğu grafik ile gösterilmiştir. (Şekil / Figure 7-10).



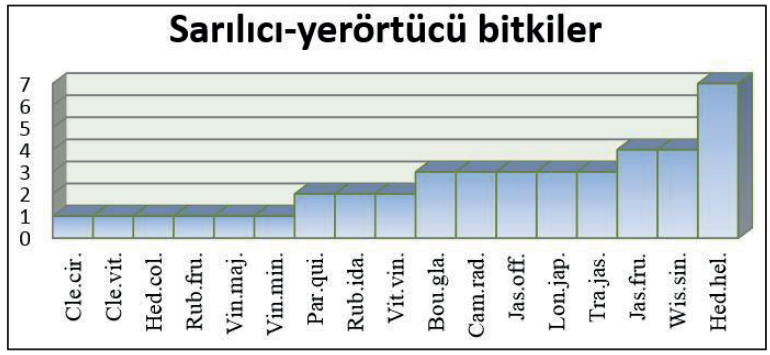
Şekil 7. Geniş yapraklı ağaçların örnek alanlarda bulunma yoğunluğu
Figure 7. Presence density of the broad-leaved trees in the sample areas



Şekil 8. İbreli ağaçların örnek alanlarda bulunma yoğunluğu
Figure 8. Presence density of the conifer trees in the sample areas



Şekil 9. Çalıların örnek alanlarda bulunma yoğunluğu
Figure 9. Presence density of the shrubs in the sample areas



Şekil 10. Sarılıcı-yerörtücülerin örnek alanlarda bulunma yoğunluğu
Figure 10. Presence density of the shrubs in the sample areas

3.4 Tespit Edilen Bitkilerin Dayanıklılıklarının Değerlendirilmesi

Tablo 4'te bitkilerin yayılış alanı formülünden yararlanılarak, İstanbul Marmara Denizi kıyıları peyzaj düzenlemelerinde tespit edilen odunsu bitkilerin, bu bölge için dayanıklılık durumları ortaya konmuştur.

Tablo 4. Çalışmada tespit edilen bitkilerin İstanbul Marmara kıyıları için dayanıklılık durumları
Table 4. Hardiness of the determinated plants for the Istanbul Marmara coastal areas

	Dayanıklılık Grubu	Bitki adları	Açıklamalar
DAYANIKLI TÜRLER	N-3	*Acer platanoides, Alnus glutinosa, Clematis vitalba, Cornus sanguinea, Corylus avellana, Crataegus laevigata, Crataegus monogyna, Fraxinus excelsior, Hedera helix, Ligustrum vulgare, Populus nigra, Prunus avium, Prunus spinosa, Quercus robur, Rosa canina, Rubus fruticosus, Salix alba, Sambucus nigra, Ulmus minor, Viburnum opulus, Vinca minor.*	Nemoral vejetasyon zonunda ve Avrupa-Asya kıtalarında yetişebilen bitki türleridir.
	Ns-3	*Berberis vulgaris, Buxus sempervirens, Cotinus coggygria, Cydonia oblonga, Fraxinus angustifolia, Prunus ceracifera, Prunus cerasus, Prunus domestica, Pyrus communis, Quercus frainetto, Syringa vulgaris, Platycladus orientalis, Viburnum lantana.*	Nemoral vejetasyon zonunda ve Avrupa-Asya kıtalarında, yarı nemli alanlarda yetişebilen bitki türleridir.

Tablo / Table 4 Devam ediyor - Continued

	Dayanıklılık Grubu	Bitki adları	Açıklamalar
	Ns/a-3/4	*Hippophae rhamnoides, Populus alba, Salix babylonica, Tamarix pentandra, Tamarix tetrandra, Zizyphus jujuba .*	Nemoral vejetasyon zonunda, Avrupa-Asya ve Uzakdoğu'da, yarı nemli/kurak alanlarda yetişebilen bitki türleridir.
	Nsm-3	*Celtis australis, Cercis siliquastrum, Punica granatum, Pyracantha coccinea, Vitex agnus-castus.*	Nemoral vejetasyon zonunda ve Avrupa-Asya kıtalarında, yarı nemli ve kışın ılıman alanlarda yetişebilen bitki türleridir.
	Nw-3	*Castanea sativa, Juglans regia, Philadelphus coronarius, Platanus orientalis, Tilia tomentosa, Vitis vinifera.*	Nemoral vejetasyon zonunda ve Avrupa-Asya kıtalarında, yazın sıcak alanlarda yetişebilen bitki türleridir.
	Ms-3	*Cupressus sempervirens, Ficus carica, Jasminum fruticans, Pinus pinaster.*	Meridyonel vejetasyon zonunda ve Avrupa-Asya kıtalarında, yarı nemli alanlarda yetişebilen bitki türleridir.
YARI DAYANIKLI TÜRLER	**Nh-3/4**	*Aucuba japonica, Chaenomeles japonica, Chaenomeles speciosa, Hydrangea macrophylla, Rhododendron luteum, Rhododendron ponticum, Taxus baccata, Tilia plathyphyllos*	Nemoral vejetasyon zonunda, Avrupa-Asya kıtalarında ve Uzakdoğu'da, nemli alanlarda yetişebilen bitki türleridir.
	Nhg-3	*Abies bornmulleriana, Abies nordmanniana, Aesculus hippocastanum.*	Nemoral vejetasyon zonunda ve Avrupa-Asya kıtalarında, nemli ve dağlık kesimlerde yetişebilen bitki türleridir.
	Nhw-4	*Berberis thunbergii, Chimonanthus praecox, Deutzia scabra, Ginkgo biloba, Ligustrum ovalifolium, Wisteria sinensis.*	Nemoral vejetasyon zonunda ve Uzakdoğu'da, nemli ve yazın sıcak alanlarda yetişebilen bitki türleridir.
	N-2/4	*Acer ginnala, Acer negundo, Buddleia davidii, Forsythia x intermedia, Juniperus communis, Lonicera fragrantissima, Lonicera japonica, Rhus typhina, Rubus idaeus, Salix matsudana, Spiraea japonica.*	Nemoral vejetasyon zonunda ve Kuzey Amerika'nın batısı ile Uzakdoğu'da yetişebilen bitki türleridir.
	Nhm-3/4	*Euonymus japonicus, Ilex aquifolium, Laurocerasus officinalis.*	Nemoral vejetasyon zonunda, Avrupa-Asya kıtalarında ve Uzakdoğu'da, nemli ve kışın ılıman alanlarda yetişebilen bitki türleridir.
	Nw-2/4	*Ailanthus altissima, Gleditsia triacanthos, Hibiscus syriacus, Liquidambar styraciflua, Morus alba, Morus rubra, Paulownia tomentosa, Sophora japonica.*	Nemoral vejetasyon zonunda ve Kuzey Amerika'nın batısı ile Uzakdoğu'da, yazın sıcak alanlarda yetişebilen bitki türleridir.
	Nhw-2	*Campsis radicans, Catalpa bignonioides, Liriodendron tulipifera.*	Nemoral vejetasyon zonunda ve Uzakdoğu'da, nemli ve yazın sıcak alanlarda yetişebilen bitki türleridir.
DAYANIKSIZ TÜRLER		*Abies pinsapo* (NGsm-3), *Betula pendula (*Nk/Bh-3), *Chamaecyparis lawsoniana (*Ng-1), *Cotoneaster horizontalis (*Ng-4), *Cupressus macrocarpa (*Ms-1), *Juniperus horizontalis (*B-1/2), *Picea abies* (Bh/BGh-3), *Picea orientalis* (BGh-3), *Picea pungens (*BG-1), *Pinus mugo* (BGh-3), *Pinus nigra (*Ng/Ms-3), *Populus tremula (*B/Nk-3), *Thuja occidentalis (*Nhk/Bh-2).	

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kent içinde yapılaşma sonucu ortaya çıkan strüktürlerin görünüm ve fonksiyonlarını iyileştirmek ve daha estetik hale getirmek için, bitkilerden özellikle ağaç ve çalılardan yararlanılır. Bu amaçla yapılan bitkilendirme tasarımlarında kullanılacak bitkilerin görsel özellikleri yanında, bitkinin ekolojik ve hortikültürel isteklerinin bilinmesi büyük önem taşır. Fakat bir bitkinin diğer bitkilerle birlikte kitle oluşturduğunda göstereceği tolerans da onemlidir. Çünkü bitki bireyi tek başına gayet iyi bir gelişim gösterebilir, ama aynı bitkinin diğer bitkilerle grup oluşturduğunda da iyi bir gelişim göstereceği kesin değildir (Hansen&Stahl 1976 atfen Ayaşlıgil 1989).

Özellikle grup bitkilendirmelerinde nem, besin maddeleri, ışık ve hava için bitkilerin kendi aralarında rekabet vardır. Bunlardan birinin eksik olması halinde, bitkisel tasarım olumsuz etkilenebilir. Bundan dolayı bitkiler kitle oluşturacak şekilde bir araya getirilirken, birbirine zarar vermeyecek bitki türlerinin seçilmesine dikkat edilmelidir. Aynı ekolojik isteklere sahip bitkilerin seçilmesi başarılı bir tasarımın ön şartlarından biridir. Bu nedenle tasarımcının vejetasyon ekolojisini iyi bilmesi gerekir (Nelson 1986 atfen Ayaşlıgil, 2005).

Ekolojik açıdan bitkiler, tüm türlerin birbirini tamamladığı ve birbirine bağımlı olduğu assosiyasyonlarda, yani bitki toplumlarında yaşarlar. Bitki toplumları bulundukları yörenin, fiziksel çevre şartları ile uyum içindedir. Dünyanın her yerinde benzer ekolojik şartlara sahip yörelerde benzer bitki toplumlarının yayılış gösterdiği bilinmektedir (Ayaşlıgil, 2005).

Walter (1968-1974) tarafından "Biyom" olarak adlandırılan çok geniş bölgelerdeki bitki toplumları strüktür ve fizyomomi bakımından birbirine çok benzemekte, sadece bitki türleri bakımından farklılıklar göstermektedir. Bu gerçekten hareket ederek, kent içi peyzaj düzenlemelerinde kullanılabilecek dayanıklı türlerin seçiminde Schröder'in yayılış formülü büyük kolaylık sağlamaktadır (Ayaşlıgil,1989). Fakat öncelikle yapılması gereken çalışmaların başında floristic araştırmalar gelmektedir.

İstanbul Marmara kıyılarının odunsu bitki örtüsünde cins bazında en çok Rosaceae familyasına ait bireyler yer almaktadır. İkinci ve üçüncü sırada ise *Fabaceae* ve *Oleaceae* familyalarına ait cinsler gelmektedir. Tür olarak ise en çok yine *Rosaceae* familyasına ait bireyler ilk sırada yer alırken, onu takiben *Pinaceae* ve *Oleaceae* familyalarına ait türler yer almaktadır.

Marmara Denizi kıyılarındaki peyzaj düzenlemelerinde tespit edilen bitkilerin ağaç, çalı ve sarılıcı-yerörtücü bitki formu olarak dağılımına bakıldığında en çok % 46, 4'lük oranla ağaç, daha sonra % 45'lik oranla çalı ve son olarak da % 8,5'luk oranla sarılıcı ve yer örtücülerin kullanıldığı tespit edilmiştir.

Tespit edilen toplam 204 odunsu taksonun 60 adeti doğal olup, 144 adeti de egzotiktir. %70'lik orana sahip olan egzotik bitkilerin, İstanbul Marmara Denizi kıyıları peyzaj düzenlemelerinde oldukça yoğun bir şekilde kullanıldığı belirlenmiştir.

Çalışmada İstanbul Marmara Denizi kıyılarında "en nadir kullanılan taksonlar" olarak 24 adet geniş yapraklı ağaç türü, 6 adet ibreli ağaç türü, 21 adet çalı türü ve 6 adet sarılıcı-tırmanıcı bitki türü tespit edilmiştir. Tespit edilen geniş yapraklı ağaçlardan bazıları; *Acacia dealbata*, *Acer ginnala*, *Alnus glutinosa*, *Castanea sativa*, *Citrus limon*, *Liquidambar orientalis* ve *Diospyros kaki*'dir. İbreli ağaçlardan bazıları; *Abies nordmanniana*, *Juniperus communis*, *Juniperus horizontalis*, *Pinus hallepensis*, *Pinus mugo* ve *Thuja occidentalis*'tir. Çalı türlerinden bazıları; *Amorpha fruticosa*, *Baccharis halimifolia* ve *Feijoa sellowiana*'dır. Sarılıcı-tırmanıcı bitki türlerinden bazıları ise *Clematis cirrhosa*, *Hedera colchica* ve *Vinca major*'dur.

Yine aynı çalışma alanında "en yaygın olarak kullanılan taksonlar" olarak; 14 adet geniş yapraklı ağaç türü, 5 adet ibreli ağaç türü, 15 adet çalı türü ve 3 adet sarılıcı-tırmanıcı bitki türü tespit edilmiştir. Yapraklı ağaç türünden bazıları; *Robinia pseudoacacia*, *Acer negundo*, *Prunus domestica*, *Ligustrum lucidum*, *Elaeagnus angustifolia*, *Tilia tomentosa* ve *Salix babylonica*'dır. İbreli ağaçlardan en çok kullanılanı; *Cupressus sempervirens* olup, diğerleri ise *Thuja orientalis*, *Pinus pinea*, *Cupressus arizonica* ve *Chamaecyparis lawoniana*'dır. Çalı türlerinden bazıları; *Rosa* sp., *Nerium oleander*, *Pyracantha coccinea*, *Euonymus*

japonicus ve *Berberis thunbergii*'dir. Sarılıcı-tırmanıcı bitki türleri ise *Hedera helix*, *Wisteria sinensis* ve *Jasminum fruticans*'tır.

Çalışmada tespit edilen odunsu bitki taksonlarının bulunduğu ortamın ekolojik özellikleri ile uyumunun değerlendirilmesi aşamasında toplam 110 bitki taksonu değerlendirmeye alınmıştır. Bunlardan 55 adeti Marmara kıyıları için dayanıklı olup, 42 tanesi yarı dayanıklı ve 13 tanesi ise dayanıksız olarak tespit edilmiştir.

İstanbul Marmara kıyıları için dayanıksız olduğu belirlenen *Abies pinsapo* (NGsm-3), *Betula pendula* (Nk/Bh-3), *Chamaecyparis lawsoniana* (Ng-1), *Cotoneaster horizontalis* (Ng-4), *Cupressus macrocarpa* (Ms-1), *Juniperus horizontalis* (B-1/2), *Picea abies* (Bh/BGh-3), *Picea orientalis* (BGh-3), *Picea pungens* (BG-1), *Pinus mugo* (BGh-3), *Pinus nigra* (Ng/Ms-3), *Populus tremula* (B/Nk-3), *Thuja occidentalis* (Nhk/Bh-2) gibi türlerin Marmara Denizi kıyıları ve çevresi peyzaj düzenleme alanlarında kullanımının ekolojik açıdan uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu bitkilerin alanda kullanımından kaçınmak gerektiği önerilmektedir. Yarı dayanıklı olarak tespit edilen toplam 55 adet bitki taksonunun ise kullanım amacına ve yerine doğru karar vermenin, bitkinin sağlığını ve dolayısıyla peyzaj düzenlemesinin de değerini doğrudan etkileyeceği hiçbir zaman unutulmamalıdır.

ACKNOWLEDGEMENT

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen 1418 no.lu "*İstanbul'da Peyzaj Düzenlemelerinde Kullanılan Odunsu Bitkiler Üzerine Araştırmalar*" başlıklı doktora tez projesinden yararlanılarak hazırlanmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Ayaşlıgil, Y., 1989. Park-bahçe odunsu bitkilerin ekolojisi ve doğal yayılışları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 39 (B1): 89-100.

Ayaşlıgil, Y., 2005. Bitki Kullanımı (Basılmamış Ders Notu). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul.

Davis, P.H., 1965-1985. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol I-IX, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K., 1988. Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Supplement), Vol 10, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Dirr, M.A., 1998. Manual of Woody Landscape Plants: Their Identification, Ornamental Characteristics, Culture, Propagation and Uses, ISBN: 0875637957.

Fitschen, J., 1994. Gehölzflora mit Früchteschlüssel, ISBN: 3-494-01221-0.

Google Earth, 2013. https://www.google.com/maps (Ziyaret tarihi: 04.10.2013).

Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, K.H.C., 2000. Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Supplement 2), Vol 11, University Press, Edinburgh.

Hansen, R., Stahl, F., 1976. Baeume und Straeucher im Garten, S. 13-25, Ulmer, Stuttgart.

Hillier, 2002. The Hillier Manual of Trees and Shrubs, ISBN: 0715310739.

IPNI, 2009. The International Plant Names Index, http://www.ipni.org/ipni/plantnamesearchpage.do (Ziyaret tarihi: 30.04.2010).

Kayacık, H., 1980. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, I. Cilt, Gymnospermae (Açık Tohumlar). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 2642 / 281, İstanbul.

Kayacık, H., 1981. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği, II. Cilt, Angiospermae (Kapalı Tohumlar). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 2766 / 287, İstanbul.

Kayacık, H., 1982. Orman Park ve Ağaçlarının Özel Sistematiği, III. Cilt, Angiospermae (Kapalı Tohumlular). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 3013 / 321, İstanbul.

Krussmann, G., 1984. Manual of Cultivated Broad-Leaved Trees & Shrubs, Volume I, A-D, Timber Press. Oregon, ISBN: 0-917304-78-0.

Krussmann, G., 1985a. Manual of Cultivated Broad-Leaved Trees & Shrubs, Volume II, E- PRO, Timber Press. Oregon, ISBN: 0-88192-005-3.

Krussmann, G., 1985b. Manual of Cultivated Conifers, Timber Press, Oregon, ISBN: 0-88192-007-X.

Krussmann, G., 1986. Manual of Cultivated Broad-Leaved Trees & Shrubs, Volume III, PRU- Z, Timber Press, Oregon, ISBN: 0-88192-006-1.

Nelson, W., 1985. Planting Design: A Manual of Theory and Practice. Second edition, Illionis.

Polunin, O., 1969. Flowers of Europe, Oxford University Press, New York, Toronto.

RHS, 2010. Royal Horticultural Society, Database of Search for Plant Names, http://www.rhs.org.uk/databases/summary.asp (Ziyaret tarihi: 19.11.2011).

Schroeder, F.G., 1976. Über die Okologie und Herkunft der Gartengehölze. In Hansen, R.u.

TUBİVES, 2004. Türkiye Bitkileri Veri Tabanı, http://turkherb.ibu.edu.tr/. Eskişehir. (Ziyaret tarihi: 10.04.2009).

Walter, H., 1968-1974. Vegetation der Erde, 2Bde., 2-3 Aufl, Stuttgart.

Yaltırık, F., 1991. Bazı Yapraklı Ağaç ve Çalıların Kışın Tanınması (Uygulama Kılavuzu), Ormancılık Eğitim ve Kültür Vakfı, Yayın No: 5, İstanbul.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.63633

Kentleşmenin Türkiye ormancılığının dönüşümüne etkisi (1990-2010 Dönemi)

Erdoğan Atmış [1] , Hikmet Batuhan Günşen [1*]

[1] Bartin University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 74100, Bartin, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** hgunsen@bartin.edu.tr , batuhangunsen@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 31.12.2014 **- Revised (Düzeltme tarihi):** 12.01.2015 **- Accepted (Kabul tarihi):** 12.01.2015

Özet: Türkiye ormanları ve ormancılığı, dünyadaki ve ülkedeki sosyal, ekonomik, ekolojik ve kültürel değişimlere paralel olarak değişmekte ve hatta dönüşmektedir. Özellikle küresel ve bölgesel gelişmeler ulusal ormancılık politikalarını yoğun şekilde etkilemektedir. Son yıllarda Türkiye ormanları ve ormancılığındaki değişimin boyutları hakkında farklı ilgi gruplarınca çeşitli yorumlar yapılabilmekte, fakat ortak bir kanıya varılamamaktadır. Türkiye ormancığılının ne yönde geliştiği, sosyo-ekonomik yapı ve üretim ilişkilerinin birbirini ne şekilde etkilediği konusunda net bir uzlaşı yoktur. Kentleşme Türkiye ormancılığındaki değişim ve dönüşümü etkileyen önemli faktörlerden biridir. Türkiye ormancılığını sağlıklı temellere oturtabilmek için kentleşme-ormancılık ilişkisini ayrıntılı şekilde inceleyecek çalışmalara gereksinim vardır. Bu çalışma kentleşmenin Türkiye ormancılığı üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Analizler sonucunda elde edilen bulgular orman köylüsü ve orman alanı, orman suçları, odun hammaddesi ve odun dışı orman ürünleri üretimi ile korunan alanlar ve rekreasyon ile tahsisler başlıkları altında değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda; kentsel nüfus artışı ile bahsedilen başlıklara ait değişkenler arasında negatif veya pozitif yönlü anlamlı ilişkiler olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kentli nüfus, orman, üretim, dönüşüm, korelasyon analizi

Effect of urbanization on transformation of forestry in Turkey (Period of 1990-2010)

Abstract: Forests and forestry in Turkey have been changing and even transforming in line with social, economic, ecologic and cultural changes in the world and the nation. Especially global and regional developments have been extensively affecting the national forestry policies. Different interpretations were made by different interest groups on the extent of change in forests and forestry in Turkey, but a common opinion could not be reached. There is no consensus on the direction of progress in the forestry in Turkey, and how the relationship between the socio-economic structure and production influence each other. Urbanization is one of the important factors affecting the change and the transformation of forestry in Turkey. In order to be able to lay strong foundations for forestry in Turkey, there is a need for studies that examine the relationship of urbanization and forestry in detail. This study has been carried out with an aim to examine the impact of urbanization on forestry in Turkey.Findings reached as a result of analyses have been assessed under the titles: forest villagers and forest land, rapes of the forest, wood as raw material and production of non-wood forest products, protected areas and recreation, and allocations. In light of this assessment, meaningful positive or negative relationships have surfaced between increase in urban population and aforementioned titles.

Keywords: Urban Population, forest, production, transformation, correlation analysis

1.GİRİŞ

Türkiye ormanları ve ormancılığı, dünyadaki ve ülkedeki sosyal, ekonomik, ekolojik ve kültürel değişimlere paralel olarak değişmekte ve hatta dönüşmektedir. Özellikle küresel ve bölgesel gelişmeler ulusal ormancılık politikalarını yoğun şekilde etkilemektedir. Son yıllarda Türkiye ormanları ve

To cite this article (Atıf): Atmış, E., Günşen, H.B., 2016. Kentleşmenin Türkiye ormancılığının dönüşümüne etkisi (1990-2010 dönemi). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 16-29. DOI: 10.17099/jffiu.63633

ormancılığındaki değişimin boyutları hakkında farklı ilgi gruplarınca çeşitli yorumlar yapılabilmekte, fakat ortak bir kanıya varılamamaktadır. Türkiye ormancılığının ne yönde geliştiği, sosyo-ekonomik yapı ve üretim ilişkilerinin birbirini ne şekilde etkilediği konusunda net bir uzlaşı yoktur. Bu durum farklı politik yaklaşımlardan kaynaklanabildiği gibi, sözkonusu ilişkileri yorumlamaya yarayacak sağlıklı bilgi, envanter ve analizlerin yetersizliğinden de kaynaklanabilmektedir. Ormancılık sektörüne ait veriler, ülkenin sosyo-ekonomik yapısına ilişkin verilerle karşılaştırıldığında birçok farklı yönlü ilişkinin varlığı ortaya çıkmaktadır. Bu ilişkiler irdelendiğinde, ülke ormancılığındaki dönüşümleri ortaya koyan önemli bulgular elde edilebilmektedir.

Türkiye'de son 50 yılda yaşanan köyden kente göç olgusuyla birlikte demografik yapıda önemli değişimler olmaktadır. 2011 yılı itibariyle nüfusun %77'si kentlerde yaşamaktadır (TUİK, 2012). Bu oranın 2025 yılında %88,8'e çıkması beklenmektedir (Güvenen, 1992). Özellikle yüksek oranda alınan göçlerle birlikte kentsel alanlarda yaşayan insanların oranındaki artış kentleşme olarak tanımlanmaktadır. Nüfusun kentleşmenin yapı taşını oluşturmasıyla birlikte iktisadi, siyasi, teknolojik ve sosyo-psikolojik sebeplerle de kentleşmenin arttığına işaret edilmektedir (Şahin, 2013). Kentleşmenin stres, gürültü, kira ve arsa fiyatlarında artış, maliyetlerin artışı, işgücü daralması, kamu hizmetlerinden yararlanmanın güçleşmesi, gecekondulaşma gibi sosyo-ekonomik etkilerinin yanında hava kirliliği, iklim değişikliği, yer altı ve yerüstü sularının kirlenmesi, doğal kaynakların üzerindeki baskının artması gibi çevre üzerinde de olumsuz etkileri olduğu farklı çalışmalarda ifade edilmektedir (Atmiş ve ark., 2007; Cui ve Shi, 2012; Ekizoğlu, 1991; Ulusoy ve Vural, 2001).

Diğer taraftan toplumun büyük bir kısmının kentlerde yaşamaya başlamasıyla birlikte toplumun ormandan beklentileri çeşitlenmektedir. Beklentideki bu çeşitlilik orman mal ve hizmet üretimini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu etkiler değerlendirildiğinde, kentleşmenin ormancılıktaki dönüşümün önemli bir bileşeni olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çağlar (2012) Türkiye ormancılığındaki dönüşümleri; devlet ormancılığı düzenindeki dönüşümün temel boyutları, ormancılık kültürü ve davranış biçimlerinin dönüşümü ile orman ekosistemlerinin yapısal özelliklerinde dönüşümler olmak üzere üç ayrı başlık altında incelemiştir. Bu çalışmada ormancılıkta dönüşümün tüm bu boyutlarını ele almak yerine, sadece kentleşmenin ormancılıkta dönüşüme etkisi ele alınacaktır. Kentleşmenin Türkiye ormancılığındaki dönüşüme etkisine değinen çeşitli çalışmalar vardır (Atmış, 2004; Ekizoğlu, 1991; Gümüş, 2004; İlter ve Ok, 2004; Şen ve Toksoy, 2006: Atmış ve ark., 2007). Fakat bu çalışmalar; direkt bu konuya odaklanan ve yıllara göre kent nüfusu ile ormancılık faaliyetleri arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalar değildir.

Kentleşmenin Türkiye ormancılığı üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla, 1990-2010 yılları arasındaki ilgili verilerin değerlendirmeye alındığı bu çalışmada; kent nüfusundaki artışın; orman köylüsü ve orman alanı, orman suçları, odun hammaddesi ve odun dışı orman ürünleri üretimi, korunan alanlar ve rekreasyon ile tahsisler üzerindeki etkileri analiz edilmiş ve faaliyetler arasındaki dönüşümler irdelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada kullanılan verilerin önemli bir kısmı Orman Genel Müdürlüğü'nün 2007'den beri düzenli olarak her yıl yayınladığı "Ormancılık İstatistikleri"nden alınmıştır (OSİB, 2012). Ormancılık İstatistikleri, orman alanları dağılımı, ormanlardaki servet ve cari artım, oduna dayalı orman ürünleri üretimi ve bunların ortalama satış fiyatları, orman tali ürünleri üretimi, silvikültür ve ağaçlandırma hizmetleri, orman yangınları, orman suçları, korunan alanlar, orman köy sayısı ve nüfusu, orman köylüsüne verilen ferdi krediler ve ormancılık kooperatiflerine verilen kredilere ait verileri içermektedir. Ormancılık faaliyetlerine ilişkin en geniş kapsamlı veriler 1990 yılından sonraki veriler olduğu için; bu çalışmada dönem başlangıcı olarak 1990 yılı alınmıştır. Bu nedenle bildiride, 1990-2010 yılları arasında gerçekleştirilen ormancılık faaliyetlerine ilişkin "Ormancılık İstatistikleri" değerlendirilmiştir. Ormancılıkla ilgili her bir veri ayrı bir değişken olarak kabul edilmiştir. "Ormancılık İstatistikleri"ne ek olarak, yıllar, ülkenin genel nüfusu, kentlerde yaşayan nüfus ve kırsal alanda yaşayan nüfus da birer değişken olarak tanımlanmıştır (OGM, 2012; OSİB, 2012; TÜİK, 2012). Sonuç olarak bu çalışma kapsamında toplam 40 değişken oluşturulmuştur (Tablo / Table 1). Değişkenlerin frekans dağılımları ve değişim oranları çıkartılarak yorumlar yapılmış, ayrıca bu değişkenler arasındaki ilişkilerin anlamlılığı, kuvveti ve yönü korelasyon analizi ile test edilmiştir.

Analizlerin uygulanmasında SPSS 17.0 (Statical Package for Social Sciences) bilgisayar programı kullanılmıştır.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan değişkenler
Table 1. Variables used in the research

No	Değişken adı	Kodu	Birimi	No	Değişken adı	Kodu	Birimi
1	Orman alanı	ORAL	Ha	**21**	Yakacak odun	YAK	Ster
2	Orman köyü sayısı	ORKOY	Adet	**22**	Odun dışı orman ürünleri	ODOU	Ton
3	Orman köyü nüfusu	ORNUF	Kişi	**23**	Bakım	BAK	Hektar
4	Ülke nüfusu	NUFUS	Kişi	**24**	Tomruk	TOM	m^3
5	Kent nüfusu	KENUF	Kişi	**25**	Tel direk	TEL	m^3
6	Kır nüfusu	KIRNUF	Kişi	**26**	Maden direk	MADEN	m^3
7	Geçen süre	SENE	Sayı	**27**	Sanayi odunu	SANAYI	m^3
8	Kesme suçu sayısı	KES	Adet	**28**	Kağıtlık odun	KAGIT	m^3
9	Kesilen ağaç miktarı	KESMIK	m^3	**29**	Lif yonga odunu	LIF	m^3
10	Nakletme suçu sayısı	NAK	Adet	**30**	Korunan alan	KORUNANA	Ha
11	Kaçak nakledilen orman ürünü miktarı	NAKMIK	m^3	**31**	Korunan alan sayısı	KORUNANS	Adet
12	Açma suçu sayısı	ACMA	Adet	**32**	Mesire yeri sayısı	MESISAYI	Adet
13	Açılan orman alanı	ACAL	Dekar	**33**	Mesire yeri alanı	MESIALAN	Hektar
14	Otlatma suçu	OT	Adet	**34**	Uygulanan kooperatif projesi sayısı	PROJE	Adet
15	Yanan alan	YAN	Hektar	**35**	Ferdi kredi sayısı	FERDI	Adet
16	Yangın sayısı	YANGIN	Adet	**36**	Endüstriyel yuvarlak odun ithalatı	IMPORT	m^3
17	Orman suçu	ORSUC	Adet	**37**	Orman Serveti	SERVET	m^3
18	Gençleştirme	GENC	Hektar	**38**	Cari Artım	ARTIM	m^3
19	Sırıklık odun	SIRIK	m^3	**39**	Tahsis Edilen Maden Sahası Sayısı	MADENS	Adet
20	Endüstriyel odun	END	m^3	**40**	Tahsis Edilen Maden Sahası Alanı	MADENA	Ha

3. BULGULAR

3.1 Orman Varlığı

Nüfus değişiminin genel bir değerlendirmesi yapıldığında; 1990 ile 2010 yılları arasında ülke genel nüfusunun %30,54, kent nüfusunun ise %67 arttığı görülmektedir (Tablo / Table 2). Bu dönemde kırsal nüfus %23,3 azalırken, orman köylüsü nüfusu da %22,4 azalmıştır. Kentsel nüfusun ülke genel nüfusuyla pozitif yönde (0,972), kırsal nüfus (-0,802) ve orman köylüsü nüfusu (-0,829) ile ise negatif yönde anlamlı bir ilişkisi vardır (Tablo / Table 3). Ülke nüfusunun %77 gibi önemli bir kısmını kentsel nüfusun oluşturması kentsel nüfusun artmasıyla ülke nüfusunun da artmasını anlamlı kılmaktadır. Diğer taraftan analize göre kentsel nüfus arttıkça hem kırsal nüfus, hem de orman köylüsü nüfusu azalmaktadır. Bunda orman köylüsünün de içinde bulunduğu kırsal nüfusun kentlere göç etmesinin önemli bir rolü bulunmaktadır.

Tablo 2. Yıllar itibariyle ülke nüfusu, orman alanı, ormanların serveti ve yıllık cari artımı (OSİB, 2012; TÜİK, 2012).
Table 2. Country population, forest areas, growing stock of forests, and annual increnment of forests by years (OSİB, 2012; TÜİK, 2012).

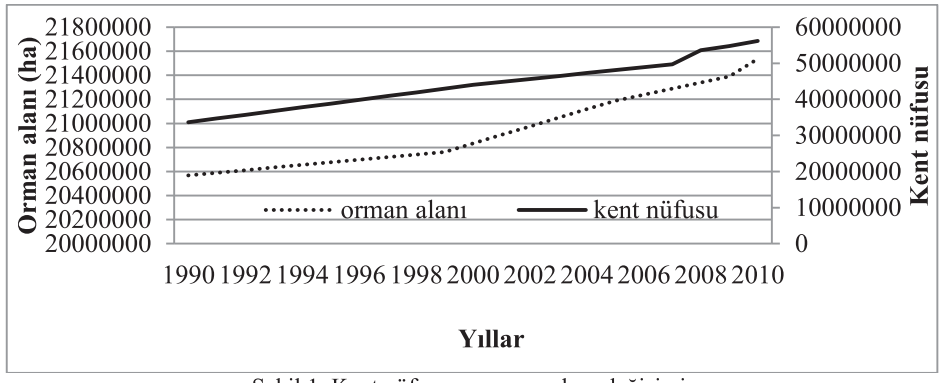
Yıl	Kent Nüfusu	Orman Alanı* (ha)	Orman Serveti* (m^3)	Yıllık Cari Artım* (m^3)	Yıl	Kent Nüfusu	Orman Alanı* (ha)	Orman Serveti* (m^3)	Yıllık Cari Artım* (m^3)
1990	33656275	20568038	1108964122	32121265	**2001**	44826500	20904980	1229902682	34940530
1991	34691275	20589728	1119167180	32359974	**2002**	45646726	20975846	1244458205	35275971
1992	35726275	20611418	1129370237	32598684	**2003**	46466952	21046712	1259013727	35611411
1993	36761275	20633108	1139573294	32837393	**2004**	47287178	21117578	1273569250	35946851
1994	37796275	20654798	1149776351	33076102	**2005**	48107404	21188747	1288124772	36282291
1995	38831275	20676488	1159979408	33314812	**2006**	48927630	21239006	1309653811	36825447
1996	39866275	20698178	1170182466	33553521	**2007**	49747859	21289262	1331182849	37368603
1997	40901275	20719868	1180385523	33792231	**2008**	53611723	21339524	1352711888	37911759
1998	41936275	20741558	1190588580	34030940	**2009**	54807219	21389783	1374240926	38454916
1999	42971275	20763248	1200791637	34269650	**2010**	56222356	21537091	1428504717	40061594
2000	44006274	20834114	1215347160	34605090					

*1973-1999, 1999-2005, 2005-2009 yılları arasındaki değerler 1973, 1999, 2005 ve 2009 yıllarına ait verilerden enterpolasyon ile hesaplanmıştır.

Tablo 3. Korelasyon analizi matrisi
Table 3. Correlation analysis matrix

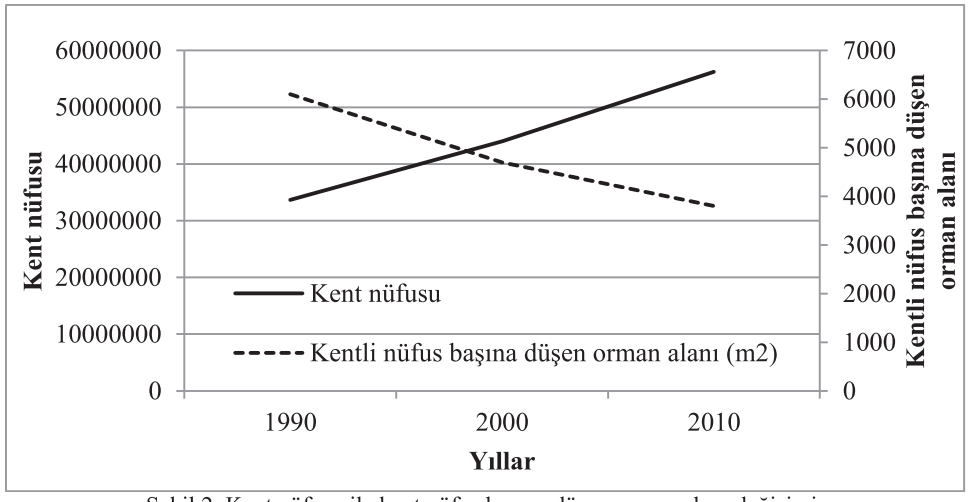
	KES	KESMIK	NAK	NAKMIK	ACMA	ACAL	OT	YAN	YANGIN	GENC	BAK	TOM	TEL	MADEN	SANAYI	KAGIT	LIF	SIRIK	END	YAK	ORAL	ORKOY	ORNUF	NUFUS	KENUFO	KIRNUFO	PROJE	FERDI	SENE	ORSUC	MESIKAYI	MESIALAN	KORUNANA	KORUNANS	ODOU	IMPORT
KES	1,00	0,95	0,92	0,87	0,84	0,82	0,82	0,16	-0,03	0,65	-0,65	-0,53	0,38	-0,40	0,22	-0,67	-0,89	0,44	-0,82	0,79	-0,95	-0,90	0,63	-0,88	-0,92	0,80	0,66	-0,58	-0,93	0,97	-0,94	-0,93	-0,83	-0,87	-0,65	-0,27
KESMIK		1,00	0,83	0,87	0,77	0,70	0,83	0,17	-0,01	0,68	-0,52	-0,50	0,38	-0,42	0,41	-0,53	-0,82	0,46	-0,73	0,69	-0,87	-0,83	0,46	-0,77	-0,83	0,75	0,69	-0,56	-0,83	0,92	-0,84	-0,83	-0,67	-0,73	-0,55	-0,20
NAK			1,00	0,91	0,93	0,92	0,80	0,14	-0,13	0,66	-0,70	-0,39	0,34	-0,27	-0,05	-0,72	-0,82	0,39	-0,76	0,92	-0,93	-0,97	0,83	-0,97	-0,96	0,67	0,37	-0,44	-0,97	0,97	-0,93	-0,92	-0,94	-0,94	-0,74	-0,26
NAKMIK				1,00	0,86	0,89	0,74	0,24	0,02	0,69	-0,58	-0,24	0,51	-0,28	0,10	-0,55	-0,73	0,50	-0,62	0,84	-0,83	-0,91	0,72	-0,89	-0,87	0,57	0,37	-0,31	-0,88	0,90	-0,82	-0,83	-0,84	-0,85	-0,62	-0,10
ACMA					1,00	0,84	0,83	0,14	-0,15	0,62	-0,66	-0,34	0,34	-0,18	-0,03	-0,69	-0,79	0,33	-0,72	0,88	-0,89	-0,92	0,82	-0,92	-0,92	0,65	0,31	-0,47	-0,93	0,93	-0,89	-0,89	-0,88	-0,88	-0,74	-0,39
ACAL						1,00	0,66	0,17	-0,03	0,59	-0,59	-0,16	0,43	-0,19	-0,14	-0,62	-0,67	0,52	-0,59	0,93	-0,80	-0,92	0,87	-0,93	-0,87	0,49	0,23	-0,18	-0,89	0,87	-0,82	-0,82	-0,94	-0,93	-0,68	-0,08
OT							1,00	0,19	-0,22	0,68	-0,46	-0,38	0,28	-0,24	0,21	-0,57	-0,72	0,46	-0,65	0,75	-0,83	-0,83	0,54	-0,80	-0,82	0,65	0,38	-0,51	-0,82	0,88	-0,77	-0,77	-0,67	-0,73	-0,69	-0,26
YAN								1,00	0,55	0,37	-0,07	0,04	0,49	-0,08	-0,06	0,12	-0,17	0,35	-0,06	0,08	-0,21	-0,21	0,21	-0,22	-0,19	0,04	0,12	0,13	-0,21	0,19	-0,19	-0,11	-0,17	-0,25	-0,29	0,10
YANGIN									1,00	0,01	-0,08	-0,04	0,40	-0,26	-0,11	0,10	-0,06	0,36	-0,03	-0,26	0,01	0,06	0,02	0,02	0,01	0,04	0,17	0,17	0,03	-0,07	0,05	0,05	0,02	-0,06	0,05	0,36
GENC										1,00	-0,19	-0,08	0,43	-0,17	0,08	-0,22	-0,47	0,53	-0,35	0,65	-0,64	-0,78	0,46	-0,70	-0,63	0,30	0,20	-0,07	-0,68	0,69	-0,62	-0,58	-0,61	-0,66	-0,55	-0,25
BAK											1,00	0,67	-0,23	0,39	0,14	0,85	0,85	-0,10	0,88	-0,55	0,76	0,57	-0,68	0,70	0,80	-0,82	-0,34	0,72	0,74	-0,67	0,71	0,72	0,68	0,69	0,53	0,07
TOM												1,00	-0,02	0,70	-0,10	0,59	0,77	-0,04	0,86	-0,19	0,60	0,29	-0,19	0,35	0,52	-0,82	-0,62	0,88	0,47	-0,47	0,54	0,54	0,30	0,39	0,26	0,03
TEL													1,00	-0,42	0,13	-0,11	-0,37	0,45	-0,25	0,33	-0,42	-0,42	0,39	-0,42	-0,41	0,28	0,29	-0,01	-0,43	0,39	-0,40	-0,40	-0,40	-0,49	-0,28	0,20
MADEN														1,00	-0,10	0,33	0,52	-0,14	0,58	-0,21	0,40	0,23	-0,16	0,26	0,36	-0,50	-0,48	0,47	0,33	-0,33	0,34	0,35	0,22	0,33	0,07	-0,28
SANAYI															1,00	0,13	-0,14	0,12	-0,04	-0,17	-0,09	0,06	-0,44	0,16	0,04	0,28	0,60	-0,34	0,04	0,11	-0,06	-0,03	0,26	0,19	0,19	-0,07
KAGIT																1,00	0,77	-0,21	0,84	-0,64	0,73	0,63	-0,70	0,73	0,80	-0,78	-0,28	0,67	0,75	-0,70	0,70	0,73	0,73	0,71	0,62	0,08
LIF																	1,00	-0,37	0,97	-0,64	0,96	0,76	-0,63	0,81	0,92	-0,95	-0,65	0,80	0,89	-0,88	0,92	0,91	0,75	0,82	0,63	0,17
SIRIK																		1,00	-0,27	0,35	-0,53	0,33	-0,50	-0,48	0,29	0,19	0,01	-0,48	-0,43	0,45	-0,39	-0,38	-0,43	-0,53	-0,54	0,38
END																			1,00	-0,58	0,89	0,68	-0,60	0,74	0,87	-0,95	-0,59	0,85	0,83	-0,80	0,85	0,85	0,70	0,76	0,59	0,12
YAK																				1,00	-0,80	-0,92	0,87	-0,93	-0,86	0,46	0,14	-0,23	-0,89	0,87	-0,81	-0,81	-0,92	-0,90	-0,69	-0,21
ORAL																					1,00	0,91	-0,74	0,92	0,97	-0,85	-0,57	0,65	0,97	-0,97	0,97	0,96	0,87	0,92	0,74	0,26
ORKOY																						1,00	-0,81	0,98	0,94	-0,59	-0,32	0,33	0,97	-0,96	0,90	0,90	0,94	0,95	0,76	0,25
ORNUF																							1,00	-0,89	-0,83	0,45	0,01	-0,19	-0,85	0,74	-0,77	-0,78	-0,94	-0,91	-0,69	-0,16
NUFUS																								1,00	0,97	-0,64	-0,26	0,38	0,98	-0,94	0,91	0,90	0,97	0,98	0,80	-0,19
KENUFO																									1,00	-0,80	-0,42	0,57	0,99	-0,97	0,95	0,95	0,93	0,95	0,78	0,18
KIRNUFO																										1,00	0,71	-0,91	-0,75	0,76	-0,79	-0,80	-0,57	-0,65	-0,52	-0,09
PROJE																											1,00	-0,63	-0,41	0,52	-0,57	-0,56	-0,23	-0,33	-0,07	-0,15
FERDI																												1,00	0,51	-0,54	0,59	0,58	0,30	0,36	0,35	0,20
SENE																													1,00	-0,97	0,96	0,96	0,95	0,97	0,78	0,24
ORSUC																														1,00	-0,95	-0,94	-0,88	-0,92	-0,73	-0,29
MESIKAYI																															1,00	0,99	0,90	0,93	0,67	0,33
MESIALAN																																1,00	0,90	0,92	0,63	0,29
KORUNANA																																	1,00	0,98	0,75	0,22
KORUNANS																																		1,00	0,75	0,15
ODOU																																			1,00	0,19
IMPORT																																				1,00

Kentsel nüfusun ülke genelindeki orman alanı miktarı ile arasında pozitif yönde (0,974) anlamlı bir ilişki bulunmaktadır (Tablo / Table 3). Buna göre ülkedeki kentsel nüfus arttıkça orman alanı miktarının da artığı ortaya çıkmaktadır. Bu artış Şekil / Figure 1'de de açıkça görülmektedir. Aslında bu artış kentsel nüfusun artmasından çok, başta orman köylüsü nüfusu olmak üzere kırsal nüfusun azalmasıyla ilgilidir. Orman alanındaki bu artışa rağmen, 1985 yılında 0,4 ha. olan (Özdönmez ve ark., 1996) kişi başına düşen orman alanı miktarı, 1990 yılında 0,36 ha.'a, 2000 yılında 0,30 ha.'a, 2010 yılında da 0,29 ha.'a gerilemiştir (OSİB, 2012; TÜİK, 2012).



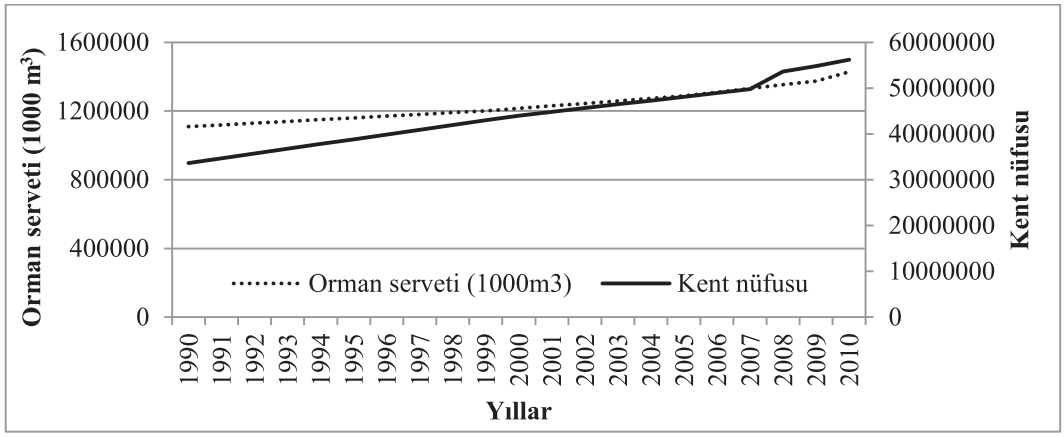
Şekil 1. Kent nüfusu ve orman alanı değişimi.
Figure1. Change of urban population and forest area.

Kentli nüfus başına düşen orman alanı değerlendirildiğinde ise 1990 yılında kentte yaşayan kişi başına düşen orman alanı miktarı 0,61 ha iken bu değer 2010 yılında 0,38 hektara gerilemiştir (Şekil / Figure 2). Kişi başına düşen orman alanı miktarının her geçen yıl azalması; ülke nüfusu %30,54 artış gösterirken orman alanının sadece %4,7'lik bir artış göstermesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 2. Kent nüfusu ile kent nüfus başına düşen orman alanı değişimi.
Figure 2. The change of urban population and forest area per urban-dweller

Bu dönemde ormanların servetinde %28,8 ve yıllık cari artımında %24,7, kent nüfusunda ise % 67 oranında bir artış olmuştur. Kent nüfusu artışından daha düşük orana sahip olmalarına karşın, kent nüfusu ile ormanların serveti (0,989) ve cari artımı (0,986) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki vardır. Bu ilişki Şekil / Figure 3'de açıkça görülmektedir.



Şekil 3. Kent nüfusu ve ormanların serveti arasındaki ilişki
Figure 3. The relationship between urban population and growing stock of forests

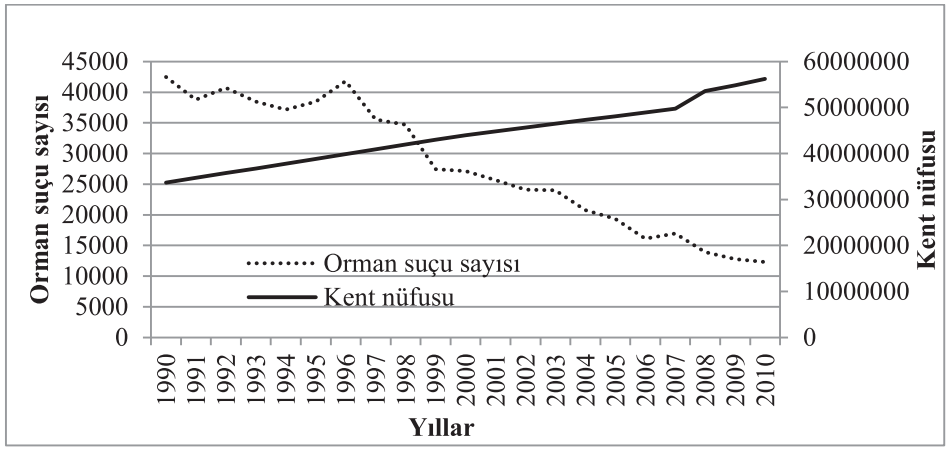
3.2 Orman Suçları

1990-2010 yılları arası işlenen orman suçlarında düzenli bir azalış olduğu Tablo / Table 4'te görülmektedir. Kentsel nüfusun işlenen orman suçu sayısıyla arasında negatif yönde (-0,965) anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Orman suçları türlerine göre ayrıntılı incelendiğinde de kentsel nüfusun; kesme suç adedi (-0,923), kesme suçu miktarı (-0,826), orman emvali nakil suçu adedi (-0,958), orman açma suç adedi (-0,917), açma suçu ile açılan orman alanı miktarı (-0,872) ve otlatma suç adedi (-0,818) ile negatif yönde anlamlı ilişkisi olduğu görülmektedir (Tablo / Table 3).

Tablo 4. Bazı orman suçlarının yıllar itibariyle değişimi, birim: Adet (OSİB, 2012).
Table 4. The change of some forest crimes by years, unit: number (OSİB, 2012)

Yıl	Kesme suçu	Nakil suçu	Orman açma suçu	Ormanda otlatma suçu	Toplam orman suçu	Yıl	Kesme suçu	Nakil suçu	Orman açma suçu	Ormanda otlatma suçu	Toplam orman suçu
1990	15038	8188	9587	7941	42504	**2001**	10963	3529	5258	3281	25662
1991	13659	9143	8615	5862	38760	**2002**	10222	4378	5008	3051	24130
1992	18409	8126	7186	4896	40734	**2003**	10771	4436	3886	2726	23996
1993	17169	7916	5899	4926	38455	**2004**	8472	3246	3573	3720	20773
1994	15019	6545	6912	5434	37149	**2005**	7332	2767	3981	3758	19368
1995	15770	6759	7525	6626	38450	**2006**	5956	2052	2837	3035	16107
1996	17052	7313	8325	7483	41818	**2007**	6028	1900	2836	3356	16949
1997	16184	5741	5130	7131	35525	**2008**	5020	1651	2393	2733	13932
1998	15044	5911	5429	6385	34701	**2009**	4946	1692	2283	2066	12780
1999	12138	4085	5384	3771	27453	**2010**	4114	1339	3019	1952	12295
2000	11357	3666	4529	5250	27155						

İşlenen orman suçları tek tek veya tümü birlikte incelendiğinde; kentsel nüfusun artmasıyla birlikte orman suçlarında azalış olduğu görülmektedir (Şekil / Figure 4). 1990-2010 döneminde işlenmiş olan orman suçlarının miktarında %71,1'lik bir azalma (kesme suçunda %-72,6, nakliye suçunda %-83,6, orman açma suçunda %-68,5, otlatma suçunda %-75,4) vardır.

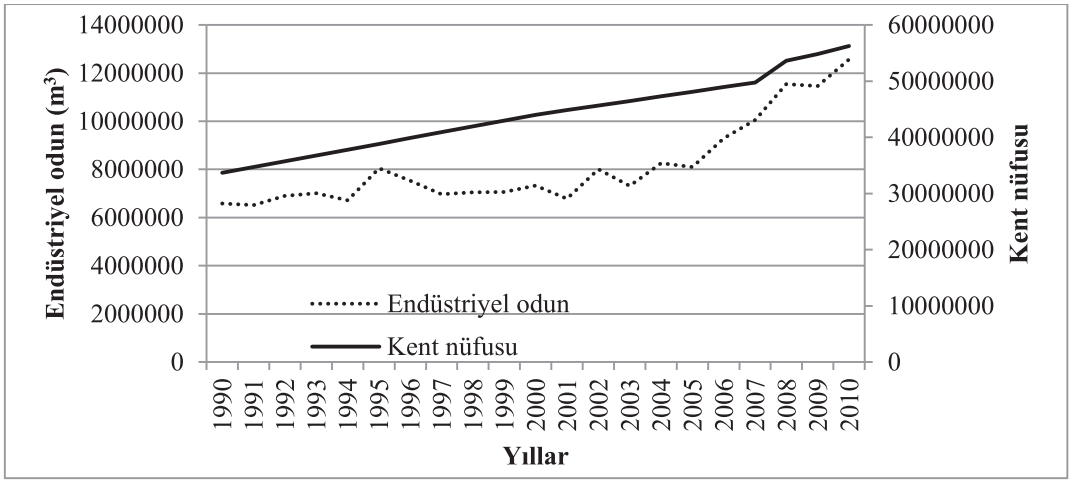


Şekil 4. Kent nüfusu ile toplam orman suçları arasındaki ilişki.
Figure 4. The relationship between urban population and forest crimes.

Analiz sonucunda; orman yangınlarının sayısında ve yanan alan miktarındaki değişimle kent nüfusundaki artış arasında artı veya eksi yönde herhangi bir anlamlı ilişki kurulamamıştır. Bunun nedeni yangın sayısı ve yanan alan miktarının yıllara göre gösterdiği değişimin doğrusal bir çizgi izlememesidir. Ayrıca son yıllarda bu rakamların olduğundan az gösterildiği konusundaki iddialar da (Anonim, 2007; Akşam Gazetesi, 2008; Anonim, 2008, OMO, 2008; Atmış ve Günşen, 2009) bu ilişkinin tespitini güçleştirmektedir.

3.3 Odun Hammaddesi ve Odun Dışı Orman Ürünleri Üretimi

Kentsel nüfusun ülke genelinde üretilen endüstriyel odun miktarıyla arasında (0,868) pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Endüstriyel odun üretimi ayrıntılı olarak incelendiğinde; üretilen tomruk miktarının (0,521), kağıtlık odun miktarının (0,802) ve lif-yonga odunu miktarının (0,915) kentsel nüfus ile arasında pozitif yönde anlamlı ilişkisi olduğu görülmektedir (Tablo / Table 3). Bu ilişki; artan kent nüfusu ile birlikte endüstriyel oduna duyulan ihtiyacın da arttığı ve buna bağlı olarak endüstriyel odun üretim miktarının yükseldiğinin göstergesidir (Şekil / Figure 5).



Şekil 5. Kent nüfusu ile üretilen endüstriyel odun miktarı arasındaki ilişki.
Figure 5. The relationship between urban population and industrial roundwood production.

Tel direk, maden direği ve sanayi odunu ile kent nüfusu arasında anlamlı bir ilişki bulunmazken, kent nüfusunun sırıklık odun üretimiyle -0,475 düzeyinde negatif yönde anlamlı bir ilişkisi vardır (Tablo / Table 3). Tablo / Table 5'te 1990-2010 yılları arasında üretilen endüstriyel odun miktarının %91 oranında arttığı açıkça görülmektedir. Üretilen tomruk miktarı %32, kağıtlık odun miktarı %132 ve lif-yonga odun miktarı

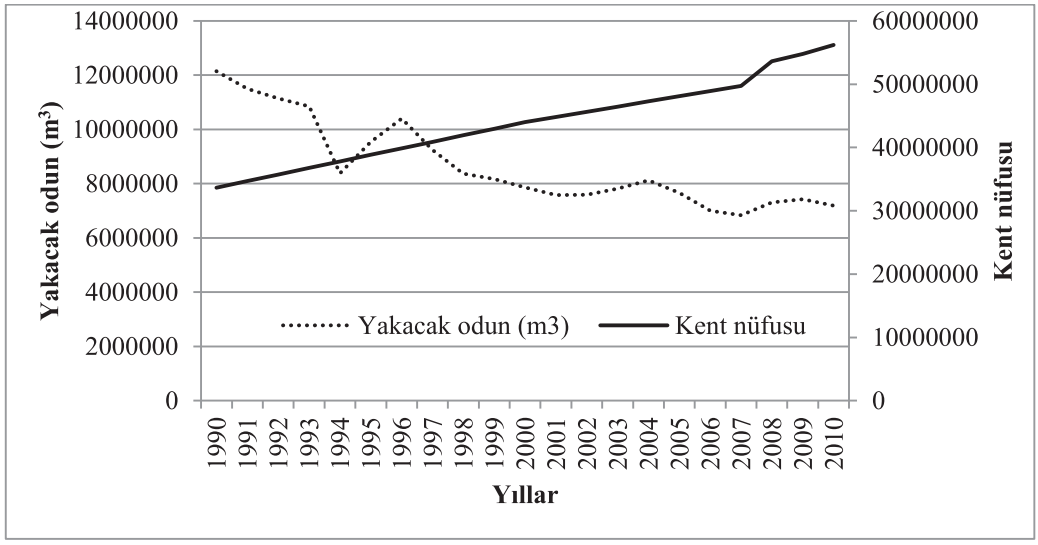
%314 artmıştır. Yuvarlak odun ithalatı bu dönemde dalgalı bir seyir gösterse de, genel olarak %37 oranında artmıştır.

Tablo 5. Tomruk ve odun üretimi, birimi: m^3 (FAO, 2012; OSİB, 2012).
Table 5. Log and industrial roundwood production, unit: m^3 (FAO, 2012; OSİB, 2012).

Yıl	Tomruk	Kağıtlık odun	Lif-yonga odunu	Endüstriyel odun	Yakacak odun	Yuvarlak odun ithalatı*
1990	3310000	923000	1113000	6581000	12145000	857342
1991	3159000	1043000	1104000	6513000	11503000	988908
1992	3353000	1082000	1177000	6897000	11146000	969257
1993	3199000	1466000	1001000	7010000	10846000	2415500
1994	2939000	1577000	925000	6712000	8379000	1305700
1995	3578000	1558000	1320000	8046000	9539000	776000
1996	3172000	1568000	1362000	7528000	10402000	992000
1997	2845000	1369000	1406000	6974000	9246000	871000
1998	2817000	1588000	1278000	7051000	8372000	1049000
1999	2833000	1610000	1252000	7066000	8167000	1214000
2000	3007000	1533000	1371000	7329000	7861000	1515000
2001	2738000	1524000	1254000	6777000	7576000	818000
2002	3296000	1460000	1821000	8005000	7586000	821000
2003	2827000	1169000	2073000	7320000	7815000	1076000
2004	3065000	1610000	2330000	8253000	8120000	1757888
2005	2936000	1528000	2409000	8100000	7667000	1967600
2006	3479657	1514472	2964647	9298696	7003598	2022000
2007	3732000	1703000	3265000	10053000	6834000	1850000
2008	3945851	2407156	3816522	11541084	7303889	1239000
2009	3757859	2432601	4033257	11463080	7427596	922000
2010	4374840	2145606	4608171	12568519	7194372	1174000

*FAO (2012).

Kentsel nüfusla üretilen yakacak odun miktarı arasında ise negatif yönde (-0,861) anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Yani kentsel nüfus arttıkça yakacak odun üretimi azalmaktadır (Tablo / Table 3). Bu durum Şekil / Figure 6'da da açıkça görülmektedir. Bu dönemde kent nüfusu %67'lik bir artış gösterirken yakacak odun üretimi %40,76 azalmıştır.



Şekil 6. Kent nüfusu ile üretilen yakacak odun miktarı arasındaki ilişki
Figure 6. The relationship between urban population and industrial fuel wood production

Odun dışı orman ürünleri bakımından bir değerlendirme yapıldığında, kentsel nüfusun artmasıyla birlikte odun dışı orman ürünlerinin üretim miktarının da arttığı görülmektedir. Bunu aralarındaki pozitif yönde (0,778) anlamlı çıkan ilişki de göstermektedir (Tablo / Table 3).

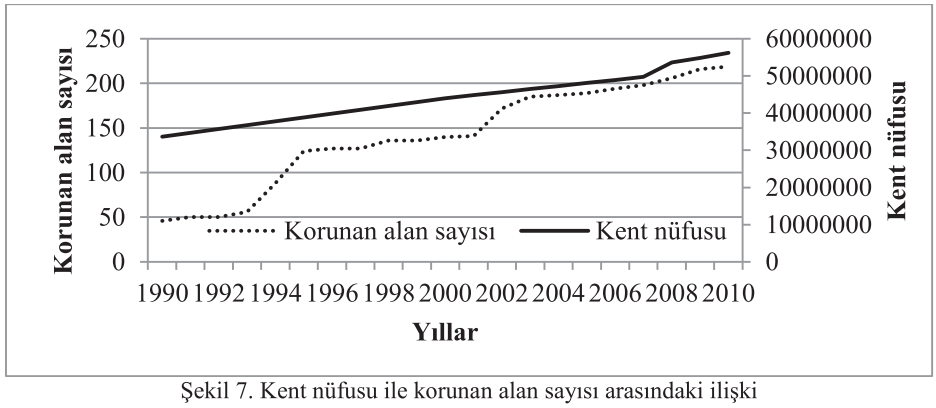
1990-2010 yılları arasında odun dışı orman ürünleri miktarı genel olarak %464'lük bir artış göstermiştir (Tablo / Table 6). Odun dışı orman ürünleri üretiminde doğrusal bir eğilim gözükmemektedir. Bu durum göz önünde bulundurularak genel bir değerlendirme yapıldığında; defneyaprağı üretiminde %1710'luk, sığla yağı üretiminde %50'lik, kekik üretiminde %21'lik, fıstık çamı kozalağı üretiminde %2595'lik, kuşdili üretiminde %334,56'lık, adaçayı üretiminde %260'lık, ıhlamur çiçeği üretiminde %1948'lik, eğrelti otu üretiminde %4800'lik artış olmuştur. Sadece çıralı çam kök odununda %40,77'lik, laden üretiminde %19'luk azalış gerçekleşmiştir. Özellikle yüksek artış gösteren odun dışı orman ürün çeşitlerinin sanayide hammadde olarak yoğun olarak kullanılan ve özellikle kentli toplumun gereksinimini karşılayan çeşitler olduğu göze çarpmaktadır.

Tablo 6. Bazı odun dışı orman ürünlerinin üretim miktarları, birimi: 1.000 kg (OSİB, 2012).
Table 6. Some non-wood forest products, unit:1.000 kg (OSİB, 2012).

Yıl	Defne Yaprağı	Fıstık çamı kozalağı	Adaçayı	Ihlamur	Yıl	Defne Yaprağı	Fıstık çamı kozalağı	Adaçayı	Ihlamur
1990	852	10	195	17	**2001**	8 001	1 302	471	18
1991	1 896	226	240	27	**2002**	6 626	830	455	20
1992	2 396	271	243	7	**2003**	3 350	995	264	4
1993	2 853	143	266	3	**2004**	4 662	675	566	10
1994	2 393	267	403	3	**2005**	8 564	2 347	441	12
1995	3 126	426	411	5	**2006**	7 746	3 546	390	30
1996	6 764	418	451	28	**2007**	11 686	3 772	910	5
1997	6 004	231	684	6	**2008**	7 025	3 052	1 489	76
1998	4 229	541	338	7	**2009**	19 781	6 266	708	77
1999	4 661	907	416	3	**2010**	15 418	6 091	702	194
2000	5 738	1 471	341	14					

3.4 Korunan Alanlar ve Rekreasyon

Kentsel nüfusun rekreasyon hizmeti sağlayan yerlerin sayısı ve alanıyla arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Ayrıntılı bakılacak olursa; kentsel nüfusun mesire yeri sayısıyla (0,945), mesire yeri alanı miktarıyla (0,945), korunan alanların alansal büyüklüğüyle (0,927) ve korunan alan sayısıyla (0,958) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır (Tablo / Table 3). Bunlara göre kentsel nüfusun artmasıyla birlikte koruma ve rekreasyon amaçlı kullanılan orman alanları hem sayısal olarak hem de alansal olarak artış göstermektedir. Bu dönemde ilan edilen korunan alan sayısı %376 artarken, korunan alanlar aynı dönemde alansal olarak %152 artmıştır (Şekil / Figure 7).



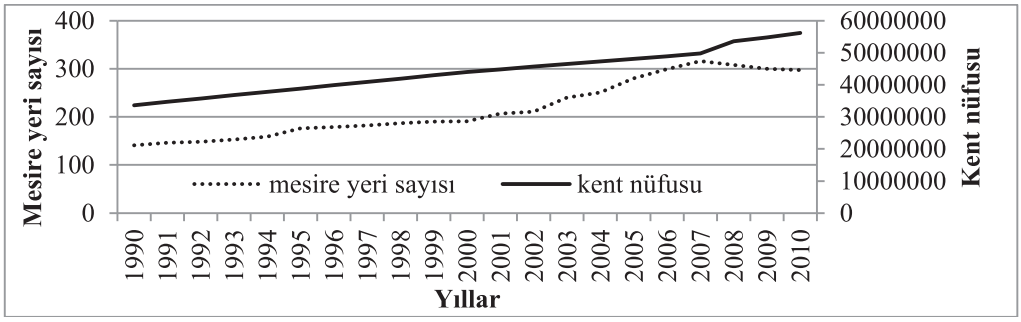
Şekil 7. Kent nüfusu ile korunan alan sayısı arasındaki ilişki
Figure 7. The relationship between urban population and number of protected areas

Bu dönemde ilan edilen milli park sayısında %95 ve milli park alanında %133, ilan edilen tabiat parkı sayısında %720 ve alanında %1525, ilan edilen tabiat anıtı sayısında %10500 ve alanında %55500, ilan edilen tabiatı koruma alanı sayısında %63 ve alanında %143'lük bir artış olmuştur (Tablo / Table 7).

Tablo 7. Korunan alan ve mesire yerlerinin gelişimi, birimi: adet (OSİB, 2012).
Table 7. Development of protected areas and recreation areas, unit: number (OSİB, 2012)

Yıl	Milli park	Tabiat anıtı	Tabiatı koruma alanı	Mesire yeri	Yıl	Milli park	Tabiat anıtı	Tabiatı koruma alanı	Mesire yeri
1990	21	1	19	141	**2001**	33	59	33	207
1991	21	1	21	146	**2002**	33	89	33	211
1992	21	1	21	148	**2003**	33	102	33	240
1993	22	2	25	153	**2004**	35	102	33	251
1994	27	23	29	159	**2005**	36	102	33	280
1995	28	55	30	176	**2006**	37	105	33	299
1996	31	55	30	179	**2007**	39	105	32	316
1997	31	55	30	182	**2008**	40	105	31	308
1998	32	56	33	187	**2009**	41	105	31	300
1999	32	56	33	190	**2010**	41	106	31	297
2000	33	58	33	191					

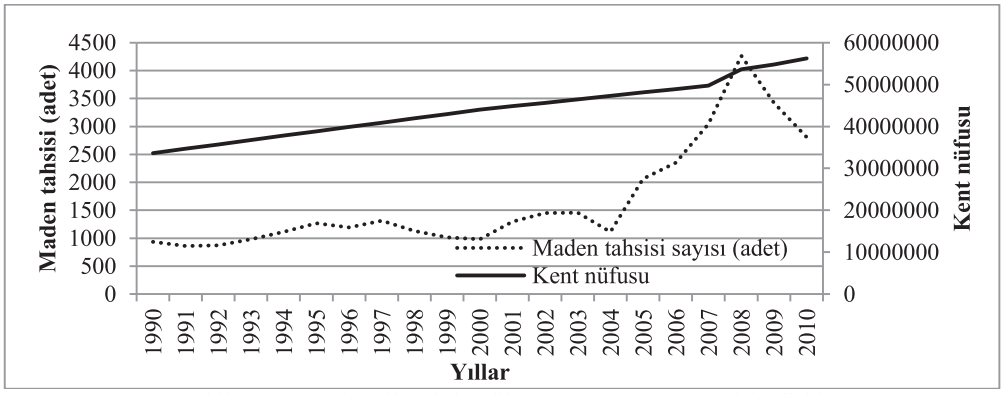
Mesire yerlerinin sayısında %111'lik ve alanında ise %139'luk bir artış olmuştur (Şekil / Figure 8). Yeni kurulan mesire yerlerinin yeni orman alanları oluşturulmasından çok, mevcut orman alanlarından ayrılarak tesis edildiği gözden kaçırılmamalıdır. Hem ilan edilen korunan alanların sayısının hem de tesis edilen mesire yerlerinin sayısının artış oranlarının kentsel nüfusun artış oranının (%67) üstünde olması önemli bir gelişmedir. Orman Genel Müdürlüğü'nün kent halkının şehir yakınlarındaki ormanlara olan talebinin karşılanması amacıyla 2003 yılında kurmaya başladığı kent ormanların sayısı 2011 yılı itibariyle 93'e ulaşmıştır (ÇOB, 2011).



Şekil 8. Kent nüfusu ile mesire yeri sayısı arasındaki ilişki
Figure 8. The relationship between urban population and number of recreation areas

3.5 Tahsisler

Orman alanları; turizm, eğitim, madencilik gibi ormancılık dışı amaçlarla belli sürelerle kamu ve özel kuruluşlara tahsis edilebilmektedir. Burada özellikle maden tahsisleri üzerinde durulmuştur. Şekil / Figure 9'dan da açıkça görüldüğü gibi kentlerde yaşayan nüfus arttıkça maden işletmesi ve tesisi için tahsis edilen orman alanlarının miktarı da artmaktadır. Korelasyon analizi sonucu da bunu doğrulamaktadır. Kent nüfusunun ormandan maden için tahsis edilen yerlerin sayısı (0,830) ve alanı (0,780) ile arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki ortaya çıkmıştır (Tablo / Table 3). Nüfusun (özellikle kentsel nüfusun) artmasıyla orman alanlarında maden çıkarma talepleri de artış göstermektedir. Artışın özellikle 2004 yılında Maden Kanunu ve ilgili mevzuatta yapılan değişikliklerden sonra dramatik şekilde yükseldiği gözükmektedir.



Şekil 9. Kent nüfusu ile tahsis edilen maden sayısı arasındaki ilişki
Figure 9. The relationship between urban population and numbers of mining allocations

1990-2003 yılları arasında yıllık ortalama1133 maden tahsisi yapılırken bu rakam 2004-2010 yılları arasında 2723'e yükselmiştir. Maden tahsislerinin sayısının yanında tahsis edilen orman alanlarının miktarı değerlendirildiğinde ise 1990-2003 yılları arasında ortalama yılda 2753 ha orman alanı madencilik faaliyetleri için tahsis edilmişken 2004-2010 yılları arasında bu rakamın büyük bir artış göstererek 6369 ha'a çıktığı görülmektedir(Tablo / Table 8). Maden Kanunu ve ilgili mevzuatta yapılan değişiklik öncesinde 1990-2003 yılları arasında maden tahsisi sayısında %56'lık bir artış görülürken yasal değişikliklerden sonra 2004-2010 yılları arasında orman alanlarındaki maden tahsisi sayısı %153 artış göstermiştir.

Tablo 8. Ormanlardan maden tahsisi sayısı ve alanı (OGM, 2012)
Table 8. Mining allocations on forest areas (OGM, 2012)

Yıl	Adet	Alan (ha)	Yıl	Adet	Alan (ha)
1990	934	2253	**2001**	1298	2214
1991	863	1330	**2002**	1450	4582
1992	873	3367	**2003**	1454	3780
1993	981	1996	**2004**	1111	3558
1994	1112	3028	**2005**	2065	4257
1995	1269	2714	**2006**	2350	4689
1996	1192	1955	**2007**	3042	7907
1997	1311	2787	**2008**	4262	10693
1998	1129	3313	**2009**	3420	8041
1999	1016	2714	**2010**	2811	5440
2000	982	2503			

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye orman varlığındaki artışla kentsel nüfus arasında aynı oranda olmasa da doğrusal bir ilişki vardır. Kentsel nüfus; orman alanı, orman serveti ve yıllık artımdan birkaç kat daha fazla oranda artmaktadır. Bu artış ormanlar üzerinde çok önemli baskılar oluşturmaktadır. Benzer şekilde Ekizoğlu (1991) da hızlı nüfus artışı ve nüfusun belli başlı büyük şehirlerde yoğunlaşmasıyla ortaya çıkan sağlıksız kentleşmenin ormanlar üzerindeki baskıyı her geçen gün arttırdığını ifade etmektedir.

Orman köylerinin nüfusu azaldıkça orman köylülerinin ormanlar üzerindeki olumsuz etkileri de azalmaktadır. Bu süreçte daha az yakacak oduna ihtiyaç duyulmakta, yeni evler inşa edilmesi gerekmediği için daha az yapacak odun kullanılmakta, hayvan sayısı azaldığı için ormanlar ve meralar üzerindeki otlatma baskısı hafiflemekte, tarım yapmak için ormanlardan yeni alanlar açılmamaktadır. En önemlisi; daha önce ormanlardan tarım yapmak amacıyla açıldığı bilinen alanlar, köydeki işgücünün azalması, verim düşüklüğü ve uygulanan ekonomik politikalar nedeniyle tarımsal gelirin düşmesi sonucu tarım dışı bırakıldığı için; tekrar orman ekosistemine dönüşmektedir (Atmış, 2004). Gümüş (2004) de, orman kaynaklarında, arazi değerinin ve nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu Batı ve Güney sahilleri dışında önemli sayılabilecek alan, servet ve artım artışları olduğunun gözlemlendiğini, bunun kırsal nüfusun

azalması ve hayvancılığın gerilemesi, uygulanan enerji politikaları ve odun yerine kullanılabilen ikame malların üretiminin artmasından kaynaklandığını bildirmektedir.

Analizlerde ortaya çıkan kentsel nüfus ile ülke genelindeki orman alanı, serveti ve yıllık artım miktarı arasındaki pozitif yönlü ilişkinin yanıltıcı olmaması açısından aşağıdaki bilgilerin de göz önünde tutulması gerekmektedir. Kırsal kesimde ormanlar lehine bir dönüşüm yaşanırken, madencilik, eğitim ve turizm amaçlı tahsisler, orman içi yerleşmeler, sanayileşme, yakacak odun temini ve rekreasyonel nedenlerle kentsel nüfusun farklı taleplerini tatmin etmek için yürütülen ormanların ormancılık dışı amaçlarla kullanımına dönük çalışmalar, ülke orman varlığı üzerinde büyük tehlikeler oluşturmaktadır (Atmış, 2004; Atmış ve ark., 2007). Şen ve Toksoy (2006) dünyada olduğu gibi Türkiye'de de nüfusun baskısının azaldığı bölgelerde ormanların alan olarak arttığı ve yapısal olarak da daha iyi bir hal aldığını, buna karşın nüfusun arttığı kentsel alanlarda ise ormanlar üzerindeki baskının arttığını bildirmektedir. İlter ve Ok (2004) da kalabalıklaşan ve kentlileşen topluluklarda ormancılık hizmetlerine yönelik talebin arttığını vurgulayarak, orman ve nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu Marmara Bölgesi'nde toplumun ormanlar üzerindeki baskısının en fazla, nüfus artış hızının en düşük olduğu Karadeniz Bölgesi'nde ise en az olacağını belirtmektedir. Farklı kaynaklarda illerin almış olduğu göçten dolayı nüfuslarının artmasıyla birlikte bu illerde bulunan arazilerin ve orman alanlarının parçalandığı dile getirilmektedir (Özdönmez ve ark., 1996; Keleş 1998; Sağlam 2006; Akesen ve Ekizoğlu 2010).

Ülke ve kent nüfusu başına düşen orman alanı miktarı hızla azalmaktadır. Hem ülke, hem de kentsel nüfus artışına paralel olarak orman alanı, serveti ve yıllık artımında artış yaşanırken, kişi başına düşen orman alanının hızla azaldığının farkına varılması, ülkedeki orman varlığının artmasının gerçek nedenlerini sorgulamada karar vericilere yardımcı olacak önemli bir göstergedir.

Kentsel nüfus arttıkça orman suçları azalmaktadır. Orman suçlarındaki düşüşün büyük ölçüde orman köylüsünün kentlere göç etmesi sonucu azalan kırsal nüfusun ormandan sağladığı usulsüz faydalanmaların azalmasından kaynaklandığı bilinmektedir. Nitekim Alkan (2014)'nın yapmış olduğu çalışmada da, köylerden kentlere yaşanan göçlerle birlikte orman suçlarının sayısında azalma olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan kent nüfusunun artmasıyla birlikte ormanlar üzerinde oluşan baskıların hangi oranda suça dönüştüğü ise net olarak bilinmemektedir. Bunun ormancılık örgütünün kentlerdeki koruma organizasyonunun yetersizliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu suçlar ya gerçekten de düşük oranda işlendikleri için, ya da tam olarak tespit edilemediği için ülke genelindeki orman suçları sayısında azalış yönünde bir sonuç ortaya çıkmaktadır. Yaşanan demografik değişimler sonucunda kent kökenli orman suçlarında bir artış olacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda ormancılık örgütünün korumaya yönelik çalışmalarını kentler üzerinde yoğunlaştırması gerekmektedir.

Nüfusun büyümesiyle birlikte oduna olan talep de artmaktadır (Cropper ve Griffiths, 1994). Analiz sonuçları kent nüfusu arttıkça endüstriyel odun ve odun dışı odun ürünleri üretiminin arttığını, yakacak odun üretiminin ise azaldığını göstermektedir. Bu ilişki kentsel nüfusun gereksinimlerine paralel bir gelişme göstermektedir. Burada endüstriyel odunun artış miktarının, yakacak odunda yaşanan azalıştan fazla olup olmadığı sorgulanmalıdır. Endüstriyel odun üretimindeki artışın ne kadarının baltalık ormanların koruya tahvilinden veya verimli odun üretimi yapılan orman oranındaki artıştan kaynaklandığı hesaplanmalıdır. Bunun yanında yakacak odun üretimindeki azalmanın iki önemli nedeni vardır: bunlardan birincisi yüksek oranda yakacak odun tüketen orman köylüsü ve kırsal nüfusun yakacak odun talebinin kırdan kente göçler neticesinde düşmesi, ikincisi ise tüm ülkede yakacak odun yerine kömür, doğalgaz vb. ikame ürünlerin kullanımının yoğunlaşmasıdır. Benzer şekilde Ekizoğlu ve Kuvan (2010)'da yakacak odun üretimi miktarındaki düşüşün nedenlerini; kırsal nüfusun kentlere göç neticesinde azalması, son yıllarda LPG, elektrik ve doğal gaz gibi diğer enerji maddelerinin kullanımı, yakacak odun tüketiminde tasarruf sağlayan ısıtma ve pişirme araçları ile daha iyi yalıtım sağlanarak yapılan konut üretimindeki gelişmeler olarak sıralamaktadır.

Odun dışı orman ürünlerindeki artış, ormanların odun hammaddesi üretimi dışındaki fonksiyonlarının günümüzde kazandığı önemin göstergesidir. Janse ve Ottitsch (2005)'e göre nüfus yoğunluğu ve kentleşme gibi demografik faktörler odun dışı orman ürünleri ve hizmetlerini etkilemektedir. Türkiye ormanlarının biyolojik çeşitlilik bakımından zengin olması odun dışı orman ürünlerindeki çeşitliliği de artırmaktadır. Toplumun bu ürünlere talebi doğrultusunda üretim miktarı artış göstermektedir.

Daha çok kentsel nüfusun beklentilerine yönelik olarak kurulan korunan alanlar ve rekreasyon alanları miktarı kentsel nüfusun artışıyla birlikte artış göstermektedir. Bu artış nitelik bakımından sorgulanmaktadır. Örneğin 2003 yılında kent halkının şehir yakınlarındaki ormanlara olan talebinin karşılanması amacıyla Orman Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan kent ormanı kurma çalışmalarının elde yeterince bilimsel veri bulunmadan ve hazırlıksız olarak başlatılması, üstelik merkezi direktiflerle, bir anda tüm il ve büyük ilçelerde kent ormanı kurmak şeklinde harekete geçilmesi gibi nedenlerden dolayı kent ormanlarının yönetiminde önemli eksiklikler olduğu belirtilmektedir (Atmış ve ark., 2011).

Ormanlardan yapılan madencilik, turizm vb amaçlı tahsisler de nüfusa paralel olarak artmaktadır. Maden tahsislerinde özellikle 2004 yılında 5177 sayılı Kanun ile Maden Kanununda yapılan değişikliklerden sonra yaşanan dramatik artış, orman kaynaklarının orman dışı amaçlarla kullanımı sonucu zarar görmesine hatta, yok olmasına neden olmaktadır. Bu değişiklikler, ormanlardaki madencilik faaliyetlerinin uygulama alanını iyice genişletmiş ve ormanların tahribine yol açan bir düzenleme halini almıştır (Şentürk ve Birben, 2007; Aydın Coşkun, 2009).

Ormancılık örgütü, örgütlülüğünü sadece kırsal alanda sürdürmesi ve ilişkilerini kırsal topluluklarla sınırlı tutması durumunda, kent kökenli baskıları önlemede etkisiz kalacaktır. Ormancılık örgütü, eğer yönetim anlayışını ve örgüt yapısını yaşanan bu dönüşüme göre revize etmezse, toplumun geniş kesimlerinin desteğini alarak sürdürmesi gereken ormancılık yönetimi çalışmalarında yalnız kalacak, üstelik kentli-orman ilişkileri konusunda deneyim sahibi olmadığı için başarısız olacaktır (Atmış, 2004). Son söz olarak; ormancılık örgütünün ormancılıkta yaşanan kentsel nüfus artışına bağlı dönüşümü yakından incelemesi ve örgüt yapısını bu dönüşümü içerecek şekilde yenilemesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu makale 18-20 Ekim 2012 tarihlerinde yapılan III. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi'nde sözlü olarak sunulmuş, fakat herhangi bir yerde yayımlanmamıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Akesen, A., Ekizoğlu, A., 2010. Ormancılık. Akesen, A., Ekizoğlu, A. (Eds), Ormancılık Politikası, Türkiye Ormancılar Derneği Yayını, TOD Eğitim Dizisi Yayını No:6, Ankara. S: 19-36.

Akşam Gazetesi, 2008. Yanan Alanda CHP Haklı Çıktı. (15.12.2008).

Alkan, S., 2014. Kırsal nüfus değişiminin, ormanlar ve ormancılık üzerine etkileri (Trabzon ili örneği). *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 14(1): 69-78.

Anonim, 2007. Başyazı: Yeni dönemden beklentilerimiz ve endişelerimiz-basın açıklaması: orman yangınları. *Orman ve Av Dergisi* 83(4): 2-4.

Anonim, 2008. Başyazı: Orman yangınlarıyla mücadele yeniden değerlendirilmelidir.*Orman ve Av Dergisi* 84(4): 2-3.

Atmış, E., 2004. Ormanlar üzerinde kent kökenli baskılar ve kentli duyarlılığı. I. Ulusal Kent Ormancılığı Kongresi Bildiriler Kitabı. 9-11 Nisan 2004. Türkiye Ormancılar Derneği, Ankara, s: 401-413.

Atmış, E., Özden, S., Lise, W., 2007. Urbanization pressures on the natural forests in Turkey: an overview. *Urban Forestry and Urban Greening* 6(2): 83-92. doi:10.1016/j.ufug.2007.01.002

Atmış, E., Günşen, H.B., 2009. Türkiye'de Hükümetlerin Ormancılık Politika ve Uygulamaları Üzerine Eleştirel Bir Değerlendirme (AKP Örneği). *Orman ve Av Dergisi* 85(2): 33-42.

Atmış E., Günşen H.B., Yücedağ C., 2011. Akdeniz bölgesindeki kent ormanları üzerine bir değerlendirme. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı. 26-28 Ekim 2011. Kahramanmaraş, s: 78-91.

Aydın Coşkun, A., 2009. Madencinin hukuk zaferi. *Orman ve Av Dergisi* 85(4): 15-18.

Cropper, M., Griffiths, C., 1994. The interaction of population growth and enviromental quality. *The American Economic Review* 84(2): 250-254.

Cui, L., Shi, J., 2012. Urbanization and its environmental effects in Shanghai, China. *Urban Climate* 2: 1-15. doi:10.1016/j.uclim.2012.10.008

Çağlar, Y., 2012. Türkiye Ormancılık Tarihi. ODTÜ Yayınevi, Ankara, 440s.

ÇOB, 2011. Çevre ve Orman Bakanlığı Resmi WEB Sitesi. www.cevreorman.gov.tr (Ziyaret tarihi: 30 Mart 2011).

Ekizoğlu, A., 1991. Kentleşme ve orman ilişkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 41(B1-2): 73-78.

Ekizoğlu, A., Kuvan Y., 2010. Türkiye ormanları ve ormancılığı. Akesen, A., Ekizoğlu, A. (Eds), Ormancılık Politikası, Türkiye Ormancılar Derneği Yayını, TOD Eğitim Dizisi Yayın No: 6, Ankara, s: 67-100.

FAO, 2012. Food and Agriculture Organization of United Nations, http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor (Ziyaret tarihi: 06 Temmuz 2012).

Gümüş, C., 2004. Ormancılık Politikası Cilt-I. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını, Yayın no: 34, Trabzon.

Güvenen, O., 1992. Türkiye Nüfus yapısı ve Nüfus Çevre Etkileşimi. Dünya Nüfus Günü Toplantısı Sonuç Kitapçığı. Türkiye Çevre Vakfı Yayını. s.93-133. Ankara.

İlter, E., Ok, K., 2004. Ormancılık ve Orman Endüstrisinde Pazarlama İlkeleri ve Yönetimi: Örnek Olaylarla. Form Ofset Matbaacılık, İstanbul, 488s.

Janse, G., Ottitsch, A., 2005. Factors influencing the role of non-wood forest products and services. *Forest Policy Economics* 7(3): 309-319. doi:10.1016/S1389-9341(03)00068-6

Keleş, R., 1998. İç göç ve Çevre. Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Yayın No:130, Ankara.

OGM, 2012. Orman Genel Müdürlüğü İzin İrtifak Dairesi Başkanlığı Kayıtları, Ankara.

OMO, 2008. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Serik ve Taşağıl Orman İşletme Müdürlüklerinde 31 Temmuz 2008-04 Ağustos 2008 Tarihleri Arasında Çıkan Orman Yangınına İlişkin Orman Mühendisleri Odası Komisyon Raporu. 9s.

OSİB, 2012. Ormancılık İstatistikleri 2010. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara, 84s.

Özdönmez, M., İstanbullu, T., Akesen, A., Ekizoğlu, A., 1996. Ormancılık Politikası. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Üniversite Yayın No: 3968, Orman Fakültesi Yayın No: 435, İstanbul.

Sağlam, S., 2006. Türkiye'de iç göç olgusu ve kentleşme. *Hacettepe Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Dergisi* 5: 33-44.

Şahin, Y., 2013. Kentleşme Politikası (Güncellenmiş 4. Baskı). Ekin Yayınevi, Bursa, 422s.

Şen, G., Toksoy, D., 2006. Türkiye'de nüfus orman ilişkisi. Ormancılıkta Sosyo-ekonomik Sorunlar Kongresi Bildiriler Kitabı, 26-28 Mayıs 2006. Ilgaz-Çankırı, s:108-117.

Şentürk G., Birben Ü. 2007. Orman alanlarında madencilik faaliyetlerinin hukuksal boyutlarının incelenmesi. Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler Sempozyumu Poster Bildiriler Kitabı, 17-19 Ekim 2007, İstanbul, s:143-153.

TÜİK, 2012. Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. http://tuikapp.tuik.gov.tr/adnksdagitapp/adnks.zul (Ziyaret tarihi: 13 Eylül 2012).

Ulusoy, A., Vural, T., 2001. Kentleşmenin sosyoekonomik etkileri. *Belediye Dergisi* 7(12): 8-14.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.63195

Bir meta bitki toplumunun kuantum analizi

Kürşad Özkan [1*]

[1] Süleyman Demirel University, Faculty of Forestry, Department of Soil Science and Ecology, 32200, Isparta, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** kursadozkan@sdu.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 13.12.2014 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 22.01.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 23.01.2015

Özet: Ekoloji bilimi içinde çok çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Bu anlamda, özellikle son yıllarda olasılık tabanlı analitik yaklaşımların ekoloji alanında daha çok tercih edildiği görülmektedir. Diğer yandan kuantumun özü olasılıkçı yaklaşımla enerji ayak izi hesabına dayanmaktadır. Bu sebepten dolayı kuantum analizlerinin gelecekte ekolojik çalışmalar içinde önemli bir yer tutacağı öngörülmekte olup, László Orlóci Frsc tarafından kaleme alınan kuantum ekolojisi kitabı bu sürece giriş aşamasında önemli bir katkı yapmıştır. Bu çalışma bir meta bitki toplumu için kuantum analizleri kullanılarak filogeni, çevresel arabulucu ve zuhur eden etki olarak isimlendirilen özel süreçlerin potansiyel enerji ayak izlerinin hesaplanmasını amaç edinmiştir. Max Planck'in László Orlóci Frsc tarafından modifiye edilmiş entropi formülünü temel alan bu çalışmada, Göller bölgesi-Yazılı Kanyon Tabiat Parkı'nda farklı yamaç konumlarından 3 kompleksi içeren bir meta bitki toplumuna ait veriler materyal olarak kullanılmış ve her bir kompleks için enerji yapısı parametreleri hesaplanmıştır. Kuantum analizi sonuçları itibariyle komplekslerin H(cx) enerji ayak izleri arasında önemli farklar bulunamamıştır. Zincir ağı seviyesinde ise nH ifadesine göre filogeninin enerji ayak izi yamaç pozisyonu etkisinden çok daha fazla bulunmuştur. Bununla birlikte durum H ifadesinde tersine dönmüş, yamaç pozisyonu H ifadesinde dominant faktör olarak kendini göstermiştir. Çalışmada ayrıca komplekslerin değişkenlik değerleri hesaplanmış ve en değişken (en kararsız) değer Yazılı Kanyon'un vadi tabanından alınan komplekste tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, entropi, filogenetik ağaç, yetişme ortamı faktörleri, resonatör

Quantum analysis of a plant metacommunity

Abstract: A wide variety of statistical methods have been frequently used in the area of ecology. Especially probability based analytic approaches have been become more popular in the ecological studies in recent years. On the other hand, the core of quantum is based on calculation of energy footprint by probability approach. That is why it has been expected that quantum analysis will have found a significant place in the ecological studies in the future. As a result, the book of quantum ecology written by László Orlóci Frsc made a profound contribution to enter within this process. This study aims at calculations of the potential energy footprints of specific processes including phylogeny, environmental mediation and emergent effects by using quantum analysis for a plant metacommunity. In this study, the fundamental formulate was based on Max Planck's energy based entropy modified by László Orlóci Frsc. A plant metacommunity example includes 3 complexes taken from various slope positions of Yazili Canyon Nature Park located in the Lake districts was subjected to quantum analysis. Energy structure parameters were calculated for each complex. Variations among the complexes' H(cx) energy footprints were found insignificant. Calculations at the level of catena was shown that potential energy footprint of phylogeny overwhelms the effect of slope position in the nH terms. However this is turned in favor of the slope position gradient when the H footprints are compared. In the study, stability values of the complexes were also calculated and, the highest instability value was found for the complex taken from valley bottom of the canyon.

Keywords: Energy, entropy, phylogenetic tree, site factors, resonator

To cite this article (Atıf): Özkan, K., 2016. Bir meta bitki toplumunun kuantum analizi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 30-45. DOI: 10.17099/jffiu.63195

1.GİRİŞ

Ekoloji biliminde en basit istatistik yöntemlerden karmaşık sınıflandırma ve derecelendirme yöntemlerine; basit ilişkilendirme yöntemlerinden çoklu karmaşık modelleme tekniklerine kadar bir çok farklı araştırma ve değerlendirme yöntemi kullanılmaktadır. Bu anlamda özellikle son çeyrek yüzyılda ardı ardına gelişmeler yaşanmış ve olasılıkçı yaklaşımlara dayanan analitik yöntemler ekoloji bilim dalında önemli uygulama alanı bulmuştur. Diğer yandan modelleme süreçleri genelleştirme ve simülasyon süreçlerini de kapsamış, böylece ekolojik veri yaygın etki sağlayacak şekilde aktive edilmiştir. Ekoloji biliminin hızla gelişmesi haliyle onun olasılıkçı-bütünsel yaklaşımla canlı ve cansızlar arasındaki ilişkileri incelemeye, canlıların ve canlılar adına cansız faktörlerin özelliklerine ait varyasyonları belirlemeye, bu varyasyonları modellemeye, modelleri ise zamansal ve mekânsal boyutta yaygınlaştırmaya odaklı bir bilim dalı şeklinde yeniden tanımlanmasını mecburi kılmıştır.

Ekoloji alanında kullanılan olasılıkçı yaklaşım yöntemlerinden en iyi bilinenleri genetik algoritmalar (GARP) ve maksimum entropi yaklaşımıdır (MAXENT). Bu yöntemler hedef türlerin potansiyel dağılım veya habitat uygunluk modellemesi ve haritalaması için sıklıkla kullanılmaktadır. Olasılıkçı yaklaşımların ekoloji bilim dalı içerisinde yer alması ve gittikçe daha yoğun olarak kullanılmaya başlaması kuantum yaklaşımlarının ekoloji ile sıcak ilişkiler kurabileceğine de işaret etmiştir.

Aslında kuantum hesapları Shannon-Wiener çeşitlilik indisinin ekoloji alanında kullanılmaya başlaması ile bir yer bulmuştur. Ancak kuantum jargonu ekolojinin kendi terminolojisinde asimile edilmiş, o yıllarda henüz gelişmesine ve sindirilmesine devam eden kuantumun temel yaklaşım ve kabulleri ekoloji alanının dışında bırakılmıştır. Günümüzde ise kuantum jargonu ekolojinin terminolojisine girme eğiliminde olup, ekolojiyi yeni kavrayış ve algılarla buluşturma sürecindedir (Orlóci, 2013a; 2013b; 2014). Kuantum dünyasının ekoloji bilimine nüfuzu ile ekoloji biliminde temel kabullerin yeniden sorgulanması ve hatta değişmesi bile söz konusu olabilir. Çünkü kuantum kendi uygulama alanı içinde önemli değişimlere imza atmış, bu alandaki algı ve kavrayışları değiştirmiş, sarsılmaz denilen Newton fiziğinin temel kurallarına dahi önemli darbeler vurmuştur. Bu darbelerin belki de en etkilisi gariptir ki Newton fiziğinin en ateşli savunucusu olan Albert Einstein tarafından gelmiştir. Burada aslında entropinin keşfine teşekkür etmek gerekir. Çünkü gerçekte Albert Einstein aracılığı ile entropi Newton'u yıpratmıştır.

Kuantum dünyasının ekolojiye giriş sürecinde ekoloji alanında çalışan araştırmacılar için iki seçenek doğmaktadır. İlk seçenek kuantum yaklaşımlarının ekolojiye girişine duyarsız kalmak ya da kuantum yaklaşımların saçmalığını gerekçe göstererek muhalefet etmektir. İkinci seçenek ise bu işle ilgilenmeye başlamak, kuantum ile ekoloji arasındaki iletişimi arttırmaya çalışmaktır. Bu konuda kendi fikrimi belirtecek olursam ikinci seçeneğe yönelmenin daha doğru bir karar olacağıdır. Çünkü kuantum bilimi yukarıda farklı bir şekilde ifade edildiği gibi, kendi disiplininde birçok başarıya imza atarak rüştünü ispatlamış ve buradan aldığı güç ve referans ile ekolojinin kapısını zorlamaya başlamıştır. Bu durumda gelecekte kuantum yaklaşımlarının ekolojinin içinde hatırı sayılır bir ağırlığa sahip olabileceğini tahmin etmek bir eşek ile atı yarıştırarak sonucunu tahmin etmekten daha zor değildir.

Bu açıklamaların ışığı altında bu makalede kuantum hesapları çerçevesinde bir örnekle enerji hesaplarına dayanan süreçlerden bahsedilmiştir. Diğer yandan bu hesaplamaların ekoloji alanında pratik anlamda karşılıklarının neler olabileceği hakkında düşünceler aktarılmıştır. Kuantum hesapları ekoloji alanında burada bahsedilenler dışında bir çok alanda da kullanılabilir ki, bu makale ile amaçlananlardan biri de ekoloji alanında yeni bir paradigmaya dikkat çekmek ve kuantumun ekolojideki yeri için bir tartışma ortamı oluşturmaktır. Kuantum hesaplarını kullanarak ekoloji alanında gelecekte yapılacak bir çok çalışma sonucunda kuantum jargonu ekoloji içinde asimile edilebilir, edilmelidir de. Ne var ki henüz bu konuda kuantum jargonunun ağırlıklı olarak kullanıldığı birkaç çalışmanın dışında başka kaynak bulunmamaktadır (Orlóci, 2013a; 2013b; 2014). Bundan dolayı bu makalede kuantumun kendi jargonuna sadık kalınarak ekoloji alanında çalışanlar için alışık olmadık bir dil kullanma mecburiyetinde kalınmıştır.

2. KUANTUM EKOLOJİSİ

Bu makalenin temel kaynağı Orlóci (2013a)'nin kuantum ekolojisi, enerji yapısı ve onun analizi isimli kitabıdır. Orlóci (2013a)' kitabında kuantum ekolojisinin tanımı şöyle yapmaktadır.

Kuantum ekolojisi enerji çalışmaları içinde bütünsel bir yaklaşım oluşturmak için ekolojinin kuantum teorisi ile güçlerini birleştirmesine odaklı bir bilimdir.

Orlóci (2013a)'ye göre kuantum ekolojisi kendisini meta toplumların ve onun çevresel ve filogenetik karar unsurlarının potansiyel enerjilerini hesaplamaya adamıştır. Kuantum ekolojisinin özünde enerji eşitliği yatmakta olup, enerji eşitliği filogeni, çevresel arabulucular ve zuhur eden etkinin toplamına eşittir.

Bu bağlamda meta toplumlarının potansiyel enerjisinin şekillenmesi aşağıda açıklanan 3 temel kabule dayanmaktadır.

a. Filogenetik süreç, meta toplumların enerji yapısı içinde ölçülebilir bir ayak izi bırakır. Ayak izi floristik ve içsel fonksiyonel özellik çeşitliliği ile ilişkili olduğundan, entropi tabanlı kuantum analizi ile analitik olarak ölçülebilmektedir.

b. Çevresel arabulucular (çevresel değişkenler) meta toplumları kompozisyon değişikliğine zorlayarak enerji yapısını değiştirir. Değişim meta toplumların yaşam alanında gerçekleşir. Enerji yapısı zamansal ve yarı zamansal zincir üzerinden kuantum analizi ile analitik olarak ölçülebilir.

c. Doğal süreç ne tam anlamı ile deterministiktir ne de tamamen rastlantısaldır. Filogeni ve çevresel etki dışında zuhur eden etki doğal sürecin deterministik kısmından kalan enerjiyi ifade etmektedir.

Anlaşılacağı üzere işin özü enerji hesabıdır. Peki, enerji nedir?

2.1 Enerji

Orlóci (2013a) enerjinin tanımını Nobel fizik ödülü sahibi Richard Feynman'a atfen;

"**Enerjinin ne olduğu hakkında bir bilgimiz yok…**" şeklinde yapmaktadır.

Orlóci (2013a) Richard Feynman'ın yaptığı bu enerji tanımının ne anlama geldiğini ise;

"**Enerjinin ne olduğunu bilmememiz enerjinin olmadığı anlamına gelmiyor. Richard Feynman'ın tanımı enerjinin var olduğunu ama onun tanımında bir sınır olmadığını ve yapılan hiçbir tanımın da enerjiyi tam olarak açıklamadığını söylüyor…**" şeklinde açıklamaktadır.

İşte bu noktadan hareketle Orlóci (2013a), enerji ünitelerinin seçiminde bütün hal ve durumlardan bağımsız hareket edilebileceğini ve enerji ünitelerinin herhangi bir yolla seçilebileceğini ifade ederek doğal üniteleri (nats) enerji birimi olarak tanımlıyor, kuantum kuramını ekolojinin içine işliyor ve vermiş olduğu bir örnek ile kullanılan kavramları açıklamaya başlıyor.

Şöyle ki,

Orlóci (2013a), İngiltere- Coquihella taşkın arazisinde bir meta bitki toplumundan (orman-meşçere) elde ettiği verileri kullanıyor. Bu meta toplum içinde üç alt örnekleme (örnek alanlar) yapıyor. Bu alt örneklemleri kompleksler olarak ifade ediyor. Her komplekste aynı 6 tür bulunuyor. Bu alt örneklemdeki türleri ise resonatörler olarak ifade ediyor. Her komplekste bu türlerin sayıları farklılık gösteriyor. Örneklem sonucu türler ve onların sayısal değerlerine göre veri matrisini kuruyor. Matrisin ilk hali 6x3=18 hücreden oluşuyor ve her hücre içinde tam sayı değerleri (türlere ait sayısal değerler) bulunuyor. Komplekslerin her biri için sahip oldukları türlerin farklılığını dikkate almadan toplamlar hesaplanıyor. Buna ek olarak, bütün resonatörlerin içerdiği türlerin sayılarının toplamı tespit ediliyor. En son toplam T

olarak ifade ediliyor. Bu toplam enerji ünitesine denk gelen değer oluyor. Burada kompleks sayısını ise n ile ifade ediyor. T ve n değerleri işlevsel sürecin ana girdilerini oluşturuyorlar. İşin diğer boyutu ise her bir kompleksin kendi içindeki hiyerarşisinin belirlenmesi oluyor. Komplekslerdeki türler taban seviyesinden (tür seviyesinden) cins ve familya seviyesine doğru hiyerarşik bir şekilde düzenleniyor. Bu sebepten her bir kompleksin en alt seviyedeki resonatör sayısı 6 iken, bu değer bir üst seviyede değişiyor. Bu durumda T sabit kalıyor fakat n değişiyor. Bu aşamalar neticesinde ekolojik veri kuantum hesaplarına hazır hale gelmiş oluyor. Veri gez-göz-arpacık hizasına getirildikten sonra işlem boyutuna geçiliyor. İşte bu aşamada Orlóci (2013a) enerji tabanlı entropi ile bizi buluşturuyor.

2.2 Enerji Tabanlı Entropi

Orlóci (2013a) kuantum analizinde temel eşitliğin yüksek seviyeli bir enerji fonksiyonu olduğunu ifade ederek açıklamalarına başlamaktadır.

$$H_n = k\,In\,W + sabite \tag{1}$$

Bu eşitlik Max Planck'in enerji tabanlı entropisi olarak bilinmektedir. Eşitlikte iki adet sabite bir de W vardır. Orlóci (2013a) bu formülde W yerine P'yi kullanmış ve eşitliği aşağıdaki gibi yazmıştır.

$$H_n = k\,In\,P + sabite \tag{2}$$

P'nin formülü ise aşağıda verilmiştir.

$$P = \frac{1}{C} \tag{3}$$

C'nin formülü ise aşağıdaki gibidir.

$$C = \frac{(n+T-1)!}{(n-1)!T!} \approx \frac{(n+T)^{n+T}}{n^n T^T} \tag{4}$$

Burada; n, kompleksteki resonatör sayısını ifade etmektedir. T toplam enerji ünitesini ifade etmektedir. P ise bir kompleksteki olasılık durumunu ifade etmekte olup ilgili kompleksin diğerlerinden farkının önemini tespit etmek için hesaplanmaktadır.

Eğer orantılılık bizim amacımız için yeterli ise, bu durumda sabite hariç tutulabilir veya ihmal edebilir. Bu aşamada aşağıdaki eşitlik kullanılabilmektedir.

$$H_n = nH = (T+n)\,In\,(T+n) - T\ln T - n\ln n \tag{5}$$

Hn'in bir rezonatör payı H olup formülü aşağıda verilmiştir.

$$H = \frac{H_n}{n} \tag{6}$$

Hn'deki enerji bağlantısının nerede olduğu sorusuna gelince; Orlóci (2013a) Planck'ın 1901 yılındaki makalesinde bu durumu açıkça ortaya koyduğunu belirtmiş olup bu soruya orijinal makaleden özetleme yaparak aşağıdaki şekilde cevap vermiştir.

1. Un=nU olup kompleksin toplam enerjisini ifade etmektedir. O zaman bir rezonatörün enerjisi U=Un/n olmaktadır. T enerji ünitelerinin toplam sayısını ifade ettiğine göre ve $\mathcal{E}$ bir enerji elementi

(1 kuantum) olduğuna göre; bu durumda nU=TƐ olmaktadır.

2. $T = \frac{nU}{\varepsilon}$ yani T'yi nU/ $\mathcal{E}$ temsil etmekte olup, nH'ın eşitliğinde yerine konulduğunda durum aşağıdaki gibidir.

$$nH = \ln C = (n+T)\ln(n+T) - n\ln n - T\ln T = n\left[\left(1+\frac{U}{\varepsilon}\right)\ln\left(1+\frac{U}{\varepsilon}\right) - \frac{U}{\varepsilon}\ln\frac{U}{\varepsilon}\right] \quad (7)$$

Bu durumda H'nin formülü n'nin devre dışı bırakılması ile veya n'ye bölme işlemi ile aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$H = \left(1+\frac{U}{\varepsilon}\right)\ln\left(1+\frac{U}{\varepsilon}\right) - \frac{U}{\varepsilon}\ln\frac{U}{\varepsilon} \quad (8)$$

Entropiyi kullandığımız zaman n resonatör kompleksinde bulunan T'nin potansiyel enerji durumunun onun benzersizliğinin bir fonksiyonu olduğunu görüyoruz. Ayrıca hatırlanacağı üzere $P = \frac{1}{C}$ idi ve bir H değeri elde edildikten sonra olasılığın (P) aşağıdaki eşitliği kullanarak hesaplanması da mümkün olabilmektedir.

$$P = e^{-H} \quad (9)$$

2.3 Enerji Yapısı

Orlóci (2013a) enerji yapısını, enerji eşitliği ve taban hattının yükseltilmesi şeklinde iki ayrı başlık altında açıklamaktadır.

2.3.1 Enerji eşitliği

Enerji yapısının eşitliği aşağıda verilmiştir.

$$n_{cx,res}H(cx,res) = n_{cx}H(cx\,|\,res) + n_{res}H(res\,|\,cx) + n_{cx;res}H(cx;res) \quad (10)$$

Eşitlikteki terimler özel süreçlerin **potansiyel enerji ayak izini** temsil etmektedir. Burada;

$n_{cx,res}H(cx,res)$; birleşik etki veya toplam etki olmaktadır.

$n_{cx}H(cx\,|\,res)$; Zincirdeki (catena) harici zorlayıcı sürecin özel enerji ayak izi veya geçici çevresel etki ayak izi olarak ifade edilebilir.

$n_{res}H(res\,|\,cx)$; Filogeni için özel etkidir. Bu uzun dönemli filogeni sürecine özel enerji ayak izi veya düzensizlikten geri kazanımın zamansal sürecine özel ayak izidir.

$n_{cx;res}H(cx;res)$; determinizm haricinde zuhur eden etkilere özel enerji ayak izidir.

Formüldeki birleşik terimlerin parçalanmış açıklamaları aşağıda verilmiştir.

n_{cx} ; komplekslerin sayısı,

n_{res} ; resonatör sayısı,

$n_{cx}H(cx)$; belli bir kompleksin enerji ayak izi,

$n_{cx,res}$; T ve $n_{cx,res}H(cx,res)$'e dayanarak enterpolasyon ile belirlenebilmektedir. Eğer veri giriş tablosunun herhangi bir hücresi sıfır içermiyor ise o zaman $n_{cx,res} = n_{cx}n_{res}$ olur.

H ve nH sırası ile bir resonatör ve bir kompleksin enerji ayak izini ifade etmektedir. P ise H ve nH çıktılarının olasılığıdır.

Kuantum analizinin anlaşılması için bireysel terimlerin tanımına ihtiyaç vardır. Bu bağlamda ilgili formüller ve açıklamalar maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

$$1.\ H(cx,res) = \frac{1}{n_{cx,res}} \ln C_{cx,res};\ n_{cx,res} = n_{cx}n_{res};\ T = \sum_{i=1}^{n_{cx}} T_i = \sum_{i=1}^{n_{cx}} \sum_{j=1}^{n_{res}} X_{ij} \qquad (11)$$

T; enerji ünite sayısı X'in genel toplamıdır. $C_{cx,res}$; $n_{cx,res}$ ve T'ye dayanmaktadır. Sıfır hücrelerinin veya unsurlarının varlığında, $n_{cx,res}$ tabloda sıfır içermeyen hücrelerin sayısına göre ayarlanabilir.

$$2.\ H(cx \mid res) = \frac{1}{n_{cx}} \ln C_{cx \mid res} = \frac{1}{n_{cx}} \ln \frac{C_{cx,res}}{C_{res}C_{cx;res}} \qquad (12)$$

Örtülü T değeri genel toplama denk gelmektedir. $n_{cx,res}$'e dayanarak $C_{cx,res}$ belirlenmektedir. $n_{cx,res}$ daha önceden bahsi geçtiği üzere - T ve $n_{cx,res}H(cx,res)$'e dayanarak enterpolasyon yapılarak hesaplanmaktadır.

$H(cx \mid res)$ meta toplumlar enerji yapısına enerji ünite sayılarının n_{cx} taban vektörlerinin özel katkısı olarak düşünülebilir.

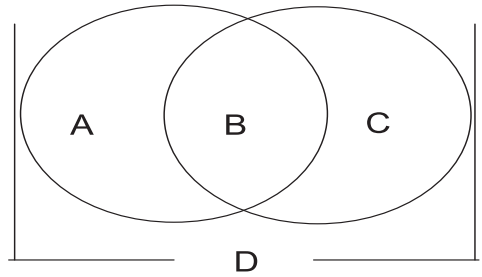
$$3.\ H(res \mid cx) = \frac{1}{n_{res}} \ln C_{res \mid cx} = \frac{1}{n_{res}} \ln \frac{C_{cx,res}}{C_{res}C_{cx;res}} \qquad (13)$$

Burada da örtülü T değeri genel toplama eşittir.

$$4.\ H(cx\,;res) = \frac{1}{n_{cx;res}} \ln C_{cx\,;res} = \frac{1}{n_{cx;res}} \ln \frac{C_{cx,res}}{C_{cx}C_{res}} \qquad (14)$$

Örtülü T genel toplamdır ve $n_{cx,res}$ enterpolasyon ile belirlenmektedir.

Yukarıdaki hesaplar bir Venn diyagramı ile temsil edilebilir (Şekil / Figure 1). $H(cx) = A + B$ ve $H(res) = B + C$'dir.



Şekil 1. Enerji yapısının bileşenleri
Figure 1. Components of energy structure

2.3.2 Taban hattını yukarı taşıma

Hiyerarşi içindeki her bir seviye için iki tip enerji ayak izi belirleyebiliriz. Birinci ayak izi aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$n_{res,i}H(cx)_i = \ln C_{cx,i} \text{ veya } H(cx)_i = \frac{1}{n_{res,i}} \ln C_{cx,i} \quad (15)$$

Burada $n_{cx,i}$ hiyerarşik seviye i'de düğümlerin sayısıdır. Örtülü T kompleksin enerji ünitelerinin toplam sayısını ifade etmektedir. $C_{cx,i}$'nin formülde ise aşağıdaki gibidir.

$$C_{cx,i} = \frac{(n_{res,i} + T)^{n_{res,i}+T}}{n_{res,i}^{n_{res,i}} T^T} \quad (16)$$

İkincisi bir fark olup formülü aşağıdaki şekildedir.

$$d_{nres,i}H(cx)_i = n_{res,0}H(cx)_0 - n_{res,i}H(cx)_i = \ln \frac{C_{cx,0}}{C_{cx,i}} \quad (17)$$

$$dh(cx)_i = \frac{dn_{res,i}H(cx)_i}{n_{res,0} - n_{res,i}} \quad (18)$$

Bu formüller seviye sıfırdan seviye i'ye çıktıkça her bir resonatör ayak izinin ne kadar azaldığını tespit etmeyi sağlamaktadır.

2.4 P İle İlgili Daha Fazlası

Daha önceden bahsedildiği gibi $P = \frac{1}{C} = e^{-H}$ şeklindeydi. Bir kompleks için P hesaplanırken aşağıdaki formülde kullanılabilmektedir.

$$P = \frac{1}{dn_{res,1}\sqrt{dC_{cx,1}}} \quad (19)$$

Burada örneğin seviye 2, seviye 1 ve seviye 0 olsun. Bu durumda $dn_{res,1}$ seviye 2 ile seviye 1 arasındaki düğüm sayısı farkıyla ve $dC_{cx,1}$ seviye 1'in C değerinin seviye 2'nin C değerine bölünmesiyle elde edilmektedir. Aynı hesaplar seviye 0 için seviye 0 ve seviye 1 dikkate alınarak yapılmaktadır. En son seviye olan seviye 2'de ise düğüm sayısı seviye 2'deki düğüm sayısına eşit olmaktadır. Yine $dC_{cx,2}$ aynı şekilde bu seviye için elde edilen C değerine eşittir.

2.5. Komplekslerin Değişkenlik Durumunun Tespiti (Yapısal Değişkenlik)

Orlóci (2014) yapısal değişiklik ile ilgili açıklamalarını Vejetasyon Süreçleri isimli kitabının yapısal değişkenlik ve süper pozisyon başlıkları altında yapmaktadır. Şöyle ki, komplekslerin yapısal değişkenliği P değerine dayanmaktadır. P değeri "0" ve "1" olmama şartı ile bu iki değer arasında yer almaktadır. Çünkü P değerinin "0" olması bir kompleksin var olmaması anlamına gelmektedir. P değerinin "1" olması ise kompleksin sonsuza kadar sadece bir durum içinde var olması anlamına gelmektedir (Orlóci, 2014).

Bir kompleks için yapısal değişkenliğin belirlenmesindeki süreçler H(cx) den itibaren şu şekilde gerçekleşmektedir. P=exp(-H(cx)) olup, H(cx) üzerinde P değeri elde edilmektedir. 1-P değeri bulunup kaydedilmektedir. İkinci H terimi bu değer üzerinden tespit edilmektedir. Burada formül H=exp(-1+P) şeklindedir. Daha sonra potansiyel enerji tabanlı değişkenlik skalası (Wab) aşağıdaki formülle tespit edilmektedir.

$$Wab=1-P^2-(1-P)^2 \quad (20)$$

Değişmezliğin değeri ise aşağıdaki formül kullanılarak belirlenmektedir.

$$Değişmezlik=0,5-Wab \quad (21)$$

Sonuç olarak, değişkenliğin % olarak ifadesine (Wab*2)*100 formülü ile ulaşılırken, değişmezliğin % olarak ifadesine (değişmezlik*2)*100 formülü ile ulaşılmaktadır.

3. BULGULAR VE ÖRNEK ÇALIŞMA

Çalışmaya konu olan veri Yazılı Kanyon Tabiat Parkı'nda daha önceden yapılmış bir çalışmadan (Özkan, 2007) temin edilmiştir. Çalışmada kanyonun alt kaide seviyesinden (Yazılı dere), orta bölümünden ve üst kaide seviyesinden 3 örnek alan (3 kompleks) ile bir meta toplum seviyesinde değerlendirmeler yapılmıştır. Diğer bir değişle burada değerlendirme materyali üç kompleksten oluşan bir meta toplumdur. Ancak burada ifade edilen meta toplum Orlóci (2013a)'un İngiltere- Coquihella meta toplum örneğinden birkaç farklılık göstermektedir. Bu farklılıklardan biri Yazılı Kanyon meta toplumuna ait veri matrisinin sıfır hücreleri içermesidir. Buna karşılık Orlóci (2013a)'un İngiltere- Coquihella meta toplumuna ait veri matrisinde hiç sıfır değeri içeren hücre bulunmamaktadır.

Diğer farklılık çevresel arabulucunun tanımlanması ile ilgilidir. Şöyle ki, Orlóci (2013a) İngiltere-Coquihella bölgesinde aldığı meta toplum örneğinde çevresel faktör olarak taşkın seviyesini dikkate almıştır. Orlóci (2013a) farklı taşkın seviyelerini dikkate alarak üç kompleksten oluşan bir meta toplumda çalışmıştır. Hal böyle olduğundan Orlóci (2013a)'un örneğinde çevresel etki için "geçici" ifadesi yerini bulmaktadır. Diğer bir değişle su seviyesi için uzun dönemde stabil bir durumun olmaması araştırmacının çevresel arabulucu için geçici ifadesini kullanmasını kolaylaştırmaktadır. Böylece "uzun dönem" ifadesi filogeni'ye kalmaktadır. Ne var ki, Yazılı Kanyon örneğinde sonuçlar ne şekilde çıkarsa çıksın, çevresel arabulucu için geçici ifadesinin kullanması pek mümkün değildir. Çünkü Yazılı Kanyon örneğindeki çevresel arabulucu Orlóci (2013a)'un çevresel arabulucu kadar kısa sürede değişmez veya zaman içinde dalgalanan bir varyasyon göstermez.

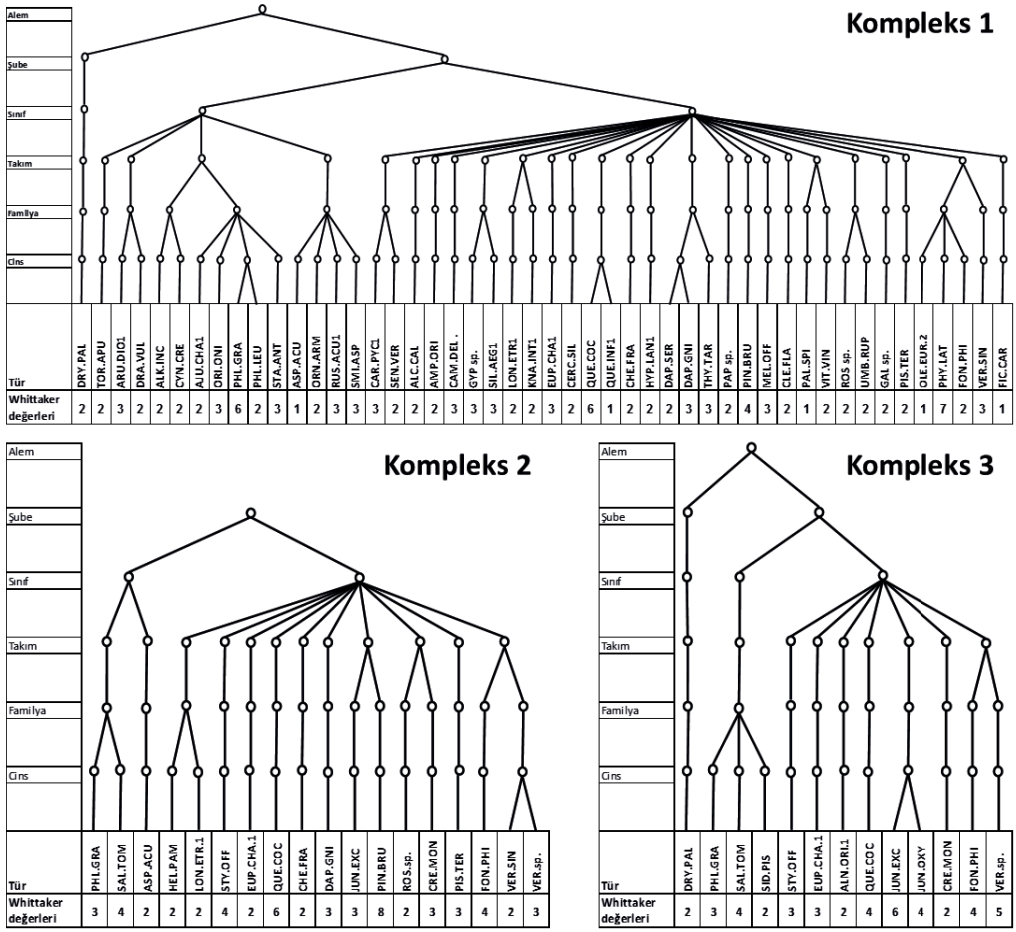
Diğer yandan ekosistem sınıflanması, biyoçeşitlilik, tür dağılımı veya tür verimlilik haritalaması gibi çalışma alanlarında çevresel arabulucular için "geçici" ifadesi değil "uzun dönemli etkili" ifadesi önem arz etmektedir. Çünkü kuantum hesapları bizi potansiyel enerjiyi çevresel arabulucularla bir şekilde ilişkilendirmeye itmelidir. Aksi takdirde bir bütünün parçalarından elde edilen veri ile modelleme yapılamaz. Modelleme yapılamaz ise yaygınlaştırma ve simülasyon süreçlerine girilemez. Daha açık bir ifade ile herhangi bir coğrafi bölge için potansiyel enerji dağılım haritası üretilemez ve bunun farklı etkiler altındaki değişimine yönelik simülasyonlar gerçekleştirilemez.

Bu makalede kompleksler Yazılı Kanyon'dan elde edilen verilerden seçilmiş, komplekslerin seçiminde de her açıdan özellikle vejetasyon açısından bariz farklılıkların olmasına dikkat edilmiştir. Komplekslerin bu şekilde seçilmesindeki sebep bu makaleyi okuyanların kuantum hesaplarının bitki toplumlarının farklılaşması ile ilgilenmediğini daha iyi anlamasına yardımcı olmak içindir. Zira bu makaledeki temel amaç yukarıda da kısmen bahsedildiği gibi kuantum yaklaşımını tanımak ve ilgili çıktıları ekolojik ilişkiler (özellikle çevresel faktörler ve enerji) açısından yorumlayabilmektir. Diğer bir değişle burada dikkat edilmesi gerek nokta kanyonun farklı kesimleri (vadi tabanı, orta yamaç ve sırt bölümü) itibariyle bitki örtüsündeki farklılaşmalar değildir. Bu farklılıklar kuantum hesaplarında dolaylı olsa da, doğrudan bir anlam ifade etmez ki, bize de kuantum hesabı bu noktada gerekmektedir. Eğer kuantum hesabı doğrudan tür farklılaşmasına bağlı olsa idi her ne kadar kavramsal açıdan ilgi çekisi olsa da ekoloji de kullanılan diğer yöntemlerden bir farklılık ortaya koyamazdı ve bu durumda kuantum analizleri ekolojik değerlendirme yöntemlerine renk katmaktan başka bir işe yaramazdı. Konuyu biraz daha farklı şekilde açıklamak gerekirse, bitki toplumları arasındaki farklar onların filogeni, çevresel etki ve ortaya çıkan etkinin potansiyel enerji ayak izi bakımından değişiklik göstereceği anlamına gelmemektedir. Yazılı Kanyon örneği ile dert edinilen ve çözülmek istenilen sorunlar sırası ile toplam potansiyel enerji, çevresel arabulucu payı ve bu enerjinin çevresel (burada yamaç konumu) değişim itibariyle ilişkisinin olup olmadığı şeklindedir. Toplamdaki değerlendirmelerde filogeni daha yüksek paya sahip olabilir. Filogeninin daha yüksek paya sahip olması, çevresel etkinin kompleks, meta toplum ve daha yüksek seviyelerde -potansiyel enerji anlamında- karşılığını aramaktan bizi alıkoyamaz. Ama eğer bu karışıklığı ararken beklenen ilişkiler bulunamaz ise ve bu durum kuantumun aldırmazlığından kaynaklanıyorsa o zaman onunla yolumuzu ayırırız olur biter.

Şekil / Figure 2 çalışma materyali olup 3 kompleksle (3 örnek alanla) ifade edilen bir meta topluma karşılık gelmektedir. Her bir kompleksin kendi içindeki resonatörleri (türleri) onların taksonomik sınıflandırmadaki yerleri dikkate alınarak dendrogramlar şeklinde düzenlenmiştir. Kodlara karşılık gelen türler ve onların taksonomik sınıfladırmadaki yerleri Ek Tablo1'de verilmiştir.

Komplekslerin en alt seviyesi (seviye 0) tür seviyesi olup, burada türlerin rakamsal değerleri görülmektedir. Bu değerler türlerin kaplama değerlerinden Whittaker (1973)'a göre 0-9 aralığında sayısallaştırılarak elde edilmiştir. Şekil / Figure 3 incelenecek olur ise her bir kompleksin (örnek alan) içerdiği bitki türleri (resonatörler) itibariyle hiyerarşik seviyelerde konumlanması görülebilir. Buradaki dendrogramlar türleri, T değerlerini ve her seviyesi için n değerlerini göstermektedir. Örneğin seviye 0'da kompleks 1 den kompleks 3'e doğru n değerleri sırası ile 31, 15 ve 10 olup, T değerleri ise sırası ile 120, 58 ve 44 olarak değişmektedir.

Komplekslerin kuantum analizi sonuçları Tablo / Table 1 ve 2'de verilmiştir. Zincir ağı seviyesindeki kuantum analizi sonuçları ise Tablo / Table 3'de verilmiştir. Komplekslerin dH(cx) terimi altında potansiyel enerji ayak izleri tür seviyesinden (seviye 0) sınıf seviyesine doğru bir artış göstermektedir (Tablo / Table 1). Şekil / Figure 3 bu durumun daha iyi anlaşılması için verilmiştir. Komplekslerde tür seviyesinden sınıf seviyesine artış görülmektedir ancak bu artışlar bütün komplekslerde tür seviyesinden cins seviyesine, cins seviyesinden familya, seviyesine, familya seviyesinden takım seviyesine kadar çok belirgin olmayıp istatistiksel bakımdan % 5 seviyesinde öneme sahip değildir. Burada asıl zıplamalar takım seviyesinden sınıf seviyesine geçişte olmaktadır. Çünkü bu seviyede bütün komplekslerde n değerinde ani düşüşler söz konusu olmaktadır. Bu bağlamda filogeninin asıl rolünü sınıf seviyesinde gerçekleştirdiği söylenebilir. Genel anlamda tür seviyesinden sınıf seviyesine doğru artış zaten beklenmekteydi. Ancak bu artışın seviyeler itibariyle açısı veya hiyerarşik sıralamadaki artış oranı ancak analiz edilerek tespit edilebilirdi. Bu bağlamda özet olarak potansiyel enerji ayak izinin tür seviyesinden takım seviyesine kadar olan durumu için filogeninin dominant rol üstlenmediği, fakat sınıf seviyesinde bunu yakalayabildiğini söyleyebiliriz. Filogeninin sınıf seviyesine gelene kadar kontrolü belirgin bir şekilde eline geçirememe sebepleri sınıf seviyesinde alternatif grup sayısının artık iyice azalmış olmasına ve muhtemelen de çevresel etkinin tür seviyesinden sınıf seviyesine kadar filogeniye sunduğu alternatif aralığın genişliğine bağlıdır. Benzer durum Orlóci (2013a)'un kitabındaki ikinci örneği olan İngiltere-Coquihella taşkın arazisinden 17 bitki örneğinden oluşan veri matrisine uygulanan kuantum analizleri sonuçları ile de desteklenmektedir. Bu çalışmada da komplekslerde dh(cx) ifadesi ile sınıf seviyesinde belirgin bir zıplama söz konusu olmaktadır.

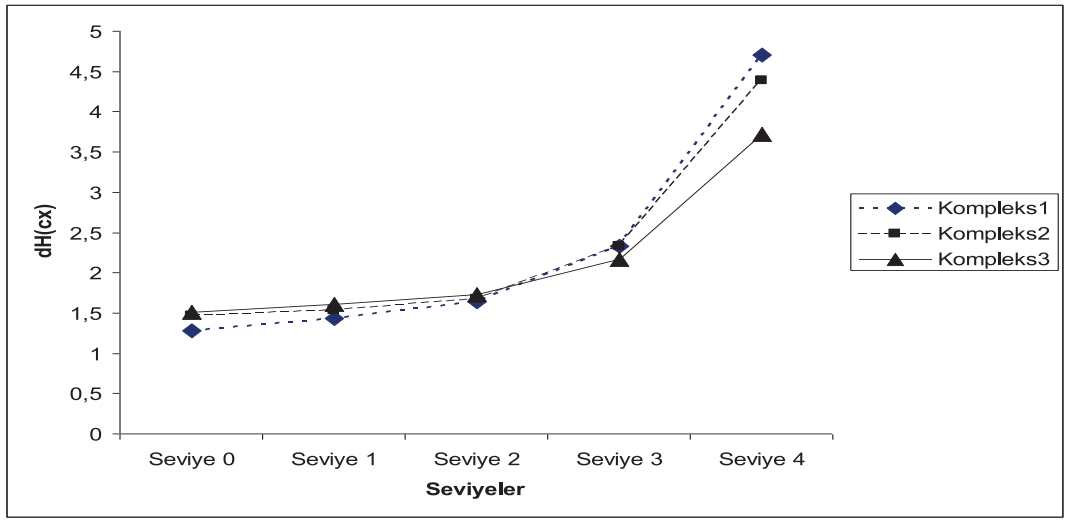


Şekil 2. Yazılı Kanyon'dan bir meta toplum örneği, resonatörler (türler), kompleksler (örnek alanlar) ve her bir komplekste türlerin taksonomik seviyedeki yerleri)

Figure 2. A meta plant community from the Yazili canyon, resonators (species), complexes (sample plots) and the locations of the species at the various taxonomic levels of each complex

Zincir ağı ölçeğinde kuantum analizi sonuçlarına gelindiğinde, bunlar Tablo / Table 2'de verilmiştir. Tablo / Table 2 incelenecek olursa nH terimi için zuhur eden etkiye ait potansiyel ayak izi 16,067 ve % 9,27 dikkate değer bir değere sahip olmuştur. Zuhur eden etki H terimi ile istatistiksel bakımdan da önemli olup, bu sonuç meta bitki toplumumun bütünü itibariyle parçalarından önemli düzeyde daha fazla bir şey ifade etmektedir. Filogeni ve çevresel arabulucu ile ilgili açıklamalara gelindiğinde, Tablo /Table 2'ye bakılacak olursa nH ifadesine göre filogeninin enerji ayak izinin yamaç pozisyonu etkisinden yaklaşık 9 kat kadar daha fazla olduğu görülebilir. nH teriminde filogenetiğin etkisinin çevresel arabulucudan daha yüksek çıkması zaten beklenen bir durumdu. Ancak bu etkinin yaklaşık 9 kat gibi fazla bir değere sahip olabildiğinin hesabı ancak zincir ağı ölçeğinde kuantum hesapları ile mümkün olmuştur ve bu sonuç biraz şaşırtıcıdır. Orlóci (2013a) 'ın zincir ağı sonuçlarında da filogeni baskındır ama bu baskınlık filogeninin lehine yaklaşık 4 kat kadardır. Bu durumun Orlóci (2013a)'ın örneğinde sadece 17 türün bulunması, bütün türlerin her komplekslerde değer içermesi yani sıfır içeren hiçbir hücresinin bulunmaması ve komplekslerin ve meta toplumun T değerlerinin Yazılı Kanyon örneğinden daha yüksek değerler içermesi ile alakalı olabileceğini düşündürebilir. Ancak belki de asıl belirleyici unsur çevresel arabulucu etkilerinin her iki meta toplumda farklı rol oynamasıdır. Bu düşünce oldukça makul ve muhtemel görünmektedir. Şöyle ki, Orlóci (2013a)'ın örneğinde nH terimine göre filogeni Yazılı Kanyon örneğinden daha az etkili görünmektedir. Çünkü Orlóci (2013a)'un değişkeni taşkın seviyesi olup, bu değişkenin üç komplekste sunduğu filogenetik kapasite çeşitliliği Yazılı Kanyon'da yamaç pozisyonu farklılığın sunduğu filogenetik kapasite çeşitliliğinden daha düşüktür. Yani komplekslerde tür farklılığından orta çıkan gizli bir beta çeşitliliği devreye girerek nH teriminde filogeni ile çevresel arabulucu etkilerinin birbirlerine oranına

müdahale etmektedir. Elbette ki bu sadece bir yorumdur. Bu yorumun doğrulanması için meta toplum ölçeğinde farklı alanlarda yapılacak birçok çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır ki buradan gelen sonuçlar istatistikî açıdan ilişkilendirilip doğrulanabilsin ya da reddedilebilsin.



Şekil 3. Komplekslerde taksonomik seviyelere göre dH(cx) değerlerinin değişimi
Figure 3. Variations of dH (cx) values in the complexes according to taxonomic levels

Tablo 1. Komplekslerin enerji yapısı parametrelerine ait sonuçlar
Table 1. The results of energy structure parameters of the complexes

Kompleksler	Seviyeler	C	n_{res}H (cx)	dC	dn_{res} H(cx)	dn_{res}	dH(cx)	P
	4	1334183	14,1038	1334183	14,1038	3	4,70128	0,00908
	3	2,80E+30	70,107	2,10E+24	56,0032	24	2,33347	0,09696
1	2	1,96E+33	76,6566	699,004	6,54966	4	1,63741	0,19448
	1	9,74E+41	96,6822	5,00E+08	20,0255	14	1,4304	0,23921
	0	4,47E+43	100,509	45,9296	3,82711	3	1,2757	0,27923
	4	6429,71	8,76869	6429,71	8,76868	2	4,38434	0,01247
	3	8,47E+13	32,0701	1,30E+10	23,3014	10	2,33014	0,09728
2	2	1,27E+16	37,0771	149,456	5,007	3	1,669	0,18844
	1	2,71E+17	40,1413	21,4172	3,0642	2	1,5321	0,21608
	0	1,17E+18	41,6034	4,31484	1,46206	1	1,46206	0,23176
	4	70035,43	11,1568	70035,4	11,1568	3	3,71892	0,02426
	3	3,07E+10	24,1461	437727	12,9893	6	2,16489	0,11476
3	2	1,73E+11	25,8749	5,6341	1,72884	1	1,72884	0,17749
	1	4,33E+12	29,0965	25,0664	3,22153	2	1,61076	0,19974
	0	1,96E+13	30,6052	4,52115	1,50877	1	1,50877	0,22118

Kompleksler	Seviyeler	C	n_{res}H (cx)	n_{res}	H(cx)	P
1	0	4,47E+43	100,509	48	2,09394	0,1232
2	0	1,17E+18	41,6034	18	2,3113	0,09913
3	0	1,96E+13	30,6052	13	2,35425	0,09496

Diğer yandan Tablo / Table 2'de H terimi çıktıları incelecek olur ise durumun değiştiği görülebilir. Yani yamaç pozisyonu H ifadesinde dominant faktör olarak kendini göstermiştir. H terimde filogeninin değeri 2,48 iken yamaç pozisyonu değeri 5,31 olmaktadır. Orlóci (2013a)'ın örneğinde ise bu değerler filogeni ve taşkın seviye yükseltisi için sırası ile 3,88 ve 4,56 şeklindedir. Orlóci (2013a)'ın örneğinde de durum tersine dönmüştür fakat farklılık Yazılı Kanyon'un meta toplum örneğinden daha düşüktür. Yazılı Kanyon örneğinde yamaç pozisyonu etkisi geniş ölçekte filogeniye tolerans alanı sağlarken içsel ölçekte H ifadesi ile potansiyel enerji ayak izine filogenetikten daha fazla katkı yapmaktadır ve bu katkı oranı Orlóci (2013a)'ın örneğinkinden daha fazladır. Bu durum yamaç konumu değişkeninin yarı kararlı bir değişken olması sebebiyle, uzun dönemde taşkın seviyesi yükseltisine göre çok daha değişmez özelliğe sahip olması ve komplekslerin potansiyel enerji ayak izinin belirlenmesinde onun kendi içsel varyasyonunun yönlendirme kabiliyetine sahip olmasından kaynaklanmış olabilir. Her iki meta toplum örneğinin zincir ağı kuantum analizi çıktılarında nH ile H ifadelerinin ters sonuçlar verdiği görülmektedir. Ancak nH ve H arasındaki bu ikilem bilindiktir (Orlóci, 2014). Diğer bir değişle potansiyel enerji ayak izi değerlerine nH ile genel seviyede H ile bireysel ölçekte ulaşılmaktadır. Buraya kadar elde edilen sonuçlara göre H teriminin çevresel değişkenlerin potansiyel enerji ayak izine etkilerinin değerlendirilmesine diğer terimlerden daha yakın olduğu ve bu yüzden ekolojik araştırmalarda açıklayıcı bir değişken olarak ümit vaat ettiği söylenebilir.

Tablo 2. Zincir ağı sonuçları (ana süreçlerin potansiyel ayak izleri)
Table 2. The results of catena (potantial energy footprints of the basic processes)

Yapılar	$n_{res}H$ (res|cx)	n_{res}	%	H(res|cx)	P
Resonatörler*	141,26	57	81,531	2,48	0,084
Kompleksler*	15,93	3	9,196	5,31	0,005
Birleşik etki	173,26	79	100	2,19	0,111
Zuhur eden etki	16,07	**3	9,273	5,30	0,005

* Resonatörler filogeniyi, komplexler ise yamaç pozisyonunu ifade etmektedir.
** Metinde daha önceden ifade edildiği gibi ortaya çıkan etkide n sayısı enterpolasyon yolu ile belirlenmektedir. Tablo / Table 2'de ortaya çıkan etki için $n_{res}H$ (res|cx) değeri 16,07 olup bu değer n için tam sayı olarak en yakın 3 değerine karşılık gelmektedir.

Bu çalışma kapsamında ayrıca komplekslerin değişkenliği-değişmezliği de değerlendirilmiştir. Komplekslere yönelik stabilite değerlendirme yöntem ve açıklamalarını Orlóci'in kuantum ekoloji kitabından sonra yazdığı "The vegetation process. A holistic study of long-term community energetics in East Beringia." isimli kitabında yapısal değişkenlik ve süperpozisyon başlıkları altında bulmak mümkündür (Orlóci, 2014). Komplekslerin tür seviyesinde (seviye 0) değişkenlik durumları ile ilgili analiz sonuçları Tablo / Table 3'de verilmiştir. Tablo / Table 3 incelenecek olursa komplekslerin oldukça kararsız olduğu söylenebilir. Bu bağlamda en belirgin derecede fark atanı kompleks 1 olmuştur. Bu durum anlaşılabilir. Çünkü tür zenginliği açısından kompleks 1 diğer komplekslerden daha yüksek değere sahiptir. Komplekslerin kararsızlık % değerlerinde yükseklik gelecekte onların şu anki durumlarını muhafaza etme olasılığını düşük kılmaktadır. Ancak bu kararsızlık ekosistem değerlendirmelerinde genelde olumsuz bir ifadeye denk gelmemektedir. Zira ekosistemlerin dinamik yapısının asıl göstergesi onların değişim kapasitelerinin yüksekliğidir ve bu özellik onlara dışardan gelen her tür müdahaleye karşı esneklik kazandıran bir strateji çeşitliliği sunmaktadır. Diğer yandan bu özelliğin çıktıları birey bazında kaynak çeşitliliği sunarken onların başka bir alıcıya kaynak olma ihtimali de arttırmaktadır. Elbette bu olguda sağlıklı bir ekosistemin sahip olması gereken özelliktir. Tablo / Table 3 kompleks bazında yapılan değerlendirme sonuçlarını göstermektedir. Bu değerlendirmeler meta toplum bazına da çekilebilir.

Tablo 3. Komplekslerin tür seviyesinde (seviye 0) değişkenlik durum analizi
Table 3. Instability condition analysis of the level of species (level 0)

Kompleksler	H(cx)	P	P=exp(-H)	1-P	H=exp(-1+P)	Wab	Değişmezlik	% Değişmezlik	% Kararsızlık
1	2,09394	0,1232	0,1232	0,8768	0,41611	0,21604	0,28396	56,7912	43,2088
2	2,3113	0,09913	0,09913	0,90087	0,40622	0,17861	0,32139	64,2779	35,7221
3	2,35425	0,09496	0,09496	0,90504	0,40453	0,17189	0,32811	65,6214	34,3786

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu makale meta bitki toplumlarında enerji ayak izinin hesaplanmasındaki yol ve yöntemleri kavram ve kabulleri ile birlikte sunmak ve tartışmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kuantum analizlerine başvurulmuş olup bunun en önemli nedeni vejetasyon toplumlarının enerji yapıları üzerine kuantum analizlerinin dışında henüz uygulanabilecek bütünleyici başka bir yaklaşımın bulunmamasıdır. Bütünleyici yaklaşım indirgemeci yaklaşımın aksine bir bütünün parçalarında daha fazla bir şey olduğunu savunmaktadır (Taslaman, 2008). Bu yaklaşım bizi potansiyel enerji ayak izini hesaplamaya zorlamakta ve Max Planck'ın entropi tabanlı enerji fonksiyonu bu hesaplamalara temel olmaktadır. Diğer yandan -bu makalede örnek çözümü yapılmaması ile birlikte- kuantum analizleri bir yetişme ortamındaki bitki toplumlarının süksesyon basamaklarından olgunlaşma safhasına kadar kaydı yapılan verilere işlerlik kazandırmakta, vejetasyonun enerji yapısındaki tarihsel süreçler tarafından ayrılan ayak izlerini izole edebilmektedir. Ayrıca kuantum analizleri süperpozisyon kavramı içinde bitki toplumlarında enerji yapısının homojenliğini, değişmezlik veya değişkenlik kapasitesini belirlenmeye de olanak sağlamaktadır (Orlóci, 2014).

Max Planck'in enerji tabanlı entropi fonksiyonun iki temel kuramı vardır. Bunlardan ilki ve en önemlisi enerjinin kesikli ünitelerde iletildiği şeklidendir. Daha somut bir ifade ile, klasik paradigmanın tersine madde çeşitli frekanslarda enerjiyi paketler halinde taşımaktadır (Bozdemir ve Eker, 2005). Potansiyel enerji ayak izinin hesaplanabilmesi de bu temel kurama dayanmaktadır. İkincisi ise nH ve H'ın resonatör komplekslerinin alternatif parametreleri olmasıdır ki bu durum bir meta bitki toplumunun mekansal ve zamansal boyutta kuantum analizleri ile elde edilen çıktılardan en fazla odaklanacağımız terimlerinde nH ve H olması anlamına gelmektedir (Orlóci 2014).

Kuantum analizlerinin zamansal ve mekansal boyutta enerji yapılarını özel süreçlere göre hesaplayabilme özelliği, ona ekoloji alanında önemli bir yere sahip olma potansiyeli sağlamaktadır. Zira ekolojik araştırmalarda canlılar için bağımlı değişkenler temelde ya çevre ya zaman yada her ikisinin birlikteliği olmaktadır. Ekolojik araştırmaların büyük kısmını ise zamansal verinin uzun dönemde elde edilmesi sebebiyle canlı-çevre ilişkileri oluşturmaktadır. Bu bağlamda özellikle orman ekolojisi alanında en dikkat çeken ve değer arz eden çalışmalar ekosistem sınıflandırması, hedef türlerin, canlı toplumlarının veya biyoçeşitliliğin modellenmesi ve haritalamasına yönelik araştırmalardan çıkmaktadır. Bu kapsamda elde edilen haritalar ekosistem tabanlı yönetim planların gerçekleştirilmesi ve başarı ile uygulanması için en temel altıkları oluşturmaktadır. Burada ki tek eksik ekosistem ölçeğinde potansiyel verimlilik veya diğer adıyla potansiyel enerji dağılım haritalarıdır ve eğer kuantum analizleri bize coğrafi boyutta potansiyel enerji ayak izinin potansiyel veya aktüel dağılımına imkân verecek bağımlı değişkenleri sunabiliyorsa bahsi geçen bu önemli eksikliğinin tamamlamasına da kapı aralanmış olacaktır.

Bu makalede yapılan örnek çözüm ile yetişme ortamı faktörü olarak alınan yamaç konumunun H terimine göre elde edilen potansiyel enerji ayak izinin değişimine önemli katkı sağladığı belirlenmiştir. Bu sonuç çevresel faktörler ile enerji yapıları arasında ilişki olabileceğini ve bu ilişkileri kullanarak modelleme ve

haritalama süreçlerine girişilebileceğini göstermektedir. Bu girdi yukarda da bahsedildiği gibi ekosistem tabanlı yönetim planlamasında ihtiyaç duyulan önemli bir eksikliğin giderilmesi anlamına gelmektedir.

Bu bölüm altında son olarak eleştirilebileceği düşünülerek, neden "meşçere" yerine "meta toplum" ifadesinin kullanıldığını açıklamak yerinde olacaktır. Zira Orlóci (2013a)'de meta toplum ifadesini açıklarken bunun bir meşçere olarak düşünülebileceğini söylemiştir. Ancak Orlóci'de üzerinde düşünürse kabul edecektir ki, "meşçere" ifadesi meta toplum ifadesini açıklayan gerekçelerin en temel kaygısından bağımsızdır. Şöyle ki;

Bir meta toplum ifadelenmesi için, belli ölçekte bir örnekleme alanının içerisinde alt örnekleme alanlarından elde edilen bilgilere ihtiyaç vardır. Diğer bir değişle meta toplum ifadesinin geçtiği yerde bu kaygıdan bağımsız hareket edilmediği bilinir. Meşçere ifadesi ise böyle bir algı oluşturmaz ki bizim için elzem olan veride ancak "meta toplum" ifadesi içinde yer bulmaktadır. Konuya biraz daha açıklık getirmek gerekirse, Kavgacı ve ark., . (2008) tarafından da ifade edildiği üzere meta toplum ifadesi içinde tür çeşitliliği ve özellikle değeri "sıfır" çıksa bile beta çeşitliliği ifadesinin yer bulmuş olması gerekmektedir. Meta toplum ifadesini diğer ifadelerden ayrılan en önemli olgu ondan beta çeşitliliği değerinin elde edilebilme potansiyelidir. Beta çeşitliliği en az iki grup verisinden temin edilmektedir ve bundan dolayı bir "meta bitki toplumu" ifadesinin karşılık bulması için belli bir ölçüm alanı içinde en az iki alt örnek alandan bitki türlerine ait veri elde edilmiş olması gerekmektedir. Haliyle "meşçere" tanımı bu ifadeyi tam anlamı ile karşılayamamaktadır ve sadece "bir meta toplumunda enerji yapısı hesapları" açıklaması altında, kuantum analizinin "*indirgemeciliğe*" karşı temel sloganı olan "bütünsellik" yaklaşımının askıda kalması engellemektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Bozdemir, S., Eker, S., 2005. Fizikte yeni bir çağ açan buluş: kuantum kuramı (1) kuantum kuramının evrimi ve klasik kuantum kuramı, http://strateji.cukurova.edu.tr/EGITIM/bozdemir/bozdemir_kuantum_01.pdf (Ziyaret tarihi: 27.12.2014).

Kavgacı, A., Carni, A., Silc, U., 2008. Bitki sosyoloji çalışmalarında kullanılan sayısal metotlar ve bazı bilgisayar programları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 2:188-201.

Orlóci, L., 2013a. Quantum Ecology. The energy structure and its analysis. SCADA Publishing, Canada, Online Edition: https://createspace.com/4406077 (Ziyaret tarihi: 12.12.2014).

Orlóci L., 2013b. Quantum analysis of primary succession. the energy structure of a vegetation chronosere in Hawaii Volcanoes National Park, SCADA Publishing, Canada, Online Edition: https://createspace.com/4452597 (Ziyaret tarihi: 12.12.2014).

Orlóci, L., 2014. The vegetation process. A holistic study of long-term community energetics in East Beringia. SCADA Publishing, Canada, Online Edition: https://createspace.com/4760258 (Ziyaret tarihi: 12.12.2014).

Özkan, K., 2007. Yazılı Kanyon Tabiat Parkı'nın Ekolojik Özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Tenik Rapor, 111s. Isparta.

Taslaman, C., 2008. Kuantum Teorisi, Felsefe ve Tanrı. İstanbul Yayınevi, 264s., İstanbul.

Whittaker, R.H., 1973. Ordination and Classification of Communities (Part V), Handbook of Vegetation Science, Editor in Chief: Reinhold Tüxen, Printed in the Netherlands by Dijkstra Niemeyer b.v., Groningel.

Ek Tablo 1. Bitki türleri, kotları ve onların taksonomik sınıflandırma hiyerarşisindeki yerleri
Appendix Table 1. Plant species, their's codes and their places at the hierachical level of taxonomic classification

Türler	Kodlar	Cins	Familya	Takım	Sınıf
Asparagus acutifolius L.	ASP.ACU	Ajuga	Lamiaceae	Lamiales	Liliopsida
Ajuga chamaepitys (L.) Schreber subsp. *chia* (Schreber) Arcangeli var. c*hia*	AJU.CHA	Alcea	Malvaceae	Malvales	Magnoliopsida
Alcea calvertii (Boiss.) Boiss.	ALC.CAL	Alkanna	Boraginaceae	Lamiales	Liliopsida
Alkanna incana Boiss.	ALK.INC	*Alnus*	Betulaceae	Fagales	Magnoliopsida
Alnus orientalis Decne. var. *pubercens* Dippel	ALN.ORI	Ampelopsis	Vitaceae	Rhamnales	Magnoliopsida
Ampelopsis orientale (Lam.) Planchon	AMP.ORI	Arum	Araceae	Arales	Liliopsida
Arum dioscoridis sm var. s*pectabile* (schott) Engler	ARU.DIO	*Asparagus*	Liliaceae	Liliales	Liliopsida
Campanula delicatula Boiss.	CAM.DEL	Campanula	Campanulaceae	Campanulales	Magnoliopsida
Carduus pycnocephalus L. subsp. *albidus* (Bieb.) Kazmi	CAR.PYC	Carduus	Asteraceae	Asterales	Magnoliopsida
Cercis siliquastrum L .	CER.SIL	Cercis	Fabaceae	Fabales	Magnoliopsida
Cheilanthes fragrans (L.fil.) Sw.	CHE.FRA	*Cheilanthes*	Sinopteridaceae	Filicales	Magnoliopsida
Clematis flammula L.	CLE.FLA	Clematis	Ranunculaceae	Ranunculales	Magnoliopsida
Crataegus monogyna Jacq.	CRA.MON	*Crataegus*	Rosaceae	Rosales	Magnoliopsida
Cynoglossum creticum Miller	CYN.CRE	Cynoglossum	Boraginaceae	Lamiales	Liliopsida
Daphne gnidioides Jaup & Spach	DAP.GNI	Daphne	Thymelaeaceae	Myrtales	Magnoliopsida
Daphne serisian Vahl.	DAP.SER	Daphne	Thymelaeaceae	Myrtales	Magnoliopsida
Dracunculus vulgaris Schott	DRA.VUL	Dracunculus	Araceae	Arales	Liliopsida
Dryopteris pallida (Bory) Fomin.	DRY.PAL	*Dryopteris*	Aspidiaceae	Aspidiales	Filicopsida
Euphorbia characias L. subsp. *wulfenii* (Hoppe ex Koch) A. R. Smith	EUP.CHA	*Euphorbia*	Euphorbiaceae	Euphorbiales	Magnoliopsida
Ficus carica L.	FIC.CAR	Ficus	Moraceae	Urticales	Magnoliopsida
Fontanesia phillиraeodies Labill.	FON.PHI	*Fontanesia*	Oleaceae	Scrophulariales	Magnoliopsida
Galium sp.	GAL sp.	Galium	Rubiaceae	Rubiales	Magnoliopsida
Gypsophila sp.	GYP sp.	Gypsophila	Caryophyllaceae	Caryophyllales	Magnoliopsida
Helichrysum pamphylicum Davis & Kupicha	HEL.PAM	*Helichrysum*	Asteraceae	Asterales	Magnoliopsida
Hypericum lanuginosum Lam. var. *scabrellum* (Boiss.) Robson	HYP.LAN	Hypericum	Hypericaceae	Malpighiales	Magnoliopsida
Juniperus exelsa Bieb.	JUN.EXC	*Juniperus*	Cupressaceae	Pinales	Magnoliopsida
Juniperus oxycedrus L.	JUN.OXY	*Juniperus*	Cupressaceae	Pinales	Magnoliopsida
Knautia inteprifolia (L.) Bertol var. *bidens* (Sm.) Borbas	KNA.INT	Knautia	Dipsacaceae	Dipsacales	Magnoliopsida
Lonicera etrusca Santi var. *etrusca*	LON.ETR	*Lonicera*	Caprifoliaceae	Dipsacales	Magnoliopsida
Melisa officinalis L.	MEL.OFF	Melissa	Labiatae	Polemoniales	Magnoliopsida
Olea europaea L. var. *oleaster*	OLE.EUR	Olea	Oleaceae	Scrophulariales	Magnoliopsida
Origanum onites L.	ORI.ONI	Origanum	Lamiaceae	Lamiales	Liliopsida
Ornithogalum armeniacum Baker	ORN.ARM	Ornithogalum	Liliaceae	Liliales	Liliopsida
Palirus spina-cristi Mill.	PAL.SPI	Palirus	Rhamnaceae	Rhamnales	Magnoliopsida
Papaver sp.	PAP sp.	Papaver	Papaveraceae	Papaverales	Magnoliopsida
Phlomis grandiflora H. S. Thamson	PHL.GRA	*Phlomis*	Lamiaceae	Lamiales	Liliopsida
*Phlomis leucophracta*P. H. Davis & Hub.-Mor.	PHL.LEU	Phlomis	Lamiaceae	Lamiales	Liliopsida
Phyllirea latifolia L.	PHY.LAT	Phyllirea	Oleaceae	Scrophulariales	Magnoliopsida
Pinus brutia ten.	PIN.BRU	Pinus	Pinaceae	Pinales	Magnoliopsida
Pistacia terebinthus L.	PIS.TER	*Pistacia*	Anacardiaceae	Sapindales	Magnoliopsida
Quercus coccifera L.	QUE.COC	Quercus	Fagaceae	Fagales	Magnoliopsida
Quercus infectoria oliver subsp. *boissieri* (Reuter) O. Schwarz	QUE.INF	Quercus	Fagaceae	Fagales	Magnoliopsida
Rosularia sp.	ROS.sp.	*Rosularia*	Crassulaceae	Rosales	Magnoliopsida

Ek Tablo 1 (devam). Bitki türleri, kotları ve onların taksonomik sınıflandırma hiyerarşisindeki yerleri
Appendix Table 1 (continued). Plant species, their's codes and their places at the hierachical level of taxonomic classification

Türler	Kodlar	Cins	Familya	Takım	Sınıf
Ruscus aculeatus L. var. *angustifolius* Boiss	RUS.ACU	Ruscus	Liliaceae	Liliales	Liliopsida
Salvia tomentosa Miller	SAL.TOM	*Salvia*	Lamiaceae	Lamiales	Liliopsida
Senecio vernalis Waldst.Kit	SEN.VER	Senecio	Asteraceae	Asterales	Magnoliopsida
Sideritis pisidica Boiss& Heldr	SID.PIS	*Sideritis*	Lamiaceae	Lamiales	Liliopsida
Silene aegyptiaca (L) L. Fil. subsp. *aegyptiaca*	SIL.AEG	Silene	Caryophyllaceae	Caryophyllales	Magnoliopsida
Smilax aspera L.	SMI.ASP	Smilax	Liliaceae	Liliales	Liliopsida
Stachys antalyensis Y. Ayaşlıgil & P.H. Davis	STA.ANT	Stachys	Lamiaceae	Lamiales	Liliopsida
Styrax officinalis L.	STY.OFF	*Styrax*	Styracaceae	Ebenales	Magnoliopsida
Thymelaea tartonraira (L.) All subsp. *argentea* (Sm.) Holmboe var. *angustifolia*	THY.TAR	Thymelaea	Thymelaeaceae	Myrtales	Magnoliopsida
Tordylium apulum L.	TOR.APU	Tordylium	Apiaceae	Apiales	Liliopsida
Umbilicus rupestris (Salisb.) Dandy	UMB.RUP	Umbilicus	Crassulaceae	Rosales	Magnoliopsida
*Verbascum sinuatum*L.	VER.SIN	Verbascum	Scrophulariaceae	Scrophulariales	Magnoliopsida
Verbascum sp.	VER.sp.	*Verbascum*	Scrophulariaceae	Scrophulariales	Magnoliopsida
Vitis vinifera L.	VIT.VIN	Vitis	Vitaceae	Rhamnales	Magnoliopsida

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257

Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.26733

Spatial and temporal modeling of wetland surface temperature using Landsat-8 imageries in Sulduz, Iran

Vahid Eisavi[*] [1] , Ahmad Maleknezhad Yazdi [2] , Seyeed Ali Niknezhad [3]

[1] Tarbiat Modares University, Remote Sensing and GIS Department, M.Sc. in Remote Sensing, Tehran, Iran
[2] University of Tehran, Natural Resources, M.Sc. in Combating Desertification Department, Tehran, Iran

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** esavi.vahid@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 25.12.2014 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 24.01.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 24.01.2015

Abstract: Wetland Surface Temperature (WST) maps are an increasingly important parameter to understand the extensive range of existing processes in wetlands. The Wetlands placed in neighborhoods of agricultural and industrial lands are exposed to more chemical pollutants and pesticides that can lead to spatial and temporal variations of their surface temperature. Therefore, more studies are required for temperature modeling and the management and conservation of these variations in their ecosystem. Landsat 8 time series data of Sulduz region, Western Azerbaijan province, Iran were used in this study. The WST was derived using a mono-window algorithm after implementation of atmospheric correction. The NDVI (Normalized Differential Vegetation Index) threshold method was also employed to determine the surface emissivity (ε_λ). Our findings show that the WST experienced extensive spatial and temporal variations. It reached its maximum value in June and also experienced the highest mean in the same month. In this research, August (12.08.2013) had a lowest spatial standard deviation regarding surface temperature and June (28.06.2013) had the highest one. Wetlands' watersides adjacent to industrial zones have a higher surface temperature than the middle lands of these places. The map obtained from the WST variance over time can be exploited to reveal thermal stable and unstable zones. The outcome demonstrates that land use, land cover effectively contribute to wetland ecosystem health. The results are useful in the water management, preventive efforts against drying of wetland and evapotranspiration modeling. The approach employed in this research indicates that remote sensing is a valuable, low-cost and stable tool for thermal monitoring of wetlands health.

Keywords: WST, spatial variations, temporal variations, NDVI

İran Sulduz bölgesinde Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılarak sulak alanların yüzey sıcaklığının mekansal ve zamansal olarak modellenmesi

Özet: Sulak alanların yüzey sıcaklık (WST) haritaları, sulak alanlarda mevcut süreçlerin geniş kapsamlı olarak anlaşılmasında giderek daha önemli bir parametre haline gelmektedir. Tarım ve sanayi arazilerine komşu sulak alanlar, daha fazla kimyasal kirletici ve pestisite maruz kalması nedeniyle, yüzey sıcaklığının mekansal ve zamansal değişimlere neden olabilmektedir. Bu nedenle, sıcaklık modellemesi ve zamansal ve mekansal değişimlerin tespit edilmesi, sulak alan ekosistemlerinde korunması ve yönetimi için daha fazla çalışma gereklidir. Bu çalışmada, İran Sulduz bölgesine ait Landsat 8 zaman serisi verileri kullanılmıştır. WST haritaları atmosferik düzeltmeler yapıldıktan sonra tek pencere (mono-window) algoritmaları kullanılarak türetilmektedir. Ayrıca Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi (NDVI) (Normalized Differential Vegetation Index)'de yüzey emisyonunu belirlemede kullanılmaktadır. Bulgularımız WST haritalarının geniş zamansal ve mekansal varyasyonlar içerdiğini göstermiştir. En yüksek değer ve en yüksek ortalama Haziran ayında olmaktadır. Araştırmada yüzey ısısı açısından Ağustos ayı (12.08.2013) en düşük mekansal standart sapmayı gösterirken, en yüksek mekansal standart sapma değeri ise Haziran ayı (28.06.2013)'nda olmuştur. Endüstriyel alanlara bitişik sulak alanlar daha iç kısımlardakilere nazaran daha yüksek yüzey ısısına sahiptirler. WST'lerden elde edilen haritalar ısısal olarak stabil ve stabil olmayan alanların belirlenmesinde kullanılabilir. Sonuçlar; arazi kullanımı ve arazi örtüsünün sulak alanlar ekosisteminin sağlık durumunu etkilediğini göstermektedir. Bu açıdan elde edilen sonuçlar, su yönetimi, sulak alanların kurumaması için alınabilecek önlemlere ve evapotranspirasyon modellemesine katkıda bulunacaktır. Bu çalışmadaki yaklaşım; uzaktan algılamanın değerli, düşük maliyetli ve sulak alanların sıcaklık değerlerinin izlenmesi açısından son derece uygun bir araç olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: WST, mekansal değişkenler, zamansal değişkenler, NDVI

To cite this article (Atıf): Eisavi, V., Maleknezhad, Y., Niknezhad, S.A., 2016. Spatial and temporal modeling of wetland surface temperature using Landsat-8 imageries in Sulduz, Iran. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 46-58. DOI: 10.17099/jffiu.26733

1. INTRODUCTION

Wetland Surface Temperature (WST) maps are an increasingly important parameter to understand the extensive range of existing processes such as follows: evaporation and surface water transfer patterns (Strub and Powell, 1986; Strub and Powell, 1987; Steissberg et al., 2005; Oesch et al., 2008), Monitoring water quality (Reinart and Reinhold, 2008; Coats 2010), Phytoplankton dynamics and primary production (Wooster et al., 2001; Thiemann and Schiller 2003), Oxygen concentration in water (Matzinger et al., 2007), and the denitrification rate (Bremner and Shaw 1958; Beauchamp et al., 1989). Warming of wetlands leads to the water thermal stability and resistance to mixing, which on one hand may increase growth of harmful algae (Paerl and Paul 2012), and on the other hand, affects aquatic animals' colonies (Jeppesen et al., 2012). Further, the wetlands where located adjacent of agricultural lands receive heavy sediment loads (Piano and Wang 2011), chemical fertilizers and pesticide (Klotz 1985; Sharpley and Withers 1994; Harding et al., 1999; Gleason et al., 2003; Relyea 2005). A large influx of these harmful materials results in spatial and temporal variations of the WST, which affects these ecosystems substantially (Mortsch and Quinn 1996; Bergstedt et al., 2003; Cooke et al., 2004; Gillet and Péquin 2006; Ham et al., 2006).

Effective wetlands management requires thorough understanding of ecosystem components and the way in which they interact (Gilman 1994). Accordingly, wetlands temperature is an influential and principal component on the environment. Although, estimation of this parameter by traditional methods like ground sampling and interpolation is a costly and time-consuming procedure, remote sensing is a powerful tool for studying environment which can provide systematic and periodic coverage of the inaccessible regions (Dash et al., 2002; Novo et al., 2006; Alcantara et al., 2009). Moreover, remote sensing obtains information in digital format which can be easily integrated with the other geographic information or merely utilized for quantitative modeling (Lamaro et al., 2013). Studies were performed regarding the application of remote sensing and satellite imagery in the calculation of the WST (Mustard et al., 1999; Cherkauer et al., 2005; Zoran et al., 2005; Ahn et al., 2006; Alcantara et al., 2010; Gibbons and Wukelic 1989), in which researchers employed different sensors such as AASTR (Schneider et al., 2009), MODIS (Wan 2008; Chavula et al., 2009), AVHRR (Bussières and Granger 2007), Landsat (Oesch et al., 2008) ASTER (Steissberg et al., 2005) and SEVIRI (Nehorai et al., 2009) to estimate this parameter. To recapitulate these studies, we can state that more researches are required for spatial-temporal variation modeling of WST which facilitates the management and conservation of these ecosystems.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Study Area

The study area is Sulduz region at an elevation of 1,300 meters above sea-level, located in West Azerbaijan Province, northwest of Iran (Figure / Şekil 1). The climate of the West Azerbaijan province is Semiarid, and is characterized by hot and dry summers, and wet and cold winters. This area possesses important wetlands such as Yadegarlou, Dashdurgah, Shourgol, Hassanlou, Agh Ghale, Seiran Goli and Sulduz Goli where hosts thousands of migrating birds. They play a key role in moderation of climate and ecosystem of this region. Further, Yadegarlou, Shourgol and Dashdurgah are among registered wetlands in the Ramsar convention on wetlands. Inasmuch as Sulduz wetlands located in the south of Lake Urmia, Area shrinkage or drying of these places can deteriorate the vulnerability of groundwater resources to infiltration of salty water that makes worse drought impacts consequently. The dominant land use, land cover types in the region include agricultural lands, residential areas, grasslands, wetlands and conservation lands.

2.2. Data and Processing

Suitable spatial and temporal resolutions of Landsat imagery and free access to them are reasons behind the selection of this satellite to study the mentioned wetlands of this region. Red, infrared and thermal bands related to 21 time series of the satellite (Path/Row: 168/34 & 169/34) were used in this study

(Table / Tablo 1) (Figure / Şekil 2). PC Spectral Sharpening algorithm (Welch and Ehlers, 1987) was used to sharpen the low resolution multi-band TM® images using 15 meter panchromatic band.

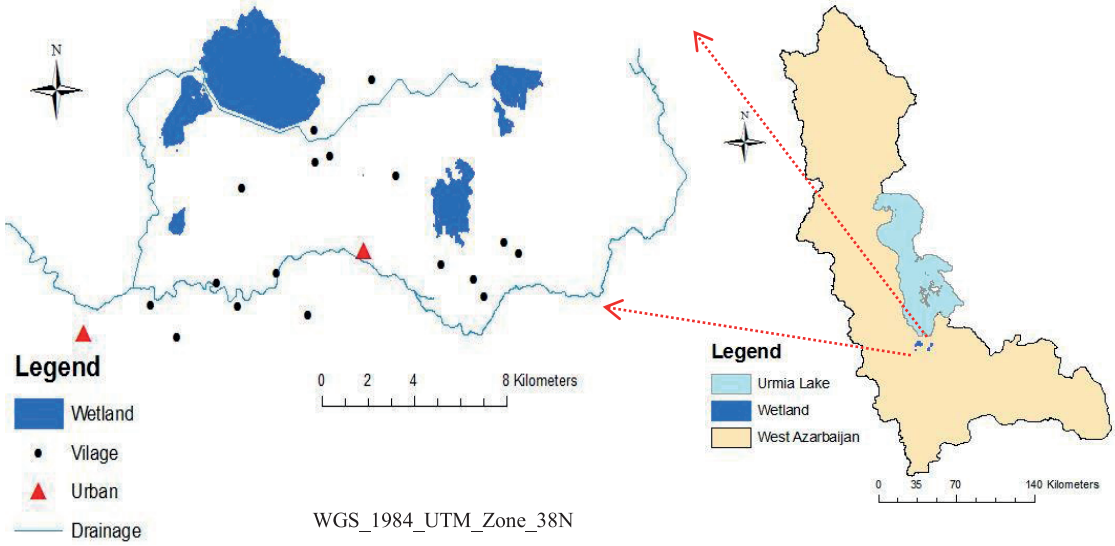


Figure 1. Study area (Sulduz region, Naghadeh city)
Şekil 1. Araştırma alanı (Sulduz bölgesi, Naghadeh şehri)

Table 1. Landsat 8 specification
Tablo 1. Landsat 8 özellikleri

1) Landsat-8 OLI and TIRS 2) Bands	Wavelength (µm)	Resolution (m)
Band 1—Coastal aerosol	0.43–0.45	30
Band 2—Blue	0.45–0.51	30
Band 3—Green	0.53–0.59	30
Band 4—Red	0.64–0.67	30
Band 5—Near infrared (NIR)	0.85–0.88	30
Band 6—Short-wave infrared (SWIR 1)	1.57–1.65	30
Band 7—Short-wave infrared (SWIR 2)	2.11–2.29	30
Band 8—Panchromatic	0.50–0.68	15
Band 9—Cirrus	1.36–1.38	30
Band 10—Thermal infrared (TIRS) 1	10.60–11.19	100
Band 11—Thermal infrared (TIRS) 2	11.50–12.51	100

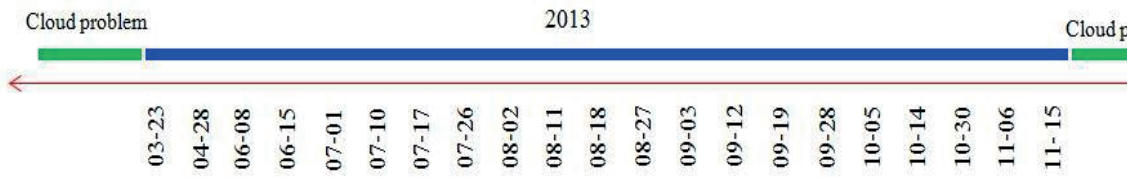


Figure 2. Landsat 8 time series (07:40 GMT)
Şekil 2. Landsat 8 zaman serileri (07:40 GMT)

The Landsat of 23 March 2013 is geo-referenced, using the nearest neighbor resampling method along with second degree polynomial equation and a 1/25000 topographic map of the area. Further, the other multitemporal Landsat 8 of 2013 is co-registered for 23 March 2013 imagery. The root mean squared error (RMSE) of less than 0.49 pixels (≈7 meters) has been attained.

The radiometric conversion of digital numbers (DN) to physical variables such as temperature requires radiometric calibration (Wukelic et al., 1989) and atmospheric correction (Cooper and Asrar 1989). DN values were converted to at-sensor radiance using the gain and bias coefficients of the detectors (Lamaro et al., 2013):

$$L_\lambda = gain * DN + bias \quad (1)$$

Where L_λ is the uncorrected spectral radiance at λ wavelength, DN the digital number, and gain and bias the calibration parameters of detectors. Gains and Biases of Landsat 8 thermal bands are as:

Gain (Band10&11) = Band-specific multiplicative rescaling factor = 3.3420E-04

Bias (Band10&11) = Band-specific additive rescaling factor = 0.10000
The equation used for atmospheric correction was (Srivastava et al., 2009):

$$L_{\lambda(T_s)} = \frac{L_\lambda - L_{\lambda up}}{t * \varepsilon_\lambda} - \frac{1 - \varepsilon_\lambda}{\varepsilon_\lambda} * L_{\lambda down} \quad (2)$$

In this equation, $L_{\lambda(T_s)}$ is the corrected land surface radiance, L_λ is the uncorrected spectral radiance calculated in Eq. (1), $L_{\lambda up}$ is the upwelling radiance, t is the atmospheric transmissivity, ε_λ is the water emissivity, $L_{\lambda down}$ is the downwelling radiance. $L_{\lambda down}$, $L_{\lambda up}$ and t are atmospheric parameters which were obtained from Atmospheric Correction Parameter Calculator (http://www.atmcorr.gsfc.nasa.gov). That uses MODTRAN simulator (Barsi et al., 2003). NDVI threshold method was applied to determine the surface emissivity (ε_λ) and this parameter was divided into three categories according to NDVI values (Sobrino et al., 2004) :

3) NDVI< 0.2: indicates bare soil, and emissivity of bare soil is regarded as: $\varepsilon_{soil} = .97$

4) NDVI> 0.5: represents areas with dense vegetation cover, and emissivity of vegetation cover is assumed as: $\varepsilon_{Veg} = .99$

5) 0.2≤NDVI≤0.5: the pixels in this case are mixture of soil and vegetation cover. Emissivity (ε_{mix}) is calculated according to the following equation:

$$\varepsilon = \varepsilon_{veg} * P_v + \varepsilon_{soil*}(1 - P_v) \quad (3)$$

Where P_v is proportion of vegetation cover and is computed as:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right)^2 \quad (4)$$

In this equation, $NDVI_{min} = 0.2$ and $NDVI_{max} = 0.5$

Normalized differential Vegetation Index (NDVI) is one of the most popular methods for monitoring vegetation cover (Binh et al., 2005).

$$NDVI = \left(\frac{TM_5 - TM_4}{TM_5 + TM_4}\right) \quad (5)$$

Corrected surface radiance ($L_{\lambda(T_s)}$) were converted into surface temperature using Eq.6

$$T_s = \frac{K_2}{ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda(T_s)}+1}\right)} \quad (6)$$

Where T_s is surface temperature, K_1 calibration constant, (band 10, 11 = 774.89, 480.89), $L_{\lambda(T_s)}$ the corrected surface radiance and K_2 is another calibration constant (band10, 11 =1321.08, 1201.14) respectively. Both of the thermal bands of Landsat 8 (band 10&11) images were used to compute surface temperature which was calculated for these bands individually and then, the average was assessed accordingly.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the spatial and temporal distribution of Sulduz wetlands was investigated using Landsat 8 imagery. Figure 3 illustrates the WST in the course of the study.

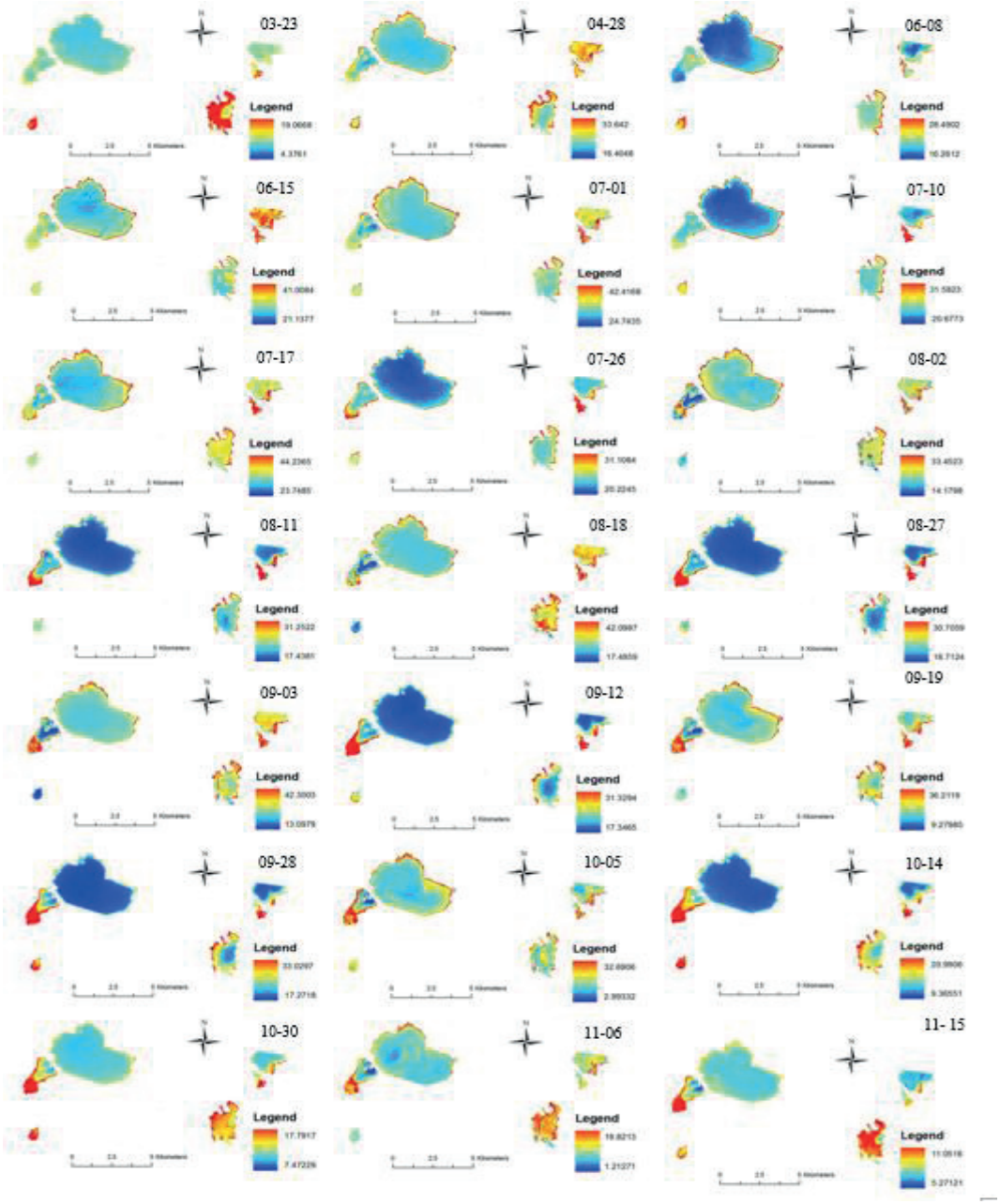


Figure 3. Spatial and temporal distributions of wetlands surface temperature (°C) in 2013
Şekil 3. 2013 yılında sulak alanların yüzey sıcaklığının (°C) mekansal ve zamansal dağılımı

According to Figure / Şekil 3, WST experienced great spatial and temporal changes. The histogram distribution of surface temperature is shown in Figure / Şekil 4.

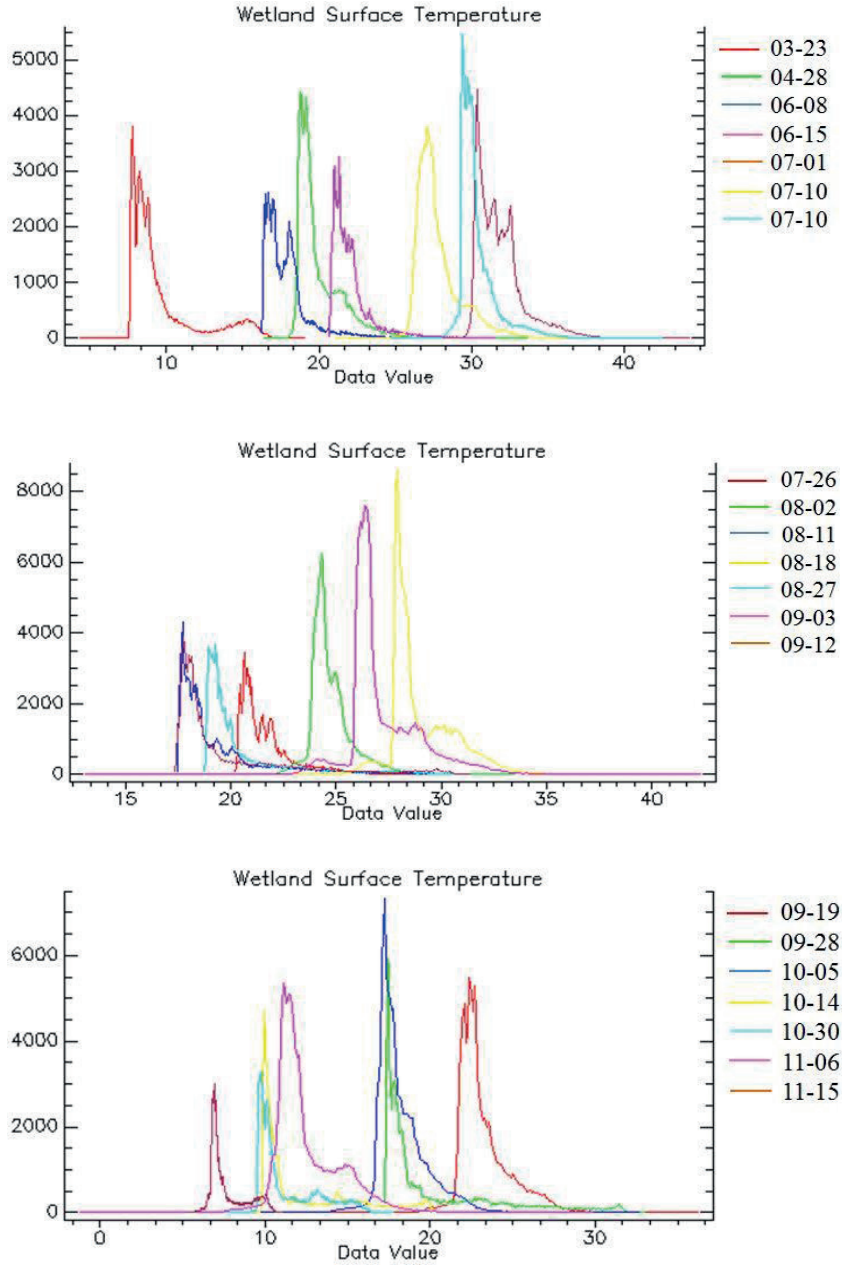


Figure 4. The histogram distribution of the WST in 2013
Şekil 4. 2013 yılında sulak alanların yüzey sıcaklıklarının (WST) histogram dağılımı

In this study, 21 different times of Landsat 8 imagery of 2013 were used. Figure / Şekil 5 depicts the average, the maximum, and the minimum values of the WST for each time.

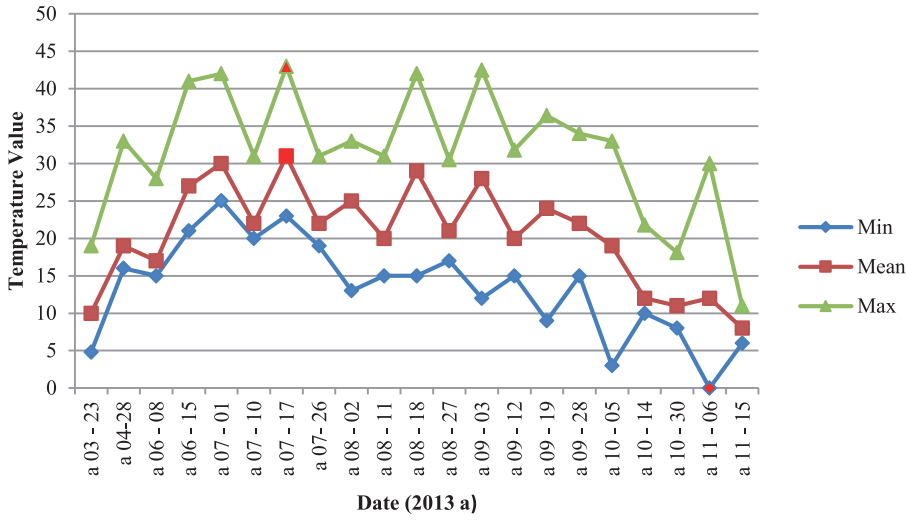


Figure 5. The minimum, maximum and average values of the WST by time
Şekil 5. Sulak alanların yüzey sıcaklıklarının (WST) zamana göre minimum, maksimum ve ortalama değerleri

The maximum value of the monthly temperature of Sulduz region is in July and Figure 5 confirms this term partly. Accordingly, WST of July (10.07.2013) has the highest value in both of maximum and average values. These results indicate that the WST is substantially affected by the air temperature. Meanwhile, the minimum value of WST corresponds to the November (06.11.2013). Spatial variations of the WST may be affected by numerous factors such as air temperature, entering the water flow to wetlands, entrance of industrial or agricultural pollutants, overgrowth of plants and biological activities. The standard deviation of spatial variations of wetlands temperature in the course of this study is illustrated in Figure 6.

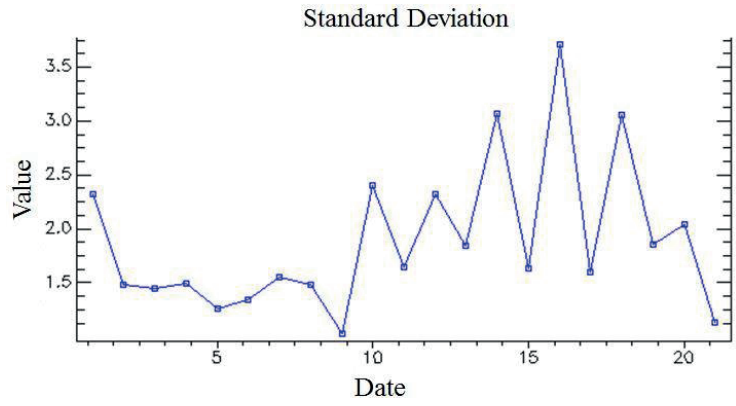


Figure 6. The standard deviation of the WST in the course of this study
Şekil 6. Sulak alanların yüzey sıcaklıklarının (WST) bu çalışma sırasındaki standart sapma değerleri

It shows August (02.08.2013) has the lowest spatial deviation of WST, which means the difference between the maximum and minimum range of temperature in August is low, and also high homogeneity prevails over the WST. On the other hand, June (28.06.2013) has the highest standard deviation that indicates heterogeneity, scattering and high thermal differences at this time. The overall average of the WST in Sulduz region is depicted in Figure / Şekil 7.

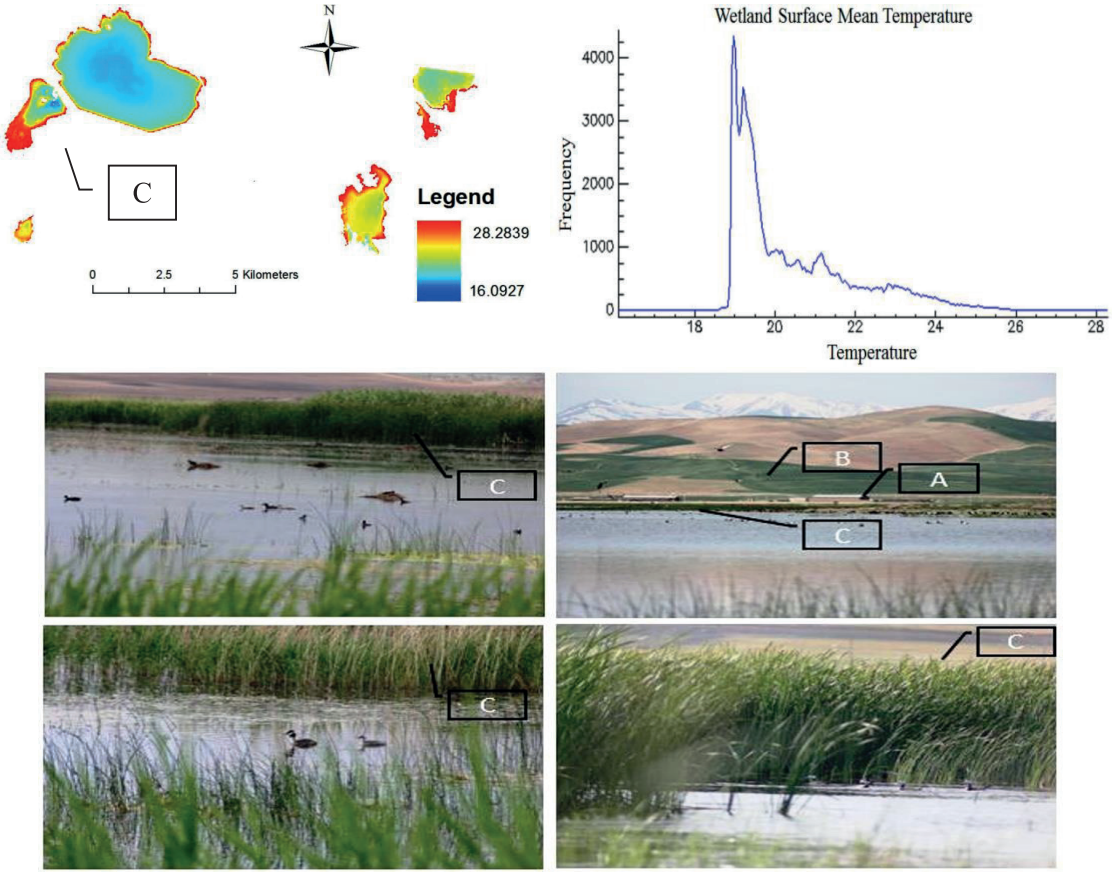


Figure 7. The average and histogram of the WST (°C) in 2013.
A: residential and industrial regions, **B**: agricultural lands, **C**: aquatic plants
Şekil 7. 2013 yılında sulak alanların yüzey sıcaklıklarının (WST) (°C) ortalama ve histogram dağılımı
A: ikamet ve endüstri bölgeleri, **B**: tarım alanları, **C**: su bitkileri

Figure / Şekil 7 shows that agricultural lands, industrial and residential areas located in the adjacent and the upstream part of wetlands can affect this ecosystem. The overgrowth of the aquatic plants can be seen in this figure. The shores and banks adjacent to industrial regions have higher surface temperatures than the central ones.

During the time, fluctuations and variations of WST have local differences. Figure / Şekil 7 depicts the temporal variance of these differences. It is apparent that those areas in the wetlands where they have higher variance experienced more severe temperature variations (Figure / Şekil 8). On the contrary, the low variance indicates stability and high thermal inertia throughout the time.

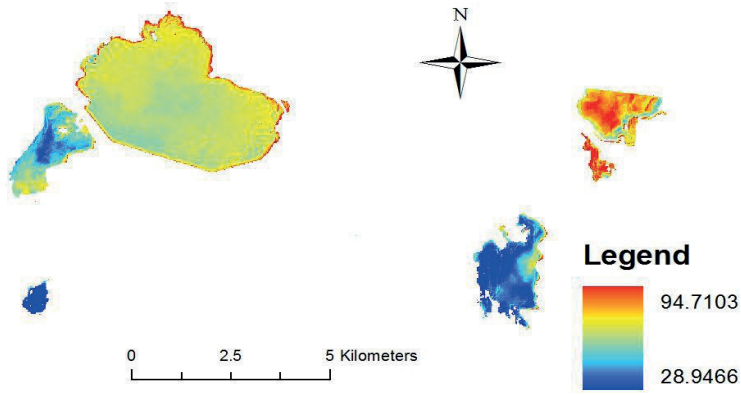


Figure 8. The temporal variance and the corresponding local differences of the WST in 2013. High values (red colure) show high temporal variance and vice versa low values (blue colure) is the regions with high thermal inertia

Şekil 8. 2013 yılında WST'ye karşılık gelen yerel ve zamansal değişiklikler. Yüksek değerler (kırmızı renk) yüksek zamansal değişimi ve düşük değerler (mavi renk) yüksek ısıl durgunluk olduğunu göstermektedir.

Due to entering agricultural and industrial pollutants in wetland ecosystem and also variations of water and air temperature, Wetlands vegetation covers fluctuate over time. In this study, NDVI was used to analyze the variation of vegetation cover. The NDVI value fluctuations have been displayed in Figure / Şekil 9.

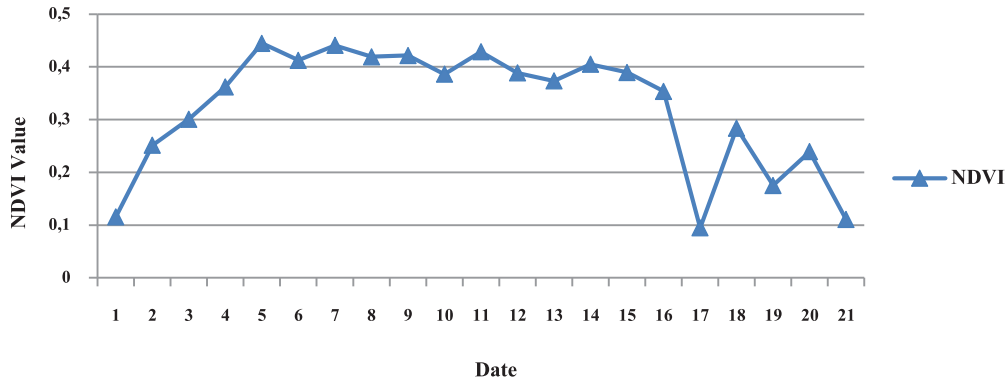


Figure 9. Wetlands NDVI variations in 2013
Şekil 9. 2013 yılında sulak alanların NDVI değişimleri

Correlation analysis was employed to assess the relationship between variations of vegetation cover and the WST changes. The resulting correlation coefficient between temporal changes of vegetation cover and the WST was found equal to 0.8. A scatter plot can suggest various kinds of correlations between variables. The relationship between the first component of NDVI time series (namely PC1) and the first component of the WST time series (namely PC1) is illustrated in Fig.10. By increasing of the vegetation cover area, the WST increased. However, the decrease of NDVI value and enlarging water coverage resulted in low WST. With regard to the relationship between these parameters, wetlands are categorized into 3 classes: 1) deep water, 2) shallow water with sparse vegetation cover and 3) shallow water with dense vegetation cover. Because of extensive water area, the concentration of scatter plot point in the first class is higher than the other classes.

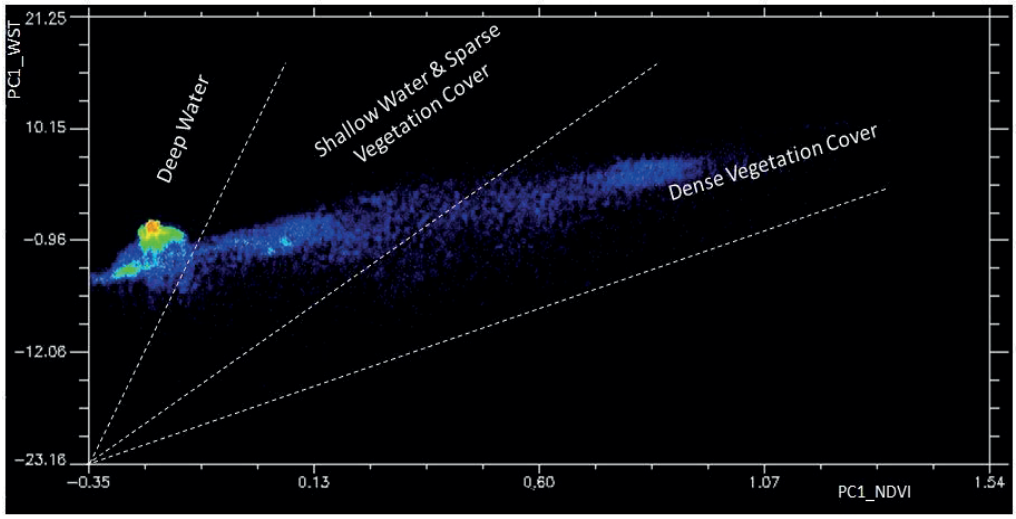


Figure 10. The scatterplot corresponding to first component of NDVI and the first component of WST
Şekil 10. NDVI ve WST ilk bileşenine karşılık gelen saçılım grafikleri

Our findings show that the WST has different spatial and temporal distribution. Wetlands banks have higher WST values due to low depth, dense vegetation cover, more soil coverage and adjacency to residential, industrial and agricultural zones. Since water has a higher specific heat and thermal inertia than soil and vegetation, these properties leads to later warming of water in comparison to soil and vegetation cover during daytime. Matzinger et al., (2007) stated that oxygen concentration in water is sensitive to the temperature and global warming. Accordingly, the map related to spatial distribution of the WST is useful for illustrating the distribution of soluble oxygen concentration in water. Therefore, these maps can be beneficial for the management and monitoring health of the aquatic creatures. Temperature and moisture regimes are among the key variables that determine the distribution, growth and productivity, and reproduction of plants and animals. Changes in hydrology can influence species in a variety of ways, but the most completely understood processes are those that link moisture availability with intrinsic thresholds that govern metabolic and reproductive processes (Burkett et al., 2005).Temperature can exert its influence on species through changes in moisture availability. The high variability of water temperature can lead to many harmful effects on the aquatic creatures and the birds in the wetlands. On the other hand, regions with low thermal fluctuations indicate ecosystem health and stability. By taking into consideration that the study region covers a small area, its climate can be assumed homogenous. Therefore, spatial differences in the WST cannot contribute to different climatic conditions. This phenomenon is usually occurs as a result of influx of different pollutants into these areas which leads to increase of the spatial standard deviation of the WST. The resulting map from the temporal variance of WST can reveal thermal stable and unstable zones where the unstable ones can take priority for field investigation in terms of the influx of pollutant materials into wetlands, and ecosystem degradation susceptibility mapping.

The study findings show that evaporation, water area shrinkage and increase of lands coverage along the wetlands banks result in rise of temperature in these regions. If these adverse conditions persist, the rise of the ground surface temperature will also have an incremental trend. These results confirm the key role of wetlands in moderating of the ground and air temperature. Further, consideration of the correlation analysis suggests a meaningful relationship between thermal variations and the vegetation cover.

Wetlands of Sulduz region is located downstream of agricultural lands where Entrance of the agricultural sediments and pollutants leads to decrease of their depth on the one hand and intensifies the overgrowth of aquatic plants on the other hand. Thus, agricultural activities affect the WST fluctuations indirectly. Accordingly, the outcome demonstrates that land use land cover effectively contribute to wetland ecosystem health. The study findings are useful for the water management, prevention from drying of these locations and evapotranspiration modeling.

The approach employed in this research indicates that remote sensing is a valuable, low-cost and stable tool for thermal monitoring of wetlands health. However, more extensive application was limited by the cloud cover problem which resulted in a decrease of the temporal coverage related to cold months of the year. To overcome this problem, use of other sensors imagery such as AVHRR and MODIS along with Landsat 8 imagery is recommended.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

Ahn, Y., Shanmugam, P., Lee, J., Kang, Y., 2006. Application of satellite infrared data for mapping of thermal plume contamination in coastal ecosystem of Korea. *Marine Environmental Research* 61: 186–201, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2005.09.001

Alcantara, E., Barbosa, C., Stech, J., Novo, E., Shimabukuro, Y., 2009. Improving the spectral unmixing algorithm to map water turbidity distributions. *Environmental Modelling and Software* 24: 1051–1061, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.02.013

Alcantara, E.S., Tech, J., Lorenzetti, J., Bonnet, M.P., Casamitjana, X., Assireu, A.T., Novo, E., 2010. Remote sensing of water surface temperature and heat flux over a tropical hydroelectric reservoir. *Remote Sensing of Environment* 114: 2651–2665.

Barsi, J.A., Barker, J.L., Schott, J.R., 2003. An Atmospheric Correction Parameter Calculator for a Single Thermal Band Earth-Sensing Instrument. Paper presented at the IGARSS03, Toulouse, France, doi: http://dx.doi.org/10.1109/IGARSS.2003.1294665

Beauchamp, E.G., Trevors, J.T., Paul, J.W., 1989. Carbon sources for bacterial denitrification. *Advance in Soil Science* 10:113–142.

Bergstedt, R., Argyle, R.L., Seelye, J.G., Scribner, K.T., Curtis, G.L., 2003. In situ determination of the annual thermal habitat use by Lake Trout (Salvinus namaycush) in Lake Huron. *Journal of Great Lakes Research* 29: 347–361.

Binh, T.N.K.D., Vromant, N., Hung, N.T., Hens, L., Boon, E.K., 2005. Landcover changes between 1968 and 2003 in CaiNuoc, Ca Mau Peninsula, Vietnam Environment, Development and Sustainability 7: 519–536.

Bremner, J.M., Shaw, K., 1958. Denitrification in soil. II. Factors affecting denitrification. *Journal of Agricultural Science* 51: 40–52.

Burkett, V.R., Wilcox, D.A., Stottlemeyer, R., Barrow, W., Fagre, D., Baron, J., Price, J., Nielsen, J.L., Allen, C.D., Peterson, D.L., Ruggerone, G., Doyle, T., 2005. Nonlinear dynamics in ecosystem response to climate change: Case studies and policy implications. *Ecological Complexity* 2: 357-394, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecocom.2005.04.010

Bussières, N., Granger, R.J., 2007. Estimation of Water Temperature of Large Lakes in Cold Climate Regions during the Period of Strong Coupling between Water and Air Temperature Fluctuations. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 24: 285-296.

Chavula, G., Brezonik, P., Thenkabail, P., Johnson, T., Bauer, M., 2009. Estimating the surface temperature of Lake Malawi using AVHRR and MODIS satellite imagery. *Physics and Chemistry of the Earth* 34: 749-754, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2009.08.001

Cherkauer, K, A., Burges, S.J., Handcock, R.N., Kay, J.E., Kampf, S.K., Gillespie, A.R., 2005. Assessing satellite-based and aircraft-based thermal infrared remote sensing for monitoring Pacific Northwest River temperature. *Journal of the American Water Resources Association* 41: 1149–1159.

Coats, R., 2010. Climate change in the Tahoe basin: regional trends, impacts and drivers. *Climate Change* 102: 435-466, doi: http://dx.doi.org/10.1007/s10584-010-9828-3

Cooke, S.J., Bunt, C.M., Schreer, J.F., 2004. Understanding fish behavior, distribution, and survival in thermal effluents using fixed telemetry arrays: a case study of smallmouth bass in a discharge canal during winter. *Environmental Management* 33: 140–150.

Cooper, D.I., Asrar, G., 1989. Evaluating atmospheric correction models for retrieving surface temperatures from the AVHRR over a tall grass prairie. *Remote Sensing of Environment Supports* 27: 93–102.

Dash, P., Gottsche, F.M., Olesen, F.S., Fischer, H., 2002. Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: theory and practice-current trends. *International Journal Remote Sensing* 23:2563–2594, doi: http://dx.doi.org/10.1080/01431160110115041

Fiedler, E., Martin, M., Roberts-Jones, J., 2012. Lake Surface Water Temperature in the operational OSTIA system. Met Office Forecasting Research Technical Report no. 565.

Gibbons, D.E., Wukelic, G.E., 1989. Application of Landsat thematic mapper data for coastal thermal plume analysis at Diablo Canyon. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* S 55: 903–909**.**

Gillet, C., Péquin, P., 2006. Effect of temperature changes on the reproductive cycle of roach in Lake Geneva from 1983 to 2001. *Journal of Fish Biology* 69: 518–534**,** doi: http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01123.x

Gilman, K., 1994. Hydrology and wetland conservation. Chichester. Wiley.

Gleason, R.A., Euliss, N.H., Hubbard, D.E., Duffy, W.G., 2003. Effect of sediment load on the emergence of aquatic invertebrates and plants from wetland soil egg and seed banks. Wetlands 23: 26–34, doi: http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212(2003)023%5B0026:EOSLOE%5D2.0.CO;2

Ham, J., Toran, L., Cruz, J., 2006. Effect of upstream ponds on stream temperature. *Environmental Geology* 50: 55–61, doi: http://dx.doi.org/10.1007/s00254-006-0186-4

Harding, J.S., Young, R.G., Hayes, J.W., Shearer, K.A., Stark, J.D., 1999. Changes in agricultural intensity and river health along a river continuum. *Freshwater Biology Journal* 42: 345–357, doi: http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2427.1999.444470.x

Jeppesen, E., Mehner, T., WinfieldI, J., 2012. Impacts of climate warming on the long-term dynamics of key fish species in 24 European lakes. *Hydrobiologia* 694:1–39, doi: http://dx.doi.org/10.1007/s10750-012-1182-1

Klotz, R.L., 1985. Factors controlling phosphorus limitation in stream sediments. *Limnology and Oceanography* 30: 543–553, doi: http://dx.doi.org/10.4319/lo.1985.30.3.0543

Lamaro, A.A., Marinelarena, A., Torrusio, S., Sala, S., 2013. Water surface temperature estimation from Landsat7 ETM+ thermal infrared data using the generalized single-channel method: Case study of Embalse del RıoTercero (Cordoba, Argentina). *Advances in Space Research* 51: 492–500.

Matzinger, A., Schmid, M., Veljanoska-Sarafiloska, E., Patceva, S., Guseska, D., Wagner, B., Müller, B., Sturm, M., Wüest, A., 2007. Eutrophication of ancient Lake Ohrid: global warming amplifies detrimental effects of increased nutrient inputs. *Limnology and Oceanography* 52: 338–353, doi: http://dx.doi.org/10.4319/lo.2007.52.1.0338

Mortsch, L.D., Quinn, F.H., 1996. Climate change scenarios for Great Lake basin ecosystem studies. *Limnology and Oceanography* 41: 903–911, doi: http://dx.doi.org/10.4319/lo.1996.41.5.0903

Nehorai, R., Lensky, I.M., Lensky, N.G., Shiff, S., 2009. Remote sensing of the Dead Sea surface temperature. *Journal of Geophysical Research* 114: 4-11,doi: http://dx.doi.org/10.1029/2008JC005196

Novo, E.L., Barbosa, C.C.F., Freitas, R.M., Shimabukuro, Y.E., Melack, J.M., Pereira-Filho, W., 2006. Seasonal changes in chlorophyll distribution in Amazon flood plain lakes derived from MODIS images. *Limnology* 7: 153–161.

Paerl, H.W., Paul, V.J., 2012. Climate change: links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water Research* 46: 1349–1363, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2011.08.002

Piao, D.X., Wang, F.K., 2011. Environmental conditions and the protection counter-measures for waters of Lake Xingkai. *Lake Science* 23:196–202.

Reinart, A., Reinhold, M., 2008. Mapping surface temperature in large lakes with MODIS data. *Remote Sensing of Environment* 112: 603–611, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2007.05.015

Relyea, R.A., 2005. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications* 15: 618–627, doi: http://dx.doi.org/10.1890/03-5342

Schneider, P., Hook, S.J., Radocinski, R.G., Corlett, G.K., Hulley, G.C., Schladow, S.G., Steissberg, T.E., 2009. Satellite observations indicate rapid warming trend for lakes in California and Nevada. *Geophysical Research Letters* 36: L22402, doi: http://dx.doi.org/10.1029/2009GL040846

Sharpley, A.N., Withers, P.J., 1994. The environmentally-sound management of agricultural phosphorus. *Fertilizer Research* 39: 133–146, doi: http://dx.doi.org/10.1007/BF00750912

Sobrino, J.A., Jiménez, M., Paolinib, C.J., 2004. surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment* 90: 434-440, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003

Srivastava, P.K., Majumdar, T.J., Bhattacharya, A.K., 2009. Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM+ thermal infrared data. *Advances in Space Research* 43: 1563–1574, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2009.01.023

Strub, P.T., Powell, T.M., 1986. Wind-driven surface transport in stratified closed basins: Direct versus residual calculation. *Geophysical Journal International* 91:8497–8508.

Steissberg, T.E., Hook, S.J., Schladow, S.G., 2005. Measuring surface currents in lakes with high spatial resolution thermal infrared imagery. *Geophysical Research Letters* 32: L11402, doi: http://dx.doi.org/10.1029/2005GL022912

Steissberg, T.S., Hook, S., Schladow, S., 2005. Characterizing partial upwellings and surface circulation at Lake Tahoe, California–Nevada, USA with thermal infrared images. *Remote Sensing of Environment* 99:2-15, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2005.06.011

Strub, P.T., Powell, T.M., 1987. Surface temperature and transport in Lake Tahoe: Inferences from satellite (AVHRR) imagery. *Continental Shelf Research* 7:1001–1013, doi: http://dx.doi.org/10.1016/0278-4343(87)90096-3

Wan, Z., 2008. New refinements and validation of the MODIS Land-Surface Temperature/Emissivity products. *Remote Sensing of Environment* 112: 59-74, doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2006.06.026

Welch, R., Ehlers, W., 1987. Merging Multi resolution SPOT HRV and Landsat TM Data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing S* 53: 301-303.

Wooster, M., Patterson, G., Loftie, R., Sear, C., 2001. Derivation and validation of the seasonal thermal structure of Lake Malawi using multi-satellite AVHRR observations. *International Journal of Remote Sensing* 22: 2953–2972, doi: http://dx.doi.org/10.1080/01431160010006999

Wukelic, G.E., Gibbons, D.E., Martucci, I.M., Foote, H.P., 1989. Radiometric calibration of Landsat thematic mapper thermal band. *Remote Sensing of Environment* 28: 339–347, doi: http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(89)90125-9

Zoran, M.A., Nicola, D.N., Talianu, C.L., Ciobanu, M., Ciuciu, J.G., 2005. Analyses of thermal plume of Cernavoda nuclear power plant by satellite remote sensing data, in: Manfred Ehlers, Ulrich Michel (Eds.). Proceedings of the Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology V.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.24073

Eğirdir Yöresi doğal kızılçam ve karaçam meşcereleri için ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesi

Ramazan Özçelik [1*], Kaan Karaer [2]

[1] Süleyman Demirel University, Faculty of Forestry, Forest Engineering Division, 32260, Isparta, Turkey
[2] Süleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 32260, Isparta, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** ramazanozcelik@sdu.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 20.01.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 29.01.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 02.02.2015

Özet: Ağaçlara ilişkin hacim tahminleri, hem odun kaynağının sürdürülebilir yönetimi, hem de pratik ormancılık amaçları için çok gerekli ve yararlıdır. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), Türkiye'nin orman ürünleri sanayinin önemli hammadde kaynaklarıdır. Sürekli değişen pazar şartları, standartları karşılayacak doğru ve güvenilir çap ve hacim modellerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Maalesef, halen kullanılmakta olan hacim tabloları bu ihtiyacı karşılamak için yetersizdir. Günümüzde ağaç hacim ve biyokütle tahminleri için en güvenilir yollardan birisi gövde çapı ve gövde hacim modelleridir. Bu çalışmada, Eğirdir Yöresi kızılçam meşcerelerinden 132 ve karaçam meşcerelerinden alınan 121 örnek ağaç verisi kullanılarak değişken şekil gövde çapı modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla Lee ve ark. (2003), Kozak (2004) ve Sharma ve Zhang (2004) tarafından geliştirilen gövde çapı modelleri kullanılmıştır. Hiyerarşik bir kümelenme gösteren verilerde, veri yapısında var olan otokorelasyonun ortadan kaldırılması için ikinci derece otoregresive hata yapısı kullanılmıştır. Çalışmada test edilen modeller, çap ve ticari hacim tahminleri için başarılı sonuçlar vermiştir. Gövde çapı ve ticari boy tahminlerinde, en başarılı model Kozak (2004), ticari hacim tahminlerinde ise, en başarılı model her iki ağaç türü için de Sharma ve Zhang (2004) tarafından geliştirilen model olmuştur. Bu çalışmanın önemli sonuçlarından birisi de, herhangi bir ağaç türü için gövde çapı modelinin seçiminde, modelin hem çap tahminlerindeki başarısı hem de hacim tahminlerindeki başarısı da dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak, Eğirdir yöresi kızılçam ve karaçam meşcereleri için gövde çapı ve ticari hacim tahminleri için Sharma ve Zhang (2004) tarafından geliştirilen model önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Gövde çapı denklemi, otokorelasyon, gövde formu, ticari hacim, sayısal iterasyon.

Development of merchantable volume equations for natural brutian pine and black pine stands in Eğirdir District

Abstract: Determination of stem standing volume is very useful for both sustainable management of timber resources and practical purposes in forestry. Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) and black pine (*Pinus nigra* Arnold.) are important raw material of forest products industry of Turkey. With ever changing market conditions, there is a need to accurately estimate tree volumes utilizing multiple upper stem merchantability limits. This is not currently possible with the existing total stem volume tables for these three species. Nowadays, taper equations are the best way to estimate volume for saw timber and biomass purposes. In this study, variable exponent taper equations evaluated and fitted to data come from 253 destructively sampled trees which were collected in natural brutian pine and black pine stands in Eğirdir district. For this aim, the taper equations of Lee et al. (2003), Kozak (2004), and Sharma and Zhang (2004) were used. A second-order continuous-time autoregressive error structure was used to correct the inherent autocorrelation in the hierarchical data. The proposed models generally performed better for Merchantable tree volume. Results show that the Kozak (2004) taper equation was superior to the other equations in predicting diameter and merchantable height, while The Sharma and Zhang (2004) taper model provided the best predictions for merchantable volume than the other models. The one of the important results of this study, the importance of checking fit statistics of taper equations for both diameters and volume estimations.As a results, Sharma and Zhang (2004) taper model recommended for estimating diameter at a specific height, height to a specific diameter along the stem, and merchantable volume for brutian pine and black pine stands in Eğirdir analyzed.

Keywords: Taper equation, autocorrelation, stem form, commercial volume, numerical integration.

To cite this article (Atıf): Özçelik, R., Karaer, K., 2016. Eğirdir Yöresi doğal kızılçam ve karaçam meşcereleri için ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 59-74. DOI: 10.17099/jffiu.24073

1.GİRİŞ

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Türkiye'nin ekolojik ve ekonomik açıdan en önemli ağaç türlerindendir. Son yapılan envanter çalışmalarına göre kızılçam yaklaşık 5.9 milyon ha, karaçam ise 4.7 milyon ha alanda yayılış alanı ile Türkiye'de en geniş yayılış alanına sahip türler olup (Anonim, 2012), dikili ağaç serveti ise yaklaşık olarak, kızılçamda 270 milyon m^3 ve karaçmda ise 296 milyon m^3'dür. Türkiye'de, kızılçam ve karaçam ormanları, toprak ve su kaynaklarının korunması, biyolojik çeşitliliğin sürekliğinin sağlanması, ilkim değişiminin olumsuz etkisinin azaltılması ve adaptasyon gibi önemli çevresel konularda anahtar bir role sahiptir. Bu çerçevede farklı yetişme ortamı ve yörelerdeki kızılçam ve karaçam meşcerelerinin geleceğe dönük yönetimi ve planlanması ile ilgili stratejilerinin geliştirilmesinde, ormanlarının büyüme ve hasılatına ilişkin mevcut durumun ve kısıtların ortaya konması gerekmektedir. Ormanların büyüme, gelişme ve hasılat tahminlerinde kullanılan en önemli yapı taşlarından birisi ağaç hacim tahminleridir. Ancak, Türkiye'de ağaç ve ve meşcere hacminin tahmin edilmesinde kullanılan hacim tabloları, gerek sürekli değişen pazar şartlarının ortaya çıkardığı standartlarını karşılayamamaktadır. Diğer yandan, ülkemizde yetişme ortamı şartları, iklim ve topoğrafik faktörlere bağlı olarak büyük değişkenlikler gösterebilmektedir. Mevcut hacim tabloları yöresel düzeydeki bu değişkenlikleri açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle de Orman Genel Müdürlüğü, ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama ilkeleri çerçevesinde asli ağaç türlerinin ağaç ve meşcere hacminin tahmini için model geliştirilmesine ihtiyaç duymaktadır.

Özelikle orman ürünleri sanayindeki sürekli değişen ticari standartları karşılayacak ticari ağaç hacim tahminleri günümüzde çok daha önemlidir. Ticari hacim, ağaç gövdenin tümü ya da dip çap ile gövde üzerinde belirlenen herhangi bir nokta arasındaki hacim değeri olarak ifade edilebilir. Bu nokta herhangi bir minimum çap değeri yada gövde boyu olarak belirlenebilmektedir. Herhangi bir ticari standartı karşılayan hacmin tahmini için farklı alternatifler bulunkatadır. Bunlar içinde en çok kullanılanlar hacim-oran denklemleri ve gövde çapı modelleridir. Hacim oran denklemleri, ticari hacmi, toplam ağaç hacminin oranı olarak tahmin etmekte iken, gövde çapı modelleri, önce ağacın gövde formunu matematiksel bir formülle tanımlamakta ve daha sonra bu modelinin yerden herhangi bir yüksekliğe kadar integrali alınarak ağaç gövdesinin ilgili kısmının ticari hacmi bulunmaktadır. Her iki yöntemde de ticari meşcere hacmi, bütün ağaçların ticari hacim değerleri toplanarak elde edilmektedir (Crecente-Campo ve ark., 2009). Hacim oran denklemlerinden ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması oldukça kolay olmasına rağmen, günümüzde bu amaçla gövde çapı modelleri daha yagın olarak kullanılmaktadır. Çünkü ağaç gövde formu ne kadar doğru tanımlanabilirse, herhangi ticari limit için hacim de o kadar doğru olarak tahmin edilebilir (Jordan ve ark., 2005).

Gövde çapı modelleri yardımı ile; a) herhangi bir gövde yüksekliğindeki çap, b) herhangi bir gövde çapının hangi yükseklikte olduğu, c) ticari (satılabilir) gövdenin hacmi, d) toplam gövde hacmi, e) bir gövdeden elde edilebilecek tüm odun çeşitlerinin hacimleri, f) gövde üzerinde herhangi iki yükseklik arasındaki gövde bölümünün hacmi kolaylıkla tahmin edilebilmektedir (Kozak, 2004). Gövde çapı modellerinin diğer önemli bir avantajı da, bu modellerin büyüme ve hasılat modellerine entgere edilerek, farklı yetişme ortamları ve farklı yönetim uygulamaları sonunda elde edilebilecek farklı nitelik ve ticari standarlardaki odun hacminin tahminine de imkan sağlamalarıdır (De-Miguel ve ark., 2012).

Yüz yılı aşkın bir süredir en basitinden çok karmaşık model formlarına kadar çok sayıda gövde çapı modeli geliştirilmiştir (Kozak ve ark., 1969; Max ve Burkhart, 1976; Clark ve ark., 1991; Fang ve ark., 2000; Zakrzewski, 1999; Kozak, 1988 ve 2004). Newnham (1988)'e göre gövde çapı denklemleri üzerindeki çalışmaların her geçen gün artmasının iki temel sebebi vardır. Birincisi; bütün ağaç türleri için gövde formundaki varyasyonu tam olarak açıklayabilen bir teorinin bulunmaması, ikinci ise; sürekli değişen pazar koşullarına bağlı olarak değişen odun çeşidi standartlarını dikkate alan bir yöntemin elde edilememesidir. Bu nedenle gövde çapı modelleri bu alandaki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Ormancılık çalışmalarında iki grup gövde çapı modelinin başarı ile kullanıldığı belirtilmektedir (Fang ve ark. 2000). Bunlardan ilki parçalı-gövde çapı (Segmented-polinomial) modelleridir. Bu modeller farklı ağaç bölümlerinin çap düşüşlerini farklı denklem formları kullanılarak tanımlamaktadır (Max ve Burkhart, 1976;

Clark ve ark., 1991; Fang ve ark., 2000; Sharma ve Oderwald, 2001). İkinci grup ise; değişken şekil çap modelleridir. Bu modellerde bir ağaç gövdesinin, dipten tepeye doğru nayloid, paraboloid ve konik parçalardan oluştuğu düşünülmektedir (Newnham, 1988; Kozak, 1988; Perez ve ark., 1990). Ancak bu model formunun bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar; gövde üzerindeki farklı şekillerin hacim hesaplamalarında birleştirilememesi ve en yüksekteki çap değeri için ticari boyun doğrudan hesaplanamayıp, bir iterasyon ile hesaplanmasının gerekli olmasıdır. Rojo ve ark. (2005), Yang ve ark. (2009) ve Li ve Weiskittel (2012) tarafından yapılan çalışmalarda ise sürekli değişken üssel ya da sürekli değişken form gövde çapı modellerinin gövde çapı ve ağaç hacim tahminlerinde daha başarılı olduğu belirtilmiştir.

Gövde çapı modellerinin önemli bir özelliği de modellerin tür tabanlı olmasıdır. Dolayısı ile bir modelin çap ve ticari hacim tahminlerindeki başarısı türe bağımlıdır (Sharma ve Zhang, 2004). Diğer yandan, meşcere sıklığı, gençleştirme metodu, toprak tipi, jeo-klimatik faktörler de bir ağacın gövde formu ve büyümesi üzerine önemli etkiye sahiptir (Li ve ark., 2012). Bu nedenle her ağaç türü ve farklı yetişme ortamları için farklı gövde çapı modellerinin geliştirilmesi ya da farklı parametre setinin kullanılması gerekmektedir.

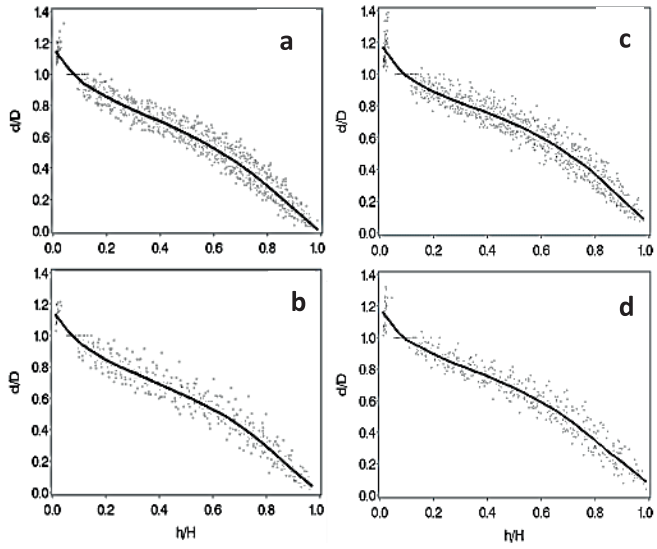
Ülkemizde gövde çapı modelleri çok yaygın olarak kullanılmamış olmakla birlikte, bazı gövde çapı modellerinin bazı ağaç türleri için uygun ve uygulanabilir olup olmadığı yöresel düzeyde yapılan çalışmalarla değerlendirilmiştir (Yavuz, 1995; Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Sakıcı ve ark., 2008; Meydan-Aktürk, 2006; Brooks ve ark., 2008; Özçelik, 2010; Özçelik ve ark., 2011; Özçelik ve Brooks, 2012; Özçelik ve Bal, 2013; Ercanlı ve Kahriman, 2013). Ancak, gövde çapı modelleri, ülkemizde ağaç türlerinin ticari hacim tahminleri için kullanılmamıştır.

Bu amaçla bu çalışmada; Lee ve ark. (2003), Sharma ve Zhang (2004) ve Kozak (2004) tarafından önerilen değişken şekil gövde çapı modelleri kullanılarak Eğirdir Yöresi doğal kızılçam ve karaçam meşcereleri için gövde çapı ve ticari hacim denklemleri geliştirilmiştir. Yukarıda da belirtildiği gibi, bu modeller pek çok çalışmada diğer gövde çapı modellerine göre daha güvenilir sonuçlar vermiştir (Rojo ve ark. 2005; Berhe ve Arnoldsson, 2008; Heidarsson ve Pukkala, 2011; Li ve ark., 2012; Schröder ve ark., 2014).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Bu çalışma için gerekli örnek ağaç verileri, Eğirdir Orman İşletme Müdürlüğü doğal kızılçam ve karaçam meşcerelerinden elde edilmiştir. Bu amaçla, doğal kızılçam meşcerelerinden 132 ve doğal karaçam meşcerelerinden 121 adet olmak üzere 253 adet örnek ağaç ölçümü gerçekleştirilmiştir. Örnek ağaçların meşcere kuruluşlarını ve dolayısıyla çap ve boy sınıflarını en iyi şekilde temsil etmesini sağlamak amacıyla, tüm çap ve boy sınıflarına mümkün olduğu kadar eşit dağılımının sağlanmasına çalışılmıştır. Örnek ağaçların seçiminde gövdelerin çatallı ve eğri, tepelerin kırık olmamasına ve ağaçların yetişme ortamı şartlarını en iyi biçimde yansıtmasına dikkat edilmiştir. Örnek ağaçlar kesildikten sonra her ağaç üzerinde sırasıyla şerit metre yardımı ile ağaç boyları ölçülmüş ve daha sonra her ağaç üzerinde birer metre aralıkla gövde çapları ölçülmüştür. Çap ölçümleri için elektronik çap ölçer kullanılmıştır. Boy ölçümleri 5 cm; çap ölçümler ise 0.1 cm hassasiyetle gerçekleştirilmiştir. Örnek ağaç hacimlerinin belirlenmesi amacıyla Bailey (1995) tarafından geliştirilen “the overlapping bolt method” yöntemi kullanılmıştır. Örnek ağaçlar SAS istatistiksel programındaki ranuni fonksiyonu kullanılarak rasgele iki gruba ayrılmıştır. Genel olarak, örnek ağaçların yaklaşık %70’i model geliştirmek amacıyla, geri kalan yaklaşık %30’lik kısmı ise geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Şekil / Figure 1’de model geliştirmek ve geliştirilen modelleri test etmek için kullanılan örnek ağaçlara ilişkin nisbi çap-boy grafiği; Tablo / Table 1 ve 2’de ise nitelendirici istatistikî bilgiler verilmiştir.



Şekil 1. Kızılçam (a-b) ve Karaçam (c-d) için model geliştirme (a-c) ve test verilerinin (b-d) nisbi çap- nisbi boy ilişkisi
Figure 1. Relative height against relative diameter for model fitting (b-d) and model validation data (a-c) for brutian pine (a-b) and black pine (c-d)

Tablo 1. Kızılçamda model geliştirmek ve modelin testi için kullanılan verilere ilişkin niteleyici istatistikler
Table 1. Descriptive statistics for model fitting and model validation data for brutian pine

Tür	Ortalama	S.Hata	Minimum	Maksimum
Kızılçam				
Model Geliştirme Verisi (n=93)				
Göğüs Çapı (cm)	30.5	9.4	17.0	61.2
Toplam Boy (m)	17.1	3.7	7.4	24.9
Hacim (m^3)	0.63	0.52	0.09	2.53
Model Test Verisi (n=39)				
Göğüs Çapı (cm)	30.6	9.0	16.0	51.5
Toplam Boy (m)	17.6	3.8	9.0	24.0
Hacim (m^3)	0.62	0.45	0.06	2.01

Tablo 2. Karaçamda model geliştirmek ve modelin testi için kullanılan verilere ilişkin niteleyici istatistikler
Table 2. Descriptive statistics for model fitting and model validation data for black pine

Tür	Ortalama	S.hata	Minimum	Maksimum
Karaçam				
Model Geliştirme Verisi (n=80)				
Göğüs Çapı (cm)	30.5	9.6	15.0	50.2
Toplam Boy (m)	15.1	3.4	8.5	22.2
Hacim (m^3)	0.61	0.44	0.07	2.00
Model Test Verisi (n=41)				
Göğüs Çapı (cm)	32.2	10.1	12.0	54.0
Toplam Boy (m)	15.6	4.1	6.8	24.1
Hacim (m^3)	0.71	0.55	0.04	2.20

2.2 Yöntem

2.2.1 Gövde çapı modelleri

Bu çalışmada; Lee ve ark. (2003), Sharma ve Zhang (2004) ve Kozak (2004) tarafından önerilen değişken üssel gövde çapı modelleri kullanılarak doğal kızılçam ve karaçam ağaç türleri için gövde çapı modelleri geliştirilmiştir.

Lee ve ark. (2003) tarafından gövde formunun tahmin edilmesi amacıyla değişken üssel gövde çapı modeli geliştirilmiştir. Bu model gövde formunda dipten tepeye doğru meydana gelen değişimi farklı indislerle tanımlamaya çalışmıştır. Yapılan istatistiksel ve grafiksel değerlendirmeler, geliştirilen modelin Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen modelden daha başarılı olduğu ve en az Kozak (1988) tarafından geliştirilen model kadar da başarılı olduğu görülmüştür (Lee ve ark., 2003).

Sharma ve Zhang (2004) ise Sharma ve Oderwald (2001) tarafından geliştirilmiş olan boyutsal uyumlu gövde çapı modelini temel alarak değişken şekil gövde çapı modeli geliştirmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmeler, gövde çapı tahminlerinde Sharma ve Zhang (2004) tarafından geliştirilen modelin, Max ve Burkhart (1976), Kozak (1988) ve Zakrzewski (1999) tarafından geliştirilen farklı formlardaki gövde çapı modellerinden daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur (Sharma ve Parton, 2009).

Kozak (2004) ise bir ağaç gövdesi boyunca tutarlı gövde çapı, ticari boy ve ticari hacim tahminleri için en iyi çözümü sunan bir değişken üssel gövde çapı modeli önermiştir. Bu model formu Kozak (1988) tarafından geliştirilen diğer bir değişken üssel gövde çapı modelinde ortaya çıkan çoklu bağıntı problemini azaltmak amacıyla kısmı değişiklikler yapılarak elde edilmiştir. Çalışmada kullanılacak üç farklı değişken üssel gövde çapı modeline ilişkin denklemler aşağıda verilmiştir.

Model-1 (Lee ve ark. 2003)

Gövde çapı modeli;

$$d = b_1 D^{b_2} (1 - z)^{b_3 z^2 + b_4 z + b_5} \tag{1}$$

$$z = \frac{h}{H}$$

Model-2 (Sharma ve Zhang 2004)

Gövde çapı modeli;

$$\left(\frac{d}{D}\right)^2 = b_0 \left(\frac{h}{h_D}\right)^{2-\left(b_1 + b_2 z + b_3 z^2\right)} \left(\frac{H - h}{H - h_d}\right) \tag{2}$$

$$h_D = \quad 1.3 \text{ m}$$

$$z = \frac{h}{H}$$

Model-3 (Kozak 2004)

Gövde çapı modeli;

$$d = a_0 D^{a_1} H^{a_2} x^{b_1 z^4 + b_2\left(1/e^{D/H}\right) + b_3 x^{0.1} + b_4(1/D) + b_5 H^w + b_6 x} \quad (3)$$

$$x = w/\left(1-(1.3/H)^{1/3}\right)$$

$$w = 1 - z^{1/3}$$

D= kabuklu göğüs çapı (cm),
H= toplam ağaç boyu (m),
d = ölçüm noktasındaki kabuklu çap,
h = ölçüm noktasının yerden yüksekliği (m),
a_i, b_i = regresyon katsayıları, i=1…5

2.2.2 İstatistiksel Analiz

En küçük kareler yöntemi kullanılarak gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde, bazı temel problemler bulunmaktadır ve bunlar arasında en yaygın ve en çok karşılaşılanları çoklu bağıntı ve otokorelasyon problemleridir (Kozak, 1997). Bu problemler sıradan en küçük kareler (OLS) yaklaşımının temel varsayımı olan hataların bağımsızlığı kuralını bozmaktadır. Yine bu problemler, model katsayılarının standart hatalarını ciddi şeklide etkileyebilmektedirler. Bu yüzden gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde otokorelasyon probleminden kaçınabilmek ve çoklu bağıntı problemini azaltabilmek için uygun istatistiksel yaklaşımların seçilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Kozak, 1997).

Çoklu bağıntı; çoklu doğrusal veya doğrusal olmayan regresyon analizlerinde bağımsız değişkenler arasındaki güçlü bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Çoklu bağıntı, doğrusal ya da doğrusal olmayan regresyon analizinde bağımsız değişkenler arasındaki yüksek korelasyonu ifade etmektedir. Model yapısındaki değişkenler arasındaki çoklu-bağıntı probleminin varlığını değerlendirmek için Koşul Sayısı (Condition Number-CN) kullanılmıştır. Koşul sayısı, korelasyon matrisinin en küçük ve en büyük özdeğerlerinin oranının karekökü olarak ifade edilmektedir. Belsey (1991)'e göre, koşul Sayısı 5-10 arasında ise çoklu bağıntı problem değildir, şayet 30-100 arasında ise çoklu bağıntı ile ilgili bir problem olabilir, ama 1000-3000 arasında ise şiddetli çoklu bağıntı problemi olabileceği ifade edilmektedir. Myers (1990) ise koşul sayıs değerinin 32'den daha yüksek çıkması durumunda çoklu bağıntı ile ilgili bir problemin varlığını göstereceğini ifade etmektedir.

Genel olarak gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde kullanılan veriler her ağaç üzerinde çok sayıda benzer ölçümler içermesi nedeniyle, bu ölçümler arasında korelasyonun ortaya çıkma ihtimalini arttırmakta ve bu durum hata terimlerinin bağımsız olma varsayımına ters düşmektedir. Bu çalışmada otokorelasyon problemini ortadan kaldırabilmek için ikinci derece otoregresif hata yapısı (CAR(x)) kullanılmıştır. Otokorelasyonun varlığını test etmek için otoregresif hata yapısının farklı dizinleri kullanılmış ve her ağaç için gözlemlerin artıklarına karşılık gelen temsili örneklerin hataları görsel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla SAS istatistiksel analiz programındaki MODEL Yöntemi kullanılmıştır (SAS Institute, 2013). Otokorelasyon probleminin çözümüne ilişki detaylı bilgiler Zimmerman ve Nunez-Anton (2001)'de bulunabilir.

2.2.3 Model Performanslarının Değerlendirmesinde Kullanılan Ölçütler

Geliştirilen gövde çapı modellerin tahmin performansının testi için ortalama hata (E), ortalama hata yüzdesi (%E), tahminlerin standart hatası (SEE), tahminlerin standart hata yüzdesi (%SEE), belirtme katsayısı (R^2) ve Akaike bilgi kriteri (AIC) gibi ölçüt değerleri kullanılmıştır. Bu değerlerin elde edilmesi için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}(y_i - \hat{y}_i)}{n} \quad (4)$$

$$E\% = \frac{\sum_{i=1}^{i=n}(y_i - \hat{y}_i)/n}{\bar{y}} \times 100 \quad (5)$$

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\text{n - p}}} \quad (6)$$

$$SEE\% = \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}} \Big/ \bar{y} \right) \cdot 100 \quad (7)$$

$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2} \right] \quad (8)$$

$$\text{AIC} = n \log\left(\sum_{i=1}^{i=n}\left(Y_i - \hat{Y}_i\right)^2 / n \right) + 2p \quad (9)$$

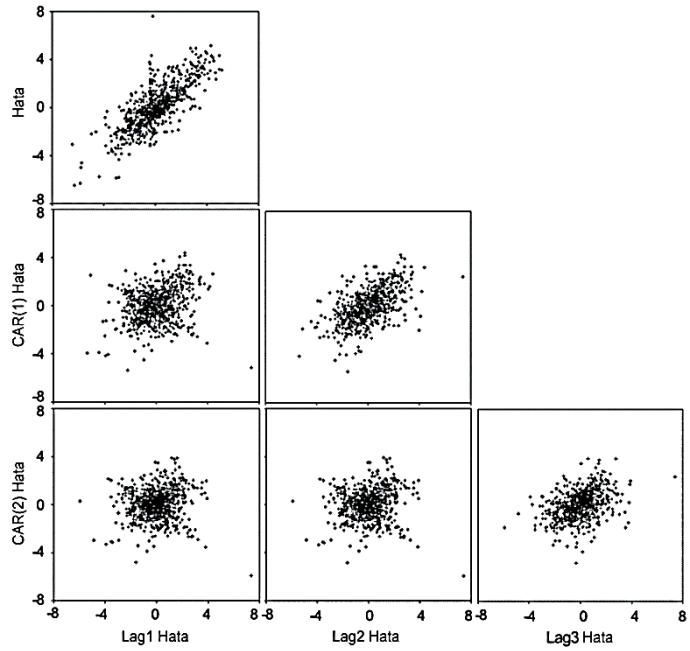
Burada; y_i ölçülen değerleri, $\hat{y}_i$ model ile tahmin edilen değerleri, $\bar{y}$ ölçülen değerlerin ortalamasını, n model geliştirmek için kullanılan toplam gözlem sayısını ve p ise tahmin edilen parametre sayısını göstermektedir.

Test edilen modeller için, her bir ticari çap değeri için boy tahminleri de yapılmıştır. Çalışmada kullanılan modeller, ilgili ticari çap değerine bağlı olarak, matematiksel yönden boy tahminine imkan sağlamadığı için tekrarlı (iterative) metot yardımı ile sayısal çözüm gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla "Bisection metodu" kullanılmıştır. Yine çalışmada kullanılan gövde çapı modelleri, değişken şekil gövde çapı modelleri olduğu için, modellerin doğrudan integrali alınarak hacim denklemine dönüştürülmesi mümkün değildir. Bu nedenle çalışmada kullanılan gövde çapı modelleri için ticari hacim tahminleri, dipten itibaren her bir çap değeri için SAS paket programındaki QUAD prosedürü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gövde çapı modelleri yardımı ile ticari hacim tahminleri iki aşamada gerçekleştiirlmektedir. Birinci aşamada ilgilenilen ticari hacim için gerekli en küçük çap değeri ve bunun dip çaptan olan uzakliği belirlenmekte, ikinci aşamada ise ticari hacim hesaplanmaktadır. Dolayısı ile ticari hacim için ayrı bir denkleme gerek duyulmamaktadır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde otokorelasyon probleminden kaçınabilmek ve çoklu bağıntı problemini azaltabilmek için uygun istatistiksel yaklaşımların seçilmesi gerektiği belirtilmektedir (LeMay ve ark., 1993; Kozak, 1997; Williams and Reich, 1997). İlkönce, otokorelasyonun göstergesi olan hata terimlerindeki artış dikkate alınmaksızın doğrusal olmayan en küçük kareler (OLS) yöntemi kullanılarak model parametreleri tahmin edilmiştir. Lag 1 ve lag 2 artıkların bir fonksiyonu olarak test edilen bütün modeller için aynı ağaç içerisinde model geliştirme sırasında kullanılan verilerin doğası gereği beklendiği

gibi, benzer bir eğilim görülmektedir. Şekil / Figure 2'nin 1.satırında Kozak (2004) için bu durum görülmektedir. Otokorelasyonun ortadan kaldırılması için II. dereceden otoregresif hata yapısının CAR(2) kullanılmasından sonra, Şekil / Figure 2'nin 3. satırında görüldüğü gibi hatalarda görülen eğilim ortadan kalkmıştır. İlgili grafiğin 3. Satır 3. Sütunu incelendiğinde yüksek bir otokorelasyon görülmemektedir. Otokorelasyonun düzeltilerek ve düzeltilmeden yapılan parametre tahminleri arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar gövde çapı modellerindeki otokorelasyonun, otoregresif hata yapısı modelleri ile tam olarak ortadan kaldırılamadığı da ifade edilmektedir (Garber ve Maguire, 2003; Trincado ve Burkhart, 2006). Yine burada belirtilmesi gereken önemli bir husus; otokorelasyon probleminin düzeltilmesinin tek amacı modelin istatistiksel özelliklerinin iyileştirilmesidir. Eğer çalışmada, aynı ağaçta farklı boy değerlerinde ölçülmüş çap değerleri kullanılmıyor ise otokorelasyonun pratik açıdan bir önemi yoktur (Corral-Rivas ve ark., 2007; Barrio-Anta ve ark., 2007).



Şekil 2. Çap tahmininde ortaya çıkan artıklar için, Kozak (2004) modelinin parametreleri arasında otokorelasyon olmadığı düşüncesiyle testi (ilk satır) ve birinci ve ikinci derece otoregresive hata yapısı ile testi (sırasıyla ikinci ve üçüncü satırlar)

Figure 2. *d* residuals plotted against: Lag1-residuals (left column), Lag2-residuals (middle column), and Lag3-residuals (right column) for the model of Kozak. (2004) fitted without considering the autocorrelation parameters (first row), and with continuous autoregressive error structures of first and second order (second and third rows, respectively).

Çalışmada kullanılan üç model içinde parametre tahminleri ve onlara ilişkin standart hata değerleri, kızılçam ve karaçam ağaç türleri için ayrı ayrı Tablo / Table 3'de verilmiştir. Bütün parametreler Kozak (2004) modeli için kızılçamda a_2, b_5 ve b_6 ve karaçamda a_2, b_2 ve b_5 hariç %1 seviyesinde anlamlı bulunmuştur.

Modeldeki değişkenler arasındaki çoklu-bağıntı probleminin ortaya çıkarılmasında koşul sayısı (*Condition Number*-CN) kullanılmıştır. Kızılçam ve Karaçam için test edilen tüm modellerde Sharma ve Zhang (2004) modeli hariç, orta derecede çoklu bağıntı problemi olduğu görülmüştür. Örneğin Kızılçam için Lee ve ark. (2003), Kozak (2004) ve Sharma ve Zhang (2004) modelleri için koşul sayıları sırasıyla 43, 90 ve 12 olarak

bulunmuştur (Tablo / Table 4). Bunula birlikte, çoklu bağıntı problemi modellerin pratik kullanımları açısından büyük önem arz etmemektedir.

Kızılçam ve karaçam ağaç türleri ve üç model için Belirtme katsayısı (R^2), hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE), Akaike Bilgi Kriteri (AIC) değerleri Tablo / Table 4'de verilmiştir. Her üç model de kızılçam için çap, boy ve ticari hacim tahminlerindeki varyasyonun %99, %97 ve %99'undan daha fazlasını açıklamakta iken, karaçamda %98, %95 ve %98'inden daha fazlasını açıklayabilmektedir.

Tablo / Table 4'deki ölçüt değerleri dikkate alındığında; kızılçam ve karaçam ağaç türleri için, çap ve boy tahminlerinde en başarılı modelin Kozak (2004) olduğu, hacim tahminlerinde ise Sharma ve Zhang (2004) olduğu görülmektedir. Kızılçam ve karaçam ağaç türleri için genel bir değerlendirme yapılacak olursa her üç model de kızılçam için karaçama göre daha başarılı sonuçlar üretmiştir.

Kızılçam ve karaçam türleri için, geliştirilen gövde çapı modellerinin etkinliğini daha yakından test etmek için çap tahminlerine ilişkin hata ve hata yüzde, (E ve %E) ve standart hata ve yüzde değerlerinin (SSE ve %SEE) nisbi boy değerleri için (Tablo / Table 5-6) değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu amaçla ağaç gövdesi on eşit parçaya ayrılmış ve her parça için hata ve standart hata değerleri bulunmuştur. Kızılçam için en yüksek SEE değerleri ağaç boyunun %60-70'inde görülürken, Karaçam ağaç türünde ise ağaç boyunun %0-20'nde görülmüştür.

Jiang ve ark. (2005) tarafından da belirtildiği gibi; ağaç boyunun yerden itibaren %60'lık kısmı dallanmanın başladığı ve dolayısı ile de gövde formunda değişkenliğin en yoğun olduğu bölgedir. Yine ağaç gövdesinin %-20'lik kısmı ise ağaçlarda gövde şişkinliğinin en yüksek olduğu ve dolayı ile ağaçlar arasında çapların en düzensiz dağıldığı bölgedir. Test edilen üç model için de; kızılçam ağaç türü için ağaç gövdesinin %50 ve daha alt kısımlardaki hata düzeyinin ağacın üst kısımlarına göre daha düşük olduğu söylenebilir (Tablo / Table 5). Karaçam da ise her üç model için de kızılçamın aksine en yüksek hata oranları gövdenin %20 ve daha alt kısımlarında ortaya çıkmıştır (Tablo / Table 6).

Bu durum, araştırmanın yürütüldüğü Eğirdir yöresinde kızılçam ağaçlarının dip kısımlarının karaçama göre daha dolgun ve silindirik olduğunu göstermektedir. Çap tahmini için standart hata yüzdesi düşünüldüğünde tüm modellerin gövdenin %0-70'lik bölümleri arasındaki tahmin hatası nisbi boy sınıfları için yaklaşık olarak eşit dağılmıştır. Ağaç gövdesinin ticari açıdan en değerli bölümü gövdenin alt ve orta bölümü olduğu düşünüldüğünde modellerin çap tahmini performanslarının başarılı olduğu söylenebilir.

Kızılçam ve karaçam ağaç türleri için geliştirilen modelleri değerlendirmek ve karşılaştırmak için kullanılabilecek diğer bir yöntem de hatalara ilişkin grafikleri incelemektir. Ölçülen ve tahmin edilen çap ve boy değerlerine ilişkin hataların nisbi boy sınıfları için dağılımı Şekil / Figure 3'de, farklı göğüs çapları için tahmin edilen ve ölçülen hacim tahminleri arasındaki farka ilişkin hataların dağılımı ise Şekil / Figure 4'de verilmiştir.

Şekil / Figure 3 incelendiğinde; çap ve boy tahminlerinde her iki ağaç türü içinde test edilen gövde çapı modelleri arasında büyük farklılıklar bulunmamaktadır. Bununla birlikte Sharma ve Zhang (2004) tarafından geliştirilen modelin hem kızılçam hem de karaçam için çap ve boy tahminlerinde gövdenin orta bölümü için diğer modellerden farklı olarak negatif yönlü hata verdiği görülmektedir.

Aynı model, gövdenin alt ve uç kısmında ise pozitif yönlü hata göstermektedir. Gövde çapı tahminlerinde özellikle gövdenin alt ve orta bölümlerindeki tahmin hataları büyük öneme sahiptir. Çünkü ağacın parasal ve miktar olarak en değerli kısmı bu kısımlarda bulunmaktadır (Li ve Weiskittel, 2010; Li ve ark., 2012). Bu çalışmada kullanılan modellerin üçü de ağaç gövdesinin alt ve orta kısımlarındaki çap tahminleri büyük ve kabul edilemez hata değerleri içermemektedir.

Tablo 3 Test edilen modeller için parametre tahminleri ve bu tahminlere ilişkin standart hata değerleri
Table 3. Parameter estimates and corresponding standard errors of the models analyzed

Modeller	a_0	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6
Kızılçam										
Lee ve ark.					1.5325	0.9202	2.4778	-3.3186	1.9455	
(2003)					(0.0351)	(0.0064)	(0.1090)	(0.1299)	(0.0390)	
Kozak	0.9981	0.9378	0.0749*		0.5429	-0.6268	0.4773	3.3862	-0.0061*	0.0174*
(2004)	(0.0383)	(0.0125)	(0.0208)		(0.0253)	(0.1071)	(0.0166)	(0.7254)	(0.0057)	(0.0426)
Sharma ve Zhang	0.9547	2.1317	-0.3604	0.8567						
(2004)	(0.0071)	(0.0044)	(0.0453)	(0.0564)						
Karaçam										
Lee ve ark.					1.8008	0.8785	1.7762	-2.6172	1.6835	
(2003)					(0.0707)	(0.0110)	(0.1336)	(0.1706)	(0.0556)	
Kozak	1.1608	0.9382	0.0295*		0.4244	-0.1105*	0.4268	-0.0211	-0.0225*	0.1476
(2004)	(0.0652)	(0.0192)	(0.0298)		(0.0287)	(0.1631)	(0.0236)	(0.9231)	(0.0096)	(0.0572)
Sharma ve Zhang	0.9850	2.1377	-0.4217	0.686						
(2004)	(0.0100)	(0.0066)	(0.0605)	(0.0714)						

Tablo 4. Test edilen modeller için ölçüt değerleri ve koşul sayıları
Table 4. Goodness-of-fit statistics and condition number of the models analyzed

Modeller	Gövde Çapı			Boy*			Ticari Hacim			
	R^2	RMSE	AIC	R^2	RMSE	AIC	R^2	RMSE	AIC	CN
Kızılçam										
Lee ve ark. (2003)	0.9936	0.8886	-356	0.9704	0.8852	-311	0.9922	0.0422	-9794	43
Kozak (2004)	0.9940	0.8625	-445	0.9716	0.8676	-402	0.9916	0.0437	-9682	90
Sharma ve Zhang (2004)	0.9923	0.9763	-66	0.9659	0.9509	-136	0.9925	0.0413	-9867	12
Karaçam										
Lee ve ark. (2003)	0.9849	1.3105	567	0.9558	0.9477	-61	0.9842	0.0473	-6269	48
Kozak (2004)	09862	1.2581	485	0.9571	0.9348	-117	0.9847	0.0467	-6295	79
Sharma ve Zhang (2004)	0.9849	1.3107	565	0.9567	0.9392	-108	0.9856	0.0451	-6369	13

**Ağaç Gövdesi üzerindeki herhangi bir çap değeri için boyun matematiksel olarak tahmini için Bisection Yöntemi Kullanılmıştır. Sayısal Çözümler iterasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.*

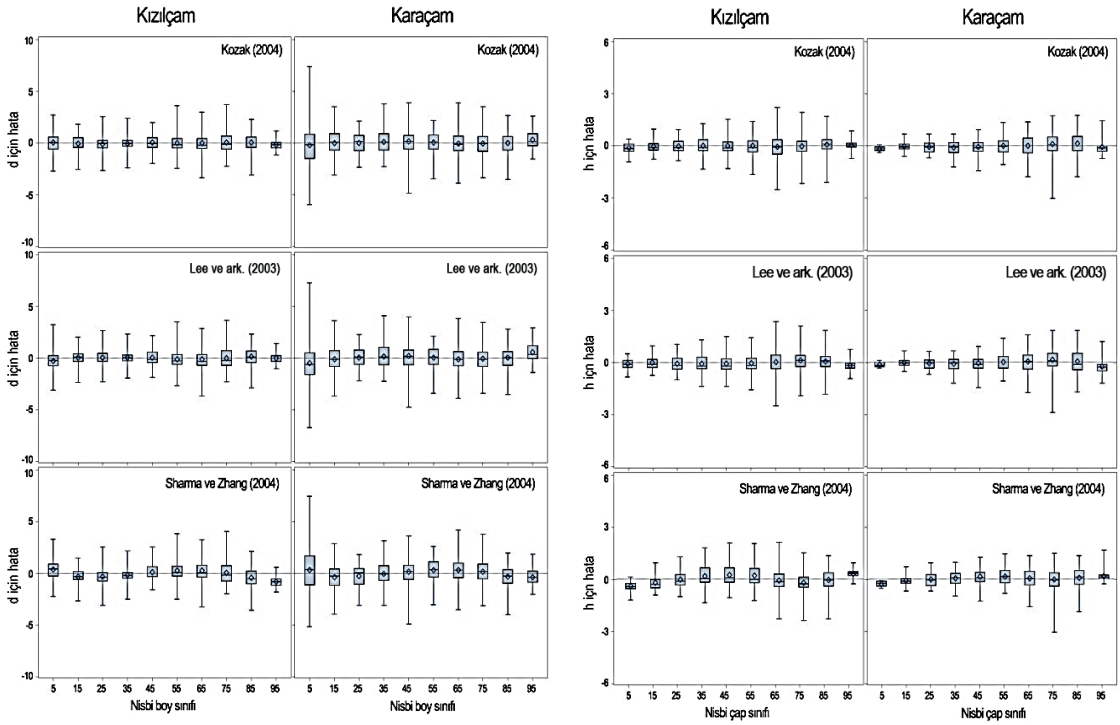
Tablo 5. Kızılçam için gövde çapı tahminlerine ilişkin ortalama hata (B) ve tahminlerin standart hatası (SEE) değerlerinin nisbi boy sınıfları itibariyle dağılımı
Table 5. Biases (B) and standard errors of estimates (SEE) by relative heights for outside bark diameter estimations for brutian pine

Nisbi Boylar	n	Kozak (2004) Gövde çapı				Lee ve ark. (2003) Gövde çapı				Sharma ve Zhang (2004) Gövde çapı			
		B (cm)	%B	SEE (cm)	%SEE	B (cm)	%B	SEE (cm)	%SEE	B (cm)	%B	SEE (cm)	%SEE
0.0-0.1	180	0.2980	0.0873	0.9627	2.8244	-0.2444	-0.7170	1.0158	2.9803	0.3661	1.0740	1.1532	3.3835
0.1-0.2	153	-0.0384	-0.1339	0.8612	3.0054	0.0393	0.1372	0.8669	3.0253	-0.3184	-1.1110	0.9224	3.2187
0.2-0.3	161	-0.0808	-0.3056	0.8560	3.2380	0.0517	0.1955	0.8428	3.1882	-0.3325	-1.2578	0.8904	3.3680
0.3-0.4	163	-0.0330	-0.1402	0.7646	3.2490	0.0638	0.2711	0.7493	3.1839	-0.1831	-0.7780	0.7637	3.2453
0.4-0.5	157	0.0336	0.1596	0.7826	3.7222	0.0375	0.1785	0.7879	3.7471	0.1056	0.5021	0.8042	3.8250
0.5-0.6	160	-0.0146	-0.0781	0.9505	5.0997	-0.0981	-0.5263	0.9775	5.2446	0.2604	1.3971	1.0443	5.6031
0.6-0.7	162	-0.0059	-0.0392	1.0119	6.6741	-0.1233	-0.8135	1.0598	6.9905	0.2638	1.7397	1.1334	7.4756
0.7-0.8	159	0.0664	0.5894	1.0307	9.1539	0.0255	0.2260	1.0562	9.3805	0.0540	0.4794	1.1102	9.8599
0.8-0.9	161	0.0661	0.9636	0.9105	13.2660	0.1763	2.5693	0.9389	13.6803	-0.4072	-5.9333	1.0631	15.4898
0.9-1.0	93	-0.1816	-6.6608	0.5326	19.5396	0.0047	0.1730	0.4908	18.0068	-0.8214	-30.135	1.0174	37.3242
Toplam	**1549**	**-0.0081**	**-0.0413**	**0.8625**	**4.3805**	**-0.0104**	**-0.0530**	**0.8886**	**4.5128**	**-0.0637**	**-0.3233**	**0.9769**	**4.9617**

Tablo 6. Karaçam için gövde çapı tahminlerine ilişkin ortalama hata (B) ve tahminlerin standart hatası (SEE) değerlerinin nisbi boy sınıfları itibariyle dağılımı

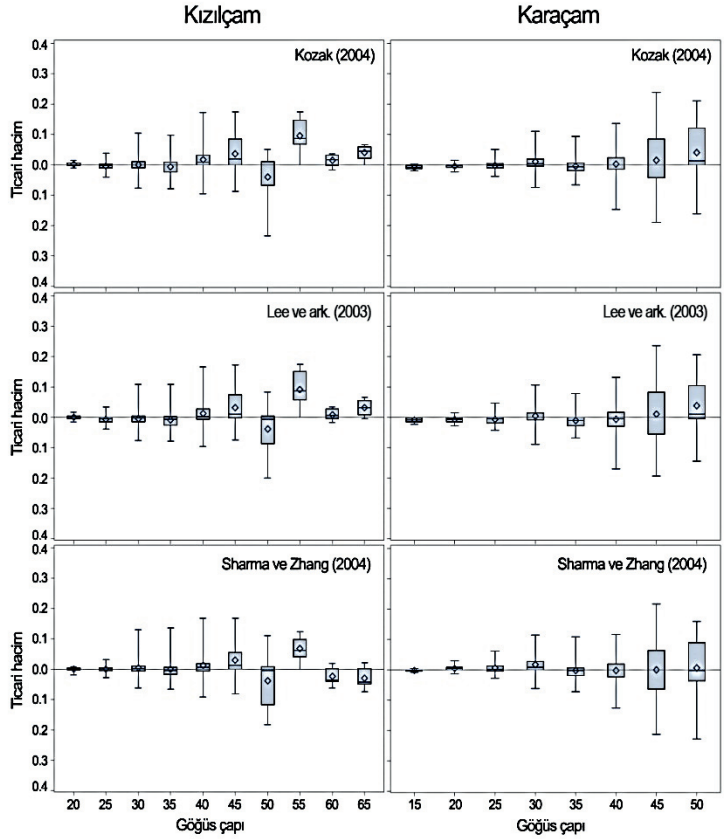
Table 6. Biases (B) and standard errors of estimates (SEE) by relative heights for outside bark diameter estimations for black pine

Nisbi Boylar	n	Kozak (2004)				Lee ve ark. (2003)				Sharma ve Zhang (2004)			
		Gövde çapı				Gövde çapı				Gövde çapı			
		B (cm)	%B	SEE (cm)	%SEE	B (cm)	%B	SEE (cm)	%SEE	B (cm)	%B	SEE (cm)	%SEE
0.0-0.1	136	-0.2239	-0.6430	1.8438	5.2951	-0.4859	-1.3954	1.9812	5.6896	0.3116	0.8948	2.0100	5.7721
0.1-0.2	98	0.0057	0.0206	1.4894	5.3594	-0.1126	-0.4052	1.5410	5.5452	-0.3537	-1.2727	1.4950	5.3798
0.2-0.3	107	0.0042	0.0165	1.0474	4.0920	0.0722	0.2819	1.0633	4.1544	-0.2487	-0.9716	1.1062	4.3220
0.3-0.4	101	0.1130	0.4822	1.3013	5.5557	0.1843	0.7867	1.3225	5.6464	-0.0711	-0.3035	1.2398	5.2930
0.4-0.5	103	0.1525	0.6891	1.2583	5.6861	0.1913	0.8646	1.2511	5.6536	0.1585	0.7164	1.2475	5.6373
0.5-0.6	100	0.0569	0.2888	1.1706	5.9378	0.0586	0.2975	1.1431	5.7982	0.3280	1.6636	1.2182	6.1795
0.6-0.7	106	-0.0752	-0.4450	1.3067	7.7361	-0.1166	-0.6903	1.2867	7.6172	0.3178	1.8815	1.3089	7.7490
0.7-0.8	102	-0.0341	-0.2595	1.1860	9.0174	-0.0726	-0.5519	1.1710	8.9040	0.1735	1.3192	1.1808	8.9782
0.8-0.9	111	-0.0174	-0.2002	1.0677	12.2904	0.0380	0.4370	1.0524	12.1139	-0.3117	-3.5877	1.1453	13.1830
0.9-1.0	65	0.3099	6.3466	1.0859	22.2380	0.5947	12.1783	1.2474	25.5461	-0.3709	-7.5962	0.9960	20.3963
Toplam	**1029**	**0.0098**	**0.0477**	**1.2581**	**6.0982**	**-0.0020**	**-0.0099**	**1.3105**	**6.3526**	**0.0153**	**0.0741**	**1.3120**	**6.3595**



Şekil 3. Kızılçam ve Karaçam için gövde çapı ve boy tahminlerinde ortaya çıkan hataların nisbi boy sınıflarına dağılım grafiği. Kare işareti, çap sınıfına ilişkin tahmin hatalarının ortalamasını, Kutular ise, hataların yayılma alanını temsil etmektedir. Yukarı ve aşağı uzanan dikey çizgiler ise, maksimum ve minimum çap ve hacim tahmin hatalarını temsil etmektedir.

Figure 3. Box plots of *d* and *h* residuals (*Y*-axis, cm) against relative height classes (*X*-axis, in percent) for brutian pine and black pine. The plus signs represent the mean of prediction errors for the corresponding relative height classes. The boxes represent the interquartile range. The maximum and minimum diameter over bark prediction errors are represented respectively by the upper and lower small horizontal lines crossing the vertical lines.



Şekil 4. Kızılçam ve Karaçam için ticari ticari tahminlerinde ortaya çıkan hataların nisbi göğüs çapı değerlerine göre dağılım grafiği. Kare işareti, çap sınıfına ilişkin tahmin hatalarının ortalamasını, Kutular ise, hataların yayılma alanını temsil etmektedir. Yukarı ve aşağı uzanan dikey çizgiler ise, maksimum ve minimum çap ve hacim tahmin hatalarını temsil etmektedir.

Figure 4. Box plots of *v* (*Y*-axis, cm) against diameter classes (*X*-axis, in percent) for brutian pine and black pine. The plus signs represent the mean of prediction errors for the corresponding relative height classes. The boxes represent the interquartile range. The maximum and minimum diameter over bark prediction errors are represented respectively by the upper and lower small horizontal lines crossing the vertical lines.

Ticari hacim tahminleri açısından dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir noktada; Tablo / Table 3'de test edilen üç modelin çap ve boy tahminleri için yapılan karşılaştırmasında Kozak (2004) modeli en başarılı iken, ticari hacim tahminlerinde en başarılı model olarak karşımıza, Sharma ve Zhang (2004) modeli çıkmıştır. Bu farklı durum, Fortin ve ark. (2013) tarafında da izah edilmeye çalışıldığı gibi, ağaç gövdesi üzerinde herhangi bir boy değerindeki göğüs yüzeyinin tahmini için gövde boyunca yapılan çap tahminlerinden yapılan dönüştürme sonucu ortaya çıkmıştır. Hacim tahminlerinde ortaya çıkan bu ilginç durum gövde çapı modelinin seçiminde hem çap tahmini hem de hacim tahmini sonuçlarının birlikte dikkate alınması gerektiğini göstermektedir (Li ve Weiskittel, 2010; Schröder ve ark., 2014).

Eğirdir Yöresi kızılçam ve karaçam meşcereleri için geliştirilen modellerin yöreye uygun olup olmadığı bağımsız bir veri seti kullanılarak da test edilmiştir. Kozak ve Kozak (2003) tarafında da ifade edildiği gibi, geliştirilen bir modelin bağımsız bir veri seti ile test edilmesi önerilmektedir. Modellerin geçerliliğinin testine ilişkin olarak elde edilen sonuçlar Tablo / Table 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Test edilen modellerin bağımsız veri seti kullanılarak testi
Table 7. Goodness-of-fit statistics for model validation data of tested models

	Gövde Çapı				Ticari Hacim*			
	Ort. Hata	R^2	RMSE	AIC	Ort. Hata	R^2	RMSE	AIC
Kızılçam								
Modeller								
Lee ve ark. (2003)	-0.075	0.977	1.627	654	-0.009	0.986	0.048	-4024
Kozak (2004)	-0.096	0.978	1.609	643	-0.007	0.985	0.050	-3986
Sharma ve Zhang (2004)	-0.051	0.972	1.781	774	-0.003	0.988	0.045	-4137
Karaçam								
Modeller								
Lee ve ark. (2003)	0.012	0.970	1.985	739	0.008	0.987	0.053	-3111
Kozak (2004)	0.040	0.972	1.923	709	0.013	0.987	0.053	-3106
Sharma ve Zhang (2004)	0.057	0.972	1.912	699	0.011	0.988	0.050	-3173

*Ağaç Gövdesi üzerindeki herhangi iki çap değeri arasındaki ticari hacmin hesaplanması için sayısal çözümler iterasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Kızılçam ve karaçam ağaç türlerinin her ikisi için de; çap tahminlerde en başarılı model Kozak (2004) iken, ticari hacim tahminleri için en başarılı model Sharma ve Zhang (2004) tarafından geliştirilen model olmuştur. Kozak ve Kozak (2003), modelin bağımsız bir veri seti ile geçerliliğinin testi ile elde edilen ekstra bilgilerin, model geliştirme verileri ile elde edilenlere çok az katkısı olduğu ifade etmektedirler.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Lee ve ark. (2003), Kozak (2004) ve Sharma ve Zhang (2004) tarafından geliştirilmiş gövde çapı modelleri kullanılarak, Eğirdir Yöresi kızılçam ve karaçam ağaç türleri için ticari hacim denklemleri geliştirilmiştir. Modellerin geliştirilmesi sırasında ortaya çıkan otokorelasyon ve değişken varyans problemlerinin ortadan kaldırılması için ikici derece otoregresive hata yapısı CAR(2), çoklu bağıntı probleminin varlığının araştırılması için koşul sayısı (CN) kullanılmıştır.

Modellerin kızılçam ve karaçam türlerine uygunluğu; gövde çapı, ticari boy ve ticari hacim tahminleri açısından değerlendirilmiştir. Farklı ölçüt değerleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde; gövde çapı ve ticari boy tahminleri için en başarılı modelin Kozak (2004), ticari hacim tahminlerinde ise, Sharma ve Zhang (2004) tarafından geliştirilen model olduğu ortaya konmuştur. Bağımsız veri seti kullanılarak yapılan değerlendirmelerde de benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlar, bir gövde çapı modelinin seçimde, o modelin çap tahminlerindeki başarısı kadar, hacim tahminlerindeki başarısının da dikkate alınması gerektiğini göstermiştir.

Pratik ormancılık çalışmalarında, ağaçların göğüs çaplarının doğru tahmin edilmesinden daha ziyade hacminin doğru tahmin edilmesi önemlidir. Bütün bu değerlendirmeler sonucunda; Eğirdir Yöresi kızılçam ve karaçam meşcereleri için en uygun modelin Sharma ve Zhang (2004) tarafından geliştirilen model olduğu ortaya konmuştur. Ancak, burada yine belirtmek gerekir ki, herhangi bir yöredeki bir ağaç türü için uygun modelin seçilmesinde benzer tahmin başarısına sahip modeller arasından tercih yapılması gerektiğinde, yöntemin pratik olarak uygulanabilmesi ve orman yöneticilerinin tercihleri de önemlidir.

Eğirdir Yöresi kızılçam ve karaçam meşcereleri için geliştirilen ticari hacim denklemleri, ağaç gövdesinin farklı bölümlerine ilişkin hacim hesaplamalarına imkan vermesi nedeniyle, OGM'nin son yıllarda orman ürünleri satışında kullandığı dikili satış yönteminde bir ağaç gövdesinden elde edilebilecekde bir ağaç gövdesinden elde edilebilecek farklı ürün çeşitleri ve bunların miktarlarının tahmin edilmesinde de kullanılabilir.

Pek çok araştırmacı tarafından da belirtildiği gibi, gövde şekli ve buna bağlı olarak gövde hacmi, yetişme ortamı, meşcere kapalılığı, sıklığı, meşcerelerin bugüne kadar maruz kaldığım silvikültürel olan ya da olmayan müdahale şekilleri gibi pek çok faktöre göre değişiklikler göstermektedir. Bu yüzden herhangi bir

gövde çapı ve gövde hacim modelinin geniş alanlarda kullanılabilmesi için bu faktörleri de dikkate alacak şekilde uygulanması veya daha doğrusu her yöre için geliştirilmesi uygun olacaktır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, SDÜ-Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından BAP-3930-YL1-14 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Anonim, 2012. Forest Resources. The General Directorate of Forests, Ankara, 159 pp.

Bailey, R.L., 1995. Upper stem volumes from stem analysis data: an overlapping bolts method. *Canadian Journal of Forest Research* 26: 170-173.

Bario-Anta, M., Dieguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, F., Alvarez, J.G., von Gadov, K., 2007. Merchnatbale volume systems for pedunculate oak in northwestern Spain. *Annals of Forest Science* 64: 511-520. DOI:10.1051/forest/2007028.

Behre, L., Arnoldsson, G., 2008. Tree taper models for Cupresus lusitanica plantations in Ethiopia. *Southem Forests* 70(3): 193-203. DOI.org./10.2989/SF.2008.70.3.2.663.

Belsey, D.A., 1991. Conditioning diagnostics, collinearity and weak data in regression, John Wiley and Sons Inc., New York.

Brooks, J.R., Jiang L., Ozcelik, R., 2008. Compatible stem volume and taper equations for Brutian pine, Cedar of Lebanon, and Cilicica fir in Turkey. *Forest Ecology and Management* 256: 147-151.

Clark, III A., Souter, R.A., Schlaegel B.E., 1991. Stem profile equations for southern tree species. USDA For. Serv. Res. Pap. SE-282.

Corral-Rivas, J.J., Diéguez-Aranda, U., Corral, S., Castedo-Dorado, F. 2007. A merchantable volume systems for major pine species in El Salto, Durango (Mexico). *Forest Ecology and Management* 238: 118–129. DOI:10.1016/j.foreco.2006.09.074

Crecente-Campo, F., Alboreca, A. R., Dieguez – Aranda, U., 2009. A Merchantable volume system for pinus sylvestris L. İn the major mountain ranges of Spain. *Annals of Forest Science* 66: 1-12. DOI:10.1051/forest/2009078

De-Miguel, S., Mehtatalo, L., Shater, Z., Kraid, B., Pukkala, T., 2012. Evaluating marginal and conditional predictions of taper models in the absence of calibration data. *Canadian Journal of Forest Research* 42: 1383-1394.

Dieguez – Aranda, U., Castedo- Dorado, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., and Rojo A., 2006. Compatible taper function for Scots pine plantations in Nortwestern Spain. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 1190–1205. DOI:10.1139/X06-008.

Ercanlı, İ., Kahriman, A., 2013. Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisnde yer alan Doğu ladini (Picea orientalis (L.) Link) ve sarıçam (Pinus sylvestris L.) karışık meşcereleri için gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin karışık etkili modelleme yaklaşımı ile geliştirilmesi. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslar arası Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.613-621.

Fang, Z., Borders, B.E., Bailey R.L., 2000. Compatible volume taper models for loblolly and slash pine based on system with segmented-stem form factors. *Forest Science* 46: 1-12.

Fortin, M., Schneider, R., Saucier, J.P., 2013. Volume and error variance estimation using integrated stem taper models. *Forest Science* 59: 345-358.

Garber, S.M., Maguire, D.A., 2003. Modeling stem taper of three central Oregon species using nonlinear mixed-effects models and autoregressive error structures. *Forest Ecology and Management* 179: 507-522.

Heidarsson, L., Pukkala, T., 2011. Taper functions for lodgepole pine (*Pinus contorta*) and Siberian larch (*Larix sibirica*) in Iceland. *Icelandic Agricultural Sciences* 24: 3-11.

Jiang, L., Brooks J.R., Wang J., 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in West Virginia. *Forest Ecology and Management* 213: 399-409.

Jordan, L., Berenhaut, K., Souter, R., Daniels, R.F., 2005. Parsimonious and completely compatible taper, total, and merchantable volume models. *Forest Science* 51: 578-584.

Kozak, A. 1988. A Variable-Exponent Taper Equation. *Canadian Journal of Forest Research* 18: 1363-1368.

Kozak, A., 1997. Effects of multicollinearity and autocorrelation on the variable-exponent taper functions. *Canadian Journal of Forest Research* 27: 619-629

Kozak, A., 2004. My last words on taper equations. *Forest Chronicle* 80, 507–515.

Kozak, A., Kozak, R.A., 2003. Does cross validation provide additional information in the evaluation of regression models? *Canadian Journal of Forest Research* 33: 976–987. DOI:10.1139/X03-022.

Kozak, A., Munro, D.O., Smith, J.H.G., 1969. Taper functions and their application in forest inventory. *Forest Chronicle* 45: 278-283.

Lee, W.K., Seo, J.H., Son, Y.M., Lee K.H., von Gadow, K., 2003. Modeling stem profiles for Pinus densiflora in Korea. *Forest Ecology and Management* 172: 69-77.

LeMay, V.M., Kozak, A., Muhairwe, C.K., Kozak, R., 1993. Factors affecting the performance of Kozak's (1988) variable-exponent taper functions. Proceeding of IUFRO Conference on Modern methods of estimating tree and log volume. West Virginia University.

Li, R., Weiskittel, A.R., 2010. Comparison of model forma for estimating stem taper and volume in the primary conifer species of the North American Acadian Region. *Annals of Forest Science* 67: 302-317. DOI:10.1051/forest/2009109

Li, R., Weiskittel, A.R., Dick, A.R., Kershaw, J.A., Seymour, R.S., 2012. Regional stem taper equations for eleven conifer species in the Acadian Region of North America: development and assessment. *Northern Journal of Applied Forestry* 29: 5-14.DOI.org./10.5849/njaf.10-037.

Max, T.A., Burkhart, H.E., 1976. Segmented polynomial regression applied to taper equations. *Forest Science* 22: 283-289.

Meydan-Aktürk, G., 2006. Doğu Ladini (Picea orientalis (L.) Link) İçin Trigonometrik Gövde Profili Denkleminin Oluşturulması, KTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, 120s.

Myers, R.H., 1990. Classical and modern regression with applications. PWS-KENT, Boston.

Newnham, R.M., 1988. A Variable form taper function. Information Report PI-X-83. Forestry. Canada. 33 pp.

Özcelik, R., 2010. Sarıçam İçin Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modeli. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Bildiriler Kitabı s.358-366, Artvin.

Özçelik, R., Brooks J.R., Jiang L., 2011. Modeling stem profile of Lebanon cedar, brutian pine, and cilicica fir in southern Turkey using nonlinear mixed-effects models. *European Journal of Forest Research* 130: 613-621.

Özçelik, R., Brooks, J.R., 2012. Compatible volume and taper models for economically important tree species of Turkey. *Annals of Forest Science* 69: 105-118.

Özçelik, R., Bal, C., 2013. Effects of adding crown variables in stem taper and volume predictions for black pine. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 37: 231-242.

Perez, D.N., Burkhart, H.E., Stiff, C.T., 1990. A variable-form taper function for *Pinus oocarpa* Schiede in central Honduras. *Forest Science* 36: 186-191.

Rojo, A., Perales, X., Sánchez-Rodríguez, F., Álvarez-González, J.G., Gadow, K., 2005. Stem taper functions for maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Galicia (Northwestern Spain). *European Journal of Forest Research* 124: 177–186. DOI:10.1007/s10342-005-0066-6.

Sakıcı, O.E., Mısır N., Yavuz H., Mısır M., 2008. Stem taper functions for Abies nordmanniana subsp. bornmulleriana in Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Reearch* 23: 522-533.

SAS Institute Inc. (2013) Base SAS® 9.4 Procedures Guide, Statistical Procedures. SAS Institute Inc, 2 ed. Cary, North Carolina.

Schröder, T., Arnoni Costa, E., Felipe Valerio, A., Lisboa, G.S., 2014. Taper equations for Pinus elliottii Engelm. in Southern Parana, Brazil. *Forest Science* (in press).

Sharma, M., Oderwald, R.G., 2001. Dimensionally compatible volume and taper equations. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 797–803.

Sharma, M., Zhang, S.Y., 2004. Variable-exponent taper equations for jack pine, black spruce, and balsam fir in eastern Canada. *Forest Ecology and Management* 198: 39–53.

Sharma, M., Parton, J., 2009. Modeling stand density effects on taper for jack pine and black spruce plantations using dimensional analysis. *Forest Science* 55(3): 268-282.

Trincado, G., Burkhart, H.E., 2006 A generalized approach for modeling and localizing stem profiles curves. *Forest Science* 52: 670-682.

Williams, M.S., Reich, R.M, 1997. Exploring the error structure of taper equations. *Forest Science* 43:378–386.

Yang, Y., Huang, S., Meng, S.X., 2009. Development of a tree-specific stem profile model for white spruce: a nonlinear mixed model approach with a generalized covariance structure. *Forestry* 82(5):541-555

Yavuz, H., Saraçoğlu, N., 1999. Compatible and non-compatible stem taper equations for Alder. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23: 1275-1282.

Yavuz, H., 1995. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, KTU Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Basılmamış Doçentlik Tezi, 101s.

Zakrzewski, W.T., 1999. A mathematically tractable stem profile model for jack pine in Ontorio. *Northern Journal of Applied Forestry* 16: 138-143

Zimmerman, D.L., Nunez-Anton, V., 2001. Parametric modelling of growth curve data: An overview. *Test*, 10: 1-73.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.16953

Orman sınırları içinde tapu iptali kararlarının mülkiyet hakkını ihlal etmesi sorunu

Gökçe Gençay [1*]

[1] Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 74100, Bartin, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** ggencay@bartin.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 16.12.2014 **Revised (Düzeltme tarihi):** 04.02.2015 **Accepted (Kabul tarihi):** 17.02.2015

Özet: Dünya'da ve Türkiye'de, ormanların ve diğer tüm taşınmazların sınırlarının ve mülkiyetinin belirlenmesi kadastro ile sağlanmakta olup, kadastrosu yapılan taşınmazlar tapu siciline kaydedilerek güvence altına alınmaktadır. Ancak ülkemizde henüz ormanlar ve diğer taşınmazların tamamının kadastrosu ve mülkiyet tayini yapılamamış ve tapu siciline kaydedilememiştir. Çalışmada, orman sınırları içinde kalan tapulu araziler hakkında tapu iptal davalarının açılması ve herhangi bir tazminat ödenmeksizin tapularının iptal edilmesinin mülkiyet hakkını ihlal edip etmediği Türk hukuk sistemi, Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi ve Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi (AİHM) kararları çerçevesinde incelenmiş, değerlendirilmiş, tartışılmış ve bu bağlamda bazı sonuçlara ulaşılmıştır. Son yıllarda verilen yüksek mahkeme kararlarında, orman sınırları içinde kaldığı gerekçesi ile iptal edilen tapular için belli bir miktar tazminat verilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Hatta yapılan son yasal değişiklikler ile tapuların iptal edilmeyerek vatandaşların devletten tazminat istemeleri veya AİHM'ne başvurması yollarını da en aza indirmiş olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kadastro, AİHM, hak ihlali, medeni hukuk

The Problem of property rights infringement through annulment decisions in forest areas

Abstract: Both in the world and in Turkey the boundaries and possessions of forestlands and all other premises are conducted through land surveying and the premises land surveyed are secured through recording to land register. However, land surveying and property identifying of all forestlands and premises have not been completed and recorded to land register in Turkey yet. In this study, whether opening land actions for annulment against the registered lands which remains within the forest boundaries, and the cancellation of those title deeds without any compensation is a violation of right to property or not was examined, evaluated, and discussed in the framework of Turkish Legal System, the European Convention on Human Rights and the European Court of Human Rights decisions, and some results have been obtained in this regard. It was found out in the high court decisions given in recent years that a certain amount of compensation should be given for the title deeds canceled on the grounds that they remained within the forest boundaries. Moreover, it can be seen that the citizens' seeking compensation from the state or applying to the ECHR has been minimized through not cancelling the title deeds with the recent legislative changes.

Keywords: Cadaster, ECHR, infringement, civil law

1.GİRİŞ

İnsanoğlunun göçebelikten kurtulup toprak üzerine yerleşik olarak yaşamaya başladığı günden itibaren başlıca amacı, faydalandığı taşınmaz mallar üzerinde mülkiyet hakkına sahip olmak ve bunu korumak olmuştur (Tüdeş ve Bıyık, 2001). İnsanla toprak arasındaki bu ilişki, tarihin her devrinde önemini korumuş olup toplumsal sahiplilik yoluyla tam bir devlet kontrolünden, bireysel mülkiyet hakkına kadar birçok farklı

To cite this article (Atıf): Gençay, G., 2016. Orman sınırları içinde tapu iptali kararlarının mülkiyet hakkını ihlal etmesi sorunu. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 75-89. DOI: 10.17099/jffiu.16953

yolda bir değişim geçirmiştir (Atasoy, 2004). Taşınmazlar üzerindeki bu hak durumunun sağlıklı bir şekilde belirlenebilmesi için öncelikli olarak onların sınırlarının belirlenmesi, ardından sınırları belli olan taşınmaz arazi parçalarının hukuksal durumlarının (mülkiyet ilişkilerinin) tespit edilmesi gerekmektedir (İpek, 2009).

Kadastronun temel amacı, genel olarak günümüzde taşınmazların geometrik ve hukuki durumlarının tespit edilerek sağlıklı tapu sicillerinin oluşturulması, bu şekilde taşınmaz mal mülkiyetinin güvence altına alınması ve güvenli bir şekilde el değiştirmesini sağlamaktır. Ayrıca çeşitli kamu hizmetlerinin yürütülebilmesi için, temel altlık oluşturulması gibi amaçlar da taşıyan kadastral çalışmalar, Türkiye'de yüz yıla yaklaşan bir süre boyunca sürdürülmesine rağmen henüz tamamlanamamıştır (Gençay, 2012).

Türkiye'de taşınmaz malların kadastrosu üç farklı kanuna ve üç farklı kuruma göre yapılmaktadır. Bunlar 3402 sayılı Kadastro Kanununa göre Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nce (TKGM) yapılan genel kadastro, 6831 sayılı Orman Kanununa göre Orman ve Su İşleri Bakanlığı'na bağlı olan Orman Genel Müdürlüğünce yapılan orman kadastrosu ve 4342 sayılı Mera Kanununa göre Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nca yapılan mera kadastrosudur. Ülkemizde genel kadastro ve orman kadastrosu faaliyetlerinin farklı merciler tarafından yapılması orman kadastrosunun başlangıcından itibaren önemli sorunların ortaya çıkmasına neden olmuştur (Ayanoğlu, 1992). Her kanun ve kurumun kendi içinde yaşadığı birtakım sorunların yanı sıra bu kurumlar arasında eşgüdüm sağlanamaması nedeniyle de sorunlar yaşanmış, hatta bu sorunlar giderek yoğunlaşmış ve günümüzde bir sorunlar yumağı haline gelmiştir. Bu durum orman kadastro çalışmalarında daha bariz bir şekilde ortaya çıkmıştır (Gençay, 2012).

Bu sorunlardan biri de, bir taşınmaza genel kadastro çalışmaları sonucunda tapu verilmesinin ardından, orman kadastrosu ile aynı taşınmazın orman olduğu gerekçesi ile bedel ödenmeksizin tapusunun iptalinin istenmesidir. Bu durumda herhangi bir tazminat almadan mülkiyet hakkını kaybetmenin sıkıntısını yaşayan vatandaşın tapuya güven ilkesi de zedelenmektedir. Çünkü 40-50 yıl önce üzerinde Türkiye Cumhuriyeti mühürlü tapusunu eline alan vatandaş, yıllarca bu tapuyu özenle saklamışken yıllar sonra bir mahkeme kararı ya da yeni yapılan orman kadastrosu çalışmaları ile tapusunun iptal edildiğini öğrendiğinde devlete ve tapuya güven ilkesi kalmamaktadır.

Bu çalışmada, vatandaşlarının temel haklarından biri olan ve Anayasanın 35'inci maddesi ile koruma altına alınan mülkiyet hakkına, orman olduğu iddiası ile tapusunun iptal edilerek devlet tarafından bedelsiz bir şekilde el konulmasının yasal dayanakları incelenmiştir. Tapuların iptal edilmesi ile yaşanan hak kayıpları, tapuya güven ilkesinin zedelenmesi, vatandaşların mağduriyetlerinin geçmişteki ve günümüzdeki durumu, bu konu ile ilgili AİHM kararları ve Yargıtay kararları, mülkiyet hakkının ihlal edilmesi sorunu çerçevesinde değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Orman sınırları içinde kalan tapulu arazilerin tapularının iptal edilmesi birçok vatandaşın hak kaybı yaşadığına ve mağdur olduğunun düşünülmesine neden olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada orman sınırları içinde kalan tapulu arazilerin tapularının iptal edilmesi halinde mülkiyet hakkının ihlal edilip edilmediği iç hukuk ve uluslararası hukuk kuralları çerçevesinde değerlendirilmek istenmiştir.

Bu amaçla, öncelikle mülkiyet hakkının içeriği, tapu sicili ve güven ilkesinin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bunun için mülkiyet hakkı ve tapu sicili konusunda birçok hukuk yayını ve ilgili kanunlar analiz edilmiştir. Orman mevzuatı, orman sınırları içinde kalan tapulu araziler konusundaki maddeleri açısından değerlendirilmiştir. Daha sonra mülkiyet hakkının ihlali konusunda AİHM'ne açılan davaların karar metinleri, Yargıtay'ın farklı dairelerince tapu iptali ve tazminat talebi konusunda verilen kararların metinleri hiyerarşik düzene sokularak incelenmiştir.

Sonuçta ilgili hukuk kitapları, mevzuat, ulusal ve uluslararası içtihatlar değerlendirilerek orman sınırları içinde kalan tapulu arazilerin sahiplerinin mülkiyet hakkının ihlal edilip edilmediği konusunda geçmiş ve günümüzdeki durum ortaya konularak konu hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tapulu arazilerin orman sınırları içinde kalması gerekçesi ile tapularının iptal edilmesi ile mülkiyet hakkının ihlal edilip edilmediği konusunda tespit edilen yasal değerlendirmelere geçmeden önce, kısaca mülkiyet hakkı, tapu sicili ve güven ilkesinin tanımlanıp hukuki niteliklerinin ortaya konulması gerekli görülmektedir.

3.1 Mülkiyet Hakkı ve Korunması

Diğer bütün hakların kendisinden türetildiğinin kabul edilmesi nedeni ile hakların anası olarak nitelenen mülkiyet hakkı, temel hak ve özgürlükler arasında özel bir öneme sahiptir (Ertaş, 2006). 4721 sayılı Türk Medeni Kanunun (TMK) gerek "Mülkiyet Hakkının İçeriği" başlıklı 683'üncü maddesi *(md. 683- Bir şeye malik olan kimse, hukuk düzeninin sınırları içinde, o şey üzerinde dilediği gibi kullanma, yararlanma ve tasarrufta bulunma yetkisine sahiptir)*, gerekse eşya hukukuna ait kuralların bütünü göz önünde tutulduğunda, mülkiyet; "eşya üzerinde en geniş yetkiyi sağlayan ayni hak" olarak tanımlanmaktadır (Oğuzman ve Seliçi, 2004). İnsanoğlu doğası gereği kullandığı veya yararlandığı eşyasının mülkiyet hakkına sahip olmayı ve onu korumayı öncelikli amacı haline getirmiştir. Mülkiyet hakkının konusunu teşkil eden eşya üzerinde, bu haktan doğan hâkimiyetin uygulanabildiği alanın çerçevesine mülkiyetin dış sınırları denilmektedir (Tahiroğlu, 2001).

Türk hukuk sisteminde mülkiyet hakkına en üst hukuk normu olan Anayasada da yer verildiği görülmektedir. Anayasanın 35'inci maddesinde *"Herkes, mülkiyet ve miras hakkına sahiptir. Bu haklar, ancak kamu yararı amacıyla, kanunla sınırlanabilir"* denilerek koruma altına alınmıştır. Ayrıca maddenin devamında "Mülkiyet hakkının kullanılması toplum yararına aykırı olamaz" denilerek mülkiyet hakkının kendisine değil sadece bunun kullanılmasına sınırlama getirilebileceği öngörülmüştür.

Görülüyor ki bu sınırlamada dikkat edilecek husus toplum yararıdır. Toplum yararı, kamu yararı gibi kavramlar oldukça esnek, nispi ve izafi kavramlardır (Gençay, 2010). Bu kavram mülkiyet hakkına yapılacak müdahale ve sınırlamalar için açılmış bir kapı değildir. Aksine kamu yararı kavramı, devletin mülkiyet düzenine yapacağı müdahaleleri sınırlar. Bu anlamda kamu yararı, mülkiyeti kaldırmayı değil, korumayı amaçlar. Mülkiyet hakkı bu madde ile özellikle devletin haksız müdahalelerine karşı Anayasa ile koruma altına alınmış olmakla birlikte devlet ve kamu tüzel kişileri ancak değer karşılığını peşin ödemek şartıyla mülkiyet hakkına el koyabilir veya el atabilir (Eren, 2011).

Mülkiyet hakkını üçüncü kişilerin ihlal ve müdahalelerine karşı en etkili şekilde koruyan ve özel hukuk niteliği taşıyan yasal düzenlemelerin başında TMK gelmektedir. TMK'nın 683'üncü maddesinde de bir şeye sahip olan kimsenin, hukuk düzeninin sınırları içinde, o şey üzerinde dilediği gibi kullanma, yararlanma ve tasarruf etme yetkisi bulunduğu ve sahibinin, malını haksız olarak elinde bulunduran kimseye karşı geri alma davası açabileceği gibi her türlü haksız elatmanın önlenmesini de dava konusu edebileceği vurgulanmıştır.

Bunların haricinde mülkiyet hakkının ceza hukuku alanında 5237 sayılı Türk Ceza Kanununun "malvarlığına karşı suçlar" başlığını taşıyan 141 vd. maddelerle de korunduğu görülmektedir.

Mülkiyet hakkı iç hukukumuz haricinde Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi (AİHS) hükümlerine göre de korunmaktadır. Gerçekten "İnsan Haklarının ve Temel Özgürlüklerinin Korunmasına İlişkin Sözleşme'ye Ek Protokol" (Paris, 20.3.1952)'ün 1'inci maddesi "Mülkiyet Hakkının Korunması" başlığını taşımaktadır. İlgili maddeye göre *"Her gerçek ve tüzel kişinin mal ve mülk dokunulmazlığına saygı gösterilmesini isteme hakkı vardır. Herhangi bir kimse, ancak kamu yararı sebebiyle ve yasada öngörülen koşullara ve uluslararası hukukun genel ilkelerine uygun olarak mal ve mülkünden yoksun bırakılabilir"* denilmektedir. Mülkiyet hakkının niteliği yönünden 1982 Anayasası ile AİHS arasında esaslı bir fark bulunmamaktadır. Her iki metin de mülkiyet hakkının sosyal niteliğine önem vermekte ve kamu yararının gerektirdiği hallerde sınırlandırılabileceğini kabul etmektedir (Şimşek, 2011).

Mülkiyet hakkının kazanılması, kullanılması veya kaybedilmesi, taşınır eşyalar için zilyetlikle olurken, taşınmaz eşyalarda tapu siciline kayıt etmekle gerçekleşir. Tapu siciline kaydedilecek taşınmazlar TMK'nın 998'inci maddesinde üç başlık altında sayılmıştır. Bunlar; arazi, taşınmazlar üzerindeki bağımsız ve sürekli haklar ve kat mülkiyetine konu olan bağımsız bölümlerdir. Devamında 999'uncu maddede ise kaydedilmeyecek taşınmazlar *"özel mülkiyete tabi olmayan ve kamunun yararlanmasına ayrılan taşınmazlar, bunlara ilişkin tescili gerekli bir ayni hakkın kurulması söz konusu olmadıkça kütüğe kaydolunmaz"* diyerek sınırlandırılmıştır. Ancak, 6831 sayılı Orman Kanununun 11/4 maddesinde "Kadastrosu yapılıp kesinleşen Devlete ait ormanlar, tapu sicil müdürlüklerince hiçbir harç, vergi ve resim alınmaksızın orman vasfı ile 2'nci maddeye göre orman sınırları dışına çıkarılan yerler halihazır vasfı ile kaydında belirtme yapılarak Hazine adına tapuya tescil olunur" denilerek, ormanlar konusunda özel kanun gereğince tapuya tescil edilmesi gerektiği hüküm altına alınmıştır.

3.2 Tapu Sicili ve Güven İlkesi

17.08.2013 tarihli 28738 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan "Tapu Sicili Tüzüğü "nün 4'üncü maddesinde tapu sicilinin tanımı yapılmıştır; *"Devletin sorumluluğu altında, tescil ve açıklık ilkelerine göre taşınmazlar ile üzerindeki hakların durumlarını göstermek üzere tutulan sicildir"* şeklinde tanımlanmıştır. TMK'nın öngördüğü taşınmaz malların sınırlarının ve hukuki durumlarının tespit edilerek tapu sicilinin kurulması görevi ise TKGM'ne verilmiştir.

Görülüyor ki, güvenilir tapu sicilinin kurulması ve bu taşınmazlara ait tapuların verilmesi devletin önemli görevlerinden birisidir. Toprağın ekonomik ve toplumsal yaşamdaki önemi ve değeri gün geçtikçe artmaktadır. İnsanlığın yerleşik yaşama geçmesi ile ortaya çıkan toprak-mülkiyet ilişkisinin zamanla bir sorumlu gücün güvencesi altında bir sicil olarak tutulması zorunlu hale gelmiştir. İlk zamanlar kişiler arasındaki karşılıklı söze ve güvene dayalı olan toprak-mülkiyet ilişkisi, günümüzde yazılı bir biçimde ve devlet hizmeti olarak ele alınmaktadır (Erkan, 2010). Türkiye'deki taşınmazlar üzerindeki ayni haklar ancak tapu siciline tescille doğar. Her taşınmaza tapu sicilinin bir sayfası ayrılır ve o taşınmazla ilgili bütün özellikler, örneğin malikin adı, taşınmazın yüzölçümü, sınırları ve taşınmaz üzerindeki ayni haklar bu sayfaya yazılır.

Tapu sicili kendisinden beklenen işlevleri ancak taşınmazlar üzerindeki hakların, sınırlarının, yüzölçümlerinin ve diğer niteliklerinin güvenilir bir biçimde bu sicilde gösterilmiş olması ile yerine getirebilir (Akipek ve Akıntürk, 2009). Tapu sicilleri herkese açık ve alenidir. Devletin sorumluluğu altında tutulan tapu siciline güvenmek, tapu siciline hakim olan ilkelerden birisidir. TMK'nın 1023'üncü maddesine göre *"Tapu kütüğündeki tescile iyi niyetle dayanarak mülkiyet veya bir başka ayni hak kazanan üçüncü kişinin bu kazanımı korunur"* denmektedir.

Tapu sicilinin önemi ve kişilerin bu sicile olan güven duygularını sağlamak bakımından Medeni Kanunun 1007'inci maddesi ile tapu sicilinin tutulmasından doğan zararlardan ötürü Devletin doğrudan sorumlu olacağı ilkesi benimsenmiştir. Devletin sorumluluğu ile tapu sicili sistemi arasındaki sıkı ilişki, kanun koyucuyu, bu düzenlemeyi kamu hukukuna ait kanunlara bırakmayıp özel bir kamu hukuku kuralı ile TMK'da yapmak zorunda bırakmıştır (Sirmen, 1975). Bu sorumluluk asli ve objektif sorumluluk olduğundan zarara uğrayan doğrudan Devletten zararın ödetilmesini isteyebilir. Tapu sicilinin tutulmasından doğan zararın anlamı, bu sicilin tutulmasında görevlilerin bilerek veya bilmeyerek, uygulanması gereken mevzuat hükümlerine aykırı işlemleri veya ihmalleri sonucu bir hakkın kaybına sebep olmalarıdır (TKGM, 2014).

Devletin tapu sicilinin tutulmasından doğan zararlardan sorumlu olması tapu siciline kamunun güvenini kazandırmaktadır. Tapu sicilinden beklenen yarar, onun herkesin güvenini kazanmış bir aleniyet aracı olmasıyla gerçekleşir (Sirmen, 1975).

Tapu siciline güven ilkesi konusunda Türk hukuk sistemi açık hükümler içerirken, tapu kütüğünde adına kayıtlı bir taşınmazın tapusu ile yıllarca mülkiyet hakkına sahip olduğunu düşünen vatandaşların, taşınmazlarının orman olduğu gerekçesi ile tapularının iptal edilerek mülkiyet haklarını bedelsiz

kaybettikleri görülebilmektedir. Bu durumda vatandaşların devlete ve tapu siciline güvenleri zedelenmektedir.

3.3. Orman Sınırları İçinde Tapu İptali Kararları

3.3.1 Tapu İptal Davalarının Oluşma Şekilleri

Ülkemizde taşınmaz malların sınırlandırılması ve tapuya tescil edilmesi görevinin üç farklı kurum ve kanuna göre yapılması ve farklı kurumların farklı zamanlarda, aynı veya bitişik taşınmazlar üzerinde çalışması, zaman zaman taşınmaz üzerinde farklı vasıf tayinlerinin yapılmasına veya farklı mülkiyet sahiplerinin oluşmasına neden olmaktadır. Arazilerin mülkleşmesinde gerekli alt yapının kurulamamış olması, bazı orman alanlarının onlarca yıl (bazen yüzyılı aşkın süre) öncesinden beri özel mülk olarak kullanılmakta ve alınıp satılmakta iken, kadastro çalışması sonucunda devlet ormanı olarak sınırlandırılmasına neden olmaktadır (Ayaz, 2010). Kadastro tespitine itiraz, tapu iptal davaları da hep bu sebeplerle açılmaktadır.

Bir arazinin orman sınırları içinde kaldığı gerekçesi ile tapu iptali davasının açılması genellikle iki farklı durumdan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi; genel kadastronun önce çalışma yaparak tapu verdiği bir araziye, daha sonra orman kadastrosunun gelerek (veya genel kadastro çalışmalarında yanlışlık olduğunun düşünerek) tapulu arazinin orman sınırları içinde kaldığı gerekçesi ile açtığı tapu iptal davalarıdır. İkinci ise; önce yapılan orman kadastrosu çalışmalarının genel kadastro ekiplerince dikkate alınmamasından kaynaklanarak orman sınırları içinde kalan yerlere tapu vermesi ve sonrasında bu yerler için orman idaresinin açmış olduğu tapu iptal davalarıdır. Bu durum bazen kadastrosu yapılan orman alanlarının tapuya geç tescil edilmesinden de kaynaklanmaktadır. Şöyle ki; orman kadastrosu önce yapılıp orman olduğuna karar verilen bir taşınmazın tapuya orman olarak tescil edilmemesi durumunda, aynı yerde daha sonra yapılan genel kadastro çalışmaları ile tapu verilebilmektedir. Hatta iyiniyetli üçüncü şahısların da tapuya güvenerek satın aldıkları taşınmazlarda sorun yaşamaları kaçınılmaz olmaktadır. Bu şekilde farklı kanunlara göre yapılan kadastro çalışmaları uygulamada sorunlara yol açmış ve açmaya da devam etmektedir.

Çalışmanın konusunu oluşturan araziler genellikle, birinci seçenekte verilen yani genel kadastronun önce gelerek tapu verdiği ancak daha sonra orman sınırları içinde kaldığı gerekçesi ile tapu iptal kararlarının verilmiş olduğu yerlerdir.

TKGM tarafından yapılan genel kadastro çalışmaları sonrasında tapusunu alan vatandaşlar arazinin mülkiyeti konusunda herhangi bir şüphe yaşamaksızın, mülkiyet hakkının sahibine verdiği yetkileri de kullanmaktadır. Mülkiyet hakkının sahibine tanıdığı kullanma, yararlanma ve tasarrufta bulunma yetkileri ile tapu sahibi arazisini üçüncü bir şahsa da satabilmektedir. Hatta üçüncü şahıs bu satışı, tapu siciline güvenerek, tapu memurunun önünde, usulüne uygun şekilde yapmış olduğu halde bir süre sonra kendisini, arazinin orman olduğu iddiası ile tapu iptali davası içinde bulabilmektedir.

Yaşanan bu durum, bazen yeterli ilanların yapılmadığı ve orman kadastro komisyonlarınca tapu idaresine geç bildirim nedeni ile tescil ve şerh işleminin çok sonraları yapıldığı durumlarda da görülmektedir. Hatta 10 yıllık süre geçtiği için de tapu maliklerinin dava hakkı zamanaşımına uğrayarak tapu maliklerinin hak arama özgürlükleri ortadan kalkmaktadır. Ancak bu kişiler devlet aleyhine tapu kayıtları geçersiz kaldığı için tazminat davası açabilirler. Bugün bu nedenlerle birçok kişi mağdur edildiği için devlete karşı isyancı tavırlarının yanında küskünlükleri de ayrı birer sorun olmuştur (Ateş, 2010).

Nihayetinde tapu siciline güvenerek taşınmazlarını alıp satan kişilerin tapu siciline ve devlete olan güvenleri zedelenmektedir. Devletin bütün özenine rağmen, tapu sicilinin gerçek durumla çelişerek yolsuzlaşması mümkündür. Bu ise bazen hak sahipleri bazen de sicile güvenerek bir hukuki işleme girişen üçüncü kişiler yönünden birçok zarar ihtimalleri taşır (Sirmen, 1975).

3.3.2 İç Hukuka Göre Mülkiyet Hakkının İhlali

İç hukuka göre yerel mahkemelerde orman sınırları içinde kalan tapulu arazilerin tapularının iptal edilmesi için açılan davaların genellikle vatandaşların aleyhine sonuçlandığı görülmektedir. Yerel mahkemelerden alınan olumsuz sonuçlardan sonra Yargıtay'a taşınan bu kararların birçoğunun yine herhangi bir bedel ödenmeksizin tapuların iptal edilmesi yönündeki kararların onanması ile neticelendiği görülmektedir.

Bu şekilde oluşan tapu iptal kararlarının Anayasa ile koruma altına alınmış olan mülkiyet hakkını ihlal edip etmediği konusunda çeşitli görüşler bulunmaktadır. Tezcan'a göre; "ormanlar, kural olarak özel mülkiyet alanı dışında ve özel mülkiyete konu olmayacak kamu malları olmaları ve bunun sonucu olarak orman özelliğine sahip taşınmazların tapularının bedel ödemeden iptal edilmesi mülkiyet hakkının özüne dokunan sonuçlara sebebiyet veriyor" diyerek, birçok kişinin tapulu arazilerinin bu kapsama girerek hiçbir bedel almaksızın tapularının iptal edilmesinin mülkiyet hakkının özüne dokunduğunu kabul etmiştir (Tezcan, 2013).

Özellikle üçüncü kişilerin uğradığı zararın tazmin edilmesi konusunda bir başka yazar; "tapudaki kayıtların aleniyetine ve devletin güvenirliğine güvenerek satın aldığı tapulu yer; orman veya 2/B olarak hazineye ait bir yer ise, burada üçüncü kişinin uğradığı bir zarar vardır. Çünkü üçüncü kişinin satın aldığı yerin tapu kaydı, orman idaresinin talebi uyarınca mahkemece iptal edilebilmektedir" (Ateş, 2010) diyerek, iyiniyetli üçüncü kişilerin zarara uğradığını savunmaktadır.

Hatta öncesi itibarıyla orman olmasına rağmen kadastro mevzuatından ve orman kadastrosundan kaynaklanan bazı nedenlerden dolayı şahıslar adına tescil edilmiş olan taşınmazların tapularının, hak düşürücü süreye ve tapu siciline güven ilkesine tabi olmaksızın ve bedel ödenmeksizin iptal edilmesi de bireylerin devletle karşı karşıya gelmesine neden olmaktadır. Bu taşınmazları sonradan edinen kişiler tapudaki kayda güvenerek taşınmazları edinmekte iken, bir süre sonra tapularının iptal edilmesi ile bu kişilerin mülkiyet hakkının ihlal edildiği görülmektedir. Bu tür uygulamaların kişilerle devleti karşı karşıya getirmekte ve devlete olan güveni sarstığı düşünülmektedir (Şimşek, 2010).

Akıllıoğlu'na göre kazanılmış hak olması mülkiyet hakkında önemli bir yer tutmaktadır. İyi niyetli yapılan bir tescil, bir hukuki durum veya işlem yaratılıyorken, kanun değişmediği halde yaratılan hukuki durum hukuka aykırı olduğu savıyla iptal ediliyor veya kaldırılıyorsa, iyi niyetli kişinin tazminat talebi haklı beklenti nedeni ile kabul edilmelidir. Yazar, bu açıklamayı kazanılmış hak çizelgesinde detaylandırmış ve mevcut kanun ile iyi niyetli olarak yapılan tescilde kanun değişmediği halde orman gerekçesi ile tescilin iptal edilmesi durumunda, haklı beklenti ile tazminat talep hakkı olduğunu ortaya koymuştur (Akıllıoğlu, 2012).

Konu ile ilgili daha önce yapılan bir anket çalışmasında vatandaşlara orman kadastrosu ile yaşadıkları sorunların ne olduğu sorulmuş ve en çok "uzun yıllardır kullandıkları arazilerin ormana bırakılması" cevabının verildiği tespit edilmiştir. Atalarından kalma tapulu arazilerinin bir anda orman kadastrosu ile orman idaresinin mülkiyetine geçmesi, yıllarca büyük bir özenle sakladıkları tapularının iptal edilmesi, halkın devlete olan güvenini büyük ölçüde zedelemektedir. Ayrıca orman kadastro komisyonlarının yaptığı işlere yine orman idaresinin itiraz etmesi, halkın yapılan kadastro işlemlerine ve komisyonlara güvenini azaltmıştır. Halkın gözünde orman kadastro komisyonları, orman sınırlandırma çalışmalarında çok katı davranarak, vatandaşın yıllarca tarım arazisi olarak kullandığı, ancak bugün ekim ve dikim yapamadığı arazileri dahi orman olarak sınırlandırdığı ve bu durum ile halkın mağdur edildiği söylenmiştir. Bu yaşanan olaylar sonucunda halk orman kadastrosuna güvenememekte, ellerindeki tapuya rağmen her an tarlalarını hatta köyün orta yerindeki evlerinin dahi ellerinden gitmesinden korktuğu görülmüştür (Gençay, 2012).

Neticede literatürde, orman sınırları içinde kaldığı gerekçesi ile tapuların hiçbir bedel ödenmeksizin iptal edilmesi konusu hakkında, mülkiyet hakkının ihlal edildiği ve vatandaşların devlete ve tapu siciline güvenini zedelediği yönünde görüş çokluğu olduğu söylenebilir.

Konu ile ilgili Yüksek Mahkeme kararları incelendiğinde ise Yargıtay'ın ormanlarla ilgili davaların incelendiği 20.Hukuk Dairesinin (HD) tapu iptali davalarında son yıllarda önceki yıllara göre farklı kararlar

verdiği görülmektedir. Özellikle 2008-2009 yılından önce orman olduğu iddiası ile gerçek kişilere açılan tapu iptali davaları incelendiğinde yüksek mahkemenin genellikle tapu iptallerini onadığı, herhangi bir tazminat talebinde bulunulmaması nedeni ile de, devleti, mülkiyet hakkından yoksun bırakılanlara bir tazminat ödemeye zorunlu tutmadığı görülmektedir (Kazancı, 2014a) Yüksek mahkemece, orman idaresinin kişiler aleyhine açmış olduğu tapu iptali davalarında genellikle çekişmeli taşınmazın orman sınırları içinde iken oluşturulan kadastro tapusuna değer verilemeyeceği gerekçeleri ile kabul edilmektedir. Ancak 2008-2009 yıllarından sonra Yargıtay 20 HD'nin bu konuda bir içtihat değişikliğine gittiği görülmektedir. Bunun nedeni, sözü edilen bu tarihler arasında orman gerekçesi ile bedel ödenmeksizin tapusu iptal edilen bir taşınmaz sahibinin AİHM'ne dava açması ve AİHM'nin "mülkiyet ihlali vardır ve tazminat ödenmelidir" şeklinde vermiş olduğu kararın Yargıtay tarafından emsal gösterilmesidir. AİHM'ne başvuran Turgut ve Diğerleri (2008)'nin davasının sonucunda; Anayasa'nın 169/2 maddesi uyarınca taşınmazlarının Hazine'ye devredilmesi nedeniyle başvuranlara hiçbir tazminat ödenmediğini, tazminat ödenmemesini haklı kılmak için Hükümetin istisnai hiçbir koşulu belirtmediğini not etmektedir. Başvuranlara tazminat ödenmemesinin, kamu yararının gerekleri ile kişinin haklarının korunması arasında hüküm sürmesi gereken adil dengeyi, başvuranlar aleyhine bozduğu kanaatinde bulunularak Türkiye'nin başvuranların tamamı için ortaklaşa olarak 1.350.000 Euro maddi tazminat ödenmesine ve tazminatın her türlü vergiden muaf tutulmasına karar vermiştir (Kazancı, 2014b).

AİHM'nin bu ve benzeri kararlarından sonra hem vatandaşların mahkemelerden taleplerinin değiştiği hem de Yargıtay'ın ilgili dairelerinin, AİHM kararlarını emsal alarak düşüncelerinin değiştiği bu tarihten sonraki kararlar incelenerek söylenebilir.

Tapu iptal davaları ile mülkiyet hakları ellerinden alınan kişilerin, AİHM'nin mülkiyet hakkı ve tazminat konusunda vermiş olduğu emsal kararlar neticesinde cesaretlendiği ve orman idaresinin açtığı tapu iptal davalarına karşı son yıllarda tazminat talep etmek için dava açtıkları Yargıtay kararları incelendiğinde görülmektedir.

Nitekim Yargıtay'ın kişilerin devletten tazminat talep etme konusundaki görüşü de aynı yöndedir. Yargıtay 20'inci HD'ne göre "Tapu işlemleri, kadastro tespit işlemlerinden başlayarak birbirini takip eden işlemler olduğundan ve tapu kütüğünün oluşumu aşamasındaki kadastro işlemleri ile tapu işlemleri bir bütün oluşturduğundan, bu kayıtlarda yapılan hatalardan Devletin sorumlu olduğunun kabulü gerekir. Burada Devletin sorumluluğu kusursuz sorumluluktur. Bu işlemler nedeniyle zarar görenler, zararlarının tazmini için Hazine aleyhine adli yargıda dava açabilirler" (Kazancı, 2014c) diyerek devletin kusursuz sorumluluğundan kaynaklanan bir zarar oluştuğunda, bu zararın tazminini Devletten isteyebileceği, bu tür davalarda Devletin kadastro işlemlerinden kaynaklanan sorumluluğunun da TMK'nun 1007'inci maddesi kapsamında olması gerektiği sonucuna varılmıştır (Kazancı, 2014d).

Gerek AİHM'nin görüşü gerekse Yargıtay'ın bu yöndeki görüşünün emsal alınarak, artık vatandaşların tapu kaydına güvenerek, tapu sahibinden satın aldıkları taşınmazlara ilişkin tapunun, orman idaresi tarafından açılan tapu iptal ve tescil davası sonunda, taşınmazın orman olduğu gerekçesiyle iptal edilmesi durumunda, idarenin tapu kayıtlarının doğru tutulmamasından dolayı oluşan tüm zarardan TMK'nın 1007'inci maddesi gereğince sorumlu olduğunu belirterek, uğradıkları zararın ödetilmesini istedikleri görülmektedir (Kazancı, 2014e).

Yargıtay görüşüne göre tapu kaydının iptali nedeniyle, tapu sahibinin oluşan gerçek zararı neyse, tazminatın miktarı da o kadar olmalıdır. Gerçek zarar; tapu kaydının iptali nedeniyle, tapu malikinin mal varlığında meydana gelen azalmadır. Tazminat miktarı yüksek mahkemece, "zarar verici eylem gerçekleşmemiş olsaydı, zarar görenin mal varlığı ne durumda olacak ise, aynı durumun tesis edilebileceği miktarda olmalıdır" şeklinde tespit edilmiştir (Kazancı, 2014f).

Tazminat konusunda Yargıtay'ın bu net görüşünün yanı sıra, Devletin TMK'nın 1007'nci maddesi gereğince sorumluluğunun söz konusu olabilmesi için, tapu sicilinin tutulmasından maddi bir zararın doğmuş bulunması gerekir. Manevî zararlardan dolayı MK 1007'ye dayanılarak Devlete karşı tazminat davası açılmayacağı açıktır (TKGM, 2014).

Bütün bunların haricinde konu ile benzerlik taşıdığı düşünülen kamulaştırma işleminden kaynaklı mülkiyet hakkına el konulması konusu da örnek gösterilebilir. Devlet tarafından yapılan özel mülkiyete ait taşınmazların kamulaştırılması işlemi de bir nevi özel mülkiyete müdahale olarak nitelendirilebilir. Ancak kamulaştırma işleminde taşınmaz mal malikinin özel çıkarı meşru bir çıkar olduğu için, kendisine taşınmazının karşılığı ödenmek suretiyle kamu yararı ile özel çıkar arasında bir denge kurulmaktadır. Yani, taşınmaz malikinin kamu yararı nedeniyle katlanmak zorunda olduğu fedakarlık, kendisine taşınmazın bedeli ödenmek sureti ile denkleştirilmektedir. Bu konuda Türkiye'de henüz çözülmemiş bir sorun daha vardır ki, oda imar planlarında kamu hizmetine özgülenmiş, ancak çeşitli nedenlerle kamulaştırılamadığı ve tazminat ödenmediği gibi özgülenen kamu hizmeti dışına da çıkarılamayan özel mülkiyete konu taşınmazlar bulunmaktadır (Çelik, 2011). Bu tür taşınmazlar hakkında hukukçuların, mülkiyet hakkının içinin boşaltılması diye tabir ettiği durumlar ortaya çıkmakta ve bu durum mülkiyet hakkının kullanılmasına engel teşkil etmektedir.

Kamulaştırmada vatandaşların elindeki tapu geçerli iken, yukarıda söz edilen orman idaresinin orman olduğu iddiası ile açtığı tapu iptal davaları arasında fark vardır. Orman idaresi bu yerlerin aslında çok eskiden beri orman olduğunu ve hazine adına tapuda kayıtlı olması gerektiğini haklı olarak savunmaktadır. Ancak buradaki fark; kadastro komisyonlarınca farklı zamanlarda yapılan kadastro çalışmaları sonucunda tapu sicilinin yanlış tutulması ve tapu belgelerinin el değiştirmesi sonucu meydana gelen hak kayıplarını önlenmesidir. Bunun için de artık bu tür tapu iptali karşısında iyi niyetli kişilere MK'nun 1007'nci maddesi gereğince tazminat talep etme hakkı ve tarafların iddia ve savunmalarının sorulup delillerin toplanarak oluşacak sonuca göre karar verilmesi daha uygun bulunmaktadır.

3.3.3 AİHM Göre Mülkiyet Hakkının İhlali

AİHM uluslararası bir kuruluş olan Avrupa konseyine bağlı bir mahkemedir. Mahkeme, AİHS ve ek protokolleriyle güvence altına alınmış olan temel hakların çiğnenmesi durumunda bireylerin, tüzel kişiliklerin ve diğer devletlerin, belirli usuller ve kurallar dahilinde başvurabileceği bir yargı mercidir (Ayaz, 2010). AİHS, 4 Kasım 1950 tarihinde aralarında Türkiye'nin de bulunduğu on beş ülke tarafından Roma'da imzalanmıştır. Sözleşme 03.09.1953 tarihinde yürürlüğe girmiş ve Türkiye tarafından 18.05.1954 tarihinde onaylanmıştır (ÇSGB, 2014). AİHM ise II. Dünya savaşından sonra 1959 yılında, 47 devlet açısından insan haklarının ulusalüstü korunması için temel kurum niteliği ile kurulmuş olup, sözleşmeye taraf devletlerin sayısına eşit sayıda yargıçtan oluşmaktadır (47 adet yargıç görev yapmaktadır). Yargılama usulü ilke olarak dosya üzerinden yazılı yargılamadır ancak önemli görülen bazı davalarda istisnai olarak duruşma yapıp tarafları da dinleyebilmektedir. Mahkeme, davayı esastan inceledikten sonra ihlal olduğuna karar verirse, genellikle başvuran tarafa adil bir tazminat ödenmesine karar verir (Karakaş ve Şen, 2013).

Sözleşme, bireyi uluslararası hukukta hak sahibi yaparak taraf devletlerin, eylem ve işlemleri nedeniyle, güvence altına alınan haklarının çiğnenen düşünen kişilerin, AİHM'ye başvurabilme yolunu açmıştır. Tüm gerçek kişiler mahkemeye başvurabilir, ancak kamu tüzel kişilerinin ve kuruluşlarının mahkemeye başvurma yetkileri yoktur. Bir davanın kabul edilebilmesi için başvurucu; çıkarının kişisel, doğrudan ve güncel olmasının yanında, aleyhine dava açtığı ülkede bütün iç hukuk yollarını tükettiğini ispatlamalıdır. Başvuru, dava edilen ülke mahkemelerinin ya da yetkili organlarının nihai kararından sonraki ilk altı ay içerisinde yapılmalıdır. Dava, AİHM'e ücret veya harç ödenmeksizin şikayet mektubu veya başvuru formu ile yapılmaktadır.

AİHM, mülkiyet hakkı ile ilgili konularda AİHS'nin yanı sıra "Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi ve Ek Protokollerin Uygulanmasına İlişkin Kılavuz Kitap" ile "Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesinin 1 No'lu Protokolünün 1.Maddesinin Uygulanmasına İlişkin Kılavuz"dan da yararlanmaktadır. Bu kaynaklara göre mülkiyet hakkının içeriği üç farklı kuralı kapsayacak şekilde düzenlenmiştir. Bu değerlendirme ilk olarak bu madde ile ilgili en önemli mahkeme kararlarından biri olan Sporrong ve Lönnroth İsveç'e karşı davasında ortaya konulmuştur. Bu kurallar şu şekilde tanımlanmıştır.

> *"... Birinci paragrafın ilk cümlesinde belirtilen ilk kural, genel nitelik taşımaktadır ve mülkiyet dokunulmazlığına saygı gösterilmesi ilkesini ortaya koymaktadır; ilk paragrafın ikinci cümlesinde vurgulanan ikinci kural, mal ve mülkten yoksun bırakma konusunu ele alır ve bunu belli koşullara bağlar; üçüncü kural ise ikinci paragrafta belirtildiği üzere Devletlerin diğer hususlar arasında*

genel yarara uygun olarak gerekli kanunları çıkararak, mülkiyetin kullanımını da kontrol etme hakkına sahip olduğunu kabul eder."

Mahkeme 1 No'lu Ek Protokolün 1. maddesinin ihlal edilip edilmediğine karar verirken ilk olarak bu bölüm kapsamına giren bir mülkiyet hakkının (bir mal ve mülkün) mevcut olup olmadığını inceleyecektir. İkinci adım ise bu mülkiyete bir müdahalenin gerçekleşip gerçekleşmediğini ve son adım ise bu müdahalenin niteliğini (örneğin bu üç kuralın hangisinin uygulanacağı) incelemek olacaktır (İHEK, 2005; İHEK, 2007). Türkiye, Anayasa ve kanunlarından kaynaklanan yapısal sorunları yanında uygulamadaki birçok eksiklikleri nedeni ile AİHM önünde 31.12.2013 tarihi itibarıyla 10.950 derdest dava ile beklemektedir. İlk 25 ülke içinde 1959-2013 yılları arasında AİHS ihlal karar sayılarına bakıldığında Türkiye'nin 2639 ihlal kararı ile AİHS'ni en çok ihlal eden devlet konumunda yer aldığı görülmektedir. Konu bakımından 1959-2013 yılları arası Türkiye'nin AİHS ihlalleri sıralamasına bakıldığında ise, en fazla 770 karar ile adil yargılanma hakkı ve 639 karar ile mülkiyet hakkı konusunda ihlal yapıldığı görülmektedir. Türkiye'nin yıllara göre mülkiyet hakkı ihlal karar sayılarına bakıldığında ise; 2009 yılına kadar bir yükseliş gösterdiği (2009'da 86 ihlal kararı) bu tarihten sonra ise hızla düştüğü (2010'da 30; 2011'de 37; 2012'de 23) ve nihayet 2013 yılında sadece 5 ihlal kararının verilmiş olduğu görülmektedir (İNHAK, 2013).

Özellikle tapu siciline güvenerek satın aldıkları taşınmazın daha sonra orman olduğu iddiası ile tapuları iptal edilen ve mülkiyet hakları ellerinden alınan kişiler iç hukuk yollarını tükettikten sonra AİHM'ne başvurmuşlardır. AİHM'nin mülkiyet hakkının ihlal edildiği iddiasıyla açılan davalarında; Devlet tarafından bir taşınmazın tazminat ödemeksizin geri alınmasının orantısız bir müdahale olduğu ve kamu yararı ile bireysel haklar arasındaki adil dengenin kurulmamasının ihlal nedeni olduğu (Turgut ve diğerleri– Türkiye davası) görüşü öne sürülmüştür. Ayrıca mülkiyetten yoksun bırakma işlemine gerekçe olarak gösterilen tabiatın ve ormanların korunması amacıyla mülkiyetten yoksun bırakma halinde ihtilaf konusu tedbirin arzu edilen dengeye riayet edip etmediğinin ve bilhassa da başvuranlara orantısız bir yük yüklemediğinin belirlenmesi için iç hukukta öngörülen telafi yöntemlerinin dikkate alınması gerektiği hatırlatılmıştır. Sonuç olarak mülkün değerine karşılık gelen makul bir meblağın ödenmeden, mülkten mahrum bırakmanın aşırı bir müdahale teşkil edeceğini ifade ettiği (Köktepe – Türkiye davası) görülmektedir (Kazancı, 2014g).

AİHM'nin bir başka kararında ise, mülkiyet hakkının ihlal edildiğini iddia eden vatandaşa karşı devlet, taşınmazın ilk halinin orman olduğunu daha sonra tapu verildiğini iddia ederek tapu iptalini istemiştir. AİHM'de mülkiyet hakkının ihlal edildiğini iddia eden başvuranın mülkiyet hak sahibi olması gerektiğini, eğer hak sahibi değilse AİHS'den yararlanamayacağını diğer davalar örnek göstererek açıklamıştır. AİHM'nin yerleşik içtihadı uyarınca bir başvuran, kendi 'mülkü' ile ilişkili olmadığı müddetçe 1 No'lu Ek Protokol'ün 1. maddesinin ihlal edildiği iddiasında bulunamaz. "Mülk" kavramı mevcut malları kapsadığı kadar, dilekçe sahibinin bir mülkiyet hakkından efektif istifade etme meşru beklentisini ileri sürmesine neden olacak, alacaklar da dahil olmak üzere, mamelek değerlerini de kapsar. Buna karşın, etkili bir şekilde kullanılması mümkün olmayan bir mülkiyet hakkı 1'nolu Ek Protokolün 1'inci maddesi anlamında bir "mülk" olarak değerlendirilemez (Kazancı, 2014h). Ancak yapılan inceleme ve değerlendirmeler sonucunda, önce yapılan orman kadastrosu sonuçlarının tapuya zamanında tescil edilmemesi nedeni ile söz konusu taşınmazın o tarihte orman olduğuna dair hiçbir açıklayıcı bilgi içermeyen tapu kayıtlarına güvenerek satın aldığını savunan vatandaşı mülk sahibi olarak kabul etmiş ve devlet tarafından mülkiyet hakkının ihlal edildiğine karar vermiştir. Bu tarihten sonra AİHM'ne Türkiye'den giden mülkiyet hakkı ihlali davalarında genellikle bu tür davalar örnek gösterilerek ihlal kararları verilmiş, devlet tazminat ödemeye yükümlü tutulmuştur (Kazancı, 2014ı).

Görülüyor ki, ormanların korunmasıyla özel mülkiyet hakkı çelişkisini içeren çok sayıda dava açılmıştır. Mahkeme ilkesel olarak ormanların korunması amacının özellikle günümüzde meşru olduğunu benimsemesine rağmen, çok sayıda kişinin mülkiyet hakkına yapılan müdahalenin devletin iyi niyetli olarak mülkiyete sahip olan kişilerin haklarına uygun koruma sağlama yükümlülüğünü bertaraf etmediğini hükme bağlamıştır (Gemalmaz, 2011).

Orman mülkiyet uyuşmazlıklarının AİHM'ne taşınması ile birlikte, alışagelmiş süreç iç hukukumuzda yeniden değerlendirilmeye başlanmıştır. Çünkü AİHM kişilerin tapuların iptali veya geçersizliği ile

sonuçlanan T.C.'nin Orman Kanunu uygulamalarını insan haklarına aykırı bulmuştur. Mahkeme, mülk sahibine herhangi bir tazminat ödenmeksizin arazisinin devlet ormanı olarak nitelendirilmesinin, 1 No'lu Ek Protokol'ün 1'inci maddesi uyarınca mülkiyet hakkına yönelik orantısız bir müdahale teşkil ettiğini belirtmektedir (Ayaz, 2010).

AİHM'ye açılan benzer davalarla, mülkiyet hakkının ihlal edildiği tespit edilip, tazminat ödeme yükümlüğü getirilme sürekliliği devam ettikçe Türkiye'nin yargı mercilerinin bu konu ile ilgili içtihatlarını değiştirdikleri görülmektedir. Özellikle Yargıtay kararları incelendiğinde birçok tazminat talebi davasında "Turgut ve diğerleri-Türkiye" davasının örnek olarak gösterilmiş olduğu söylenebilir (Kazancı, 2014j). Yargıtay Hukuk Genel Kurulunun (HGK) görüşü de Devletin kusursuz sorumluluğundan kaynaklanan bir zararın oluşması halinde bu sorumluluğun TMK'nun 1007'inci maddesi kapsamında olması gerektiği ve mağdurun zararının tazminini Devletten isteyebileceği yönündedir. HGK "tapu işlemlerinin kadastro tespiti işlemlerinden başlayarak birbirini takip eden işlemler olduğunu ve tapu kütüğünün oluşumu aşamasındaki kadastro işlemleri ile tapu işlemlerinin bir bütün oluşturduğunu, bu kayıtlarda yapılan hatalardan TMK'nun 1007'inci maddesi anlamında Devletin sorumlu olduğunun kabul edilmesi gerektiğini" de ayrıca kaleme almıştır (Kazancı, 2014k).

Türkiye'nin insan hakları sorunlarını AİHM kararları çerçevesinde incelemek hukuk düzeninde yapılması gereken reformlar açısından yol göstericidir. AİHM içtihatları doğrultusunda ortaya çıkan Avrupa insan hakları hukukunun taraf devletler açısından getirdiği temel yükümlülük, ulusal hukuk düzeninin bu hukuk ile uyum içinde olmasını sağlamaktır (Karakaş ve Şen, 2013). Yargı mercilerince uluslararası hukuk kriterleri dikkate alınarak verilecek kararlar bu konuda önemli bir boşluğu dolduracaktır. Bu bağlamda, AİHM içtihatları dikkate alınması gereken önemli birer kaynaktır (Çelik, 2011).

Ancak tazminat ödenmesi konusunda Ek 1 no'lu Protokolün 1'inci maddesinde ya da 1982 Anayasası'nın 35'inci maddesinde mülkiyet hakkına yapılacak müdahalelerde malike tazminat ödeneceğine dair herhangi bir hüküm bulunmamasına rağmen, hem AİHM hem de Anayasa Mahkemesi malike tazminat ödenmesi gerektiğini, tazminat ödenmeksizin malikin elinden alınmasının mülkiyet hakkına aykırılık teşkil edeceğini vurgulamaktadır (Şimşek, 2011). Her ne kadar TMK'da tapu sicilinin tutulmasında devletin sorumluluğu ilkesi gereğince tazminat ödenmesi yükümlülüğü mevcut ise de, benzeri durumlarda hak kayıplarına gitmeden mülkiyet hakkına yapılacak müdahalelerde bir tazminat ödenmesi henüz kanunlaşmamıştır. Günümüzde içtihatlarla doldurulmaya çalışılan bu alan yasalardan kaynaklanan bir eksiklik olarak tanımlanabilir.

3.4 Yapılan Son Yasal Düzenlemeler

Orman sınırları içinde kalan tapulu arazilerin tapularının iptal edilmesi ve tazminat ödenmesi konusu ile ilgili anayasal bir düzenleme bulunmazken, 6831 sayılı Orman Kanununda da 2012 yılına dek herhangi bir düzenleme bulunmamaktaydı. 2012 yılında yürürlüğe giren 6292 sayılı "Orman Köylülerinin Kalkınmalarının Desteklenmesi ve Hazine Adına Orman Sınırları Dışına Çıkarılan Yerlerin Değerlendirilmesi ile Hazineye Ait Tarım Arazilerinin Satışı Hakkında Kanun"un 13'üncü maddesi ile Orman Kanununa "Geçici Madde 9" eklenmiştir. İlgili madde, tapuda kişiler adına kayıtlı iken, orman sınırları içerisinde kaldığı gerekçesiyle tapuları iptal edilen yerler üzerinde bulunan yapı ve tesislerle ilgilidir. Maddede söz edilen tesisler eğer 31/12/2011 tarihinden önce müsaderesine karar verilerek Orman Genel Müdürlüğünün sabit kıymetlerine alınmış ve 29/6/1956 tarihli ve 6762 sayılı Türk Ticaret Kanunu kapsamındaki fabrika veya ticarethane niteliğindeki tesislerden ise, öncelikle kullanıcılarına olmak üzere 29 yıla kadar kiraya verilebileceği düzenlenmiştir. Maddenin devamında bu nitelikteki tesislerle ilgili devam eden davalar sonucunda müsadere kararı verilen tesisler ile genel bütçeli kamu idarelerine veya özel bütçeli idarelere verilmiş olan izinli alanlarda, izin maksadı haricinde yapılmış tesisler hakkında da bu hükmün uygulanacağı belirtilmiştir. Kanunun bu geçici maddesinde özel birtakım durumlardan bahsetmiş olup, bu çalışmada söz edilen ve mülkiyet hakkının ihlal edilip edilmediğinin tartışıldığı tapulu taşınmazlar için uygulanabilirliği kısıtlıdır.

2012 yılında yürürlüğe giren 6292 sayılı kanunun 7'nci maddesi ile hukuk devletinin bir gereği olarak, tapu sicilinin tutulmasından devletin sorumlu olduğu da dikkate alınarak ve ayrıca, vatandaşların Devlete olan

güveninin devamının sağlanması amacıyla, tapu kütüklerine 2/A veya 2/B belirtmesi konulan taşınmazların tapu kayıtlarının geçerliliği, belirtmelerin terkini ve iade edilecek taşınmazlarla ilgili yeni düzenlemeler yapılmıştır. Kanunda, ilgililer tarafından idareye başvurulması ve idarece bu başvuru üzerine veya resen yapılan inceleme ve araştırma sonucunda doğruluğu tespit edilmesi halinde bu yerlerin tapu kayıtları bedel alınmaksızın geçerli kabul edileceği ve tapu kütüklerindeki 2/A veya 2/B belirtmelerinin terkin edilerek tescillerinin aynen devam edeceği düzenlenmiştir. Hatta bu nitelikteki taşınmazlar hakkında dava açılmayacağı, açılan davalardan vazgeçileceği, açılan davalar sonucunda tapularının iptaliyle Hazine adına tesciline karar verilen, kesinleşen ve tapuda henüz infaz edilmeyen taşınmazlar hakkında da aynı şekilde işlem yapılacağı maddenin devamında belirtilmiştir. Dahası kararlardan infaz edilerek tapuda Hazine adına tescil edilen taşınmazlar için ise, ilgilileri tarafından bu Kanunun yürürlüğe girdiği tarihten (26.04.2012) itibaren iki yıl içinde idareye başvurulması halinde, bedelsiz olarak önceki kayıt maliklerine veya kanuni mirasçılarına iade edileceği de düzenlenmiştir.

Bu düzenleme ile tapuda kişiler adına kayıtlı bir yerin öncesi orman olduğu gerekçesi ile orman sayılıp daha sonra orman sınırları dışına çıkarılacak yerlerin koşullarını taşıdığı için de 2/B veya 2/A olarak belirlenmesi ile meydana gelen hak kayıpları engellenmiştir. Sözü edilen bu tür yerlere oldukça sık rastlanılmaktadır. Yeni yasal düzenleme ile bu tür yerler için herhangi bir bedel alınmadan tapuları geçerli sayılmaya devam edecektir. Daha önce benzer bir düzenleme 1973 yılında yürürlüğe giren 1744 sayılı kanun ile yapılmış *(04/07/1973 tarihli 1744 sayılı kanunun 2/B maddesine göre "... orman sınırları dışına çıkarılacak yer sınırlaması itirazsız kesinleşmiş tapulu arazi ise mülkiyeti tekrar tapu sahiplerine intikal eder)* ancak 1983 yılında 2896 sayılı kanun ile tekrar mevzuattan kaldırılmıştır. Bu maddeler haricinde Orman Kanununda tapulu arazilerin tapu iptali hakkında herhangi bir düzenleme bulunmamaktadır.

Yönetmelik bazında inceleme yapıldığında ise, 20 Kasım 2012 tarih ve 28473 sayılı R.G.'de yayımlanarak yenilenen Orman Kadastrosu ve 2/B Uygulama Yönetmeliğinde tapulu araziler hakkında son yıllarda birtakım düzenlemeler yapıldığı görülmektedir. Yönetmeliğin 19'uncu maddesi "Tapulaması ve kadastrosu yapılmış yerlerde orman kadastrosu" başlığını taşımaktadır. İlgili maddenin birinci fıkrasında tapulama ve kadastrosu yapılmış yerlerde yapılacak orman kadastro çalışmalarında tapulama ve kadastro tespitlerine aynen uyulduğunda ve ölçme yapmaya lüzum kalmadığı tespit edildiğinde; tapulama ve kadastro sınır ve ölçülerinin aynen kabul edildiği yazılmak ve ayrıntılı tutanak tutulmak suretiyle tespit edilen sınırlar, orman sınırı kabul edilerek haritasında işaretleneceği düzenlenmiştir. Üçüncü ve dördüncü fıkralarda ise tam tersi durumla karşılaşılması halinde ne yapılacağı açıklanmıştır. Buna göre tapulama ve kadastro çalışmalarında yapılan tespitin vasıf tayini yönünden bu yönetmelikte belirtilen kriterlere (yani orman tanımına) uygun olmaması nedeniyle orman aleyhine durum tespit edilmesi halinde; bu yönetmelikte belirtilen kriterler kapsamında orman sınırlarının tespiti tekrar yapılır. Bu çalışmalardan sonra tamamen orman sınırları içerisinde kalan parsellerin parsel numaralarını gösterir listesi ile kısmen orman sınırları içerisinde kalan parsellere ilişkin parselin orman sınırları içinde ve dışında kalan kısımlarını gösterir koordinatlı krokisi düzenlenmek sureti ile listeler tanzim edilerek işletme müdürlüğüne bildirilir. Belirtilen listelerde yer alan parsel sahipleri ile ayni ve şahsi hak sahiplerine çalışmanın kesinleşmesini müteakip durumu anlatır tebligat yapılarak orman sınırları içinde tamamı kalan yerlerin terkini ile kısmen kalanların rızaen terk işlemlerinin otuz gün içinde yapılması istenecektir. Aksi halde süresi içerisinde rızaen terkin yapılmaması halinde tapu iptali ve orman olarak tescili için dava açılacağının da yine dördüncü fıkrada düzenlenmiştir.

Yönetmelik yürürlüğe girdiği ilk yılda oldukça katı kurallar içermekte olup, orman sınırları içinde kaldığı gerekçesi ile tapu kadastro çalışmaları sonucunda tapu verilmiş yerler hakkında önce rızaen terk işlemi talep edileceği, aksi takdirde iptal davaları açılacağını açıkça belirtmektedir. Ayrıca 2012'den önce yürürlükte bulunan yönetmeliğin 32'inci maddesinde yine orman olarak sınırlandırılan tapulu yerlerin tespit edilmesi halinde, orman sınırları içinde kalan parsellere ait hukuken geçersiz hale gelmiş tapuların kısmen veya tamamen iptali için derhal tapu iptal davaları açılacağının düzenlendiği görülmektedir.

Ancak, tapulu araziler hakkında oldukça katı kurallar içeren bu yönetmeliğin tapulu yerlerle ilgili olan 19'uncu maddesi 27 Aralık 2013 tarih ve 28864 sayılı Resmi Gazete ile değiştirilmiştir. Yapılan yeni düzenlemeye göre 19'uncu maddesinin üçüncü fıkrası değiştirilerek "a" ve "b" bentleri eklenmiş, dördüncü fıkrası ise tamamen yürürlükten kaldırılmıştır. Yapılan yeni düzenlemeye göre üçüncü fıkra ve "a" bendine

göre; tapulama ve kadastro çalışmalarında yapılan tespitin vasıf tayini yönünden bu yönetmelikte belirtilen kriterlere uygun olmaması nedeniyle tapulama ve kadastro tespitlerine aynen uyulmasının mümkün olmadığı hallerde "Tapulama/kadastro, imar mevzuatı veya hükmen ilgilileri adına oluşturulan ve tapuda halen kişiler adına kayıtlı olan taşınmazlara ilişkin tapu kayıtları esas alınır" denilerek artık tapu iptal davası açılmayacağı ve bu tapulara değer verileceği düzenlenmiştir. Aynı fıkranın "b" bendinde ise tapulu yerlerde bulunan ve tabii olarak veya ekim-dikim yoluyla yetiştirilmiş ağaçlık alanların parsel bazında değerlendirileceği ve bu ağaçlık alanın; üç hektardan küçük olması halinde orman sayılmayan yer, üç hektar veya daha büyük olması halinde ise mülkiyet durumu esas alınmak suretiyle Devlet ormanı, amme müesseselerine ait orman ya da hususi orman olarak sınırlandırılacağı hüküm altına alınmıştır.

Görülüyor ki; yapılan son yasal düzenlemeler yıllardır süregelen "tapu iptal davası" uygulamasını bir anda değiştirmiştir. Artık yönetmeliğin bu yeni maddesine göre, tapu kadastro komisyonlarınca verilen tapulara iptal davası açılmayacak ve bu tapulara değer verilecektir. Yeni düzenlemenin temelinde vatandaşların AİHM'den ve Yargıtay'dan tazminat talep etmeleri ve mülkiyet hakkı ihlali yapıldığı gerekçesi ile özellikle AİHM'nin devleti tazminat ödemeye mahkum etmesinin yattığı söylenebilir. Bu düzenlemelerle artık tapu iptal davaları açılmayacak ve araziler hakkında tazminat talebi istenmeyecek duruma gelmiştir.

AİHM'ne mülkiyet hakkı ile ilgili davaların daha az açılmasının bir diğer sebebi son yıllarda ülkemizde vatandaşlara Anayasa Mahkemesine bireysel başvuru yapabilme hakkının da tanınmış olmasından kaynaklanmaktadır. Bireysel başvuru, temel hak ve özgürlükleri kamu gücünün işlem, eylem ya da ihmali nedeniyle ihlal edilen bireylerin diğer başvuru yollarını tükettikten sonra başvurdukları istisnai ve ikincil nitelikte bir hak arama yolu olarak tanımlanmaktadır. 12 Eylül 2010 tarihinde yapılan halkoylaması ile 1982 Anayasası'nın yargıya ilişkin hükümlerinde önemli değişiklikler yapan 5982 sayılı Kanun kabul edilmiştir. Bu değişiklikler içinde en dikkat çekenlerden biri de 1960'lı yıllardan beri ülkemizde tartışılan bireysel başvuru hakkının yeni bir hak arama yolu olarak hukuk düzenimize girmesidir (Ekinci ve Sağlam, 2012). Yapılan bu yeni düzenleme ile kişiler, Anayasa'da güvence altına alınmış temel hak ve özgürlüklerinden AİHS kapsamındaki birinin ihlal edilmesi durumunda Anayasa Mahkemesine bireysel başvuru yapabileceklerdir. 23 Eylül 2012 tarihinden itibaren uygulanmaya başlayan bireysel başvuru, AİHM'nin ana şartlarından biri olan "iç hukuk yollarının tüketilmiş olması" koşulunun önünde son basamak olarak değerlendirilecek olursa, AİHM'ne giden dava sayısındaki azalmaların sebeplerinden biri olarak görülebilmektedir.

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

Çağlar boyunca toprak mülkiyetinde ile yaşanan sorunlar, taşınmaz mal mülkiyetinin doğru ve kesin tespit edilmesinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Toprak ile insanlar arasındaki ilişkinin düzenleniş biçimi, toplumsal değişmelerin en zor ve karmaşık yanlarından birini oluşturur (Köktürk, 2009). Tapulu arazilerin orman sınırları içinde kalması sebebiyle herhangi bir tazminat ödenmeksizin tapularının iptal edilmesi uzun yıllardır çok sık yaşanmakta ve bu durumun vatandaşlar açısından mülkiyet hakkı başta olmak üzere birtakım hak kayıplarına neden olduğu düşünülmektedir. Mülkiyet hakkı, Anayasa'nın 35/1 ve TMK'nın 683'üncü maddeleri ile iç hukuk yönünden, Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi Ek Protokol 1-1 maddesi gereğince de uluslararası hukuk yönünden güvence altına alınmış temel haklardandır.

Orman sınırları içinde kaldığı gerekçesi ile tapusu iptal edilen yerler bazen iki, üç veya daha fazla kişi tarafından el değiştirmiş de olabilmektedir. Mülkiyet hakkına sahip olduğu (olacağı) tapulu arazisini satmak veya almak vatandaşların en doğal hakkıdır ve bu işlemin devletin bir kurumu olan tapu idarelerince yapılması vatandaşlar açısından güvenilir görünmektedir. Eğer üçüncü şahıslar, bir tapulu taşınmazı alırken tapu kütüğünün ilgili sayfalarına bakmış ve ormanla ilişkisinin olmadığını görerek iyiniyetli şekilde bedelini ödeyerek satın alma işlemini tamamlamışsa, öncesinin orman olması iddiası ve tapu kütüğündeki yanlışlardan kaynaklı hak kayıplarının tazmin edilmesini elbette ki devletten isteme hakkı vardır. Tapu siciline güven ilkesi ve Medeni Kanunun 1007'inci maddesi gereği tapu sicilinin tutulmasından doğan zararlardan ötürü Devlet doğrudan sorumludur. Devletin tapu sicilinin tutulmasından doğan zararlardan sorumlu olması tapu siciline kamunun güvenini sağlamaktadır.

Türk hukuk sisteminde iyiniyetli kişiler korunurken, ormanlarla ilgili benzeri durumlarda uzun yıllardır vatandaşların hak kayıplarının korunmadığı, mülkiyet hakkının ihlal edildiği söylenebilir. Geçmişte bu tür hak kayıpları yaşanmış ve vatandaşların hem tapuya güven ilkesi zedelenmiş hem de ormanlara ve orman kadastrosuna bakış açılarının değişmesine neden olmuştur.

Hatta vatandaşlar bazen ellerinde geçerli mülkiyet belgeleri olsa bile, orman idaresine karşı mahkemelerde kazanma olasılıklarının az olması düşüncesi ile dava açmaya çekinmektedir. Ancak son yıllarda herhangi bir tazminat almadan tapuları iptal edilen vatandaşlar, iç hukuk yollarını tükettikten sonra AİHM'ne mülkiyet haklarının ihlal edildiği gerekçesi ile dava açmışlardır. Mahkemenin yaptığı inceleme ve değerlendirme sonunda mülkiyet hakkının ihlal edildiği gerekçesi ile devleti tazminat ödemeye yükümlü tutması aynı durumda olan kişilere emsal olmuştur. Yaşanan bu gelişmeler artık orman olduğu iddiası ile tapuları iptal edilse bile en azından belli bir miktar tazminat alabilme ümidine dönüşmüştür.

AİHM'nin son yıllarda Türkiye Cumhuriyeti Devleti aleyhine verdiği mülkiyet ihlali kararları ve yüklü tazminat ödeme yükümlülükleri iç hukuktaki yasal düzenlemelerde ve yüksek mahkemelerin kararlarında da değişikliğe gidilmesine neden olmuştur. Bilindiği üzere AİHM'ne başvuru yapabilmek için iç hukuk yollarının tamamen tüketilmiş olması ve hak kayıplarının iç hukukla çözüme kavuşmamış olması gerekmektedir. AİHM'nin bu emsal kararlarından sonra Yargıtay HGK ve Yargıtay'ın diğer dairelerinin kararlarının da değişmeye başladığı ve bunun sonucunda da AİHM'de bu konu ile ilgili açılan dava sayısının büyük oranda düşmüş olduğu görülmektedir (2009'da 86; 2010'da 30; 2011'de 37; 2012'de 23; 2013'de 5).

Bu gelişmelerden sonra orman sınırları içinde kaldığı gerekçesi ile tapusu iptal edilen vatandaşlar, iç hukuk yollarında tazminat talep etmeye ve yapılan inceleme ve değerlendirmelerin sonrasında, uygun bulunması halinde de belli bir miktar tazminat almaya hak kazanmışlardır. Bu gelişmeler son yıllarda yüksek mahkeme kararlarından sonra yasal düzenlemelerle tapuların iptal edilmemesi konusunda değişiklikler yapılması gereğini ortaya koymuştur. Yeni yasal düzenlemelere göre tapular iptal edilmeyeceği için vatandaşların devletten tazminat istemelerine de gerek kalmamıştır.

6292 sayılı Kanunun yürürlüğe girdiği 2012 tarihinden itibaren Devlete olan güvenin devamının sağlanması amacıyla özellikle 2/B ve 2/A alanlarında tapusu olan kişilere bu yerler bedelsiz verilmeye başlanılmıştır. 2012 yılında yürürlüğe giren ve 2013 yılında revize edilen Orman Kadastrosu ve 2/B Uygulama Yönetmeliğinde ise "Tapulama/kadastro, imar mevzuatı veya hükmen ilgilileri adına oluşturulan ve tapuda halen kişiler adına kayıtlı olan taşınmazlara ilişkin tapu kayıtları esas alınır" denilerek artık tapu iptal davası açılmayacağı ve bu tapulara değer verileceği düzenlenmiştir.

Bu yasal düzenlemelerin yanı sıra 2012 yılından sonra temel hak ve hürriyetler konusunda vatandaşlara, Anayasa Mahkemesine bireysel başvuru hakkı tanınması da yine vatandaşların mülkiyet hakkının ihlali konusunda Anayasa Mahkemesine yapma hakkı tanımıştır. Anayasa Mahkemesinin resmi web sayfasından alınan verilere göre 2013 yılı içerisinde mülkiyet hakkının ihlali gerekçesi ile toplam 3277 dava açıldığı görülmektedir.

Görülüyor ki; son yıllarda bu tür mağduriyetlerin yaşanmaması için kanun ve yönetmelik bazında da oldukça önemli adımlar atılarak tapusu olan vatandaşların kanunda sayılan şartları sağlaması halinde tapularının iptal edilmeyeceği de düzenlenmiştir. Bu yasal düzenlemelerden önce, orman sınırları içinde kaldığı gerekçesi ile tapusu iptal edilen yerlerde ise, mülkiyet hakkının ihlal edilip edilmediği konusunda AİHM'nin "ihlal vardır, tazminat ödenmesi gereklidir" şeklindeki içtihatlarının emsal gösterilerek, ülkemizdeki yargı mercilerince de "tazminat ödenebilir" şeklinde değişmesi bu konuda mağdur olanlar için oldukça büyük bir gelişmedir.

Temelde orman kadastrosu ile genel kadastro arasındaki uyuşmazlıklar nedenleri ile ortaya çıkan bu tapu iptal davalarının açılmaması için yeni yasal düzenlemelerin vatandaşları ve devleti mağdur etmeyecek şekilde olması gerekmektedir. Uygulama henüz çok yeni olduğu için olumlu ve olumsuz sonuçlarının detaylı şekilde araştırılması ve ortaya koyulması gereklidir. Geçmişten günümüze değin, yapılan her yeni yasal düzenlemenin birtakım sorunları çözerken yeni birtakım sorunları meydana getirdiği gerçeği göz

önüne alındığında bu konuda yapılan düzenlemelerin de sonuçlarının uygulayıcılar ve mağdurlar açısından ayrı ayrı değerlendirilmesi daha detaylı ve ayrı bir çalışma altında incelenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Akıllıoğlu, T. 2012. Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi kararlarında mülkiyet hakkı ve kazanılmış hak üzerine bazı gözlemler. *İ.Ü. İdare Hukuku ve İlimleri Dergisi* 15(2): 9-27.

Akipek, J., Akıntürk, T., 2009. Eşya Hukuku, Beta Yayınevi, İstanbul, 978-605-377-048-0.

Atasoy, M., 2004. Kadastro Çalışmalarında Karşılaşılan Orman Mülkiyet Sorunlarının Çözümünde Dijital Fotogrametrinin Uygulanması (Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği), Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Ateş, T., 2010. Ormanların Hukuksal Durumu ve 2/B, Adalet Yayınevi, Ankara, 978-605-4378-47-0.

Ayanoğlu, S., 1992. Genel kadastro orman kadastrosu ilişkileri üzerinde incelemeler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 42B (3-4): 79-91.

Ayaz, H. 2010. Türkiye'de Orman Mülkiyetinde Tarihi Süreç ve Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi Kararları, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi 20-22 Mayıs 2010, Cilt I Sayfa 189-198.

Çelik, M. S. 2011. Mülkiyet Hakkı ve Kamulaştırma, (Erişim Tarihi 13/11/2014) http://www.yargitay.gov.tr/abproje/belge/sunum/conf5/MSCelik_kamulastirma_idari.pdf

ÇSGB, 2014. http://www.csgb.gov.tr/csgbPortal/diyih.portal?page=disiliskiler&id=3.3 (Erişim Tarihi 05/11/2014)

Ekinci, H., Sağlam, M. 2012. 66 Soruda Anayasa Mahkemesine Bireysel Başvuru, T.C. Anayasa Mahkemesi, Avrupa Konseyi, Şen Matbaa Ankara.

Eren, F., 2011. Mülkiyet Hukuku, Yetkin yayınevi, 516 syf. Ankara.

Erkan, H., 2010. Kadastro Bilgisi, Harite ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara, 978-9944-89-840-9.

Ertaş, Ş. 2006. "Mülkiyet Hakkının Yeni Boyutu Ve Bu Hakka Getirilen Daraltımların Anayasa ve İnsan Haklarına Uygunluğu" Türk Medeni Kanununun Yürürlüğe Girişinin 80. Yılı Münasebetiyle Düzenlenen Sempozyum, Ankara, s.135.

Gemalmaz, H.B., 2011. Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi açısından mülkiyet hakkının sınırlanmasında "Adil Denge" ilkesi, *İ.Ü. Hukuk Fakültesi Mecmuası* 69(1-2): 649-673.

Gençay, G., 2010. Ormancılıkta kamu yararı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 60(1): 38-49.

Gençay, G. 2012. Orman Kadastrosunun Güncel Sorunları Üzerinde Hukuksal İncelemeler, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 307s.

İHEK, 2005. Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi'nin 1 No'lu Protokolünün 1. Maddesinin Uygulanmasına İlişkin Kılavuz, İnsan Hakları El Kitapları No: 4, Türkiye Barolar Birliği Yayını.

İHEK, 2007. Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi ve Ek Protokollerinin Uygulanmasına İlişkin Kılavuz Kitap, İnsan Hakları El Kitapları, Numara 10, Belçika.

İNHAK, 2013. İnsan Hakları Daire Başkanlığı, resmi web sayfası istatistikler, (Erişim Tarihi 25/11/2014) http://www.inhak.adalet.gov.tr/istatistikler/2013.html

İpek, E., 2009. Mülkiyet Hakkının Tespitine İlişkin Esaslar, Adalet Yayınevi, Ankara, 978-605-4144-33-4.

Karakaş, A. I., Şen, İ. G, 2013. İnsan Hakları ve Kamu Özgürlükleri Anadolu Üniversitesi Yayın no: 2990, Açık Öğretim Fakültesi Yayın no:1943. Ankara.

Köktürk, E., 2009. Kadastro Toplumsal Bir Olgudur, Değişir, HKMO İstanbul Bülteni, 50-54.

Oğuzman, K., Seliçi, Ö., 2004, Eşya Hukuku, Filiz Kitabevi, İstanbul.

Sirmen, L. 1975. Tapu Sicilinin Tutulmasından Doğan Zararlardan Devlet'in Sorumluluğu, Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Yayınları No:391. Sevinç Matbaası, Ankara.

Şimşek, O. 2010. Ormanlar üzerindeki bazı mülkiyet uyuşmazlıkları ve bunlara ilişkin çözüm önerileri. *Sayıştay Dergisi,* 79: 127-156.

Şimşek, O. 2011. Mülkiyet hakkının kapsamı, sınırlandırma nedenleri ve şartları açısından 1982 anayasası ve avrupa insan hakları sözleşmesi: karşılaştırmalı bir analiz –II. *Türkiye Barolar Birliği Dergisi* 92: 312-349.

Tahiroğlu, B., 2001. Roma Hukukunda Mülkiyet Hakkının Sınırları, Der yayınları, İstanbul.

Tezcan, D. 2013. AİHM Kararları Işığında Orman Arazilerinin Bedelsiz Tapu İptal Kararlarının Mülkiyet Hakkını İhlal Sorunu, *Journal of Yasar University,* Cilt 8, Sayı Özel (2607-2616).

TKGM,2014.http://www.tkgm.gov.tr/sites/default/files/icerik/ekleri/tapu_sicilinin_tutulmasinda_devletin_sorumlulugu_ve_rucu.doc (Erişim Tarihi: 13/11/2014).

Tüdeş, T., Bıyık, C., 2001. Kadastro Bilgisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 975-95505-9-8. (Yargıtay ve Mahkeme Kararları, Kazancı Elektronik Hukuk Yayımcılığı sisteminden alınmıştır.)

Kazancı, 2014a. Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2005/5 K. 2005/4979 T. 21.4.2005; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2005/5525 K. 2005/10415 T. 22.11.2005; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2007/8066 K. 2007/10222 T. 11.7.2007; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2005/11065 K. 2005/15266 T. 20.9.2005; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2005/11719 K. 2005/14772 T. 20.12.2005; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2005/826 K. 2005/5092 T. 25.4.2005; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2005/6529 K. 2005/12541 T. 28.11.2005.

Kazancı, 2014b. Turgut ve Diğerleri / Türkiye Davası 1411/03 Strazburg 8 Temmuz 2008, 1411/03 Strazburg 13 Ekim 2009.

Kazancı, 2014c. Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/6067 K. 2011/11891 T. 20.10.2011

Kazancı, 2014d. Yargıtay Hukuk Genel Kurulu E. 2009/4-383 K. 2009/517 T. 18.11.2009

Kazancı, 2014e. Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/13660 K. 2011/14621 T. 13.12.2011; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/6067 K. 2011/11891 T. 20.10.2011; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/10104 K. 2011/11353 T. 11.10.2011; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/8798 K. 2011/14624 T. 13.12.2011; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/6931 K. 2011/15805 T. 27.12.2011; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/5495 K. 2011/12063 T. 25.10.2011; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/10631 K. 2011/14629 T. 13.12.2011; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/16485 K. 2012/5021 T. 3.4.2012; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/14180 K. 2011/14622 T. 13.12.2011; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/5205 K. 2011/9685 T. 13.9.2011.

Kazancı, 2014f. Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/13660 K. 2011/14621 T. 13.12.2011.

Kazancı, 2014g. Yargıtay Hukuk Genel Kurulu E. 2012/20-586 K. 2013/227 T. 13.2.2013

Kazancı, 2014h. Rimer ve Diğerleri/Türkiye Davası; 18257/04, Strazburg, 10 Mart 2009.

Kazancı, 2014ı. Ali Taş/Türkiye Davası; 10250/02, Strazburg, 22 Eylül 2009; Malhas ve Diğerleri - Türkiye Davası, 35476/06, 28530/06, 43192/06, 43194/06, Strazburg, 13 Eylül 2011; Temel Conta Sanayi ve Ticaret A.Ş / Türkiye Davası, 45651/04, Strazburg, 10 Mart 2009; Özerman ve Diğerleri / Türkiye Davası, 3197/05, Strazburg, 20 Ekim 2009.

Kazancı, 2014j. Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/10403 K. 2012/219 T. 17.1.2012; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/10548 K. 2012/222 T. 17.1.2012; Yargıtay 20. Hukuk Dairesi E. 2011/9173 K. 2011/12065 T. 25.10.2011.
Kazancı, 2014k. Yargıtay Hukuk Genel Kurulu E. 2010/4-349 K. 2010/318 T. 16.6.2010.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.01280

Incorporation of hyperspectral imagery and texture information in a SVM method for classifying urban area of southern regions of Tehran, Iran

Ahmad Maleknezhad Yazdi [*1], **Vahid Eisavi** [1], **Ali Shahsavari** [2]

[1] Tarbiat Modares University, Remote Sensing and GIS Department, M.Sc. in Remote Sensing, Tehran, Iran
[2] Tehran University, Remote Sensing and GIS Department, M.Sc. in Remote Sensing, Tehran, Iran

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** a.malekny@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 09.02.2015 **Revised (Düzeltme tarihi):** 19.02.2015 **Accepted (Kabul tarihi):** 19.02.2015

Abstract: Due to rapid population growth over recent decades, changes of urban areas have significantly impacted the environment. Urban is a heterogeneous and highly fragmented environment which has made them a challenging area for remote sensing imagery. The reliability of the information delivered by remote sensing applications in urban area highly depends on the quality of spatial and spectral data. Accordingly, the objective of this study is to analyze the impact of incorporation of Hyperion imagery and textural characteristics of high resolution panchromatic ALI imagery in classifying of urban region of south west of Tehran. To this end, we extracted textural information from panchromatic ALI imagery using gray-level co-occurrence matrix (GLCM) method. Classification was carried out by SVM method in five scenarios: Classification of spectral band of CNT method, classification of spectral bands plus texture with window size 3, size 5, size 7 and size 9. The classification results show that the urban areas of south west of Tehran are insufficiently characterized by the Hyperion satellite imagery. A quantitative assessment of the results demonstrated that the use of texture information improved urban land covers classification. As a result, combining of texture information with Hyperion imagery decreases class confusion specifically in heterogonous classes. The GLCM features show great potential for land use cover classification in heterogeneous areas with rich textural information.

Keywords: Hyperspectral imagery, image texture, GLCM, remote sensing, SVM classification

İran Tahran şehri güney bölgesinde kent alanlarının sınıflandırılmasında SVM yöntemi ile hiperspektral görüntü ve tekstür bilgilerinin birlikte kullanılması

Özet: Son yıllarda hızlı nüfus artışı ve kentsel alanlardaki değişimler çevreyi önemli bir şekilde etkilemiştir. Kentsel alanlar heterojenik ve parçalanmış bir yapıya sahiptir, bu durum uzaktan algılama görüntüleri açısından zorlu bir durum yaratmaktadır. Kentsel alanlarda uzaktan algılama uygulamalarından elde edilen bilgilerin güvenilirliği mekansal ve spektral verilerin kalitesine bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla, bu çalışmanın amacı Tahran'ın güney batısındaki kentsel bölgede Hyperion görüntüleri ve yüksek çözünürlüklü pankromatik ALI görüntülerinin dokusal özelliklerinin esas etkisini analiz etmektir. Bu amaçla, gri-seviyeli eş-oluşum matrisi (gray-level co-occurrence matrix) (GLCM) yöntemini kullanarak pankromatik ALI görüntülerinden yapısal bilgi ayıklanmıştır. Sınıflandırma beş senaryo halinde SVM yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. CNT yöntemiyle spektral bantların sınıflandırılması, spektral bant sınıflandırılması pencere boyutu 3, boyut 5, boyut 7 ve boyut 9. sınıflandırma sonuçları Tahran güney batı kentsel alanların Hyperion uydu görüntüleri ile yeterince karakterize edilemediğini göstermektedir. Sonuçlar yapısal bilgilerin kullanımı ile kentsel arazi sınıflandırmalarının daha başarılı bir şekilde yapılabildiğini göstermektedir. Sonuç olarak, Hyperion görüntüleri ile yapısal bilgilerinin birleştirilmesi heterojenik sınıflandırmada karışıklığı azaltmaktadır. GLCM özellikleri içerdikleri zengin yapısal bilgi ile heterojen alanlarda arazi kullanım sınıflandırmaları için büyük bir potansiyel gösterirler.

Anahtar Kelimeler: Hiperspektral görüntü, görüntü tekstürü, GLCM, uzaktan algılama, SVM sınıflandırması

To cite this article (Atıf): Yazdi, A.M., Eisavi, V., Shahsavari, A., 2016. Incorporation of hyperspectral imagery and texture information in a SVM method for classifying urban area of southern regions of Tehran, Iran. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 90-103. DOI: 10.17099/jffiu.01280

1.INTRODUCTION

Due to rapid population growth over recent decades, changes of urban areas have significantly impacted the environment (Pacifici et al., 2009). Although, urban areas represent a small percentage of the global land uses, their monitoring is necessary for evaluation of the human footprint on the environment. Remote sensing data classification is the most common approach for urban land use mapping (Forster, 1985; Ridd, 1995; Carlson and Azofeifa, 1999).

Urban is a heterogeneous and highly fragmented environment which their broad variations in components, constructive materials such as concrete, asphalt, soil, metal, glass and vegetation (Carleer and Wolff, 2006) have made them a complex area for remote sensing resulted in difficulties in detection of their land covers (Ridd, 1995; Small, 2001; Small, 2005). As a result, modeling of these land covers in multispectral imagery with limited spectral bands is a complex process and accompanies with great degrees of inaccuracy.

Hyperspectral imaging with more than ten or hundreds of spectral bands has provided new opportunities for analyzing a variety of materials (Goetz, 2009; Yuntao et al., 2012) which can deal with the deficiency of multispectral sensors. One of these detectors is Hyperion with 224 spectral bands. This detector has been used in some cases for urban studies (Bokoye, 2004; Kateskasem, 2005; Welikanna, 2008; Cavalli et al., 2008). The reliability of the information delivered by remote sensing applications in urban area highly depends on the quality of spatial and spectral data. The identification of relatively small objects, e.g., narrow streets, trees and houses is important in classification of remote sensing data of urban areas (Fauvel et al., 2008). Therefore, besides the hyperspectral imagery, high spatial resolution of imagery is necessary for accurate land use mapping of such a complex scenes. Meanwhile, Hyperion has relatively low spatial resolution (30 m) which is inconvenient for common urban studies. Taking into account of these reasons, it is essential to extract additional information from panchromatic images in order to recognize objects within the scenes, such as texture (Pacifici et al, 2009). In most remote sensing literature, texture information improved the per-pixel classification accuracy (Zhang et al., 2003; Puissant et al., 2005; Pacifici et al., 2009; Murray et al., 2010). However, the impacts of ALI imagery on the classification Hyperion have not been investigated.

One of the abilities of EO-1 satellite, carrying Hyperion detector, is producing a panchromatic image by ALI detector (10 m) at the same time of taking Hyperion imagery. Therefore, this condition makes it possible to apply both sensors at the same time.

The objective of this study is to analyze the impact of incorporation of Hyperion imagery and textural characteristics of high resolution panchromatic ALI imagery in classifying of an urban region. To this end, we extract textural information from panchromatic ALI imagery using gray-level co-occurrence matrix (GLCM) method (Haralick et al., 1973; Haralick, 1979). It was demonstrated that textural features derived from GLCM are the most useful features for improvement of land cover classification accuracy (Shanmugan et al., 1981; Clausi and Yue, 2004). Further, support vector machine (SVM) is used to classify the spectral-structural features after dimensional reduction. Support Vector Machines have shown to be a valid alternative for classifying hyperspectral remote sensing imageries (Melgan and Bruzzone, 2004; Camps and Bruzzone, 2005; Fauvel, 2007).

2.MATERIALS AND METHODS

2.1 Study Area and Data

The study area is located in south west of Tehran, Iran. Tehran features a semi-arid climate. The dominant landcover types in the region include the built-up areas, bare lands, farmlands and orchards. This region contains as much as 1938 hectare of agricultural and residential areas of Tehran and placed adjacent to Azadegan and Persian Gulf highways (Figure / Şekil 1).

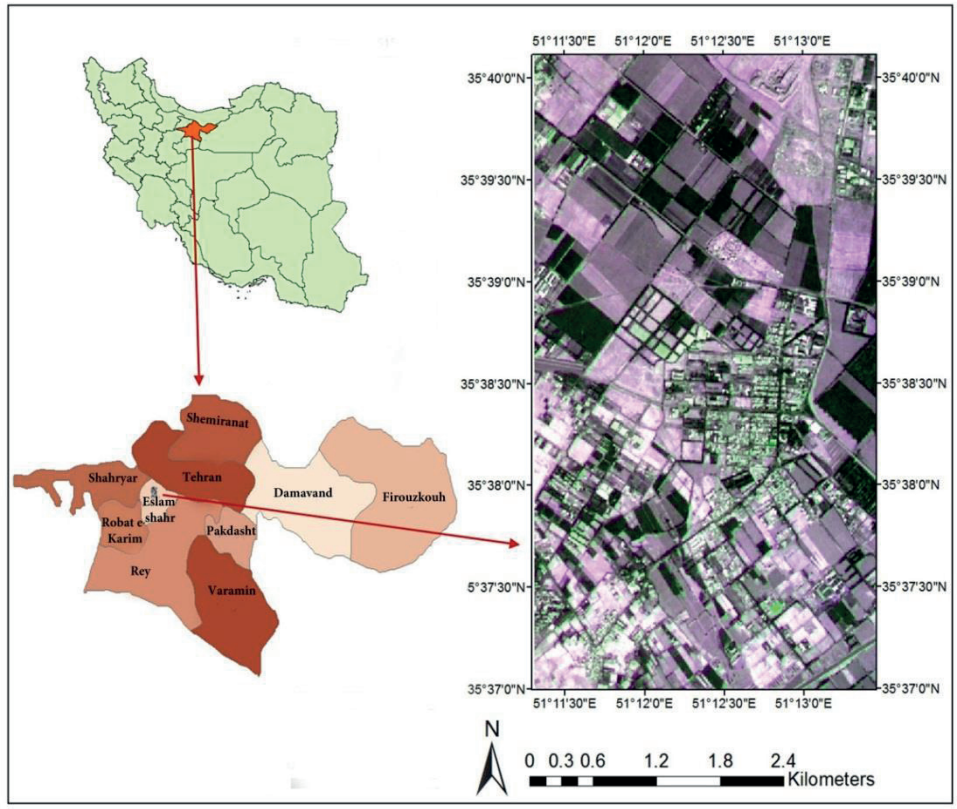


Figure 1. Location of the study area
Şekil 1. Çalışma alanının konumu

Both of images used in this research were taken by EO-1 Satellite. Table / Tablo 1 represents the different characteristics of sensors and images taken by them in detail.

Table 1. Sensors characteristics launched on EO-1 Satellite
Tablo 1. EO-1 uydusu üzerindeki sensör özellikleri

Parameter	ALI Sensor	Hyperion Sensor
Spectral Range	400-2400 nm Multispectral 480-690 nm Panchromatic	400-2500 nm
Spatial Resolution	30 meters	30 Meters
Spectral Resolution	Variable	10 nm
Swath Width	37 km	7.6 km
Panchromatic Spatial Resolution	10 meters	N/A
Number of Bands	10	220
Acquisition Date	10/30/2009	10/30/2009

2.2 Research Methodology

Figure / Şekil 2 illustrates the overall method used in this research.

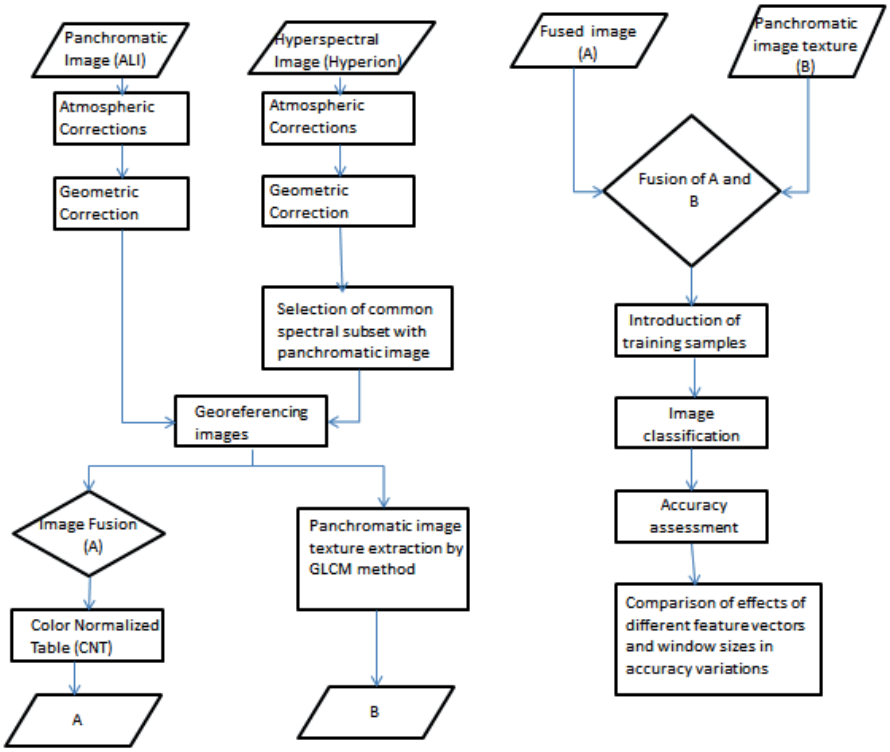


Figure 2. Research methodology
Şekil 2. Araştırma metodolojisi

Hyperspectral images are more vulnerable to the atmospheric effects due to their narrow spectral bandwidth. As a result, implementation of atmospheric correction algorithms are necessary to minimize these effects but prior to this step, striping in hyperspectral images have to be dealt with in order to recover the damaged bands (Kawishwar, 2007).

After removing absorption, non-calibrated and collapsed bands from the initial set of hyperspectral image bands, 220 primary bands diminished to 134 bands. In the next step, FLAASH (Fast Line of Sight Atmospheric Analysis Spectral Hypercubes) algorithm was used for the atmospheric correction. The required solar and meteorological parameters for atmospheric correction are summarized in Table / Tablo 2.

Table 2. Required parameters for atmospheric correction
Tablo 2. Atmosferik düzeltme için gerekli parametreler

Sun Elevation Angle: 8.21 degree	Flight Time: 6:58:50
Sun Azimuth Angle: 112.2 degree	Scene Center Location: Lat: 35.63 Lon: 51.21 degree
Sensor Height: 705 kilometer	Visibility: 40 kilometer
Mean Ground Elevation: 1.1 kilometer	Temperature: 18.1 centigrade

Geometric correction was carried out for geo-referencing images in a high accuracy manner. To achieve this accuracy, the panchromatic image was selected as the base image and geo-referencing was done by 19 ground control points (GCP) and polynomial equations of degree 2 in all regions of the image. Accordingly, we achieved the accuracy of less than half a pixel (0.42 m). Nearest neighborhood method was selected for the image interpolation. In addition, the Hyperion imagery was co-registered for the panchromatic ALI imagery.

The fusion method used in this study is Color Normalized Transformation (CNT), which is based on color components. It exploits the panchromatic image in a direct relationship and is more suitable for images with high correlations. The equation for fusion is:

$$MS_{FK}^{H} = \frac{SMS_K * Pan}{\sum_k^n MS} \quad (1)$$

Where SMS_K DN represents the pixel in kth band and $\sum_k^n MS$ represents the summation of DNs of that pixel in all bands. This operation resulted in 23 bands covering 480 -690 nm spectral range with spectral resolution of 10 nm.

2.3 Texture Extraction

Methods available for extraction of Image texture can be divided into 4 main categories: structural, statistical, model-based and transformation-based. The GLCM is the first method in this field which was introduced by Haralick (1973). This statistical method works on the basis of two parameters: the distance and angle between two pixels in a window by specific size. Texture parameters which called feature vectors are calculated in the next step. Haralick (1973) introduced 23 feature vectors in his first article but later in 1979, he reduced them to 8. In our research, the correlation feature vector was omitted due to some inconsistent values (infinite) and the other ones were investigated which are indicated in Table / Tablo 3.

Table 3. The feature vectors used in the study
Tablo 3. Çalışmada kullanılan vektör özellikleri

$$\mu_i = \sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{N-1} i p_d(i,j) \quad (2)$$

$$\sigma_i^2 = \sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{N-1} p_d(i,j)(i-\mu_i)^2 \quad (3)$$

$$\sigma j^2 = \sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{N-1} p_d(i,j)(j-\mu_i)^2$$

$$\text{Homogeneity} = \sum_i^{N-1}\sum_j^{N-1} \frac{Pd(i,j)}{1+(i-j)^2} \quad (4)$$

$$\text{Contrast} = \sum_i^{N-1}\sum_j^{N-1} P_d(i,j)(i-j)^2 \quad (5)$$

$$\text{Dissimilarity} = \sum_i^{N-1}\sum_j^{N-1} P_d(i,j).|i-j| \quad (6)$$

$$\text{Enthropy} = -\sum_i^{N-1}\sum_j^{N-1} P_d(i,j).\log P_d(i,j) \quad (7)$$

$$\text{Angular Second Moment} = \sum_i^{N-1}\sum_j^{N-1} P_d(i-j)^2 \quad (8)$$

The window size and distance between pixels are two effective parameters in derivation of texture. Variations of these parameters can have considerable effects on the extraction of texture in different land covers. The most optimal distance between pixels in previous work were determined as d=(1,1) (one horizontal distance and one distance in vertical direction) (Hall-Bayer, 2007). Here, this distance was selected as the default distance and window sizes of 3, 5, 7 and 9 were examined for different land covers to reach the most suitable window sizes associated with each land cover. Larger window sizes may lead to loss of some valuable texture measures, such as the dividing edges between different land covers, which plays important roles in the differentiation of them.

2.4 Image Classification

In order to classify land covers, 14 main classes in image area were selected through field surveying and the satellite image with high spatial resolution. Vector zones were also chosen as the reference for training samples in supervised classification (i.e. SVM). These classes along with number of training samples are listed in Table / Tablo 4.

Table 4. Extracted classes from training samples and images
Tablo 4. Üzerinde çalışma yapılan örnekler ve görüntüler

Class number	Number of training samples	Class name	Class number	Number of training samples	Class name
1	342	Corn Fields	8	42	Roads
2	192	Barren Lands	9	57	Tree Row
3	133	Barren Lands Containing Garbages	10	41	Gardens Containing Fruitless Trees
4	126	Fallow Lands	11	170	Ploughed Lands
5	51	Orchards	12	109	Scattered Industries
6	69	Land Without Vegetation Cover	13	47	Warehouses
7	275	Residential Area	14	103	Concentrated Industries

Training and test samples were chosen on basis of stratified random sampling. The proportion governing over division of samples was 4:1. i.e., 20% of samples were used for training classifier and the others were used for validating it (Gualtieri, 2009).

In order to evaluate the efficiency of the GLCM features derived from panchromatic ALI imagery in improvement of land cover classification accuracy, we defined five scenarios as follow: 1) classification of spectral band of CNT method 2) classification of spectral bands plus texture with window size 3 (W3) 3) classification of spectral bands plus texture with window size 5 (W5) 4) classification of spectral bands plus texture with window size 7 (W7) and 5) classification of spectral bands plus texture with window size 9 (W9).

2.5 SVM Method

Classification was carried out by the SVM method. This method was chosen because of the limitation of training samples and its non-parametric nature that enables us to classify texture and spectral information simultaneously. SVM has proven its superiority over common methods such as neural networks and maximum likelihood in previous studies (Féret and Asner, 2013; Mountrakis et al., 2011). SVM in its basic form deals with the problem of the best separator between two classes and tries to find a hyperplane thereby the following optimization equation can be solved:

$$\min\left\{\frac{1}{2}\|w\|^2+C\sum_{i=1}^{k}\xi_i\right\} \qquad (9) \qquad\qquad y_i(w.x_i+b)\geq 1-\xi_i \quad i=1,\ldots,k \qquad (10)$$

Where the minimization of the first part ($\frac{1}{2}\|w\|^2$) leads to the maximization of margins between support vectors. *C* in the second part of eq.2 is used to fine misclassified training samples. However, the unreasonable rise of this parameter results in the reduction of generalization ability of classifier and unfitting with the features available on the image (Mather and Tso, 2009; Goumehei, 2010; Oommen et al., 2008).

The classes in their primary space are generally inseparable and they are projected to a kernel feature space with higher dimensions (Colgan et al., 2012). There are numerous kernels which the associated equations concerning linear, polynomial, radial-basis function (RBF) and sigmoid kernels have been presented in equations 10 to 13.

$$K(x_i,x_j)=x_i^T x_j \qquad (10)$$

$$K(x_i,x_j)=(\gamma x_i^T x_j+r)^d \quad ,\gamma> \qquad (11)$$

$$K(x_i,x_j) = \exp\left(-\gamma\left\|x_i-x_j\right\|^2\right) \quad ,\gamma> \tag{12}$$

$$K(x_i,x_j) = \tanh(\gamma x_i^T x_j + r) \tag{13}$$

In above equations, *r*, γ and *d* are parameters which are defined manually. Cost parameter (C) which described in prior parts must also be taken into consideration.

In this research, radial basis function kernel was used for classification. The reason behind this selection is its better performance in previous studies (Colgan et al., 2012; Huang et al., 2002; Petropoulos et al., 2010). Moreover, this kernel needs less parameter for tuning compared to the other ones (2 parameters (cost and sigma) compared to 4 parameters in polynomial and 3 in sigmoid kernels).

Some preprocessing like scaling and centering was done over training data to reduce heterogeneity among texture and spectral data. Resampling was also conducted to prevent from over-fitting which is common in large cost values. The method used in resampling was 10-fold cross-validation with 5 time repetition. The tuning process was done over a grid search to find the optimum values of associated parameters. To this end, range of cost values were assigned between 2^{-2} and 2^{7} and the corresponding sigma values was chosen on basis of the optimum cost value.

3.RESULTS AND DISCUSSION

This section presents the results of five different classification scenarios. Tuning over the defined grid at the first step was conducted for both scenarios and the results are presented in Table / Tablo 5. This table also contains columns regarding overall accuracy which produced from predicting over test samples and cross-validating accuracy associated with cross-validation over training samples.

Table 5. Different accuracy measures and optimum parameters in SVM method
Tablo 5. SVM metodunda farklı doğruluk ölçümleri ve optimum parametreler

Parameter Scenario	Optimum Cost Value	Optimum Sigma Value	Cross-validated accuracy	Overall accuracy
CNT method	64	0.382	0.845	0.8536
CNT & texture W3	32	0.154	0.855	0.8651
CNT & texture W5	32	0.143	0.891	0.8989
CNT & texture W7	128	0.145	0.91	0.9172
CNT & texture W9	64	0.161	0.929	0.9265

According to Table / Tablo 5, no specific trend was observed for optimum cost and sigma values. However, an incremental trend was discerned in both cross-validation and overall accuracy. The best results were yielded in case of addition of texture with window size 9 thereby the overall accuracy increased about 7%.

Further, to evaluate the performance of all scenarios, kappa coefficient, producer and user accuracy and conditional kappa are presented in Figure / Şekil 3, 4, 5 and Table / Tablo 6 and 7. P.A and U.A in Table / Tablo 6 denote producer accuracy and user accuracy respectively.

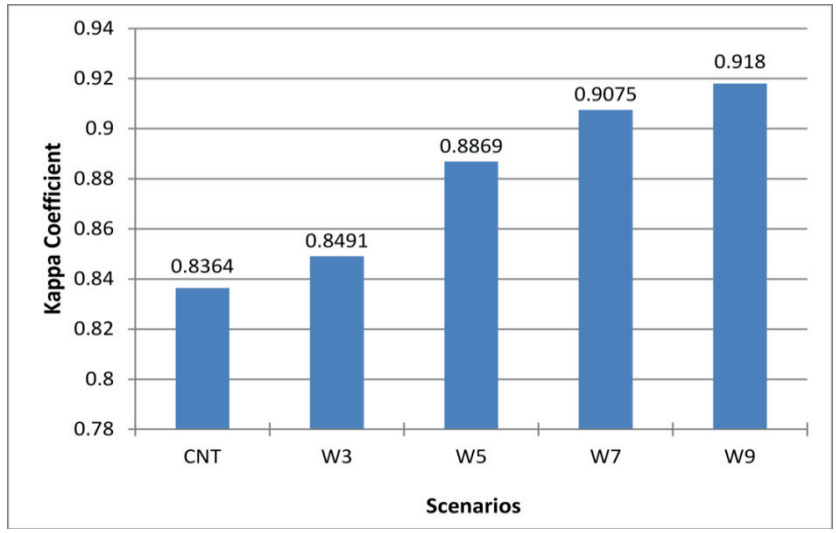


Figure 3. Kappa coefficient in different scenarios
Şekil 3. Farklı senaryolarda kappa katsayısı

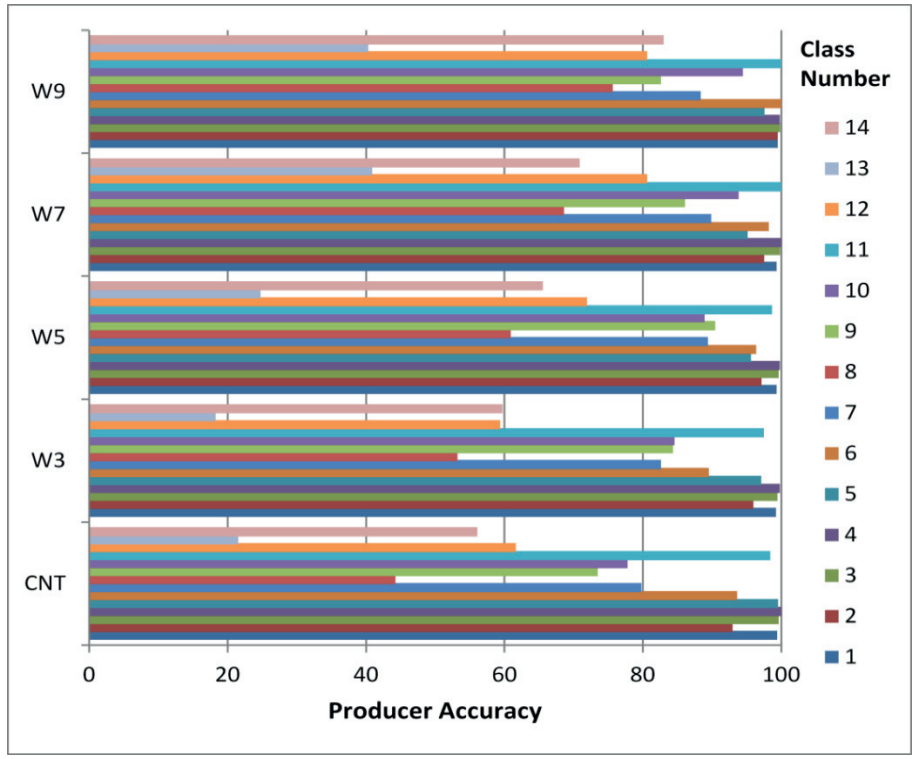


Figure 4. Producer accuracy in different scenarios
Şekil 4. Farklı senaryolarda üretici doğruluğu

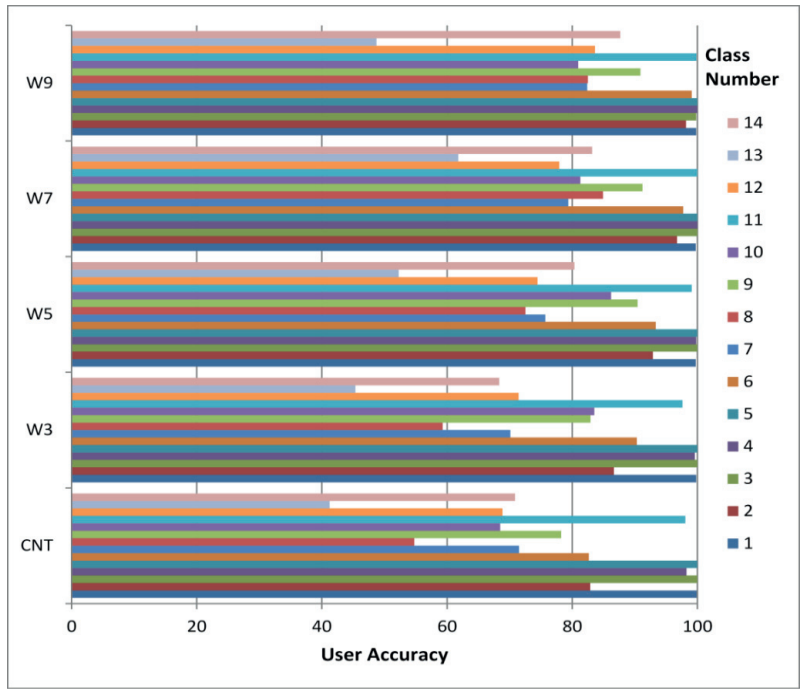


Figure 5. User accuracy in different scenarios
Şekil 4. Farklı senaryolarda kullanıcı doğruluğu

Table 6. Producer and user accuracy measures for different scenarios
Tablo 6. Farklı senaryolar için kullanıcı ve üretici doğruluğu ölçümleri

Scenario	CNT		W3		W5		W7		W9	
Class Number	P.A	U.A	P.A	U.A	P.A	U.A	P.A	U.A	P.A	U.A
1	99.39	99.91	99.21	99.82	99.3	99.74	99.3	99.74	99.48	99.82
2	92.95	82.89	95.95	86.67	97.13	92.88	97.52	96.76	99.48	98.2
3	99.62	100	99.44	100	99.62	100	99.81	100	99.81	99.81
4	100	98.25	99.8	99.8	99.8	99.80	100	100	99.8	100
5	99.51	100	97.09	100	95.63	100	95.15	100	97.57	100
6	93.61	82.66	89.5	90.32	96.35	93.36	98.17	97.73	100	99.1
7	79.77	71.49	85.59	70.11	89.4	75.7	89.88	79.38	88.33	82.4
8	44.23	54.76	53.21	59.29	60.9	72.52	68.59	84.92	75.64	82.52
9	73.48	78.24	84.35	82.91	90.43	90.43	86.09	91.24	82.61	90.91
10	77.78	68.48	84.57	83.54	88.89	86.23	93.83	81.28	94.44	80.95
11	98.38	98.09	97.5	97.64	98.68	99.11	100	100	100	99.85
12	61.64	68.88	59.36	71.43	71.92	74.47	80.59	77.92	80.59	83.65
13	21.52	41.24	18.28	45.33	24.73	52.28	40.86	61.79	40.32	48.7
14	56.07	70.86	59.71	68.33	65.53	80.36	70.87	83.19	83.01	87.69

The first scenario, i.e. classification based on CNT method has a satisfactory performance in class numbers between 1 to 6 in terms of both producer and user accuracy. These classes include different agricultural, barren lands and orchards. This can be justified in this way that the spectral data with high spectral resolution is sufficient for these land covers. Addition of texture derived from panchromatic image doesn't increase these classes accuracy substantially. This can be related to vast area covered with them and their homogenous texture compared to more complex land uses such as the residential and industrial areas in the region.

Comparison of producer and user accuracy values in Figure / Şekil 4 and 5 reveals the imbalance between these accuracy measures in different classes which is more evident in the residential and industrial areas.

High imbalance between producer and user accuracy exists mostly in warehouses, scattered and concentrated industries. The increase of window size in some classes such as warehouses and different types of industries reduces this imbalance which can be related to the role of texture for differentiating between these highly mixed areas. Conditional kappa measures can explain the overall effect of texture in variation of producer and user accuracy with a unique value thereby the analyzer can get a better idea of interaction of texture and spectral data. Table / Tablo 7 shows conditional kappa for all classes in all scenarios.

Table 7. Conditional kappa measure for different scenarios
Tablo 7. Farklı senaryolar için koşullu kappa ölçüsü

Scenario / Class number	CNT	W3	W5	W7	W9
1	0.9989	0.9979	0.9968	0.9968	0.9979
2	0.8067	0.8494	0.9196	0.9634	0.9796
3	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9980
4	0.9811	0.9957	0.9979	1.0000	1.0000
5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
6	0.8207	0.8999	0.9314	0.9765	0.9906
7	0.6629	0.6466	0.7127	0.7562	0.7919
8	0.5368	0.5831	0.7186	0.8456	0.8210
9	0.7746	0.8230	0.9009	0.9093	0.9058
10	0.6769	0.8313	0.8588	0.8082	0.8048
11	0.9788	0.9738	0.9901	1.0000	0.9984
12	0.6669	0.6942	0.7267	0.7637	0.8250
13	0.3955	0.4376	0.5090	0.6069	0.4723
14	0.6894	0.6625	0.7906	0.8208	0.8688

CNT-based classification yields satisfactory conditional kappa coefficients values in classes 1 to 5. The only exception is class number 2, which relates to barren lands. This can be explained in a way that barren lands typically cover heterogeneous areas which can be treated by addition of texture. As it is evident in class 2, the addition of texture has increased conditional kappa coefficient from 0.8067 to 0.9796. The addition of texture with higher window sizes in other classes results in the increase of accuracy. However, in some classes such as roads, tree rows and warehouses, the best performance is achieved in window size 7. This can be related to the dependency of these classes to the boundary edges which is faded in high texture window size and explained in prior sections. Conditional kappa has the highest increase in the most heterogeneous classes such as warehouses, scattered and concentrated industries and residential areas (by about 50%) which confirms the role of texture in improvement of these highly mixed zones.

Warehouses had the lowest accuracy in this study which can be related to different factors: First, The mixed nature of these areas where contain several sub-covers such as stored construction materials, the asphalt pavement used in their courtyards. Second, the less area coverage compared to the other land covers such as barren lands and corn fields also make their differentiation from the other classes more complicated.

Finally, the classification map derived in CNT-based classification (a) and the ones which yielded from the addition of texture from window sizes 3, 5, 7 and 9 (b, c, d, e) is illustrated in figure 6. Some improvements such as the edge enhancement and omission of irrelevant pixels are discernable in the thematic maps generated by the addition of texture in different window sizes.

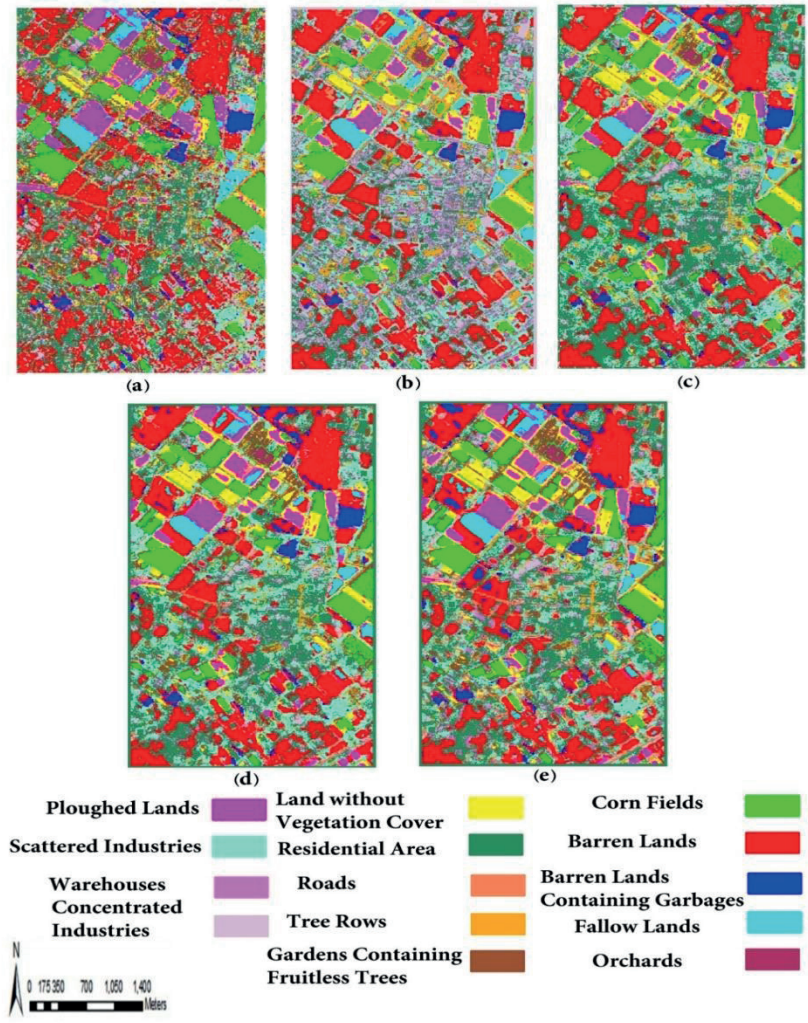


Figure 6. Thematic maps generated by all scenarios: a) the one generated by CNT method and b), c), d) and e) which generated by addition of texture with window sizes 3, 5, 7 and 9 respectively.
Şekil 6. Tüm senaryolar tarafından oluşturulan tematik (konusal) haritalar a) CNT metodu tarafından üretilen harita ve b), c), d) ve e) ise sırasıyla 3, 5, 7 ve 9 tekstür ölçülerine göre üretilen haritalardır.

Findings of this study were similar to Wang and Zhang (2014) who incorporated texture and NDVI as ancillary data for classification by SVM method. However, they used texture derived from the first and second PCs in principal component analysis. The use of Quickbird image with 0.62 m spatial resolution allowed them to evaluate the window sizes by even 41x41, but the coarser ALI panchromatic image spatial resolution limited our maximum window size to 9. The best classification performance in their study was achieved by incorporation of NDVI and texture to the spectra data which resulted in 30% increase in overall accuracy. However, addition of texture was the second best scenario which led to 23% increase in overall accuracy. Our study also gained 7% improvement of overall accuracy in case of addition of texture with window size 9 and substantial increase of heterogeneous areas such as industries which confirmed the hypothesis that addition of texture as an ancillary data improves the hyperspectral imagery classification.

4.CONCLUSION

This study investigated whether using texture information (i.e. GLCM) can improve the accuracy of urban classification within Hyperion satellite imagery. We explored several combinations of Hyperspectral and GLCM features in classifications of urban area with 14 numbers of different classes.

The classification results show that the urban areas of south west of Tehran are insufficiently characterized by the Hyperion satellite imagery. A quantitative assessment of the results, demonstrated that the use of texture information in urban land covers classification improved accuracy of classes with the high mixed pixels including tree rows, roads and residential areas considerably. So that, the overall accuracy increased by about 7% and some land use/ land covers such as residential and industrial areas and tree rows experienced to even 25% increase in classification accuracy.

Incorporation of the texture information, represented by the GLCM features, leads to a considerable decrease in the omission and commission errors. Accordingly, combining of texture information (i.e. GLCM) with Hyperion imagery decreases class confusion specifically in heterogonous classes. The GLCM features show great potential for land use cover classification in heterogeneous areas with rich textural information (e.g. urban area). Meanwhile, the accuracy of classification using texture measures depends highly on the window size which efficiently investigated in this study.

In the end, the evaluation of other fusion methods such as principal component transformation, naïve bayes are proposed for future studies. The addition of different ancillary data with higher spatial resolution such as IKONOS, RADAR and so on is also recommended.

ACKNOWLEDGEMENT (TEŞEKKÜR)

The authors wish to thank U.S. Geological Survey (USGS) for providing us with Hyperion and ALI images through online services. We also want to thank Mr. Mohammad Sedghi for constructive reviews and linguistic modifications on the primary manuscript. Finally, we would like to thank anonymous referees who provided valuable feedbacks on earlier version of this paper.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

Bokoye, A.I., Dionne, P., 2004. Urban material characterization from the Hyperion hyperspectral imager: Application to downtown Montreal (Quebec, Canada). *Image and Signal Processing for Remote Sensing* 5238: 569- 574. Conference No.9, Barcelona, Spain, Doi: http://dx.doi.org/10.1117/12.511150

Camps-Valls, G., Bruzzone, L., 2005. Kernel-based methods for Hyperspectral image classification, *IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing* 43: 1351–1362.

Carleer, A. P., Wolff, E, 2006. Urban land covermulti-level region-based classification of VHR data by selecting relevant features. *International Journal of Remote Sensing* 27: 1035−1051.

Carlson, T.N., Sanchez-Azofeifa, G.A. 1999. Satellite remote sensing of land use changes in and around San José, Costa Rica. *Remote Sensing of Environment 70*: 247–256.

Cavalli, M.R., Fusilli, L., Pascucci, S., Pignatti, S., Federico Santini, F., 2008. Hyperspectral Sensor Data Capability for Retrieving Complex Urban Land Cover in Comparison with Multispectral Data: Venice City Case Study (Italy). *Sensors* 8: 3299-3320. Doi: http://dx.doi.org/10.3390/s8053299

Clausi, D. A., Yue, B., 2004. Comparing co-occurrence probabilities and Markov random fields for texture analysis of SAR sea ice imagery. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing* 42: 215-228.

Colgan, M. S., Baldeck, C. A., Féret, J. B., Asner, G. P., 2012. Mapping savanna tree species at ecosystem scales using support vector machine classification and BRDF correction on airborne hyperspectral and LiDAR data". *Remote Sensing* 4(11): 3462-3480. Doi: http://dx.doi.org/10.3390/rs4113462

Féret, J., Asner, G. P., 2013. Tree species discrimination in tropical forests using airborne imaging spectroscopy. *IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing* 51: 73-84.

Forster, B.C., 1985. An examination of some problems and solutions in monitoring urban areas from satellite platforms. *International Journal of Remote Sensing* 6: 139-151. Doi: http://dx.doi.org/10.1080/01431168508948430

Fauvel, M., 2007. Spectral and spatial methods for the classification of urban remote sensing data, Ph.D. dissertation, Grenoble Inst. Technol., Grenoble, France.

Fauvel, M., Benediktsson, J.A., Chanussot, J., Sveinsson, J.R., 2008. Spectral and Spatial Classification of Hyperspectral Data Using SVMs and Morphological Profiles. *IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing* 46: 3804-3814. Doi: http://dx.doi.org/10.1109/TGRS.2008.922034

Goetz, A.F.H., 2009. Three decades of hyperspectral remote sensing of the Earth: A personal view. *Remote Sensing of Environment* 113: S5–S16. Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2007.12.014

Goumehei, E., 2010. Contextual image classification with support vector machine". M.Sc Thesis, ITC, Enscede.

Gualtieri, J.A., 2009. The Support Vector Machine (SVM) algorithm for supervised classification of hyperspectral remote sensing data, In: Kernel Methods for Remote Sensing Data Analysis, Edited by Camps-Valls, G., & Bruzzone, L., Wiley, New York, 51-83.

Hall-Beyer, M., 2007. GLCM Texture: A Tutorial, Version 2.10. Viewed 16 http://www.fp.ucalgary.ca/mhallbey/tutorial.htm.

Haralick, R.M., 1979. Statistical and structural approaches to texture. *In: Proceedings of the IEEE* 67: 786–804.

Haralick, R.M., Shanmugam, K., Dinstein, I., 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems* Man, and Cybernetics SMC-3 610–621 November (6).

Huang, C., Davis, L.S., Townshend, J.R.G., 2002. An assessment of support vector machines for land cover classification". *International Journal of Remote Sensing* 23: 725-749. Doi: http://dx.doi.org/10.1080/01431160110040323

Kawishwar. P., 2007. Atmosphere correction models for retrievals of calibrated spectral profiles from Hyperion EO-1 data, M.Sc. Thesis, ITC, Enscede.

Mather, P., Tso, B., 2009. Classification methods for remotely sensed data (Second Edition). CRC press. Boca Raton.

Melgan, F., Bruzzone, L., 2004. Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machine, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 42: 1778-1790. Doi: http://dx.doi.org/10.1109/TGRS.2004.831865

Mountrakis, G., Im, J., Ogole, C., 2011. Support vector machines in remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 66: 247-259. Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.11.001

Murray, H., Lucieer, A., Williams, R., 2010. Texture-based classification of sub-Antarctic vegetation communities on Heard Island. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 12: 138- 149. Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2010.01.006

Oommen, T., Misra, D., Twarakavi, N. K., Prakash, A., Sahoo, B., Bandopadhyay, S., 2008. An objective analysis of support vector machine based classification for remote sensing. *Mathematical Geosciences* 40: 409-424. Doi: http://dx.doi.org/10.1007/s11004-008-9156-6

Pacifici, F., Chini, M., Emery, W.J., 2009. A neural network approach using multi-scale textural metrics from very high-resolution panchromatic. *Remote Sensing of Environment* 113: 1276–1292.

Pacifici, F., Del Frate, F., Solimini, C., Emery, W.J. 2007. An innovative neural-net method to detect temporal changes in high-resolution optical satellite imagery. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing* 45: 2940−2952.

Petropoulos, G.P., Knorr, W., Scholze, M., Boschetti, L., Karantounias, G., 2010. Combining ASTER multispectral imagery analysis and support vector machines for rapid and cost-effective post-fire assessment: a case study from the Greek wildland fires of 2007. *Natural Hazards and Earth System Science* 10: 305-317. Doi: http://dx.doi.org/10.5194/nhess-10-305-2010

Puissant, A., Hirsch, J., &Weber, C. (2005). The utility of texture analysis to improve perpixel classification for high to very high spatial resolution imagery. *International Journal of Remote Sensing* 26: 733−745.

Ridd, M.K. 1995. Exploring a V–I–S (vegetation–impervious surface–soil) model for urban ecosystem analysis through remote sensing: comparative anatomy for cities. *International Journal of Remote Sensing* 16: 2165-2185.

Shanmugan, K. S., Narayanan, V., Frost, V. S., Stiles, J. A., Holtzman, J. C., 1981. Textural features for Dadar image analysis. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 19: 153−156.

Small, C. Scaling Properties of Urban Reflectance Spectra*. In Proceeding of AVIRIS Earth Science and Applications Workshop,* Pasadena, CA, 27 Feb -2 Mar, 2001.

Small, C., 2005. A global analysis of urban reflectance. *International Journal of Remote Sensing* 26: 661-681. Doi: http://dx.doi.org/10.1080/01431160310001654950

Wang, L., Zhang, S., 2014. Incorporation of texture information in a SVM method for classifying salt cedar in western China. *Remote Sensing Letters* 5: 501-510. Doi: http://dx.doi.org/10.1080/2150704X.2014.928422

Welikanna, D.R., Tolpekin, V., Yogesh K., 2008. Analysis of the Effectiveness of Spectral Mixture Analysis and Markov Random Field Based Super Resolution Mapping Over an Urban Environment. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science* Vol XXXVII, Part B7: 641-649

Yuntao, Q., Minchao, Y., Jun, Z., 2012. Hyperspectral Image Classification Based on Structured Sparse Logistic Regression and Three-Dimensional Wavelet Texture Features. *IEEE Transactions on Geoscience Remote Sensing* 51: 2276-2291.

Zhang, Q.,Wang, J., Gong, P., Shi, P., 2003. Study of urban spatial patterns from SPOT panchromatic imagery using textural analysis. *International Journal of Remote Sensing* 24: 4137-4160. Doi: http://dx.doi.org/10.1080/0143116031000070445

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.23976

İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları

Mustafa Akgül [1*], Hüseyin Yurtseven[2], Murat Demir [1], Abdullah Emin Akay [3], Sercan Gülci [4], Tolga Öztürk[1]

[1*] Istanbul University Faculty of Forestry, Department of Forest Construction and Transportation, Istanbul, Turkey
[2] Istanbul University Faculty of Forestry, Department of Surveying and Cadastre, Istanbul, Turkey
[3] Bursa Technical University Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Osmangazi, Bursa, Turkey
[4] Kahramanmaras Sutcu Imam University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, Kahramanmaras, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** makgul@istanbul.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 05.02.2015 **Revised (Düzeltme tarihi):** 02.03.2015 **Accepted (Kabul tarihi):** 02.03.2015

Özet: İnsansız Hava Araçları (İHA), aerodinamik uçuş prensiplerine göre aralıksız olarak otomatik ya da yarı otomatik uçabilme özelliğine sahip içerisinde uçuş ekibi (pilot) olmadan hareket eden araçlardır. Çalışma kapsamında İ.Ü.Eğitim Araştırma ve Uygulama Ormanı araştırma alanı olarak belirlenmiş olup, sayısal yükseklik modeli (SYM) verilerinin üretilmesi ve yüksek hassasiyette görüntü alımında uçabilen taşıyıcı platform olarak Trimble UX5 marka yeni nesil autonom İHA ve tümleşik yer kontrol sistemleri kullanılmıştır. Elde edilen görüntü verileri, Trimble Business Center (TBC) v3.1 fotogrametri yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, İHA ile uçuş yüksekliğine bağlı olarak 2,4 cm ile 24 cm arasında görüntü çözünürlüğe sahip hassas veriler elde edilebildiği tespit edilmiştir. Ülkemizdeki ormanlık alanlara ait Lidar verileri gibi daha hassas verilerin henüz elde edilememesi nedeniyle insansız hava araçları ormancılık çalışmaları için yüksek hassasiyette çalışmalarda katkı sağlayacak önemli bir araç olacağı sonucuna varılmıştır. İnsansız hava araçlarının ormancılık çalışmalarında kullanılmasında karşılaşılabilecek mevcut dezavantajlar ise, İHA uçuşları konusunda eğitimli personel eksikliği ile inişte uçak bütünlüğünün korunması olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, İHA ve sistemlerinin bütün aşamaları ile değerlendirilmiş ve test edilmiştir. Ormancılık çalışmalarında, ihtiyaç duyulan coğrafi bilgi sistemi verilerinin elde edilmesinde İHA olanakları kullanımının yarar sağlayacağı düşünülmektedir. SYM (Sayısal Yüzey Modeli) verilerinin hassasiyeti bakımından detaylı olarak değerlendirilen görüntü alımlarının LIDAR ve IFSAR verilerinin sahip olduğu hassasiyete nispeten sahip olmadığı, ancak maliyet bakımından karşılaştırıldığında oldukça verimli alternatif fotogrametrik bir araç olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız hava araçları, sayısal yükseklik modeli, ormancılık

Usage opportunities of generating digital elevation model with unmanned aerial vehicles on forestry

Abstract: Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) are sustained in flight by aerodynamic lift and guided without an onboard crew, they may be expandeble or recoverable and can fly autonomously or semiautonomously. Within the scope of study, new generation series autonomous UAV brand which is Trimble UX5 is used for generating high accuracy digital model model and obtaining high accuracy image in Istanbul University research and application forest. These obtained images are evaluated with photogrammetry software Trimble Business Center (TBC) v3.1. In this study it was determined that we can obtan high accuracy data image resolution from 2.4 cm to 24 cm depending on the flight altitude with UAV. It was concluded that UAV systems can contribute in forestry work yo obtain sensitive data because of there is no other high accuracy data such as LIDAR. And lack of trained personnel in UAV flights is disadvantages. In this study, UAV and it's systems were evaluated and tested in all steps. It was expected that geographic information data which requiered forestry applications, can be easly be obtain with UAV. When digital surface model (DSM) data was assessed comprehensively, it was concluded that the data which obtained from UAV systems are more cheaper, productive and from LIDAR and IFSAR data. At the same time UAV data are relatively sensitive such LIDAR and IFSAR.

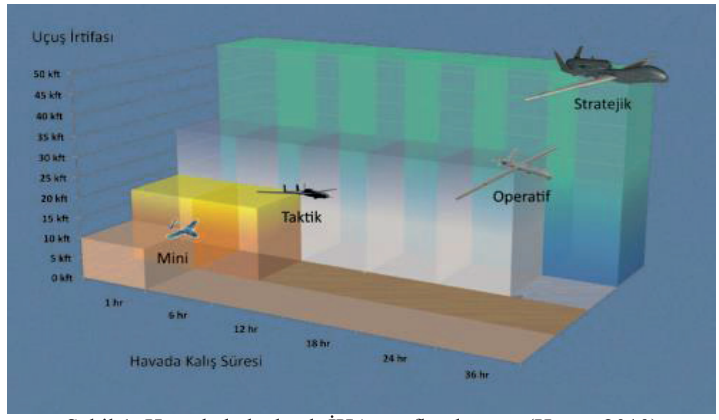
Keywords: Unmanned aerial vehicle,digital elevation model, forestry

To cite this article (Atıf): Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A.E., Gülci, S., Öztürk, T., 2016. İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 104-118. DOI: 10.17099/jffiu.23976

1.GİRİŞ

İnsansız Hava Araçları (İHA), içerisinde uçuş ekibi (pilot) olmadan, aerodinamik uçuş prensiplerine göre aralıksız olarak otomatik ya da yarı otomatik uçabilme özelliğine sahip araçlardır (Saripalli, 2003). İHA kullanımında yer ile irtibatı sağlayan tümleşik otomasyon sistemleri İnsansız Hava Aracı Sistemleri (İHAS) olarak tanımlanmaktadır. İHA kullanımının ilk örnekleri I.Dünya Savaşı sırasında ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda İHA'lar askeri amaçlar doğrultusunda taarruz, izleme, keşif, gözetleme ve haritalama görevlerinde kullanılmıştır (Remondino ve ark., 2011). Geomatik uygulamalar için gerçekleştirilen ilk sivil çalışma ise Przybilla ve Wester-Ebbinghaus (1979) tarafından yapılmıştır.

İnsansız Hava Araçları havada kalış sürelerine, ağırlıklarına, irtifa yüksekliklerine ve kullanım alanlarına göre farklı sınıflandırmalara tabi tutulmuştur. Yaygın bir sınıflandırmada azami havada kalış süresi ile uçuş irtifası ilişkilendirilir ve İHA ve İHAS sınıfları *Mini, Taktik, Operatif* ve *Stratejik* olarak 4 ana gruba ayrılmaktadır (Haser, 2010) (Şekil / Figure 1).



Şekil 1. Havada kalış bazlı İHA sınıflandırması (Haser, 2010)
Figure 1. UAV classification according to endurance time (Haser, 2010)

Günümüzde teknolojinin gelişimine paralel olarak İHA'ların; başta askeri uygulamalar olmak üzere, jeolojik ve meteorolojik araştırmalar, arkeolojik alanların incelenmesi, radyasyon seviyesinin incelenmesi, heyelanların incelenmesi, doğal afet yönetimi, uluslararası sınır devriyesi, orman yangını tespiti, deformasyon analizi, yeryüzünün haritalanması ve üç boyutlu şehir veya arazi modelleme gibi kullanım alanları bulunmaktadır (Okuyama ve ark., 2005; Ollero ve ark., 2006; Niethammer ve ark., 2011; Changchun ve ark., 2011; Chiabrando ve ark., 2011; Xiang ve Tian, 2011; Xiaofeng ve ark., 2012; Mozas-Calvache ve ark., 2012; Malet ve Bogaard, 2012; Yılmaz ve ark., 2013).

İnsansız hava araçları ve sistemleri günümüzde artan bir şekilde tüketici örgütleri, ticari işletmeler ve akademik çevreler tarafından doğal veya yapay mekânsal objelere ait coğrafi verileri elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Coğrafi veriler, bir koordinat sistemindeki projeksiyon ve datum bilgisine sahip mekânsal bilgileri içeren verilerdir. Bu veriler uzaktan algılama veya doğrudan ölçüm (atmosferik bileşenlerin örneklenmesi vb.) yöntemleriyle elde edilmektedir (Marshall ve ark., 2011). Mekânsal veri elde etmek için İHAS kullanımı aşamasında en fazla gelişme uzaktan algılama çalışmaları doğrultusunda gerçekleşmiştir (Everaerts, 2008; Marshall ve ark., 2011; Chao ve Chen, 2012).

Uzaktan algılama çalışmaları doğrudan temas olmaksızın yansıtılan ve yayılan elektromanyetik enerjinin kaydedilmesi ve algılanması ile bu bilginin işlenmesi, analiz edilmesi ve uygulanması aşamalarını içermektedir. Algılayıcının, bir hedef veya yüzeyden yayılan veya yansıtılan enerjiyi kaydetmesi ve toplaması için algılayıcı, gözlemlenecek hedef veya yüzeyden izole edilmiş sabit (durağan) bir platform üzerine oturtulmaktadır. Uzaktan algılayıcıların platformları, zemine, uçabilen araçların (uçak, helikopter, balon, zeplin vb.) üzerine yada atmosferin dışındaki bir uzay aracına (uzay gemisi veya uyduya) yerleştirilebilmektedir (CCRS, 2013).

Uzaktan algılama çalışmalarında diğer ülkelerde olduğu gibi algılayıcı sistemlerin, İHAS'leri yardımıyla kullanılması veri toplama aşamasında daha düşük maliyetlerle hassas veri elde etme olanağı sağlamaktadır (Wings et al. 2014). Aynı zamanda geleneksel uçaklarla havadan veri alımı ile karşılaştırıldığında İHA'lar daha hızlı ve daha yüksek manevra kabiliyetine sahiptirler (Coifman ve ark., 2004).

İHA kullanımıyla elde edilen verilerin uydu görüntülerine göre hem maliyet hem de zaman bakımından bazı üstünlükleri bulunmaktadır. Hiç şüphesiz ki uydu görüntüleri birçok çalışmada etkin olarak hizmet vermektedir. Günümüz teknolojisinde uydulardan elde edilen görsellere ait çözünürlük değerleri İHA kullanımıyla elde edilen görüntü çözünürlüklerindeki yüksek hassasiyete ulaşamamıştır. İHA teknolojisi uydu görüntülerine oranla daha dar alanlardan veri alımını sağlarken, uydu görüntüleri daha geniş alanları kapsayan görüntüleri sağlamaktadır (Yılmaz ve ark., 2013). Buna karşın lokal olarak sunmuş olduğu zamansal ve mekânsal çözünürlük ve yine sunmuş olduğu çalışma esnekliğinden dolayı uydu verilerine oranla bir takım üstünlükleri bulunmaktadır.

Birleşik Krallık Savunma Bakanlığı tarafından irtifa, menzil ve havada kalış kabiliyetlerine göre İHA sınıflandırmaları ele alınmaktadır . Günümüzde birçok alanda kullanılan İHA'lar, mekanik yapıları ve uçuş performanslarına (irtifa ve menzil gibi) göre yeniden değerlendirilmiş ve sınıflandırılmıştır (Tablo / Table 1) (Anonim, 2010).

Tablo 1.İnsansız Hava Araçların sınıflandırma tablosu (Anonim, 2010)
Table 1.Unmanned Aerial Vehicle classification table (Anonim, 2010)

Sınıf	Kategori	Standart Kullanım	Standart İrtifa Yüksekliği	Uçuş Menzili Yarıçapı	Birleşik Krallık Sınıflandırması	Örnek Platformlar
Sınıf I <150 kg	Mikro İHA <2 kg	Taktiksel, askeri, bireysel	<60 m	< 5 km	Grup 1 Küçük İHA'lar (< 20 kg)	Black Widow
	Mini İHA 2-20 kg	Taktiksel (Manuel kalkış özelliği)	< 900 m	< 25 km		ScanEagle, Skylark, Raven, DH3
	Küçük İHA >20 kg	Taktiksel amaçlar (Kalkış rampası vs)	< 1500 m	< 50 km	Grup 2 Hafif İHA'lar (20-150 kg)	Luna, Hermes 90
Sınıf II 150-600 kg	Taktik İHA	Taktiksel kullanım	< 3000 m	< 200 km	Grup 3 (>150 kg)	Sperwer, Iview 250, Hermes 450, Aerostar, Watchkeeper
Sınıf III >600 kg	Orta İrtifalı Uzun Süreli Uçuş	Operasyonel /Askeri	< 13000 m	Limitsiz		Predator A&B, Heron, Hermes 900
	Yüksek İrtifalı Uzun Süreli Uçuş	Stratejik /Ulusal	< 20000 m	Limitsiz		Global Hawk
	Yanıltıcı ve Saldırı İHA	Stratejik /Ulusal	< 20000 m	Limitsiz		-

Başta askeri amaçlı olarak ortaya çıkan İHA sistemleri, günümüzde üzerine eklenen farklı özellikler ile farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Bu bağlamda İHA'lar doğal kaynak yönetiminde ve ormanlık alanlarda görüntüleme, değerlendirme ve yönetim amaçlı birçok farklı kullanım amacına hizmet etmektedir. Mera alanların sınıflandırılması ve değerlendirilmesi (Rango ve ark, 2009; Laliberte ve ark., 2009; Laliberte ve ark., 2010), bitkilerdeki biomass ve nitrojen miktarının hesaplanması (Hunt ve ark., 2005), vejetasyon değişiminin izlenmesi (Berni, 2009), tepe çapı genişliği ve ağaç yüksekliğinin belirlenmesi (Lisein ve ark., 2013; Zarco ve ark., 2014), bölmeden çıkarma çalışmaları sonucunda oluşan toprak zararının belirlenmesi (Pierzchala, 2014), yollardaki deformasyon oranının belirlenmesi (Zhang ve Elaksher, 2012), orman yangınların takibi ve yangın sonrası konumsal durum değerlendirmesi (Ambrosia ve ark., 2003; Horcher ve Visser, 2004) gibi farklı çalışmalarda kullanılmaktadır.

İnsansız hava araçları kullanılarak elde edilen veriler, fotogrametrik olarak değerlendirilebilmekte, değerlendirilen veriler üzerinden elde edilecek sayısal yükseklik modelleri, raster veya nokta bulutu şeklinde oluşturularak çalışmaya özgü ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılabilmektedirler. Sayısal Yükseklik (Yüzey) Modeli (SYM), yeryüzü topografyasının herhangi bir bölümüne ilişkin konum ve yükseklik bilgisiyle oluşturulmuş, o bölgeyi tüm arazi detaylarıyla yansıtan 3 boyutlu sayısal bir modeldir. Sayısal Arazi Modeli (SAM) ise yeryüzü topografyasını modellerken SYM'dan farklı olarak orman, bina, bitki örtüsü vb. detayları içermeksizin yalnızca çıplak yeryüzü topografyasını yansıtan sayısal modeldir (Yurtseven, 2008).

Belirli bir yükseklikten ve bindirme oranıyla alınan fotoğrafların, fotogrametrik sistemlerle üç boyutlu olarak değerlendirilmesi ile arazi yüzeyi üzerinde bulunan objelere ait niteliksel ve geometrik bilgilerin elde edilmesi mümkün olmaktadır. Fotogrametrik olarak yapılan değerlendirmeler ile harita üretiminin kolaylığı yersel ölçmelerle harita üretilmesine bir alternatif oluşturması ve yersel ölçmelere oranla çok daha az zaman alıcı bir yöntem olması nedeniyle büyük önem taşımaktadır.

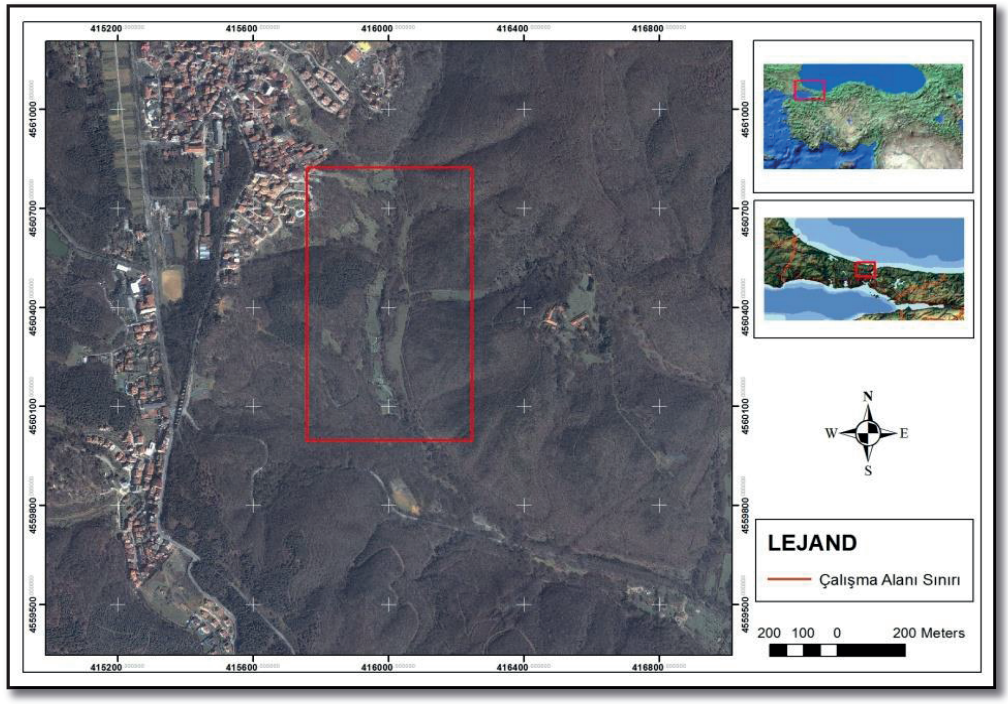
Ayrıca hava fotoğraflarının doğrultulması ve topoğrafik farklılıklardan kaynaklanan hataların giderilmesiyle ile elde edilen ortofoto haritalar, çalışma alanına ait bir görüntüye de sahip olduklarından yersel ölçmeler sonucu elde edilen çizgisel haritalardan daha fazla bilgiyi bünyelerinde barındırmaktadırlar. Ortofoto haritalara ilave olarak fotogrametrik yöntemler ile yüksek doğrulukta eşyükselti eğrili haritalar, sayısal arazi modellerinin üretimi, insan yapımı (bina, yol, tarla vb.) ve doğal karakteristiklerin (orman – orman yapısı, nehir, göl vb.) çizgisel ve/veya tematik haritalar şeklinde üretilmesi mümkündür. Belirli bindirme oranlarıyla alımı gerçekleştirilen bu görüntülerin bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak değerlendirilebilmesi için bir yazılım fotogrametrisi veya dijital fotogrametri sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Yazılım fotogrametrisi sistemi, yazılım ve bu yazılımın işletileceği donanım yani bilgisayar ve kullanıcıdan oluşan bir sistemdir. Bu yöntemde, kullanılan yazılıma bağlı olarak izlenen iş aşamalarında çeşitlilik göstermektedir. Fakat genellikle standartlaşmış adımlardan oluşmaktadır (Yurtseven, 2008).

Bu çalışmada, ormanlık alanlarda sayısal yükseklik modeli oluşturma olanaklarını araştırma amaçlı *Mini İHA* sınıfına giren Trimble UX5 İnsansız Hava Aracı kullanım olanakları incelenmiştir.

2.MATERYAL VE METOD

Araştırma için belirlenen çalışma sahası İ.Ü.Eğitim Araştırma ve Uygulama Ormanı'nın kuzey parselinin batı sınırı içerisinde bulunmaktadır. Söz konusu alanı, Marmara Bölgesi'nin Trakya tarafında, Greenwich'e göre 28^0 59' 17"-29^0 32' 25" E doğu boylamları ile; 41^0 09' 15" – 41^0 11' 01" N kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Araştırma alanının ortalama eğimi % 28 maksimum eğim % 90'dır (Şekil / Figure 2).

SYM verilerinin üretilmesi ve yüksek hassasiyette görüntü alımında uçabilen taşıyıcı platform olarak Trimble UX5 marka yeni nesil autonom İHA ve tümleşik yer kontrol sistemleri kullanılmıştır. Görüntü çekimi ve kaydı için Sony NEX-5R marka 16.1mp çözünürlüğe sahip dijital fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Söz konusu İHA ile 13 Haziran 2014 tarihinde elde edilen alımlarda her bir uçuşta irtifa yüksekliğine (75-750 m), yanal ve öne doğru görüntü bindirme oranlarına (% 70-90) bağlı olarak görüntü çözünürlüğü 2,4 cm ile 24 cm arasında, görüntü alım alanı ise 1,1 km^2 ile 38 km^2 arasında değişiklik göstermektedir (Tablo / Table 2).

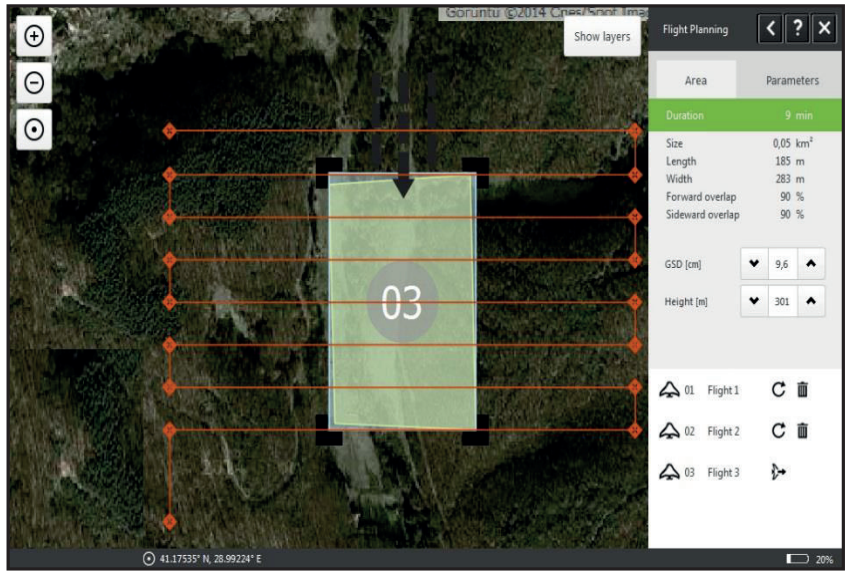


Şekil 2. Çalışma alanının genel sınırı
Figure 2. Location of research area

Tablo 2. Uçuş irtifa yükseliğine bağlı olarak alım çözünürlüğü ve görüntü alım alanları
Table 2. Image resolution and area coverages according to height above take-off location

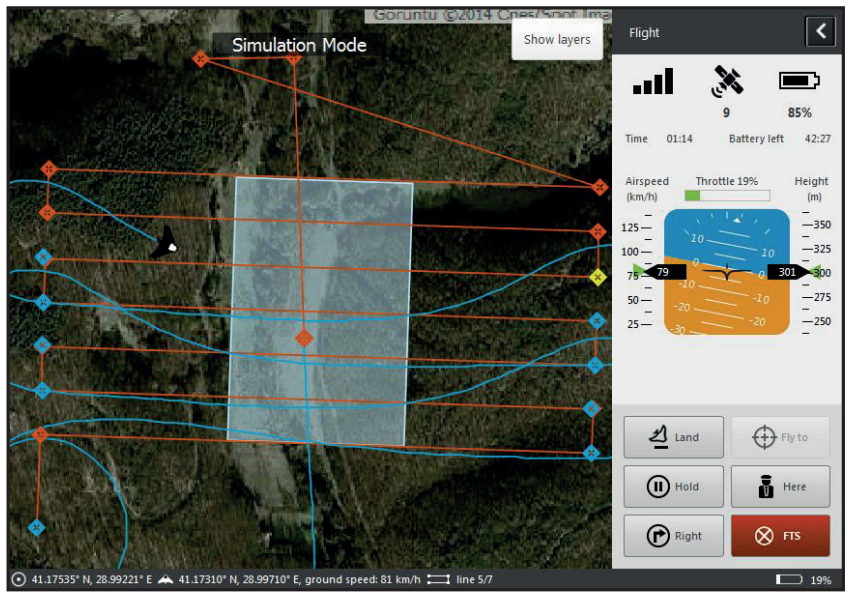
Yükseklik (m)	Mekansal Çözünürlük (cm)	Alım alanları [km^2] (1)			Alım alanları [km^2] (2)		
		% 70	% 80	% 90	% 70	% 80	% 90
75	2,4	1,1	0,8	0,4	6,85	4,5	2,3
100	3,2	1,8	1,2	0,6	10,8	7,2	3,6
150	4,8	3,1	2,1	1,0	18,7	12,5	6,2
200	6,4	4,4	3,0	1,5	26,6	17,8	8,9
250	8	5,8	3,8	1,9	346	23,1	11,5
300	9,6	7,1	4,7	2,4	42,5	28,3	14,2
400	12,8	9,7	6,4	3,2	58,0	38,7	19,3
500	16	12,4	8,2	4,1	74,2	49,5	24,7
750	24	19,0	12,7	6,3	113,9	75,9	38,0

Uçuş yapılan alana ait en düşük kot 38 m, en yüksek kot 123 m, fırlatma rampasının konumlandırıldığı alanın kotu ise 49 m olarak belirlenmiştir. Planlama safhasında yapılan uçuş için irtifa yüksekliği zemin kotundan 300 m, ileri doğru bindirme oranı % 90, yanal bindirme oranı % 90 olarak tanımlanmıştır. Bu parametrelere göre alım alanının uzunluğu 283 m, genişliği 185 m olmak üzere toplamda yaklaşık 0,05 km^2 alanda 9,6 cm çözünürlüğe sahip veri alımı hedeflenmiştir (Şekil / Figure 3).



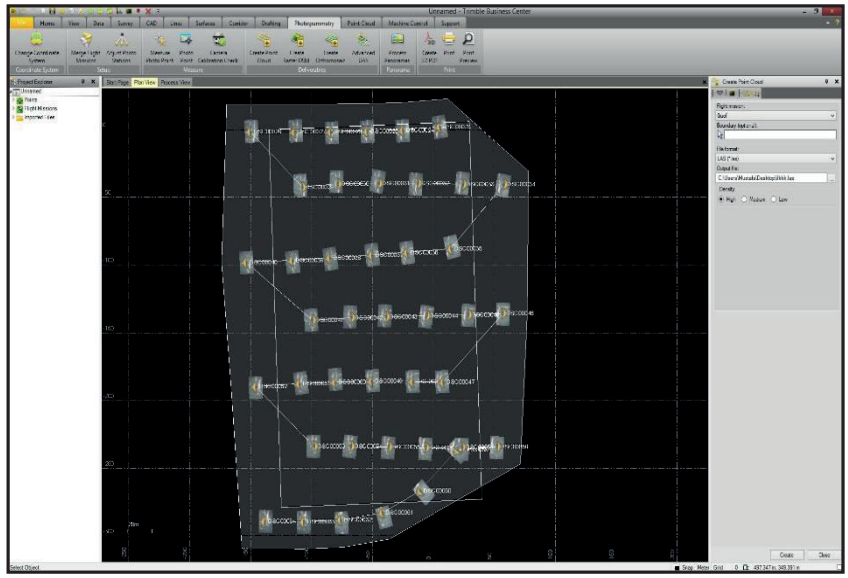
Şekil 3. Uçuş bilgilerinin tanımlanması
Figure 3. Describing fligth data

Uçuş simülatöründe de görüldüğü üzere uçuş boyunca otonom olarak ortalama iniş ve kalkış hariç ortalama 79 km hızda, toplamda 8 fotoğraf alım hattı üzerinde yapılmıştır (Şekil / Figure 4). Uçuş ve simülasyon işlemleri Trimble Aerial Imaging yazılımı ile tamamlanmıştır.



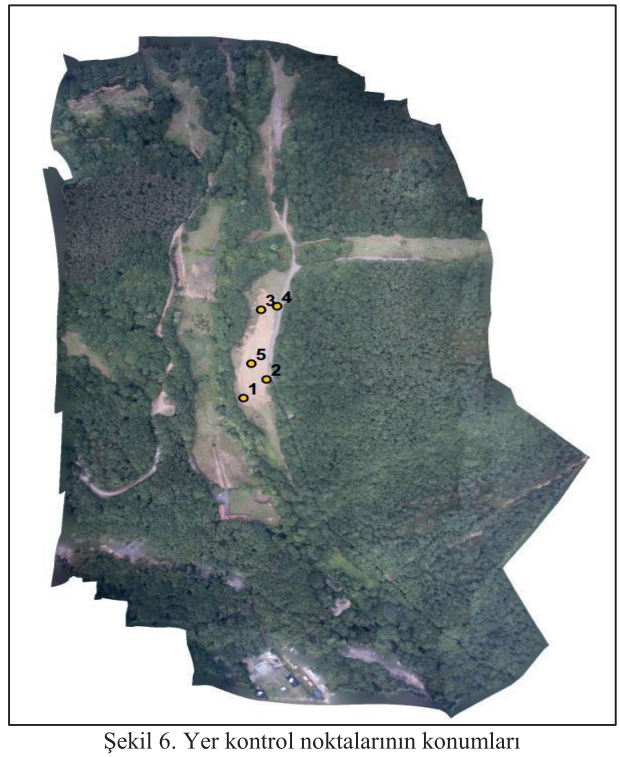
Şekil 4. Uçuş simulatörü görünümü
Figure 4. Interface of flight simulator

Uçuş toplamda 9 dakikada tamamlanmıştır. Uçuş parametreleri dahilinde toplamda 42 adet fotoğraf alımı yapılmıştır. Elde edilen veriler Trimble Business Center (TBC) v3.1 fotogrametri yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir (Şekil / Figure 5). Uçuş sonunda elde edilen fotoğraflar uçuş bilgileri ve yer kontrol noktaları kullanılarak TBC ortamında fotogrametrik görüntü bloğu oluşturulmuştur.



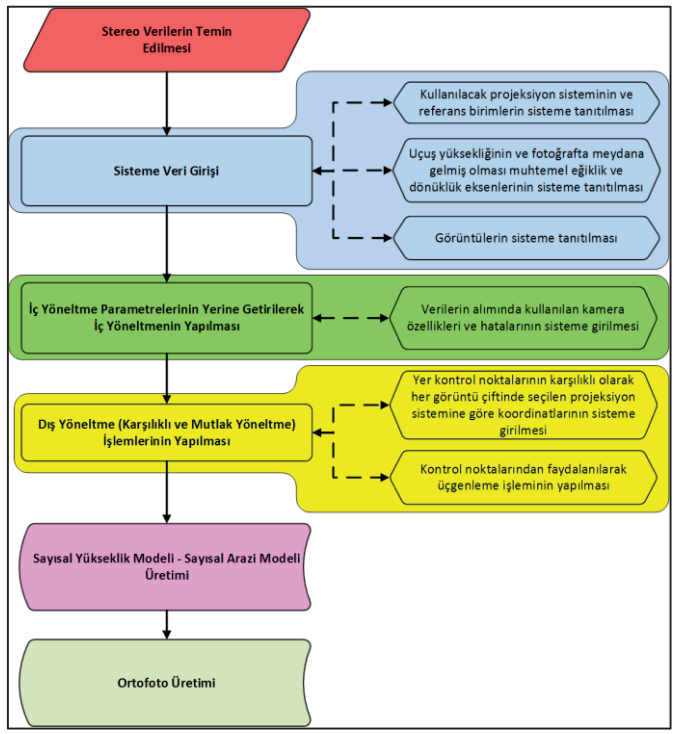
Şekil 5.TBC fotogtametri modülü arayüzü
Figure 5.TBC photogammetry modüle interface

Blok dengeleme (üçgenleme) işleminin yapılması aşamasında kullanılan yer kontrol noktaları çalışma alanı içerisine homojen bir şekilde dağıtılmıştır. Bu kapsamda uçuş yüksekliğine bağlı olarak görünebilirliği sağlayabilmek adına 1x1 m büyüklüğe sahip yer kontrol noktaları araziye tesis edilmiştir. Yer kontrol noktalarının koordinatlarının saptanmasında Pentax SMT-888 marka GNSS alıcı sistemi kullanılmıştır (Şekil / Figure 6).



Şekil 6. Yer kontrol noktalarının konumları
Figure 6. GCP locations

İnsansız hava araçları kullanılarak elde edilen veriler, fotogrametrik olarak değerlendirilebilmekte, değerlendirilen veriler üzerinden elde edilecek sayısal yükseklik modelleri, raster veya nokta bulutu şeklinde oluşturularak çalışmaya özgü ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılabilmektedirler. Çalışmada kullanılan sayısal yükseklik modeli ve ortofoto üretime ait dijital fotogrametride izlenen ana iş aşamaları aşağıda belirtilmiştir (Şekil / Figure 7).



Şekil 7.Dijital fotogrametride izlenen ana iş aşamaları (Yurtseven, 2008)
Figure 7. Process stages of digital photogrammetry (Yurtseven, 2008)

3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Blok dengeleme işleminin yapılması aşamasında toplamda 42 adet hava fotoğrafı kullanılmıştır. Uçuş sırasında elde edilen 34 adet fotoğraf alım istasyonunda ortalama fotoğraf alım yüksekliği 336,39 m olarak hesaplanmıştır. Hava fotoğrafı toplam alım alanı 41,7467 hektar, blok dengeleme işleminde kullanılan fotoğraf bağlantı noktası (tie point) sayısı toplamda 3158 adettir (Tablo / Table 3).

Tablo 3. Blok dengeleme işlemi sonuçları
Table 3. Block adjustment result

Kullanılan veriler	Veri değerleri
Toplam fotoğraf sayısı	42
Ortalama uçuş yüksekliği	336,39 m
Orthomozaik yersel çözünürlük	0,0939256 m/piksel
Alım alanı	41,7467 hektar
Kamera istasyonu	34
Fotoğraf bağlantı noktası	3158
Projeksiyon	44090
Hata miktarı	1.2123 piksel

Uzaktan algılama çalışmalarında diğer ülkelerde olduğu gibi algılayıcı sistemlerin, İHAS'leri yardımıyla veri toplama aşamasında daha düşük maliyetlerle, hassas veri elde etme olanağı sağlamaktadır (Wings ve ark., 2014). Ancak, İHA yardımıyla alımı yapılan sahaya ait verilerin geometrik açıdan doğruluğunun değerlendirilmesi gereken temel aşamalardandır. Blok dengeleme işlemi sırasında uçuş öncesinde alınan 5

adet yer kontrol noktası belirlenmiştir. Fotogrametrik çalışmalarda her bir görüntüde en az 3 yer kontrol noktasının bulunması arzu edilmektedir(Linder, 2009). Görüntü alımı gerçekleştirilecek alanın küçük bir bölge olması ve bindirme oranlarının yüksek olması nedeniyle uçuş öncesinde yapılan çalışmalar ile alımı gerçekleştirilecek alan için uygun görülen noktalarda 5 adet yer kontrol noktası araziye tesis edilmiştir. Bu sayede her bir görüntü için minimum üç yer kontrol noktası kuralının sağlanması amaçlanmıştır.

İHA yardımıyla alımı yapılan görüntülerin işlenmesi sonucunda üretilecek sayısal verilerin (sayısal yükselik modeli, orthomozaik haritalar ve nokta bulutu) konumsal doğruluklarını arttırmak amacıyla kullanılmıştır. Üretilen sayısal verilere ait koordinat değerleri ile belirli yer kontrol notlarından yararlanılarak çalışmada elde edilen konumsal veriye ait doğruluk analizleri gerçekleştirilmişti. Bu çalışmada elde edilen verilerin 5 farklı yer kontrol noktasından elde edilen değerlerin görüntüler üzerinde koordinatlandırmalarının yapılması aşamasında yer kontrol noktalarının birbirlerine ve görüntülere göre toplam karesel ortalama hata değeri 3,4 cm olarak belirlenmiştir. Beklenen hata oranından yüksek bir hata değeri belirlenmesine rağmen yine de birçok araştırmada özellikle ormancılık faaliyetlerinde kabul edilebilir bir başarı sağlanmıştır. Uçuş esnasında atmosferik etkilerin (rüzgâr, nem, bulut gibi) alım sırasında doğal etkenlerin en az olduğu zaman diliminde alımın gerçekleştirilmesi tespit edilen hata oranında azalma gerçekleştirmiştir. Tablo / Table 4 yer kontrol noktalarının blok dengeleme içerisindeki kullanımı sonucunda birbirlerine ve fotoğraflara göre konumlandırılması sırasında ortaya çıkan yatayda ve düşeyde (Doğu, Kuzey yönleri ve Yükseklik) farklarını göstermektedir.

Tablo 4. Yer kontrol noktaları
Table 4.Ground Control points

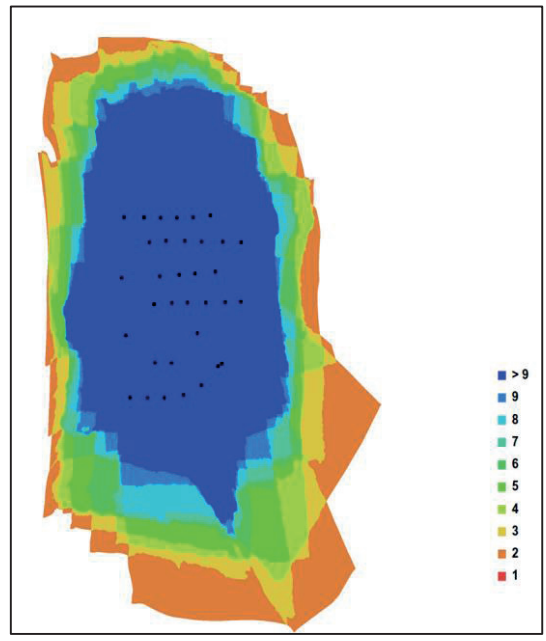
Yer Kontrol Noktası	X hata (m)	Y hata (m)	Z hata (m)	Hata (m)
1	-0,012539	0,010407	0,042636	0,045643
2	0,015573	-0,004301	-0,020872	0,026394
3	-0,012015	0,008965	-0,004473	0,015644
4	0,001533	-0,015141	0,030074	0,033706
5	0,005017	-0,001061	-0,040171	0,040497

OKH (Ortalama Karesel Hatanın) değeri düşey yükselti değeri (Z) için en yüksek iken yatayda Y değeri için en düşük aralıkta hata oranı tespit edilmiştir (Tablo / Table 5). İHAS tarafından kullanımıyla üretilen verilere ait bloklandırma işleminde GNSS RTK (Real Time Kinematic) GPS ile belirlenen Yer Kontrol Noktalarına (YKN) göre hassasiyet 3,5 cm den az bir hata ile tespit edilmiştir. Fotoğraf alımı sırasında kullanılan kamera istasyonlarından elde edilen görüntülerin alım anındaki koordinatları, yer kontrol noktası koordinatları, bindirme oranları, eğiklik ve dönüklük açılarının hesaba katıldığı blok dengeleme sonuçlarına göre, sayısal yükseklik modeli ve orthomozaiklerin oluşturulmasında alan sınırlarına yakın bölgelerde en az bir çift hava fotoğrafı kullanılırken çalışma alanının orta kesimlerinde ise 9'dan fazla hava fotoğrafı kullanılmıştır. Blok dengeleme sonucunda elde edilen reprojeksiyon hata miktarı 1,21 piksel olmuştur (Şekil / Figure 8).

Tablo 5. OKHK (mm)
Table 5. RMSE errors (mm)

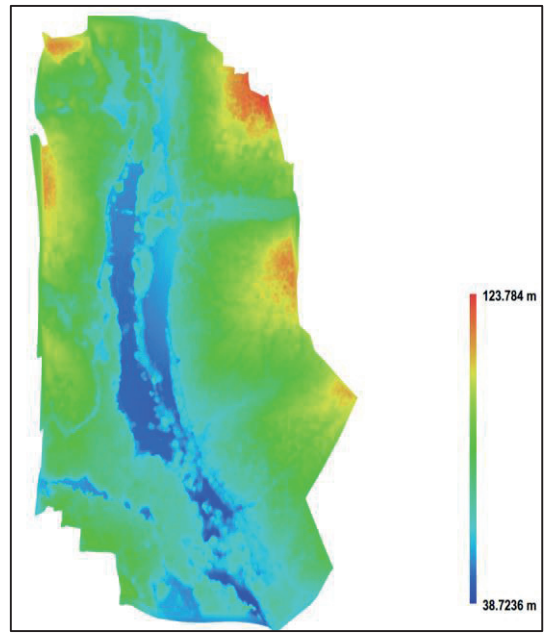
	X hata (mm)	Y hata (mm)	Z hata (mm)	XYZ hata (mm)
OKHK	10,92	9,35	30.95	34.06

Blok dengeleme işlemi yapıldıktan sonra sayısal yükseklik modelinin dayanağını oluşturan nokta bulutu üretilmiştir. Elde edilen nokta bulutundan faydalanılarak çalışma alanına ait 9,6 cm hassasiyette SYM elde edilmiştir(Şekil / Figure 9). Bu değerin elde edilmesinde tüm alan için toplamda yaklaşık 11830263 nokta verinin elde edilmesiyle ortaya konmuştur. Analiz sonuçlarına göre yüzey modelinin en düşük kotu 38,72 m, en yüksek kotu ise 123,78 metre olarak bulunmuştur. YKN ile yükselti karşılaştırmalarına göre 30,95 mm lik hata ile belirlenmiştir. Sayısal yükseklik modelinin üretiminden sonra ise ortomozaik harita elde edilmiştir (Şekil / Figure10). Elde edilen ortomozaik haritanın yersel çözünürlüğü 0,094 m/pix olarak belirlenmiştir.



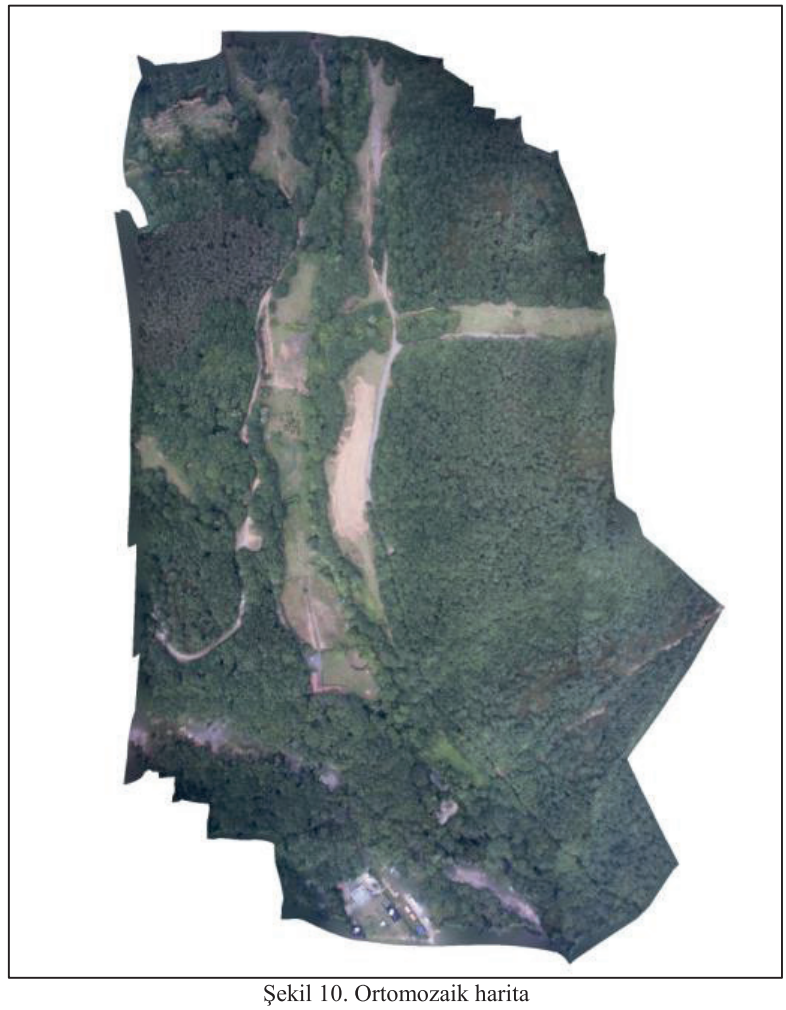
Şekil 8. Kamera konumlandırmaları ve görüntü bindirmeleri
Figure 8. Camrea locations and image overlap

İHA ile alımı yapılan fotoğraflar için gerçekleştirilen geometrik düzeltme işlemlerinin ardından oluşturulan SYM (Sayısal Yüzey Modeli) çözünürlüğü 18,78 mm / piksel olarak oluşturulmuştur. Oldukça yüksek çözünürlükte elde edilen SYM yalnızca ormancılık çalışmalarında değil aynı zamanda yüksek maliyet gerektiren kazı işlerini içeren birçok mühendislik çalışmalarında ihtiyaç duyulan planimetrik bilgiyi de karşılamaktadır.

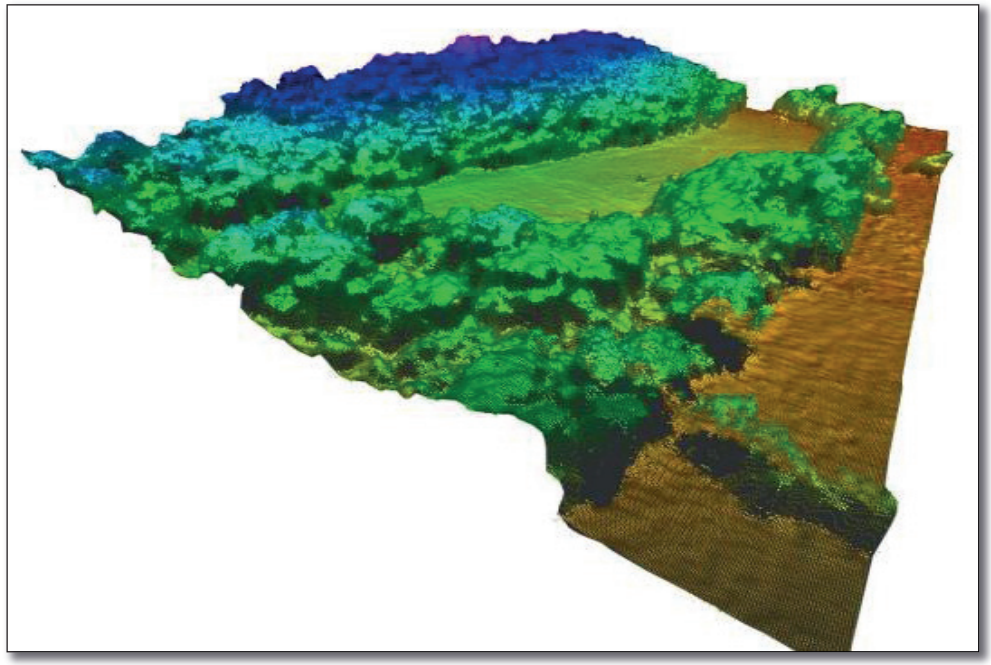


Şekil 9.Sayısal yükseklik modeli
Figure 9. Digital elevation model

Ormancılık çalışmalarında planlama ve yönetim amacıyla hava fotoğrafları yoğun olarak kullanılmaktadır. Günümüz şartlarında İHA kullanımıyla elde edilen fotoğrafların istenilen zamanda ve konumda alımı yapılmaktadır. Aynı zamanda Tablo 2'de belirtilen ölçüm aralıklarından faydalanarak gerekli bindirme oranı ve yükseklik irtifaları kullanılarak istenilen amaca uygun görüntü elde edilmektedir. Fotoğraf bindirme oranlarına göre alım yapılan yaklaşık 300 m yükseklikten beklenen çözünürlükten yani 9,6 cm'den 0,21 mm daha hassas raster veri elde edilmiştir (Tablo /Table 2; Şekil / Figure 10). Ortomozaik harita oluşumunda otomatik eşlemenin ileri ve yan bindirme oranlarının %75 ve üzeri olması kırsal kesimlerde ve özellikle ormanlık alanlarda gerçekleştirilecek çalışmalarda etkili ve başarılı sonuçlar ortaya koymaktadır. Ölçüm yapılan alanda bulunan doğal ve yapay yüzey elemanlarının daha yoğun bir şekilde belirgin olması, yüksek hassasiyette ve düşük hataya sahip verilerin elde edilmesi bindirme oranı etkisini ortaya çıkartmıştır (Şekil / Figure 11).



Şekil 10. Ortomozaik harita
Figure 10. Orthomosaic map



Şekil 11. Nokta bulutundan elde edilen 3D görünüm
Figure 11. Produced 3D view by point cloud

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Teknik olarak kullanımı oldukça pratik olan İHA bütünleşik bir yapısal sistem olarak İHAS belirli bir süre eğitim ve çalışma gerektirmektedir. Aracın kullanımı yalnızca uçuşu kapsamamaktadır. Bu kapsamda 5 aşamalı çalışma ve kontrol gerektirmektedir.

1) Uçuş öncesi hazırlık
2) Uçuşa hazırlık ve kontrol
3) Güvenlik Denetimi
4) Kalkış ve İniş
5) İniş sonrası çalışmalar

Uçuş öncesi hazırlıklar çalışma alanına ait verilerin büro ortamında ve arazide tespit edilmesi konularını içermektedir. Uçuşa hazırlık ve kontrol belirlenen alana uygun iniş ve kalkış sahasının ayarlanması, yer kontrol sisteminde alan bilgisi, görüntü bindirme oranı (çalışma amacına göre) belirlenmesi, İHA ve İHAS birimlerinin uçuş için test edilmesi aşamalarını kapsamaktadır. Güvenlik denetimi uçuş yapılacak saha ve olası kazaları önceden engellemek üzere diğer hava araçları rotaları, iniş ve kalkış manialarını dahil çevrede bulunan engellerin (GSM istasyonu, enerji nakil hatları, kuş göç yolları ve yüksek yapılar) değerlendirilmesi aşamalarını içermektedir. Kalkış ve iniş aşamaları ise kalkışın gerçekleştirilmesi için İHA'nın rampaya yerleştirilmesi ve fırlatılması aşamaları ile iniş için önceden belirlenmiş alanın sürekli olarak denetlenerek hem uçağın hemde yakınında bulunan canlıların zarar görmeden hareketsiz olarak sonlandırılması aşamalarını içermektedir. İniş sonrası çalışmalar ise arazide veya büroda İHA yardımıyla elde edilen verilerin araçtan aktarılması ve verilerin işlenmesi aşamalarını içermektedir.

Yapılan örnek çalışma kapsamında Tablo / Table 2'de belirtildiği üzere İHA'lar ile uçuş yüksekliğine bağlı olarak 2,4 cm'den 24 cm çözünürlüğe sahip hassas görüntüler elde edilebilmektedir. Ülkemiz ormanlık alanlarına ait Lidar verileri gibi daha hassas verilerin henüz elde edilememesi sebebiyle İHA'lar ormancılık çalışmaları için yüksek hassasiyette çalışmalarda katkı sağlayacak önemli bir araçtır.

Ülkemiz ormancılığı açısından getireceği avantajlar aşağıda sıralanmıştır.

- Uydu görüntülerinden daha yüksek çözünürlüklere sahip olması nedeniyle fotogrametrik anlamda veri işleme konusunda önemli bir veri kaynağıdır.
- Uygun hava şartları ve hava trafiğine bağlı olarak anlık ve hızlı veri teminine imkan sağlaması açısından doğal afetler (sel, heyelan, devrik tespiti, çığ, orman yangını vb) sonrası envanter ve hasar tespit çalışmaları konusunda ormancılık açısından fayda sağlayacağı düşünülmektedir.
- Özellikle mini İHA'lar Lidar ve uydu görüntülerine nazaran düşük maliyetli, daha hızlı veri temini sağlaması ve kullanımı kolay olması açısından ormancılık açısından önemli bir veri toplama kaynağıdır.
- Literatür çalışmasında da sıralandığı üzere, genel ağaç morfolojik özelliklerinin (tepe çapı, ağaç boyu vb) belirlenmesinde önem arz etmektedir.
- Literatür çalışmalarında görülen İHA tabanlı diğer araştırma konularından orman yollarında deformasyon miktarının belirlenmesinde, amenajman planlanları için kızılötesi fotoğraf altlıklarının oluşturulmasında, küçük ve büyük ölçekli havza planlama ve envanter çalışmalarında, açık alanlarda plankote verilerinin elde edilmesinde kullanılmasıyla ülkemiz ormancılığı için önemli bir veri kaynağı ve yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

İHA'lar ormancılık çalışmaları için mevcut dezavantajlar ise, İHA uçuşları konusunda eğitimli personel eksikliği ile inişte uçak bütünlüğünün korunması başlıca dezavantajları olarak sayılabilir. Bu kapsamda Ülkemiz topoğrafyasının çoğu alanda oldukça değişkenlik göstermesi nedeniyle farklı çalışma alanları ve amaçları doğrultusunda farklı İHA sistemlerinin kullanılması uygun olacaktır. Farklı amaçlar doğrultusunda farklı algılayıcı sistemler ile donatılacak çok pervaneli veya sabit kanatlı sistemler kullanılarak çalışma ihtiyaçları karşılanabilmektedir.

Bu çalışmada İHA ve sistemlerinin bütün aşamaları değerlendirilmiş ve test edilmiştir. Ormancılık çalışmalarında ihtiyaç duyulan CBS verilerinin elde edilmesinde İHAS olanakları kullanımı oldukça başarılı olarak değerlendirilmiştir. SYM verilerinin hassasiyeti bakımından detaylı olarak değerlendirilen alımların LIDAR ve IFSAR verilerinin sahip olduğu hassasiyete nispeten sahip olmadığı ancak maliyet bakımından kıyaslandığında oldukça verimli alternatif fotogrametrik bir araç olduğu ortaya konmuştur.
Öneri!

Yüksek çözünürlüğe sahip SYM üzerinden tepe tacı tayini gibi orman envanteri açısından oldukça büyük bir öneme sahip bir parametrenin tayini ibreli türler için çok yüksek bir doğrulukta gerçekleştirilebilmektedir (Pyysalo ve Hyyppa, 2002; Holmgren ve Persson, 2004; Sheng ve ark., 2001). Bu kapsamda ülkemiz ormanlarında yer alan ağaç türleri için oluşturulacak modeller ile envanter çalışamaları için farklı yaklaşımların getirilmesi sözkonusu olabilecektir.

Ormancılık amaçları doğrultusunda İHA sistemlerinin birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Bu kapsamda İHA sistemlerine entegre edilecek LIDAR, multispektral ve hiperspektral algılama sistemleri ile orman envanterine yönelik gerek ağaç bireyi bazında gerekse meşcere bazında birçok verinin elde edilmesi söz konusu olabilecektir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Söz konusu çalışma İ.Ü. Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi Koordinatörlüğü tarafından ÖNAP-38424 no'lu proje kapsamında desteklenmektedir.

KAYNAKLAR (KAYNAKLAR)

Ambrosia, V.G., Wegener, S.S., Sullivan, D.V., Buechel, S.W., Dunagan, S.E., Brass, J.A., Stoneburner, J., Schoenung, S.M., 2003. Demonstrating UAV-acquire dreal-time thermal data overfires. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing 69*(4): 391-402.

Anonim, 2010. Unmanned aircraft systems: Terminology, definitions and classification, Joint doctirin note3/10, United Kingdom Ministry of Defence, May 2010, 21pp, United Kingdom.

Berni, J., Zarco-Tejada, P.J., Suárez, L., Fereres, E., 2009. Thermal and narrow band multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 47*(3): 722-738.

Ccrs, 2013, *Fundamentals of Remote Sensing Tutorial* [Online], http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9309, [Ziyaret tarihi: 12.12 2013].

Chao, H., Chen, Y.Q., 2012, *Remote Sensing and Actuation Using Unmanned Vehicles*, Wiley, ISBN: 9781118377185.

Chiabrando, F., Nex, F., Piatti, D., Rinaudo, F., 2011. UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaelogicalareas: twotests in the Piedmont region (Italy). *Journal of Archaeologica Science* 38 : 697-710.

Chang-Chun, L., Guang-sheng, Z., Tian-jie, L., A-du, G., 2011. Quickimage-processing method of UAV without control points data in earthquake disaster area. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 21: 523-528.

Coifman, B.,McCord, M., Mishalani, R. G., Redmill, K. 2004. Surface transportation surveillance from unmanned aerial vehicles. In Proc. Of the 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board.

Everaerts, J., 2008. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, July 3-11 2008, Beijing, China, 1187-1192.

Haser, A.B., 2010. Bu insansız hava aracından daha önce yapmamış mıydık?, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Aralık sayısı.

Holmgren, J., Persson, Å., 2004. Identifying species of individual trees using airborne laser scanner, *Remote Sensing of Environment* 90 (4): 415-423.

Horcher, A., Visser, R.J., 2004. Unmanned aerial vehicles: applications for natural resource management and monitoring. Council on Forest Engineering Proceedings 2004: Machines and People, The Interface.

Hunt, E.R., Cavigelli, M., Daugherty, C.S.T., McMurtrey III, J., Walthall, C.L., 2005. Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status. *Precision Agriculture* 6: 359–378.

Laliberte, A.S., Rango, A., 2009. Textureandscale in object-based analysis of sub-decimeter resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery. *IEEE Transactions on Geoscienceand Remote Sensing* 47(3):761–770

Laliberte, A.S., Herrick, J.E., Rango, A., Winters, C., 2010. Acquisition, ortho rectification, and object-based classification of unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for rangeland monitoring. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing 76*(6): 661-672.

Lisein, J., Pierrot-Deseilligny, M., Bonnet, S., Lejeune, P., 2013. A Photogrammetricworkflow for the creation of a forest canopy height model from small unmanned aerial system imagery. *Forests* 4(4): 922-944.

Linder, W., 2009, *Digital Photogrammetry: A Practical Course*, Springer Berlin Heidelberg, ISBN: 9783540927259.

Malet, J.P., Bogaard, T.A., 2012. Integration of technologies for landslide monitoring and quantitative hazard assessment. *Engineering Geology* 128: 1.

Marshall, D. M., Barnhart, R. K., Hottman, S. B., Shappee, E. and Most, M. T., 2011, *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, Taylor & Francis, ISBN: 9781439835203.

Mozas-Calvache, A.T., Pérez-García, J.L., Cardenal-Escarcena, F.J., Mata-Castro E., Delgado-García J., 2012. Method for photogrammetric surveying of archaeological sites with light aerial Platforms. *Journal of Archaeological Science* 39: 521-530.

Niethammer, U., James, M.R., Rothmund, S., Travelletti, J., Joswig, M., 2012. UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. *Engineering Geology* 128: 2-11.

Ollero, A., Martinez-de-Dios, J.R., Merino, L., 2006. Unmanned aerial vehicles as tools for forest-fire fighting. *Forest Ecology and Management* 234: S263.

Okuyama, S., Torii, T., Nawa, Y., Kinoshita, I., Suzuki, A., Shibuya, M., Miyazaki, N., 2011. Development of a remote radiation monitoring system using unmanned helicopter. *International Congress Series* 1276 (2005): 422–423.

Pierzchała, M.,Talbot, B., Astrup, R., 2014. Estimating soil displacement from timber extraction trails in steep terrain: application of an unmanned aircraft for 3D modelling. *Forests 5*(6): 1212-1223.

Przybilla, H., Wester-Ebbinghaus, W., 1979. Bildflugmitferngelenktem Kleinflugzeug, *Bildmessung und Luftbildwesen* 47(5): 137-142.

Pyysalo, U. and Hyyppa, H., 2002. Reconstructing tree crowns from laser scanner data for feature extraction, *International Archives Of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 34 (3/B): 218-221.

Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., Sarazzi, D., 2011. UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling–current status and future perspectives, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 38 (1): C22.

Rango, A., Laliberte, A., Herrick, J.E., Winters, C., Havstad, K., Steele, C., Browning, D., 2009. Unmanned aerial vehicle based remote sensing for rangeland assessment, monitoring, and management. *Journal of Applied Remote Sensing* 3(1): 033542-033542.

Saripalli, S., Montgomery, J.F., Sukhatme, G.S., 2003. Visually guided landing of an unmanned aerial vehicle. *IEEE Transactions on Robotics and Automation* 19(3): 371-380.

Sheng, Y., Gong, P.,Biging, G., 2001. Model-based conifer-crown surface reconstruction from high-resolution aerial images, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 67(8): 957-966.

Xiang, H., Tian, L., 2011. Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV). *Biosystems Engineering* 108: 174-190.

Xiaofeng, L., Zhongren, P., Liye, Z., Li, L., 2012. Unmanned Aerial Vehicle Route Planning for Traffic Information Collection. *Journal of Transportation System Engineering & IT* 12(1): 91-97.

Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karslı, F., Gökalp, E., 2013. İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu, KTÜ, Trabzon.

Yurtseven, H., 2008. *Yazılım Fotogrametrisi İle Orman Alanlarına Yönelik Coğrafi Verilerin Elde Edilmesi,* MSc, Master Thesis, Fen BilimleriEnstitüsü, Istanbul University.

Zarco-Tejadaa P.J., Diaz-Varelaa R., Angileria C., Loudjania V.P., 2014. Tree height quantification using very high resolution imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV) and automatic 3D photo-reconstruction methods. *European Journal of Agronomy* 55: 89-99.

Zhang, C., Elaksher, A., 2012. An Unmanned Aerial Vehicle-Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road Surface Distresses. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 27*(2): 118-129.

Wing, M. G., Burnett, S., Johnson, S., Akay, A. E., Sessions, J., 2014. A Low-cost unmanned aerial system for remote sensing of forested landscapes. *International Journal of Remote Sensing Applications* 4(3): 113-120.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.67110

Yeşil çatı sistemlerinin su ve enerji dengesi açısından değerlendirilmesi

Mert Ekşi [*1], **Adnan Uzun** [2]

[1] Istanbul University, Faculty of Forestry, Department of Landcape Architecture, 34473, Sariyer, Istanbul, Turkey
[2] Işık University, Faculty of Fine Arts, Department of Landcape Architecture, 34398, Maslak, Istanbul, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** meksi@istanbul.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 19.02.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 03.03.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 03.03.2015

Özet: Yeşil çatı kavramı, günümüzde sığ derinliğe sahip bir yetişme ortamı üzerinde (2-10 cm), değişken çevre koşullarına uyum sağlayabilen otsu bitki türleriyle bitkilendirilen, bakım ihtiyaçları düşük olan, üzerinde bulunduğu binaya ve şehre sağladığı katkılar nedeniyle tesis edilen ekstensif (az yoğun) çatı bahçeleri için kullanılan bir terimdir. Bu çalışmanın amacı, İstanbul iklim şartlarında yer alan bir yeşil çatı sisteminin, ısı yalıtımı, su tutma, yüzeysel akış, bitki büyüme durumu gibi özelliklerinin ve çevresel etmenlerle olan etkileşiminin karşılaştırmalı ölçümler yardımıyla belirlenmesidir. Çalışma kapsamında, bir araştırma alanı kurularak (İÜ Yeşil Çatı Araştırma İstasyonu), yeşil çatı sistemlerinin İstanbul şartlarında su ve enerji dengesi açısından değerlendirmesi yapılmıştır. Bu sayede İstanbul şartlarındaki bir yeşil çatı sistemi su ve enerji dengesi açısından değerlendirilmiş, kentle ve üzerinde bulunduğu yapıyla olan ilişkileri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, yeşil çatı sisteminin referans çatıya oranla genel ortalamada %77 oranında ısı verimliliği sağladığı tespit edilmiştir. Çatı yüzeylerinde oluşan sıcaklık dalgalanmaları, çatının yeşil çatı ile kaplı bölümünde %79 oranında daha düşük olarak ölçülmüştür. Bunun yanı sıra çatı yüzeyine gelen yağış, yetişme ortamındaki nem içeriğine bağlı olarak %12,8 ile %100 oranında yeşil çatı sistemi içerisinde biriktirilmiş ve sistemden su tahliyesi 23 saate kadar ertelenebilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yeşil çatı, bitkilendirilmiş çatı, su, enerji, İstanbul.

Assessment of green roof systems in terms of water and energy balance

Abstract: Green roofs concept term is used for extensive green roofs which are planted with herbaceous plants that can be adapted into changeable environmental conditions on a shallow substrate layer, require minimal maintenance, installed for their benefits to building and urban scale. Main objective of this study is to determine the characteristics of a green roof such as thermal insulation, water holding capacity, runoff characteristics, plant growth and its interaction with environmental factors in Istanbul climate conditions by performing comparative measurements. In this study, a research site (IU Green Roof Research Station) was founded to assess water and energy balance of green roofs. Thus, a typical green roof was evaluated in terms of water and energy balance and its interaction with the building and city was determined. energy efficiency of green roof system was 77% higher than reference roof. Temperature fluctuations on green roof section of the roof were 79% lower. In addition, green roof retained 12,8% - 100% of precipitation and delayed runoff up to 23 hours depending on water content of substrate.

Keywords: Green roof, vegetated roof, water, energy, Istanbul.

1. GİRİŞ

Çatıları bitkilendirme fikri binlerce yıl öncesine dayanmaktadır. Mezopotamya'daki birçok medeniyet, çatı bahçelerinin çeşitli tiplerini, bulundukları kurak bölgeyi serinletmek ve bitkilendirmek amacıyla kullanmışlardır (Snodgrass ve Snodgrass, 2006).

To cite this article (Atıf): Ekşi, M., Uzun, A., 2016. Yeşil Çatı Sistemlerinin Su ve Enerji Dengesi Açısından Değerlendirilmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 119-138. DOI: 10.17099/jffiu.67110

Günümüzde kullanılan yeşil çatıların ilham kaynağı, 19. yüzyılın başlarında Kuzey Avrupa'da çatı yüzeylerinin toprakla kaplanması ve bu yüzeyin çeşitli otsu bitkilerle bitkilendirilmesi ile ısı yalıtımı sağlanması amacıyla oluşturulan çatı sistemlerdir. Tunbiş (1987), bu sistemleri basitçe zemin seviyesinin üzerinde gerçekleştirilen bir peyzaj çalışması olarak tanımlamıştır. 1960'lı yılların başlarında İsviçre'de bu sistemlerden yardım alınarak geliştirilen modern yeşil çatı teknolojileri, özellikle Almanya ile birlikte birçok ülkede yaygınlaşmıştır (Bass ve Baskaran, 2003).

1980'li yıllarda çatı bahçelerinin uygulama prensiplerinin belirlenmesi amacıyla Almanya'da FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.- Peyzaj Araştırma, Geliştirme ve Konstrüksiyon Topluluğu) tarafından geliştirilen standartlar, çatı bahçelerinde kullanılan yapım tekniklerinin belirlenmesini ve dünyada yaygınlaşmasını sağlamıştır (Obendorfer ve ark., 2007). 1980'li yıllardan sonra inşa edilen çatı bahçeleri, bitki örtüsünü kent alanlarına geri getirme fikriyle inşa edilmiştir (Köhler, 2005).

Bitkilendirilmiş çatı sistemleri, ekstensif (seyrek) ve intensif (yoğun) sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu iki sistemin karışımı ile oluşturulan yarı-intensif sistemler de mevcuttur. "İntensif sistemler" çalı ve ağaçlarla bitkilendirilmiş, yer yüzeyindeki bir bahçeye benzer yoğun sistemler gerektiren (drenaj, sulama, yer kaplamaları vb.) ve daha çok estetik amaçlı tesis edilen alanlardır. Araştırmaya konu edilen "ekstensif sistemler" ise; son yıllarda "yeşil çatı" olarak da adlandırılan, genellikle Sedum türleri gibi rejenerasyon (yenilenme) yetenekleri yüksek ve kuraklığa dayanıklı yer örtücü bitkilerle bitkilendirilmiş, sığ yetişme ortamına sahip, gelişmiş drenaj ya da sulama sistemleri gerektirmeyen, daha çok üzerinde bulunduğu binaya ve şehre ekolojik katkıları nedeniyle tesis edilen çatı bahçeleridir. Bu sistemler geleneksel çatı bahçelerinin modern düzenlemesidir (Dunnett ve Kingsbury, 2004). Bitkilendirme tipinin değişmesi, yeşil çatı sistemini oluşturan yapısal katmanlarda değişikliklere yol açmaktadır (Ekşi, M., 2012). Yeşil çatı sistemleri "intensif çatı bahçelerine" göre daha az bakım gerektirmekte ve daha sığ yetişme ortamlarına ihtiyaç duymaktadırlar (Dunnett ve Kingsbury, 2004; Obendorfer, ve ark., 2007). Yeşil çatı kavramı, binaların yaşayan çevreye uyum sağlaması için kullanılan bir kavramdır. Ekstensif sistemler herhangi bir sulama sistemine ihtiyaç duymadan alt katmanlarında biriktirdiği suyu kullanabilmektedirler.

1.1 Yeşil Çatı Sistemlerinin Fiziksel Çevredeki Dengeleyici Özellikleri

Dünyada şehirlerin toplam nüfusu 20. yüzyılın başında 200 milyon kişiyken (dünya nüfusunun %15'i), 21. Yüzyılın başında 2,9 milyar kişiye (dünya nüfusunun %50'si) ulaşmıştır. Bu oran, günümüzde gezegenimizin yüzölçümünün %2,8'inin kentsel alanlarla kaplı olduğu anlamına gelmektedir (Anonim, 2005).

19. yüzyılın sonlarından itibaren yerkürenin ortalama yüzey sıcaklığındaki artış nedeniyle küresel ısınma gittikçe önem kazanan bir konu olmaktadır. Kentleşme küresel ısınma açısından önemli bir etken durumuna gelmiştir (Chen ve ark., 2006). Kentlerdeki nüfus artışı ve insan faaliyetleri beraberinde kentlerdeki sıcaklık artışını getirmektedir. Kentleşmenin getirdiği olumsuz etkiler sonucunda, bu olumsuz etkilere karşı alınabilecek önlemlerden biri yeşil çatı sistemleri olarak değerlendirilmektedir. Bu sistemler büyük kentlerde yeşil alan kazanım seçeneklerinden biri olarak değerlendirilebilirler (Hasdemir, 1993).

"Isı adası" terimi yapısal alanların yakınındaki kırsal alanlara göre daha sıcak olmasını tanımlamaktadır. Bu durum yaz aylarında enerji ihtiyacının artmasına, hava kirliliğine, sera gazı salınımlarının artmasına, sıcaklık nedenli hastalık ve ölümlerin oluşmasına ve su kirliliğinin artmasına neden olabilmektedir. Kentsel alanlarda oluşan ısı adası etkilerinin azaltılması ve kentte yaşayan insanların daha iyi bir çevrede yaşamasında en önemli bileşen yeşil dokudur. Bitkiler tarafından sağlanan gölgeleme, binanın soğutma yükünü azaltmakta ve bu sayede yapının kentsel ısı adası etkisine olan katkısını azaltmaktadır (Ong, 2003).

Yapılan çalışmalar, yeşil çatı sistemlerinin kentlerde kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında önemli bir rol üstlendiğini ortaya koymaktadır (Takebayashi ve Moriyama, 2007; Susca ve ark., 2011; Ong, 2003). Bunun en önemli nedeni, bitki örtüsünün gölgeleme etkisiyle yüzeyde oluşan sıcaklığı azaltma özelliğidir

Kentlerdeki koyu ve geçirimsiz yüzeylerin ısınmasını önlemek için, bu yüzeylerin albedo (yansıtıcılık) etkisi arttırılmasının yanı sıra yeterli toprak nemi ile birlikte vejetasyon örtüsünü arttırarak evapotranspirasyonun oluşması sağlanabilmektedir (Obendorfer ve ark., 2007). Bu konuda yeşil çatılar kentlerde önemli bir işleve sahiptir. Bass ve ark. (2003), yaptıkları simülasyon çalışmasıyla Toronto kentindeki çatı yüzeylerinin %50'sinin yeşil çatılarla kaplanması sonucunda, kent merkezinde 2°C'lik bir sıcaklık düşüşü sağlanacağını tespit etmişlerdir.

Yeşil çatı sistemlerinin çatı üzerine gelen yağışı %40-80 arasında tutabilme potansiyeli bulunmaktadır. Ancak bu durum iklimsel özelliklere ve çatının yapısal sistemine bağlı olarak değişim gösterebilmektedir (Fioretti, ve ark., 2010). Yeşil çatı sistemlerinin yüzeysel akışı azaltma özellikleri arasındaki farklar yeşil çatı sisteminin özniteliğine ve hava koşullarına bağlıdır (Berndtsson, 2010).

Büyük miktardaki yağışlar sırasında, yeşil çatılar suyu katmanlarında depolamakta ve bu katmanlar suya doyduktan sonra kalan suyu drenaj şebekesine aktarmaktadırlar. Vanwoert ve ark. (2005) yapmış olduğu çalışmaya göre, yeşil çatıların çatı üzerine gelen yağışın %80'den fazlasını tutabilme özelliği bulunduğu ortaya konulmuştur. Connelly ve ark. (2005) 75 mm yetişme ortamına sahip, *Sedum* türleriyle bitkilendirilmiş bir yeşil çatı sisteminin su tutma kapasitesi yağışsız dönemde %86 – 94, yağışlı dönemde ise %13 – 18 arasında olduğunu tespit etmiştir. Bu durum yetişme ortamındaki nem miktarıyla ilişkilidir. Genel değerlendirmede ise, yeşil çatı sisteminin ortalama su tutma oranı %28 olarak ölçülmüştür. Bitkilendirmenin ise yetişme ortamı kadar su tutma kapasitesine etkisi bulunmamaktadır. Ancak vejetasyon transpirasyon özelliği nedeniyle bir gölge etkisi oluşturarak kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasında önemli bir role sahiptir (Fioretti ve ark., 2010).

1.2 Yeşil Çatı Sistemlerinin Ekolojik Döngüsü

Dünyada yeşil çatılarda kullanılan bitki türleri ile ilgili akademik çalışmaların başlangıcı, Kluge (1977) gerçekleştirmiş olduğu çalışma olarak kabul edilebilir. Bunun yanı sıra *Sedum* türlerinin kuraklığa dayanıklılığı dünyadaki çeşitli akademik çalışmalarla kanıtlanmıştır. Lasalle (1998) *Sedum album*'un yağış ya da sulama olmadan 100 gün hayatta kalabildiğini tespit etmiştir. Kirschstein (1997) *Sedum album, Sedum acre, Sedum kamtschaticum ellacombianum, Sedum pulchellum* "Michaux", *Sedum reflexum* ve *Sedum spurium* gibi türlerin tümünün 88 gün su istemeden yaşayabildiklerini tespit etmiştir (Getter ve Rowe, 2008). Teeri ve ark. (1986), ABD Chicago Üniversitesi'nde yaptıkları araştırmada, *Sedum*×*rubrotinctum*'un 2 yıl boyunca su verilmeksizin yapraklarındaki turgor basıncında azalma olmadan yaşayabildiğini tespit etmiş ve Wolf ve Lundholm (2008) Kanada iklim şartlarında yaptıkları araştırmada bu bulguyu doğrulamıştır.

Yeşil çatı sistemlerde kullanılan bitki türlerinin, yeşil çatı üzerindeki zorlayıcı etkilere dayanabilmelerinin en temel nedeni özel bir metabolizma faaliyetidir. Kısaca CAM (Crassulacean Acid Metabolism) olarak tanımlanan fotosentetik faaliyet, farklı kaynaklara göre, ilk kez 1960 yılında 3 farklı bilim insanının 2 farklı çalışmasında ortaya konulmuştur. Bu kavram ilk olarak 1960 yılında Newcastle Üniversitesi Bitki Biyolojisi Bölümü'nden Ranson ve Thomas'ın (1960) yayınladıkları "Crassulacean Acid Metabolism" isimli eserde ortaya konmuştur. Ancak Lüttge (2004)'ye göre, Wolf'un Bitki Fizyolojisi Ansiklopedisi 12. sayısındaki "Der Diurnale Saurerhythmus" adlı bölüm yazısı, bu kavramın ortaya çıkışı olarak kabul edilmektedir.

Crassulaceae Asit Metabolizması" (CAM), sınırlı su varlığına karşı önemli bir fotosentetik karbon tutma adaptasyonudur ve genellikle gelişmiş su kullanma verimliliğiyle sonuçlanan, geceleyin CO2'in tutulması ve gün içerisinde tekrar CO_2'in özümsenmesiyle tanımlanabilir (Cushman ve Borland, 2002). Bu metabolizmaya sahip bitkiler, CO_2'i geceleyin atmosferden alarak, bünyeleri içerisinde bulunan enzimlerin yardımıyla malik asit olarak saklamaktadırlar. Günün erken saatleri ve gün boyunca bitkiler enerji ihtiyaçlarını bu şekilde sağlamaktadırlar. Su kaybını engellemek için, gündüz olduğunda bitkiler stomalarını kapatarak, mevcut karbondioksiti enerjiye çevirmektedirler (Anonim, 2011a).

Yeşil çatıların bitkilendirilmesinde yaygın olarak kullanılan *Sedum* cinsi bitkiler Crassulaceae familyasına aittir. CAM metabolizmasına sahip 18,900 bitki türü, yeşil çatıların ihtiyaçlarını karşılayabilecek sınırsız

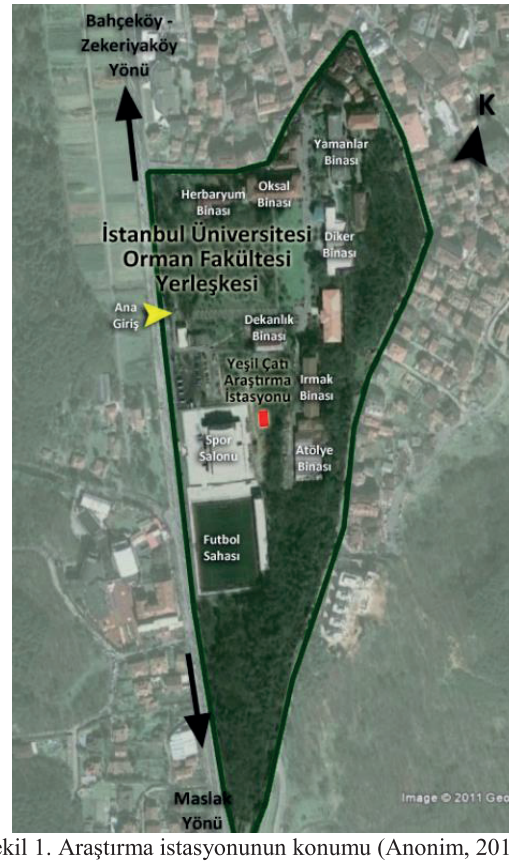
sayıda seçenek sunmaktadır (Tan ve Sia, 2009). Bu metabolizmaya sahip bitkileri içinde barındıran önemli familyalara örnek olarak, Crassulaceae, Aizoceae, Cactaceae, Commelinaceae, Dracaenaceae, Lamiaceae, Piperaceae ve Portulacaceae familyaları gösterilebilir. Ülkemiz şartlarında doğal olarak yetişen bitki türlerinin yeşil çatı sistemlerinde kullanım olanakları ile ilgili araştırmalar ise sınırlıdır.

Çalışma kapsamında tesis edilen araştırma istasyonunda, ülkemizde bilimsel çalışmalar açısından yeni bir kavram olan yeşil çatı sistemlerinin çevresi ve üzerinde bulunduğu yapıyla olan ilişkileri, tipik bir ekstensif yeşil çatı sistemi ile referans çatı sistemi üzerinde yapılan ölçümler yardımıyla tespit edilmiş, bu sistemlerin yapıya sağladığı ısı yalıtımı, yapısal katmanlar içerisinde oluşan sıcaklık değişimleri, su tutma ve yüzeysel akış azaltım özellikleri değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile bina ve kent ölçeğinde önemli bir bileşen olan "yeşil çatılar" su ve enerji dengesi açısından araştırılmış ve İstanbul iklim koşullarındaki önemi analitik olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Araştırma Alanı

Araştırma alanı, İstanbul'un kuzey kesiminde, Bahçeköy – Sarıyer bölgesinde, Belgrad Ormanları'nın hemen yakınında, deniz seviyesinden 100 m. yukarıda yer almaktadır (Şekil / Figure 1). Deneme alanının konumu incelendiğinde, Doğu yönü yüksek şev ve ağaçlık alanla kaplıdır. Güney, Batı ve Kuzey Batı kesimleri ise meteorolojik etkenlere açıktır.



Şekil 1. Araştırma istasyonunun konumu (Anonim, 2011b)
Figure 1. Location of research station (Anonim, 2011b)

Ilıman iklim kuşağı ile subtropikal iklim kuşağı arasında yer alan Türkiye, coğrafi konumu ve morfolojik özelliklerinden dolayı önemli ölçüde çeşitlilik gösteren bir iklim sistemine sahiptir. Yeşil çatı sistemlerinin sıkça kullanıldığı kuzey ülkelerindeki yağış rejimi ile ülkemiz koşulları farklılık göstermektedir. Bunun

yanında, araştırma istasyonunun bulunduğu konum İstanbul genelinden farklı bir karakter sergilemektedir. Türkiye Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilen ve 1974 – 2004 yıllarını kapsayan 30 yıllık meteorolojik veriler incelendiğinde, araştırma istasyonunun bulunduğu bölgenin İstanbul'da kent içindeki bir ortama göre daha serin, nemli ve yağışlı iklim koşullarına sahip olduğu görülmektedir. İstanbul'un güney kesimleri genellikle Akdeniz iklimine yakın bir karaktere sahipken, bu durum kuzey kesimlerde "Karadeniz iklimi" olarak da bilinen iklim tipi tarafından değişime uğratılmaktadır (Ezber ve ark., 2007). Araştırma istasyonunun bulunduğu bölge mevsim normallerinde yıllık ortalama 1071 mm yağış almaktadır. Bu miktar yıllık ortalama 850 mm yağış ortalamasına sahip İstanbul'un genel ortalamasından yaklaşık 200 mm daha yüksektir. Yıllık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde, Bahçeköy'ün yıllık ortalama hava sıcaklığının 12,8^{o}C ile İstanbul genelinden (14,6^{o}C) yaklaşık 2^{o}C daha düşük olduğu görülmektedir.

Araştırma alanı olarak seçilen İ.Ü. Orman Fakültesi yerleşkesinde, arazi tesviyesi ile başlayan prefabrik bina yapımı süreci, bina temelinin hazırlanması, binanın ana yapısının bitirilmesi, çatı tabyasının yapılması, dış sınır elemanlarının oluşturulması, elektrik ve su tesisatının döşenmesi ve dış kaplamasının bitirilmesi ile tamamlanmıştır. Yapı yığma sistemle tesis edilmiştir. Yapının duvarlar statik yük taşıma özelliği olan 20 cm. kalınlığında gaz beton elemanlar ile inşa edilmiştir. Çatı sisteminin üzerinde bulunduğu yapı kabuğu 15 cm kalınlığında beton tabakadan oluşmaktadır. Yapının iç bölümü çatı sistemleri ile aynı hizada olacak şekilde yalıtımlı bir kapı ile özdeş odalara ayrılmıştır. Yapının içerisinde ek bir ısıtma sistemi bulunmamaktadır.

Gerçekleştirilen ölçümler, 24 m^2'lik çatı yüzeyine sahip olan deneme alanında kurulan yeşil çatı (YÇ) ve referans çatı (RÇ) sistemleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deneme sahasının çatı sistemi %1 eğimli teras çatı sistemine uygun olarak düzenlenmiş ve çatı yüzeyi doğu-batı yönünde iki bölüme ayrılmıştır. 10,2 m^2 alana sahip bu alanlardan birine tipik bir ekstensif yeşil çatı sistemi kurulmuş, diğerine ise üzeri yeşil arduaz minerali kaplı su yalıtım örtüsü serilerek, referans çatı sistemi tamamlanmıştır (Şekil / Figure 2).

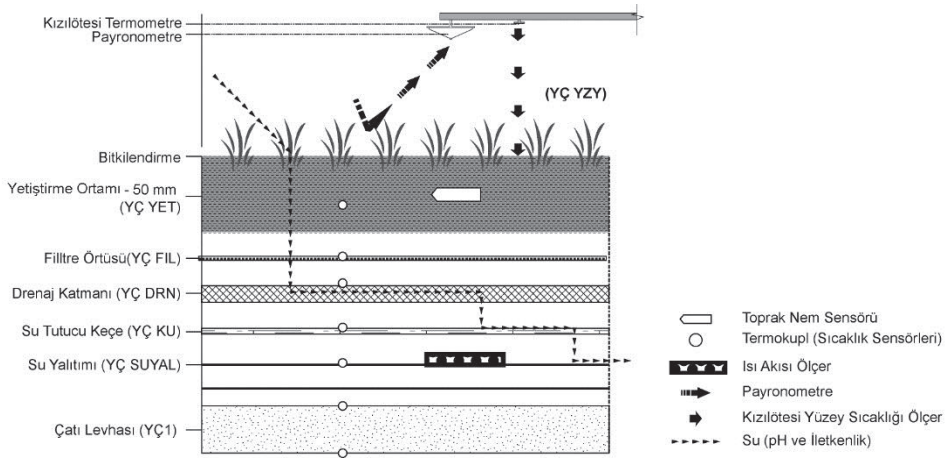
Şekil 2 Çatı yüzeyi
Figure 2 Roof surface

Su yalıtımı her iki çatı yüzeyine iki kat uygulandıktan sonra, referans çatı olarak kullanılacak olan teras çatı, yeşil renkli arduvaz minerali kaplı su yalıtım örtüsü ile tamamlanmıştır. Yeşil çatı sistemini oluşturan yapısal katmanlar sırasıyla; 2 kat su yalıtım örtüsü, su tutucu keçe, drenaj katmanı, filtre örtüsü, 50 - 55 mm kalınlığında tuğla, kiremit kırığı ve organik maddeden oluşan bir bitki yetişme ortamıdır.

Yeşil çatı sisteminin bitkilendirilmesinde, dünyadaki ekstensif çatı bahçesi uygulamlarında yaygın kullanıma sahip olan *Sedum* türleri tercih edilmiştir. Yapılan akademik çalışmaların ve dünyada yeşil çatılarda en çok kullanılan türlerin belirlenmesi ve ülkemizde bu türlerin kullanılabilirliğiyle ilgili araştırmalar sonucunda, yeşil çatı üzerinde 3 farklı *Sedum* türünün kullanılmasına karar verilmiştir. Yeşil çatı sisteminin bitkilendirilmesinde *Sedum reflexum, Sedum spurium* "Album" ve *Sedum spurium* "Atropurpureum" türleri kullanılmıştır. Bitkiler köklü fideler halinde temin edilerek alana dikilmiştir.

2.2 Veri Toplama ve Değerlendirme

Çatı sisteminin üzerine, 2 adet kızılötesi sıcaklık ölçer (Optris CSmicro 2W, Optris GmbH, Berlin/Almanya, ölçüm hassasiyeti ±0,2°C.) çatı yüzeyinden 100 cm yukarıda yer alacak şekilde, 3 adet piranometre (DeltaOhm LP PYRA 02, Delta OHM S.r.L., Padova – İtayla, ISO 9060) , 1 adet meteoroloji istasyonu (DeltaOhm HD2003 üç eksenli ultrasonik anemometre, Delta OHM S.r.L., Padova/İtalya, ölçüm hassasiyeti ±1°C) çatı yüzeyinden 200 cm yukarıda yer alacak şekilde paslanmaz çelik meteoroloji direği üzerine monte edilmiştir. Çatı sistemlerinin katmanlarındaki ölçümler, termoçiftler (Comet PT1000 sensor, Comet System s.r.o., Roznov pod Radhostem/Çek Cumhuriyeti, ölçüm hassasiyeti ±0,25 - ±0,5°C) ile gerçekleştirilmiştir. Yapı içerisindeki ölçümlerde ise, su toplama hazneleri, veri toplama cihazları (Comet MS5D, Comet System s.r.o., Roznov pod Radhostem/ Çek Cumhuriyeti) ve iç mekan sıcaklık - nem ölçüm aygıtları (Comet T3110, Comet System s.r.o., Roznov pod Radhostem-Çek Cumhuriyeti, ölçüm hassasiyeti ±0,4°C) kullanılmıştır. Yağış ölçümleri, devrilen kovalı yağışölçer (DeltaOhm, HD2013 Devrilen Kovalı Yağışölçer, Delta OHM S.r.L., Padova/İtalya, ölçüm hassasiyeti ± %2) ile gerçekleştirilmiş ve yağışölçer çatı üzerine meteorolojik etmenlere açık bir konumda yerleştirilmiştir. Su hazneleri için su giderleri oluşturulmuş, bu haznelerde su kalitesi ölçümlerini gerçekleştirebilmek için gerekli montajlar yapılmıştır. Yüzeysel akışla ilgili detaylı verilere ulaşmak için yağışlı günler için 15 dakikalık verilerden elde edilen grafikler kullanılmıştır. Çalışmada 0 – 200 cbar aralığında ölçüm yapabilen bir toprak nem sensörü (Lufft, Almanya), yüzeyden 2 – 3 cm. derinde ve yatay konumda yerleştirilmiştir. Yetişme ortamındaki nem ölçümleri, santibar (cbar=0,01 bar) cinsinden kaydedilmiştir. Çatı sisteminin uygulaması ile eşzamanlı olarak çatı katmanları arasına ve üzerine çeşitli sensörler (algılayıcılar) yerleştirilmiş, ısı geçişini izlemek için gerekli olan ısı akısı ölçüm ve analiz sistemine ait plakalar da katmanlar arasına yerleştirilmiştir. Katmanlar arasındaki sensörlerin dizilişi Şekil / Figure 3'de gösterilmiştir. Kurulan deneme sahasında gözlem ve ölçümler 11 Kasım 2010 tarihinde başlamıştır. Yağışölçer ve toprak nem sensörünün kalibrasyon işlemlerinin de tamamlanmasıyla, deneme sahasındaki tüm ölçümler 9 Aralık 2010 tarihinde başlamıştır.



Şekil 3. Yeşil çatı katmanları arasında bulunan ölçüm cihazları
Figure 3. Sensors in green roof layers

Çalışma sırasında, yeşil çatı sisteminde yapılan ölçümler yardımıyla sistemin iç dinamikleri incelenirken, karşılaştırmalı sonuçlar elde edebilmek amacıyla toplanan veriler referans çatı sisteminde yapılan ölçümlerle kıyaslanmıştır. Yeşil çatı sisteminin, çevresine ve yapının iç ortamına olan etkisi de bu çalışma ile ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Yeşil çatı sisteminin üzerinde bulunduğu yapı ve çevresiyle olan sıcaklık ilişkileri, bu sistemlerin kentsel ölçekteki katkılarının belirlenmesi açısından önem taşımaktadır. Çatı sistemlerinin yüzeyinde oluşan sıcaklık, çatı sistemlerinin alt katmanlarındaki sıcaklık değerlerini de etkilemektedir. Çatı sistemlerinin yalıtım özellikleri ve yapısal katmanlardaki sıcaklık dağılımları bu kapsamda incelenmiş, çevresel etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Yapılan karşılaştırmalı ölçümler ve bu ölçümlerden türetilen veriler yardımıyla, yeşil çatılar İstanbul iklim koşullarında kent ve bina düzeyinde değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, veri tiplerine göre Excel® ve Matlab® yazılımları yardımıyla analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, günlük (minimum, maksimum, ortalama) değerler ve aylık (minimum, maksimum, ortalama) değerleri içerecek şekilde değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

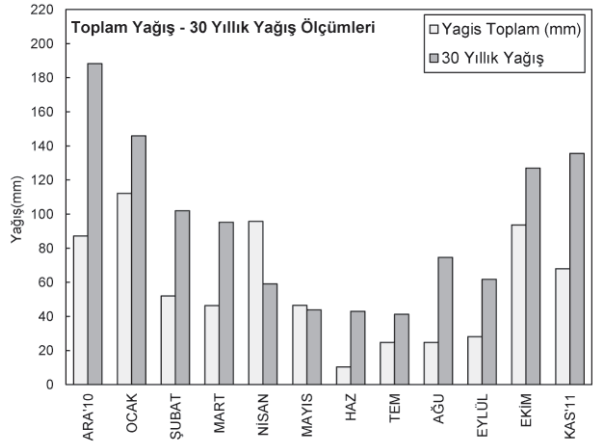
Çalışma sonucunda elde edilen veriler, meteorolojik veriler, çatı sisteminden elde edilen veriler ve yüzeysel akış ile ilgili veriler olarak 3 sınıfta incelenmiştir. Çalışma sırasında yapılan ölçümlerin genel değerlendirilmesi Tablo / Table 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Ölçüm döneminde elde edilen verilerin genel değerlendirmesi
Table 1. Review of findings during measurement period

Ölçülen Değer	Değer	Birim
Ölçüm Yapılan Gün Sayısı	382	Gün
Yağışsız Gün Sayısı	226	Gün
En Fazla Ardışık Yağışsız Gün Sayısı	40	Gün
En yağışlı gün	04.05.2011	40,6
Toplam Yağış Miktarı	689,3	mm/m^2
En Yüksek Günlük Ortalama Hava Sıcaklığı	25,9	°C
En Düşük Günlük Ortalama Hava Sıcaklığı	0,5	°C
Günlük Ortalama Hava Sıcaklığı	14,7	°C
En Yüksek Günlük Ortalama Yetişme Ortamı Sıcaklığı	35,5	°C
Günlük Ortalama Yetişme Ortamı Sıcaklığı	14,9	°C
En Düşük Günlük Ortalama Yetişme ortamı Sıcaklığı	0,4	°C
Yetişme Ortamındaki En Yüksek Ortalama Nem	8,1	cbar
Yetişme Ortamının Günlük Ortalama Nem Miktarı	93,9	cbar
Yetişme Ortamındaki En Düşük Ortalama Nem	200,0	cbar
En Yüksek Günlük Ortalama Rüzgar Hızı	15,0	km/saat
En Düşük Günlük Ortalama Rüzgar Hızı	4,4	km/saat
Yeşil Çatıda Oluşan Günlük Ortalama Isı Transferi	-2,1	w/m^2
Referans Çatıda Oluşan Günlük Isı Transferi	-7,6	w/m^2

3.1 İklim Verileri

İklim verileri, her iki çatıdan tahliye olan suyun, yetişme ortamındaki nem miktarının ve çevresel iklim özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Çalışma sırasında ölçülen aylık toplam yağış değerleri, ölçüm döneminin iklim normallerine göre daha kurak geçtiğini göstermektedir. Aylık ölçümlerde, sadece 2011 yılı Nisan ve Mayıs aylarının mevsim normallerinden daha yağışlı geçtiği görülmektedir. Ölçüm dönemi boyunca kaydedilen toplam yağış miktarı (689,3 mm) iklim normallerine (1071 mm) göre %36 daha düşüktür (Şekil / Figure 4).

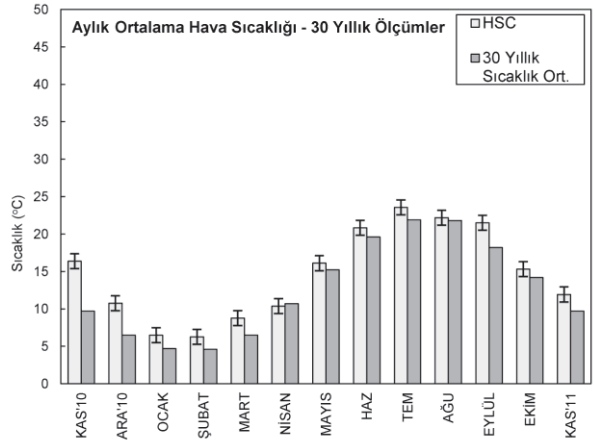


Şekil 4. Aylık ortalama yağış miktarının 30 yıllık verilerle karşılaştırılması
Figure 4. Comparison of daily average precipitation and 30 year precipitation data

Çalışma döneminde Temmuz ayında 29, Ağustos ve Eylül aylarında ise 20'şer günlük yağışsız dönemler tespit edilmiştir.

Çalışma döneminde en uzun yağışsız dönem 12.08.2011 – 20.09.2011 tarihleri arasında tespit edilen 40 günlük dönemdir. En uzun ikinci ardışık yağışsız dönem ise 39 günle 03.07.2011 – 10.08.2011 tarihleri arasında tespit edilmiştir. Aralık, Şubat, Mayıs ve Eylül aylarında da 10 günün üzerinde ardışık yağışsız dönemler belirlenmiştir.

Çalışma sırasında en düşük günlük ortalama hava sıcaklığı 10 Mart 2011, en yüksek günlük ortalama hava sıcaklığı ise 20 Temmuz 2011 tarihinde ölçülmüştür. Çalışma sırasında mevsim normalleri ile ölçülen hava sıcaklığı değerlerinin karşılaştırılabilmesi ve eşit tipte bir veri seti elde edilebilmesi amacıyla, her gün için 07.00, 14.00 ve 21.00 saatlerinin ortalamaları alınarak günlük sıcaklık ortalamaları elde edilmiştir. Bu verilerden türetilmiş aylık ortalama hava sıcaklığının, 30 yıllık sıcaklık verileriyle karşılaştırılması Şekil / Figure 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Aylık ortalama hava sıcaklığı ile 30 yıllık verilerin karşılaştırılması (HSC = Hava Sıcaklığı)
Figure 5. Comparison of daily mean temperatures and 30 year data

Çalışma dönemindeki hava sıcaklığı iklim normallerinden daha yüksek seyretmiştir. Genel sıcaklık ortalaması incelendiğinde, çalışma dönemdeki hava sıcaklığının iklim normallerine göre 2,0°C daha sıcak olduğu görülmektedir. Çalışma döneminde 2010 yılı Kasım ve Aralık aylarında elde edilen hava sıcaklığı ölçümleri mevsim normallerinden belirgin şekilde farklılık göstermiş ve 4-7°C daha yüksek ölçülmüştür.

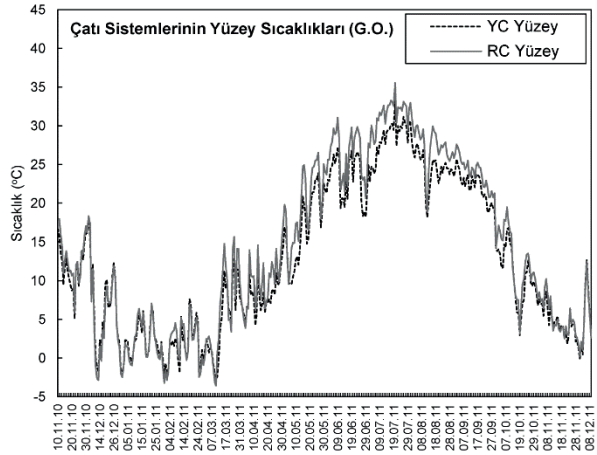
3.2 Çatı Sistemlerine Etki Eden Isı, Sıcaklık ve Çevresel Etmenler

Ölçüm döneminde çatı katmanlarından elde edilen sıcaklık verileri ile ilgili istatistikler Tablo / Table 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Çatı katmanlarından elde edilen sıcaklık değerleri (°C)
Table 2. Temperature values of roof layers

Kısaltma	Açıklama	Gün Sayısı	Günlük Ort.	St. Ort.	St. Sapma	Min.	Maks.
YÇ ODA	İç mekan (yeşil çatı altı)	382	15,7	0,4	7,3	3,4	28,7
YÇ1	Çatı levhası (yeşil çatı)	382	15,2	0,4	8,2	2,2	30,2
YÇ SU YAL	Su yalıtım katmanı	382	15,0	0,4	8,4	1,9	30,3
YÇ KU	Su tutucu keçe	382	15,0	0,4	8,5	1,7	31,1
YÇ DRN	Drenaj katmanı	382	14,7	0,5	9,1	1,0	33,2
YÇ FIL	Filtre örtüsü	382	14,6	0,5	9,1	0,8	33,1
YÇ YET	Yeşitme ortamı	382	14,9	0,5	9,8	0,4	35,5
YÇ YZY	Yeşil çatı yüzeyi	382	12,9	0,5	9,6	-2,7	33,1
RÇ ODA	İç mekan (ref. çatı altı)	382	15,5	0,4	7,7	2,9	29,2
RÇ 1	Çatı levhası (re. çatı)	382	16,8	0,5	10,3	0,4	37,0
RÇ YZY	Ref. çatı yüzeyi	382	14,3	0,5	10,7	-3,6	35,5
HSC	Hava sıcaklığı	382	14,7	0,3	6,5	0,5	25,9

Yeşil çatının yüzey sıcaklığı en soğuk günde -2,6°C ölçülürken, aynı gün referans çatının yüzey sıcaklığı -3,5°C olarak ölçülmüştür. En sıcak günde ise, yeşil çatının yüzey sıcaklığı 33,1°C'lik değere ulaşırken, referans çatının yüzeyi 35,5°C olarak ölçülmüştür (Şekil / Figure 6). Genel ortalamada yeşil çatı yüzey sıcaklığı referans çatıdan 1,4°C daha düşük sıcaklık değerine sahiptir.

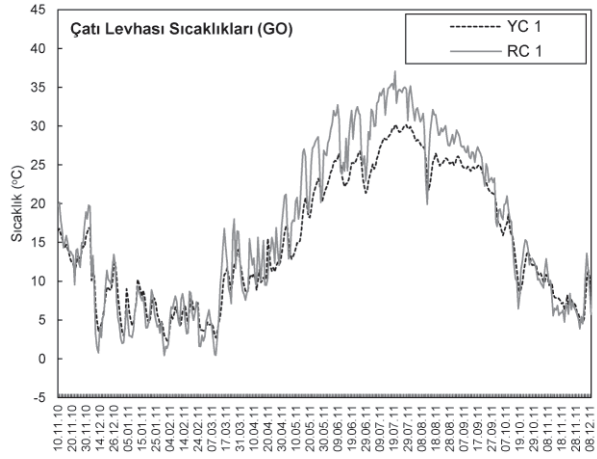


Şekil 6. Çatı sistemlerinin günlük ortalama yüzey sıcaklıkları (YC Yüzey = Yeşil çatının yüzey sıcaklığı, RC = Referans çatının yüzey sıcaklığı)
Figure 6. Daily mean surface temperature values of roof systems (YC Yüzey = Roof surface temperature of green roof, RC = Roof surface temperature of reference roof)

Çatı sistemlerinin aylık ortalama yüzey sıcaklıkları incelendiğinde, yüzey sıcaklıklarının kış aylarında birbirine daha yakın olduğu görülmektedir. Ancak yaz aylarında hava sıcaklığındaki artışla birlikte, referans

çatının yüzey sıcaklığı yeşil çatıya oranla daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Yapının güneşlenme durumuna göre çatı yüzeyine gelen güneş ışınımının etkisiyle gün içerisinde öğlen 12:00 – 15:00 saatleri arasında yüzey sıcaklıkları en yüksek değerlere ulaşırken, en düşük değerler sabah 4:00 – 6:00 saatlerinde kaydedilmiştir. Çatı yüzey sıcaklıklarının mevsimlere göre dağılımları incelendiğinde, kış aylarında her iki çatı sisteminin yüzey sıcaklıkları yakın değerlerde ölçülürken, sonbahar, ilkbahar ve yaz aylarında farklar artmaktadır. Yeşil çatı sisteminin yüzey sıcaklığı sıcak aylarda referans çatı sistemine göre daha düşük sıcaklıklara sahiptir.

Çatı yüzeyinde oluşan sıcaklığın yapı kabuğuna olan etkisi, çatı sisteminin altında bulunan çatı levhası (yapısal tabaka) üzerindeki sıcaklık dağılımı ile belirlenmeye çalışılmıştır. Çatı levhasının dış etkenlerdeki değişimlerden etkilenme oranı, üzerinde bulunan çatı sisteminin ısı yalıtım etkisini belirlemektedir. Çatı sisteminin sağladığı yalıtım, çatının yapısal katmanlarında oluşacak ani sıcaklık değişimlerini düşürmekte ve bu malzemelerin kullanım ömrünü arttırmaktadır (Şekil / Figure 7).



Şekil 7. Çatı levhasının günlük ortalama sıcaklık değerleri (YÇ1=Yeşil çatının altında bulunan çatı levhasının sıcaklığı, RC1= Referans çatının altında bulunan çatı levhasının sıcaklığı)
Figure 7. Daily mean roof slab temperature values of roof systems (YC1 = Roof slab temperature under green roof, RC1 = Roof slab temperature under reference roof)

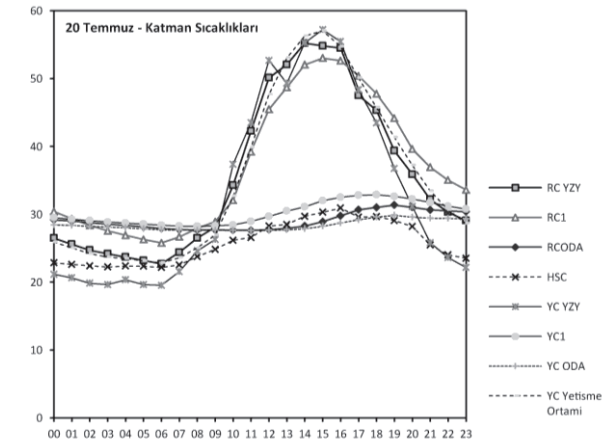
Günlük ortalamalar incelendiğinde, en soğuk günde (10 Mart 2011) hava sıcaklığı 0,5°C iken, yeşil çatının altındaki yapı yüzeyinin sıcaklığı 2,7°C olarak ölçülmüştür. Referans çatının altında bulunan yapı kabuğu ise hava sıcaklığı ile aynı sıcaklığa sahiptir(0,5°C).

Ölçüm döneminin en sıcak günü olan 20 Temmuz 2011 tarihinde, hava sıcaklığı 25,9°C olarak ölçülmüştür. Bu tarihte yeşil çatının altında bulunan çatı yüzeyinin sıcaklığı 30,2°C olarak ölçülürken, referans çatının altında bulunan yapı kabuğunun sıcaklığı 37°C olarak ölçülmüştür. En soğuk günde, yeşil çatının altında bulunan çatı yüzeyinin sıcaklığı referans çatıdan 2°C daha yüksekken, en sıcak günde 7°C daha düşüktür.

Elde edilen ölçüm sonuçları incelendiğinde; hava sıcaklığının arttığı dönemde, yeşil çatı sisteminin yüzeyde oluşan sıcaklığı alt katmanlara geçişi sırasında azalttığı görülebilmektedir. Hava sıcaklığının düşük olduğu sonbahar ve kış aylarında; yeşil çatı sistemi alt katmanları düşük sıcaklıklardan korumuştur. Referans çatı sisteminin altında bulunan yapı kabuğunun sıcaklık değerlerinde ise dış ortam koşullarına bağlı olarak belirgin dalgalanmalar kaydedilmiştir. Karşılaştırmalı ölçümler sonucu, yeşil çatı sisteminin yüzeyde oluşan sıcaklığın alt katmanlara geçişini referans çatıya oranla %80'e varan oranda azalttığı ve yapı kabuğunu şiddetli sıcaklık değişimlerinden koruduğu tespit edilmiştir.

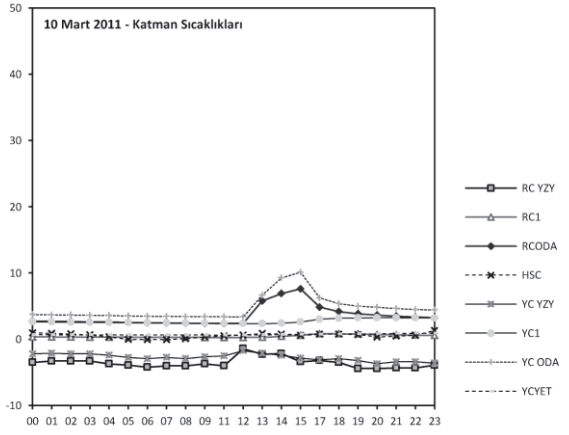
Çalışma sırasında en düşük günlük ortalama hava sıcaklığı 10 Mart 2011, en yüksek günlük ortalama hava sıcaklığı ise 20 Temmuz 2011 tarihinde ölçülmüştür. En sıcak gün olan 20 Temmuz 2011 tarihinde, gün içerisindeki en yüksek sıcaklık saat 16.00'da 30,9°C olarak ölçülmüştür. Aynı saatte çatı katmanlarından elde edilen en yüksek değer, 55,4°C ile yeşil çatının yüzey sıcaklığı olmuştur. Çatı katmanlarından gün

içerisinde ölçülen en yüksek değer 57,2ºC ile yeşil çatının yüzey sıcaklığına aittir. Bu tarihte en yüksek ikinci sıcaklığa sahip katman ise referans çatı yüzey sıcaklığıdır(55,2ºC). Gün içerisinde çatı sistemlerinde oluşan sıcaklık dağılımı incelendiğinde, yeşil çatının yüzey sıcaklığının en yüksek değere (57,2°C) ulaştığı anda, yeşil çatının altında bulunan çatı levhasının sıcaklığı 32,0ºC olarak ölçülmüştür(Şekil / Figure 8).



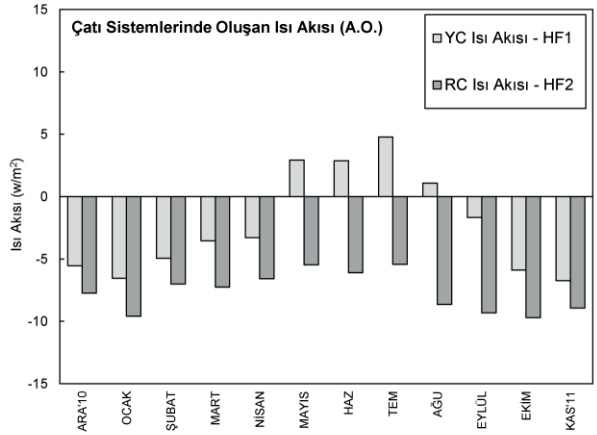
Şekil 8. En sıcak gün içerisinde çatı katmanlarında oluşan sıcaklık dağılımları
Figure 8. Temperature distribution in roof layers on hottest day

Çalışma sırasında günlük ortalama hava sıcaklığının en düşük değere sahip olduğu gün olan 10 Mart 2011 tarihinde, gün içerisindeki en düşük sıcaklık sabah saat 07.00'de 0,5ºC olarak ölçülmüştür. Aynı saatte referans çatının yüzey sıcaklığı -4,0ºC'ye kadar düşmüştür. En düşük ikinci sıcaklığa sahip katman ise -2,7ºC'yle yeşil çatının yüzey sıcaklığı olmuştur. Çatı yüzeylerindeki düşük sıcaklıklar, alt katmanlarda farklı sıcaklık dağılımlarına yol açmıştır. Yeşil çatının yüzey sıcaklığındaki düşüş ya da artışlar, altında bulunan katmanlara etki etmemiş ve yeşil çatının altında bulunan yapı levhasının sıcaklığı gün içerisinde 2,5 – 3ºC arasında ölçülmüştür. Referans çatının altında bulunan yapı yüzeyinin sıcaklığı ise gün boyunca 0,3 – 0,8ºC arasında ölçülmüştür (Şekil / Figure 9).



Şekil 9. En soğuk gün içerisinde çatı katmanlarında oluşan sıcaklık dağılımları
Figure 9. Temperature distribution in roof layers on coldest day

Her iki çatı sistemi ısı verimliliği açısından değerlendirildiğinde, ölçüm dönemi içerisinde, yeşil çatıdan iç mekana transfer olan ısı miktarı Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında "+" değerlerde kaydedilirken, referans çatıdan devamlı bir ısı kaybı tespit edilmiştir. Ancak çatı sistemlerinde oluşan ısı transferi değerlerinin, iç mekan sıcaklık ölçümlerine belirgin bir etkisi tespit edilememiştir. Yeşil çatı sistemi, referans çatıya oranla genel ortalamada %77 oranında ısı verimliliği sağlamıştır. Ancak yaz aylarında yeşil çatı sisteminde nem varlığının azalması, ısı yalıtım özelliğini de azaltmıştır. Her iki çatı sisteminde oluşan aylık ısı akısı miktarları Şekil / Figure 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Aylık ortalama ısı akısı miktarı (YC, RC Isı akısı = Çatı sisteminden yapıya doğru oluşan ısı akısı. "+" değerler yapıya giren ısı miktarını, "-" değerler ise yapıdan çıkan ısı miktarını ifade etmektedir.)
Figure 10. Monthly average heat flux values (YC, RC Isı akısı = Heat flux through roof systems. "+" values represents heat flux into the building, "-" values represents heat flux throughout the building)

Ardışık yağışsız gün sayısındaki farklar, yetişme ortamı nemi ortalamasında önemli bir farklılık oluşturmuştur. Şubat ve Mart ayları için, aylık yetişme ortamı nemi ortalamasını etkileyen en önemli parametrenin ardışık yağışsız gün sayısı olduğu görülmektedir. Diğer aylarda ise, yetişme ortamının nem değerinde, hava sıcaklığı ve yağış miktarına bağlı olarak tutarlı bir değişim söz konusu olmuştur. Çalışma sırasında, en uzun yağışsız dönem 40 günle 12 Ağustos 2011 – 20 Eylül 2011 tarihleri arasında tespit edilmiştir. İkinci en uzun yağışsız dönem ise 3 Temmuz – 10 Ağustos tarihleri arasındaki 33 günlük yağışsız dönemdir (Tablo / Table 3).

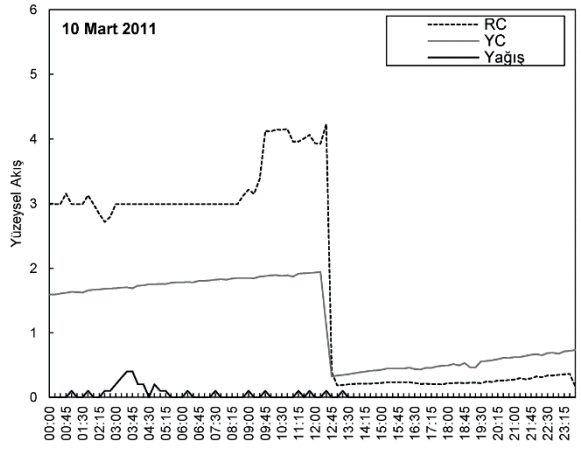
Tablo 3. Aylara göre toplam yağış, ortalama yetişme ortamı nemi, ardışık yağışsız günler
Table 3. Monthly total precipitation, mean soil moisture and consequtive days without rain

AYLAR	Yağış Toplam (mm)	Toprak Nemi (cbar)	Ardışık Yağışsız Günler
Aralık 2010	87,2	13,8	12
Ocak	112,1	14,1	8
Şubat	52,0	49,4	14
Mart	46,3	33,4	5
Nisan	95,7	31,7	6
Mayıs	46,5	142,5	22
Haziran	14,2	200,0	12
Temmuz	24,7	183,5	29
Ağustos	24,7	173,1	20
Eylül	28,1	196,5	20
Ekim	93,6	40,1	8
Kasım 2011	68,0	28,6	5

Çalışma sırasında kullanılan ölçüm sisteminde, su hazneleri belirli bir seviyeye kadar su alabilmektedir. Dolayısıyla çatı sistemlerinden tahliye edilen su miktarı grafiklerinde, tahliye edilen su miktarı su haznelerinin kapasitelerine bağlı olarak belirlenebilmiştir. Aynı zamanda seviye sensörlerinin ölçüm hassasiyetleri de bu durumda etkili olmuştur. Ancak elde edilen veriler çatı sistemlerinden tahliye olan anlık

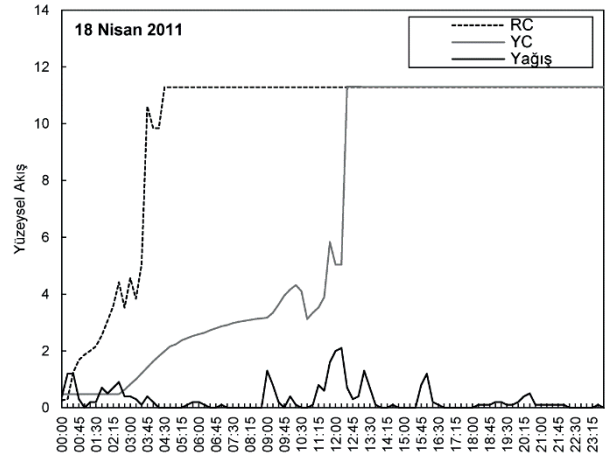
su miktarı ve hızı hakkında bilgi sahibi olmak için yeterlidir. Rastgele seçilen yağışlı günlerde yapılan ölçümler, çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

Toplam yağış miktarı 3,3 mm olan 10 Mart 2011 tarihinde, çatı sistemlerinden elde edilen yüzeysel akış grafiği Şekil / Figure 11'de gösterilmiştir. Bu tarihte kar yağışı olması nedeniyle, çatılardan tahliye edilen su, eriyen kar miktarı olarak tespit edilmiştir. Yeşil çatı sistemi çatı üzerinde eriyen kar örtüsünün oluşturduğu yüzeysel akışı %36,1 oranında düşürmüştür.



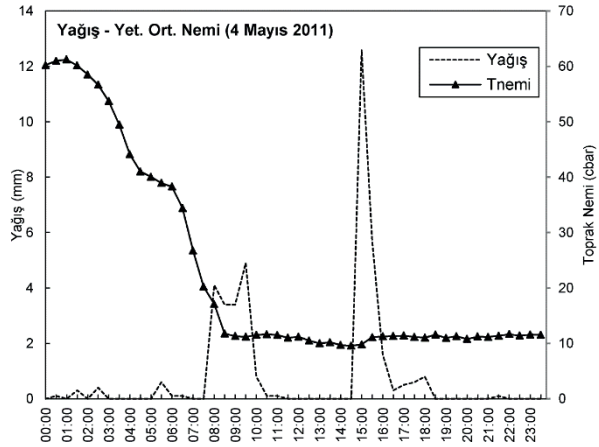
Şekil 11. yağış ve yüzeysel akış grafiği - 10 Mart 2011 (RC= Referans çatı, YC=Yeşil çatı, Yağış=Yağış miktarı)
Figure 11. Precipitation and runoff graph – 10 March 2011 (RC= Reference roof, YC=Green roof, Yağış=Precipitation)

Toplam yağış miktarı 27,4 mm olan 18 Nisan 2011 tarihinde, referans çatı sisteminden yağışın başlamasıyla su tahliyesi görülmüştür ve çok kısa bir sürede en üst seviyeye ulaşmıştır. Yeşil çatı sisteminden tahliye edilen su miktarı ise 9 saat içerisinde en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Yağış sırasında yeşil çatı sistemi yüzeysel akışın oluşmasını ertelemekle birlikte, sistemden tahliye edilen suyun %32,8'inin yüzeysel akışa geçmesini engellemiştir (Şekil / Figure 12).



Şekil 12. yağış ve yüzeysel akış grafiği – 18 Nisan 2011 (RC= Referans çatı, YC=Yeşil çatı, Yağış=Yağış miktarı)
Figure 12. Precipitation and runoff graph – 18 April 2011 (RC= Reference roof, YC=Green roof, Yağış=Precipitation)

4 Mayıs 2011 tarihindeki şiddetli yağış sırasında su hazneleri yağışın kesildiği saatlerde boşaltılarak tahliye edilen su miktarının izlenmesi sağlanmıştır. Yeşil çatı sistemi ilk yüksek yağış dalgasında çatı sisteminden tahliye edilen suyun yüzeysel akışa geçmesini 1 saat ertelemiştir. İkinci şiddetli yağışta ise, yeşil çatı sistemindeki su doygunluğu sebebiyle, çatı sistemleri benzer bir yüzeysel akış karakteri göstermişlerdir. Toplamda yeşil çatı sistemi oluşan yüzeysel akışı %25 oranında düşürmüş ve 1 saat geciktirmiştir (Şekil / Figure 13).

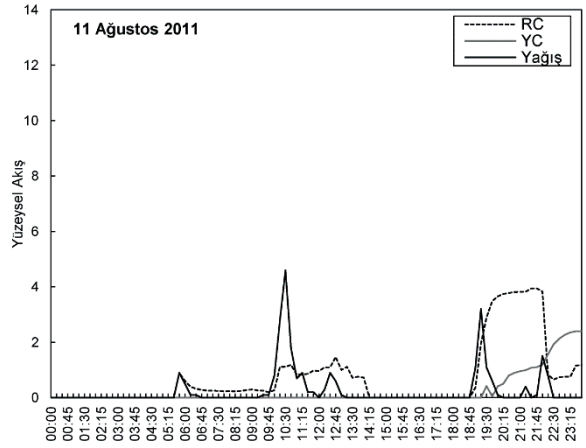


Şekil 13. yağış ve yüzeysel akış grafiği – 4 Mayıs 2011 (Yağış = Yağış, TNemi=Yetişme ortamındaki nem miktarı)
Figure 13. Precipitation and runoff graph – 4 May 2011(Yağış = Precipitation, TNemi=Substrate moisture)

Yağışın başlamasıyla yetişme ortamındaki nem miktarı artmaya başlamış ve günün 8. saatinde yetişme ortamındaki nem oranı en yüksek seviyesine gelmiştir. Yeşil çatı sisteminin yetişme ortamı ve su biriktirici katmanları doygunluğa ulaşana kadar yeşil çatıdan su tahliyesi olmamıştır. Yetişme ortamındaki nem oranının doygunluğa ulaştığı 8. Saatten itibaren yeşil çatı sisteminden tahliye olan su miktarı yüzeysel akış grafiğinde de görüldüğü gibi artışa geçmiş ve referans çatı sisteminin su tahliye miktarına ulaşmıştır.

Çalışma sırasındaki ölçümlerde, 2 Temmuz - 11 Ağustos 2011 tarihileri arasında 39 günlük bir kurak dönem tespit edilmiştir. Çalışma sırasındaki en sıcak dönem olarak belirlenen bu dönem içerisinde, yeşil çatı sistemindeki nem miktarı ciddi bir düşüş göstermiştir. Bu dönemin bitişinde 24,6 mm'lik şiddetli bir yağış kaydedilmiş ve çatı sistemlerinin tepkilerinin belirlenmesi amacıyla yüzeysel akış grafikleri oluşturulmuştur (Şekil / Figure 14).

39 günlük kurak dönem sırasında oluşan su açığı nedeniyle oluşan yağış referans çatı sisteminden yağışla paralel bir şekilde tahliye edilirken, yeşil çatı sisteminden 14 saat boyunca su tahliyesi tespit edilmemiştir. Yeşil çatı sistemi yüzeysel akışı %67 oranında düşürmüştür.
6



Şekil 14. Yağış ve yüzeysel akış grafiği – 11 Ağustos 2011 (RC= Referans çatı, YC=Yeşil çatı, Yağış=Yağış miktarı)
Figure 14. Precipitation and runoff graph – 11 August 2011 (RC= Reference roof, YC=Green roof, Yağış=Precipitation)

Oluşan kurak dönem sonucunda, çatının alt katmanlarının da suya doymasıyla, yeşil çatı sistemi ancak yağış başladıktan 14 saat sonra fazla suyu tahliye etmiştir. Elde edilen verilere göre, yeşil çatı sistemi 24

mm/m2 yağışın 20 mm/m2'lik bölümünün yüzeysel akışa geçmesini engellemiştir. Bu rakam, çatı yüzeyiyle birlikte düşünüldüğünde, 200 mm (200 lt.) su miktarına eşittir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Gerçekleştirilen çalışma ile yeşil çatı sistemlerinin İstanbul iklim koşullarında su ve enerji dengesi açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Yeşil çatı sistemleri araştırma alanında yapılan ölçümler yardımıyla İstanbul kenti ölçeğinde deneysel olarak değerlendirilmiştir. Çalışma dönemini kapsayan 5 yıllık süreçte, yeşil çatı sistemleriyle ilgili yapılan literatür taramalarının yanı sıra, bu sistemlerle ilgili mikro ve makro ölçekte yapılan araştırmalar incelenmiş, araştırma sahasının verimli işleyişi için detaylı bir çalışma yürütülmüştür. Yapılan ön denemeleri takip eden süreçte, kapsamlı bir araştırma istasyonu tesis edilmiştir.

Ölçüm dönemi olan 2010 – 2011 yılları Kasım ayları arasındaki ortalama hava sıcaklığı ölçümleri, 30 yıllık ortalama değerlerin 2,1°C üzerinde kaydedilmiştir. Bu dönem içerisinde özellikle 2010 yılının Kasım ve Aralık ayları ile 2011 yılının Eylül ve Kasım aylarındaki hava sıcaklığı değerlerinde önemli farklılıklar tespit edilmiş ve bu değerler normal değerlerin 3-7°C üzerinde seyretmiştir.

Ölçüm dönemindeki yağış miktarı 30 yıllık değerlere göre belirgin bir farklılığa sahiptir. Yapılan ölçümler 2011 yılının Nisan ayının diğer yıllardan daha yağışlı geçtiğini ancak yağış miktarının genel ortalamada belirgin bir biçimde azaldığını göstermektedir. Ölçüm döneminde 2011 yılının Mayıs ayında mevsim normallerine yakın bir yağış değeri ölçülmüş, diğer aylarda ise yağış miktarında %20 – 70 arasında bir azalma kaydedilmiştir. Ölçüm dönemini kapsayan dönemde 30 yıllık ortalama değerlere göre toplam yağış miktarı 1071 mm iken, çalışma sırasında ölçülen yağış miktarı 713,5 mm/m2 olmuştur. Ölçüm dönemi boyunca kaydedilen toplam yağış miktarı, mevsim normallerinin %43'ü kadardır. Yapılan ölçümler, çalışma döneminin mevsim normallerine göre daha kurak ve sıcak geçtiğini göstermektedir.

Çatı sistemlerinde oluşan sıcaklık dağılımı, kentsel ölçekte ve yapısal açıdan değerlendirme kapsamına alınmıştır. Dünyada yeşil çatı sistemlerinin yapı kabuğunu ve su yalıtım örtüsünü dış ortam şartlarından koruması açısından incelenmesini amaçlayan akademik çalışmalar bulunmaktadır. Yapı kabuğu ve su yalıtım örtüsünün uzun yıllar sağlam bir biçimde korunabilmesi açısından, çatı sisteminde oluşan sıcaklık dağılımları önem taşımaktadır.

Alexandri ve Jones (2008) bitkilendirilmiş çatılarla kaplı bir kent yüzeyinin sıcaklığının en fazla 26°C ve ortalama 12,8°C'ye kadar düşürülebileceğini ve yüzey sıcaklığındaki düşüşlerin sıcak ve kurak iklimlerde daha yüksek miktarda görüldüğünü bildirmektedir. Liu ve Baskaran'ın (2003) Kanada Ottawa'da yapmış olduğu çalışmada, yeşil çatı ve referans çatı sistemlerinin ısıl performansları 660 günlük bir ölçüm döneminde incelenmiştir. Ölçüm döneminde, referans çatının su yalıtım örtüsünün sıcaklığı (çatı levhası) 660 günlük ölçüm döneminin 342 günü 30°C'nin üzerinde, 219 günü 50°C'nin üzerinde, 89 günü 60°C'nin üzerinde ölçülmüştür.

Spala ve ark. (2008) Yunanistan iklim koşullarında yeşil çatı sistemlerinin yaz aylarında binaların soğutma ihtiyacını %40'a varan oranda azalttığını belirlemiştir. Benzer biçimde, Sailor (2007) ve Niachou ve ark. (2001) oluşturdukları matematiksel model yardımıyla yeşil çatı sistemlerinin binalarda ısıtma ve soğutma giderlerini düşürdüğünü ve belirgin bir ısı yalıtımı sağladığını belirlemiştir. Alexandri ve Jones (2008) yaptıkları değerlendirmede yeşil çatı sistemlerinin üzerinde bulunduğu yapıya %32 ile %100 arasında değişen oranlarda enerji tasarrufu sağladığını tespit etmiştir.

Çalışma sırasında elde edilen sıcaklık dağılımlarına göre özellikle yaz aylarında yeşil çatı sisteminin yapı kabuğunu dış ortamda oluşan etkilerden korumuş olduğu görülmektedir. Referans çatının yüzey sıcaklığı 28 gün boyunca 30°C'nin üzerinde sıcaklığa ulaşırken, yeşil çatının yüzeyinin 30°C'nin üzerinde ölçüldüğü gün sayısı 7 günle sınırlı kalmıştır. Aynı şekilde yeşil çatının altında bulunan yapı levhasının sıcaklığı sadece 3 gün 30°C'nin üzerinde ölçülürken, referans çatının altında bulunan yapı levhasının sıcaklığı 56 gün 30°C'nin üzerinde ölçülmüştür. Kış aylarında ise çatı sistemleri benzer bir sıcaklık dağılımına sahiptir.

Çatı sistemlerinden elde edilen sıcaklık dağılımı Liu ve Baskaran (2003) yapmış olduğu çalışmayla benzer özellikler göstermiştir. Yeşil çatı sisteminin yapı kabuğuna getirmiş olduğu koruyucu etkiyle ilgili benzer sonuçlar, çalışma sonuçlarında da ortaya konulmuştur. İklimsel özellikler nedeniyle, çatı sistemlerinde tespit 55°C'nin üzerindeki sıcaklıklar, çalışma sırasında tespit edilmemiştir.

Çatı sistemlerinde oluşan sıcaklık dalgalanmaları (salınımları) incelendiğinde, günlük döngü hesaplamalarında elde edilen minimum ve maksimum değerler farkları Teemsuk ve Mander'in (2008) Estonya ikliminde yapmış olduğu çalışmayla örtüşmektedir. Yeşil çatının yüzeyindeki ısınma-soğuma döngüsündeki keskin farklılıklar beklenmeyen bir sonuç olarak ortaya çıkmıştır. Yeşil çatı sisteminin yüzeyinde oluşan sıcaklık değişimi (ay içerisindeki min-maks. değerler farkı) 5,0–27,4°C arasında ölçülürken, referans çatıda oluşan sıcaklık değişimi ise 6,8 – 26,1°C olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde Teemsuk ve Mander'in (2009) araştırmasında elde edilen bulgulara benzer olarak, yeşil çatının yüzeyinde oluşan gün içerisindeki sıcaklık farkları 40°C'ye kadar ulaşmıştır. Çatı sistemlerinin altında bulunan çatı levhasında oluşan sıcaklık değişimleri incelendiğinde ise, yeşil çatı sisteminin yalıtım etkisi ortaya konulabilmektedir.

Yeşil çatı sisteminin altında bulunan çatı levhasında oluşan sıcaklık dalgalanmaları 1,0-3,7°C ile arasında ölçülmüştür. Referans çatının altında bulunan çatı levhasındaki sıcaklık dalgalanmaları ise (ay içerisindeki min-maks. değerler farkı) 5,5-22,8°C arasında değişmiştir. Dünyadaki akademik çalışmalara benzer bir şekilde, yeşil çatı sistemi, hava sıcaklığındaki sıcaklık değişimlerinin çatı levhasına olan etkisini %35-77 oranında azaltmış ve oldukça durağan bir sıcaklık dağılımı sağlamıştır.

Dünyada yapılan akademik çalışmalar yeşil çatı sistemlerinin kentlerdeki yüzeysel akışı azaltmada belirgin rolleri olduğunu ortaya koymaktadır. Gregorie ve Clausen'in (2011) gerçekleştirdikleri araştırma, %75 oranında genleştirilmiş şist, %10 perlit, %15 komposttan oluşan 10,2 cm'lik yetişme ortamına sahip modüler yeşil çatı sisteminin ABD Connecticut iklim şartlarında çatı yüzeyine gelen yağışın %41,6'sını bünyesinde tutabildiğini ortaya koymuştur.

Vanwoert ve ark. (2005), ABD Michigan eyaletinde gerçekleştirdikleri çalışmada, yeşil çatıların çatı üzerinlerine gelen yağışın %80'den fazlasını tutabilme özelliği olduğunu tespit etmiştir. Scholz-Barth (2001)'e göre genel ortalamada tipik bir ekstensif yeşil çatı sistemi, çatı üzerine gelen yağışın %75'ini tutmakta, %25'ini ise çatı sisteminden tahliye etmektedir. Hilten ve ark. (2008) gerçekleştirmiş olduğu modelleme çalışması, yeşil çatı sistemlerinin 2,54 mm/m^2'den daha düşük yağışlarda oldukça verimli sistemler olduğunu ve bu miktardan daha düşük yağışlarda yüzeysel akışın oluşmadığını ortaya koymuştur.

Mentens ve ark. (2006) yeşil çatı sistemlerinin yüzeysel akış özelliklerini deneysel olarak araştırmış olan 18 adet araştırmayı incelemiştir. Bu araştırmada, yeşil çatı sistemlerinin yüzeysel akış özelliklerinin yetişme ortamının derinliğiyle kuvvetli bir ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda, yetişme ortamındaki nem miktarının artmasıyla, yeşil çatı sistemlerinin su tutma kapasitelerinin kış aylarında daha düşük olduğu belirlenmiştir. Yeşil çatı sistemlerinin kentlerdeki yüzeysel akışın tümünü yok etmesinin mümkün olmadığı çalışmada özellikle üzerinde durulan bir konudur. Yeşil çatılar, kentlerdeki yeşil alanlar ile su depolayabilen altyapı sistemlerine destek niteliğinde kullanılması gereken sistemlerdir.

Çalışma sırasında referans çatı olarak ayrılan bölümün su tutma özelliği tespit edilememiş olmakla birlikte, Berhage ve ark. (2009) yapmış oldukları çalışmada, bitümlü membranla kaplı çatıların dahi çatı yüzeyine gelen yağışın %14'ünü tutabildiğini ortaya koymuştur.

Villareal ve Bengtsson (2005) İsveç Malmö'de *Sedum album* ile bitkilendirilmiş 4 cm yetişme ortamına sahip bir yeşil çatı sistemi üzerinde yaptıkları denemelerde, tekdüze bir yağış sırasında yeşil çatı sistemi kuru durumdayken, 6-12 mm'lik bir yağışın yüzeysel akış oluşturmaya yeterli olduğunu tespit etmişlerdir.

Gregorie ve Clausen (2011) ile Dunnett ve ark. (2008) araştırmalarında kullanmış oldukları yetişme ortamı derinlikleri, çalışmada kullanılan yetişme ortamından daha derindir. Ayrıca bu yetişme ortamları karakter olarak çalışmada kullanılan yetişme ortamından farklıdır. Ancak ortak bir değerlendirmede, yeşil çatıların çatı yüzeyine gelen yağışın yüzeysel akışa geçmesini engelleme oranı %13-80 arasında değişen oranlarda

ölçülmüştür. Ayrıca yeşil çatı sistemlerinin yüzeysel akışa geçmesi beklenen yağışı 1-10 saat arasında erteleyebildikleri de tespit edilmiştir. Carter ve Rasmussen (2006) ABD Georgia Üniversitesi'nde gerçekleştirdikleri çalışmada yeşil çatı sistemlerinin 2,54 mm'den düşük yağışlarda, çatı yüzeyine gelen yağışın %90'ını, 7,62 mm'den büyük yağışlarda ise, bu yağışların %50'sini tutabilme özelliğini tespit etmişlerdir.

Çalışma sırasında, yeşil çatı sistemi yağışın başladığı andan itibaren, yetişme ortamındaki su miktarına bağlı olarak yüzeysel akışa geçecek ya da çatıdan drenaj ortamına iletilecek su miktarını 1 ile 23 saat arasında geciktirmiş ve yüzeysel akışa geçecek su miktarını %20 - %100 oranında azaltmıştır. Bunun yanı sıra çalışmada kullanılan yeşil çatı sistemi, yetişme ortamı şartlarına ve yağış tipine bağlı olarak 4 mm/m2'den küçük yağışlarda yüzeysel akış oluşmasını engellemiş, daha büyük yağışlarda ise çatı sisteminden tahliye olan su miktarının yüzeysel akışa geçmesini geciktirmiştir.

38 günlük ardışık yağışsız dönemin ardından 11 Ağustos 2011 tarihinde ölçülen 24,2mm yağışta, yeşil çatı sistemi bu yağışın 20 mm yağışı bünyesinde tutmuştur. Bu rakam 10,2 m2'lik çatı yüzeyi de dikkate alındığında 204 mm'lik bir su kütlesine denk gelmektedir. Bu değer 204 kg su ya da 204 lt. su miktarına denktir. Benzer ölçümler 30 Eylül 2011 tarihinde yapılmış, yeşil çatı sistemi 22,1 mm yağışın 17,5 mm bünyesinde biriktirmiştir. Çatı sisteminden oluşan yüzeysel yağış yetişme ortamının su tutma kapasitesi ile ilgili olduğu için, yetişme ortamının nem değeri arttıkça, yeşil çatıdan tahliye edilen suyun miktarı artmaktadır. Ancak yetişme ortamı neminin en doygun durumunda dahi, yeşil çatı sistemi üzerine gelen yağışın yüzeysel akışa geçmesini 1 ile 14 saat arasında geciktirmiştir.

Yetişme ortamının derinliğinin artması ve yetişme ortamına su tutma kapasiteleri yüksek bileşenlerin eklenmesiyle, yeşil çatıların su tutma kapasitesinin arttırılabileceği ortadadır. Kuvvetli bir yağışın kentteki çatı yüzeylerinde toplanarak, bu suyun yüzeysel akışa geçmesi ya da kanalizasyon sistemine ulaşması kentsel ölçekte bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Tahliye edilen suyun yeşil çatı tarafından drenajının geciktirilmesi ve/veya tamamının çatıda tutulması, kentlerdeki birçok yapının çatılarında yeşil çatı sistemlerin kullanılmasıyla önem kazanacak bir uygulamadır.

Çalışma sırasında, yetişme ortamındaki nem değişimi özellikle yaz aylarında oldukça hızlı bir biçimde gerçekleşmiştir. Yetişme ortamı, yaz aylarında oluşan evaporasyon ile birlikte, bünyesindeki su varlığını 7-9 gün içerisinde kaybetmiştir. Yapılan gözlemlerde, bitkilerin CAM metabolizmalarını kullanarak hayatta kalmalarının yanında, çatı sisteminde depolanan ve hava sıcaklığıyla buharlaşan sudan da faydalandıkları görülmüştür.

Ekosistem içerisinde insan yaşayışının çevreye getirdiği olumsuz etkiler, bu durumda en büyük paya sahip olan yerleşme olgusunun yeniden ele alınmasını sağlamıştır. Çalışma sırasında İstanbul iklim şartlarında oluşturulacak yeşil çatı uygulamalarının iklim ve kent düzeyindeki olumlu katkılarının, İstanbul'daki yapılar üzerinde oluşturulmasının desteklenmesi fikri ortaya çıkması olasıdır. Ayrıca dünyada ortaya çıkan yeşil bina değerlendirme programlarında özellikle vurgulanan yerellik ve sürdürülebilirlik kavramları, ülkemizin özellikle kırsal bölgelerinde yıllardır süregelen yaşam tarzı ile örtüşmektedir. Dolayısıyla ülkemizin bu tip çevresel politikaları geliştirme ve uygulama açısından çeşitli olanaklara sahip olduğu ortadadır.

Çalışma sırasında mümkün olan en sığ yetişme ortamı ile oluşturulan yeşil çatı sisteminde bitkilerin hayatta kalması önem taşıyan bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak yetişme ortamındaki hızlı su kaybı ve kurak dönemlerde oluşan keskin sıcaklık salınımı olumsuz bir faktördür. Yetişme ortamının kalınlığının artması, yeşil çatı sisteminin su tutma kapasitesini ve yüzeysel akış oluşumunu geciktirmekle birlikte, evaporasyon hızını da düşürecektir. Daha kalın bir yetişme ortamı, bitkilerin kök gelişimini de rahatlatarak, çatı yüzeyindeki bitki örtüsünün kaplama oranını da arttıracaktır.

Sonuç olarak, çalışmada elde edilen veriler yardımıyla, tipik bir ekstensif yeşil çatı sisteminin İstanbul şartlarında sürdürülebilir bir seçenek olduğunu söylemek mümkündür. Yeşil çatı sistemlerinde belirlenen esasların kentsel ölçekte ele alınarak, kentsel planlama çalışmalarına dahil edilmesi, çevresel yaşam kalitesinin arttırılmasına ve kent ekolojisine belirgin katkılar sağlayacaktır.

ACKNOWLEDGEMENTS (TEŞEKKÜR)

Bu çalışma, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Peyzaj Mimarlığı Programında Prof. Dr. Adnan UZUN danışmanlığında, Ekşi (2012) tarafından hazırlanmış Doktora Tez çalışmasının özetidir.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 5181 ve 10207 numaralı projeleri ile desteklenmiştir.

Çalışmada yeşil çatı sistemi üzerinde kullanılan bitkiler Yeşil Vadi Fidanlığı tarafından, çatı sistemlerinin kurulumu ise Onduline Avrasya A.Ş. tarafından sağlanmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Alexandri, E., Jones, P., 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs diverse climates. *Building and Environment* 43: 480-493.

Anonim, 2005. *Binyilin Ekosistem Değerlendirme Kurulu Bildirisi*. Birleşmiş Milletler.

Anonim, 2011a. *Crassulacae Acid Metabolism in Cactus and Succulents*. Cactus & Succulent Society Of New Zealand, http://www.cssnz.org/CAM-in-succulents.php [Ziyaret Tarihi: 10 Ekim 2011].

Anonim, 2011b. Google Earth.

Bass, B., Baskaran, B., 2003. Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas. *CCAF Impacts and Adaptation Progress Report*, Institute for Research in Construction National Research Council, NRCC-46737.

Berghage, R.D., Beattie, D., Jarrett, A.R., Thuring, C., Razaei, F., O'Connor, T.P., 2009. *Green Roofs for Stormwater Runoff Control*, National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati. EPA/600, 9-26.

Berndtsson, J.C., 2010. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering* 36: 351–360.

Carter, T.L., Rasmussen T.C., 2006. Hydrologic behavior of vegetated roofs. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)* 42(5): 1261-1274.

Chen, X.L., Zhao, H.M., Li P.X., Yin Z.Y.,2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use / cover changes. *Remote Sensing of Environment* 104: 133 - 146.

Connelly, M., Liu, K., 2005. New directions in green roof research green roof research in British Columbia- an overview. *Greening Rooftops for Sustainable Communities*, Washington.

Cushman, J.C., Borland, A.M., 2002. Induction of Crassulacean acid metabolism by water limitation. *Plant, Cell and Enviroment* 25: 295-310.

Dunnett, N., Kingsbury, N., 2004, *Planting Green Roofs and Living Walls, Timber Press.* Oregon ISBN: 9780881929119.

Dunnett, N., Nagase, A., Booth, R., Grime, P., 2008, İnfluence of vegetation composition on runoff in two simulated green roof experiments. *Urban Ecosystems* 11: 385–398.

Ekşi, M., 2012. İstanbul'daki başlıca çatı bahçelerinin yapım esasları açısından değerlendirilmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 62(1): 149-157.

Ezber, Y., Sen, Ö.L., Kindap, T., Karaca, M., 2007. Climatic effects of urbanization in İstanbul: a statistical and modeling analysis. *International Journal of Climatology* 667-679.

Fioretti, R., Palla, A., Lanza, L.G., Principi, P., 2010. Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment* 45(8): 1890-1904, http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.03.001.

Getter, K.L., Rowe, B.D., 2008. Media depth influences Sedum green roof establishment. *Urban Ecosystems* 11: 361–372.

Gregoire, B.G., Clausen J.C., 2011, Effect of a modular extensive green roof on stormwater runoff and water quality. *Ecological Engineering*, http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.02.004.

Hasdemir, M., 1993. Çatı bahçesi tasarımında göz önünde tutulacak ilkeler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 40(B3): 85-96.

Hilten, R.N., Lawrence, T.M., Tollner, E.W., 2008. Modeling stormwater runoff from green roofs with HYDRUS-1D. *Soil Conservation* 288- 293.

Kirschstein, C., 1997. Die du Sedum-arten, abgeleitet aus der bedeutung der wurzelsaugspannung-teil 1. *Stadt und Grun* 46: 252–256.

Kluge, M., 1977. Is *Sedum acre* L. a CAM plant? *Oceologia* 29: 77–83.

Köhler, M., 2005. Long-term vegetation research on two extensive green roofs in Berlin. *Urban Habitats* 4:1, İSSN: 1541-7115.

Lassalle, F., 1998. Wirkung von trockenstreb auf xerophile pflanzen. *Stadt und Grün* 47(6): 437–443

Liu, K., Baskaran, B., 2003. Evaluation thermal performance of green roofs, *National Research Council, Institute for Research in Construction* 1-10, NRCC-46412, Kanada.

Luttge, U., 2004. Ecophysiology of crassulacean acid metabolism (CAM). *Annals of Botany* 93: 629–652.

Mentens, J., Raes, D., Hermy, M., 2006. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century. *Landscape and Urban Planning* 77: 217-226.

Niachou, A., Papakonstantinou, K., Santamouris, M., Tsangrassoulis, A., Mihalakakou, G., 2001. Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *Energy and Buildings* 33(7): 719-729.

Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R.R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, S., Köhler, M., Liu, K.Y., Rowe, D.B., 2007, Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *BioScience* 57(10): 823-834.

Ong, B. L., 2003, Green plot ratio : an ecological measure for architecture and urban planning, *Landscape and Urban Planning* 63: 197-211.

Ranson, S.L., Thomas, M., 1960. Crassulacean acid metabolism, *Annual. Review of Plant Physiology* 11: 81-110.

Scholz-Barth, K., 2001. Green Roofs : Stormwater Management From the Top Down. *Official Magazine for the LEED Professional*, 1-9. January/February, edcmag.com.

Snodgrass E.C, Snodgrass L.L., 2006. *Green roof plants: a resource and planting guide*. Timber Press, Oregon, ISBN-13: 978-0-88192-787-0.

Spala, A., Bagiorgas, H.S., Assimakopoulos, M.N., Kalavrouziotis, J., Matthopoulos, D., Mihalakakou, G., 2008. On the green roof system, selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in a office building in Athens, Greece. *Renewable Energy* 33: 173-177.

Susca, T., Gaffin S.R., Osso, G.R., 2011. Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs, *Environmental Pollution* 1-8.

Takebayashi, H., Moriyama, M., 2007. Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. *Building and Environment* 42: 2971–2979.

Tan P.Y., Sia, A., 2009. Understanding the performance of plants on non-irrigated green roofs in singapore using a biomass yield approach. *Nature in Singapore* 2: 149–153.

Teemusk, A., Mander, Ü., 2009. Green roof potential to reduce temperature fluctuations of a roof membrane: A case study from Estonia. *Building and Environment* 44: 643-650.

Teeri, J., Turner, M., Gurevitch, J., 1986. The response of leaf water potential and crassulacean acid metabolism to prolonged drought in Sedum rubrotinctum. *Plant Physiology* 81: 678-680.

Tunbiş, M., 1987. Çatı bahçeleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 37(B4): 103-116.

Vanwoert, N. D., Rowe, D.B., Andresen, J.A., Rugh, C.L., Fernandez, R.T., Xiao, L., 2005. Green roof stormwater retention: effects of roof surface, slope, and media depth. *Journal of Environmental Quality* 34(3): 1036-1044.

Villarreal, E.L., Bengtsson, L., 2005. Response of a *Sedum* green-roof to individual rain events. *Ecological Engineering* 25: 1-7.

Wolf, D., Lundholm, J.T., 2008. Water uptake in green roof microcosms : Effects of plant species and water availability. *Ecological Engineering* 33:179–186.

Wolf, J.,1960. Der diurnale saurerhythmus. *Encyclopedia of Plant Physiology*, Springer-Verlag,12:809-89, Berlin.

Wong, N.H., Chen, Y., Ong, C.L., Sia, A., 2003. Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. *Building and Environment* 38: 261–270.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257

Online available at
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.18338

Research Article / Araştırma Makalesi

Erozyon kontrolü çalışmalarında değer analizi

Tuğba Deniz [*1] , **Kenan Ok** [1]

[1] Istanbul University, Faculty of Forestry, 34473, Sariyer, Istanbul, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** denizt@istanbul.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 26.02.2015 **Revised (Düzeltme tarihi):** 10.03.2015 **Accepted (Kabul tarihi):** 10.03.2015

Özet: Erozyon kontrol çalışmalarıyla pazarı olan ve olmayan birçok mal ve hizmet üretilmektedir. Pazarı olan mal ve hizmetlerin piyasada fiyatı bulunmakta ve bu fiyat değerin göstergesi olarak kabul edilebilmektedir. Oysa pazarı olmayan mal ve hizmetlerin değerini belirlemek için Koşullu Değer Belirleme, Fayda Transferi, Hedonik Fiyatlandırma ve Seçim Deneyleri gibi özel yöntemler kullanmak gerekmektedir. Bu çalışmada, Adana ve Niğde illerinin bazı ilçe ve köylerinde yürütülen Çakıt Çayı Erozyon Kontrol Projesi'nin yarattığı, pazarı olmayan dört faydanın (*sel riskinin önlenmesi*, *toprak erozyonunun azaltılması*, *baraj ömrünün uzaması, kaliteli kaynak suyuna erişimin arttırılması)* marjinal değerleri Seçim Deneyleri Yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Seçim Deneyleri Yönteminin gerektirdiği veriler, geliştirilen özel anketlerle elde edilmiştir. Yüz yüze görüşme tekniği ile 300 adet anket yapılmış ve toplanan veriler, Çok Durumlu Logit Model'de değerlendirilerek, havzada yaşayan halkın incelenen faydalar için ödeme eğilimleri belirlenmiştir. Model sonuçlarına göre; deneklerin selleri bir yıl ertelemek için 1,15 TL, toprak erozyonunu yüzde bir oranında önlemek için 4,43 TL, baraj ömrünü bir yıl uzatmak için -0,25 TL ve kaynak suyuna erişimi yüzde bir oranında arttırmak için 2,13 TL ödeme eğiliminde oldukları saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Erozyon, erozyon kontrol çalışmaları, değer belirleme, seçim deneyleri yöntemi, Çakıt Havzası

Valuation analysis in erosion control activities

Abstract: Many market and non-market goods and services are generated via erosion control activities. Prices of market goods and services are readily available and are regarded as indicators of their value. However, to determine the monetary value of non-market goods and services, special valuation methods such as Contingent Valuation Method, BenefitTransfer Method, Hedonic Pricing Method and Choice Experiments Method need to be used. This study attempts to estimate the values of four non-market benefits (namely, *postpone of flood occurrence, prevention of soil erosion, increase dam life and increase access to spring water)* generated via the Çakıt Stream Basin Erosion Control Project executed in Adana and Niğde Provinces of Turkey. The marginal values of these benefits were estimated via Choice Experiments Method. A customized face-to-face survey was conducted among 300 respondents in order to meet the data requirements of this evaluation method. The basin residents' willingness to pay for the examined benefits was determined via an assessment of the collected data using Multinomial Logit Model. The results reveal that, respondents would pay for one year postpone of flood occurrence; 4.43 Turkish Liras for one percent prevention of soil erosion; -0.25 Turkish Liras one year increase for dam life; and 2.13 Turkish Liras one percent increase for access to spring water.

Keywords: Erosion, erosion control activities, valuation, choice experiments method, Çakıt Basin

1.GİRİŞ

Dünya'da toprak kaybına yol açan süreçlerin en başında erozyon gelmektedir. Balcı'ya (1996) göre erozyon; "toprağın su, rüzgâr, su dalgası ve buzul gibi etmenlerin etkisi ile aşınması ve bir yerden başka bir yere taşınması olayıdır". Görcelioğlu (2003) ise erozyonu, "ana kayanın ayrışmasıyla oluşan materyalin daha çok su ve kısmen de rüzgârın etkisiyle bulunduğu yerden alınarak başka yerlere götürülmesi şeklinde

To cite this article (Atıf) : Deniz, T., Ok, K., 2016. Erozyon kontrolü çalışmalarında değer analizi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 139-158. DOI: 10.17099/jffiu.18338

gerçekleşen dış dinamik bir olay" olarak ifade etmiştir. Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü'nün (AGM) (2009) yapmış olduğu tanıma göre ise erozyon; "toprağın aşınmasını önleyen bitki örtüsünün yok edilmesi sonucu koruyucu örtüden yoksun kalan toprağın, başta su ve rüzgârın etkisiyle aşınması ve bulunduğu yerden başka yerlere taşınması" olayıdır.

Dünya ölçeğinde erozyon nedeniyle kaybedilen toprağın yaklaşık 24 milyar ton/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'de ise bu miktarın 500 milyon ton/yıl olduğu ifade edilmektedir (AGM, 2007). Erozyon, toprak kaybı ile birlikte birçok felaketi de beraberinde getirmekte, yukarı havzalarda sellerin, aşağı havzalarda ise taşkınların oluşma olasılığını artırmaktadır. Bununla birlikte, erozyonla kaybedilen topraklar, aşağı havzalarda yer alan su kaynakları ile tesislere ciddi zararlar vermekte, içerdiği siltasyonlarla su kalitesini düşürmekte, baraj ömürlerini kısaltmaktadır. Sonuç olarak, bir yandan toprakların aşındığı yerlerde verimsizlik yaşanırken, taşındığı bölgelerde ise, örneğin su arıtma maliyetleri artmakta, ekonomik zararlar büyümektedir.

Erozyonun zararlarını ortadan kaldırmak için var olan orman varlıklarının sürekliliğini sağlamak gerekmektedir. Ancak bazı alanlarda orman varlığı hiç bulunmamakta ve erozyon sorununu ortadan kaldırıcı insan faaliyetleri zorunlu olmaktadır. Bu amaçla yürütülen çalışmalar *erozyon kontrolü* olarak adlandırılmaktadır.

Ormanlar, odun hammaddesi üretimi, odun dışı orman ürünleri sağlama, kaliteli su üretme, yağış miktarını düzenleme, toprağı tutma, karbon depolama, biyolojik çeşitlilikle ilgili değerleri içerisinde barındırma, estetik değerler yaratma, rekreasyonel aktiviteleri gerçekleştirecek ortamı sağlama vb. birçok mal ve hizmet üreten ekosistemlerdir. Bu nedenle dengesini koruyabilen orman ekosistemlerinin erozyonu ve meydana gelen zararları önleme işlevi bulunmaktadır.

Ormanların ürettiği mal ve hizmetler; oluşma biçimleri ve yarattıkları faydanın insanlarca elde ediliş şekillerine göre, *kullanım* ve *kullanım dışı değerler* oluşturmaktadır. *Aktif* veya *doğrudan kullanım değerine* sahip orman mal ve hizmetlerinin birçoğu, pazarlarda alınıp satılmakta, diğer bir deyişle pazar fiyatları bulunmaktadır. Buna karşılık, ormanların toprak koruma, su üretme ya da erozyonu önleme işlevleri, *dolaylı kullanım değerleri* olarak adlandırılmakta ve çoğunlukla bir piyasa malı olarak görülmemekte ve bu nedenle de pazar fiyatları bulunmamaktadır. Ancak bu durum, söz konusu işlevlerin ekonomik anlamda değersiz olduğunu anlamına gelmemektedir.

Erozyon kontrolü gibi oldukça maliyetli çalışmaların iktisaden değerlendirilmesi sorunu her zaman hissedilmekte ve bu iş için öncelikle üretilen değerlerin sağlam yöntemlere dayalı olarak tahmini gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, 1982 yılında yürütülmeye başlanan Adana Çakıt Çayı Havzası Erozyon Kontrol Projesi'nin havzada yarattığı; sel riskinin azaltılması, toprak erozyonun önlenmesi, baraj ömrünün uzatılması ve kaliteli kaynak suyuna erişimin artırılması gibi dolaylı bazı faydaların değerlerini, Türkiye'de ormancılık alanında daha önce kullanılmayan Seçim Deneyleri Yöntemini kullanarak belirlemektir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1 Değer Kavramı

Değer; ekolojik, ekonomik, sosyal ve kültürel anlamlarda tanımlanabilen bir kavramdır. Türk Dil Kurumu'na (TDK) (2011) göre değer; "bir varlığın önemini belirlemeye yarayan soyut ölçü ya da bir varlığın değdiği karşılık, kıymet" olarak tanımlanmaktadır. TDK'nın diğer bir tanımında ise değer; "bir varlığın para ile ölçülebilen karşılığı, bedel, paha, valor" olarak adlandırılmaktadır.

Fırat'a (1971) göre değer; anlamı kesin bir ifade taşımayan, yerine göre ve kişiler bakımından sübjektif nitelikte olan bir kavramdır. Belli ilke ve yöntemlerin uygulanması sonucunda değer takdir edilebilmektedir. Bekiroğlu'na (1998) göre değer; çoğunlukla bir varlığın fayda ya da önemi belirtilirken kullanılmaktadır. Bu nedenle de bir nesnenin, bir yöntemin ya da bir niteliğin değeri, onun önem ya da

faydalılık derecesini göstermektedir. Bir başka açıdan değer, insanların ödeme yapma isteklerine göre belirlenmektedir (Kahn, 1998).

2.1.1 İktisadi Anlamda Değer

Değer kavramı; İlkçağdan beri tanımlanmaya ve anlaşılmaya çalışılan bir kavram olmuştur. Bir malın veya hizmetin değeri, onun kullanım değeri ile mübadele değerinin bileşkesi olarak kabul edilmektedir. Kullanım değeri "fayda" anlamına gelmektedir. Mübadele değeri ise; "fiyat" demektir (Kaya, 2002).

Bir mal ya da hizmetin kullanım değerinin olması, o mal ya da hizmetin aynı zamanda bir mübadele değerinin olması için geçerli şarttır. Ancak, bir mal ya da hizmetin mübadele değeri olmasa da kullanım değeri olabilmektedir. Bu noktada iki önemli bulgu ortaya çıkmaktadır. Birincisi, pazarı olmayan, bu nedenle de pazar fiyatı olmayan mal ve hizmetlerin mübadele değerinin olmaması, bu mal ve hizmetin değersiz olduğu anlamına gelmemektedir. Fayda üretmeleri ve üretim süreçlerinde üretim faktörlerinin kullanılması bu mal ve hizmetlerin kullanım değerinin dolayısıyla da ekonomik değerinin olduğunu göstermektedir. İkinci bulgu ise; bir malın veya hizmetin ekonomik değerinin ölçümünde mübadele değerinin, başka deyişle pazar fiyatının yetersiz kalabileceğidir. Çünkü mübadele değeri bireysel ve toplumsal faydaları tam olarak yansıtmayabilir. Kullanım değeri toplumsal refahta yaratılan değişimlerin ve toplumsal maliyetlerin belirlenmesi aşamasında faydalı bir ölçüttür. Mübadele değeri ise, finansal amaçlara hizmet eden ve bir kaynağın kullanımı sonucunda toplumdaki nakit akışını göstermektedir (Kaya, 2002).

Günümüzde ekonomik değer belirleme hesaplarında, etkin pazar fiyatı bulunmayan mal ve hizmetlerin ekonomik değerlerinin ölçümünde mübadele değeri yerine kullanım değeri ölçülmeye çalışılmaktadır. Buna göre, ekonomik değer belirleme, pazarı olmayan mal ve hizmetlerin kullanım değerlerinin belirlenmesine, fiyatlandırma ise bu mal ve hizmetler için mübadele değeri oluşturmaya yönelik çabalar olarak kabul edilmelidir (Kaya, 2002).

2.1.2 Doğal Kaynak Yönetimi Alanında Değer

Değer, iktisat alanında tartışma konusu olduğu gibi, doğal kaynak yönetimi alanında da anlaşılmaya çalışılmış bir kavramdır. Bu konu, ormancılık alanında sermayenin değerinin belirlenmesi, yapılan ormancılık faaliyetlerinin sonucunun sayısallaştırılması, olası zarar ve ziyanın belirlenmesi konularında daha çok gündeme gelmiştir.

Doğal kaynak yönetimi alanında değer kavramı günümüzde "Toplam Ekonomik Değer (TED)" kavramı içerisinde ele alınmaktadır. Bir ekosistemin değeri; ekosistem içerisinde üretilen malların ya da hizmetlerin aktif ve pasif değerlerinin oluşturduğu toplam ekonomik değer çerçevesi içerisinde belirlenmektedir.

Türker (2008), TED'i; bir doğal kaynağın sahip olabileceği bütün değerlerin toplamı olarak ifade etmektedir. TED kavramı; çevresel kalitedeki bir değişim nedeniyle, bir bireyin refahında oluşacak değişimin parasal ifadesi olarak kabul edilmektedir (Georgiou ve ark., 1997). TED; son yıllarda ormanlar gibi doğal kaynakların farklı bileşenlerini tanımlamak ve bu bileşenlerin tam değerini hesaplamada belli bir boyut oluşturmak için kullanılmaya başlanmıştır. Ormanlar için toplam ekonomik değer kavramı; kullanım (doğrudan ve dolaylı kullanım) ve kullanım dışı (varlık, gelecek, miras) değerlerin bileşkesi olarak tanımlanmaktadır.

2.2 Değer Belirleme

Değer belirleme; İngilizce "valuation" sözcüğüyle ifade edilmekte, dilimizde ise, "paha biçmek", "kıymet takdir etmek", "bir malın ya da hizmetin değerini ya da derecesini hesaplamak" anlamlarına gelmektedir. Değer belirlemede, kişisel olarak ilgilenilen, tanımlanmış bir mala veya hizmete, fayda ve kullanışlılığı göz önüne alınarak bir değer (kıymet) verilmektedir (Bekiroğlu, 1998).

Bir varlığın ekonomik değeri; onun toplum refahına olan katkısının bir ölçüsüdür. Ekonomik değerler; belli koşullar altında refahlarını maksimize edecek şekilde davrandıkları varsayılan bireylerin, tercih ve davranışlarını yansıtırlar (Brown ve ark., 2005). Pearce ve Turner'a (1990) göre ekonomik değer; çevre kalitesindeki değişimlerin insan refahında yarattığı artış veya azalışların değeri olarak tanımlanmaktadır.

Bir mal ya da hizmetin ekonomik değeri; o mal ya da hizmet için birçok bireyin ödeme ya da kabul eğilimlerinin toplamı ile ölçülmektedir. Ödeme ya da kabul eğilimi söz konusu mal ya da hizmet için bireylerin tercihlerini yansıtmaktadır. Bu nedenle, çevre ekonomisi anlamında ekonomik değer belirleme, çevresel bir iyileşme ya da çevresel bir kötüleşme için toplumun tercihlerini ölçme ile ilgilidir. Bunun için değer belirleme, bireyler tarafından yapılan tercihlerle doğrudan ilişkilidir. Değer belirleme çalışmalarında insanlara ödemeye ya da kabule eğilimli oldukları miktarlar sorulduğu için, belirlenen değerler parasal terimlerle ifade edilmektedir (Georgiou ve ark., 1997).

2.2.1 Ormancılıkta Pazarı Olamayan Mal ve Hizmetlerin Değerini Belirleme

Ormancılıkta çözümlenmesi gereken en önemli sorunlardan biri, pazarı olan ve pazarı olmayan mal hizmetlerin değerinin belirlenmesidir. Ormancılık işletmelerinin sahip olduğu özel yapı nedeniyle ortaya çıkan bu sorunu çözmek üzere yapılan çalışmalar "Ormancılıkta Kıymet Takdiri" ya da "Ormancılıkta Değer Belirleme" adı ile anılan ayrı bir bilim dalının gelişmesine yol açmıştır. Bu bilim dalında başlangıçta pazarı olan mal ve hizmetlerin değerlerinin belirlenmesi konularıyla ilgilenilmiş, ancak son yıllarda toplumun ormandan beklentileri, pazarı olmayan değerlerle ilgili mal ve hizmetler yönünde arttığından bu mal ve hizmetlerin değerinin belirlenmesi konularına öncelik verilmeye başlanmıştır.

Orman kaynaklarından elde edilen mal ve hizmetlerin çeşitliliğine olan toplumsal talep artışıyla birlikte, ekonomik değer belirleme ihtiyacı da büyümüştür. Ormancılığın hukuki ve ekonomik yönü ile ilgili birçok sorunun çözümünde değer belirleme çalışmaları etkili olmuştur. "Kamu yararı" adı altında alınacak orman kaynaklarına ilişkin tahsis kararlarında, seçeneklerin kamu yararına olup olmadığı değil, hangi seçeneğin net kamu yararının daha fazla olduğunun araştırılması gerekmekte, bunun için de pazarı olmayan orman mal ve hizmetlerinin değerlerinin bilinmesi zorunlu olmaktadır (Kaya, 1998). Diğer yandan, artan çevre kirliliği ve doğal kaynakların tahribi sonucunda kaynakların sürdürülebilirliği ve etkin tahsisini sağlamak için, kaynak, stok ve akımlarının ölçülmesine ihtiyaç duyulmuş ve son yıllarda "çevresel muhasebe" olarak adlandırılan sistemlerin gelişmesine neden olmuştur (Kaya, 1998). Çevresel muhasebe yaklaşımının uygulanabilmesi için değer belirleme çalışmalarının yapılıyor olması gerekmektedir. Ulusal ölçekteki ormancılık muhasebesi, klasik olarak, piyasada dolaşan mal ve hizmetler üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu bağlamda, ormancılık sektörünün ulusal hasılaya katkısı sadece pazarı olan mal ve hizmetlerin değerlerinin toplamına eşit kabul edilmektedir (Deniz, 2006). Ancak günümüz ormancılığı pazarı olmayan değerler de üretmekte ve bu değerlerin kapsanabildiği analizler, sektörün toplumun refah düzeyine gerçek katkısını ortaya koyabilmektedir. Nitekim bir mal ya da hizmet toplum refahına olumlu bir şekilde katkı sağlıyorsa, onun ekonomik bir değerinin olduğu kabul edilmektedir (Pearce ve Özdemiroğlu, 2002).

Ekonomik değer belirleme çalışmaları, toplumdaki refah değişimlerini ölçmek ve kamu ormanlarında işlevsel kaynak yönetimine ulaşmak amacıyla kullanılan önemli araçlardır ve bu nedenle, orman kaynakları yönetiminde karşılaşılan sorunları çözmek için değer belirleme yöntemleri geliştirilmekte ve yaygınlaştırılmaktadır (Kaya, 2007).Toplumun ormanlardan odun dışı ve pazarı olmayan ürünlere karşı olan beklentilerinin sürdürülebilir bir şekilde karşılanabilmesi için, orman kaynaklarının etkin bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Etkin yönetim ve tahsis kararları için, ormanların ürettiği mal ve hizmetlerin değerlerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır.

2.2.2 Değer Belirleme Yöntemleri

Değer belirleme yöntemleri; pazarı olan ve olmayan mal ve hizmetler için iki ayrı grupta toplanmaktadır. Pazarı olan mal ve hizmetlerin değerini belirlemek için:

- Pazar Yöntemi (Market Method),
- Gelir Yöntemi (Income Method),
- Maliyet Yöntemi (Cost Method),

kullanılırken (Bekiroğlu, 1998), pazarı olmayan mal hizmetlerin değerini belirlemek için ise:

- Açıklanmış Tercih Yöntemleri (Revealed Preference Methods),
- Belirtilen Tercih Yöntemleri (Stated Preference Methods),
- Fayda Transferi Yöntemi (Benefit Transfer Method),

uygulanmaktadır (Bateman ve ark., 2002).

Bu çalışma ormanların erozyonu önleme fonksiyonunun yarattığı dört adet pazarı olmayan faydanın değerinin belirlenmesiyle ilgili olduğu için, burada yalnızca ikinci grupta yer alan değer belirleme yöntemlerine değinilmiştir.

Açıklanmış Tercih Yöntemleri, pazarı olmayan bir mal veya hizmetin tamamlayıcısı olan pazarı olan mal veya hizmetlerin mevcut pazarlarını vekil pazar olarak kullanarak değerini belirlemeye dayanmaktadır. Bu gruptaki yöntemler; Seyahat Maliyeti Yöntemi, Hedonik Fiyatlandırma Yöntemi ve Hedonik Seyahat Maliyeti Yöntemidir.

Değer belirleme çalışmaları çok kapsamlı ve zaman alıcı çalışmalar oldukları için, çevre ekonomistleri son zamanlarda Fayda Transferi Yöntemi ile de ilgilenmeye başlamışlardır. Bu yöntemin amacı; orjinal çalışmalarda yapılan değer tahminlerini alıp, bunları başka bir çalışmanın koşullarına göre düzelterek kullanmaktır (Hanley ve ark., 2006).

Belirtilen Tercih Yöntemleri ise, bir araştırmacının bir mal veya hizmette ya da çevresel kalitede oluşabilecek değişimlerle ilgili olarak insanlara doğrudan ödeme eğilimleri ya da değişim nedeniyle oluşabilecek zararın tazminini kabul eğilimini sormaya dayanmaktadır. Bu yöntemler kendi içinde iki ana grupta toplanmaktadır (Hanley ve ark., 2006):

- Koşullu Değer Belirleme Yöntemi (Contingent Valuation Method)
- Seçim Modelleme Yöntemleri (Choice Modeling Methods)

Koşullu Değer Belirleme Yöntemi, kuramsal senaryolar eşliğinde bireylerin ödeme veya kabul eğilimlerini doğrudan sorgulayarak orman kaynaklarının sağladığı tüm pazarı olmayan mal ve hizmetlerin aktif ve pasif kullanım değerlerini ölçme yeteneği ve potansiyeline sahip olan bir yöntemdir (Kaya, 2007).

Seçim Modelleme Yöntemleri ise literatürde, "Koşullu Seçim Yöntemi" (Contingent Choice Method) ya da "Niteliklere Dayalı Yöntem (Attribute-Based Method)" olarak da adlandırılmaktadır. Bununla birlikte birçok çalışmada "Seçim Deneyleri Yöntemi (SDY)" (Choice Experiments Method) şeklinde de kullanılmıştır (Bennett ve Blamey, 2001). Seçim Modelleme Yöntemleri, pazarı olmayan mal ya da hizmetlerin değerini belirlemede benzer yaklaşımlar sergileyen bir dizi yöntemi kapsamaktadır. Bu yöntemler (Bateman ve ark., 2002):

- Seçim Deneyleri Yöntemi (Choice Experiments Method/Contingent Choice Method),
- Koşullu Sıralama Yöntemi (Contingent Ranking Method),
- Koşullu Derecelendirme Yöntemi (Contingent Rating Method),
- İkili Karşılaştırmalar Yöntemi (Paired Comparisons Method)'dır.

Belirtilen Tercih Yöntemleri grubunun son yıllarda en fazla kullanılan yöntemlerinden biri olan SDY; öznel seçim yanıtlarını, tahmini parametrelere dönüştüren bir değer belirleme yöntemidir. Bu yöntem, ilk olarak yetmişli yıllarda pazarlama araştırması alanında ve tüketici seçimlerini analiz etmek için kullanılmıştır. Daha sonra, Louviere ve Hensher (1982) ve Louviere ve Woodworth (1983) tarafından Transport, Sağlık,

Turizm Ekonomisi ve yakın zamanda da Rolfe ve Bennett (1996) ile Adamowicz ve ark., (1998) tarafından çevre ekonomisi çalışmalarında kullanılmıştır (Rolfe ve ark., 2000). SDY, çevresel kaynağın bir bütün olarak kaybı ya da kazanımından çok, yönetim alternatiflerinin fayda seviyelerindeki marjinal değişimlerle ilgilenmektedir. Bu yöntem ayrıca, kaynak yöneticilerine yönetim alternatiflerinin refah etkilerini ve çevresel faydaların marjinal değerlerini bir arada değerlendirme olanağı sağlamakta ve optimal kaynak yönetim planlarının oluşturulmasında önem taşımaktadır (Othman ve ark., 2004).

SDY'de; deneklere her biri genellikle üç ya da daha fazla alternatif mal ya da hizmet içeren bir seçim seti (seçim kartları/senaryolar) sunulmaktadır. Bu seçenekler (senaryolar, projeler, programlar) aslında kuramsal olarak yaratılan ve çeşitli faydalarla bu faydaların aldıkları seviyelerin (levels) bir kombinasyonundan oluşmaktadır. Faydalardan bir tanesi ödeme ya da kabul eğilimi ile ilgili olmakta ve seçeneğin değerini göstermektedir. Bu değer, proje maliyeti anlamına gelmemekte, bireylerin seçimleri için yıllık olarak ödemeyi kabul ettikleri miktarı ifade ettiğinden, seçim setlerinde "yıllık ödeme" olarak adlandırılmaktadır. Seçim setlerinde fayda ve seviyelere göre seçenekler oluşturulmakta, bireyler, sunulan alternatifler arasından kendisine en yüksek faydayı sağlayacak olanı seçmektedir. Bir seçim seti; mevcut durumu gösteren statüko seçeneği ile proje ya da programın uygulanmasıyla oluşabilecek durumları gösteren iki ya da daha fazla alternatiften oluşmaktadır. Statüko seçeneği tüm seçim setlerinde ortak (Mogas ve ark., 2005) olarak bulunmaktadır. Holmes ve Adamowicz (2003), SDY'yi uygulanma biçimi 3.3 Yöntem başlığı altında açıklanacak olan, dokuz aşamalı bir süreç ile tanımlamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Araştırma Alanının Tanıtımı

Araştırma alanını seçerken, erozyon kontrolü çalışmalarından sorumlu kamu kurumu olarak Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü'nün önerisi temel alınmıştır. Bu kurum ile yapılan görüşmelerde, farklı nitelikte pazarı olmayan değerlerin örneklerinin en iyi bulunabileceği, veri temini açısından kayıtların en düzenli olduğu yer olarak Adana Çakıt Çayı Havzası Erozyon Kontrol Projesi gösterilmiş ve bu nedenle saha araştırma alanı olarak seçilmiştir.

3.1.1 Çakıt Çayı Havzası ile İlgili Genel Bilgiler

Araştırma alanını; Adana Çakıt Çayı Erozyon Kontrol Projesi kapsamında Çakıt Çayı Havzasının içine aldığı köyler ve ilçeler kapsamaktadır. Bu havza içerisinde Niğde ilinin Ulukışla ve Bor İlçeleri ile Adana'nın Merkez ve Pozantı ilçeleri yer almaktadır. Çakıt Çayı, Seyhan Nehri'nin bir koludur ve Seyhan Baraj Gölü'ne döküldüğü için de, Seyhan Havzası sınırları içerisinde kalmaktadır. Çakıt Çayı Havzasının yukarı bölümlerinde yanlış arazi kullanımı nedeniyle topraklar tamamen akıp gitmiş ve arazi verimliliği azalmıştır. Kaybedilen topraklar nedeniyle ana kaya tamamen yüzeye çıkmıştır. Yukarı havzadaki sel derelerinin akış dengesinin bozukluğu; su toplama havzalarına düşen yağışın büyük kısmının yüzeysel akışa geçmesine ve ana derelerde debinin ani yükselmesine neden olmuştur. Sel derelerinin akış dengesinin bozukluğu nedeniyle dere yataklarından gelen materyal, yağış ile birlikte aşağı havzalardaki dere yataklarına yakın tarım alanlarında ve yerleşim yerlerinde zararlara yol açmıştır. Aşağı havzadaki bitki örtüsünün tahribi ve debinin artışıyla su dere yataklarından dışarı çıkarak, taşkın zararlarına neden olmuştur (Kural, 1997).

3.1.2 Çakıt Çayı Erozyon Kontrol Projesine İlişkin Genel Bilgiler

1980 yılının ilkbaharında Seyhan Nehri'nin bir kolu olan ve Seyhan Barajı'na dökülen Çakıt Çayı taşmıştır. Taşkınlar ve seller bir yandan yoğun bir trafiğin yaşandığı E-5 karayolunu tehdit etmiş, diğer yandan da demiryolu ağını tahrip etmiştir. Ayrıca bu sel, Seyhan Nehri'nin diğer kollarıyla birlikte Seyhan Barajı'nı da tehdit etmiş, baraj yıkılma tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır. Taşkın ve sellerin ani yağışlar sonucu karların erimesiyle birlikte oluştuğu ifade edilmişse de, asıl nedenin Toros Dağları'ndaki orman tahribi olduğu bilinmektedir. 1981 yılında merkezi Adana'nın Pozantı ilçesi olmak üzere Adana Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Pozantı Toprak Muhafaza ve Mera Islahı Tatbikat Grup Müdürlüğü kurulmuş ve 1982

yılında da Orman Genel Müdürlüğü (OGM) Ağaçlandırma ve Silvikültür Dairesince onaylanarak, Adana Çakıt Çayı Erozyon Kontrol Projesi başlatılmıştır (OGM, 1988).

Çakıt Çayı Havzası için yürütülen projede yaklaşık 140 056 ha'lık bir alanda çalışılması planlanmıştır. Havzadaki erozyonu önlemek için yapılan çalışmalarda yatay ve düşey bütünlük prensibi izlenmiştir. Buna göre; havzadaki çalışmalara en üst noktadan başlanarak, havzanın bütününde tedbir alınmış, çalışmalar tamamlandığında hemen bitişiğindeki alanlara geçilmiştir. Böylece hem saha bütünlüğü, hem de devamlılık sağlanarak erozyon süreci etkili bir şekilde durdurulmuştur (OGM, 1988).

3.2 Materyal

Çalışmanın ana materyalini "Adana Çakıt Çayı Havzası Erozyon Kontrol Projesi" ile ilgili kayıtlar, belgeler ve anket uygulamasından sağlanan veriler oluşturmaktadır. Ayrıca ilgili sahada yürütülen ağaçlandırma, ıslah ve uygulama projelerine ait raporlar, konu ile ilgili çeşitli yerli ve yabancı bilimsel kitaplar, internet ortamındaki bilimsel kaynaklar, uzman görüşleri, havza sınırlarını gösteren değişik ölçekteki haritalar, hava fotoğrafları, arazide çekilmiş fotoğraflar, proje kapsamında yürütülen ağaçlandırma, ıslah ve uygulama projelerine ait raporlar, erozyon kontrolü ile ilgili tamimler, veri analizinde kullanılan bilgisayar programları (veri girişinde MS Excel, deneysel tasarımda N-Gene ve JMP, ekonometrik analizlerde LIMDEP) diğer araştırma materyalleri arasındadır.

Havzada yaşayan insanlara yüz yüze görüşme tekniği ile uygulanan deneme ve nihai anket formları ve bu anket formları kapsamında deneklere gösterilen seçim kartları araştırmacı tarafından üretilmiştir.

3.3 Yöntem

Türkiye'de ormancılık alanında henüz denenmediği ve erozyon kontrolü çalışmalarının ürettiği pazarı olmayan faydaların değerlerini belirlemek için uygun olduğu düşünülerek, bu çalışmada *"Seçim Deneyleri Yöntemi"* uygulanmıştır. Söz konusu yöntem, ana aşamaları dikkate alınarak aşağıda tanıtılmıştır.

Problemin tanımlanması: Erozyon kontrol çalışmaları kapsamında yapılacak faaliyetlerle ilgili bir süreç önerisi geliştirebilmek için, ilgili havzada yürütülecek olan projenin maliyetlerinin yanında faydalarının da belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada ele alınan problem; "*Adana Çakıt Çayı Havzası Erozyon Kontrol Projesi'nin havzada yarattığı; sel riskinin azaltılması, toprak erozyonunun önlenmesi, baraj ömrünün uzatılması ve kaliteli kaynak suyuna erişimin artırılması faydalarının değerlerinin*" belirlenmesidir.

Faydaların seçilmesi ve tanımlanması: Seçim deneyleri yöntemiyle çözüm aranacak problem kararlaştırılırken, eldeki veriler ve yöntemin kısıtlamaları dikkate alınmış ve erozyon kontrol projelerinin yarattığı tüm faydaların tek bir yöntem ve çözüm kapsamı içerisinde ele alınamayacağı görülmüştür. Bu nedenle Adana Çakıt Çayı Havzası Erozyon Kontrol Projesi'nin başlangıcından bugüne kadar havzada yarattığı tüm faydalar bu çalışma kapsamında hesaba katılamamış, projenin amaçları ve tüm erozyon kontrol çalışmalarının ortak özellikleri dikkate alınarak, aşağıdaki faydaların ele alınması kararlaştırılmıştır. Çalışmada değeri belirlenecek faydalar;

- Havzadaki *yerleşim alanları ve tarım alanlarında oluşacak sellerin azaltılması faydası,*
- Havzada *toprak erozyonunun önlenmesi faydası,*
- *Seyhan Barajı'nın ömrünün uzatılması faydası,*
- Havzada *kaliteli kaynak suyuna erişimin artırılması faydası*, şekilde belirlenmiştir.

Faydaların seviyelerinin belirlenmesi: Değeri belirlenecek olan faydaların seviyelerine ilişkin gerekli bilgiyi elde edebilmek için; AGM ve Devlet Su İşleri (DSİ) bünyesinde görev yapan doğal kaynak yöneticileriyle ve havzada çalışan uzman ve mühendislerle görüşülmüştür. Bu görüşmelerin yanı sıra, havza ile ilgili değişik yıllarda hazırlanmış raporlar incelenmiştir. Bu raporlardan fayda seviyelerini doğrudan öğrenmek mümkün olamamış, elde edilen bilgiler ve uzman görüşleri dikkate alınarak bazı hesaplamalar

yapmak zorunlu olmuştur. Fayda seviyeleri aşağıda açıklanan varsayım ve yaklaşımlara dayalı olarak belirlenmiştir:

1. Yerleşim alanları ve tarım alanlarında sel durumu: Yerleşim yerlerini ve tarım alanlarını tehdit eden sellerin sıklığı ile ilgili olarak "sel frekanslarının" ölçüt olarak alınmasına karar verilmiştir. DSİ'de görev yapan uzmanlarla yapılan görüşmelerden; uygulamada, yerleşim ve tarım alanları için herhangi bir koruyucu proje yapılmadığı durumlarda, *5 yılda* bir sel olayının yaşandığı, önlemlerle bu frekansın yaklaşık *55* ya da *105 yılda* bire düşürüleceğinin varsayıldığı anlaşılmıştır. Bir başka deyişle, erozyon kontrol çalışmalarının sel konusundaki faydalarını sel frekanslarının uzamasında görmek mümkündür. Bu nedenle sel frekanslarındaki değişim, yapılan erozyon kontrol çalışmalarının faydalarının bir göstergesi olarak alınmıştır.

2. Erozyon durumu: OGM Ağaçlandırma ve Silvikültür Dairesi tarafından hazırlanan "Adana Çakıt Çayı Erozyon Kontrolü Projesi" raporuna göre; Çakıt Çayı Havzası Projesi, yaklaşık 140 056 ha arazi yüzeyine yayılmakta ve bu alanda çeşitli şiddetlerde erozyon görülmektedir (Tablo / Table 1).

Tablo 1. Çakıt Çayı Havzası'nda erozyon durumu (OGM, 1988).
Table 1. The situation of erosion in the Çakıt Stream Basin (OGM, 1988).

Erozyon Durumu	**Kapladığı Alan (ha)**	**Genel Alana Oranı (%)**
Normal erozyon	29 180	20,8
Orta şiddetli erozyon	44 000	31,4
Şiddetli erozyon	54 284	38,8
Oyuntu erozyonu	4 800	3,4
Rusubat alanları, kayalık ve taşlık	7 792	5,6
Toplam	**140 056**	**% 100**

Havzanın genel erozyon durumu, yol açtığı zararların ciddiyeti ve hüküm sürdüğü alanın daha büyük olması nedeniyle "şiddetli erozyon" olarak kabul edilmiş ve Seçim Deneyleri Yönteminin gerektirdiği seviyeler buna göre belirlenmiştir. Bir başka deyişle, eğer proje yapılırsa, toplam alanın % 38, 8'inin (54 284 ha) şiddetli erozyondan korunmuş olacağı varsayılmıştır. Bu oran, seçim setlerinde % 40 seviyesi olarak alınmıştır. Böylece seçim setlerinde erozyonun önlenme oranları; projesiz durumda **% 0**, iki farklı proje seçeneğinde ise; *% 20* ve *% 40* olarak belirlenmiştir.

3. Baraj ömrü: DSİ (2008)'e göre; Seyhan Barajı'nın, 2005 yılı itibariyle 831 hm^3 su depoladığı bilinmektedir. Normal su kotundaki baraj hacmi ise 1238 hm^3 tür. 1986-2005 yılları arasında baraj gölüne gelen yıllık ortalama sediment miktarı 2,33 hm^3 olarak hesaplanmıştır. Raporda ayrıca, bu değerin yaklaşık 3 hm^3 olarak ele alınması durumunda, sediment miktarının önceki gözlemlere göre 2/3'ünün aktif hacimde, geriye kalan miktarın (407 hm^3) ise ölü hacimde biriktiği varsayılmıştır. Bu değerlendirmeler sonucunda, Seyhan Barajı'nın toplam ömrünün yaklaşık olarak 150 yıl olduğu kabul edilmektedir (DSİ, 2009).

Çakıt Havzasında yapılan ağaçlandırma projeleri seksenli yıllarda başlamış ve farklı yıllarda farklı düzeylerdeki uygulamalarla devam etmiştir. Bu nedenle, 1980 sonrası barajda sediment birikme düzeyi azalmıştır. 1966-2005 arası yılda ortalama 8,306 hm^3 düzeyinde baraj dolmuştur (DSİ, 2008). Oysa Çakıt Havzasında erozyon kontrol çalışmalarının başladığı ve devam ettiği 25 yıllık dönemde, Baraj sadece 52 hm^3 hacmi birikintiler nedeniyle kaybetmiştir (DSİ, 2008). Bir başka deyişle, bu dönemde yılda sadece ortalama 2,08 hm^3 (52/25) kayıp söz konusudur. Bu bulgulardan hareketle, havzanın tamamında erozyon önlendiğinde 1238 hm^3 hacmin dolması için 595 yıl (1 238 / 2,08) gerekeceği ortaya çıkmaktadır. Ancak seçim setlerinde bu sayı 450 yıl olarak alınmıştır. Buna göre seçim setlerinde yer alacak projesiz seçenekte baraj ömrü *50 yıl alınırken*, iki farklı proje seçeneğinde *250* ve *450 yıl* olarak belirlenmiştir.

4. Kaliteli kaynak suyuna erişim: Havzadan elde edilen suyun kalitesi hakkında net bir bilgi elde edilememiştir. Proje öncesi herhangi bir çalışma bulunmadığı için, kalite konuusnda proje sonrası bir

iyileşme olup olmadığına dair değerlendirme yapılamamıştır. Bu nedenle su kalitesine ilişkin seviyeleri belirlerken "suyun kalitesi artmıştır" demek yerine, "suyun arıtma maliyetleri azalmıştır" varsayımı yapılmıştır. "Suyun arıtma maliyetleri azalmıştır" varsayımı altında proje sonrasında arıtma maliyetlerinde % 90'lık bir azalma olacağı kabul edilmiştir. Ancak seçim deneyleri yönteminde, yıllık ödeme dışındaki faydalarda parasal anlamda bir ifadenin yer almasının sakıncalı olması, bu faydanın "*kaynak suyuna erişim yüzdesi*" olarak değiştirilmesini zorunlu kılmıştır. Böylece, hiç proje yapılmadan havzada kaynak suyuna erişimin *% 10* olduğu, ancak proje yapılması durumunda (farklı proje seçenekleriyle) bu sayının *% 50* ya da *% 90*'a çıkacağı varsayılmıştır.

5. Yıllık ödeme miktarı: Proje için ödemenin 5 yıl boyunca her yıl yapılacağı varsayılmıştır. Yıllık ödeme düzeyini belirlemek amacıyla, değer belirlemeye temel olan anketten ayrı, özel bir anket yapılmıştır. Yapılan anketin sonuçlarının aritmetik ortalaması alınmış ve yıllık ödeme miktarı *200 TL* olarak bulunmuştur. Belirli bir oran dahilinde artı-eksi değerleri alınarak, yıllık ödeme miktarları; *100, 200, 300* ve *400 TL* olarak belirlenmiştir. Bu ödeme miktarları, nihai seçim deneyleri anketi için oluşturulan yeni seçim setlerinde kullanılmıştır. Çalışmanın faydalarıyla ilgili yapılan bu varsayımlar ışığında seçim setlerinde yer alması zorunlu olan statüko seçeneği Tablo / Table 2'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 2. Statüko seçeneği
Table 2. The status quo option

Faydaların Tanımı	**En Ucuz Seçenek (Statüko)**
Yıllık Ödeme	0 TL
Bölgedeki yerleşim yerleri ve tarım alanları her .... yılda bir ciddi bir sel felaketiyle karşılaşacak	5 yıl
Yapılacak erozyon kontrol çalışmalarıyla bölgenin %...'i şiddetli toprak erozyonundan korunacak	% 0
Nehir üzerindeki ana barajın kapasitesi toprak erozyonu nedeniyle .... yıl sonra dolacak	50 yıl
İnsanlar kaynak suyuna %.. oranında erişebilecek	% 10

Çalışmada kullanılan faydalar, bunların tanımları ve her bir fayda için belirlenen seviyeler ise Tablo / Table 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan faydalar, tanımları ve seviyeleri
Table 3. The benefits, their definitions and their levels in the study

Faydalar	**Faydaların Tanımı**	**Seviyeler**
Sel riskinin önlenmesi	Bölgedeki yerleşim ve tarım alanları her …. yılda bir ciddi bir sel felaketi ile karşılaşacak	5 yıl, 55 yıl, 105 yıl
Toprak erozyonunu önleme	Bölgenin %….'si şiddetli toprak erozyonundan korunacak	% 0, % 20, % 40
Baraj ömrünün artması	Baraj ömrü….yıl olacak	50 yıl, 250 yıl, 450 yıl
Kaynak suyuna erişim yüzdesinin artması	İnsanlar kaynak suyuna %..oranında erişebilecek	% 10, % 50, % 90
Yıllık ödeme	Erozyon kontrolünün hane başına yıllık maliyeti	0 TL, 100 TL, 200 TL, 300 TL, 400 TL

Deneysel Tasarımın Seçilmesi: İlk olarak Ortogonal Tasarım (Orthogonal Design) yaklaşımıyla bir seçim seti oluşturulmuş ve 200 kişilik bir denek üzerinde uygulanmıştır. Bu tasarım oluşturulurken JMP 8 istatistik yazılımı kullanılmıştır. Ancak ilk analiz sonuçlarına göre anket formunun ve dolayısıyla da deneysel tasarımın değiştirilmesi gereği doğmuş ve yeni anket formundaki seçim setleri bu defa Bayes Etkin Tasarım (Bayesian Efficient Design) anlayışıyla oluşturulmuştur. Bu tasarım oluşturulurken bu tip deneysel serimler için kullanılan N-Gene (1.0) yazılımından yararlanılmıştır.

Şekil 1. Çalışmada kullanılan seçim setlerinden bir örnek
Figure 1. An example of the choice sets in the study

Seçim Setlerinin Oluşturulması: Çalışmada, yıllık ödeme ve 4 fayda (sel riski, toprak erozyonu, baraj ömrü, kaynak suyu) bulunmaktadır. Anketlerde Şekil / Figure 1'de örneği görülen, 16 adet seçim seti kullanılmıştır.

Anketlerin Hazırlanması: Seçim deneyleri anket formu; konuyu özetleyen bir giriş bölümü ile başlamaktadır. Bu bölümü çalışmaya konu edilen faydaların ve fayda seviyelerinin görsel malzemeler (seçim kartları, fotoğraflar) yardımıyla açıklandığı alt bölümler izlemekte ve faydalarla ilgili bilgilendirme, tutum soruları ile deneklerin sosyoekonomik özelliklerine (yaş, eğitim düzeyi, gelir durumu) ilişkin soruların yer aldığı alt bölümle tamamlanmaktadır.

Örnek Büyüklüğünün Belirlenmesi: Ana kütleyi ve anketlerin uygulanacağı örnek büyüklüğünü belirleme aşamasında Adana ve Niğde illerinin ilçe ve köy olarak farklı ortalama birey sayılarının bulunduğu görülmüştür. Bu nedenle, ilçe ve köylerin nüfusu bu sayılara bölünerek hane sayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan toplam hane sayısı çalışmanın ana kütlesini oluşturmaktadır. Anketlerin uygulanacağı örnek büyüklüğünü belirlerken, Formül 1 (Özer, 2004) kullanılmıştır:

$$n = \frac{N.p.q\ .Z^2}{(N-1).d^2+p.q.\ Z^2} \qquad (1)$$

Formül 1'de yer alan simgeler,

n: örnek büyüklüğü
N: Ana kütle büyüklüğü (175 048 hane)
p: Deneklerin ana kütleden olma olasılığı (0.5)
q: Deneklerin ana kütleden olmama olasılığı (0.5)
Z: % 95 güven katsayısı (1.96)
d: Hata payı (0.05) anlamındadır ve araştırmada kullanılan değerler, sembol açıklamalarının ardından parantez içerisinde gösterilmiştir. Nitekim, Formül 1'de sayılar yerine konulduğunda çalışmanın örnek büyüklüğü;

$$n = \frac{175\ 048 \text{ x } 0.5 \text{ x } 0.5 \text{ x } (1.96)^2}{(175\ 048-1)\text{x}(0.05)^2+0.5 \text{ x } 0.5\text{x } (1.96)^2} = 383$$ hane olarak bulunmuştur.

Daha önce SDY'yi kullanan uzmanların önerileri ve sosyal bilimlerde Çok Durumlu Logit Modellerle yapılan çalışmalar göz önüne alınarak örnek büyüklüğü, 300 hane olarak kabul edilmiştir. Hane başına bir denek ile görüşülmesi planlandığı için örnek büyüklüğünün 300 denek olduğu söylenebilir.

Her deneğe 16 seçim seti gösterilmiş ve her bir sette en çok tercih ettikleri seçeneği seçmeleri istenmiştir. Bununla birlikte, değeri belirlenmek istenen faydalarla ve deneklerin sosyo-ekonomik özellikleriyle ilgili sorular da yöneltilmiştir.

Modele İlişkin İstatistik Analizler ve Değer Tahmini: Anket verileri MS Excel programına girilmiş veLIMDEP 9 (Limited Dependent Variable Model) programında analiz edilmiştir. Çalışmada Çok Durumlu Logit Modele ilişkin tahminlerde bulunulmuştur. Bu tahminler çalışmanın 4. Bulgular başlığı altında ayrıntılı olarak verilmiştir.

Politika Analizi ya da Karar Destek Sistemleri için Sonuçların Yorumlanması: Çalışma verilerinin değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlar, bu sonuçlara ilişkin yorumlar ve SDY ile ilgili değerlendirmeler çalışmanın 5. Tartışma ve Sonuç başlığı altında açıklanmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Genel Bulgular

Deneklerin esasen değer tercihini etkileyebileceği düşünülen demografik ve sosyoekonomik özelliklerine ilişkin sorulara verdikleri cevapların frekansları ve yüzdeleri genel bulgular başlığı altında hesaplanmıştır. Ankete katılanların % 42'si kadın, % 58'i erkek denektir. Bununla birlikte deneklerin % 29'u yüksek öğrenim, % 19'u ise lise mezunudur. Bu durum aslında anket cevaplarının güvenilirliği açısından olumlu bir sonuçtur. Çünkü deneklerin neredeyse yarısı (% 48) yüksek öğrenim görmüş insanlardan oluşmaktadır. Deneklerin refah durumuna ilişkin bilgiler ise Tablo / Table 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Deneklerin yıllık gelirleri
Table 4. The annual incomes of the respondents.

Gelir Düzeyleri (TL/yıl)	Denek Sayısı	Toplamdaki Yüzdesi
7,800 TL'nin altında	43	% 14
7,800-12,000 TL	79	% 26
12,001-19,000 TL	50	% 17
19,001-25,000 TL	36	% 12
25,001-35,000 TL	47	% 16
35,000 TL üstü	45	% 15
Toplam	**300**	**%100**

Deneklerin 262'si (% 87), Çakıt Havzası'nda doğmuştur. Ayrıca 159'u (% 53) bölgedeki barajlara yakın, 141'i (% 47) ise uzak oturmaktadır. Bununla birlikte; deneklerin 107'si (% 36) sel felaketi yaşamış, 193'ü (% 64) ise hiç yaşamamıştır. Sel felaketi yaşamış deneklerin 48'i 1 defa, 40'ı 2 defa, 5'i 3 defa, 3'ü 4 defa, 5'i 5 defa, 3'ü de 10 defa sel felaketi yaşamıştır. Deneklere içme suyu kaynaklarının ne olduğuna ilişkin kapalı uçlu soru yöneltildiğinde; % 47'lik bir yüzdeyle barajlardan sağlanan şehir şebeke suyu sisteminden, % 41'lik bir payla da kaynak sularından yararlandıkları görülmüştür. Deneklerin Çakıt Havzasındaki erozyon kontrolü ile ilgileri kapalı uçlu olarak sorulduğunda, % 33'ünün hiç ilgili olmadıkları, % 20'sinin ise çok ilgili olduğu ortaya çıkmıştır.

Deneklerin seçimlerini yaparken en fazla neyi dikkate aldıkları sorulduğunda, 118 denek toprak erozyonu, 101 denek kaliteli kaynak suyu, 45 denek seller, 18 denek yıllık ödeme, 15 denek baraj ömrü ve 3 denek de yapılacak projenin süresini dikkate aldıklarını belirtmiştir (Tablo / Table 5).

Tablo 5. Deneklerin en çok dikkate aldıkları faydalar
Table 5. The most highly regarded benefits as per the survey respondents

Faydalar	Denek Sayısı	Toplamdaki Yüzdesi
Toprak erozyonu	118	%39
Kaliteli kaynak suyu	101	%34
Seller	45	% 15
Yıllık ödeme	18	% 6
Baraj ömrü	15	% 5
20 yıl	3	%1
Toplam	**300**	**% 100**

249 denek, seçim setlerinde sunulan Seçenek 1 veya Seçenek 2 şeklinde tanımlanmış, erozyon kontrolünün yapılacağı projeli seçeneklerden birini tercih etmişlerdir. 51 denek ise statükoyu bir başka değişle, herhangi bir erozyon kontrol çalışması istemeyen projesiz seçeneği seçmiştir. Deneklerin 224'ü (% 75) seçim setleriyle ilgili soruları cevaplarken gelirlerini hesaba kattığını, 76'sı (% 25) ise gelirini hesaba katmadığını söylemiştir. Bu durum çalışmanın güvenilirliği açısından önemlidir. Çünkü rasyonel bir insan bu türden sorulara yanıt verirken gelirini düşünen kişidir.

4.2 Değer Belirleme Modellerine İlişkin Bulgular

Anketlerle elde edilen verileri analiz ederken 5 farklı Çok Durumlu Logit Model denenerek farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu modeller arasından istatistiki anlamda en iyi sonucu veren ve değişkenler arasındaki ilişkiyi en iyi açıklayan model seçilmiştir. Seçilen modelde; bağımlı değişken; seçim (choice); bağımsız değişkenler ise; yıllık ödeme ($\beta_{1PAYMENT}$), sel riski ($\beta_{2FLOODR}$), erozyon kontrolü ($\beta_{3EROSION}$), baraj ömrü (β_{4DAM}), kaliteli içme suyu ($\beta_{5WATERQ}$), yaş ($\beta_{6A0*LNAGE1}$), gelir ($\beta_{7A0*INCOME1}$), çocuk sahibi olup olmama ($\beta_{8A0*HCHILDRE1}$), eğitim ($\beta_{9A0*EDUC1}$) hane halkı birey sayısı ($\beta_{10A0*HOUSEHOLD1}$), deneklerin erozyon sorunuyla ilgileri ($\beta_{11A0*PEROSION1}$), orman kelimesini duyduklarında akıllarına ilk gelen kelimelerden su ($\beta_{13A0*FWWATER1}$)ve karbon ($\beta_{14A0*FWCARBON1}$) kelimesi, daha önce sel felaketi yaşayıp yaşamadıkları ($\beta_{15A0*EXPFLOO1}$) ve A_0 ve A_1 model değişkenleriyle etkileşimli sabit terimlerdir. Bağımsız değişkenler, yapılan anketlerde seçim setleri dışında deneklere sorulan açık ve kapalı uçlu sorulara verilen cevapların sonuçlarını göstermektedir. Modeldeki ε ise verilerin tesadüfi değişimlerini gösteren hata terimi olarak ifade edilmektedir (Formül 2).

$$CHOICE=A_0+A_1+\beta_{1PAYMENT}+\beta_{2FLOODR}+\beta_{3EROSION}+\beta_{4DAM}+\beta_{5WATERQ}+\beta_{6A0*LNAGE1}+\beta_{7A0*INCOME1}+\beta_{8A0*HCHILDRE1}+\beta_{9A0*EDUC1}+\beta_{10A0*HOUSEHOLD1}+\beta_{11A0*PEROSION1}+\beta_{12A0*FWS1}+\beta_{13A0*FWWATER1}+\beta_{14A0*FWCARBON1}+\beta_{15A0*EXPFLOO1}+\beta_{16A1*LNAGE2}+\beta_{17A1*INCOME2}+\beta_{18A1*HCHILDRE2}+\beta_{19A1*EDUC2}+\beta_{20A1*HOUSEHOLD2}+\beta_{21A1*PEROSION2}+\beta_{22A1*FWS2}+\beta_{23A1*FWWIND2}+\beta_{24A1*FWC2}+\beta_{25A1*EXPERIENCE}+\varepsilon \quad (2)$$

Tablo 6. Model analiz sonuçları
Table 6. The analysis results of the model

Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	Z	Prob [|Z| > z]
PAYMENT	**-.00443*** **	.00022	-20.49	.0000
FLOODR	**.00511*** **	.00134	3.82	.0001
EROSION	**.01961*** **	.00263	7.46	.0000
DAM	**-.00109*** **	.00024	-4.51	.0000
WATERQ	**.00942*** **	.00127	7.39	.0000
A_A0	-7.97003***	2.18882	-3.64	.0000
A_A1	-1.27161**	.61924	-2.05	.0400
A0_LNA1	2.97511***	.62083	4.79	.0000
A0_INC1	-2.07629***	.15243	-13.62	.0000
A0_HCH1	-.50721	.38637	1.31	.1893
A0_EDU1	-.1723**	.07297	-2.36	.0182
A0_HOU1	.20814**	.10087	2.06	.0391
A0_PER1	-.59928**	.26239	2.28	.0224
A0_FWS1	-30.2385	.1050D+07	.00	10000
A0_FWW1	-.52948	.37451	-1.41	.1574
A0_FWC1	-2.73761***	.30531	-8.97	.0000
A0_EXP1	-2.10392***	.22211	-9.47	.0000
A1_LNA2	.31019*	.16962	1.83	.0674
A1_INC2	-.01709	.02275	-.75	.4525
A1_UND	2.06833	.09338	.73	.4644
A1_HCH2	-.17083	.12566	-1.36	.1740
A1_EDU2	-.05463**	.02779	1.97	.0493
A1_HOU2	.00301	.02907	-.10	.9174
A1_PER2	-.00027	.09595	.00	.9977
A1_FWS2	.22639	.13900	1.63	.1034
A1_FWW2	-.14265	.13478	-1.06	.2899
A1_FWC2	.05891	.08736	.67	.5001
A1_EXP2	.05074*	.02916	1.74	.0818

***, **, * ==> Önem Düzeyleri 1%, %5, %10

Tablo / Table 6'dan izlenebildiği gibi, modelin analiz sonuçlarına göre; yıllık ödeme ve baraj ömrü değişkenlerinin katsayıları negatif işaretli ve anlamlı, sel riskinin azaltılması, toprak erozyonunun önlenmesi ve kaliteli kaynak suyuna erişim yüzdesinin arttırılması değişkenlerinin katsayıları ise pozitif ve anlamlı çıkmıştır. Yıllık ödeme değişkeni katsayısı da yine negatif işaretlidir. Bu beklenen bir durumdur, çünkü yüksek maliyet deneklerin arzu ettiği fayda düzeyini indirgeyecektir. Baraj ömrünün uzatılmasıyla ilgili değişkenin katsayısının negatif işaretli çıkması, deneklerin baraj ömrünün arttırılması değişkeni ile beklenen fayda düzeyi arasında ters yönlü ilişki kurduklarını göstermektedir. Deneklere göre katsayı işareti pozitif olan üç değişken ile arzu edilen fayda arasında aynı yönlü ilişki bulunmaktadır.

4.3 Ödeme Eğilimi Bulguları

4.3.1 Marjinal Ödeme Eğilimlerine Ait Bulgular

Ödeme eğilimi bulguları; çalışmanın bağımlı ve bağımsız değişkenleriyle kurulan farklı modeller arasından en uygun olanının seçilerek, katsayıların oranlanması şeklinde elde edilmiştir. En uygun model belirlendikten sonra deneklerin her bir fayda için marjinal ödeme eğilimlerinin hesaplanması aşamasına geçilmiştir. Marjinal ödeme eğilimi; ilgilenilen faydadaki bir birim iyileşmeye karşılık, bireylerin ödemeye razı oldukları düzeyi ifade etmektedir.

Tablo / Table 6'daki katsayılar dikkate alınarak bir faydadaki değişim için, deneklerin marjinal ödeme eğilimleri diğer bir deyişle gölge fiyatlar, Formül 3 yardımıyla hesaplanmıştır. Marjinal ödeme eğilim değerleri, deneklerin seçim setinde yer alan faydalara verdikleri önemleri anlamaya yardımcı olmaktadır (Colombo ve ark., 2005).

$$\text{Marjinal Ödeme Eğilimi (Gölge Fiyatı)} = -\left(\beta_{\text{fayda}}/\beta_{\text{yıllık ödeme}}\right) \qquad (3)$$

4.3.1.1 Sel Riskinin Azaltılması için Marjinal Ödeme Eğilimi

Sel riskinin azaltılmasının marjinal ödeme eğilimi; sel riskini önleme faydasının katsayısının, yıllık ödeme katsayısına oranlanmasıyla elde edilmektedir (Tablo / Table 7).

$$\text{Marjinal Ödeme Eğilimi}_{FLOODR} = -\left(\beta_{\text{sel riski}}/\beta_{\text{yıllık ödeme}}\right) = -(0.00511)/(-0.00443) = 1{,}1534 \text{ TL/yıl.}$$

Buna göre; havzadaki selleri 1 yıl ertelemek için hane başına ödeme eğilimi 1,1534 TL'dir. Selleri 55 ve 105 yıl ertelemek için hane başına ödeme eğilimi ise Tablo / Table 7'nin, ikinci ve üçüncü satırlarında sırasıyla 55 x 1,15 = 63,25 TL/yıl ve 105 x 1,15 = 120,75 TL/yıl olarak hesaplanmıştır.

Aynı şekilde ödeme eğilimi toplum için de hesaplanmıştır. Çakıt Çayı Erozyon Kontrol Projesinin hizmet ettiği toplam hane sayısı 175 048 adet olarak kabul edilmiştir. Bu durumda toplumun ödeme eğilimi: selleri 55 yıl ertelemek için 63 x 175 048= 11 028 024 TL, selleri 105 yıl ertelemek için 121 x 175 048= 21 180 808 TL olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 7).

Tablo 7. Sel riskinin ertelenmesi için ödeme eğilimleri
Table 7. The willingness to pays for postpone flood risk

Seviyeler	Hane başına ödeme eğilimi (TL/yıl)	Toplumun ödeme eğilimi (TL/yıl)
Selleri 1 yıl ertelemenin	-(0.00511) / (-0.00443) = 1,1534	1,15 x 175 048 = 201 305
Selleri 55 yıl ertelemenin	55 x 1,15 = 63,25	63 x 175 048 = 11 028 024
Selleri 105 yıl ertelemenin	105 x 1,15 =121	121 x 175 048 = 21 180 808

4.3.1.2 Toprak Erozyonunun Önlenmesi için Marjinal Ödeme Eğilimi

Toprak erozyonunun önlenmesi için ödeme eğilimi erozyonu önleme faydasının katsayısının, yıllık ödeme katsayısına oranlanmasıyla elde edilmiştir (Tablo / Table 8).

Marjinal Ödeme Eğilimi$_{EROSION}$ = $-(\beta_{erozyon}/\beta_{yıllık\ ödeme})$ = -(0.01961)/(-0.00443) = 4,426 TL/yıl.

Havzada toprak erozyonunu % 1, % 20 ve % 40 önlemenin hane başına ve toplum için ödeme eğilimleri hesaplanmış ve Tablo / Table 8'de ayrı ayrı gösterilmiştir.

Tablo 8. Toprak erozyonunun önlenmesi için ödeme eğilimleri
Table 8. The willingness to pays for prevention soil erosion

Seviyeler	Hane başına ödeme eğilimi (TL/yıl)	Toplumun ödeme eğilimi (TL/yıl)
Toprak erozyonunu %1 önlemenin	-(0.01961)/(-0.00443) = 4,43	4,43 x 175 048 = 775 463
Toprak erozyonunu % 20 önlemenin	20 x 4,43 = 89	89 x 175 048 = 15 579 272
Toprak erozyonunu % 40 önlemenin	40 x 4,43= 177	177 x 175 048 = 30 983 496

4.3.1.3 Baraj Ömrünün Artırılması için Marjinal Ödeme Eğilimi

Baraj ömrünün artırılması için ödeme eğilimi ise; baraj ömrünün artırılması faydasının katsayısının, yıllık ödeme katsayısına oranıdır. Bu kapsamda;

Marjinal Ödeme Eğilimi$_{DAM}$ = $-(\beta_{baraj\ ömrü}/\beta_{yıllık\ ödeme})$ = -(-0.00109)/(-0.00443) = -0,246 TL/yıl şeklinde ve negatif olarak hesaplanmıştır. Baraj ömrünü, 1 yıl, 250 yıl ve 450 yıl artırmaya hanelerin oluşturduğu toplumun ödeme eğilimleri ise, Tablo / Table 9'da gösterildiği gibi bulunmuştur.

Tablo 9. Baraj ömrünün artırılması için ödeme eğilimleri
Table 9. The willingness to pays for increasing the dam life

Seviyeler	Hane başına ödeme eğilimi (TL/yıl)	Toplumun ödeme eğilimi (TL/yıl)
Baraj ömrünü 1 yıl artırmanın	-(-0.00109)/(-0.00443)= -0,25	(-0,25) x 175 048 = -43 762
Baraj ömrünü 250 yıl artırmanın	250 x (-0,25) = -63	(-63) x 175 048= -11 028 024
Baraj ömrünü 450 yıl artırmanın	450 x (-0,25)= -113	(-113) x 175 048= -19 780 424

4.3.1.4 Kaliteli Kaynak Suyuna Erişimin Artırılması için Marjinal Ödeme Eğilimi

Kaliteli kaynak suyuna erişimin artırılması için ödeme eğilimi; kaliteli kaynak suyuna erişimin artırılması faydasının katsayısının, yıllık ödeme katsayısına oranlanmasıyla elde edilmiştir.

Marjinal Ödeme Eğilimi$_{WATERQ}$ = $-(\beta_{kaliteli\ kaynak\ suyu}/\beta_{yıllık\ ödeme})$ = -(0.00942)/(-0.00443) = 2,126 TL/yıl olarak bulunmuştur. Kaynak suyuna erişimi, % 1'den sırasıyla % 10 % 50 ve % 90 düzeyine çıkarmaya yönelik hane başı ve toplum ölçeğinde marjinal ödeme eğilimleri ayrı ayrı hesaplanarak Tablo / Table 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10. Kaynak suyuna erişimin artırılması için ödeme eğilimleri
Table 10. The willingness to pays for increasing access to spring water

Seviyeler	Hane başına ödeme eğilimi (TL/yıl)	Toplumun ödeme eğilimi (TL/yıl)
Kaynak suyuna erişimi % 1 artırmanın	-(0.00942)/(-0.00443) = 2,13	2,13 x 175 048 = 372 852
Kaynak suyuna erişimi % 50 artırmanın	50 x 2,13= 107	107 x 175 048= 18 730 136
Kaynak suyuna erişimi % 90 artırmanın	90 x 2,13= 192	192 x 175 048= 33 609 216

4.3.2 Toplam Fayda Tahminleri

Havzada yaratılacak toplam fayda; statüko ve statüko dışındaki iki proje seçeneği için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda daha önce 4.3.1. Marjinal Ödeme Eğilimlerine ait Bulgular başlığı altında hesaplanan hane başı ve toplumun (toplam hane sayısı) ödeme eğilimleri temel alınmıştır. Buna göre çalışmada verilen iki farklı proje seçeneği için toplam faydalar ayrı ayrı hesaplanmış ve Tablo / Table 11'de gösterilmiştir.

Tablo 11. Üç proje seçeneği için toplam fayda değerleri
Table 11. The total values for three project options

Statüko Seçeneği için		1.Proje Seçeneği için		2.Proje Seçeneği için	
Hane başına toplam fayda	Toplumun toplam faydası	Hane başına toplam fayda	Toplumun toplam faydası	Hane başına toplam fayda	Toplumun toplamfaydası
14	2 415 662	196	34 309 408	377	65 993 096

Tablo / Table 11'in "1. Proje Seçeneği için" ortak başlığı altında; havzada selleri 55 yıl erteleyecek, toprak erozyonunu % 20 önleyecek, baraj ömrünü 250 yıl ve kaliteli kaynak suyuna erişim yüzdesini % 50'ye çıkaracak erozyon kontrol çalışmalarının hane başına ve toplum düzeyinde değerlerine yönelik hesaplama sonuçları görülmektedir. Bu nedenle, araştırma kapsamına alınan dört fayda için hane başına belirlenen toplam fayda;

TOPLAM FAYDA (1_{hane}) = Sel riskinin 55 yıl ertelenmesi için toplumun ödeme eğilimi + toprak erozyonunun % 20 önlenmesi için toplumun ödeme eğilimi + baraj ömrünün 250 yıla çıkarılması için toplumun ödeme eğilimi + kaliteli kaynak suyuna erişim yüzdesinin % 50'ye çıkarılması için hane başına ödeme eğilimi denkliği kullanılarak,

TOPLAM FAYDA (1_{hane}) = 63 + 89 + (-63) + 107 = 196 TL/hane şeklinde bulunmuştur.

Benzer şekilde 1. Proje seçeneğinin uygulanmasına yönelik toplumun toplam faydası, bu defa topluma yönelik değerler kullanılarak;

TOPLAM FAYDA (1_{toplum}) = 11 028 024 + 15 579 272 + (-11 028 024) + 18 730 136
= 34 309 408 TL şeklinde hesaplanmıştır.

Bilindiği gibi, 2. Proje Seçeneği havzada selleri 105 yıl erteleyecek, toprak erozyonunu % 40 önleyecek, baraj ömrünü 450 yıla çıkaracak ve kaliteli kaynak suyuna erişim yüzdesini % 90'a yükseltecek bir erozyon kontrol projesini ifade etmektedir. Bu proje seçeneğinin hane başı toplam faydası;

TOPLAM FAYDA (2_{hane}) = Sel riskinin 105 yıl ertelenmesi için toplumun ödeme eğilimi + toprak erozyonunun % 40 önlenmesi için toplumun ödeme eğilimi + baraj ömrünün 450 yıla çıkarılması için

toplumun ödeme eğilimi + kaliteli kaynak suyuna erişim yüzdesinin % 90'a çıkarılması için hane başına ödeme eğilimi denkliği aracılığıyla,

TOPLAM FAYDA (2_{hane}) = 121 + 177 + (-113) + 192 = 377 TL/hane olarak bulunmuştur.

2.Proje seçeneği için toplumun toplam faydası ise;

TOPLAM FAYDA (2_{toplum}) = 21 180 808 + 30 983 496 + (-19 780 424) + 33 609 216
= 65 993 096 TL olarak hesaplanmıştır.

Bununla birlikte, statüko seçeneğinde, bireyler ödeme yapmasalar dahi bir miktar fayda elde etmektedir. Projeli seçeneklerin faydalarının dışında, statüko seçeneğinin faydasının da hesaplanması, projeli ve projesiz seçenekler arasındaki farkı görmek açısından önemlidir. Statüko seçeneği için; Havzada sellerin 5 yıl ertelenmesi, toprak erozyonunu % 0 önlenmesi, baraj ömrünün 50 yıl olması ve kaliteli kaynak suyuna erişim yüzdesinin % 10 olmasından doğan hane başına toplam fayda;

TOPLAM FAYDA (0_{hane}) = Sel riskinin 5 yıl ertelenmesi için toplumun ödeme eğilimi + toprak erozyonunun % 0 önlenmesi için toplumun ödeme eğilimi + baraj ömrünün 50 yıl olması için toplumun ödeme eğilimi + kaliteli kaynak suyuna erişim yüzdesinin % 10 olması için hane başına ödeme eğilimi denkliği kullanılarak;

TOPLAM FAYDA (0_{hane}) = 6 + 0 + (-13) + 21 = 14 TL olarak bulunmuştur.

Statüko seçeneği için toplumun toplam faydası ise:

TOPLAM FAYDA (0_{toplum}) = 1 015 278 + 0 + (-2 275 624) + 3 676 008= 2 415 662 TL olarak hesaplanmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye'de son yıllarda orman kaynakları yönetiminde değer belirleme konusuna daha fazla önem veriliyor olmasına rağmen yapılan çalışmaların yetersizliği dikkati çekmektedir. Orman ekosistemlerine ilişkin envanter eksikliği, bazı faydaların ve ilişkili değişkenlerin yeterince tanımlanamamış olması, geçmişe dönük veri kayıtlarının olmaması ya da elde edilmiş veriyi analiz etmede kullanılacak ekonometrik yöntemler konusundaki deneyim azlığı araştırma yetersizliklerinin nedenleri arasındadır. Bugüne kadar yapılan çalışmaların çoğu akademik merakla yapılmıştır. Ancak, değer belirleme sorunu sadece akademik bir merak olarak kalmamalı, kaynakların etkin yönetimi ve planlanması noktasında işlerlik kazanmalıdır.

Çalışmada bu amaçla erozyon kontrolünün yarattığı sel riskini azaltma, toprak erozyonunu önleme, baraj ömrünü uzatma ve kaliteli kaynak suyuna erişimi artırma faydaları için hane başına ve toplumun ödeme eğilimleri, diğer bir deyişle bu faydaların değerleri hesaplanmıştır. Sellerin ertelenmesi, toprak erozyonunun önlenmesi ve kaynak suyuna erişim yüzdesinin artırılması faydalarına ait gölge fiyatların (sırası ile 1,15TL/hane; 4,43TL/hane; 2,13TL/hane) pozitif işaretli çıkması, toplumun bu faydalarla ilgili iyileştirici projelere için ödeme isteğinde olduklarını gösterirken, baraj ömrünün uzatılması faydasının gölge fiyatının (-0,25TL/hane) negatif işaretli çıkması, toplumun bu fayda için ödeme isteğinde olmadığı anlamına gelmektedir.

Hesaplanan bu değerler, söz konusu havzada yaşayan insanların, "toprak erozyonunun önlenmesi" ve "kaliteli kaynak suyuna erişimin arttırılması" faydalarına daha çok ödeme isteğinde bulunduklarını göstermiştir. Bu sonuç aslında deneklere sorulan "En çok tercih ettiğiniz seçeneği seçerken, hangisini daha çok önemsediniz?" sorusunun cevap yüzdelerinden de belli olmuştur. 118 denek (% 39) toprak erozyonu derken, 101 denek (% 34) kaliteli kaynak suyu cevabını vermiştir. Sel riskinin azaltılması niteliği ise, denekler arasında % 15'lik bir payla önemsenmiştir. Bugün için artık havzada sellerin büyük ölçüde önlenmiş olması ve deneklerin büyük çoğunluğunun daha önce sel felaketi yaşamamış olması gibi nedenlerle deneklerin selleri bir tehdit olarak görmedikleri sonucuna varılabilir. Bununla birlikte

katsayılarının pozitif olması nedeniyle, anılan bu faydaların toplam faydayı olumlu yönde etkiledikleri söylenebilir. Buna karşın, baraj ömrünü uzatma faydası ile ilgili olarak bireylerin ödeme yapma isteği negatif çıkmıştır. Bu durum, deneklerin seçim yaparken baraj ömrünün uzatılması faydasını az önemsedikleri anlamına gelmektedir. Deneklerin sadece % 5'i'nin baraj ömrünü dikkate alarak tercihlerde bulunması bunu doğrulamaktadır.

Çalışmanın sonuçlarının aynı yöntem kullanılmış olsa bile başka havza ya da ülkelerde yapılan çalışmaların sonuçlarıyla kıyaslanması pek de sağlıklı sonuçlar vermeyecektir. Bununla birlikte, bir projede bugün yaratılan faydanın yarın farklılaşacağı da çok açıktır. Zaman değişkeni ile birlikte, sosyo-ekonomik değişkenlerin, toplumun beklentilerinin ve ulaşılmak istenen amacın farklılaşmasıyla aynı havza için bile yapılmış olsa, bir projenin yaratacağı sonuçlar zamanla değişecektir. Bu nedenle Çakıt Çayı Havzası Erozyon Kontrol Projesi'nin bugün yarattığı değerlerin zamanla değişebileceği bir gerçektir.

SDY, bir politika, program veya projeyi oluşturan birçok niteliğin değerini belirleme yeteneğine sahiptir. Böylece karar verme süreçlerinde etkili bir araç olarak kullanılabilmektedir. Bununla birlikte, uygulanması sırasında deneklere seçme şansı tanıması yöntemin üstünlükleri arasında yer almaktadır. SDY'nin üstünlüklerinin yanı sıra, uygulamada birçok kısıtının bulunduğu da bir gerçektir. Yöntemin; ön testler, pilot çalışmalar ve anketler nedeniyle pahalı bir yöntem olduğu da bilinmektedir. Bununla birlikte, faydaların ve bilhassa da fayda seviyelerinin belirlenmesi konusunda veri toplanması büyük bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Türkiye'de ormanların işlev değerlerinin belirlenmesi ile ilgili yapılacak bir çalışmada veri eksikliğinin ne derece sorun olacağını tahmin etmek hiç de zor değildir. Nitekim çalışmanın fayda seviyelerinin belirlenmesi aşamasında aynı zorluklarla karşılaşılmıştır.

Veri eksikliğinin yanında, orman teşkilatı ve katılımcı kitlesiyle anket çalışmaları gerçekleştirilirken de bazı zorluklar yaşanmıştır. Gerek Orman Teşkilatı, gerekse havzada yaşayan halk, çoğu zaman anketleri cevaplarlarken önyargılı davranmışlardır. Yöntem gereği anketler boyunca anketör, tutarlı sonuçlara ulaşmak için, proje seçeneklerinin gerçekten uygulanacağını ve bu nedenle de deneklerin ödeme yapmak zorunda olduklarını vurgulamıştır. Bunun üzerine bir grup denek (yaklaşık 20 kişi), ödeme yapmak zorunda kalacaklarını düşünerek anketleri cevaplamaktan vazgeçmişlerdir.
Türkiye'de SDY'nin uygulamadaki kısıtlarını aşmak üzere aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir;

- Toplumun ve kaynak yöneticilerinin değer belirleme çalışmalarının önemini kavramalarını sağlamak ve yapılacak çalışmalarda bizzat katılımcı olarak yer almaları konusunda teşvik etmek,
- Değer belirleme çalışmalarının yapılabilmesi için gerekli bilimsel, kurumsal, hukuki ve iktisadi alt yapıyı oluşturmak,
- Kaynak değerleriyle ilgili veri eksikliğini gidermek üzere kolayca ulaşılabilir bir veri tabanı oluşturmak,
- Yöntemler uygulanırken yaşanan istatistiksel ve ekonometrik analiz yapma zorluğunu gidermek üzere, uzman araştırmacılar yetiştirmek.

SDY, uygulama noktasında karşılaşılan kısıtlar aşıldığı takdirde, erozyon kontrolü çalışmalarında değer belirleme amaçlı kullanılmaya oldukça uygun bir yöntemdir. Yöntem özellikle, ormancılıkla ilgili politika, program ve proje alternatiflerinin değerlendirilmesi açısından da faydalıdır. Ayrıca bir kaynakta çevresel bir değişim oluşmadan önce ve/veya oluştuktan sonra kullanıcıya değer belirleme olanağı sağladığı ve kaynaktan yararlananların beklentileriyle ve kaynağın faydalarına atfettikleri önemle ilgili kaynak yöneticisine diğer yöntemlere nazaran daha fazla bilgi sunduğu için, kaynak planlamasında yararlı bir araç olarak kabul edilmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışma, İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği'nin 3659 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Bu çalışma, İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ormancılık Ekonomisi Doktora Programında, Prof. Dr. Kenan Ok danışmanlığında, Deniz (2012) tarafından hazırlanmış aynı adlı Doktora Tez çalışmasının özetidir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Adamowicz, W., Louviere, J., Swait, J., 1998. Introduction to Attribute-Based Stated Choice Methods, Resource Valuation Branch Damage Assesment Center, NOAA- National Oceanic and Atmospheric Administration, Final Report.

AGM, 2007. Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı (2008-2012), T. C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

AGM, 2009. Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü Müdürlüğü Resmi Web Sitesi, [online], http://www.agm.gov.tr [Ziyaret Tarihi: 07.03.2009].

Balcı, N., 1996. Toprak Koruması, İ. Ü. Yayın No: 394, Orman Fakültesi Yayın No: 439, ISBN: 975-404-423-6, İstanbul.

Bateman, I.J., Carson, R.T., Day, B., Hanemann, M., Hanley, N., Hett, T., Lee, M.J., Loomes, Mourato, S., Özdemiroğlu, E., Pearce, D.W., Sugden, R., Swanson, J., 2002. Economic Valuation with Stated Preference Techniques, Edward Elgar Publishing, USA.

Bekiroğlu, S., 1998. Arazi ve Orman Değerinin Saptanması Konusunda Araştırmalar (Ayvalık Örneği), Doktora Tezi (Yayınlanmamış), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bennett, J., Blamey, R., 2001. The Choice Modelling Approach to Environmental Valuation, Edward Elgar Publishing, ISBN: 1 84064 304, USA.

Brown, C. T., Bergstrom, C.J., Loomis B. J. 2005. Defining, Valuing, and Providing Ecosystem Goods and Services.

Colombo, S., Hanley, N., Calatrava-Requena, J., 2005. Designing policy for reducing the off-farm effects of soil erosion using choice experiments. *Journal of Agricultural Economics* 56(1): 81-95.

Deniz, T., 2006. Çevresel Muhasebe ve Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Deniz, T., 2012. Erozyon Kontrolü Çalışmalarında Değer Analizi. Doktora Tezi (Yayınlanmamış), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

DSİ, 2008. Adana-Pozantı-Çakıt Çayı Belemedik Heyelan Islahına Ait Yukarı Havza Planlama Raporu, Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü VI. Bölge Müdürlüğü, Adana.

DSİ, 2009. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2008 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, [online], http://www.dsi.gov.tr, (Ziyaret Tarihi: 21.07.2010).

Fırat, F., 1971. *Ormancılık İşletme İktisadı*. İ.Ü. Yayın No: 1541, O. F. Yayın No: 156, 336 sayfa, İstanbul.

Georgiou, S., Whittington, D., Pearce, D., Moran, D., 1997. Economic Values and the Environment in the Developing World, Edward Elgar Publishing, ISBN: 1-85898-500-5, UK.

Görcelioğlu, E., 2003. *Sel ve Çığ Kontrolü*. İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No: 4415, O. F. Yayın No: 473, ISBN: 975-404-688-3, İstanbul.

Hanley, N., Wright, R.E., Alvarez-Farizo, B., 2006. Estimating the Economic Value of Improvements in River Ecology Using Choice Experiments: An Application to th Water Framework Directive, *Journal of Environmental Management* 78: 183-193.

Holmes, T.P., Adamowicz, W.L., 2003, Attribute-Based Methods, *A Primer on Non-market Valuation*, Chapter 6, 171-219, Kluwer Academic Publishers, ISBN: 0-7923-6498-8, Netherlands.

Kahn, J.R., 1998. The Economic Approach to Environmental and Natural Resources, Second Edition, ISBN: 0-03-024511-7 .

Kaya, G., 1998, Orman Kaynaklarının Değerlerinin Belirlenmesi. Çevre Ekonomisi ve Politikası'98, Uluslararası Çevre Ekonomisi ve Politikası Konferansı, 18-19 Nisan 1998, İstanbul, S.O.S Yayınları, 78-92.

Kaya, G., 2002. Pazarı Olmayan Ürünler Çerçevesinde Orman Kaynaklarının Değerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi (Yayınlanmamış), İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kaya, G., 2007. Orman Kaynaklarının Ürettiği Pazar Dışı Faydaların Ekonomik Değerinin İşlevsel Kaynak Yönetimine Entegrasyonunu Engelleyen Darboğazlar. Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 17-19 Ekim, İstanbul.

Kural, S., 1997. Havza Yönetimi ve Çakıt Projesi Örneğinde Uygulamaların İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.

LIMDEP. 2009. LIMDEP 9, Econometric Software, Inc.

Louviere, J.J., Hensher, D.A., 1982. Analysis of simulated choice or allocation experiments in travel choice modelling. *Transportation Research Record* 890: 11-17.

Louviere, J.J., Woodworth, G., 1983. On the design and analysis of simulated choice or allocation experiments in travel choice modelling". *Journal of Marketing Research* 20: 350-67.

Mogas, J., Riera, P., Bennett, J., 2005. Accounting for afforestation externalities: a comparison of contingent valuation and choice modelling. *European Environment* 15: 44-58.

N-GENE, 2010. N-Gene 1.0, ChoiceMetrics Pty Ltd.

OGM, 1988. Adana Çakıt Çayı Erozyon Kontrolu Projesi. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Ağaçlandırma ve Silvikültür Dairesi, Orman Genel Müdürlüğü Büyük Uygulama Projeleri, No: 2, Ankara.

Othman, J., Bennett, J., Blamey, R., 2004. Environmental values and resource management options: a choice modelling experience in Malaysia. *Environment and Development Economics* 9: 803-824, Cambridge University Press, DOI: 10.1017/S1355770X040001718, UK.

Özer, H., 2004. Nitel Değişkenli Ekonometrik Modeller: Teori ve Bir Uygulama, Nobel Yayın Evi No: 667, İktisat Yayınları Dizi No: 83, ISBN: 975-591-651-2, Ankara.

Pearce, D.W., Turner, R.K., 1990. *Economics of Natural Resources and the Environment.* Harvester Wheatsheaf Press, New York.

Pearce, D., Özdemiroğlu, E., 2002. Economic Valuation with Stated Preference Techniques. Summary Guide. Department for Transport, Local Government and the Regions: London.

Rolfe, J., Bennett, J., 1996. Valuing International Rainforests: A Choice Modeling Approach, Vanuatu Forest Conservation Research Report No. 12, University College, University of New South Wales, Canberra.

Rolfe, J., Bennett, J., Louviere, J., 2000. Choice modelling and its potential application to tropical rainforest preservation. *Ecological Economics* 35: 289-302.

TDK, 2011. Türk Dil Kurumu Resmi Web Sitesi, [online], http://www.tdk.org.tr, (Ziyaret Tarihi: 16.05.2011).

Türker, M. F., 2008. *Ormancılık İşletme Ekonomisi*. I. Baskı, 255 sayfa, Derya Kitabevi, ISBN: 978-605-60295-0-9, Trabzon.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257

Online available at
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.18731

Research Article / Araştırma Makalesi

Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi

Şükrü Teoman Güner [1*], Aydın Çömez [1], Kürşad Özkan [2], Rıza Karataş [1], Nejat Çelik [1]

[1] General Directorate of Forestry, Institute of Forest Soils and Ecology Research, 26160, Eskisehir, Turkey
[2] Suleyman Demirel University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 32200, Isparta, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** teomanguner@ogm.gov.tr

Received (Geliş tarihi): 06.03.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 26.03.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 27.03.2015

Özet: Bu çalışma, Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasina* (Lamb.) Holmboe) ağaçlandırmalarının gelişimi ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla farklı bakı, yükselti, yamaç konumu, eğim ve bonitet sınıfından toplam 118 alandan örnekleme yapılmıştır. Her örnek alanda meşcere üst boyunda bulunan bir ağaç kesilmiş ve toprak çukuru açılarak ayrılan horizonlardan toprak örnekleri alınmıştır. Laboratuvarda toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Örnek alanlardaki ağaçların üst boy değerleri ile anakaya, toprak, iklim ve fizyografik faktörler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi, aşamalı regresyon analizi ve regresyon ağacı yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Örnek alanlardaki ağaçların üst boy değerleri ile fizyografik yetişme ortamı faktörlerinden yükselti, eğim ve yamaç konumu; iklim özelliklerinden yıllık yağış ve en kurak ayın yağış miktarı; anakayalardan mikaşist, gnays ve dasit; toprak özelliklerinden solum derinliği (mutlak toprak derinliği) arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Karaçam ağaçlandırmalarının boy gelişimi aşamalı regresyon analiziyle % 34,7 ve regresyon ağacı yöntemi ile % 54,4 oranında açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karaçam, ağaçlandırma, bonitet endeksi, yetişme ortamı özellikleri

Modelling the productivity of Anatolian black pine plantations in Turkey

Abstract: This study was carried out to determine the relationships between height growth (site index) of Anatolian black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasina* (Lamb.) Holmboe) and site factors of the plantation areas in Turkey. Data were collected from 118 sample plots by taking into consideration the variations of aspect, altitude, slope position, slope degree and site class. A representative tree for the productivity and soil samples were taken at each sample plot. Some chemical and physical properties of soil samples were determined in the laboratory. The relationships between site index values of the trees and site factors including parent material, soil, climate and topography were examined by using correlation, stepwise regression and regression tree analysis. Significant linear relations were found between site index of black pine and site factors being altitude, slope degree, slope position, annual rainfall, and precipitation amount in the most drought month, solum depth and bedrock including granite, mica schist and dacite. Explanation variance percentage on the site index of black pine was found 54.4% by using regression tree analysis whereas explained variance become 34.7% by stepwise regression analysis.

Keywords: Anatolian black pine, plantation, site index, environmental factors

1. GİRİŞ

Kesintili bir yayılış alanına sahip olan karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), Güney Avrupa, Kuzeybatı Afrika ve Türkiye'de (Anadolu'da) yayılmaktadır (Vidaković, 1991). Bu tür ssp. *nigra*, ssp. *salzmannii*, ssp. *laricio*, ssp. *dalmatica* ve ssp. *pallasiana* olmak üzere sistematik bakımdan 5 alt türe ayrılmıştır (Tutin ve ark., 1993). Bu alt türlerden Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* J. F. Arnold. subsp. *pallasina* (Lamb.)

To cite this article (Atıf) : Güner, Ş.T., Çömez, A., Özkan, K., Karataş, R., Çelik, N., 2016. Türkiye'deki karaçam ağaçlandırmalarının verimlilik modellemesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 159-172. DOI: 10.17099/jffiu.18731

Holmboe var. *pallasiana*) (Güner ve ark., 2012) doğal olarak Türkiye, Trakya, Kırım, Balkanlar, Güney Karpatlar, Kıbrıs, Batı Kafkasya ve Batı Suriye'de yayılış göstermektedir (Davis, 1965; Anşin ve Özkan, 1993).

Türkiye'de 2012 yılı verilerine göre 21,7 milyon hektar orman alanı bulunmaktadır. 4,7 milyon hektarlık yayılışı ile ibreli türler içinde kızılçamdan sonra ikinci sırada yer alan karaçam (Anonim, 2014), gerek yayılış alanı gerekse odununun kullanım yeri bakımından önemli bir ağaç türümüzdür.

Türkiye'deki yayılış mıntıkaları Marmara, Kuzey, Batı ve Güney Anadolu'dur. Doğu Karadeniz'in deniz iklimli mıntıkalarında bulunmaz. Bu durum onun yetişme ortamı isteklerini değerlendirme bakımından önemlidir. Karaçam yaklaşık olarak 700-1400 m yükseltiler arasında geniş alanlarda saf ormanlar oluşturur. 1400-1700 m'ler arasında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'la karışık fakat küçük alanlarda bulunur. Anadolu'da bozkıra en çok sokulan türdür. İç Anadolu'da bozkır kıyılarında 900 m yükseltilerde bulunduğu gibi, yükseklerde 1500 m'ye ve tek olarak da daha yükseklere çıkar. Gerek yaz kuraklığına ve sıcaklarına, gerekse kış soğuklarına karşı dayanıklı olup, toprak istekleri bakımından da kanaatkârdır (Saatçioğlu, 1976).

Karaçam bu özellikleri sebebi ile yarı kurak iklim özelliklerine sahip olan İç Anadolu Bölgesi'ndeki ağaçlandırmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Türün 2000 yılı sonu itibariyle ülkemizde 540.445 hektar ağaçlandırması yapılmıştır (Konukcu, 2001). Ancak, bölgede yapılan karaçam ağaçlandırmalarında gelişim farklılıklarına rastlanılmaktadır. Bu durumun büyük ölçüde yetişme ortamı farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Başarılı bir ağaçlandırma, söz konusu ağaç türünün yetişme ortamı istekleri hakkında yeterli bilgiye sahip olmakla mümkündür.

Ülkemizin % 35'inin yarı kurak iklim tipinin etkisi altında bulunduğu, son yıllardaki ağaçlandırmaların büyük bir bölümünün yarı kurak mıntıkalarda yapıldığı ve potansiyel ağaçlandırma alanlarının çoğunluğunun da bu bölgelerde bulunduğu bilinmektedir. Bu durumda, karaçamın en iyi gelişebileceği alanlarda ağaçlandırma çalışmalarına öncelik verilmelidir. Zira, türün en iyi gelişebileceği alanlara öncelik vererek ağaçlandırma çalışmalarına başlanması dönem sonu bileşik faiz sebebiyle en yüksek kazancın elde edilmesi anlamına gelmektedir (Daşdemir, 1992). Diğer yandan, türün en iyi gelişebileceği ortamlarda ağaçlandırma çalışmalarının yapılması ile fidan tutma başarısının en yüksek oranda olabileceği ve ağaçlandırma masraflarının azaltılabileceği de göz ardı edilmemelidir.

Ülkemizde, karaçamın ekolojisi (Yücel, 1995; Yücel, 2000; Sevgi, 2003; Özkan, 2004; Sevgi ve Tecimen, 2009) ve boy gelişimi ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerin araştırıldığı çalışmalar (Eruz, 1984; Özkan ve ark., 2008; Özkan ve Gülsoy, 2009; Güner ve ark., 2011a; Güner ve ark., 2011b; Gülsoy ve ark., 2014; Polat ve ark., 2014) mevcuttur. Ancak bu araştırmalardan Güner ve ark. (2011a), Güner ve ark. (2011b) ile Polat ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmaların dışındaki araştırmalar türün doğal olarak yayıldığı orman alanlarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmamız, potansiyel ağaçlandırma alanı özelliklerini taşıyan alanlarda ve plantasyon ormanlarında gerçekleştirilmesi sebebiyle diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Bu çalışmada karaçam ağaçlandırmalarının gelişiminde etkili olan edafik, fizyografik ve klimatik yetişme ortamı faktörlerinin tespit edilmesi ve bu faktörlere göre kestirimde bulunacak bir verimlilik modelinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonuçlarının, karaçam ağaçlandırma alanlarının seçimine ve orman amenajmanı çalışmalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Araştırma Alanının Tanıtımı

Araştırma alanı 38°23′00′′ - 41°30′58′′ kuzey enlemleri ile 29°33′33′′ - 30°03′37′′ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Araştırma alanı Türkiye'nin yetişme ortamı bölgelerinden 1-İç Anadolu Bölgesi, Batı İç Anadolu Yetişme Ortamı Bölgesi, 2- Marmara Bölgesi, Anadolu Bölümü, 3- Karadeniz Bölgesi, Batı Karadeniz Bölümü, 4- Ege Bölgesi, İç Ege Bölümü içerisinde kalmaktadır (Kantarcı 2005). Araştırma

alanındaki önemli dağ kütleleri Sultan Dağları (2610 m), Türkmen Dağı (1826 m), Sündiken Dağları (1818 m), Sivrihisar Dağları (1526 m), Emir Dağları (2281 m), Küre Dağları (2019 m), Alaçam Dağları (1591 m), Kaz Dağları (1767 m), Simav Dağları (1801 m), Eğrigöz Dağı (2181 m) ve Murat Dağı (2224 m)'dır (İzbırak, 1968).

1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası'nın Ankara, İzmir ve Sinop paftaları içerisinde kalan araştırma alanında dasit, riyolit, bazalt, andezit, granit, volkanik tüf, aglomera, breş, kuvarsit, mikaşist, kireç taşı ve serpantin anakayaları sıklıkla bulunmakta olup (Pamir ve Erentöz 1975), en yaygın toprak tipi esmer orman toprağıdır (Güner ve ark., 2011a).

Araştırma alanları Eskişehir, Afyonkarahisar, Kastamonu, Çanakkale, Balıkesir ve Kütahya il sınırları içerisinde kalmaktadır (Şekil / Figure 1). İklim değerlendirmelerinde ağaçlandırma alanlarına en yakın mesafede bulunan Kastamonu, Çanakkale, Balıkesir, Dursunbey, Kütahya, Tavşanlı, Simav, Eskişehir, Mihalıççık, Sivrihisar, Emirdağı, Dinar ve Çay meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık ortalama yüksek sıcaklık 13,6-28,4 °C, yıllık ortalama sıcaklık 8,9-14,4 °C, yıllık yağış ise 374,2-796,2 mm arasında değişmektedir (Anonim, 2000).

Şekil 1. Araştırma alanlarının konumu
Figure 1. Location of the study area

Araştırma alanında Eskişehir, Karadeniz ile İç Anadolu yağış rejimi arasında bir geçiş tipi; Afyonkarahisar, İç Anadolu yağış rejimi; Kütahya, Akdeniz ile İç Anadolu yağış rejimi; Kastamonu, kontinental yağış rejimi; Çanakkale ve Balıkesir, Akdeniz yağış rejimi içinde bulunmaktadır (Anonim, 1989). Thornthwaite yöntemine göre, Balıkesir, Eskişehir, Afyonkarahisar, Dinar, Emirdağı, Kastamonu ve Sivrihisar kurak-az nemli, Kütahya yarı nemli ve Simav nemli bir iklime sahiptir (Akgündüz, 2000). Araştırma alanlarının, en yakın meteoroloji istasyonlarından enterpole edilen veriler kullanılarak Erinç yöntemine göre hesaplanan iklim tipleri Tablo / Table 1'de verilmiştir (Özyuvacı, 1999).

Tablo 1. Araştırma alanlarının Erinç yöntemine göre iklim tipleri
Table 1. Climate types of the study area according to Erinç method

İli	İlçesi	Ağaçlandırma sahası	Yükselti (m)	Yağış Etkenliği indisi (Im)	İklim tipi
Eskişehir	Merkez	Musaözü, Kocakır, İmişehir, Kalabak	900	25,9	Yarı nemli
Eskişehir	Sivrihisar	Kaymaz	1100	24,1	Yarı nemli
Eskişehir	Mihalıççık	Ormantepe, Kızıldağ	1100	26,4	Yarı nemli
Eskişehir	Mihalıççık	Ormantepe	1300	37,5	Yarı nemli
Afyonkarahisar	Çay	Çayderesi, Dortderesi	1300	28,8	Yarı nemli
Afyonkarahisar	Çay	Çayderesi, Dortderesi	1500	34,8	Yarı nemli
Afyonkarahisar	Emirdağı	Köroğlubeli	1300	36,4	Yarı nemli
Afyonkarahisar	Emirdağı	Köroğlubeli	1500	46,2	Nemli
Afyonkarahisar	Sandıklı	Kestel	1100	31,2	Yarı nemli
Kastamonu	Merkez	Merkez	800	19,9	Yarı kurak
Kastamonu	Merkez, Araç	Merkez, Araç	1000	25,3	Yarı nemli
Kastamonu	Merkez	Merkez	1400	37,6	Yarı nemli
Çanakkale	Yenice	Çınarcık, Üççeşmeler	500	28,9	Yarı nemli
Balıkesir	Dursunbey	Yayla	1000	30,8	Yarı nemli
Kütahya	Merkez	Pusan	1100	38,1	Yarı nemli
Kütahya	Tavşanlı	Merkez	900	19,5	Yarı kurak
Kütahya	Simav	Nadarçamı	1100	39,1	Yarı nemli
Kütahya	Simav	Fındıkçukuru, Demirbökü	1400	47,4	Nemli

Araştırma alanında doğal yayılış gösteren ağaç ve çalı taksonları, *Quercus cerris* L. var. c*erris, Quercus pubescens* Willd., *Quercus infectoria* Olivier, *Quercus trojana* P.B. Webb, *Quercus petraea* (Mattuschka) Lieb. subsp. *iberica* (Steven ex Bieb.) Krassiln., *Quercus vulcanica* Boiss. & Heldr. ex Kotschy, *Juniperus excelsa* Bieb., *Juniperus foetidissima* Willd., *Juniperus oxycedrus* L. subsp. o*xycedrus*, *Acer hyrcanum* Fisch.& Mey. subsp. *sphaerocaryum* Yalt., *Acer platanoides* L., *Ulmus glabra* Hudson, *Corylus colurna* L., *Jasminum fruticans* L., *Ligustrum vulgare* L., *Lonicera etrusca* Santi var. *etrusca*, *Lonicera caucasica* Pallas subsp. *orientalis* (Lam.) Chamb.&Long, *Viburnum lantana* L., *Crataegus monogyna* Jacq. subsp. *monogyna*, *Crataegus orientalis* Pallas ex Bieb. var. *orientalis*, *Sorbus torminalis* (L.) Crantz var. *torminalis*, *Sorbus umbellata* (Desf.) Fritsch in Kerner, *Amelanchier rotundifolia* (Lam.)Dum. -Courset subsp. *rotundifolia*, *Rosa canina* L., *Rubus canescens* DC. var. *glabratus* (Godron) Davis & Meikle, *Pyrus elaeagnifolia* Pall., *Cerasus mahalep* (L.) Miller var. *mahalep*, *Prunus divaricata* Ledeb. subsp. *divaricata*, *Amygdalus communis* L., *Malus sylvestris* Miller subsp. *orientalis* (A. Uglitzkich) Browicz var. *orientalis*, *Cotoneaster nummularia* Fisch. & Mey., *Chamaecytisus hirsutus* (L.) Link, *Berberis crataegina* DC., *Rhamnus rhodopeus* Velenovsky, *Euonymus latifolius* (L.) Miller subsp. *latifolius*, *Cistus laurifolius* L., *Daphne oleoides* Schreber subsp. *oleoides*, *Robinia pseudoacacia* L. dır. Bu taksonlardan, 16 adedinin (% 42,1) fitocoğrafik bölgesi bilinmektedir. Bunların % 21,0'i Avrupa – Sibirya, % 18,4'i Akdeniz ve % 2,6'sı ise İran – Turan elementidir (Güner ve ark., 2011a).

2.2. Arazi Örneklemesi ve Laboratuvar Analizleri

Örneklemeler, araştırma alanı içerisinde, bakı, yükselti, yamaç konumu, eğim ve verim sınıfı bakımından farklılık gösteren 118 alandan yapılmıştır (Tablo / Table 2). Örnek alanlar kare (10x10 m) veya dikdörtgen (20x10 m) şeklinde ve içerisine en az 15 adet ağaç girecek büyüklükte (100-200 m²) alınmıştır (Çepel ve ark., 1977). Örnek alanların konumu (enlem, boylam), eğimi, yükseltisi, bakısı ve yamaç konumu belirlenmiştir. Konum (m) GPS, eğim (%) klizimetre, yükselti (m) altimetre, bakı pusula ile belirlenmiştir. Yamaç konumunun belirlenmesinde, bir yamacın üst kısmındaki sırt çizgisi ile etek kısmı arasındaki yamaç uzunluğu 100 birim kabul edilmiş, yamaç üst kenarından olan ortalama uzaklık yamaç uzunluğunun yüzdesi olarak hesaplanmıştır (Zech ve Çepel, 1972). Fizyografik faktörlere ilişkin elde edilen sonuçlar 1/25000 ölçekli eş yükselti eğrili harita ile kontrol edilmiştir. Her örnek alanda bir adet toprak çukuru açılmıştır. Açılan toprak çukurunda mineral toprak horizonları ayrılarak genetik toprak tipi belirlenmiş (Kantarcı, 2000) ve teşhisi yapılmak üzere anakaya örnekleri alınmıştır. Toprak tipi ve yetişme ortamı arazide tanımlandıktan sonra, ayrılan mineral toprak horizonlarından, bir litre hacmindeki silindirlerle toprak örnekleri alınmıştır. Daha sonra örnek alanlarda, meşcere üst boyuna sahip beş ağaçta yaş ve boy ölçümleri yapılmış, ortalamaya en yakın olan ağaç kesilerek boyu cm hassasiyetinde ölçülmüş ve dip kütükteki yıllık halkalardan yaş sayımı yapılmıştır.

Laboratuvara getirilen 580 adet toprak örneği hava kurusu hale geldikten sonra öğütülerek iki mm'lik elekten geçirilmiş ve tartılmıştır. Eleğin üzerinde kalan taş hacmi belirlenmiştir. Toprak örneklerinde higroskopik nem 105 °C'de kurutularak, tane çapı (toprak türü) hidrometre yöntemiyle, toprak reaksiyonu (pH) 1:2,5 toprak-su çözeltisinde, organik karbon Walkley-Black ıslak yakma yöntemiyle, toplam karbonat Scheibler kalsimetresi ile tayin edilmiştir (Irmak, 1954; Gülçur, 1974).

Tablo 2. Örnek alanların yetişme ortamı özelliklerine göre dağılımı
Table 2. Distribution of sample plots according to site factors

YÜKSELTİ					
< 800 m	800-1000 m	1000-1200 m	1200-1400 m	1400-1600 m	>1600 m
1	35	31	29	19	3
EĞİM					
Düz (% 1-3)	Az eğimli (% 4-9)	Orta eğimli (% 10-17)	Çok eğimli (% 18-36)	Dik eğimli (% 37-58)	Sarp (% 59-100)
14	36	26	20	19	3
YAMAÇ KONUMU					
Sırt (% 0)	Üst yamaç (% 1-25)	Yukarı orta yamaç (% 26-50)	Aşağı orta yamaç (% 51-75)	Alt yamaç (% 76-100)	Etek, düzlük (% >100)
12	25	23	26	27	5

BAKI							
Kuzeydoğu	Kuzey	Kuzeybatı	Doğu	Güneydoğu	Güney	Güneybatı	Batı
21	13	13	5	12	14	20	20

ANAKAYA							
Dasit	Riyolit	Tüf	Mikaşist	Serizitşist	Talkşist	Siyahmermer	Kuvarsit
19	4	9	26	12	2	5	6
Gnays	Filiş	Neojen	Kireçtaşı	Kumtaşı	Grovak		
2	2	4	25	1	1		

Kesilen ağaçların yaş ve boy değerleri kullanılarak, karaçam ağaçlandırmaları için hazırlanan hasılat tablosunda (Yavuz ve ark., 2004), örnek alanların 40 yaşındaki meşcere üst boyları (BE_{40}) bulunmuştur.

2.3. Değerlendirme

Üst boy, silvikültürel işlemlerden önemli derecede etkilenmemesi, büyüme seyrini en iyi şekilde yansıtması ve birim alandaki verim gücü ile sıkı ilişki içinde bulunması sebebiyle meşcere gelişim ölçüsü olarak alınmış (Irmak, 1970; Fırat, 1972) ve istatistik analizlerde bağımlı değişken olarak kullanılmıştır.

Bağımsız değişkenlerden yükselti metre, eğim ve yamaç konumu % olarak veri matrisinde depolanmıştır. Bakı ise aşağıda verilen formül (Formül 1) kullanılarak radyasyon indeksine dönüştürülmüş (Moisen ve Frescino, 2002; Aertsen ve ark., 2010) ve istatistik analizler için hazır hale getirilmiştir.

$$RI = \frac{[1-\cos((\pi/180)(Q-30))]}{2} \quad (1)$$

Formülde, *RI*: Radyasyon indeksini, *Q*: Örnek alanın kuzeye göre semt açısını ifade etmektedir.

Örnek alanların iklim özelliklerinin değerlendirilmesinde örnek alana en yakın mesafede bulunan meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır. Meteoroloji istasyonu verileri örnek alanlara enterpole edilirken sıcaklık değerleri her 100 m'de 0,5 °C azaltılmış, yağış değerleri ise her 100 m'de yıllık yağışa 54 mm ilave edilmiş ve oransal olarak aylara dağıtılmıştır (Özyuvacı, 1999).

Örnek alanların toprak özelliklerinin değerlendirilmesinde, birim hacimdeki değerler kullanılmıştır. Bunun için toprak örneklerinin analiz sonucu elde edilen yüzde değerleri (100 g kuru madde için) her toprak horizonunun bir litre hacimdeki ince toprak (< 2 mm) miktarı ile çarpılarak birim hacimdeki değerlere çevrilmiştir. Bir litre hacim değeri aynı zamanda bir m^2 yüzeye sahip, bir mm kalınlığındaki toprak hacmini temsil etmektedir. İncelenen her madde için bulunan hacim değerleri, ait oldukları horizonların mm cinsinden kalınlıkları ile çarpılarak, her horizonda bir m^2 alandaki madde miktarı bulunmuştur. Horizonlardaki madde miktarları toplanarak, bir m^2 yüzeye sahip ve bir m derinlikteki toprak sütununda, diğer bir ifadeyle bir "pedon" daki madde miktarı elde edilmiştir. En alttaki horizondan ise bir m'yi tamamlayacak kadar bir derinlik alınmıştır.

Üst boy değerleri ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ikili ilişkiler korelasyon ve regresyon analizi ile incelenmiştir. Sürekli değişkenler için Pearson, var-yok (anakaya) verileri için Spearman korelasyon analizi yapılmıştır. Böylece verimlilikte önemli derecede etkili olan değişkenlerin neler olduğunun belirlenmesi sağlanmıştır. Üst boy ile önemli derecede ilişki gösteren değişkenlerden en sağlıklı değişken setini verecek modelleri belirlemek amacıyla aşamalı regresyon analizi yapılmıştır (Kalıpsız, 1994; Özdamar, 2002). Ayrıca üst boy ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler regresyon ağacı yöntemi ile de incelenmiştir. Regresyon ağacı tekniğinde DTREG paket programı (DTREG, 2015) kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Örnek alanların BE_{40} ile fizyografik, edafik ve klimatik özellikleri Tablo / Table 3'de verilmiştir. Örnek alanların 40 yaşındaki meşcere üst boyları 7,0 ile 24,0 m arasında değişmektedir. Örnekleme alanlarının toprak profillerinde, genelde iki farklı horizon sıralanması mevcuttur. Bunlardan birincisi 1000-1200 m yükseltilerin altında bulunan Ah, Bv, BC ve Cv horizon sıralanması gösteren kireçli-kireçsiz esmer orman toprağı; ikincisi ise 1000-1200 m yükseltinin üzerinde bulunan Ah, Ael, Bst, BC ve Cv horizon sıralanması gösteren solgun ve boz esmer orman topraklarıdır.

BE_{40} ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon analizleri Tablo / Table 4 ve 5'te, regresyon analizleri ise Şekil / Figure 2'de verilmiştir. BE_{40} ile yükselti, eğim ve yamaç konumu arasında pozitif yönde önemli ilişkiler bulunmuş, bakı arasında ise anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. Yükseltinin ekolojideki önemi iklime yaptığı etkiden kaynaklanmaktadır. Ülkemizdeki karaçam ağaçlandırma alanları genel olarak bozkırın etrafında bulunmakta ve vejetasyon döneminde toprakta su açığı meydana gelmektedir (Güner ve ark., 2011a). Dolayısıyla, araştırma alanlarındaki sınırlayıcı faktör su açığıdır. Bu sebeple, yükseltiye bağlı olarak yağışın artması, boy büyümesinin yükselti ile artmasına yol açmıştır. Ayrıca yükseltideki artış, sıcaklığın düşmesine, buharlaşmanın azalmasına ve beraberinde daha nemli yetişme ortamlarının oluşmasına sebep olacaktır. Keza, sarıçamda (Çepel ve Dündar, 1980; Güner, 2006) ve karaçamda (Özkan ve ark., 2008) yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara ulaşılmıştır. Ancak sarıçamda (Çepel ve ark., 1977), Doğu ladininde (Kalay, 1989; Daşdemir, 1992; Ercanlı ve ark., 2008) ve *Pinus radiata*'da (Romanyà ve Vallejo, 2004) yapılan çalışmalarda yükselti ile boy gelişimi arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir. Doğu ladininde yapılan çalışmalarda, boy büyümesinin yükselti ile negatif ilişki vermesinde, yörede su açığı bulunmadığı halde yükseltideki artışa bağlı olarak sıcaklığın azalmasının, vejetasyon döneminin kısalmasının, boy büyümesinde gerilemelere sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, yükseltideki artışa bağlı olarak kötüleşen edafik şartlar ve artan rüzgâr-fırtına zararları da kuşkusuz, boy gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Genç, 2004).

Örnek alanların yamaç konumları (yamaç üst kenarından olan uzaklık) ile boy büyümesi arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Bu konuda yapılmış çalışmaların hemen hepsinde olduğu gibi karaçamda yapılan araştırmalarda da (Eruz, 1984; Özkan ve ark., 2008; Gülsoy ve ark., 2014) benzer bulgulara ulaşılmıştır. Çünkü yamaç üst kenarından aşağılara inildikçe ağaçların su ve besin maddelerinden yararlanma imkânları daha fazla olmaktadır.

Tablo 3. Örnek alanların BE_{40}, fizyografik, edafik ve klimatik özellikleri
Table 3. Site index (SI_{40}), physiographic, edaphic and climatic properties of sample plots

Değişkenler	Kodu	Birimi	Min.	Maks.	Ortalama
Bonitet endeksi (40 yaş)	BE_{40}	m	7,0	24,0	12,9
Yükselti	Y	m	530	1700	1175,9
Eğim	E	%	1,0	80,0	18,3
Yamaç konumu	YK	%	0,0	100,0	49,5
Bakı	RI		0,017	0,983	0,446
Solum (mutlak toprak derinliği)	SLM	cm	14,0	60,0	33,0
İnce toprak miktarı	İTM	kg/m^3	329,2	1555,5	908,0
İskelet hacmi	İH	l/m^3	17,2	443,3	177,1
Kum	KUM	kg/m^3	141,1	979,6	492,7
Toz	TOZ	kg/m^3	25,4	355,5	136,6
Kil	KİL	kg/m^3	43,3	680,3	278,7
Toplam karbonat	TK	kg/m^3	0,0	509,9	104,9
Organik karbon	OC	kg/m^3	3,2	20,2	8,6
Toprak reaksiyonu	pH		5,0	8,65	7,19
Yıllık ortalama sıcaklık	YOS	°C	7,5	12,5	9,7
Ortalama yüksek sıcaklık	OYS	°C	13,4	24,7	16,4
En soğuk ayın ortalama sıcaklığı	ESOAOS	°C	-3,3	3,7	-1,1
En sıcak ayın ortalama sıcaklığı	ESIAOS	°C	18,9	22,9	20,6
4 yaz ayının ortalama sıcaklığı	4YAOS	°C	16,7	20,8	18,6
Yıllık yağış	YY	mm	394,7	1106,7	542,6
4 yaz ayındaki yağış miktarı	4YAYM	mm	61,8	207,1	99,9
En kurak ayın yağış miktarı	EKAYM	mm	8,1	38,5	14,6
Erinç indisi	Eİ		20,8	55,6	33,5

Tablo 4. BE_{40} ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilere ait Pearson korelasyon analizi sonuçları
Table 4. Results of Pearson rank correlation analysis of relationships between SI_{40} and site properties

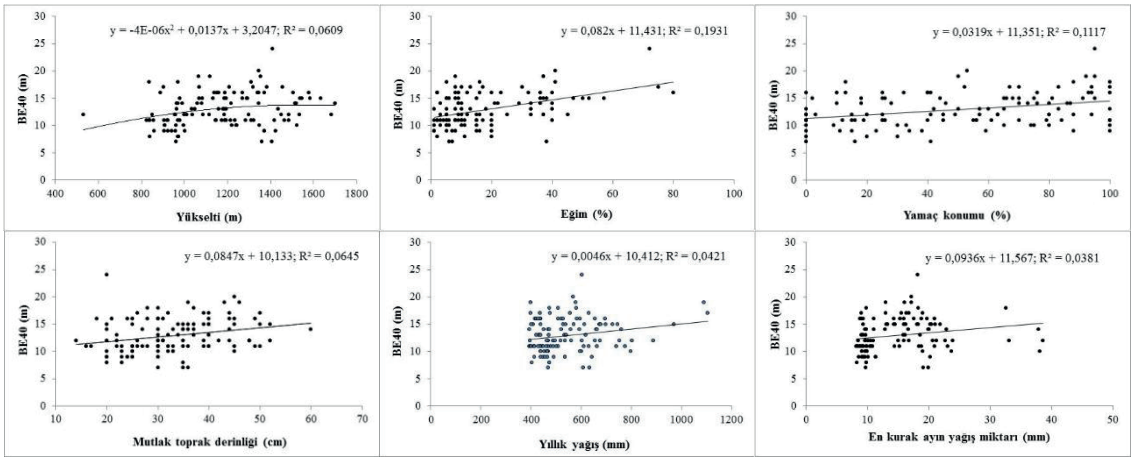
Değişkenler		BE_{40} (m)	Değişkenler		BE_{40} (m)	Değişkenler		BE_{40} (m)
Y	r	$0,334^{**}$	KUM	r	$0,109^{ns}$	OYS	r	$0,088^{ns}$
	p	0,012		p	0,242		p	0,344
E	r	$0,439^{**}$	TOZ	r	$0,124^{ns}$	Eİ	r	$0,142^{ns}$
	p	0,000		p	0,180		p	0,124
YK	r	$0,334^{**}$	KİL	r	$-0,026^{ns}$	ESOAOS	r	$0,048^{ns}$
	p	0,000		p	0,783		p	0,609
RI	r	$-0,042^{ns}$	TK	r	$-0,144^{ns}$	ESIAOS	r	$0,077^{ns}$
	p	0,655		p	0,119		p	0,410
SLM	r	$0,254^{**}$	OC	r	$0,118^{ns}$	4YAOS	r	$-0,114^{ns}$
	p	0,006		p	0,204		p	0,220
İTM	r	$0,109^{ns}$	YOS	r	$-0,036^{ns}$	EKAYM	r	$0,195^{*}$
	p	0,239		p	0,700		p	0,034
İH	r	$0,158^{ns}$	YY	r	$0,205^{*}$	4YAYM	r	$0,067^{ns}$
	p	0,087		p	0,026		p	0,469

^{ns}: önemsiz, *: $p<0,05$, **: $p<0,01$

Tablo 5. BE_{40} ile anakayalar arasındaki ilişkilere ait Spearman's korelasyon analizi sonuçları
Table 5. Results of Spearman's rank correlation analysis of relationships between SI_{40} and main rocks

Değişkenler		BE_{40} (m)	Değişkenler		BE_{40} (m)	Değişkenler		BE_{40} (m)
Dasit	r	$-0,306^{**}$	Talkşist	r	$0,029^{ns}$	Neojen	r	$-0,071^{ns}$
	p	0,001		p	0,754		p	0,443
Riyolit	r	$-0,038^{ns}$	Siyahmermer	r	$0,123^{ns}$	Kireçtaşı	r	$-0,095^{ns}$
	p	0,682		p	0,184		p	0,305
Tüf	r	$-0,081^{ns}$	Kuvarsit	r	$-0,120^{ns}$	Kumtaşı	r	$-0,015^{ns}$
	p	0,382		p	0,195		p	0,872
Mikaşist	r	$0,341^{**}$	Gnays	r	$0,201^{*}$	Grovak	r	$-0,015^{ns}$
	p	0,000		p	0,029		p	0,872
Serizitşist	r	$0,078^{ns}$	Filiş	r	$0,018^{ns}$			
	p	0,402		p	0,843			

^{ns}: önemsiz, *: $p<0,05$, **: $p<0,01$



Şekil 2. BE_{40} ile yetişme ortamı özelliklerine ait regresyon analizi sonuçları
Figure 2. The results of regression analysis between SI_{40} and site properties

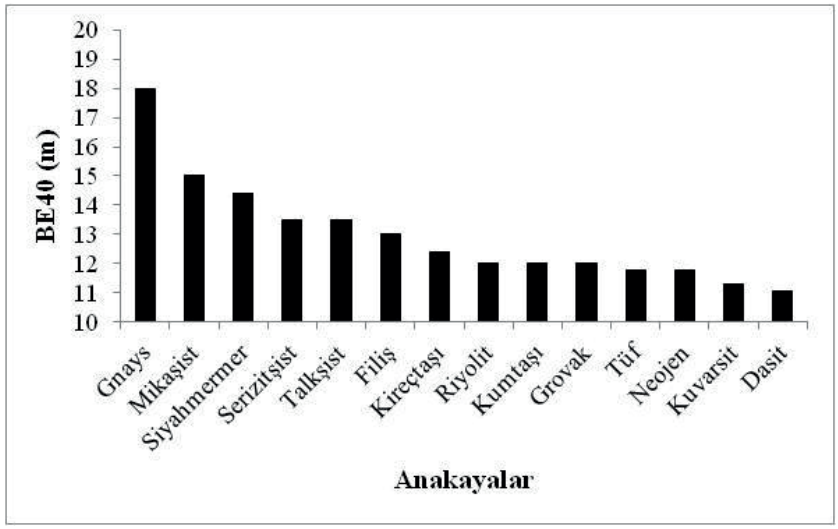
Araştırmamızda boy gelişimi ile eğim arasında pozitif bir ilişki belirlenmiştir. Sarıçamda (Güner, 2006) ve göknarda (Saraçoğlu, 1989) yapılan araştırmalarda da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Ancak, Doğu ladini (Kalay, 1989; Günlü ve ark., 2006; Ercanlı ve ark., 2008), doğu kayını (Yılmaz, 2005) ve kasnak meşesinde (Karataş ve ark., 2013) yapılan çalışmalarda zıt sonuçlar elde edilmiştir. Karaçamda yapılan çalışmalarda (Eruz, 1984; Özkan ve ark., 2008) ise boy gelişimi ile eğim arasında anlamlı bir ilişki belirlenememiştir. Yamaç eğimi, lokal iklim üzerinde etkili olduğu gibi toprağın su ve besin ekonomisini de etkilediğinden, az eğimli yerlerde iyi bonitetlerin bulunması doğaldır. Çalışmamızda eğim ile toprakların bir m^3 hacimdeki kil ve toz+kil miktarı arasında *P<0,01* önem düzeyinde negatif ilişki bulunmuştur. Bu durum, düz ve az eğimli alanlardaki toprakların toz ve kil miktarının daha fazla olduğunu göstermektedir. Toz ve kil miktarının artması, toprakların hava kapasitesinin azalmasına, dolayısıyla da kök gelişiminin engellenmesine ve boy gelişimin gerilemesine yol açmış olabilir. Ayrıca az eğimli alanlarda toprağın kil içeriğinin yüksek olması, kurak dönemde meydana gelebilecek çatlamaları dolayısıyla su kayıplarını da arttırmaktadır. Bu durumun, boy gelişimini olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Dolayısıyla, çalışmamızda eğim ile boy gelişimi arasındaki pozitif ilişkinin bu durumlardan kaynaklanmış olabileceği düşülmektedir.

Bakının, bir yerin sıcaklık ve nem iklimini önemli derecede etkileyen bir faktör olması nedeniyle boy gelişimi üzerinde etkili olması beklenir. Ancak araştırmamızda, bakı, boy büyümesi üzerinde etkili bir faktör olarak ortaya çıkmamıştır. Bu durum, bakının istatistik hesaplara sayısal değerler halinde bir parametre olarak sokulmasındaki güçlükler ile açıklanmaktadır (Carmean, 1965'e atfen Çepel ve Dündar, 1980). Ayrıca araştırma alanlarındaki su açığının fazla olması, kuzey bakıların da güney bakılar kadar kuru olmasına sebep olmuş olabilir. Diğer yandan örneklemelerin yapıldığı alanların genelde peneplen bir arazi yapısına sahip olması sebebiyle, bakı farklılıklarının, iklim özellikleri üzerindeki etkisinin, boy gelişimini etkileyecek düzeyde olmamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Araştırma kapsamında incelenen toprak özelliklerinden mutlak toprak derinliği (B horizonunun alt sınırı) ile boy gelişimi arasında önemli pozitif bir ilişki belirlenmiştir. Bir m^3 hacimdeki ince toprak miktarı, iskelet hacmi, kum, toz, kil, toplam karbonat ve organik karbon miktarı ile boy gelişimi arasında ise anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Toprak derinliğindeki artış, su ve besin ekonomisi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olacaktır. Keza, sarıçamda (Çepel ve ark., 1977) ve kasnak meşesinde (Karataş ve ark., 2013) yapılan çalışmalarda da paralel bulgulara ulaşılmıştır.

BE_{40} çalışma alanında yayılış gösteren anakayalardan mikaşist ve gnays ile pozitif, dasit ile negatif yönde önemli ilişkiler göstermiştir. Ancak ortalama değerlere göre karaçam dasit, tüf, kuvarsit anakayalar ile alüvyal anamateryallerde zayıf; gnays, mikaşist, serisit şist, talk şist ve siyah mermerde ise daha iyi bir gelişim göstermiştir (Şekil / Figure 3). Kantarcı (2000), mikaşistlerden gelişen toprakların genellikle killi

türde, derin ve geçirgenlikleri pek fazla olmayan, besin maddelerince zengin; kuvarsca zengin olan kuvars-serisit şistlerin topraklarının, ince kum bakımından zengin, besin maddelerince de fakir topraklar; gnaysların, derin, balçıklı kumdan, kumlu balçık ve balçığa kadar türde süzek topraklar verdiğini bildirmektedir. Güner ve ark. (2011a) karaçamın kaba tekstürlü, hava kapasitesi yüksek, nemli ve besin maddesince zengin topraklarda iyi bir gelişim yaptığını belirlemişlerdir. Yine, karaçamda yapılan başka bir çalışmada, karaçamın kaba tekstürlü ve nemli topraklarda iyi bir gelişim gösterdiği bildirilmektedir (Eruz, 1984).



Şekil 3. Anakayalara göre BE_{40}
Figure 3. SI_{40} according to parent material

Üst boy (BE_{40}) ile yıllık yağış ve en kurak ayın yağış miktarı arasında pozitif ilişki belirlenirken, diğer iklim özellikleri ile üst boy arasında anlamlı ilişkiler belirlenememiştir. Keza, İtalya'daki Duglas göknarı ağaçlandırmalarında, bonitet endeksi ile yıllık yağış miktarı ve su fazlası arasında önemli ilişkiler bulunmuştur (Corona ve ark., 1998). Devrek-Akçasu yöresindeki karaçam ağaçlandırmalarında ise boy artımı ile vejetasyon dönemindeki sıcaklık ve yağış değişkenleri arasında önemli ilişkiler belirlenmiştir (Özel ve ark., 2010). Araştırma alanlarında, birbirine yakın ve farklı yükseltilerde meteoroloji istasyonlarının bulunmaması, mevcut istasyonların ise kent merkezlerinde olması sebebiyle, sıcaklık ve yağış değerleri aynı oranlar kullanılarak örnek alanlara enterpole edilmiştir. Bu durum, örnek alanlardaki gerçek sıcaklık ve yağış değerlerinin belirlenememesine yol açmaktadır. Bu sebeple, örnek alanlara en yakın mesafede bulunan meteoroloji istasyonu verilerine göre enterpole edilen iklim değerlerinin güvenilirliği de sorgulamaya açıktır. Ne var ki, iklim ile boy gelişimi arasındaki ilişkilerinin analitik olarak incelenmesi için başka bir yöntemin de olmadığı bir gerçektir. Dolayısıyla, iklim özellikleri ile boy gelişimi arasında güçlü ilişkilerin belirlenememesinde bu durumun etkili olduğu düşünülmektedir.

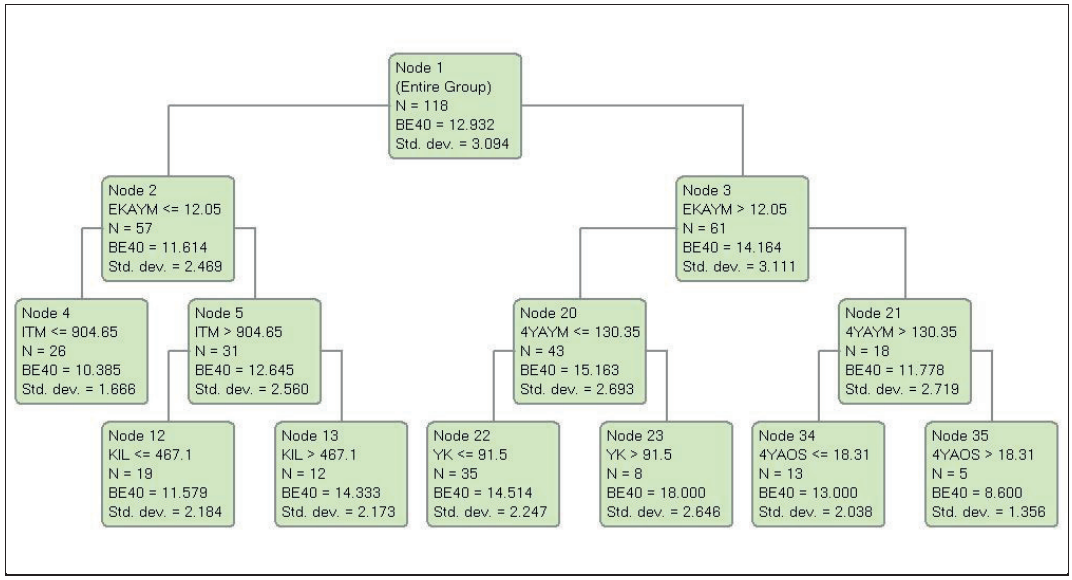
Üst boy ile ilişkili fizyografik faktörler, iklim, anakaya ve bazı toprak özelliklerinin bir m^3 hacimdeki değerleriyle yapılan aşamalı regresyon analizinde (Tablo / Table 6) beş model ortaya çıkmıştır. Eğim, yamaç konumu, dasit, gnays ve mikaşist anakaya bağımsız değişken olarak regresyon denklemine girmiştir. Denklemdeki bu beş değişkenin 40 yaşındaki üst boyu açıklama oranı % 34,7'dir.

Doğal karaçam ormanlarında yapılan çalışmalarda da benzer bulgulara ulaşılmıştır. Eruz (1984) tarafından Balıkesir yöresinde yapılan çalışmada, yamaç konumu ile bir m^3 hacimdeki kum, organik madde, toz+kil, kil, potasyum ve toz miktarı üst boyu % 46 oranında açıklamıştır. Isparta-Sütçüler'de yapılan çalışmada, karaçamın boy gelişimi üzerinde en etkili faktörlerin bakı, yükselti ve eğim olduğu belirlenmiştir (Özkan ve Gülsoy, 2009). Gülsoy ve ark. (2014) tarafından Buldan yöresinde yapılan çalışmada ise kuvarsit anakaya, yamaç konumu ve toprağın birikme (B) horizonundaki kil yüzdesi, üst boydaki değişimi % 66,8 oranında açıklamıştır.

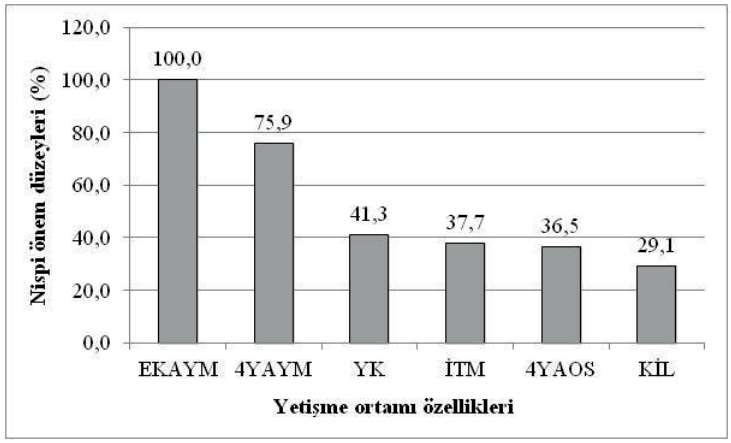
Tablo 6. BE_{40} ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki aşamalı regresyon analizi sonuçları
Table 6. Results of stepwise multiple regression analysis of relationships between SI_{40} and site properties

Model	R^2	P (Model)	SEE	Modele giren değişkenler		P (Değişkenler)	VIF
1	0,193	0,000	2,80	Sabit sayı	11,431	0,000	
				Eğim	0,082	0,000	1,000
2	0,245	0,000	2,72	Sabit sayı	10,522	0,000	
				Eğim	0,071	0,000	1,072
				Yamaç konumu	0,023	0,006	1,072
3	0,286	0,000	2,66	Sabit sayı	10,862	0,000	
				Eğim	0,060	0,000	1,149
				Yamaç konumu	0,025	0,002	1,092
				Dasit	-1,759	0,012	1,076
4	0,315	0,000	2,62	Sabit sayı	10,832	0,000	
				Eğim	0,059	0,000	1,151
				Yamaç konumu	0,025	0,002	1,092
				Dasit	-1,690	0,014	1,079
				Gnays	4,133	0,029	1,007
5	0,347	0,000	2,56	Sabit sayı	10,759	0,000	
				Eğim	0,047	0,004	1,263
				Yamaç konumu	0,023	0,004	1,107
				Dasit	-1,400	0,042	1,116
				Gnays	4,626	0,014	1,021
				Mikaşist	1,464	0,022	1,216

BE_{40} ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki hiyerarşik ilişkileri gösteren regresyon ağacı Şekil / Figure 4'de verilmiştir. Regresyon ağacı modelinde gerçek ve tahmini boy değerleri arasındaki ilişki önemli olup ($P<0,01$), açıklanan varyans oranı % 54,4'tür. BE_{40} üzerinde etkili olan yetişme ortamı özelliklerinin nispi önem düzeyleri Şekil / Figure 5'te verilmiştir. Şekil / Figure 5 incelendiğinde boy gelişimi üzerinde en etkili faktörün en kurak ayın yağış miktarı olduğu görülmektedir. En kurak ayın yağış miktarını, dört yaz ayındaki (Haziran-Eylül) yağış miktarı, yamaç konumu, dört yaz ayının ortalama sıcaklığı ve kil miktarı takip etmektedir.



Şekil 4. BE_{40} ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilere ait regresyon ağacı analizi sonuçları
Figure 4. Results of regression tree analysis of relationships between SI_{40} and site characteristics



Şekil 5. BE_{40} üzerinde etkili olan yetişme ortamı özelliklerinin nispi önem düzeyleri
Figure 5. Relative importance of the site characteristics effecting on SI_{40}

Gülsoy ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, iki ağaç model önerilmiştir. Yamaç konumu ve yükseltinin girdiği birinci modelde R^2=0,641; yamaç konumu ve yüzey taşlılığının girdiği ikinci modelde ise R^2=0,764 bulunmuştur.

Bu çalışmada, birçok değişken kombinasyonun denenmesine rağmen modellerin açıklama payları yüksek düzeyde bulunamamıştır. Bu durumun, araştırmanın geniş bir alanda yapılması ve bu alanın birçok yetişme ortamı alt bölge ve yörelerini kapsamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4. SONUÇLAR

Karaçam ağaçlandırmalarının BE_{40} ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

BE_{40} ile yükselti, eğim ve yamaç konumu arasında önemli ilişkiler bulunmuştur. Karaçam ağaçlandırmalarının 1200-1600 m yükseltiler arasında yapılması muhtemelen başarıyı arttıracaktır. Eğim derecesi % 1-80 arasında değişen sahalarda karaçamın boy gelişimi eğimdeki artışa paralel olarak artmaktadır. Bu durum, karaçamın düz alanlardan çok, eğimli alanlarda daha iyi bir gelişim yaptığını göstermektedir. Yamaç konumu bakımından, sırt arazilerden taban arazilere doğru inildikçe, karaçamın boy gelişimi artmaktadır. Bu sebeple, karaçam ağaçlandırması yapılacak sahalarda önceliğin, alt yamaç ve orta yamaç arazilere verilmesine dikkat edilmelidir (Bkz. Şekil / Figure 2).

BE_{40} ile mutlak toprak derinliği arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Bu durum, karaçamın derin topraklarda iyi bir gelişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca karaçam dasit, tüf, kuvarsit anakayalar ile alüvyal anamateryallerde zayıf; gnays, mikaşist, serisit şist, talk şist ve siyah mermerde ise daha iyi bir gelişim göstermiştir.

BE_{40} ile yıllık yağış ve en kurak ayın yağış miktarı arasında pozitif yönde bir ilişki belirlenmiştir. Karaçam, yıllık yağışı 400 mm ve en kurak aydaki (ağustos-eylül) yağış miktarı 10 mm'nin üzerinde olan alanlarda daha iyi bir gelişim göstermektedir.

Karaçamın boy gelişiminin modellenmesi için aşamalı regresyon analizi ve regresyon ağacı tekniği kullanılmıştır. Aşamalı regresyon analizi ile elde edilen en iyi modelin açıklama payı % 34,7 olup, modele eğim, yamaç konumu, dasit, gnays ve mikaşist anakaya değişkenleri girmiştir. Regresyon ağacı tekniği ile elde edilen modele en kurak ayın yağış miktarı, 4 yaz ayındaki yağış miktarı, yamaç konumu, ince toprak miktarı, dört yaz ayının ortalama sıcaklığı ve kil miktarı girmiş ve bu modelin açıklama payı % 54,4 bulunmuştur. Regresyon ağacı tekniğinin, çoklu regresyon analizinden daha yüksek sonuç vermesi beklenen bir durumdur. Zira regresyon ağacı tekniği hiyerarşik bir ayırım tekniği olup, sadece doğrusal ilişkileri açıklayabilen çoklu regresyon analizinden, daha avantajlı bir yöntemdir. Bu durumda açıklama

payı daha yüksek olan regresyon ağacı modelinin, potansiyel karaçam ağaçlandırma alanlarının seçiminde, bir bilgi altlığı olarak kullanılmasının daha uygun olacağı söylenebilir.

Orman ağaçlarının gelişiminde genetik yapı, yetişme ortamı faktörleri ve genetik yapı-yetişme ortamı faktörleri etkileşimi belirleyici etmenlerdir. Dolayısıyla, orman toplumlarının gelişimini sadece çevresel ve antropojen etkilerle ortaya koymak, hatalı sonuçlar verebilir. Bu nedenle, karaçam ağaçlandırmalarında, bu çalışmayla ortaya çıkarılan farklılıkların, genotip analizleriyle desteklenmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışma, Orman Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen ESK-05 (6302) ve ESK-10 (6307) numaralı araştırma projelerine ait veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

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(8): 1119-1130.

Akgündüz, A.S., 2000. Türkiye'de Yağış, Sıcaklık ve Nem Verilerinin Klimatolojik Analizi Raporu. T.C. Başbakanlık, Devlet Meteoroloji işleri Genel Müdürlüğü, Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, DMİ Yayın No: 2000/07, Ankara.

Anşin, R., Özkan, Z.C., 1993. Tohumlu Bitkiler. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 167/19, Trabzon.

Anonim, 1989. Türkiye'nin Yağış Rejimi. T.C. Başbakanlık, Devlet Meteoroloji işleri Genel Müdürlüğü, Zirai Meteoroloji ve İklim Rasatları Daire Başkanlığı, TUMAK Projesi, Ankara.

Anonim, 2000. Kastamonu, Balıkesir, Dursunbey, Kütahya, Tavşanlı, Simav, Eskişehir, Mihalıççık, Sivrihisar, Emirdağı, Dinar ve Çay meteoroloji istasyonlarına ait iklim verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim, 2014. Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı Yayın No: 115, Ankara.

Corona, P., Scotti, R., Tarchiani, N., 1998. Relationship between environmental factors and site index in Douglas-fir plantations in central Italy. *Forest Ecology and Management* 110: 195-207.

Çepel, N., Dündar, M., Günel, A., 1977. Türkiye'nin Önemli Yetişme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi İle Bazı Edafik ve Fizyografik Etmenler Arasındaki İlişkiler. Tübitak Yayınları, Yayın No: 354/65, Ankara.

Çepel, N., Dündar, M., 1980. Bolu- Aladağ Orman Ekosistemlerinde Sarıçam'ın (*Pinus sylvestris* L.) Boy Artımı ile Reliyef ve Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 30(1): 129-140.

Daşdemir, İ., 1992. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* L. Carr.) Ormanlarında Yetişme Ortamı Faktörleri–Verimlilik İlişkisi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Yayın No: 64, Ankara.

Davis, P. H., 1965. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Volume 1, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.

Dtreg, 2015. DTREG predictive modeling software. https://www.dtreg.com/ (Ziyaret tarihi: 16 Şubat 2015)

Ercanlı, İ., Günlü, A., Altun, L., Başkent, E.Z., 2008. Relationship between site index of oriental spruce [*Picea orientalis* (L.) Link] and ecological variables in Maçka, Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 319-329.

Eruz, E., 1984. Balıkesir Orman Başmüdürlüğü Bölgesindeki Saf Karaçam Meşcerelerinin Boy Gelişimi ile Bazı Edafik ve Fizyografik Özellikler Arasındaki İlişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3244/368, İstanbul.

Fırat, F., 1972. Orman Hasılat Bilgisi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 166, İstanbul.

Genç, M., 2004. Silvikültürün Temel Esasları. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 44, Isparta.

Gulsoy, S., Suel, H., Celik, H., Ozdemir, S., Ozkan, K., 2014. Modelling site productivity of Anatolian black pine stands in response to site factors in Buldan District, Turkey. *Pakistan Journal of Botany* 46(1): 213-220.

Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1970/201, İstanbul.

Güner, Ş.T., 2006. Türkmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) Sarıçam (*Pinus sylvestris* ssp. *hamata*) Ormanlarının Yükseltiye Bağlı Büyüme Beslenme İlişkilerinin Belirlenmesi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Eskişehir.

Güner, Ş.T., Çömez, A., Karataş, R., Çelik, N., 2011a. Eskişehir ve Afyonkarahisar İllerindeki Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasina* (Lamb.) Holmboe) Ağaçlandırmalarının Gelişimi ile Bazı Yetişme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No: 434/4, Eskişehir.

Güner, Ş.T., Özkan, K., Çömez, A., Çelik, N., 2011b. İç Anadolu Bölgesi'nde Anadolu karaçamının (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) verimli olabileceği potansiyel alanların odunsu gösterge türleri. *Ekoloji* 20(80): 51-58.

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T., 2012. Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.

Günlü, A., Yılmaz, M., Altun, L., Ercanlı, İ., Küçük, M., 2006. Artvin Genya Dağı Bölgesinde Saf Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L) Link.) Meşcerelerinin Verimliliği ile Bazı Edafik ve Fizyografik Faktörler Arasındaki İlişkiler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* A(1): 1-10.

Irmak, A., 1954. Arazide ve Laboratuvarda Toprağın Araştırılması Metodları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 599/27, İstanbul.

Irmak, A., 1970. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 599/27, İstanbul.

İzbırak, R., 1968. Türkiye Jeomorfografik Haritası, Harita Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara.

Kalay, Z., 1989. Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Mıntıkasında Saf Doğu Ladini (Dorukağaç) (*Picea orientalis* (L.) LINK.) Büklerinin Gelişimi ile Bazı Toprak Özelliklerinin ve Fizyografik Etmenlerin Arasındaki İlişkilerin Denel Olarak Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Doçentlik Tezi, Trabzon.

Kalıpsız, A.K., 1994. İstatistik Yöntemler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3835/427, İstanbul.

Kantarcı, M.D., 2000. Toprak İlmi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 4261/462, İstanbul.

Kantarcı, M.D., 2005. Orman Ekosistemleri Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 4594/488, İstanbul.

Karataş, R., Arslan, M., Güner, Ş.T., Çömez, A., Özkan, K., 2013. Göller Bölgesindeki Doğal Yayılış Alanlarında Kasnak Meşesinin (*Quercus vulcanica* Boiss. And Heldr. Ex Kotschy) Boy gelişimi ile Yetişme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü Yayın No: 9/5, Eskişehir.

Konukcu, M., 2001. Ormanlar ve Ormancılığımız. DPT Yayınları, Yayın No: 2630, Ankara.

Moisen, G.G., Frescino, T.S., 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling* 157: 209-225.

Özdamar, K., 2002. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-1. Kaan Kitabevi, Eskişehir.

Özel, H.B., Ertekin, M., Tufanoğlu, G.Ç., 2010. Devrek-Akçasu Yöresindeki Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Ağaçlandırmalarında Boy Artımı ile Bazı İklim Faktörleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Ecological Life Science* 5(4): 376-389.

Özkan, K., 2004. Beyşehir Gölü havzası'nda Anadolu karaçamının (*Pinus nigra* Arnold) yayılışı ile fizyografik yetişme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* A(2): 30-47.

Özkan, K., Gülsoy, S., Mert, A., 2008. Interrelations between height growth and site characteristics of *Pinus nigra* Arn. ssp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe. J. *The Malaysian Forester* 71: 9-16.

Özkan, K., Gülsoy, S., 2009. Effect of environmental factors on the productivity of crimean pine (*Pinus nigra ssp. pallaciana*) in Sutculer, Turkey. *Journal of Environmental Biology* 30(6): 965-970.

Özyuvacı, N., 1999. Meteoroloji ve Klimatoloji, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 4196, İstanbul.

Pamir, H.N., Erentöz, C., 1975. 1/500000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Ankara Paftası, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Ankara.

Polat, S., Polat, O., Kantarcı, M.D., Tüfekçi, S., Aksay, Y., 2014. Mersin Kadıncık Havzası'ndaki sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ağaçlandırmalarının boy gelişimi ile bazı yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. *Ormancılık Araştırma Dergisi* 1(1): 22-37.

Romanyà, J., Vallejo, V.R., 2004. Productivity of *Pinus radiata* plantations in Spain in response to climate and soil. *Forest Ecology and Management* 195: 177-189.

Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültür I, Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 2187/222, İstanbul.

Saraçoğlu, Ö., 1989. Değişik Yaşlı Göknar Meşcerelerinde Bonitet ve Yetişme Ortamı Özellikleri Arasında İkili İlişkiler, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 39(2): 122-138.

Sevgi, O., 2003. Bayramiç İşletmesi'nde (Kaz Dağları) Karaçam'ın (*Pinus nigra* Arnold.) Yükseltiye Göre Beslenme Büyüme İlişkileri. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.

Sevgi, O., Tecimen, H.B., 2009. Physical, chemical and pedogenetical properties of soils in relation with altitude at Kazdagı upland black pine forests. *Journal of Environmental Biology* 30(3): 349-354.

Tutin, T.G., Burges, N.A., Chater, A.O., Edmondson, J.R., Heywood, V.H., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A., 1993. Flora Europaea, Second Edition Volume 1, Psilotaceae to Platanaceae, Cambridge University Press, Cambridge, England.

Vidaković, M., 1991. Conifers Morphology and Variation. Grafički zavod Hrvatske, Zagreb.

Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., 2004. Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri, Proje No: TOGTAG – 2747, Trabzon.

Yılmaz, M., 2005. Doğu Karadeniz Bölümü Saf Doğu Kayını Ekosistemlerinde Kimi Ortam Etmenlerinin Kayının Gelişimine Etkileri Üzerine Araştırmalar. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.

Yücel, E., 1995. Ehrami Karaçamın Doğal Yayılışı ve Ekolojik Özellikleri. Anadolu Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Yayın No: 847/2, Eskişehir.

Yucel, E., 2000. Ecological properties of *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* var. seneriana. *Silvea Genetica* 49: 264-277.

Zech, W., Çepel, N., 1972. Güney Anadolu'daki Bazı *Pinus brutia* Meşcerelerinin Gelişimi ile Toprak ve Relief Özellikleri Arasındaki İlişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1753/191, İstanbul.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257

Online available at
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.21070

Research Article / Araştırma Makalesi

Havza çalışmalarında kullanılan CORINE 2006 arazi sınıflandırma verilerinin doğruluğunun araştırılması

Ayhan Ateşoğlu [1*]

[1*] Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 74100, Bartın, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** aatesoglu@yahoo.com

Received (Geliş tarihi): 01.04.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 08.04.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 08.04.2015

Özet: Günümüzde sürdürülebilir doğal kaynakların kullanımına yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Havza bazında yapılan çalışmaları ile geleceğe yönelik planlamalar oluşturulmaktadır. Bu çalışmalarda dikkat edilmesi gereken husus doğru ve güncel veri teminidir. Havza bazında yapılan çalışmalardaki en önemli veri ise arazi örtüsü/arazi kullanımı verilerinin teminidir. Uzaktan algılama ve CBS kullanılarak arazi örtüsü/arazi kullanımı türlerinin belirlenmesi ve belirli aralıklarla değişimlerin izlenmesi oldukça hızlı, kolay ve ekonomiktir. Bu amaçla Avrupa Birliği Komisyonu (CEC) tarafından CORINE (Coordination of Information on the Environment – Çevre Bilgi Düzeni) arazi örtüsü programı başlatılmıştır. Bu çalışmada, CORINE-2006 arazi örtüsü verisi, Batı Karadeniz ve İç Anadolu bölgesinde yer alan iki ayrı test bölgesinde yüksek çözünürlüklü Google Earth verisi üzerinden doğruluk değerlendirilmesi yapılmıştır. Her bir test alanı için rastgele 5000 nokta Google-Earth üzerinden CORINE sınıflandırmasına uygun sınıflara atanmış ve Türkiye CORINE-2006 verileri ile karşılaştırılmıştır. CORINE-2006 verisinin Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan ilk test alanı için doğruluğu %51.80, İç Anadolu-Ege Bölgesinde yer alan ikinci test alanı için %55.32 olarak gerçekleşmiştir. Her iki test alanı için CORINE-2006 verisinin güncel olmadığı ve verilerin doğruluk değerlerinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CORINE, havza, uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri

Investigation of accuracy of CORINE 2006 land cover data used in watershed studies

Abstract: There have been many studies concerning the use of sustainable natural resources. The planning concerning the results of watershed-based studies is made for the future. The issue to be considered in these studies, is obtaining accurate data. The most important data of the studies in the watershed basin is obtaining land cover/use data. Land cover / land classification done by using remote sensing and GIS and monitoring the change periodically are both easy and economical. To this end, CORINE (Coordination of Information on the Environment) land cover program was initiated by The European Commission (CEC). The accuracy of CORINE 2006 land cover data was evaluated using high resolution Google Earth data in two separate test areas located in the Black Sea and Central Anatolia region. Random 5000 points for each test area were assigned to classes according to the CORINE classification method using Google Earth and were compared with the CORINE 2006 data. The accuracy of first test area in Black Sea region was calculated as 51.80% the accuracy of second test area in Central Anatolia region was calculated as 55.32%. For each test area, CORINE 2006 data has not been found to be up to date and has been detected to have low accuracy.

Keywords: CORINE, watershed, remote sensing, geography information system

1. GİRİŞ

Bir havzanın arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki zamansal değişim zamanla havzanın tüm bölümlerini etkilemektedir. Havzada sürdürülebilir bir kullanımın sağlanabilmesi için, planlama ve yönetim ilkelerinin

To cite this article (Atıf) : Ateşoğlu, A., 2016. Havza çalışmalarında kullanılan CORINE 2006 arazi sınıflandırma verilerinin doğruluğunun araştırılması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 173-183. DOI: 10.17099/jffiu.21070

göz önünde bulundurulması zorunludur. Havza bazında erozyon ve taşkınları kontrol etmek, kaliteli ve yeterli su temini temel amaçları oluşturmaktadır. Sedimantasyon, çığ, yaban hayatı vb. diğer unsurlarında planlanması zaruridir. Tüm bu etmenler için günümüz uzaktan algılama verileri kullanılarak üretilen arazi örtü/kullanım sınıfları önemli bir rol oynamaktadır. Yeryüzünü tanımlamak için kullanılan en önemli parametrelerden biri arazi örtüsüdür. Bu parametre insan ve fiziksel çevre üzerinde birbirlerine bağlayıcı etkiye sahip olan önemli bir değişkendir (Bektas ve Goksel, 2004). Arazi varlığının korunması, kullanılması ve geliştirilmesi açısından birçok bilgiyi birlikte gösteren arazi örtü/kullanım sınıfları haritaların üretilmesi önemli avantajlar sağlar. Dünyayı uzaydan izleme yoluyla; çevresel ve doğal kaynakların yönetimi, küresel ve bölgesel arazi örtü/kullanımı değişimlerinin belirlenmesi gibi birçok uygulama gerçekleştirilebilmektedir (Schweiger ve ark., 2005; Brivio ve ark., 2002; Ostir ve ark., 2002; Ormeci ve Ekercin, 2007; Gençer, 2011). Uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen görüntüler, yeryüzü özellikleri hakkında hızlı, ekonomik ve güncel bilgiler vermekte ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelli farklı uygulama alanlarında kullanılabilmektedir (Saroğlu, 2004; Kitiş 2009; Güre ve ark., 2009; Aydınoğlu ve Yomralıoğlu, 2008). Uzaktan algılama teknolojisi ile elde edilen görüntünün sınıflandırılması sonucunda üretilen arazi kullanım/örtüsü haritaları analiz, değerlendirme ve modelleme için Coğrafi Bilgi Sistemlerinin veri tabanının vazgeçilmez bir parçasını oluşturmaktadırlar (Lillesand ve Kiefer., 1994; Ma ve ark., 2001). Üretilen sonuç verisinin tüm planlama için bir altlık verisi teşkil edeceğinden elde edilen verinin doğru olması çalışmanın bütünü etkilemektedir. Verinin kullanılabilirliği, istenilen amaca yönelik yeterlikte olmasının sonuç üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle havza bazlı çalışmalarda kullanılması düşünülen arazi kullanım/örtüsü verilerinin uygunluğu çalışma planlanması öncesinde araştırılması gerekli en temel unsurdur.

Türkiye'de 1998 yılında DPT tarafından desteklenen üç yıllık "Arazi Örtüsü Belirleme Projesi", arazi örtüsü envanterinin uydu görüntüleri kullanılarak kısa sürede ve en az hata ile oluşturulması ve arazi örtüsü dağılımı haritalaması planlanmıştır (Karagülle ve Kendüzler, 2007; INSPIRE, 2007). Avrupa Birliği Komisyonu (CEC) tarafından CORINE (Coordination of Information on the Environment – Çevre Bilgi Düzeni) arazi örtüsü programı başlatılmıştır. Proje kapsamındaki Veri Standartları Teknik Raporuna göre, arazi örtüsü veri standardı olarak CORINE sınıflandırmasının temel alınması öngörülmüştür (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2007). CORINE yöntemi uzaktan algılama tekniklerini esas almaktadır (Sommer ve ark., 1998). CORINE Arazi Örtüsü sınıflaması, üç seviyeli bir hiyerarşik temel üzerine kurulmuştur (Tablo / Table 1) ve her bir seviye, bir bireysel ölçeğe karşılık gelmektedir. Seviye III, 44 kategoride 1/100000 ölçeğinde bilgi toplamaktadır. Seviye II, 1/500000 ve Seviye I, 1/1000000 ölçeklerine karşılık gelmektedir (Koca ve ark., 2009).

CORINE arazi kullanımı sınıflandırma yönteminin Türkiye'de uygulanabilirliği Doğu Akdeniz kıyısında test edilmiştir. Bu çalışmada Mersin ve çevresi (yaklaşık olarak 60x60 km) çalışma alanı olarak seçilmiş, bu alanda mevcut arazi kullanımlarının Landsat-5 TM uydu verilerinden yararlanarak, kontrolsüz sınıflama sistemi ile mümkün olduğunca hızlı ekonomik ve doğru şekilde tespit edilmesi amaçlanmıştır. (Vural ve ark.,1997). Ülkemizde ise projeye 1998 yılında başlanmış, 2000 yılı Landsat uydu görüntüleri kullanılarak yapılan ilk çalışma 2008 yılı ortalarında tamamlanmış, sonrasında 2006 yılı çalışmaları tamamlanmıştır. CORINE 2006 değişiklik tespiti projesi kapsamında 2000 – 2006 yılları arasında oluşan 5 ha'dan büyük tüm değişiklikler tespit edilmiştir (Çivi ve ark., 2009; Çivi ve ark., 2011). Arazi Örtüsü Veri Teması kapsamında Türkiye'de çevre ve ormancılık uygulamaları kapsamındaki çalışmalar temel alınacaktır. Bu kapsamda arazi örtüsü veri temasının;

- Arazi kullanım sınıflandırma sistemi,
- Orman kadastrosu,
- Orman envanterleri çıkarılması ve haritalanması,
- Biyolojik çeşitlilik ve gen kaynaklarının belirlenmesi,
- Çevre düzeni planlarının hazırlanması,
- Sanayi bölgeleri yer seçimi
- Orman ekosistemlerinin incelenmesi,
- Arazi ve orman parçalanmasının izlenmesi,

kullanım alanları mevcuttur. Bu çalışmada, Türkiye'de çevre ve ormancılık uygulamaları kapsamındaki çalışmalarda altlık olarak kullanılması düşünülen CORINE-2006 arazi örtüsü verisi, iki ayrı test bölgesinde yüksek çözünürlüklü Google Earth verisi üzerinden doğruluk değerlendirilmesi yapılmıştır. Ormancılık

çalışmaları başta olmak üzere birçok çalışmalarda altlık veri olan CORINE-2006 verisinin üretimine ve kullanımına yönelik öneriler verilmiştir.

Tablo 1. CORINE yeryüzü örtü tipleri
Table 1. CORINE land cover nomenclature

Düzey 1	Düzey 2	Düzey 3
1. Yapay Yüzeyler	1.1 Şehir Yapısı	1.1.1 Devamlı Şehir Yapısı
		1.1.2 Devamlı Olmayan Şehir Yapısı
	1.2 Endüstriyel, Ticari ve Taşıma Birimleri	1.2.1 Endüstriyel veya Ticari Birimler
		1.2.2 Karayolu ve Demiryolu İle İlgili Alanlar
		1.2.3 Limanlar
		1.2.4 Hava Alanları
	1.3 Maden, Boşaltım ve İnşaat Alanları	1.3.1 Maden Çıkarım Alanları
		1.3.2 Boşaltım Alanları
		1.3.3 İnşaat Sahaları
	1.4 Tarım Dışı Yapay Yeşil Alanlar	1.4.1 Yeşil Yerleşim Alanları
		1.4.2 Spor ve Dinlenme Alanları
2. Tarım Alanları	2.1 Tarıma Uygun Alanlar	2.1.1 Sulanmayan Tarımsal Araziler
		2.1.2 Sürekli Sulanan Araziler
		2.1.3 Çeltik Tarlaları
	2.2 Sürekli Ürünler	2.2.1 Bağlar
		2.2.2 Meyve Bahçeleri
		2.2.3 Zeytin Bahçeleri
	2.3 Meralar	2.3.1 Meralar
	2.4 Heterojen Tarımsal Alanlar	2.4.1 Sürekli Ürünlerle Birlikte Bulunan Senelik Ürünler
		2.4.2 Karışık Tarım Alanları
		2.4.3 Doğal Bitki Örtüsü İle Birlikte Bulunan Tarımsal Araziler
		2.4.4 Orman Tarımı Arazileri
3. Orman ve Yarı Doğal Alanlar	3.1 Ormanlar	3.1.1 Geniş Yapraklı Ormanlar
		3.1.2 Kozalaklı Ağaç Ormanlar
		3.1.3 Karışık Ormanlar
	3.2 Funda ve/veya Otsu Bitkilerin Birleşimi	3.2.1 Doğal Çayırlıklar
		3.2.2 Fundalıklar
		3.2.3 Sklerofil Bitki Örtüsü
		3.2.4 Geçici Orman-Çalılık
	3.3 Bitki Örtüsü Az ya da Hiç Olmayan Açık Alanlar	3.3.1 Sahiller, Kumsallar, Kum Düzlükleri
		3.3.2 Çıplak Kayalık
		3.3.3 Seyrek Bitkili Alanlar
		3.3.4 Yanmış Alanlar
		3.3.5 Buzullar ve Kalıcı Kar
4. Islak Alanlar	4.1 İç Islak Alanlar	4.1.1 İç Bataklıklar
		4.1.2 Turbalıklar
	4.2 Kıyıya Yakın Islak Alanlar	4.2.1 Tuz Bataklığı
		4.2.2 Tuzlalar
		4.2.3 Gel-Git Olayı İle Oluşan Düzlükler
5. Su Toplulukları	5.1 İçsel Sular	5.1.1 Su Yollar
		5.1.2 Su Kütleleri
	5.2 Deniz Suları	5.2.1 Kıyı Lagünleri
		5.2.2 Haliçler(Nehir Ağızları)
		5.2.3 Deniz ve Okyanus

2. MATERYAL VE METOD

İlk araştırma alanı Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Bartın Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarını kaplayan 32º 06" ve 32º 45' doğu boylamı, 41º 34' ve 41º 50' kuzey paralelleri arasında bulunan yaklaşık 1800 km^2 alandır (Şekil / Figure 1). Batı Karadeniz Bölgesi bitki coğrafyası bakımından Euro-Siberian (Avrupa-Sibirya) flora alanının Öksin alt flora alanında bulunmaktadır. Çalışma alanı doğal bitki örtüsü içinde; yüksek oranda orman vejetasyonu ile kıyı şeridinde bulunan yalancı maki vejetasyonu bulunmaktadır. Bölgedeki orman vejetasyonunda Meşe *(Quercus sp.),* Gürgen *(Carpinus betulus*), Kestane *(Castenae sativa),* Kayın *(Fagus orientalis)*'ın hakim olduğu yazın yeşil yapraklı orman ile Sarıçam *(Pinus sylvestris),* Karaçam *(Pinus nigra),* Göknar *(Abies bornmülleriana)*'dan oluşan iğne yapraklı orman ve bu türlerin bir araya gelerek oluşturduğu karışık ormanlar bulunmaktadır. (Atesoglu and Tunay, 2010).

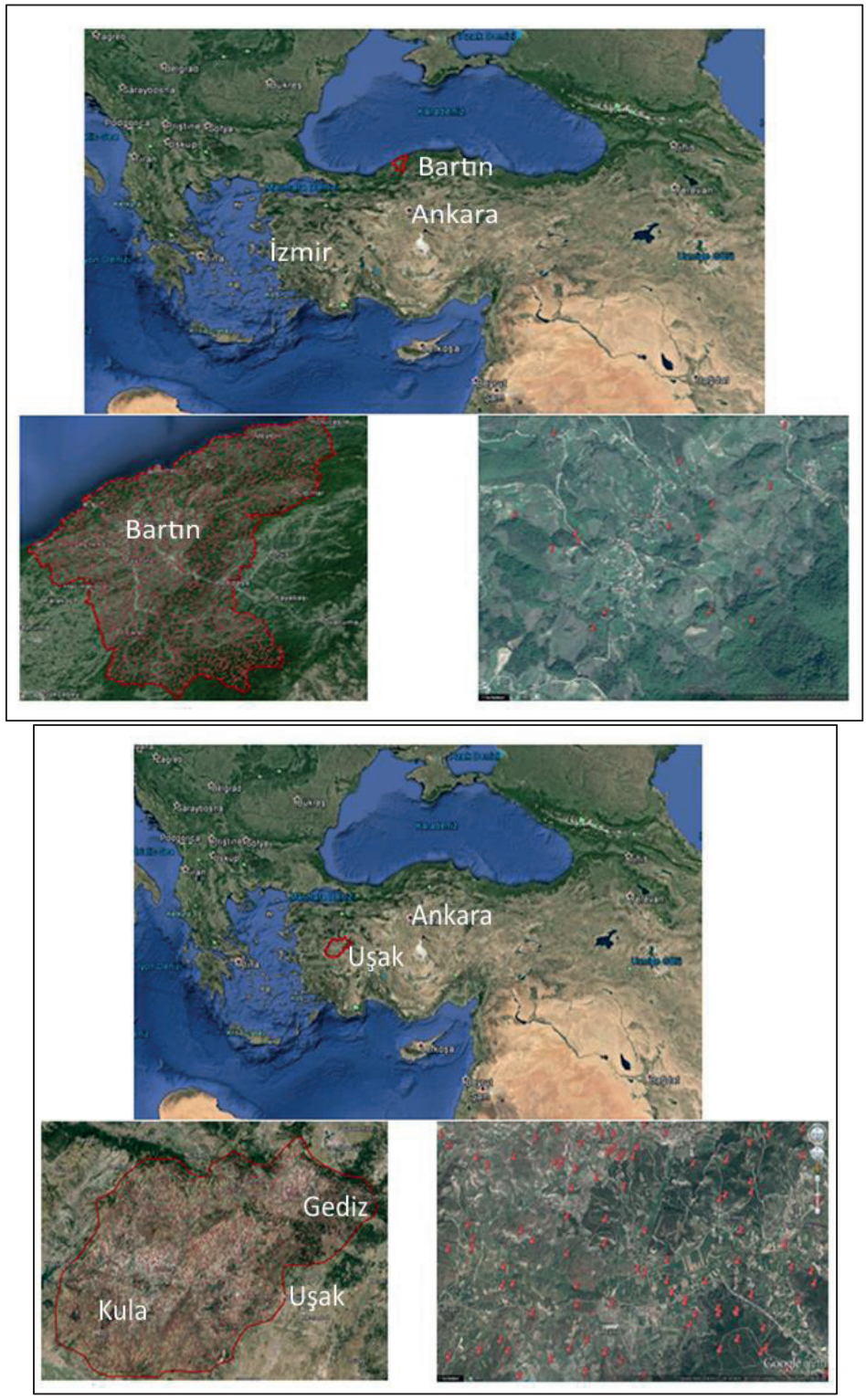
İkinci araştırma alanı İç Anadolu bölgesinin batısında yer alan 28º 47' ve 29º 25' doğu boylamı, 38º 12' ve 38º 50' kuzey paralelleri arasında bulunan Gediz havzası içinde yaklaşık 5000 km^2 alandır (Şekil / Figure 1). İklim olarak Akdeniz ve karasal iklim kuşağı arasında yer almaktadır. Çalışma alanı doğal bitki örtüsü içinde maki vejetasyonunda bulunduğu Sarıçam (*Pinus sylvestris*), Karaçam *(Pinus nigra)* ve meşe *(Quercus sp.,*) türlerinden oluşan ormanlar bulunmaktadır (Atalay, 2008).

Çalışma kapsamında her iki alan için 5000 adet rastgele alan üzerine nokta atılmıştır ((Şekil / Figure 1). Batı Karadeniz bölgesinde yer alan araştırma alanı içerisinde küçük alanlarda arazi örtü/kullanım sınıflarında ani değişimler daha sıklıkla karşılandığından dolayı alansal olarak farklılık gösteren her iki alan için aynı nokta sayısı tercih edilmiştir. Google Earth görüntü verisi üzerine atılan her bir nokta verisinin (.kmz) ilgili tarihlerdeki CORINE Arazi Örtüsü veri standardına uygun olarak ilgili sınıfa atanmıştır. Her bir nokta için arazi örtü verisinin net olarak ortaya konması için yaklaşık 150 m. yarıçapında (~7.00 ha) gözlem yapılarak nokta için en uygun arazi örtü sınıfına atama yapılmıştır. Özellikle ormanlık alanlar için ibreli, yapraklı ve karışık ormanlardaki ayrımın net olarak yapılabilmesi için orman amenajman planı altlıkları da yardımcı veri olarak kullanılmıştır. Tüm noktasal verileri için yer gerçeği olarak kabul edilen veri kümesi ".dbf"dosyası hazırlanarak CBS ortamında CORINE-2006 arazi örtüsü verisi ile karşılaştırılmıştır. Uyumlu alanlar için (1) uyumsuz olanlar için (0) kodlamaları yapılarak doğruluk sonuçları elde edilmiştir.

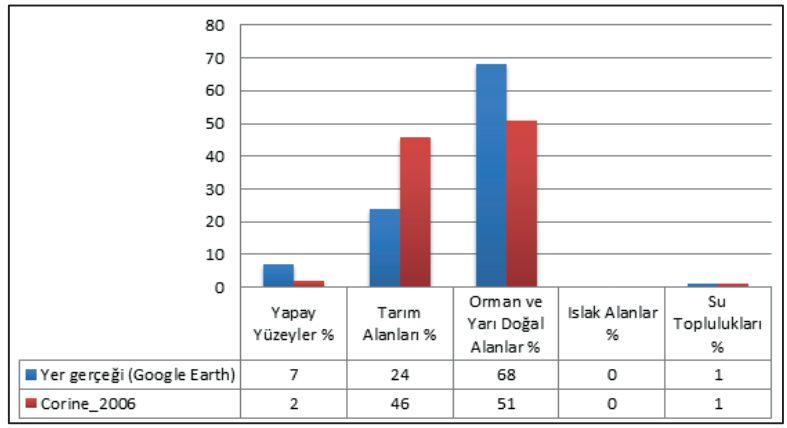
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı test alanlarında, noktalar ve temsil ettiği alanlar uygun tarihlerdeki Google Earth görüntü verisi üzerinden görsel analizleri gerçekleştirilmiştir. Batı Karadeniz Bölgesinde yer alan Bartın Orman İşletme Müdürlüğü kapsamında seçilen ilk araştırma alanı için, rastgele atılan 5000 noktanın arazi kullanım sınıfları Düzey-1 seviyesinde en fazla alan 'Orman ve Yarı Doğal Alanlar (%68)' sınıfı içerisinde yer almıştır. Çalışma alanına uygun geleneksel arazi kullanım sonucu olarak beklenen bir sonuç olmuştur. Diğer yoğun arazi kullanımları sırasıyla Tarım alanları (%24), yapay yüzeyler (%7) ve su toplulukları (%1)' ile izlemiştir.. Noktaların CORINE-2006 da ait olduğu sınıflar ile karşılaştırıldığında tarım alanlarının (CORINE-2006) yaklaşık % 22 sinin gerçekte orman ve yarı doğal alanlar ve yapay yüzeyler alanlarında temsil edildiği tespit edilmiştir (Şekil / Figure 2).

Gediz havzası kapsamında seçilen diğer araştırma alanı için, rastgele atılan 5000 noktanın arazi kullanım sınıfları dağlımı Düzey-1 seviyesinde en fazla alan Orman ve yarı doğal alanlar (%56) sınıfı içerisinde yer almıştır. Fakat onu hemen yakın bir sonuçla Agricultural areas (%42) takip etmiştir. Bunun nedeni araştırma alanının geleneksel arazi kullanımını tarım arazisi olarak daha uygun bir iklim ve toprak özellikleri göstermektedir. Diğer arazi kullanım sınıfları sırasıyla Yapay yüzeyler (%2) ve Su toplulukları (<%1) olmuştur. Noktaların CORINE-2006 da ait olduğu sınıflar ile karşılaştırıldığında Tarım alanlarının (CORINE-2006) yaklaşık % 3-4 lük kısmının gerçekte 'Orman ve Yarı Doğal Alanlar' ve 'Yapay Yüzeyler' alanlarında temsil edildiği tespit edilmiştir (Şekil / Figure 3).

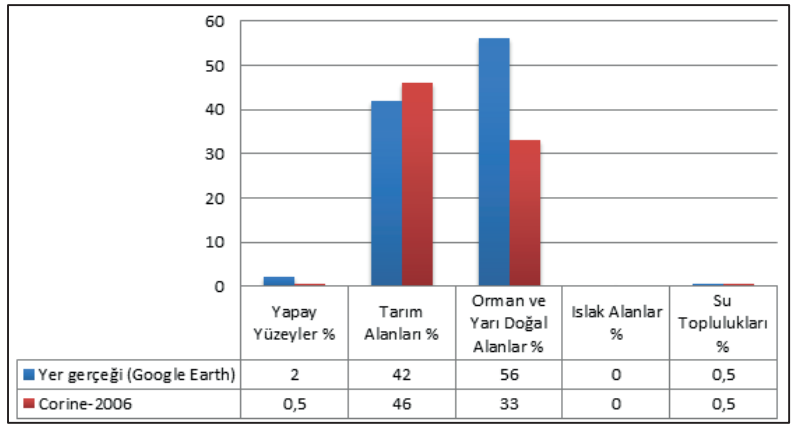


Şekil 1. Batı Karadeniz Bölgesi test alanı (üstte), İç Anadolu-Ege Bölgesi test alanı (altta).
Figure 1. West Black Sea Region test area (upper), Central Anatolia and Aegean region (lower)



	Yapay Yüzeyler %	Tarım Alanları %	Orman ve Yarı Doğal Alanlar %	Islak Alanlar %	Su Toplulukları %
Yer gerçeği (Google Earth)	7	24	68	0	1
Corine_2006	2	46	51	0	1

Şekil 2. CORINE Düzey_1 arazi örtü sınıfları alansal dağılımı (Batı Karadeniz Bölgesi test alanı)
Figure 2. CORINE Level_1 areal distribution of land cover classes (West Black Sea Region test area)



	Yapay Yüzeyler %	Tarım Alanları %	Orman ve Yarı Doğal Alanlar %	Islak Alanlar %	Su Toplulukları %
Yer gerçeği (Google Earth)	2	42	56	0	0,5
Corine-2006	0,5	46	33	0	0,5

Şekil 3. CORINE Düzey-1 arazi örtü sınıfları alansal dağılımı (İç Anadolu-Ege bölgesi test alanı)
Figure 3. CORINE Level-1 areal distribution of land cover classes (Central Anatolia and Aegean region)

Batı Karadeniz Bölgesi test alanı için, yoğun bir orman varlığı bulunan çalışma alanında 'Orman ve Yarı Doğal Alanlar' sınıfı içerisinde yer alan noktaların Düzey-2 seviyesinde 'Orman (%70), Funda ve Otsu Bitkilerin Birleşimi (%25), Bitki Örtüsü Az ya da Hiç Olmayan Alanlar (%5), sınıflarında yer almıştır. 'Tarım Alanları' sınıfı içerisinde yer alan noktaların Düzey-2 seviyesinde 'Tarıma Uygun Alanlar (%53), Sürekli Ürünler (%1), meralar (%8), Heterojen Tarımsal Alanlar (%38)' sınıflarında yer almıştır. 'Yapay Yüzeyler' sınıfı içerisinde yer alan noktaların Düzey-2 seviyesinde 'Şehir Yapıları' (%78), Endüstriyel Ticari ve Taşıma Birimleri (%17), Maden, Boşaltım ve İnşaat Alanları (%1), Tarım Dışı Yapay Yeşil Alanlar (%4)' sınıflarında yer almıştır. 'Su toplulukları' sınıfı içerisinde yer alan noktaların Düzey-2 seviyesinde 'İçsel sular (%65), Deniz suları (%35)' sınıflarında yer almıştır. 'Islak Alanlar' sınıfında veriye rastlanılmamıştır (Şekil / Figure 4).

Gediz Havzası test alanı için, orman ve yarı doğal alanlar sınıfında yer alan noktaların Düzey-2 düzeyinde 'Orman (%37), Funda ve Otsu Bitkilerin Birleşimi (%46) Bitki Örtüsü Az ya da Hiç Olmayan Alanlar (%17) sınıflarında yer almıştır. 'Tarım Alanları' sınıfı içerisinde yer alan noktaların Düzey-2 düzeyinde 'Tarıma Uygun Alanlar (%86), Sürekli Ürünler (-) Meralar (<%1), Heterojen Tarım Alanları (%14)' sınıflarında yer almıştır. 'Yapay Yüzeyler' sınıfı içerisinde yer alan noktaların Düzey-2 düzeyinde tümü 'Şehir Yapıları' (%100) yer almış Endüstriyel Ticari ve Taşıma Birimleri (-),Maden, Boşaltım ve İnşaat Alanları (-),Tarım Dışı Yapay Yeşil Alanlar (-) sınıflarında nokta yer almamıştır (Şekil / Figure 5)

Şekil 4. CORINE arazi örtü sınıflarına düşen nokta sayıları (Batı Karadeniz Bölgesi test alanı)
Figure 4. Number points in CORINE land cover classes (West Black Sea Region test area)

Şekil 5. CORINE arazi örtü sınıflarına düşen nokta sayıları (İç Anadolu-Ege bölgesi test alanı)
Figure 5. Number points in CORINE land cover classes (Central Anatolia and Aegean region)

Koca ve ark., 2010, yaptığı çalışmada ölçek faktörüne dikkat çekerek 1/25000 ölçek düzeyindeki haritaların 1/100000 ölçeğindeki CORINE arazi örtü sınıfları verisinden hassas olacağını vurgulamıştır. Benzer olarak en küçük alan olan 25 ha alan içindeki daha küçük arazi örtü sınıflarının ayırt edilemediğinden kaynaklı veri hassasiyeti ve doğruluğunun düşük olacağını belirtmiştir. Özellikle Düzey-3 seviyesinde sınıflandırmalarda sıkıntılar yaşanabileceğini vurgulamıştır. Yapılan çalışma neticesinde Düzey-3 seviyesindeki arazi örtüsünde arazi örtü sınıflarının yüksek bir doğrulukta üretilemediği tespit edilmiştir. Başayiğit, 2004, yaptığı çalışmada Düzey-1 için yüksek bir doğruluğa ulaşıldığını belirtmektedir. Önerisinde ise kullanılan ölçeğin 1/50000 ölçeğinden daha büyük bir ölçekte üretilebileceğini belirtmiştir. Çalışma sonucunda yüksek bir doğruluk için ölçeğin yükseltilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca Gençer ve ark., 2015 yaptığı çalışmada haritalama ölçeği ve haritalanan en küçük alanın büyüklüğü çalışmanın kalitesini doğrudan etkilediği tespit edilmiştir. Türkiye'nin tamamı için yapılan CORINE haritalarının daha büyük ölçekte ve daha detaylı olarak güncellenmesi ile kullanılabilirliği yüksek temel haritalara dönüşebileceği sonucuna varılmıştır. Yapılan çalışmanın sonuçlar kısmıyla tamamen örtüşmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Her iki araştırma alanına ait doğruluk sonuçları Düzey-3'e göre yapılmıştır. Bartın Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarını kapsayan araştırma alanı için CORINE-2006 doğruluk sonucu %51.80, Gediz Havzasını kapsayan araştırma alanı için %55.32 olarak düşük düzeylerde gerçekleşmiştir. Her iki çalışma alanında ortak olarak Orman ve yarı doğal alanlar sınıfı alansal CORINE-2006 verisine göre daha üst yüzdelerle gerçekleşmiştir. Benzer oranlarla 'Tarım alanları' sınıfı ise daha alt yüzdelerle gerçekleşmiştir.

Batı Karadeniz bölgesinde yer alan ilk test alanında bu değişim oranı daha yüksek yüzdeler içermektedir. CORINE-2006 verilerine göre 'Orman ve Yarı doğal alanlar (%46) ve 'Tarım alanları' (%51) yaklaşık aynı alanlar içerisinde yer almaktadır. Çalışma sonrasında 'Orman ve Yarı Doğal Alanlar' (%24) daha düşük, tarım alanları ise (%68) daha yüksek yüzde ile alansal dağılımda yer almaktadır (Tablo 3.) Bunun nedeni araştırıldığında aradaki farkın heterojen tarımsal alanlardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Düzey-3 düzeyinde incelendiğinde "*Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları*" sınıfının Düzey-2 içerindeki temsil oranı %70 dolaylarındadır. Bu yüksek oran nedeniyle araştırma alanları içerisinde yer alan noktaların Düzey-1 seviyesinde orman ve yarı doğal alanlar sınıfında yer almadığı için tarım alanları sınıfında yer almaktadır. Geleneksel arazi kullanımı içerisinde geçmiş yıllarda tarım alanı olarak kullanılan alanların gerek işgücü gerekse alansal verimliliğin düşük olması gibi nedenlerden dolayı terk edilmesi bu tür sınıfların artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle Düzey-3 seviyesinde iç içe sınıfların ayrımında daha yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama verilerinin kullanılması ve iyi derecede yetişmiş teknik personelin olması zorunludur.

Gediz havzası içerisinde yer alan ikinci araştırma alanında CORINE-2006 verilerine göre Orman ve yarı doğal alanlar (%46) ve tarım alanları (%53) yaklaşık aynı alanlar içerisinde yer almaktadır. Çalışma sonrasında Orman ve yarı doğal alanlar (%42) daha düşük, tarım alanları ise (%56) yüzde ile alansal dağılımda yer almaktadır. Düzey-1 Düzeyinde yer alan sınıflar arasındaki oransal fark tarım alanları lehine artmaktadır. Düzey-3 seviyesinde tartım alanları incelendiğinde temel farkın "Sulanmayan Tarım Alanları", "Karışık Tarım Alanları" ve "Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları" sınıflarından kaynaklandığı görülmektedir. Çalışma alanı içerisinde "Sulanmayan Tarım Alanları" CORINE-2006 da %44 tarım alanları içerisinde yer alırken, Google üzerinden yapılan çalışmalarda noktaların %85 bu sınıf içerisinde yer almaktadır. CORINE-2006 da "Karışık Tarım Alanları" ve "Doğal Bitki Örtüsü ile Bulunan Tarım Alanları" sınıfları yüzdeleri sırasıyla %16 ve %35 iken bu oran yapılan çalışmada sırasıyla >%1 ve %12 olarak gerçekleşmiştir. Bu sınıfların Düzey-3 seviyesinde 1 m renkli mekânsal çözünürlüklü Google Earth üzerinden belirlenmesinde zorlanılmıştır. Verinin daha düşük çözünürlükte bir uydu görüntü verisi üzerinden daha yüksek yüzdelerle belirlenmiş olması verinin doğruluğunu sorgulanmasına neden olmaktadır.

Her iki çalışma alanına ait orman ve yarı doğal sınıflara ait Düzey-3 deki alt sınıflarının ayrımında ciddi hatalar olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Batı Karadeniz'de yer alan çalışma alanı içerisinde ibreli, yaprak ve karışık ormanların birbirleri ile karıştığı tespit edilmiştir. Benzer bir durumun Gediz havzası içerisinde

yer alan ikinci araştırma alanında da görülmektedir. Orman alanlarına ilişkin orman amenajmanı verileri üzerinden doğruluk değerlendirilmesi yapıldığında meşcere haritalarının doğruluklarının oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. CORINE'de sınıflandırılacak en küçük birimin 25 ha olması ve Düzey-3 için 1/100000 ölçekli haritaların hazırlanması kaba bir doğruluk üretilmesinde etkendir. CORINE Avrupa Birliği üye ülkelerdeki arazileri ortak bir sınıflandırma altında toplama projesidir. Yöntemsel olarak doğru bir yaklaşımdır. Projenin ilk zamanlarında orta çözünürlüklü uydu görüntü verileri yardımıyla oluşturulan arazi sınıflama haritaları yeterli gibi görünse de günümüzde yetersiz kalmaktadır. Çalışmanın sonucuna yönelik ve gelecekte planlamaya ilişkin öneriler maddeler halinde aşağıda verilmiştir.

- Havza yönetimi kapsamında CBS tabanlı yürütülecek olan bölgesel çalışmalarda, doğal kaynak sorunlarına ilişkin (su yetersizliği, sel ve taşkın, erozyon vb.) çalışmalarda üretilen CORINE haritaları altlık olarak kullanılmamalıdır. Araştırmacı çalışma amacına yönelik yeter düzeyde arazi sınıflamasını planlanmalıdır.
- Türkiye ormancılık çalışmalarında mutlaka temel olarak kullanılan Topografik harita olan en az 1:25000 ölçekli harita içerik bilgilerini kapsayan CORINE Düzey-4 verisinin hazırlanmalı ya da AB ülkelerinden farklı olarak Düzey-3 seviyesinde ülke ölçeğinde havza bazlı tüm çalışmalarda kullanılmak üzere 1:25000 ölçekli haritaların hazırlanması yararlı olacaktır.
- Orman Genel Müdürlüğü bünyesinde hazırlanan meşcere haritalarının hazırlanmış olan CORINE haritalarının örtüşmediği tespit edilmiştir. Ölçek faktörünün etken olduğu düşünüldüğünde ormanlık alanlarda Düzey-3 yetersiz kalmaktadır. Ülke ölçeğinde CORINE haritalarının ormanlık alanlar için amenajman haritaları ile birlikte yenilenmesi gereklidir.
- Orta çözünürlüklü uydu görüntü verilerinden yapılan sınıflandırma sonuçlarından elde edilecek ölçek seviyesinde oluşturulan haritaların bölgesel ölçekte yetersiz kalmaktadır. CORINE kapsamında, yeni kuşak yüksek çözünürlüklü verilerin kullanılarak ölçek olarak yeter doğrulukta sınıflandırma verilerinin üretilmesi zorunludur.
- Gerek Düzey-3 gerekse Düzey-4 için yapılması planlanan arazi sınıflarında kullanılacak olan uzaktan algılama görüntülerinin çözünürlüklerinin uygunluk analiz yapılarak uygun çözünürlük aralıklarının tespiti ve uydu görüntü verileri seçimi yapılmalıdır.
- Uydu görüntü verisi seçiminde Türk uyduları olan RASAT ve GÖKTÜRK-2 ve gelecekte fırlatılması planlanan uyduların özelliklerine yönelik planlama yapılmalıdır. CORINE haritalarının bu uyduların özelliklerine göre zamansal planlanması yapılmalı ve görüntülerin arşivlenmesi tamamlanmalıdır.
- Tüm planlamaların tek bir kurum üzerinden diğer paydaşlar belirlenerek yürütülmelidir. Tek bir veri tabanı üzerinden erişimi ve kontrolleri yapılarak tüm kurumların kullanımına açılarak gereksiz veri tekrarlarından kaçınılması sağlanmalıdır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Google Earth üzerinden görsel değerlendirmelerinden dolayı Bartın Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü IV. sınıf öğrencileri Talha Berk ARIKAN, Cihan GÜNAL ve Hasan Kavsakoğlu'na teşekkür ederim. Satellite image used in this study was acquired from *United States Geological Survey*, *USGS* (http://www.usgs.gov)

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Atalay, I., 2008. Ecosystem Ecology and Geography. Meta Press, Izmir, Turkey.

Atesoglu, A., Tunay, M., 2010. Spatial and temporal analysis of forest cover changes in the Bartin region, North-Western Turkey. *African Journal of Biotechnology* 9(35): 5676.

Aydınoğlu, A.C., Yomralıoğlu, T., 2008. Arazi Örtüsünü Temsil Eden Coğrafi Veri tabanı Tasarımı., II. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Erciyes Üniversitesi, 13-15 Ekim, Kayseri.

Aydöner, C., Alparslan, E., Dönertaş, A.S., Özel, M.E., Yıldırım, H., 2001. Yozgat İli Sayısal Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıflarının Arazi Yükselti Modeli İle Analizi", SIU 2001, Kıbrıs.

Başayiğit, L., 2004. CORINE arazi kullanımı sınıflandırma sistemine göre arazi kullanım haritasının hazırlanması: Isparta örneği. *Tarım Bilimleri Dergisi* 10(4): 366-374.

Bektas, F., Goksel, Ç., 2004. Remote sensing and GIS integration for land cover analysis, A case study: Gokceada Island, XX Congress of the International Society for Photogrammetry And Remo, 711-714, Istanbul, Turkey.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2007. Türkiye ulusal coğrafi bilgi sistemleri standartlarının belirlenmesi projesi: TUCBS. AO Arazi Örtüsü Veri Teması Uygulama Şeması. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü. Ankara.

Çivi, A., Akgündüz, E., Kalaycı, K., İnan, Ç., Sarıca, E., Toru, E., 2009. CORINE (Coordination of Information on the Environment) Projesi. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2009(02)-06 1-6.

Çivi, A., Akgündüz, E., Kalaycı, K., İnan, Ç., Sarıca, E., Toru, E., 2011. CORINE Projesi. TUFUAB 2011, 6.Teknik Sempozyumu, 1-10, Antalya.

Elif S., ve C., Örmeci, 2009. Bölgesel iklim modellemede kullanılan arazi örtüsü verilerinin doğruluğunun araştırılması. *İTÜ Dergisi/D Mühendislik* 8(3): 29-38.

Gençer, M., 2011. Eğirdir Gölünü çevreleyen arazilerin CORINE yöntemine göre arazi kullanım sınıflaması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62 S., Isparta.

Gençer, M., Başayiğit, L., Akgül, M., 2015. Eğirdir Gölü koruma zonları CORINE arazi kullanım sınıflaması. *Journal of Agricultural Sciences* 21: 26-38.

Güre M., Özel, M.E., Özcan, H., 2009. CORINE arazi kullanımı sınıflandırma sistemine göre Çanakkale ili. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(3): 37-48.

INSPIRE, 2007. Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)", Avrupa parlementosu ve Konseyi 14.03.2007 Kabulü, AB Resmi Gazete, Ankara.

Karagülle, O., Kendüzler, M., 2007. Corine sınıflandırması (Coordination of Information on The Environment), Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

Kitiş, C.K., 2009. Arazi kullanımındaki değişimlerin coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla izlenmesinde quickbird uydu verileri ve hava fotoğraflarının birlikte kullanılma olanaklarının Kuzey Adana örneğinde araştırılması. Çukurova Üniversitesi, ,Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 168 S., Adana.

Koca. Y.K., Doran, İ., Kılıç, T., 2009. Arazi sınıflandırma yöntemi CORINE'e eleştirel bir yaklaşım. V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 71-80, Ankara.

Lillesand, M.T., Kiefer, W.R., 1994. Remote Sensing and Image Interpretation, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Ma, Z., Hart, M.M., Redmond, R.L., 2001. Mapping vegetation across large geographic areas: integration of remote sensing and GIS to classify multisource data. *Photogrammetric Engineering and Remmote Sensing* 67(3): 295-307.

Ormeci, C., Ekercin, S., 2007. An assessment of water reserve change in the Salt Lake, Turkey through multitemporal landsat imagery and real-time ground surveys. *Hydrological Processes* 21: 1424-1435, Doi: 10.1002/Hyp.6355

Ostır, K., Veljanovski, T., Podobnikar, T., Stancic, Z., 2002. Application of Satellite remote sensing in natural hazard management: The Mount Mangart landslide case study. *International Journal of Remote Sensing* 24(20): 3983-4002.

Saroğlu, E., 2004. Farklı Çözünürlükteki Uydu Görüntülerinin Geometrik Dönüşümü ve Dönüşüm Sonucunda Elde Edilen Görüntülerin Dış Doğruluğunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Schweiger, E.W., Bolgrien, D.W., Angradi, T.R., Kelly, J.R., 2005. Environmental monitoring and assessment of a great river ecosystem: The Upper Missouri River pilot. *Environmental Monitoring and Assessment* 103: 21-40.

Sommer, S., Hill J., Megier, L., 1998. The potential of remote sensing for monitoring rural land use changes and their effects on soil conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 67: 197-209.

Vural, H., Dinç, U., Öztürk, N., 1997. Sayısal uydu verileri yardımıyla arazi kullanım haritaları hazırlanmasının doğu akdeniz örneğinde araştırılması. 61 III. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri Uludağ-Bursa.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.27530
Research Article / Araştırma Makalesi

Türkiye Orta Toroslar bölgesinde peyzaj ve arazi kullanımı değişikliği

Yıldız Güneş [1*], Albert Reif [1], Jürgen Huss [1]

[1*] University of Freiburg, Chair of Vegetation Science, 79085, Freiburg, Germany

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** yildiz.guenes@waldbau.uni-freiburg.de

Received (Geliş tarihi): 25.03.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 13.04.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 13.04.2015

Özet: Bu çalışmada arazi kullanımı değişikliğinin Türkiye`nin Orta Toros Dağlarında ormanlık alanlar ve tarım alanları üzerine olan etkisi incelenmiştir. Bu bölgede son yıllarda yoğun (extensive) otlatma alanlarından tarım alanlarına bir dönüşümün olduğu gözlenmiştir. Bunun yanında ormanlık alanlarda yoğun olarak azalma ve bozulmaların olduğu belirlenmiştir. Model alanlar üzerine yapılan çalışma göstermiştir ki, 60'lı yıllarda orman örtüsü % 80' inin üzerinde bulunmaktadır. Sonraki yıllarda ise ormanlık alanlarda % 20'nin üzerinde bir azalma, bunun yanında tarımsal arazilerde ve meralarda bir artışın olduğu gözlenmiştir. 90'lı yıllara gelindiğin de ise otlatma alanlarının neredeyse % 30'u tarım alanlarına dönüşmüştür. Aynı zamanda son 50 yıl içerisinde kırsal kesimde yaşayan insanların yaşam tarzları yoğun olarak değişmiştir. 20. yüzyılın ortalarına kadar göçebe olarak yaşayan bu insanlar daha sonraları yerleşik hayata geçmişlerdir. Bununla birlikte bu bölgelerdeki insan yoğunlukları ve hayvan otlatma alanları azalmış, tarım alanları ise artmıştır. Orta Toroslar`daki bu değişim, yaşam sahaları ve peyzajın değişimini beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada ayrıca orman bozulmasını azaltmanın bir yolu olarak, tarım arazilerinin daha yoğun olarak kullanımı tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arazi kullanımı değişikliği, peyzaj, orman degradasyonu, Orta Toroslar

Change of land use in the Turkish Taurus Mountains

Abstract: The effects of land use changes on forests and agricultural areas in the central Taurus Mountains of Turkey have been studied. In this region a progressive conversion of extensive grazing was observed towards more intensively farmed arable land in recent decades. The loss of forest land is obvious, and the remaining forests are currently severely degraded and fragmented. Based on a model area it was shown that forests accounted for more than 80% of the land cover in the 1960s. In the following decades the forest area decreased by more than 20%. To the same extent, the share of agricultural land increased, predominantly of the pastures, too. The use of pastures in turn was replaced in the 1990s by arable use, so that now for almost 30% of land use accont for production crop. Accordingly, the way of life of the rural population changed in the last 50 years. By the middle of the 20th century, people had mostly been living as nomads. Thereafter, they become increasingly stationary. While the population density decreased at the some time agriculture was intensified and livestock reduced. This change leds to today to profound changes in the landscape of the Taurus Mountains and its unique habitats. Restrictive measures as a way to curb forest degradation and to intensify the use of arable land are discussed.

Keywords: Land use change, landscape, forest degradation, Central Taurus Mountains

1. GİRİŞ

Türkiye, sahip olduğu farklı coğrafi konum, heterojen topoğrafya ve farklı iklim kuşakları nedeniyle, Avrupa ve Yakın Doğu`nun bitki örtüsü bakımından en zengin ülkesi konumundadır (Kürschner ve ark., 1997, Mayer ve Aksoy, 1986). Türkiye Florası 12000 türden oluşurken bunun % 30,6'sı endemiktir. Bitki çeşitliliği ve endemikler açısından en zengin bölge Akdeniz Bölgesi ve özellikle Toros Daglarıdır (Davis, 1965-1985, Mayer ve Aksoy 1986, Kürschner ve ark., 1997). Toros Dağları Türkiye`nin

To cite this article (Atıf) : Güneş, Y., Reif, A., Huss, J., 2016. Türkiye Orta Toroslar bölgesinde peyzaj ve arazi kullanımı değişikliği. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 184-197. DOI: 10.17099/jffiu.27530

güneyinde, Güney Anadolu`da yer alırken, kısa mesafelerde yükseklik farklılıklarının görülmesi yazın ve kışın bölgesel iklim değerleri değişimi için önemlidir. Bu özelliğin sonucu bölgede mevsimsel olarak göçebe hayvancılığı gelişmiştir. Geleneksel yaşam süren göçebe halkı kışın daha sıcak olan alçak ovalarda konaklarken yazın ise aşırı sıcaklıklardan dolayı yüksek yaylalara çıkmaktadır. Buna ek olarak, eski dönemlerden bu yana geleneklere ve arazi yapısına bağlı olarak, farklı model ve formda göçebe yaşam tarzı gelişmiştir.

Binlerce yıldan beri Akdeniz Bölgesinde neredeyse ekosistemin tamamının yapısı yoğun kullanımdan dolayı bozulmuştur. Potansiyel doğal bitki örtüsü sadece belirli alanlarda korunabilmiştir (Savaş, 1941; Kehl, 1985; Ayaşlıgil, 1987; Cierjacks ve Hensen, 2004; OGM, 2004). Ayrıca tür bileşimlerinde ve ormanlık alanlarda yapısal bozulmalar da ortaya çıkmıştır (Wahren ve ark., 1994, Barbero ve ark., 1990).

Türkiye toprakları bundan yaklaşık 10 000 yıl önce % 70'i ormanlarla kaplı iken, % 20'si step örtüsüyle kaplıydı. (OGM, 2006). Günümüze gelindiğinde ise bu durumun büyük oranda ormanların aleyhine gerilediği görülmektedir. Aktüel orman örtüsü şu an için ülke topraklarının % 26'sını, buna karşın step alanları ise % 35'ini kaplamaktadır (Mayer ve Aksoy, 1986; Huss ve Kahveci, 2009). Mevcut ormanların sadece % 44'ü verimli orman sınıfına girerken % 56'lık kesim orta derecede açılmış, bodur ağaçlardan oluşan bozuk ormanlardan oluşmaktadır (OGM, 2010). Bunun nedeni olarak; tipik toprak bozulmasını ve orman içi otlatma sonucu fidanların tepe ve yan sürgünlerinin yenilerek büyümenin yavaşlatılması gösterilebilir (Perevolotsky ve Haimov, 1992; Vandenberghe ve ark., 2007; Papachristou ve Platis, 2011).

Türkiye`de şu an için, bir zamanlar mevcut olan göçebe yaşam tarzını ve arazi kullanımı değişikliğini, ayrıca bunun ormanlık alanlar üzerine olan etkisini belgeleyen hiç bir bilimsel çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, son 50 yılda geleneksel yaşam tarzına sahip kırsal nüfusun, yaşam tarzındaki değişiklikler ve bu değişikliklerin arazi kullanımı ve orman örtüsüne olan etkisini belgelemektir. Bu bağlamda ekonominin ve tarımda kullanılan tekniklerin yaşam şekline olan etkisi esas alınmıştır. Araştırma için Orta Torosların seçilmesinin nedeni; arazi kullanımının gelişimi için merkezi öneme sahip olması ve aynı zamanda bu gelişimin sınır bölgelerdeki ovalık alanları da etkileyebilme olasılığıdır.

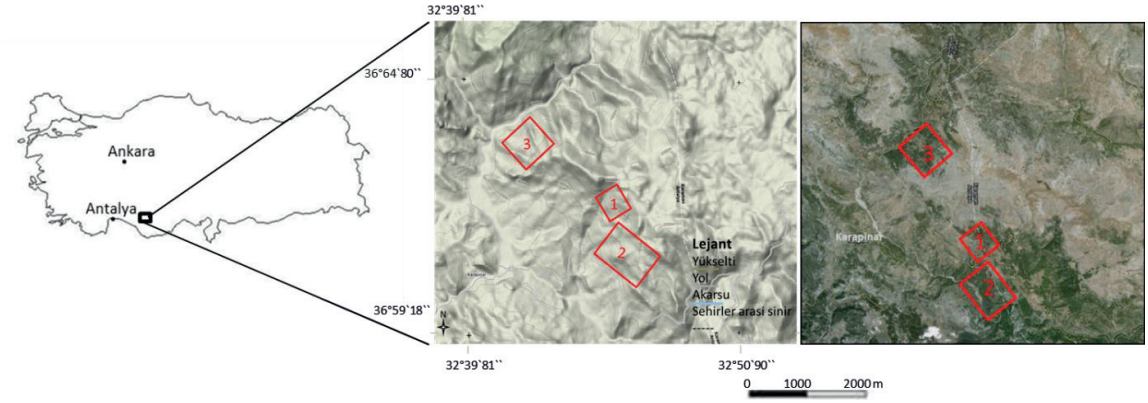
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Güney Torosların Özellikleri ve Araştırma Alanlarının Seçimi

Toros Dağları 1500 km'nin üzerindeki uzunluğa sahip sıra dağlardan oluşur. Bu uzanış Güneybatı Akdeniz kıyılarından başlar ve Suriye`nin kuzeyine kadar devam eder. Aynı zamanda Batı, Orta ve Doğu olarak kendi içinde bölümlere ayrılır. Araştırma alanlarımız Orta Torosların iç kesiminde, Alanya`nın kuzeydoğusunda yer almaktadır. Bunun yanında yazın mevsimsel olarak kullanılan yaylalık alanlardan oluşurken, ortalama yükseklik değeri 1500 metrelerdedir. Ayrıca Karasal Akdeniz İklimi 'nin bu bölgede hakim olduğu görülmektedir (Kantarcı, 1982). Kışlar soğuk ve yağışlı geçerken ortalama hava sıcaklığı Ocak ayında ortalama olarak 0 ile -5 C°, bazı günlerde ise -10 C° ye kadar düşmektedir. Yazın ise ortalama sıcaklık değerleri 18-21 C° ler arasında olmaktadır. Ortalama yağış değerleri ise yükseklik ve yön durumuna göre 600 ile 1200 mm'ler arasında değişmektedir (MGM, 2008).

Farklı yükselti basamaklarının, heterojen topoğrafyanın ve farklı iklim özelliklerinin etkisine bağlı olarak bölge bitki çeşitliliği bakımından oldukca zengindir (Kürschner ve ark., 1997). Doğal orman örtüsü bakımından bölge Akdeniz Dağ Kuşağında yer alırken, bu saha *Pinus nigra, Cedrus libani, Abies cilicica, Juniperus exelsa ve Juniperus oxycedrus* gibi iğne yapraklı ormanlardan oluşmaktadır (Ayaşlıgil, 1987; Kürschner ve ark., 1997). Toprak vejetasyonu bakımından ise *Asteraceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Caryophyllaceae ve Plumbaginaceae* gibi familyalarin hakim durumda olduğu görülmektedir (Kürschner ve ark., 1997). Araştırma alanları belirlenirken, özellikle tipik Toros Dağları`nın fizyoğrafik yapısına uygun arazi parçaları olmasına özen gösterilmiştir. Orta Torosları temsil eden; rman lanı, ükseklik ve eoloji özellikleri baz alınmıştır. Ayrıca kartoğrafik ön analiz yapılarak, alanın Geyik Dağları üzerinde, Orta Torosların güney uzantısında olmasına karar verilmiştir. Araştırma alanı genelleştirildiğinde Alanya, Gazipasa, Karapınar, Sarıveliler havzasını kaplamakta ve ortalama olarak 16 000 ha alandan oluşmaktadır. Seçilen bu bölgede Orta Toroslar`ı temsil eden alan; birbirine

yakın 3 araştırma alanı; Hortu Dağ 539 ha ile, Ladin Dağ 2 085 ha ile ve Tufan Dağı 1 172 ha ile, toplamda 3 800 ha olarak belirlenmiştir (Şekil / Figure 1).



Şekil 1. Araştırma alanlarının konumu, Orta Toroslar (Google Earth 2013).
(Sol resim: Arazi topoğrafyası, Sağ resim: Orman dağılışı).
Figure 1. Location of the study area in the central Taurus Mountains (Google Earth 2013).
Left picture: orographic situation, right picture: Forest distribution.

Sol taraftaki resim araştırma alanı küçük alanlar şeklinde yapılandırılmış, yükselti basamakları ve vadiler halinde gösterilmektedir. Sağ taraftaki resimde ise ormanlık, çıplak ve kayalık alanlar gösterilmektedir.Arazinin hetorojen olarak şekillenmesinden dolayı araştırma alanları farklı büyüklüklerdeki parçalardan oluşmaktadır (Tablo / Table 1).

Tablo 1. Araştırma alanlarının yer, alan ve coğrafi konumları.
Table 1. Names, sizes and geographic locations of the 3 mountain areas.

Yer	Alan (ha)	Coğrafi Konum
Hortu-Dağı	539	36°60`12``-36°61`53``N, 32°50`45``-32°51`45``E.
Ladin-Dağı	2.085	36°57`96``-36°61`20``N, 32°43`48``-32°49`01``E.
Tufan-Dağı	1.172	36°64`82``-36°68`40``N, 32°41`88``-32°46`24``E.
Toplam	**3.800**	

Araştırma alanları 1150-1850 m NN yükselti basamakları arasında yer almaktadır. Aynı zamanda benzer bitki topluluklarının bulunduğu tipik yaylaklardan oluşmaktadır. Jeolojik yapı; Orta Toroslar'ın büyük bir kısmını oluşturan kalker, dolomit, kumtaşı ve filislerden oluşurken, toprak tipi; balçıklı olup terra rossa, rendzina ve kollivien'den şekillenmektedir (Kuntze ve ark., 1994). İlk olarak araştırma için fizyografik üniteler Orta Toroslar`daki tipik arazi kullanımı parçacıklarından seçildi. Çalışma yapılacak alanın minumum boyutunun, orman örtüsü, yükseklik ve jeoloji ilişkisi bakımından orta Toroslar`ı temsil etmesi gerekmektedir. Buna ilaveten harita üzerinde bir ön analiz yapılarak, çalışma alanları Orta Toroslar`da Geyik Dağı üzerinde tespit edilmiştir.Burada 3 çalışma alanı aşağıdaki ölçütlere göre belirlenmiştir:

- Öncelikli ağırlık merkezi orman dağılımı olmuştur. Buna ek olarak en az % 10 kapalılığa sahip, az ya da çok şekilde bozulmuş Sedir ve Göknar ormanlari tercih edilmiştir. Orman tanımlaması olarak ise kapalılık derecesi >10 ve ağaç yüksekliği > 5 m olarak kabul edilmiştir.
- Araştırma alanı seçiminde dikkate alınan bir diğer kriter ise yüksekliği 1150-1850 m NN de yer alan Sedir-Göknar ormanlarıdır. Bu alanların aynı zamanda, geleneksel yaşam süren yöre halkının yazlık oturma yerleri olan yaylaklarda yer alması gerekmektedir.
- Büyük oranda yer kaplayan kayalık alanlar araştırma dışında tutuldu.
- Örnek alanın dış sınır çizgilerini ise tanınabilir derecedeki büyük yollar oluşturmaktadır.

2.2. Metodolojik Yöntem

Bu araştırmada yerleşim tarzları, tutumları ve arazi kullanımı değişimleri ile ilgili gerekli dökümanlar Lamnek (2002)‘ in Nitel Görüşme Yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Öncelikle geleneksel olarak yaşamlarını sürdüren kırsal bölge halkına sorulacak sorulardan anket hazırlanmış, sonra onların anlayabileceği dille sadeleştirilerek bu sorular sunulmuş ve kişilerden alınan cevaplar belgelendirilmiştir.

2.3. Yerli Halktan Bilgi Edinme

Geçmişteki ve günümüzdeki göçebe yaşam şeklinin irdelenmesi üzerine toplamda 10 soru formüle edilmiştir. Ancak geçmiş dönemdeki yaşam şeklinin belirli bir zaman diliminde yer almamasından dolayı araştırmanın mümkün olduğunca geniş zaman aralığını kaplaması gerekmektedir. Bu nedele anketimize katılan kişiler 60 yaş üzeri ve yaşamlarını kırsal alanda geçiren yöre halkından oluşmaktadır. Sorular ortalama olarak 1960‘lardan sonraki 50 yıllık dönemi kapsayan, bu kişilerin çocukluk ve gençlik dönemlerine ait anımsamalar üzerine hazırlanmıştır. Aktüel olan bilgiler ise anketin yapıldığı yıllar olan 2010-2011’lere aittir. Bu anketle özellikle bu yıllar arasındaki değişimler belgelendirilirken, anket aşağıdaki ağırlıklı merkez noktalarını içermektedir:

- Yerleşim yeri biçimi ve konut tipi,
- Ekonomik ve tarımsal etkinlikler,
- Mevsimlik iş dağılımı,
- Sermayenin durumu,
- Arazi kullanımı,
- Sahip olunulan hayvanlar, türleri, sayıları ve kullanılma şekilleri,
- Tarımsal ve hayvansal üretim şekilleri,
- Otlatmanın ne şekilde yapıldığı ve yeri,
- Ormanlardan ne şekilde yararlanıldığı,
- Meslek çalışmaları

Anket, geçiş yolu üzerinde bulunan, merkezi bir konuma sahip olan Alanya`nın Karapınar Köyü`nde oluşturulmuştur. Yaşlı insanların genellikle aileleriyle birlikte olmalarından dolayı, denekler aileleri temsil etmektedir. Çalışmanın anketleri 40 aile ile gerçekleştirilmiştir.

2.4. Coğrafi Malzemelere Dayalı Türetme

Daha önceki bölümde de işlendiği gibi, peyzaj Orta Toroslar`da geleneksel arazi kullanımına bağlı olarak büyük ölçüde değişmistir. Yapılan anketlerin sonuçlarına göre, geçmiş dönemde göçebe olarak yaşayan, geleneksel yaşam süren yöre halkının, yaşam koşullarının etkili olduğu kaydedilmistir. Yapılan anket sonucundaki görüşler kişilerin hatırlama gücüne bağlı olarak sergilenirken, bununla birlikte subjektif hataların olma olasılığı da bulunmaktadır. Bundan dolayı anket sonuçlarına ek olarak, harita ve uydu resimleri gibi, bazı objektif malzemeler de kullanılarak arazi kullanımındaki değişiklikler analiz edilmiştir.

2.5. Temsili Çalışma Alanlarının Belirlenmesi ve Seçimi

2.5.1. Arazi Kullanımı Değişikliğinin Saptanması

Çalışma alanındaki arazi kullanımı değişikliği eski haritalar ve güncel uydu kayıtları incelenerek belirlenmiştir. Buna ek olarak 1963 (1: 25000) ve 1990 (1: 50000) yıllarına ait haritalar Antalya Orman Bölge Müdürlüğü ve Alanya Orman İşletme Müdürlüğünden elde edilerek değerlendirilirken, mevcut ormanlarla kaplı alanlar ve ormansız açık alanlar coğrafi bilgi sistemi (GIS) ve ArcGIS yardımıyla hesaplanmştır. Diğer taraftan güncel olan farklı arazi kullanım şekilleri ve bunların alan kaplama dereceleri, uydu kayıtları (Google Earth, 2013) yardımıyla elde edilmiş ve hesaplanmıştır.

Arazi kullanımı şekli; orman alanları, otlak/meralar ve tarımsal amaçlı kullanılan alanlar şeklinde ayrılmıştır. Yazlık olarak kullanılan evler alan bakımından çok düşük paya sahip oldukları için ayrı bir kategoride değerlendirilmemiştir. Arazi kullanımı ile ilgili daha fazla açıklamanın uydu görüntüleri incelenerek elde edilmesi mümkündür. Ayrıca bu kayıtlar orman kapalılığındaki mevcut olan tahribatın içeriğini belirlemeyi de mümkün kılmaktadir. 2013 yılına ait ormanlık alanlar kapalılık bakımından 3 kategoride sınıflandırılmıştır (Tablo / Table 2).

Tablo 2. Araştırma alanında kullanılan orman kategorisi ve kapalılık derecesi (OGM, 1991).
Table 2. Categories and canopy cover of forest land in the study areas (OGM, 1991).

K a t e g o r i	Kapalılık Derecesi (%)
Kapalı	>71
Yarı-Kapalı	41-70
Açık	11-40

1963-1990 dönemlerine ait haritalar ile 2013 yılına ait uydu kayıtlarının karşılaştırılması, bölgedeki 50 yıllık dönem içerisinde meydana gelen arazi kullanımı değişikliğinin değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır.

3. KIRSAL HALKIN YAŞAM ŞEKLİ, YERLEŞİM YERİ SEÇİMİ VE KONUT TİPİ

3.1. Geçmişteki Yaşam Şekli ve Değişimi

Orta Toroslar`da dağ köylerindeki yöre halkı uzun yıllar göçebe olarak yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Kışın soğuk geçen dönemlerinde daha ılık olan sahil kenarlarına, alçak ovalara taşınırken, yazın aşırı sıcaklardan dolayı daha serin olan yüksek yaylalara, keçi, deve ve koyunlarıyla birlikte göç ederek yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Bu hayvanlardan aynı zamanda et, süt, penir ve tereyağı gibi ürünler elde ederek şehir pazarlarında satıp aile ekonomisine katkı sağlamışlardır. Bu göçebe yaşam şekli son yıllarda devlet tarafından ormanların iyileştirilmesi için değiştirilmiştir. Diğer nedenler ise ekonomik kökene dayanırken aynı zamanda insanların daha rahat bir yaşam istemesidir. Ekonomik etkinliklerin değişmesi aynı şekilde doğayı ve araziyi de etkilemiştir.

Uzun yıllar göçebe yaşam süren insanlar üzerine yaşam şekillerini değiştirmeleri konusunda çeşitli yöntemler uygulanmıştır. Bunlardan biri de Türkiye Cumhuriyeti`nin kurulmasından sonra 1923'de yerleşim (ikamet) kanununun çıkarılmasıdır. Bununla birlikte göçebe olarak yasayan her bir ferdin belirli bir köyde ya da merkezde ikamet ediyor olarak gösterilmesi gerekmektedir. Uygulanan bu yöntemle, göçebe insanların yerleşik hayata geçirilmesi amaçlanmıştır (Eröz, 1991). Geçmişte Osmanlılar zamanında da buna benzer kanunlar çıkarılmış ancak hiç birinde istenilen amaca ulaşılamamıştır. En son 2006 yılında çıkarılan kanunu, göçebe yaşam tarzının arazi kullanımı üzerine ekolojik etkisi sebep gösterilerek yürürlüğe konulmuştur (Hukuk Kitabı, 2006).

1980-1997 yılları arasında Toros Dağları`nda 1 milyon göçebe insan, geleneksel Yörük-Göçebe sisteminden yerleşik hayata geçmiştir. Buna parelel olarak devlet, sahile yakın alanlarda konut, tarla ve iş kurmak amacıyla bazı kredi imkanları gibi bir takım teşvikler vermiştir. Bununla birlikte tüm bu sunulan teşvikler baskı uygulamada etkili olmuştur (Doğan ve Doğan, 2010).

Ormanlık alanlar, çayırlık alanlar, meralar 1945'ten bu yana % 99 oranında devlete ait iken, sadece % 1'lik kısım özel sektöre ait görülmektedir (Korkmaz, 2010). Bununla beraber geçmişten günümüze kadar kırsal yaşam süren insanların meralarda kullanma hakkı mevcuttur.

Aşağıdaki veriler anket sonucuna göre düzenlenmistir.

3.2. Yerleşim Yeri Biçimi

Geçmiş dönemlerde yazın konaklama yeri seçiminde hayvanlar için otlatma alanlarının varlığı etkili olurken, aynı zamanda ısıtma amaclı odun temin edilebilecek su kenarları tercih edilmiştir. Bu dönemlerde insanlar kolayca kurulabilen çadırlarda yaşamışlardır. Çadırların çatısı keçi kılından dokunan dokumalardan oluşurken, orta direkleri ise sağlam sedir ağaçlarından elde edilmiştir. Hafif ve havadar olan bu çadırlar, kışın yağmur geçirmezken aynı zamanda fırtınaya karşı da dayanıklıdır. Yazın bu çadırların içi oldukça serin olurken, kışın ise içerisinde ısınma amaçlı ateş yakılmaktadır. Devletin eylemi sonucu yaklaşık olarak 1980'lerden itibaren yerleşik hayata geçişle birlikte çadırların yerini yazlık evler almaya başlamıştır. Bugün bu yörede kırsal yaşam süren insanlar, ovalarda olduğu gibi yüksek yaylalarda da kalıcı taş evlerde yaşamaktadır. Anketin yapıldığı dönemde çadırlarda yaşayan hiç bir aile bulunmamaktadır.

Dağlık taş evler genellikle iki kattan oluşurken zemindeki ilk kat genellikle hayvanlar için ahır olarak kullanılmakta, üst kat ise insanların yaşaması için oturma odaları ve mutfaktan oluşmaktadır. Evlerin taş temeller üzerine oturtulmuş duvarları genellikle taş ve biriketten oluşmaktadır. Çatılar ise metal saçlardan inşa edilmiştir. İnsanlar kış mevsimini ovalık köylerde yer alan evlerinde geçirmektedirler.

3.3. Hayvancılık

Geçmiş döneme ait hayvan sürüleri keçi, deve ve koyundan oluşurken, hayvan sayısı 300 ile 1000 arasında değişmektedir. Sürülerin bu büyüklüğü gözönüne alındığında, hayvanlar meralarda ailelerinden oluşan birden fazla çobanın gözetiminde otlatılmıştır. Her aile hayvanlarını kurt ve ayılara karşı korumak için 3-5 (10) çoban köpeğine sahip bulunurken, ayrıca göç esnasında kullanmak için sayıları 20 ile 50 (ekstrem olarak 150) arasında değişen taşıyıcı hayvan olarak, deve, eşek ve at kullanmışlardır. Hayvancılık bu dönemde temel ekonomik etkinlik olarak görülmektedir ve ailenin tüm fertleri bu etkinlikte yer almaktadır.

Geçmiş dönemde araştırma yapılan alanda yaklaşık olarak 150 aile bulunurken, her aile ortalama olarak 8 fertten oluşmaktadır. Anketin yapıldığı 2010-11döneminde ise aile sayısı 96 ya gerilerken, aile başına düşen fert sayısıda 5 e düşmüştür. Daha az sayıda insan hayvancılığı ana ekonomik etkinlik olarak gerçekleştirmektedir. Yaklaşık olarak 1980'lerden sonra keçi, koyun ve inek genellikle insanların kendi gıda gereksinimlerini karşılamak için beslenmektedir. Buna ek olarak, bu etkinlikler genellikle aile büyükleri tarafından yürütülmektedir. Yeni nesil eğitimlerine devam etmekte ya da farklı iş alanlarında çalışmaktadırlar. Sıcak yaz günlerinin başlamasıyle birlikte insanlar hayvanlarını alarak, yüksek yaylalarda yer alan (> 1400 m) otlak alanlarına kamyonetlerle gitmekte, sonbaharda ise havaların tekrar soğumaya başlamasıyla birlikte sahil yakınlarındaki evlerine taşınmaktadırlar.

3.4. Kırsal Nüfustaki Azalma ve Hayvancılığın Değişimi

Hayvancılıktaki değişim anket sonucuna göre belirlenmiştir. Ortalama değerlerin kıyaslanması yaklaşık olarak 1960 ile anketin yapıldığı yıl olan 2010-11 yıllarına aittir (Tablo / Table 3).

Tablo 3. Araştırma alanında kişi başına düşen hayvan sayısı: 1960 ve 2010/2011 (Anket 2010-2011).
Table 3. Number of animals per family in the study area: 1960 and 2010/2011 (Survey 2010-2011).

Hayvan Türü	Envanter Yılı		
	~1960	2010/2011	Fark
Keçi	520	25	-495
Deve	13,2	0	-13,2
Koyun	10,7	2,5	-8,2
Eşek, At	5,6	1,6	-4,0
Sığır	0	1,9	+1,9

Kırsal nüfusun azalması ile birlikte hayvan sayısında da azalmalar görülmüştür. Keçi sayısı son 50 yıl içerisinde % 95 oranında azalırken, deve besiciliği ise tamamen ortadan kalkmıştır. Bunun yanında koyun, at ve eşek sayılarında da büyük oranda düşüş kaydedilmiştir. Bölgenin geneli göz önüne alındığıda sadece besi hayvanı olarak sığır sayısında bir artış olduğu gözlenmiştir.

3.5. Otlatma

Geçmiş dönemde ormanlık arazinin ve tarımsal arazi alanlarının sınırlarının net olarak belirlenmemiş olmasından dolayı, bu alanlarda ne kadar hayvanın ne kadar ormanlık alanda, orman içi otlatma yaptığı araştırılamamıştır. Engebeli arazi yapısından dolayı, bölgedeki açık alanlar otlatma için yeterli değildir. Bundan dolayı sıcak yaz günlerinin başlamasıyla birlikte, mayıs ayından itibaren sonbahar başlarına kadar ormanlık alanlar yoğun olarak otlatılmıştır. Geleneksel göçebe hayat süren bu kırsal yöre insanları, meralardan ve ormanlardan yararlanmalarından dolayı devlete hiç bir ücret ödememişlerdir. Tüm bu nedenlerle birlikte özellikle Orta Toroslar`da ormanlık alanlar ve çeşitli doğal bitkiler büyük oranda zarar görmüştür, devamında ise bozulmaya uğramış ağaçsız çıplak alanların ortaya çıktığı görülmüştür (Şekil / Figure 2-3).

Şekil 2. Keçi ve koyun otlatmasından dolayı ortaya çıkan orman bozulması (Dikenli Dağı, 2010).
Figure 2. Forest degradation as a result of grazing grazing with goats and sheep (Dikenli Hill, 2010).

Şekil 3. Sığır otlatması sonucu ortaya çıkan orman bozulması (Dikenli Dağı, 2010).
Figure 3. Forest degradation by grazing with cattle (Dikenli Dağı, 2010).

Günümüzde de mevsimsel olarak otlatma devam etmektedir. Yasal olarak orman içi otlatmasının yasak olmasına rağmen, yüksek yaylalık alanlarda mayıs ayı sonundan ekim ayı başına kadar hayvanlar, az sayıda da olsa orman içlerinde, kışın ise alçak alanlardaki meralarda otlatılmaktadır.

3.6. Tarımsal Etkinlikler ve Bahçecilik

Geleneksel yaşam süren göçebe halkının geçmiş dönemde hiç bir tarımsal etkinlikte bulunmadığı belirlenmiştir. Bunun nedeninin başında ise, ekim ve hasat için gerekli olan süre boyunca, belirli bir yerde konaklamıyor olmaları gelmektedir. Günümüzde ise göçebelerle ilgili kanunun yürülüğe girmesiyle birlikte, yerleşik hayata geçen göçebeler, yazlık olarak kullandıkları evlerin etrafını bahçe ve tarla açmak suretiyle ormansızlaştırmaya başlamışlardır. Evlerine yakın yerde oluşturdukları bahçelerde patlıcan, biber, domates, fasulye, soğan, ıspanak gibi çeşitli sebzeler yetiştirmektedirler. Bahçe kenarları taşlarla örülürken, bahçe içlerine de kiraz ve elma ağaçları dikilmiştir (Şekil / Figure 4). Ayrıca tarımsal

faaliyetler günümüzde de uygulanmaktadır. İnsanlar kendi gereksinimlerini karşılamak için açmış oldukları küçük tarlalarda arpa ve buğday yetiştirirken, hayvanlarına yem olarak ise saman üretmektedir (Şekil / Figure 5). Bu bölgede topoğrafyanın uygun olmamasından dolayı tarımsal işlemler küçük el aletleriyle, zahmetli olarak, zaman alıcı bir şekilde, yöre halkı tarafından yapılmaktadır. Toprakta mineral eksikliği olması durumunda kimyasal gübreler de kullanılmaktadır.

Şekil 2. Keçi ve koyun otlatmasından dolayı ortaya çıkan orman bozulması (Dikenli Dağı, 2010).
Figure 2. Forest degradation as a result of grazing with goats and sheep (Dikenli Hill, 2010).

Şekil 3. Sığır otlatması sonucu ortaya çıkan orman bozulması (Dikenli Dağı, 2010).
Figure 3. Forest degradation by grazing with cattle (Hortu Hill, 2010).

3.7. Ormanlardan Odun Elde Etmek ve Otlatma Yapmak Amacıyla Yararlanma

Orta Toroslar`da ormanlardan yakacak odun elde etmek ve hayvanları otlatmak amacıyla uzun yıllar yoğun olarak yararlanılmıştır. Bu şekilde ormanlar büyük oranda tahrip edilmiştir. Pek çok genç orman meşcerelerinin, en başta keçi olmak üzere çeşitli hayvanların otlatılması sonucu kalitesi düşürülmüştür. Günümüzde ormanların büyük bir bölümü (%99) devlete ait olup, her türlü bakım, koruma ve yararlanma işlemlerinden devlet sorumludur. Buna rağmen hala yasalara itaatsizlik mevcuttur. Hala bir çok yerde kaçak olarak ormanlardan faydalanma devam etmektedir. Orman içi otlatmanın yanısıra göknar ağaçlarının dalları, yazın gölgelik yapmak ve hayvanlara besin olarak vermek amacıyla kesilirken, sedir ağaçları ise reçine elde etmek amacıyla yaralanmaktadır.

3.8. Bitkilerden Yararlanma

Bitkiler geleneksel olarak yöre halkı tarafından geçmiş dönemde beslenme, tibbi ve çeşitli malzemeleri boyama amaçlı olarak kullanılmıştır. Ebegümeci gibi bazı *Malve* türleri beslenme amacıyla kullanırken, bunun yanında adaçayı gibi bazı *Salvia* türleri de çay olarak tüketilmiştir. *Berberis vulgaris*, *Euphorbia* und *Verbascum* türleri de renk verici madde olarak boyama amaçlı kullanılmıştır. Günümüzde %80 oranında bitkilerden yararlanma, beslenme (*Stachys lavandulifolia* çay yapmak amacıyla) ve tıbbi amaçlı (*Ajuga bobycina* yaprakları) olarak devam etmektedir. Bazı orkide türlerinin (örnek olarak, *Orchis anatolica*) ve *Cyclamen cilicicum*'un yumruları yöre halkı tarafından toplanıp satılmaktadır. Orkide yumruları sahlep ve dondurma yapımında kullanılırken her iki tür de aşırı ve kontrolsüz toplama nedeniyle tehlike altında görülmektedir. Mantar ve böğürtlen toplama işlemleri de daha önce olduğu gibi hala devam etmektedir.

3.9. El Sanatları

Geçmiş dönemlerde, Orta Toroslar`da geleneksel olarak dokumacılık yaygın olarak yapılmaktadır. Kilim, halı, örtü, heybe, keçe gibi ürünler çeşitli yünlerden, pamuktan ve keçi kılından yöre halkı tarafından dokunmuştur. Bu ürünlerin renklendirilmesi ise doğadan elde edilen boyama maddeleri tarafından yapılmıştır. Dokumacılık günümüzde de el sanatları olarak yörede büyük bir öneme sahiptir. Günümüzde bu ürünler sadece kendi gereksinimlerini karşılamak amacıyla yapılmaktadır. Az sayıda aile (% 20) tarafından küçük kilim ya da halı dokuması yapılırken, bunun hammaddesini ise büyük oranda polyester oluşturmaktadır. Buna ek olarak az da olsa yün de kullanılırken boyama maddesi olarak ise genellikle kimyasallar tercih edilmektedir.

4. ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİKLİKLERİ

4.1. Ormanlık Alanlar, Otlak ve Tarımsal Alanların Değişimi

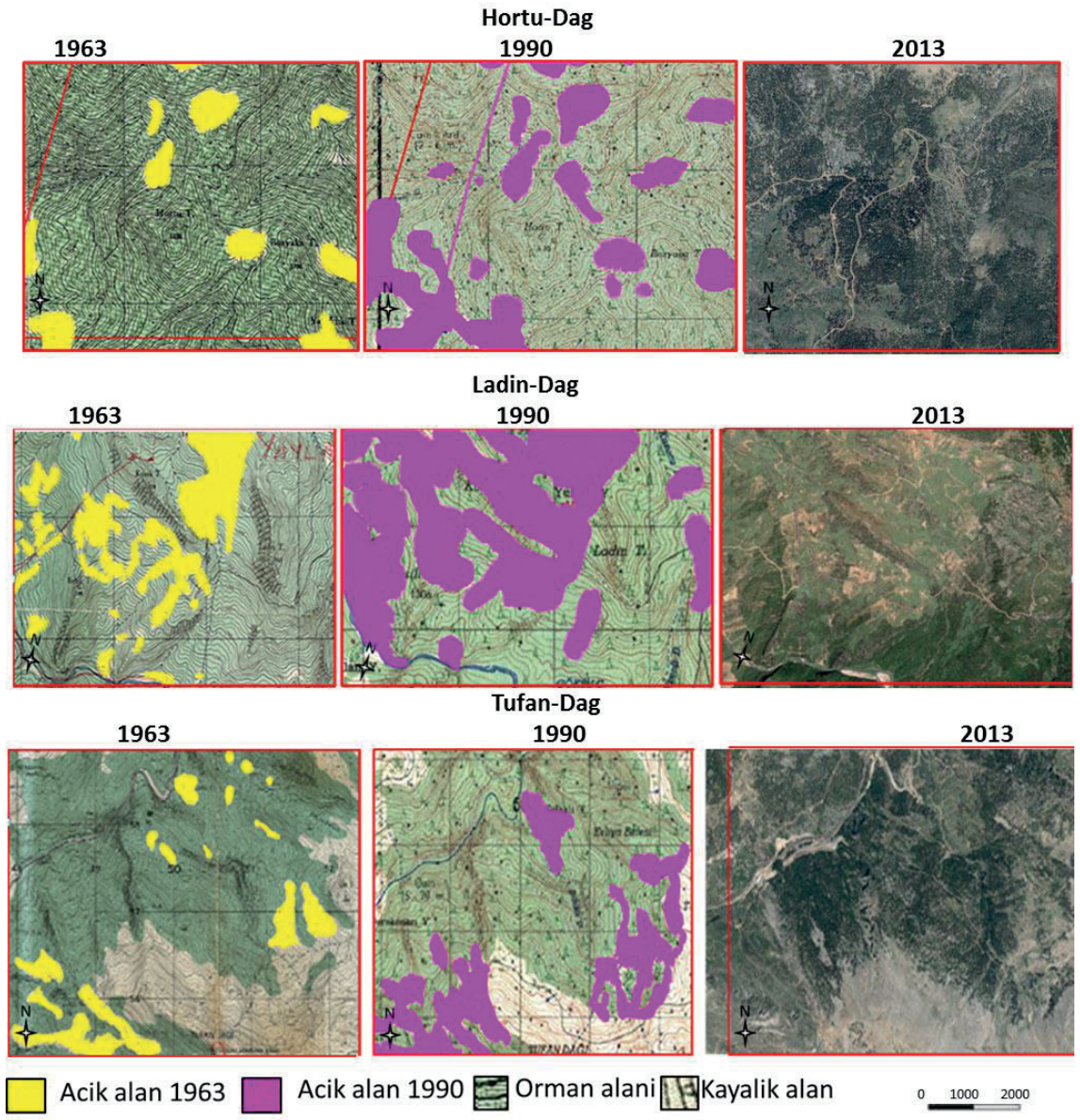
Belirlenen bu nedenlere bağlı olarak geçmişteki 50 yıl içerisinde araziden yaralanma şekilleri dramatik olarak değişmiştir. Bu değişim harita ve uydu görüntüleriyle Şekil / Figure 6`da belgelenmiştir. 1963 ve 1990 yıllarına ait haritalarda ormanlık alanlara rağmen, buralardaki açık alanların artış gösterdiği tespit edilirken, buna en iyi örnek olarak Ladin Dağı gösterilebilir. Bununla birlikte 2013 yılına gelindiğinde ormanlık alanlardaki gerileme uydu resimlerinde net olarak görülmektedir. Ladin dağı 2000 ha ile en büyük alanı özellikle sözü edilen değişimin ifade gücü bakımından temsil etmektedir.

Kesin olan arazi kullanımındaki değişim Tablo / Table 4`de verilmiştir. Burada ormanlık, otlak ve tarımsal alanların 1963-1990 ve 2013 yıllarındaki dağılımı edinilen bilgiler temel alınarak verilmektedir.

Tablo 4. 1963 den bu yana, seçilen 3 araştırma alanında meydana gelen arazi kullanımı değişikliği.
Table 4. Change of land use in the 3 sub-regions since 1963.

Kullanım Şekli	Kayıt Yılı			Fark
	1963	1990	2013	1963:2013
H o r t u D a ğı				
Orman	87	76	69	-18
Otlak	13	24	15	+2
Tarımsal Alan	0	0	16	+16
	100	100	100	
L a d i n D a ğı				
Orman	88	55	40	-48
Otlak	12	45	25	+13
Tarımsal Alan	0	0	35	+35
	100	100	100	
T u f a n D a ğı				
Orman	75	69	60	-15
Otlak	25	31	25	±0
Tarımsal Alan	0	0	15	+15
	100	100	100	

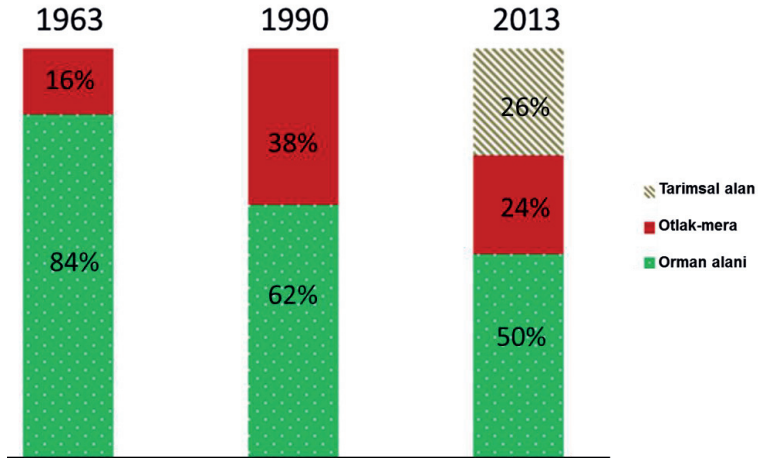
- Her 3 örnek çalışma alanında da 50 yıllık bir zaman dilimi içerisinde ormanlık alanlarda azalma olmuştur. Durumun en dramatik olduğu yer Ladin Dağıdır. Burada mevcut olan ormanların yarıdan fazlası yok olmuştur. Aynı zamanda en fazla tahribatın 1963 ve 1990 yılları arasında olduğu görülmüştür.
- Otlak alanları ise aynı zaman dilimi içerisinde her 3 örnek alanda da karışık bir durum sergilemiştir. Bu alanlar 1990 yılına kadar orantılı olarak artış gösterirken, daha sonra azalma eğilimine girmiştir. Ancak iki örnek alanın aksine Ladin dağında 1990-2013 yılları arasında otlak alanların artışı devam etmistir.



Şekil 6. Araştırma alanında, 1963, 1990, 2013 yıllarına ait mevcut olan araziden yararlanmanın değişimi.
Figure 6. Changes in land use of the 3 sub-regions in 1963, 1990 and 2013.

1990 yılına kadar olan dönemde, her 3 örnek çalışma alanında da tarımsal alanlar mevcut değildir. Sonraki dönemlerde ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte Hortu ve Tufan dağlarında toplam alanın 1/6 sını oluştururken, bunun nedeninin bölge topografyasının dağlık olması ve çok fazla tarımsal etkinliğe olanak vermemesi olarak kabul edilmiştir. Buna karşılık Ladin dağındaki tarımsal alanların oranı toplam alanın 1/3 ünü kaplamaktadır. Her 3 örnek çalışma alanında mevcut olan arazi kullanımındaki değişimin özeti Şekil / Figure 7'de verilmektedir.

Burada tarihler ve rakamlar kıyaslandığında 50 yıllık bir süre içerisinde ormanlık alanlar düzenli olarak azalmıştır. 1963 den 1990 yıllarına kadar olan 27 yıllık süre içerisinde ormanlık alanlar otlak alanlarına dönüştürülürken, 1990 dan 2013 yılına kadar olan 23 yıllık süre içerisinde ise tarım alanlarının oluşturulduğu görülmektedir. Bu dönemde bazı otlak alanları tarım alanlarına dönüştürülmüştür. Bunun yanında kısmen de olsa ormanlık alanların bir kısmı tarımsal amaçlı olarak tahrip edilmiştir.



Şekil 7. 1963, 1990 ve 2013 yılları arasında, Orta Toroslarda mevcut olan arazi kullanımı değişikliği (%).
Figure 7. Comparison of land use areas in the central Taurus Mountains in 1963, 1990 and 2013 percent (%).

4.2. Orman Sıklığının Değişimi

Ormanlar yapı bakımından ele alındığında, büyük oranda değişimin olduğu tespit edilmiştir. Bunda tarihsel döneme ait etkinin yanında son dönemlerde insan müdahalesi de etkili olmuştur. Tüm bu nedenlere bağlı olarak ormanlar büyük ölçüde açılmıştır (Tablo / Table 5).

Tablo 5. 2013 yılına ait, 3 örnek çalışma alanındaki ormanlık alanın (ha ve %) kapalılık derecesine göre mevcut durumu (Google Earth, 2013).
Table 5. Tracts of forests (ha and %) in the 3 sub-regions according to canopy cover in 2013 (Google Earth, 2013).

Kapalılık Derecesi %		Bölge Adı							
		Hortu Dağı		Ladin Dağı		Tufan Dağı		Σ/Ø	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Kapalı	>71	36	9	128	15	120	17	284	14
Yarı Kapalı	41-70	242	65	152	18	202	29	596	31
Açık	10-40	96	26	567	67	381	54	1.044	55
Toplam Orman		374	100	847	100	703	100	1.924	100

Yapılan hesaplamalara göre, toplam 3 örnek çalışma alanındaki kapalı ormanlar (>% 71) sadece % 14 oranında bulunmaktadır. Bu oran, Ladin Dağında % 15, Tufan Dağında ise % 17 ile birbirine yakın bulunurken, Hortu Dağında % 9 ile daha düşük düşük çıkmıştır.

Yarı kapalı ve açık ormanlar ise toplamda > % 80 dir. Yarı kapalı ormanların oranı % 65 ile en fazla Hortu Dağında bulunurken, Ladin ve Tufan Dağlarına göre iki katından daha fazla durumdadır. Buna ek olarak aralama yapılmış ormanların oranı ise toplamda > % 50 nin üzerinde bulunurken, en büyük pay % 67 ile Ladin Dağına aittir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Hükümetin uygulamış olduğu politikaların yanısıra, bölgede kırsal nüfusun yaşam biçiminin, buna bağlı olarak da arazi kullanım şeklinin değişimine yol açacak aşağıdaki nedenler belirlenmiştir:

- *Yaşam Koşullarındaki İyileşmeler:* Bugün gençler zor koşullar altındaki kırsal bölgede yaşamaya daha az istekli görülmektedir. Bunun nedenlerinin başında, elektrik, su gibi yaşamı kolaylaştırıcı temel gereksinimlerden yoksun olunması, aynı zamanda ulaşım olanaklarının zor olması, ayrıca eğitim olanaklarının bulunmaması gelmektedir.

- *Ekonomik Koşullar:* Geçmiş dönemde yaşayan göçebe halk, gelirleri düşük olmasına rağmen, sahip oldukları hayvan sayısınca devlete vergi ödemek zorunda kalmışlardır. Bu durum ekonomik açıdan bu insanları olumsuz etkilemiş ve yerleşik hayata geçmelerinde de etkili olmuştur.

- *Yerleşik Hayata Geçmek İçin Uygulanan Teşvikler:* Bu bölgede yaşayan insanların yaşam koşullarını değiştirmek için, devlet tarafından bir takım zorlamalar uygulanırken aynı zamanda uygun kredi olanağı, konut, arazi ve tarla verilerek bazı teşvikler de sunulmustur. Bu duruma bağlı olarak da bölgedeki kırsal nüfus oranında azalmalar ortaya çıkmıştır. Günümüzde sadece aile büyükleri yaz döneminde yaylalara çıkarken, çocuk ve torunlar eğitimlerine devam ettikleri için ya da sahil kesiminde farklı iş alanlarında çalıştıklarından dolayı, sadece tatillerde buraları ziyaret etmektedirler.

- *Doğanın Korunması ve Ormanların İyileştirilmesi:* Devletin geleneksel göçebe yaşamı sonlandırmak ve yerleşik hayata teşvik amaçlı uyguladığı baskının temelini doğayı koruma ve ormanların iyileştirilmesi (rehabilitasyonu) oluştururken aynı zamanda en önemli nedenler olarak gösterilmektedir. Fakat günümüzde hala ormanlardan kaçak olarak faydalanmanın devam ettiği gözlenirken aynı zamanda ağaç gençlikleri de önemli ölçüde zarar görmektedir.

Diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye`de de, bir takım sınırlamalar, yasaklar getirilerek ya da devlet tarafından uygulanan kontrolleri arttırarak, orman tahribatının ve arazinin farklı amaçla kullanımının önüne geçilmesi amaçlanmış fakat bu konuda istenilen başarı sağlanamamıstır. Kırsal bölgede yaşayan insanların temel arazi kullanımı gereksinimleri gözardı edilerek, bu başarının sağlanması olanaksız görünmektedir. Bu bölgede köyden kente göçün olduğu kırsal kesimde yaşam süren yöre halkının zamanla şehir merkezlerine taşınarak yaşamlarını orada devam ettirdiği görülmektedir. Bununla beraber kırsal nüfus oranının daha da düşeceği ve buna bağlı olarak ileriki dönemlerde bu bölgede, orman içi otlatması ve kaçak odun kesiminin de azalacağı tahmin edilmektedir.

Bu bölgede yaşamaya daha çok istekli olan yaşlı aile büyüklerinin yavaş yavaş vefatının ardından, yeni nesil gençliğinde buralarda, torosların yüksek yaylalarında yaşama isteği azalmaktadır. Sadece tatillerde, tatil amaçlı olarak buraların ziyareti söz konusu olmaktadır. Diğer pek çok ülkede olduğu gibi, bu ileriki dönemlerde ormanlar ve arazi üzerindeki baskıyı kaldıracaktır. Ama sadece demografik durum değil, arazi kullanımının sürdürülebilirliğinin de sağlanması gerekmektedir. Yüksek olasılıkla, çiftlik hayvancılığının arttırılması ve teşvik edilmesi bununla birlikte otlakların verim açısından geliştirilmesiyle bu sorun çözülebilecektir. Türkiye`de Karadeniz Bölgesinde olduğu gibi, burada bir takım teşvik ve projelerle ormanlar üzerindeki baskı kısmen de olsa azalmıştır. Bundan başka ormanların tamamen ortadan kalktığı çıplak arazilere yeni ormanlar kurularak ve seyreltilmiş ormanlar sıklaştırılarak, bu şekilde orman kaybı giderilebilecektir.

Geçtiğimiz yıllarda Orman Genel Müdürlüğü ve Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü (yeni adıyla Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü) tarafından Türkiye`de pek çok alanda ağaçlandırma yapılmıştır. Buralarda da ormanların eski dinamiğine kavuşturulması için, bu konuda olanakların araştırılması gerekmektedir. Aynı zamanda bozuk ormanların iyileştirilmesi de önemlidir. Fakat bu konuda başarı sağlanması ancak uzun vadeli düşünüldüğünde mümkün olabilecektir. Gelecekteki arazi kullanımı ile ilgili kritik bir konu, kırsal nüfus tarafından kullanılan, tapusuz arsa ve tarlaların kamulaştırılmasıdır. Bir çok ülkede olduğu gibi, bu bölgede de yerli halk kendilerine ait olmayan arazilerden yararlanırken, kendilerinden sonraki nesillerin bundan yararlanamayacak olmasından dolayı iyileştirmeyi anlamsız bulmaktadırlar. Bu sebeplerden ötürü kırsal yöre halkının kullandığı arazileri bu kişiler üzerine tapulamak bir çözüm olarak görülebilmektedir. Buna ek olarak oturma yerlerine yakın olan devlet ormanlarının sınırlarını kesinleştirerek ve bölerek belediyelere ya da özel firmalara devretmek bir diğer öneri olarak sunulurken, bunun yanında orman müdürlüklerinin gerekli kontrol ve denetimi yapması zorunlu tutulmalıdır. Buna alternatif bir öneri olarak ise kullanım haklarının uzun vadeli transferi düşünülebilir. Bu yöntem Etiyopya`da başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Ama şu an için Türkiye Cumhuriyeti`nde böyle hukuk sistemlerinin uygulanabilir olması şüphelidir.

Öncelikli olarak yapılması gereken, devlet destekleme programları ile ekolojik, ekonomik ve doğa koruma konularını içeren kapsamlı arazi planlarının düzenlenmesidir. Ancak günümüzde mümkün olan sadece köyden kente göçün olumlu etkisini beklemektir. Bununla birlikte arazinin iyileştirme olasılığı Toros Dağları için oldukça düşük görülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Ayaşlıgil, Y., 1987. Der Köprülü Kanyon Nationalpark: Seine Vegetation und ihre Beeinflussung durch den Menschen. Lehrstuhl für Landschaftsökologie-Technische Universität München-Weihenstephan.

Barbero, M., Bonin, G., Loisel, R., Quezel, P., 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the Mediterranean basin. *Vegetation* 87: 151- 173.

Cicerjacks, A., Hensen, I., 2004. Variation of stand structure and regeneration of Mediterranean holm oak along a grazing intensity gradient. *Plant Ecology* 173: 215- 223.

Davis, P.H., 1965–1985. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 1–9.

Hukuk Kitabı, 2006. İskan Kanunu. Kanun No: 5543, Resmi Gazete, 26301, www.mevzuat.gov.tr/Kanunlar.aspx

Doğan, M.S., Doğan, C., 2004. Yörüklerin Hayat Tarzı. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi* 49: 678-706.

Eröz, M., 1991. Yörükler. Türk Dünyası Araştırmalar Vakfı.

Google Earth, 2013. http://earth.google.com

Huss, J., Kahveci, O., 2009. Türkiye`de Doğaya Yakın Yapraklı Orman İşletmeciliği. OGEM-VAK.

Kantarcı, M.D., 1982. Türkiye sedirleri (*Cedrus libani* A. Richard) ve doğal yayılış alanında bazı ekolojik ilişkiler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 32(2): 113- 198.

Kehl, H., 1985. Zur Mediterranen Flora und Vegetation der SW- Türkei und Problematik der Vegetationsentwicklung am Beispiel einer küstennahen Siedlung bei Antalya. Landschaftsentwicklung der Technischen Universität Berlin, Dissertation.

Korkmaz, Y., 2010. Özel Ormanlar ve Mülkiyet Açısından Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi* 14(1).

Kuntze, H., Roeschmann, G., Schwerdtfeger, G., 1994. Bodenkunde. 5. Neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart.

Kürschner, H., Raus, T., Venter J., 1997. Pflanzen der Türkei. Wiesbaden.

Lamnek, S., 2002. Qualitative Interviews, in: Eckard König / Peter Zedler (Hg.), Qualitative Forschung. Grundlagen und Methoden. Weinheim / Basel, 157-193.

Mayer, H., Aksoy, H., 1986. Wälder der Türkei. Stuttgart.

MGM, 2008. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Alanya ve Hadim`e ait Ortalama Extrem Sıcaklık ve Yağış Değerleri, Alanya.

OGM, 1991. Orman Amenanjman Planı, Orman Amenajman Planlarinin Düzenlenmesi, Uygulanması, Denetlenmesi ve Yenilenmesi Hakkinda Yönetmelik. OGM, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı.

OGM, 2004. Türkiye çevre atlası."*TC Çevre ve Orman Bakanlığı ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı*.

OGM, 2006. Ulusal ormancılık Proğramı. TC Çevre ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Türkiye Ulusal ormancılık Programi. Ankara.

OGM, 2010. Türkiye Biyolojik Çeşitliliği T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Sunum İçeriği. Ankara.

Papachristou, T.G., Platis, P.D., 2011. The impact of cattle and goats grazing on vegetation in oak stands of varying coppicing age. *Acta Oecologica* 37(1): 16-22.

Perevolotsky, A., Haimov, Y., 1992. The effect of thinning and goat browsing on the structure and development of Mediterranean woodland in Israel. *Forest Ecology and Management* 49(1): 61-74.

Savaş, K., 1941. Die Waldweide in der Türkei, ihr gegenwärtiger Umfang und ihre künftige wirtschaftliche sowie rechtliche Regelung, Dittert.

Vandenberghe,C., Freléchoux F., Moravie M.A., Gadallah F., Buttler A., 2007. Short-term effects of cattle browsing on tree sapling growth in mountain wooded pastures. *Plant Ecology* 188(2): 253-264.

Wahren C-H.A., Papst W.A., Williams R.J., 1994. Long-term Vegetation change in relation to cattle grazing in subalpine grassland and heathland on the Bogong high plains. An analysis of vegetation records from 1945 to 1994, *Australian Journal of Botany* 42: 607- 639.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.39551

Investigation of soil physical properties under *Shorea peltata* sym. in Tengaroh Forest Reserve, Johor Bahru, Malaysia

Musalam Mohammed Abdalmoula[1*], Mohamad Azani Alias[2]

[1] Istanbul University, Faculty of Forestry, Soil Scinece and Ecology Department, 34473, Istanbul, Turkey
[2] UPM Faculty of Forestry, Department of Forest Production, Kuala Lumpur, Malaysia

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** abdalmoulam@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 24.03.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 16.04.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 18.04.2015

Abstract: Soil properties of tropical rain forest in Southeast Asia have been characterized by several researchers. However, empirical data on soil characteristics under rehabilitation program are still limited or even lacking. A study was conducted to characterize the soil physical properties under different densities of *Shorea peltata* species. The objective of the research was to determine the relationship between *Shorea peltata* species and soil physical properties. Twenty observational plots, 50 X 50 m namely, rare (A), low (B), moderate (C) and high (D) densities were established. Each plot was divided into 10 subplots. Five subplots were selected randomly. Soil samples were collected using auger at 0 - 15 cm, and core-ring at 0 - 10 cm depth. The results show that there was a significant difference among the groups. Analysis of the relationship between soil physical properties and site variables showed that moisture content, bulk density, particle density, silt and clay were the important factors in the distribution of *Shorea peltata* species in the study sites.

Keywords: *Shorea peltata* sym, soil moisture content, bulk density, porosity, soil compaction

Mersing-Malezya ormanındaki farklı sıklıkta *Shorea peltata* Sym. altında toprağın fiziksel özelliklerinin araştırılması

Özet: Güneydoğu Asya'da tropikal yağmur ormanlarının toprak özellikleri çeşitli araştırmacılar tarafından araştırılmıştır. Ancak, rehabilitasyon programı kapsamında toprak özelliklerine ait ampirik veriler hala sınırlıdır ve hatta eksiktir. Bu araştırmanın amacı Malezya'daki Johor Bahru, Tenggaroh Ormanı Rezerv Alanında, farklı sıklıktaki *Shorea peltata* ile toprak fiziksel özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesidir. Yirmi adet 50 x 50 m boyutunda (A) nadir, (B) düşük, (C) orta ve (D) yüksek sıklıkta olmak üzere deneme alanları oluşturulmuştur. Her deneme alanında 10 alt parsel ayrılmış ve bunların içinden 5 alt parsel rastgele seçilmiştir. Toprak örnekleri sonda ile 0 – 15 cm derinlikten alınarak 0 – 10 cm örneklenmiştir. Toprağın fiziksel özelliklerinin sonuçları gruplar arasında önem düzeyinde anlamlı farklılık göstermektedir. Toprağın fiziksel özelliklerinin arasındaki ilişki (korelasyon) için analiz edilen nem içeriği, hacim ağırlığı, tane yoğunluğu, toz ve kil *Shorea peltata* türlerinin dağılımında önemli faktörler olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Shorea peltata sym,* toprak nem içeriği, hacim ağırlığı, gözeneklilik, toprak sıkışması

1. INTRODUCTION

Tropical rain forest area of Malaysia is located in South East Asia and comprises Sabah and Sarawak on the island of Kalimantan (Borneo) and Peninsular Malaysia. Malaysia's tropical rain forest is well known as one of the most complex ecosystems in the world where it is home to more than 8,000 species of flowering plants, 2,500 of which are tree species. Despite increasing recognition of the importance of tropical rain forest, huge areas are becoming degraded forest land as a consequence of deforestation, forest harvesting, shifting cultivation and forest encroachment (Jomo et al., 2004). It was estimated that about 13

To cite this article (Atıf): Abdalmoula, M.M., Alias, M.A., 2016. Investigation of soil physical properties under *Shorea peltata* sym in Tengaroh Forest Reserve, Johor Bahru, Malaysia. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 198-210. DOI: 10.17099/jffiu.39551

million hectares of the world's forests are lost annually due to deforestation (FAO, 2005). According to Butler (2006), approximately 140,200 ha or 0.65% of Malaysia's forested area is lost annually since 2000. In Sarawak alone, besides forest harvesting and forest encroachment, shifting cultivation is the major cause of land degradation. It was reported that 2.25 million ha were under shifting cultivation in the 1960s and by 1985, increased to 3.33 million ha (Jomo et al., 2004).

Many studies of soil in tropical forests have been conducted in Southeast Asia (e.g., Ohta, 1989; Ohta and Effendi, 1992; Takahashi et al., 1994). However, most evaluated was on soil chemistry and nutrient cycling and there has been little detailed study of physical properties. The soil properties most likely to influence species composition in lowland tropical rain forests are, in decreasing order of importance: P availability, Al toxicity, drainage, water-holding capacity, and availability of K, Ca, and Mg.

This research was to investigate the relationship between *Shorea peltata* as an endemic species (An endemic species is one that is only found in a particular region and nowhere else in the world), with soil properties so as to have an overview of factors influencing the distribution of *Shorea peltata* in tropical rain forest and also to provide information for conservation programmes. In this respect, this study was also attempting to observe the relationship between the soil physical of this particular study area and their influence on the vegetation community as well as on the distribution species.

2.MATERIALS AND METHODS

2.1. Description of Study Area

The project was conducted at the Tenggaroh Forest Reserve, Johor Bahru. Johor Bahru is located at 59 m above sea level and at latitude 2º 14' 0" N and longitude 103º 55' 0" E. The State of Johor is located in the Equatorial Line circle as with the other states in Peninsular Malaysia and Mersing is situated on the east coast of Johor, Peninsular Malaysia. It is approximately 136km from the city centre of Johor Bahru. It acts as the main spot of departure of multiple islands in the South China Sea (Figure / Şekil 1).

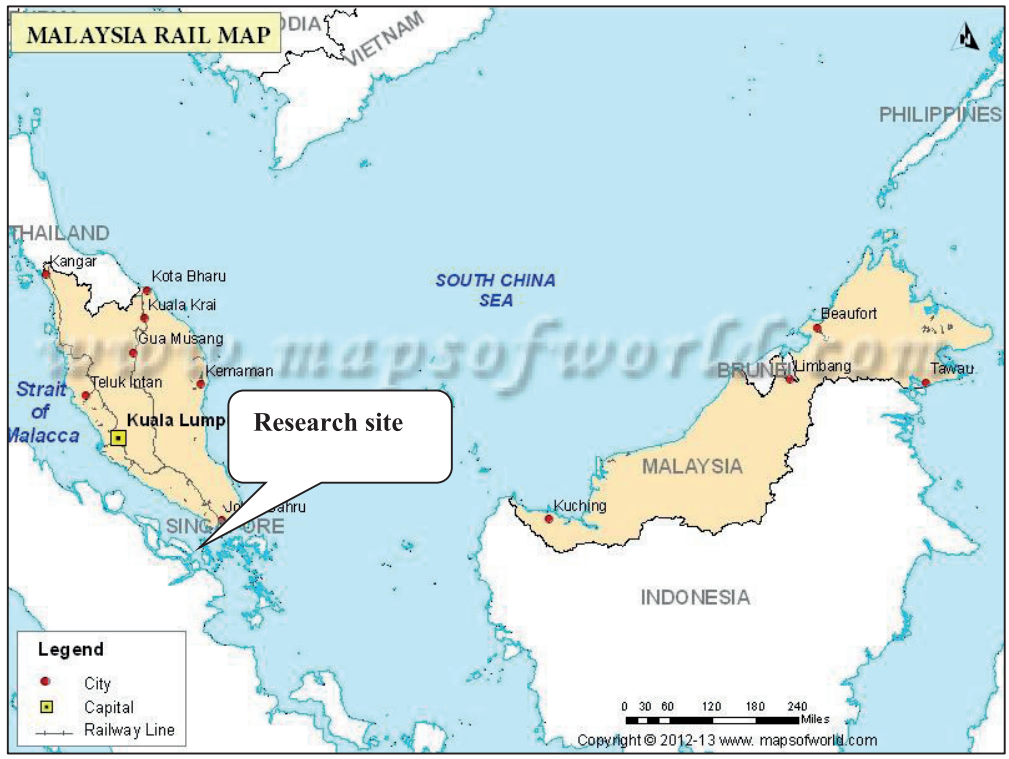


Figure 1. Location of the study site
Şekil 1. Çalışma alanı

2.1.2. Site Characteristics of Research Area

2.1.2.1. Climate

The climate and humidity is consistently high throughout the year with heavy rainfall. The records show that the state's average annual temperatures are relatively uniform. The average monthly temperature covers around 26°C to 28°C and the lowest temperature recorded is recorded during rainy seasons. The records also show that the average yearly rainfall changes from year to year. The west coast area receives rainfall in the range between 2,000 mm to 2,500 mm while the east coast recorded a higher range. The areas that receive the highest amount of rainfall and recorded as the dampest areas are Endau and Pengerang with average rainfalls of more than 3,400 mm a year. The south-west winds occur during the months of May until September and the months of April and October are the transitional month for the monsoon season. The months of November until March are when the north-east Monsoon occurs.

2.1.2.2. Topography and Hydrology

More than half, 83%, of the State of Johor's topography are of the lowlands. According to the available statistics, about 83% of the state is considered as lowlands and only 17% of higher and steep terrain. The area and type of forests in this state are highly influenced by the topography. However, most of the Peat Swamp Forest has disappeared, leaving small patches of island forest located in the central part of the state. In other places, there have been changes in the use of land such as for oil palms. Mangrove Forests occurs along coastal area and estuaries on the West Coast. In the southern part of the state, a lot of mangrove forests were developed for land development besides forestry. The mangrove forests on the east coast are located on estuaries such as Sungai Sedili Kecil, Sungai Sedili Besar, Sungai Mersing and Sungai Endau, while coastal and fresh swamp forests occur on the east coast of the state which is in the coastal area. The state's central and northern regions are where the dipterocarp hills and mountains originates, which is where hilly and steep slopes occur (Wyatt-Smith, 1961).

2.1.2.3. Geology and Soils

The state of Johor has soil groups from the following main components: (i) Sedentary soil from igneous rocks (ii) Sedentary soil from sedimentation rocks (iii) Soil from matured alluvium soil (iv) Soil from sub-recent alluvium, and (v) Soil from recent alluvium. The parent soil in the state of Johor is divided into three categories namely; alluvium soil, sedentary soil and urban mine soil.

Studies show that most of the main minerals in the state of Johor are located in the Permanent Reserved Forests. The minerals are generally categorized into three such as the earth mineral, kaolin and silica. The location of the minerals in the PRF gives a big impact to the management of permanent reserved forests as mining can give adverse implications to Annual Cutting Rationing and Sustainable Forest Management Practices.

2.1.2.4. Forest Types

The forests in the state of Johor are part of Malaysian Tropical Rainforests that are one of the richest and most complex in the world. As a whole, these tropical rainforests can be divided into eight main types of forests according to the classifications based on the height from sea level (Whitmore, 1998). The classifications are as follows: (i) Mangrove Forest (ii) Peat Swamp Forest (iii) Coastal Forest (iv) Lowland Dipterocarp Forest (v) Hill Dipterocarp Forest (vi) Upper Dipterocarp Forest (vii) Oak Mountain Forest, and (viii) Ericaceous Mountain Forest.

2.2. Methods

2.2.1 Experimental Design

Twenty observational plots of vegetation samples (releves) with each size 20 m x 20 m were carried out randomly at several points in different density of *Shorea peltata*. From these twenty plots, 100 Soil samples

were collected for the analysis of soil physical properties. A preliminary survey in the project area was made to measure the samples plots. Plots were established in this area on 26 December 2009, data were collected from 10 January 2009 - 20 October 2009. The peculiar arrangement and placement of the plots were made base on the distribution of *Shorea peltat*a species in Mersing as an endemic species to provide the relationship between *Shorea peltata* species and soil physical properties under tropical rain forest.

2.2.2. Plot Design

Size of each plot was 20 m X 20 m, divided into 10 subplots. Five subplots were chosen in each plot. Due to the size of the plot and for easy analysis among plots and replications and to avoid missing of data and to minimize and maximize values observed in each plot, an observational study of the plot was made to control the enumeration works and to get actual information for all parameters. An observational study it helps in observing more subjects that perform a task with the intention of describing and comparing particular aspects of their performance and information (Paul, 2002). In each subplot soil samples were collected. All the twenty (releve's) were divided into four groups namely (a) rare, (b) low, (c) moderate and (d) higher density. The size of each plot corresponded to the height of the forest stand and tree (Fujiwara, 1987).

2.3. Data Collection

Soil samples were taken from the exciting field of study from two layers of each sample at depth of (0 - 10 cm) using the core-ring for soil moisture content and bulk density (Figure / Şekil 2) and at (0 – 15 cm) depth with auger for the analysis of porosity, particle density and soil texture (Figure / Şekil 3), meanwhile, soil compaction was done for the same plots used pocket penetrometer (Figure / Şekil 4).

Figure 2. Core-ring used for soil sample (0-10cm)
Şekil 2. Toprak örneklemesinde kullanılan silindirler (0-10cm)

Figure 3. Auger used for soil sample (0-15cm)
Şekil 3. Toprak örneklemesinnde kullanılan sondası (0-15cm)

Figure 4. Pocket penetrometer
Şekil 4. Cep penetrometresi

2.4. Soil Analysis

The soil samples collected from the topsoil (0 - 10 cm) for moisture content and bulk density, and (0 – 15 cm) were analyzed for disturbed and undisturbed soil properties. Soil samples were air dried, passed through the roller mills and then sieved through a 2mm wire mesh and then analyzed for soil moisture content, soil texture, bulk density, particle density and porosity. The percentage of moisture content of the soil sample was calculated as:

$$MC\ \% = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \quad (1)$$

Where:
W_1 = Weight of tin (g)
W_2 = Weight of moist soil + tin (g)
W_3 = Weight of dried soil + tin (g)

Particle Size distribution was determined by the pipette method (Day, *et al*. 1965) modified for Malaysian soil as described in the manual of Department of Malaysian Society of Soil Science (1988). The method consists of preliminary destruction of the organic matter by heating with hydrogen peroxide. Absorbed cations were removed by treating the samples with 0.2 M ammonia acid and dispersed with calgon. The sand (50 - 2000 µm) was separated by weighting process, whereas silt content (2 - 50 µm) and clay (<2 µm) was determined by weighting and dried process. The USDA system was used for the textural classification. Bulk density was determined by weighting (mass of dry soil/ total volume of soil), while the particle density was determined by Desiccator method (mass of dry soil/volume of soil particularly). Porosity = Bulk density/ Particle density.

2.5. Statistical analysis

The data analysis is based on the data location for a period of 10 months. Descriptive analysis is employed to explore the data and to show the sample distribution. It is also employed to evaluate the data and to show the forms of samples distribution. Real distribution represents numbers of real values in classes of frequencies and percentage (Dennis, 2002). Descriptive statistics such as frequency means, standard error, maximum and minimum values were applied to present and summarize the data. Standard error was applied to calculate the error of any particular sampling distribution of the sample means. Also community parameter (Ter Braak and Verdanschat, 1995) was followed to cover and estimate the density of *Shorea peltata* species in the plots. Descriptive method was used to make a general observation about the data.

ANOVA was used to test the hypothesis for differences between more than two independent sample descriptions (Bachman and Paternoster, 1997), compare and determine the significant differences based on the quantitative data under different density of *Shorea peltata* species. A SAS programme for correlation was also used to determine the strength of the association among groups in the research area.

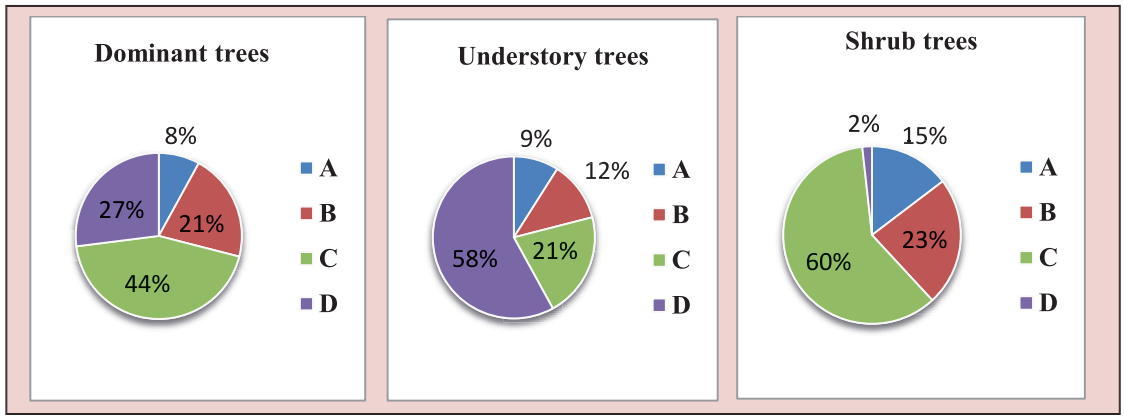
3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The results were discussed by comparing each site groups namely rare density/ control (A), low density (B), moderate density (C) and high density (D) of *Shorea peltata* species.

3.1. *Shorea peltata* species

Result from the enumeration and identification of the types of *Shorea peltata* species, revealed that there are different stages of *Shorea peltata* in Tenggaroh Forest Reserve, namely (A) dominant trees, (B) understory trees and (C) shrub trees (Figure 5). *Shorea peltata* species were classified as an endemic species. Endemic type or species are especially likely to develop on the islands because of their geographical isolation. The most dominant trees were higher within group C moderate density in each stage of 60 %, 44 % and 21 %, followed by D high density 58 %, 27 %, while in within shrub trees stage was 2 %. The percentage of understorey trees was observed to be higher within D than C. However, the percentage

of shrub layer were higher within C 60 % than D 2 % (Figure /Şekil 5). The percentages depend on the distribution of *Shorea peltata* species on each releves.



Where A rare density, B low density, C moderate density, D high density
Figure 5. Percentage of *Shorea peltata* types by groups, Tenggaroh Forest
Şekil 5. *Shorea peltata* sıklığının farklı gruplarda dağılımı

3.2. Soil Physical Properties

3.2.1. Soil Texture

The results for soil physical properties of the different groups are presented in (Table / Tablo 1). Textural composition of surface and subsoil comprised three major components namely sand, silt and clay (%). Soil texture is a term commonly used to designate the proportionate distribution of the different sizes of mineral particles in a soil (Gee and Bauder, 1986). The greatest texture soil had more pores and space compared to the poor soil. Whereas clay is hard to aggregate when dry. Some clay is friable and plasticity in all soil moisture conditions (Guggenheim et al., 1995). The presence of the very high content of clay in soil frequently leads to waterlogged, hardening and cracking when dry (Wayne Berry and Quirine Ketterings, 2007). The growth of a tree is very much affected by the presence of clay particles in soil texture after disregarding the factors like nutrient availability and variation in the degree of slope. Greater water holding capacities are also caused by the soil texture (Foth, 1990).

Statistical analysis showed that there were significant differences in sand, clay and silt content among groups (Table / Tablo 2). Sand content in group A was significantly higher as compared to other groups, while the percentage of clay and silt content was significantly higher in groups B, C and D. According to the percentage of sand, silt and clay content, the soil in the study site can be classified under Clay Loam based on the Textural Class. The highest mean clay value was observed in group B (48.23%) followed by group C (47.40 %) and D (47.21 %) at 0 to 15 cm soil depth, meanwhile in group A was observed to be 46.01. The percentage of silt was found almost similar when compared with clay percentage. The mean value of silt percent in group B was 49.46 % followed by groups C (47.54 %) and D (47.37 %), while in group A it was 47.20 %. Statistical analysis showed significant difference among groups. The highest mean value of silt percent was observed in group B at 0 – 15 cm depth (Table / Tablo 2). The mean percentage of sand was recorded in group A (9.998 %) followed by group D (9.602 %) at 0 – 15 cm depth while in group B it was 9.402 % followed by group C 9.316 %. Statistical analysis showed that there is a significant difference among groups. The highest percent was shown in group A as compared to the other groups (Table / Tablo 2).

Table 1. Soil physical properties among density groups for 20 plots
Tablo 1. Yoğunluk grupları arasında toprağın fiziksel özellikleri (20 alan)

Group	Parameters	Plots for each density					Mean	SE
		TF09	**TF10**	**TF11**	**TF18**	**TF19**		
A	Moisture content (%)	26.61	25.60	24.80	24.41	24.61	25.20	2.050
	Clay (%)	48.37	42.24	51.45	44.62	42.37	46.01	3.057
	Silt (%)	49.31	43.36	52.95	45.45	43.94	47.20	3.061
	Fine sand (%)	9.860	9.760	10.67	8.210	11.49	9.998	1.305
	Bulk density (g/cm^3)	0.810	0.800	0.910	0.820	0.800	0.828	0.000
	Particle density(g/cm^3)	1.310	1.400	1.220	2.000	1.900	1.566	0.466
	Porosity (%)	46.00	39.00	24.00	54.00	54.00	43.30	4.946
	Soil compaction (cm)	0.700	0.800	1.100	1.400	1.200	1.040	0.384
		TF12	**TF13**	**TF14**	**TF15**	**TF17**		
B	Moisture content (%)	26.00	21.20	24.40	22.20	24.20	23.60	2.077
	Clay (%)	47.88	42.77	52.02	45.92	52.60	48.23	3.176
	Silt (%)	49.12	43.71	53.41	47.07	54.01	49.46	3.231
	Fine sand (%)	8.910	10.62	9.620	9.080	8.780	9.402	1.245
	Bulk density (g/cm^3)	0.800	0.900	0.700	0.900	0.900	0.840	0.000
	Particle density(g/cm^3)	1.300	2.400	2.000	1.700	1.600	1.800	0.509
	Porosity (%)	39.00	56.00	58.00	34.00	31.00	43.60	4.984
	Soil compaction (cm)	1.500	1.510	1.200	0.800	0.810	1.160	0.384
		TF2	**TF4**	**TF6**	**TF7**	**TF8**		
C	Moisture content (%)	22.20	18.60	16.20	15.40	21.20	18.72	2.023
	Clay (%)	51.82	44.79	47.15	49.84	43.44	47.40	3.000
	Silt (%)	51.09	44.10	47.94	50.83	43.77	47.54	3.036
	Fine sand (%)	9.040	8.410	11.05	9.140	8.940	9.316	1.290
	Bulk density (g/cm^3)	0.800	0.810	0.800	0.820	0.700	0.780	0.000
	Particle density(g/cm^3)	1.500	1.600	1.200	1.610	2.200	1.620	0.466
	Porosity (%)	37.00	23.00	30.00	41.00	32.00	32.60	3.268
	Soil compaction (cm)	1.500	0.800	1.600	1.400	1.200	1.300	0.402
		TF1	**TF3**	**TF5**	**TF16**	**TF20**		
D	Moisture content (%)	21.40	24.60	15.20	25.00	27.60	22.76	2.479
	Clay (%)	44.37	45.64	5.18	44.97	50.89	47.21	2.978
	Silt (%)	43.25	44.62	50.49	46.08	52.41	47.37	3.082
	Fine sand (%)	10.22	9.610	9.740	8.750	9.602	9.690	1.247
	Bulk density (g/cm^3)	0.810	0.800	0.820	0.800	0.810	0.808	0.000
	Particle density(g/cm^3)	1.200	1.210	1.300	1.100	1.400	1.240	0.408
	Porosity (%)	32.00	33.00	22.00	31.00	42.00	32.00	3.308
	Soil compaction (cm)	1.500	1.200	1.400	1.200	0.810	1.220	0.402

Where: A= Releve Group for Rare Density of *Shorea peltata* species
B= Releve Group for Low Density of *Shorea peltata* species
C= Releve Group for Moderate Density of *Shorea peltata* species
D= Releve Group for High Density of *Shorea peltata* species
SD= Standard error

Soil texture influences many factors of soil properties. Higher content of sand in the soil increases soil porosity that contributes to the soil aeration and drainage. Soil texture influences the soil compaction, bulk density and particle density. The increase of silt and organic matter can improve total water shortage in the soil.

3.2.2. Soil Moisture Content

Mean values for soil moisture content in groups A were 25.20 %, followed by 23.60 % in B, and 22.76 % in D, while in group C it was 18.72 % (Table / Tablo 1). Statistical analysis showed a significant difference among group of releves (Table / Tablo 2).

Table 2. Comparison of mean values for soil physical properties among groups
Tablo 2. Gruplar arasında toprağın fiziksel özellikleri ortalama değerlerinin karşılaştırılması

Parameter	Releves				F. value	P. value
	E1	E2	E3	E4		
Moisture content (%)	25.20a	23.60a	18.72b	22,76a	5.120	0.000
Clay (%)	46.01a	48.23a	47.40a	47.21a	14.02	0.000
Silt (%)	47.20a	49.46a	47.54a	47.37a	13.10	0.000
Fine sand (%)	9.998a	9.402a	9.316a	9.602a	11.20	0.000
Bulk density (g/cm^3)	0.828a	0.840a	0.780a	0.808a	10.62	0.000
Particle density(g/cm^3)	1.566a	1.800a	1.620a	1.240a	8.210	0.000
Porosity (%)	43.30a	43.60a	32.60b	32.00b	7.231	0.000
Soil compaction (cm)	1.040a	1.160a	1.300a	1.220a	7.101	0.000

Means with the same letter are not significant difference at P≤0.05, ns not significant
Where: A= Releve Group for Rare Density of *Shorea peltata* species
B= Releve Group for Low Density of *Shorea peltata* species
C= Releve Group for Moderate Density of *Shorea peltata* species
D= Releve Group for High Density of *Shorea peltata* species

Soil moisture content depends on the topography of the site, environmental factors and sunlight. Soil moisture can increase plant biomass by increasing the rate of microbial processes that can increase plant available nutrients such as nitrogen mineralization (Johnson et al., 2000). Soil moisture can affect plant biomass by changing microbial nitrogen retention, particularly in mycorrhizae (Hobbie and Colpaert, 2003). Increased soil moisture content increases plant N uptake However, it remains unclear if atmospheric CO_2 effects on plant biomass are driven by CO_2 induced changes in soil moisture. The amount of soil water is a critical factor in soil compaction potential. A dry soil which has friction between the soil particles is not easily compacted. Water acts as a lubricant between the particles, making the soil easier to compact. However, as soil water content increases, a point is reached where most pore spaces in the soil are filled with water. Water cannot be compressed, so water between the soil particles carries some of the load of the soil, resisting compaction. Therefore, a wet soil cannot compact as much as a moderately moist soil. According to Armstrong, (1975) the vegetation cover influences the soil moisture content by interrupting precipitation delivered to the soil surface.

3.2.3. Soil Compaction

Statistical analysis for soil compaction among plot showed no significant difference, while comparison among groups showed significant difference (Table / Tablo 1). The highest percentage of soil compaction was recorded in group C (1.300 cm), followed by group D (1.220 cm) and B (1.160 cm), while group A was 1.040 cm (Table / Tablo 2). The result observed that the high rates of compaction shown within groups C and D, these groups were located close to the logging area.

Compaction is the translocation and resorting of textural components in the soil (sand, silt, and clay particles) destruction of soil aggregates and collapse of aeration pores. Compaction is facilitated by high moisture contents. Soil compaction occurs when the weight of heavy machinery compresses the soil, causing it to lose pore space. Soil compaction may also occur due to a lack of water in the soil. Affected soils maynot be able to absorb enough rainfall, thus increasing runoff and erosion. Plants face difficulty in compacted soil because the mineral grains are pressed together, leaving little space for air and water, which are essential for root growth (Hatchell et al., 1970).

The ability of a soil to recover from compaction depends on climate, mineralogy and fauna. The health and structure of trees are reflections of soil health. The ecological processes which govern tree survival and growth are concentrated around the soil and root interface. As soils and associated resources change, tree systems must change to effectively utilize and tolerate changing resource quantities and qualities, as well as the physical space available. Soil compaction is a major tree-limiting feature of community forest managers and arborists (Jones, 1983). The high porosity means less soil compaction. Soil texture also plays an important role in soil compaction.

Soil compaction can be a problem in most soils. Compaction can reduce plant growth, reduce root penetration, restrict water and air movement in the soil, resulting in nutrient stresses and cause slow seedling emergence (Woodward, 1996). The structure of a soil (how well the soil breaks up into small, cohesive clumps when crumbled) also plays a role in its potential for compaction. A soil with higher levels of organic matter generally has better structure and resists compaction better than soils with lower organic matter levels. Organic matter helps create larger and stronger soil aggregates, low organic-matter soils suffer more from compaction than loose, friable, high-organic matter soils. Soil compaction is the most prevalent of all soil constraints on shade and street tree growth. Soil compaction is common in these places where human, machines and infrastructure exist. There are few areas without some form or extent of soil compaction. Soil compaction is a fact of life for trees and tree manager (Greacen and Sands, 1980).

3.2.4. Bulk Density

Statistical analysis for soil bulk density is also summarized in (Table / Tablo 1). The highest mean value for bulk density was recorded in group B (0.840 g cm^{-3}) and the lowest was observed in group C (0.780 g cm^{-3}), there was a significant difference among groups at $P<0.05$ (Table / Tablo 2).

Bulk density is a measure of the weight of the soil per unit volume g/cm^3 usually given on an oven-dry basis. Variation in bulk density is attributable to the relative proportion and specific gravity of solid organic and inorganic particles and to the porosity of the soil. Most mineral soils have bulk densities between 1.0 and 2.0 g cm^{-3} (Blake and Hartge, 1986). Although bulk densities are seldom measured, they are important in quantitative soil studies and measurement should be encouraged.

The suitable bulk density for tree growth ranged from 0.190 to 196 g cm^{-3}. The bulk density is usually influenced by the texture of soil. The lower value of bulk density means soil compaction is lower, the soil has more porosity and the soil aeration and drainage is better. The soil bulk density is also influenced by volume of soil, if the soil volume is higher, the bulk density will also be lower. According to Brady, (1984) bulk density of most of the soil varies between 1.00 to 1.60 g cm^{-3} in clays to 1.80 g cm^{-3} in sands.

Bulk density of soil depends greatly on the mineral make up of soil and the degree of compaction. Soil compaction implies an increase in soil bulk density and associated with this would increase in soil strength and decrease in air permeability and hydraulic conductivity. Severe compaction may increase soil strength to the point where root cannot penetrate the soil (Charman and Murphy, 1998).The bulk density of soil is inversely proportional to the porosity of the same soil, the more pore space in a soil the lower the value for bulk density (Buckman et al., 1960).

3.2.5. Particle Density

Statistical analysis of particle density among plots showed no significant difference (Table / Tablo 1). The mean value of group B was 1.800 g cm^{-3}, followed by group C (1.620 g cm^{-3}) and group A (1.556 g cm^{-3}), while in group D was 1.240 g cm^{-3} (Table / Tablo 2). The result showed that the highest percentages of particle density were observed in term of low density; this means the term of low density is higher in moisture conditions in the sand.

Soil particle density value can influence the porosity of the soil. The higher particle density in soil means the higher percentage of soil porosity and soil drainage will also be higher (Laker and Dupreez, 1982). The particle density of a soil measures the mass of a soil sample in a given volume of particles (mass divided by volume). Particle density focuses on just the soil particles and not the total volume that the soil particles and pore spaces occupy. Particle density differs from bulk density because the bulk density includes the volume of the solid (mineral and organic) portion of the soil along with the spaces where air and water are found. The density of soil particles is a result of the chemical composition and structure of the minerals in the soil. Particle density data are used to better understand the physical and chemical properties of the soil. For example, the particle density indicates the relative amounts of organic matter and mineral particles in a soil sample. Particle density can be used with bulk density data to calculate the pore space (porosity) occupied by air and water in a soil sample.

Organic matter readily influences the soil particle density. Organic matter weighs much less per unit volume than soil minerals. Soils high in organic matter have lower particle densities than soils similar in texture that are low in organic matter. Soil particle density generally increases with soil depth because of the concurrent decrease in organic matter (Hassink and Whitmore, 1997).

3.2.6. Soil Porosity

The results of porosity are summarized in (Table / Tablo 1). Statistical analysis showed significant difference among all the groups. The highest mean value of porosity was recorded in group B (43.60%), followed by group A (43.30%) and group C (32.60%), while in group D it was 32.00% (Table / Tablo 2).

Soil porosity refers to the part of a soil volume that is not occupied by soil particles or organic matter. Pore spaces are filled with air, other gases and water. Large pores (macro pores) allow the ready movement of air and the drainage of water. They are also large enough to accommodate plant roots and the wide range of tiny animals that inhabit the soil. Large pore spaces permit fast infiltration and percolation of water through a soil or soil horizon. Small pores (micro pores) exhibit attractive forces strong enough to hold water in the pore. They are the water retention system of the soil which provides water storage for plant roots. During precipitation, macro pores conduct water into the soil where it fills the micro pores. At field capacity all pores small enough to retain water against the pull of gravity are filled (Brady and Weil, 1999).

Clay soils have numerous micro pores and hold large quantities of water but since they have few macro pores they produce very slow infiltration rates. The pores in the clay soils may be so small and hold water that water will not be available to plants. Sandy soils with numerous macro pores but few micro pores have higher infiltration and percolation rates but a lower water-holding capacity than other soil textures. A lower water-holding capacity means less available water for plant roots. For re-vegetation purposes, plants perform best in intermediate soil textures (loams) where soils contain mixtures of micro- and macro pores (Munshower, 1993). The soil porosity is influenced by the soil texture, bulk density and particle density. Soil with good texture has a higher percentage of soil porosity, soil porosity will control the soil activities especially soil drainage, soil aeration, growth of plant and organisms in soil.

3.2.7. Co-relationship between soil physical properties and site characteristics

The correlation analysis results of 20 plots based on the presence and absence of 100 samples are shown in (Table / Tablo 3**)**. The groups of plots were defined by using different codes. A clear segregation was evident between *Shorea peltata* and soil physical properties of plots in Group a, b, c and d.

Table 3. Variables for Pearson's correlation between the density groups and variables of samples (r= 20)
Tablo 3. Yoğunluk grupları ve değişkenler arasındaki Pearson korelasyon sonuçları (r=20)

Variables	**A**	**B**	**C**	**D**
Shorea peltata values	4.00	7.82	14.53	22.76
Site Variables	R			
Moisture content	0.004	0.270	1.000	0.631
Clay	0.334	0.231	0.016	0.090
Silt	0.270	0.077	0.098	0.029
Sand	0.019	0.031	-0.055	-0.236
Bulk density	0.650	0.154	0.196	0.041
Particle density	0.250	0.063	0.162	0.091

The different values of Pearson's correlation for the first four variables (a, b, c, and d) were poorly related to *Shorea peltata* characteristics, i.e. 4.00, 7.82, 14.53 and 22.76 respectively. The cumulative variance of soil respiration characteristics relation resulting from groups was 49.11% (Table / Tablo 3).

Out of 6 soil physical property variables taken in this research, the result of the SAS Correlation showed that five factors were the most influential on the distribution of species in Tenggaroh Forest Reserves. The first group was strongly correlated with bulk density (r=0.650) and clay (r=334), meanwhile, the second group correlated with moisture content (r= 0.270). Group C correlated strongly with moisture content (r=1.000). In contrast, one variable had a negative correlation with group C, D via Sand (r=-0.055, -0.055).

Correlation showed that the bulk density ion the first group and particle density, clay, silt and moisture content on the second and third groups contributed in separating the samples. However, based on the correlation coefficient values, it can be postulated that moisture content, bulk density, particle density and silt makes the greatest contribution in determining the variation in the structural composition of *Shorea peltata* communities in the research area.

The relationship between *Shorea peltata* distribution and soil physical property variables is important to consider the scale at which the variables are measured. However, conclusion obtained at one scale may not be valid at another scale. Comparison of the correlation between groups shows that the most variables were found positive. The SAS Correlation analysis also implies that bulk density, particle density, clay, silt and moisture content were the most important factors in species distribution in the research area.

4. CONCLUSION

In this research, the possible changes of soil physical properties balance associated with different density of *Shorea peltata* species for natural forest on the same sites were assessed. Investigation of soil physical properties such as moisture content, bulk density, particle density, clay, silt and soil compaction were examined. The results showed significant differences among the groups.

The research suggested that the distribution of *Shorea peltata* in Tenggaroh Forest Reserve was strong had a relationship with moisture content. The best performance of *Shorea peltata* in Tenggaroh Forest Reserve is probably accounted from the soil characteristics of the reserve area. This study contributes not only to soil physical properties, but also for soils as the basic unit of natural environment and various scientific studies. The study site was characterized as a lowland forest ranging from (250 – 750 m) of altitudes. The importance of altitudes however does not imply a clear predictor for the diversity within a small area as that used during in the present study.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to gratefully thank Prof. Dr. Mohamad Azani ALIAS for his highly helpful. My great and sincerely thankful extend to the Tenggaroh Forest Reserve for guiding and giving the information. Also many thanks goes to my friends for their helps during the analysis of data at University Putra Malaysia (UPM), faculty of forestry, department of soil science.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

Archard, F., Eva, H.D., Stibig, H.J., Mayaux, P., Gallego, J., 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science* 297: 999-1002. DOI: 10.1126/science. 1070656.

Armstrong, W., 1975. Water logged soils. In J.R. Etherington (Ed.). Environment and Plant Ecology (pp. 181-218). London: Wiley.

Bachman, R., Paternoster, R. 1997. StatisticalMethods for Criminology and Criminal Justice (2nd edition) New York: MCGraw-Hill Company.

Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk density. In A. Klute (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods (pp. 363-375), Wisconsin: ASA-SSSA.

Brady, N.C., 1984. The Nature and Properties of Soils (9th ed.).USA: New York, Macmillan.

Brady, N.C., Weil, R.R., 1999. The Nature and Properties of Soils (12th ed.), USA: New Jersey, Upper Saddle River.

Buckman, H., Brady, O., Nyle, C., 1960. The Nature and Properties of Soils - A College Text of Edaphology (6th ed.) New York: The MacMillan Company.

Butler, R.A., 2006. Malaysia to phase out Borneo logging in parts of Sabah State. Mongabay.com. http://news.mongabay.com/2006/0316-sabah.html.

Charman, P.E.V., Murphy, B.W., 1998. Soils their Properties and Management (5th ed.). Melbourne: Oxford University Press.

Day, P.R., 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. In C.A. Black (Ed.). Methods of Soil Analysis (pp. 545-567) Part 1: American Society of Agronomy, Madison: Wisconsin, Inc.

Dennis, E.H., William, W., Stephen, G.J., 2002. Applying statistical concepts. In P.R. Anant (Ed.). Applied Statistical for the Behavioral Sciences (pp. 5-10). USA: New York, Houghton Mifflin Harcourt.

FAO, 2005. Global forest resources assessment 2005: Progress towards sustainable forest management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. http://www.fao.org/docrep/008/a0400e/ a0400e00.htm.

Foth, H.D., 1990. Fundamental of Soil Science (8th ed.). USA:New York, John Wiley and Sons.

Fujiwara, K., 1987. Aims and methods of phytosociology of vegetation science. *Plant Ecology and Taxonomy* 5: 606-628.

Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis. In A.L. Page (Ed.). Methods of Soil Analysis, Part1, Physical and Mineralogical Methods (pp. 383-411). Madison, Agronomy Monograph.

Greacen, E.L., Sands, R., 1980. Compaction of forest soils. A review: *Australian Journal of Soil Research* 18: 163-169.

Guggenheim, S., Martin, R.T., 1995. Definition of clay and clay mineral: Joint report of the AIPEA nomenclature and CMS nomenclature committees. *Clays Clay Miner* 43: 255-256.

Hatchell, G.E., Ralston, C.H., Foil, R.R., 1970. Soil disturbances in logging forest. *Soil Science* 68: 772-775.

Hassink, J., Whitmore, A.P., 1997. A model of physical protection of organic matter in soil. *Soil Science Society of American Journal* 61:131-1392.

Hobbie, E.A., Colpaert, J.V., 2003. Nitrogen availability and colonization by mycorrhizal fungi correlate with nitrogen ısotope patterns in plants. *New Photobiology* 157: 115–126.

Jomo, K.S., Chang, Y.T., Khoo, K.J., 2004. Deforesting Malaysia: The Political Economy and Social Ecology of Agriculture Expansion and Commercial Logging. 1st Edn., Zed Books Limited, New York, ISBN: 978-1842774663, pp: 304.

Johnson, D.W., Cheng, W., Ball, J.T., 2000. Effects of CO2 and nitrogen fertilization on decomposition and N immobilization in Ponderosa Pine litter. *Plant and Soil Science* 224: 115-122.

Jones, C.A., 1983. Effect of soil texture on critical bulk densities for root growth. *Soil Science Society of American Journal* 47: 1208-1211.

Laker, M.C., Dupreez, C.C., 1982. An investigation into the accuracy of hydrometers for soil particle-size determination. *Agroplantae*14: 17-22.

Mayaux, P., Holmgren, P., Archard, F., Eva, H., Stibig, H.J., 2005. Tropical forests cover change in the 1990s and options for future monitoring. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360: 373-384. DOI: 10.1098/rstb.2004.1590.

Munshower, F.F., 1993. Practical Handbook of Disturbed Land Revegetation. USA, Florida, Boca Raton: Lewis Publishers.

Ohta, S., Effendi, S., 1992. Ultisols of "Lowland dipterocarp forest" in East Kalimantan, Indonesia. II. Status of carbon, nitrogen and phosphorus. *Soil Science and Plant Nutrition* 38: 207-216.

Ohta, S., 1989. Influence of deforestation on the soils of the Pantabangan Area, Central Luzon, the Philippines. *Soil Science and Plant Nutrition* 36: 561-573.

Paul, R., 2002. Observational studies.In P. Cohn, P. Harris, W. Barry, R. Rosati, and C. Waternaux (Eds.). Handbook of Engineering Statistics. New York: Springer-Verlag.

Takahashi, M., Kobayashi, S., Aizawa, S., Yoshinaga, S., Jilli, R.H., 1994. Ultisols under secondary mixed Dipterocarp forest in Brunei and their nutritional characteristics. *Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute* 366: 57-78.

Ter Braak, C.J.F., Verdonschot, P.F.M., 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Science* 57: 255-289.

Wayne, B., Quirine, K., Steve, A., Jonathan, R., Renuka, R., Steve, D., 2007. A soil textural triangle is used to determine soil textural class from the percentages of sand, silt and clay in the soil. *Soil Science Society of American Journal* 2: 73-79.

Whitmore, T.C., 1998. An Introduction to Tropical Rain Forests. 2nd Edn., Oxford University Press, New York, ISBN: 978-0198501473, pp: 282.

Williams, S.M., Primack, R.B., 1999. Phylogeny of the tropical tree family Dipterocarpaceaebased on nucleotide sequences of the chloroplast RBCL gene. *American Journal of Botany* 86: 11-82.

Woodward, C.L., 1996. Soil compaction and topsoil removal effects on soil properties and seedling growth. *Forest Ecology and Management* 82: 197-209.

Wyatt-Smith, J., 1961. A note on the fresh-water swamp, lowland and hill forest types of Malaysia. *Malayan Forest* 24: 110-121.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.79517
Research Article / Araştırma Makalesi

Trakya meşe ormanlarında artım ve büyüme ilişkileri

Gafura Aylak Özdemir [1*], Ömer Saraçoğlu[1]

[1] Istanbul University, Faculty of Forestry, Department of Forest Yield and Biometry, 34473, Sarıyer, Istanbul, Turkey

***Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** gafura@istanbul.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 07.04.2015 **- Revised (Düzeltme tarihi):** 30.04.2015 **- Accepted (Kabul tarihi):** 01.05.2015

Özet: Bu çalışmada, Trakya meşe ormanlarının farklı yaş, sıklık ve yetişme ortamlarındaki artım ve büyüme ilişkileri incelenmiştir. Bu amaçla alınan 101 örnek alandan sağlanan veriler yardımıyla çift girişli ağaç hacim tablosu, bonitet (Yetişme ortamı verimliliği) tablosu ve sıklığa bağlı hasılat tablosu oluşturulmuştur. Sıklığa bağlı hasılat tablosu MS Excel 2010 programının VBA makro özelliğinden yararlanılarak programlanmıştır. Böylece bilgisayar ortamında istenilen yaş, sıklık ve bonitete göre hasılat tablosu çıktı olarak alınabilmektedir. Trakya meşe ormanları için düzenlenen sıklığa bağlı hasılat tablosundan alınan meşcere hacim ve hacim elemanlarının farklı bonitet sınıflarında ve sıklık derecelerinde meşcere yaşına göre gösterdiği eğilimler karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Sıklığa bağlı meşe hasılat tablosundan alınan değerler, meşe ormanları için Eraslan (1954) ve Eraslan ve Evcimen (1967) tarafından oluşturulan hasılat tablosu değerleri ile karşılaştırılmıştır. Aynı karşılaştırma geniş yapraklı tür olan kayın ormanları için Carus (1998) tarafından düzenlenen hasılat tablosu değerleri ile de yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hasılat tablosu, sıklık, bonitet, hacim, hacim elemanları

The relations of growth and increment in thrace oak forests

Abstract: In this study, increment and growth relationships of oak forests of Thrace in different ages, densities and site indexes were examined. For this purpose, double-entry tree volume table, site quality table and the density - dependent yield table was created with the help of the data provided to 101 sample plots were taken. Density – dependent yield table was programmed using VBA macro feature of MS Excel 2010 program. Thus, yield table can be taken as output in computer environment according to the desired age, density and site index. Trends of stand volume and volume elements provided to density – dependent yield table for the oak forest of Thrace according to the age in different site conditions and densities was presented comparatively. Values obtained by density dependent yield table were compared with values of the yield table generated by Eraslan (1954) and Eraslan – Evcimen (1967) for the oak forests. The same comparison also was made with values of the yield table generated by Carus (1998) for beech forests with broad-leaved species.

Keywords: Yield table, density, site index, volume, volume elements

1. GİRİŞ

Doğal orman ekosistemini; başta yangınlar ve zararlılar olmak üzere çeşitli faktörlere karşı, etkin şekilde korumak; koruma-kullanma dengesi, biyolojik çeşitlilik, gen kaynakları, orman sağlığı, odun dışı ürün ve hizmetler ile ekoturizmin geliştirilmesi gözetilerek, çok amaçlı ve verimli şekilde yönetilmesi amaçlanmaktadır (DPT, 2007). 2005-2012 yılları arasında yenilenen orman amenajman planlarının ENVANİS veri tabanında güncellenmesi sonucu elde edilen verilere göre ülke ormanları 21,7 milyon ha olarak tespit edilmiştir. Bu ormanlık alan miktarı ülke genel alan toplamının % 27,6'sını oluşturmaktadır. Ülkemiz ormanlarını ağaç türü ve kapladıkları alan olarak değerlendirildiğinde, ilk üç sırayı 18 tür ve 6.476.277 hektarlık alanı ile meşeler (Quercus), 5.420.524 hektar alan ile kızılçam ve 4.202.298 hektarlık

To cite this article (Atıf) : Aylak Özdemir, G., Saraçoğlu, Ö., 2016. Trakya meşe ormanlarında artım ve büyüme ilişkileri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 211-243. DOI: 10.17099/jffiu.79517

alan ile karaçam ormanları almaktadır. Bunları Doğu kayını (*Fagus orientalis*), sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve göknar (*Abies* sp.) ormanları izlemektedir (OGM, 2011; OGM, 2012).

Çalışmanın yürütüldüğü Trakya yöresi ormanları, Istranca dağlarının Karadenize bakan yamaçlarından başlayıp Gelibolu'da güney sınırını oluşturduğu Kocaeli Yarımadası'nda sonlanan bir ekosistemdir. Bu bölge ormanları yapı itibariyle nemli ormanlardan oluşmaktadır. 1000 m yükseltisiyle Istranca dağlarının kuzey yamaçları ve 500-600 m'ye kadar güney yamaçlarında yayılan Doğu kayını ormanları Bulgaristan-İğneada hattı boyunca bir kuşak oluşturur. Istranca dağlarının kuzey yamaçlarında ise doğu kayınına, sahile kadar sapsız meşe eşlik ederek küçük gruplar oluşturmaktadır. Trakya yöresi barındırdığı meşe ve diğer ağaç türleri, dünyada nadir sayılabilecek İğneada-Longoz ormanları ve kıyı kumul ve sulak alanlarının varlığı ile dikkat çekmektedir (OGM, 2011).

Kendine özgü bir ekosistem içerisinde varlığını sürdüren yenilenebilen doğal kaynaklar olan ormanların sosyal ve kültürel açıdan optimum yarar sağlayacak şekilde planlı ve düzenli işletilmeleri gerekir. Bu nedenle ormanların çok iyi tanınması her türlü iç ve dış ilişkilerine ait özelliklerinin ve önemlerinin kavranması gerekir (Saraçoğlu, 1988). Sonuçta, ormanların tam kapasite ile işletilebilmesi, işletme faaliyetlerinin planlanması ve karar verme işlemlerinde, ağaç ve meşcerelerin artım ve büyüme gücünü tanımak, planlı ve ekonomik bir ormancılık yapabilmek için önemli bir koşuldur (Fırat, 1972; Akalp, 1983; Kalıpsız, 1999).

Artım ve büyüme ilişkilerinin bilinmesi yalnız yararlanmanın düzenlenmesi için değil, ekonomik bir birim olan orman işletmelerinin ekonomik başarısını denetlemek için de gereklidir. Bunun yanında, silvikültürel müdahaleleri yönlendirmek, aralamanın zaman ve derecesini saptamak, ekonomik amaca uygunluğunu denetlemek bakımından da artım ve büyüme ilişkilerinin bilinmesine ihtiyaç vardır (Günel, 1981; Yavuz, 1992).

Bu çalışmada, ülkemizde gerek tür zenginliği bakımından gerekse kapladığı alan bakımından en önemli yayılışını Trakya yöresinde gösteren meşe ormanlarının farklı yaş, sıklık ve yetişme ortamlarındaki artım ve büyüme ilişkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla farklı yetişme ortamlarından, yaş kademelerinden ve sıklıklardan oluşan Trakya yöresi meşe ormanlarından 101 örnek alan alınmıştır. Örnek alandan sağlanan veriler yardımıyla çift girişli ağaç hacim tablosu, bonitet (yetişme ortamı verimliliği) tablosu ve sıklığa bağlı hasılat tablosu oluşturulmuştur. Sıklığa bağlı hasılat tablosu MS Excel 2010 programının VBA makro özelliğinden yararlanılarak programlanmıştır. Böylece bilgisayar ortamında istenilen yaş, sıklık ve bonitete göre hasılat tablosu çıktı olarak alınabilmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Güney Torosların Özellikleri ve Araştırma Alanlarının Seçimi

Trakya bölgesi, kuzey doğuda ve doğuda Karadeniz ve İstanbul boğazı ile, güney ve güney batıda Marmara Denizi, Çanakkale Boğazı ve Ege denizi ile Küçük Asya'dan, batıda Meriç nehri ile Yunanistan'dan, kuzeyde Rezve deresi ile Bulgaristan'dan ayrılmaktadır (Eraslan, 1954).

Çalışmamızda alınan örnek alanlar, TUBİTAK TOVAG 107O750 numaralı "Kuzey Trakya Koruya Tahvil Meşe Ekosistemlerinde Sağlık Durumu, Biyokütle, Karbon Depolama ve Faunistik Özelliklerin Belirlenmesi" isimli projenin örnek alanlarından seçilmiştir.

Çalışma İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü idari sınırları içerisinde ve orman yetişme bölgesi bakımından da Kuzey Trakya'da yer alan koruya tahvil ve farklı meşcere tiplerine sahip meşe ormanlarında gerçekleştirilmiştir. Sözü edilen idari ve yetişme ormanı bakımından Kuzey Trakya içerisinde kalan baltalık meşe ormanlarının yoğun olarak bulunduğu ve örneklemeye konu olacak alanlar ağırlıklı olarak 4 Orman İşletme Müdürlüğü'nün bölgesi içindedir (Makineci ve ark., 2011).

Bu orman işletme müdürlükleri, Demirköy, Kırklareli, Çatalca ve Vize Orman İşletme müdürlükleridir. Demirköy Orman İşletme Müdürlüğü alanı içerisinde Istrancaların önemli bir bölümünün yer alması

(yükseklik farkı) hem Karadeniz'e hem de İç Trakya'ya bakan alanların olması gibi sebeplerden daha yoğun örneklemeyi gerektirmiştir. Bu alan 4 ayrı bölgeye ayrılarak incelenmiştir (Şekil / Figure 1).

Şekil 1. Örnek alanların alındığı bölgeler (Makineci ve ark., 2011)
Figure 1. The districts where the sample plots were taken (Makineci et al., 2011)

Böylece çalışma 7 farklı yörede yoğunlaştırılmıştır. Bu 7 yörede farklı meşcere tipleri ve anakaya gibi özellikler ile örnek alanlar sınırlandırılmıştır. Böylece alanlar hakim bir iklim etkisinin altında genel yetişme ortamı farkları gözetilerek ve idari yönden de sınıflandırılmış olmaktadır (Makineci ve ark., 2011).

2.2. YÖNTEM

2.2.1 Örnek Alanların Seçimi

Çalışmaya temel oluşturan 107O750 numaralı Tübitak projesinde, koruya tahvil saf meşe meşcerelerinde farklı meşcere tiplerinde toplam biyokütle miktarlarının belirlenmesi amacıyla 4 Orman İşletme müdürlüğü sınırları içinden 168 alan tekrarlı olmak üzere toplam 336 adet 400 m^2'lik (20x20 m) örnek alan alınmıştır (Makineci ve ark., 2011). Bu çalışmada ise, sadece b ve c gelişim çağındaki örnek alanlar seçilmiştir. Meşcerenin çap boy dağılımına göre 79 örnek alanda tekrarlı alanlar birleştirilmiştir. 22 adet örnek alan tekrarlarıyla birleştirilmemiş ve toplam 101 örnek alan seçilmiştir. Böylece 79 adet örnek alan büyüklüğü 800 m^2 ve 22 adet örnek alanın büyüklüğü ise 400 m^2'dir.

2.2.2 Örnek Alanlarda Yapılan Ölçüm ve Tespitler

Örnek alanlarda TUBİTAK 107O750 no'lu proje kapsamında biyokütle örneklemesi için alanda bulunan her meşe türünden sağlıklı bir ağaç kesilmiştir. Kesilen bu ağaçlar 2 m'lik seksiyonlara ayrılmış ve 0,30 m'den başlamak üzere her seksiyon ortasından (1,30; 3,30; 5,30…) kesitler alınmıştır. Ayrıca yaş tespitinde bulunmak üzere ağacın dip kısmından da bir kesit alınmıştır. Çalışmamızda kesilen bu ağaçlardan 225'i gövde analizi yapmak için seçilmiştir. Her bir örnek alanda en az 3 adet ağaçta gövde analizinin yapılmasına dikkat edilmiştir.

2.2.3 Örnek Alanlarda Yapılan Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Örnek alanlardan elde edilen veriler bilgisayar ortamında MS Excel 2010 ve IBM SPSS 19.0 istatistik paket programında veri kütükleri halinde işlenerek değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere uygun regresyon modelleri belirlenerek değişkenler arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur. Regresyon denkleminin istatistiklerinin ve katsayılarının belirlenmesinde en küçük kareler yöntemi uygulanmıştır. Denklemin verilere uygunluğu varyans analizi yöntemiyle denetlenmiş, denkleme ait belirtme katsayısı ve standart hata değerleri hesaplanmıştır.

Çalışmamızda elde edilen ilişkiler ve hesaplamalar yardımıyla oluşturulan sıklığa bağlı hasılat tablosu MS Excel 2010 programının VBA makro özelliğinden yararlanılarak programlanmıştır.

2.2.3.1 Gövde Analizleri

Bir ağacın geçmiş dönemlerdeki artım miktarı ve artım yüzdeleri, gerçeğe en yakın olacak şekilde ancak gövde analizi yöntemiyle saptanabilir (Kalıpsız, 1999). 101 örnek alandan kesilen örnek ağaçlar 2 m'lik seksiyonlara ayrılmış ve 0,30 m'den başlamak üzere her seksiyon ortasından (1,30; 3,30; 5,30…..) 5-10 cm kalınlığında gövde kesitleri alınmıştır. Kesitler üzerinde gövde analizi için gerekli ölçümler yapılmıştır.

Gövde analizi yardımıyla elde edilen veriler MS Excel 2010 programının VBA makro özelliğinden yararlanılarak hazırlanan gövde analizi programına aktarılmıştır.

Bu program yardımıyla 10'ar yıllık periyotlara göre çap, boy ve hacim değerleri hesaplanmıştır. Hacimlendirmede orta yüzey (Huber) formülü kullanılmıştır. Tablo / Table 1'de gövde analizi yapılan ağaçların meşe ağaç türüne ve yaş sınıflarına dağılımı verilmiştir.

Tablo 1. Gövde analizi ağaçlarının yaş ve meşe türlerine göre dağılımı
Table 1. The distribution of stem analysis trees according to age and oak species

Meşe Türleri	**Yaş Sınıfları**						**Toplam**
	20 – 40	**40 – 60**	**60 – 80**	**80 – 100**	**100 – 120**	**>120**	
Sapsız Meşe	9	31	61	13	7	3	124
Macar Meşesi	2	27	24	2	-	-	55
Saçlı Meşe	2	21	20	3	-	-	46
Toplam	13	79	105	18	7	3	225

2.2.3.2 Örnek Alanların Yaşlarının Hesaplanması

Örnek alanlarda gövde analizi yapılan ağaçların 0 (sıfır) metre yüksekliğinden alınan kesitteki yıllık halka sayıları (yaşları) arasındaki fark 20'den küçük olmasından dolayı bu yaşların ortalaması alınmış ve meşcere yaşı olarak elde edilmiştir.

2.2.3.3 Meşcere Üst Boyunun Belirlenmesi

Üst boy, normal silvikültürel işlemlerden önemli derecede etkilenmemesi, büyüme seyrini en iyi şekilde yansıtması ve birim alandaki toplam verim gücü ile sıkı ilişki içinde bulunması nedeniyle meşcere gelişim ölçüsü olarak alınmıştır (Irmak, 1970; Kalıpsız, 1999; Karataş ve ark., 2013).

Çalışmamızda her örnek alan için, göğüs çapının fonksiyonu olarak oluşturulan $h=f(d_{1,30})$ meşcere boy eğrisi elde edilmiştir. Meşcere boy eğrisinden en kalın çaplı 5 ağacın boyları hesaplanmış ve bu boyların ortalaması alınarak her örnek alan için üst boy ($h_{üst}$) değerleri elde edilmiştir.

2.2.3.4 Ağaç Hacim Tablosunun Düzenlenmesi

Ağaç gövdesinin hacmi; ağacın kesilerek bölümleme (seksiyon) yöntemini kullanılarak, dikili halde oran değerleri yardımıyla yada hazır "ağaç hacim tabloları" kullanarak tayin edilebilir (Kalıpsız, 1999).

Çalışmamızda çift girişli hacim denkleminin elde edilmesinde ve hacim tablosunun oluşturulmasında regresyon analizi tekniği kullanılmıştır. Gövde analizi yöntemiyle elde edilen 1772 periyodik ağacın hacimleri, bu ağaçların göğüs çapı ve boy değerleri ile ilişkiye getirilmiştir. İstatistik bakımdan uygun regresyon modelinin belirlenmesinde, çeşitli çalışmalarda önerilen regresyon modelleri esas alınmış ve verilere en fazla uyum gösteren Näslund'un önerdiği formül (1) kullanılmıştır (Kalıpsız, 1999).

$$v = a_0 + a_1 * d_{1,3}^2 + a_2 * d_{1,3}^2 * h + a_3 * h^2 + a_4 * d_{1,3} * h^2 \quad (1)$$

v : Hacim (dm^3)
$d_{1,3}$: Göğüs çapı (cm)
h: Boy (m)

2.2.3.5 Bonitet Derecelerinin ve Bonitet Endekslerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada bonitet eğrilerinin elde edilmesinde ve bonitet tablosunun oluşturulmasında farklı bir yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla 101 örnek alanda belirlenen üst boylar ve meşcere yaşı ilişkiye getirilerek kılavuz eğri elde edilmiştir. Örnek alanlarda saptanan üst boy değerleri yaş-üst boy ilişkisinden elde edilen değere oranlanarak k oranları elde edilmiştir. En küçük k oranının (x_1) bonitet derecesi sıfır (y_1), en yüksek k oranının (x_2) bonitet derecesi değeri 1 (y_2) alınarak bu iki noktaya göre bir doğru denklemi elde edilmiştir. Daha sonra bu denklemde değişkenler yerine yazılarak genelleştirilmiş bonitet derecesi eğrileri denklemi elde edilmiştir.

2.2.3.6 Sıklık Derecelerinin Belirlenmesi

Çalışmamızda Trakya meşe meşcerelerinden alınan örnek alanların meşcere göğüs yüzeyleri (G) örnek alanların yaşı ve bonitet dereceleri ile G= f (t, BOD) şeklinde ilişkiye getirilmiştir.

Örnek alanların meşcere göğüs yüzeyleri, yaş ve BOD değişkenlerine göre modelden elde edilen ortalama göğüs yüzeyine oranlanarak (2) sıklık derecesi bulunmaktadır.

$$SD = \frac{G_{Meşcere}}{G_{Model}} \quad (2)$$

SD : Sıklık derecesi
$G_{Meşcere}$: Meşcere göğüs yüzeyi (m^2/ha)
G_{Model} : Modelden elde edilen göğüs yüzeyi (m^2/ha)

2.2.3.7 Hasılat Tablosunun Oluşturulması

Meşcere hacim ve hacim elemanları ile meşcerenin artım ve verimi ile ilgili diğer elemanlarının değişik bonitet ve sıklık derecelerindeki yaş periyotlarına göre değişimini veren sıklığa bağlı bir hasılat tablosu oluşturulmuştur. Hasılat Tablosunun oluşturulmasında kullanılan örnek alanlara ait hacim elemanları ile ilgili bazı istatistikler Tablo / Table 2'de verilmiştir.

Hasılat tablosunun oluşturulmasında öncelikle, örnek alanlardan belirlenen meşcere ağaç sayıları meşcere yaşı, bonitet ve sıklık derecesiyle ilişkiye getirilerek genelleştirilmiş ağaç sayısı denklemi elde edilmiştir. Daha sonra meşcere yaşı, bonitet derecesi, sıklık derecesi ve standardize edilmiş değerlerin fonksiyonu olarak elde edilen olasılık sıklık fonksiyonu ve meşcere ağaç sayısı yardımıyla 1 hektarlık alanda bulunması gereken ağaçların göğüs çapları kuramsal olarak türetilmiştir. Bu ağaçların boyları, göğüs çapı, bonitet derecesi ve sıklık derecesinin bir fonksiyonu olarak oluşturulan genelleştirilmiş meşcere boy

eğrisinden elde edilmiştir. Bu değerler yardımıyla asli meşcerenin hacim ve hacim elemanları hesaplanmıştır.

Tablo 2. Örnek alanların hacim elemanlarına ait bazı istatistikler (n=101)
Table 2. Some statistics of volume elements of sample plots (n=101)

Değişken	Minimum	Maksimum	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma
Meşcere Yaşı	21	167	68	23,63
Bonitet Derecesi	0	1	0,49	0,17
Sıklık Derecesi	0,44	2,59	1,02	0,38
Üst Boy (m)	6,54	26,41	16,81	4,07
Orta Çap (cm)	6,65	34,18	18,71	5,95
Ağaç Sayısı (adet/ha)	225	5600	1024	882,20
Göğüs Yüzeyi (m^2/ha)	5,77	41,97	21,63	8,35
Meşcere Hacmi (m^3/ha)	16,22	390,86	163,01	87,78

3. BULGULAR

3.1 AĞAÇ HACİM TABLOSU

Çalışmamızda ağaç hacim tablosunun düzenlenmesinde 225 ağaçta yapılan gövde analizi verileri kullanılmıştır. Gövde analizi yapılan ağaçlarda 10'ar yıllık periyodlarda yıllık halka kalınlıkları ve kabuklu çapları ölçülmüş ve 1808 periyodik ağaç türetilmiştir. Bu ağaçlardan 36'sı göğüs yüksekliğine ulaşmadığı için ağaç hacim tablosunun düzenlenmesinde kullanılmamıştır. Sonuçta 1772 periyodik ağaç hacim tablosunun düzenlenmesinde değerlendirmeye alınmıştır. Bu periyodik ağaçlardan 1547'si kabuksuz çap ve kabuksuz hacim değerine sahip ağaçlardır. Aşağıdaki bölümlerde ayrıntıları açıklanan kabuksuz çap-kabuklu çap ve kabuksuz hacim – kabuklu hacim ilişkilerinden yararlanılarak 1547 periyodik ağacın kabuklu çap ve kabuklu hacim değerleri hesaplanmıştır.

3.1.1.Kabuksuz Çap- Kabuklu Çap İlişkisi

Ağacın kabuk miktarı alım-satım ya da araştırma amacı ile bilinmek istenmektedir. Bu bilgiler ağacın kesilerek ölçümü yoluyla doğrudan bulunabildiği gibi, istatistik ortalama olarak dolaylı yoldan da bulunabilir. İstatistik ortalamalar deneme ağaçlarından ya da uygulama sırasında kesim sonuçlarına göre elde edilen veriler yardımıyla hesaplanmaktadır. Genellikle bu değerler, göğüs çapına bağlı bir fonksiyon olarak verilmektedir (Kalıpsız, 1999).

Ağacın göğüs boyundaki çapının kabuksuz çapına oranı olarak (3) ya da kabuklu ve kabuksuz göğüs çapları arasında (4) istatistik ilişki kurulmaktadır (Meyer, 1942; Kalıpsız, 1999).

$$K = \frac{\sum d_{kbl}}{\sum d_{kbz}} \tag{3}$$

$$d_{kbl} = a_0 + a_1 * d_{kbz} \tag{4}$$

d_{kbl}: Kabuklu göğüs çapı (cm)
d_{kbz}: Kabuksuz göğüs çapı (cm)

Çalışmamızda 1547 kabuksuz çapa sahip periyodik ağaçların kabuklu çaplarını hesaplamak için 225 kabuklu-kabuksuz çap değerine sahip olan ağaçların verileri kullanılarak kabuklu çap bağımlı, kabuksuz çap bağımsız değişken alınarak $d_{kbl} = a_0 + a_1 * d_{kbz}$ şeklinde bir regresyon modeli oluşturulmuştur.

Tablo 3. Kabuksuz - kabuklu çap regresyon denklemine ait istatistikler.
Table 3. The statistics of regression equation of inside-outside bark diameter

n	R^2	S_e	F	a_0	a_1
225	0,9921	0,4579	5902,712***	0,3038	1,0566

Periyodik ağaçların kabuklu çaplarını tahmin etmek için oluşturulan regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 99,21, standart hatası 0,4579 cm ve F=5902,712*** olarak hesaplanmıştır (Tablo/ Table 3). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

3.1.2 Kabuksuz Hacim – Kabuklu Hacim İlişkisi

Kabuksuz hacim ve kabuklu hacim arasında kabuksuz-kabuklu çap arasındaki ilişkiye benzer bir ilişki kullanılarak kabuk hacim faktörü hesaplanabilir ve regresyon modelleri oluşturulabilir. 225 ağaca ait kabuklu ve kabuksuz hacim değerleri koordinat sistemine taşınmış ve noktalar dağılımı orijinden geçecek şekilde doğrusal bir eğilim göstermiştir. Bu nedenle 1547 kabuksuz hacme sahip periyodik ağaçların kabuklu hacimlerini hesaplamak için, kabuklu hacim bağımlı, kabuksuz hacim bağımsız değişken alınarak $V_{kbl} = a_1 * V_{kbz}$ şeklinde bir regresyon modeli oluşturulmuştur.

Tablo 4. Kabuksuz - kabuklu hacim regresyon denklemine ait istatistikler
Table 4. The statistics of regression equation of inside-outside bark volume

n	R^2	S_e	F	a_1
225	0,9937	11,86	282573,3***	1,158

Periyodik ağaçların kabuklu hacimlerini tahmin etmek için oluşturulan regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 99,37, standart hatası 11,86 dm^3 ve F=282573,3*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 4). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

3.1.3 Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosunun Düzenlenmesi

Çalışmamızda gövde analizi sonucunda elde edilen veriler Özdemir ve Aylak Özdemir tarafından MS Excel 2010 programının VBA makro özelliğinden yararlanılarak oluşturulan gövde analizi programına aktarılmıştır. Bu program yardımıyla 10'ar yıllık periyodlara göre çap, boy ve hacim değerleri hesaplanmıştır. Sonuçta 1772 periyodik ağaç elde edilmiş, kabuksuz çapa ve hacme sahip olan 1547 periyodik gövdenin kabuklu çapı ve hacmi, yukarıdaki bölümlerde açıklanan ilişkiler yardımıyla hesaplanmıştır. Hacim denkleminin elde edilmesinde ve hacim tablosunun oluşturulmasında regresyon analizi tekniği kullanılmıştır. Periyodik ağaçların hacimleri göğüs çapı ve boy ile ilişkiye getirilmiştir.

Çalışmamızda, çift girişli ağaç hacim tablosu düzenlemesinde Näslund'un önerdiği model 5 kullanılmıştır (Kalıpsız, 1999).

$$V = 1{,}787813 + 0{,}07051 * d_{1,3}^2 + 0{,}021437 * d_{1,3}^2 * h - 0{,}106656 * h^2 + 0{,}021527 * d_{1,3} * h^2 \quad (5)$$

V: Hacim (dm^3)
$d_{1,3}$: Göğüs çapı (cm)
h: Ağaç boyu (m)

Ağaç hacmini tahmin etmek için oluşturulan regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 98,87, standart hatası 13,56 dm^3 ve F=38383,27*** olarak hesaplanmıştır. F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

3.2 MEŞE BONİTET TABLOSUNUN DÜZENLENMESİ

3.2.1 Meşcere Üst Boyu – Yaş İlişkisi

Çalışmamızda alınan 101 örnek alanın üst boyları her alan için elde edilen meşcere boy eğrisinden yaşları ise gövde analizi için kesilen ağaçlardan saptanmıştır. Elde edilen üst boy ve yaş değerleri x, y koordinat sisteminde apsis ekseninde yaş, ordinat ekseninde boy olmak üzere noktalanmıştır (Şekil / Figure 2). Noktalar dağılımının açık S eğrisi şeklinde olduğu görülmüştür. Bu ilişki için Prodan (1961) formül (6)'daki modeli önermiştir. Bu model boylanma eğrisinin bilinen genel şekline uygun düşmektedir (Akalp, 1978).

Çalışmamızda bu model esas alınmış ve regresyon denkleminin istatistikleri aşağıda verilmiştir.

$$h_{üst} = \frac{t^2}{a_0 + a_1 * t + a_2 * t^2} \quad (6)$$

$h_{üst}$: Üst boy (m)
t: Yaş (yıl)

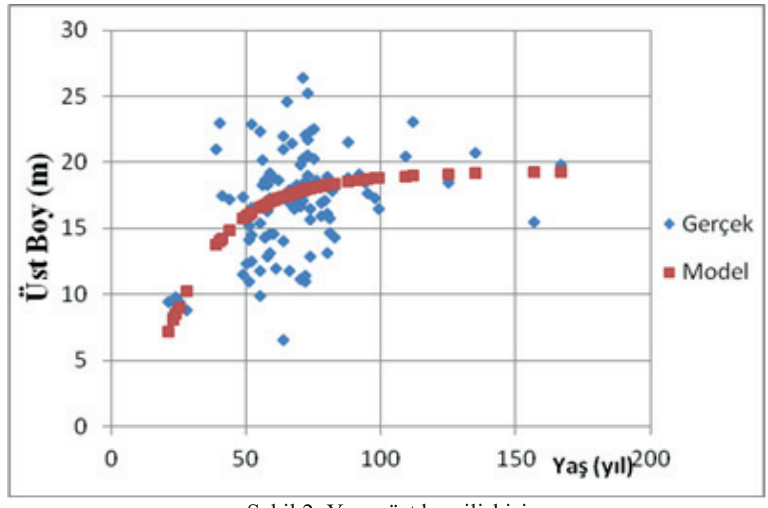
Tablo 5. Yaş – üst boy ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 5. The statistics of regression equation of age-top height relationship

n	R^2	S_e	F	f	a_0	a_1	a_2
101	0,9231	3,481	582,164	1,0432	50,301343	-0,488272	0,055283

Yaş - Üst boy ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 92,31, standart hatası 3,481 m ve F=582,164*** olarak hesaplanmıştır. F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur. Tablo / Table 5'deki f değeri ise düzeltme faktörüdür.

Regresyon modeli doğrusal forma dönüştürüldükten sonra katsayıları hesaplandığı için denklemden elde edilen değerlerin bir düzeltme faktörü ile çarpılması gerekmektedir. Düzeltme faktörü ölçülen (gerçek) boy değerlerinin toplamının ($\sum h_{üstger}$), regresyon denkleminden elde edilen boy değerlerinin toplamına ($\sum h_{üstmod}$) oranlanması ile hesaplanmaktadır (7).

$$f = \frac{\sum h_{üstger}}{\sum h_{üstmod}} \quad (7)$$



Şekil 2. Yaş – üst boy ilişkisi
Figure 2. Age-top height relationship

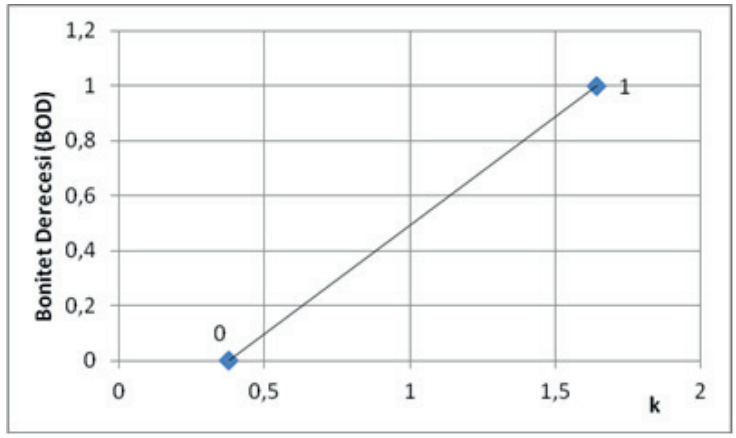
3.2.2 Bonitet Eğrilerinin Türetilmesi ve Bonitet Tablosunun Oluşturulması

Çalışmamızda bonitet eğrilerinin elde edilmesinde ve bonitet tablosunun oluşturulmasında farklı bir yöntem kullanılmıştır. Her örnek alanın yaşına göre üst boy- yaş ilişkisine ait regresyon denkleminden (kılavuz eğriden) üst boy ($h_{üstmod}$) değeri hesaplanmıştır (6). Bu değer her örnek alanda belirlenen (gerçek) üst boy ($h_{üstger}$) değerine oranlanmıştır (8).

$$k = \frac{h_{ustger}}{h_{ustmod}} \tag{8}$$

Daha sonra hesaplanan örnek alanlara ait bu k oranları küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır. Bulunan bu oranların en küçük değeri (0.376) bonitet derecesi 0 (BOD = 0) ve en büyük değeri (1.643) de bonitet derecesi 1 (BOD=1) kabul edilerek bu iki nokta arasından doğru denklemi geçirilmiştir (Şekil / Figure 3). Sonuçta aşağıdaki doğru denklemi elde edilmiştir (9).

$$BOD = 0.789212187 * k - 0.296530036 \tag{9}$$



Şekil 3. BOD=0 ve BOD=1 için doğru denklemi
Figure 3. Straight line equation for BOD=0 and BOD=1

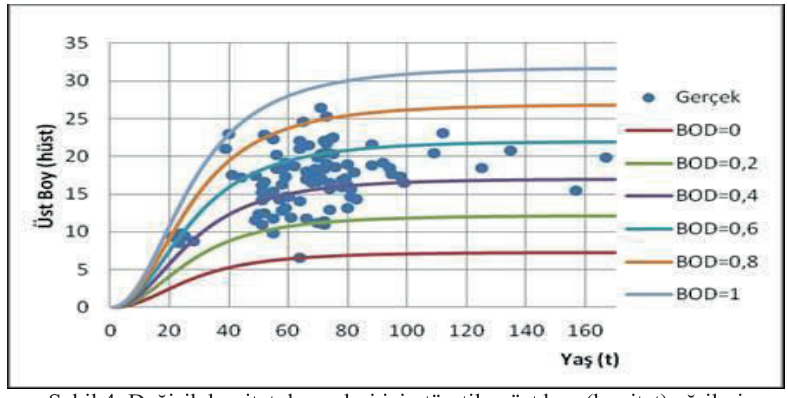
Denklemde X ve Y simgelerini temsil eden değişkenler yazılarak aşağıdaki formül oluşturulmuştur (10).

$$BOD = 0.789212187 * (h_{üstger}/h_{üstmod}) - 0.296530036 \tag{10}$$

Bu denklemde $h_{üstmod}$ değişkeninin karşılığı olan formül (6) yerine konulmuş ve $h_{üstger}$ değişkenine göre yeniden çözülmüştür. Böylece genelleştirilmiş bonitet derecesi eğrileri denklemi elde edilmiştir (11).

$$h_{üstger} = (1{,}267086364 * BOD + 0{,}375729165) * \left(\frac{t^2}{50{,}301343 - 0{,}488272 * t + 0{,}055284 * t^2}\right) * f \tag{11}$$

$h_{üstger}$: Örnek alandan elde edilen üst boy (m)
BOD: Bonitet derecesi
t: Yaşı (yıl)
f: Düzeltme faktörü



Şekil 4. Değişik bonitet dereceleri için türetilen üst boy (bonitet) eğrileri
Figure 4. Top height (site quality) curves generated for different site quality degrees

Grafikten de (Şekil / Figure 4) görüleceği üzere bonitet eğrileri noktaları kapsamakta aşırı yönde değerler vermemektedir. BOD=0'a ait bonitet eğrisi k oran değerinin en küçük olduğu örnek alan noktası üzerinden geçerken, BOD=1'e ait bonitet eğrisi ise k oran değerinin en büyük olduğu örnek alan noktası üzerinden geçmektedir. Genelleştirilmiş bonitet derecesi eğrileri denklemi kullanılarak değişik bonitet dereceleri için üst boylar tablolaştırılarak bonitet tablosu elde edilmiştir (Tablo / Table 6).

Tablo 6. Bonitet tablosu
Table 6. Site quality table

	BONİTET DERECELERİ										
Yaş	**0**	**0.1**	**0.2**	**0.3**	**0.4**	**0.5**	**0.6**	**0.7**	**0.8**	**0.9**	**1**
	ÜST BOYLAR										
20	2.5	3.4	4.2	5.1	5.9	6.8	7.6	8.5	9.3	10.2	11.0
30	4.2	5.6	7.0	8.4	9.8	11.2	12.6	14.0	15.4	16.8	18.2
40	5.3	7.1	8.9	10.7	12.5	14.3	16.1	17.8	19.6	21.4	23.2
50	6.0	8.1	10.1	12.1	14.2	16.2	18.2	20.3	22.3	24.3	26.4
60	6.5	8.7	10.8	13.0	15.2	17.4	19.6	21.8	23.9	26.1	28.3
70	6.8	9.0	11.3	13.6	15.9	18.1	20.4	22.7	25.0	27.3	29.5
80	6.9	9.3	11.6	14.0	16.3	18.6	21.0	23.3	25.7	28.0	30.3
90	7.1	9.4	11.8	14.2	16.6	19.0	21.3	23.7	26.1	28.5	30.9
100	7.1	9.5	12.0	14.4	16.8	19.2	21.6	24.0	26.4	28.8	31.2
110	7.2	9.6	12.0	14.5	16.9	19.3	21.7	24.2	26.6	29.0	31.5
120	7.2	9.7	12.1	14.5	17.0	19.4	21.9	24.3	26.7	29.2	31.6
130	7.3	9.7	12.2	14.6	17.1	19.5	21.9	24.4	26.8	29.3	31.7
140	7.3	9.7	12.2	14.6	17.1	19.6	22.0	24.5	26.9	29.4	31.8
150	7.3	9.8	12.2	14.7	17.1	19.6	22.0	24.5	27.0	29.4	31.9

Genelleştirilmiş bonitet derecesi eğrileri denkleminde standart yaştaki (t=100) üst boy değeri Bonitet Endeksini verdiğinden dolayı standart yaş (t=100) yerine konarak bonitet derecesi ve bonitet endeksi ilişkisini veren denklem elde edilmiştir (12).

$$BOE = 7.07139099820308 + 23.8471323042902 * BOD \quad (12)$$

BOE: Bonitet endeksi (m)
BOD: Bonitet derecesi

BOD 0-1 değerleri arasında olduğu için, 0,2 genişliğinde beş bonitet sınıfı oluşturulmuştur (Tablo / Table 7).

Tablo 7. Bonitet sınıfı sınır ve kılavuz eğrilerinin bonitet derece ve endeksleri
Table 7. Site quality degrees and indices of the boundary and guide curves of site quality classes

Bonitet Dereceleri	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Bonitet Endeksleri (m)	7.1	9.5	12.0	14.4	16.8	19.2	21.6	24.0	26.4	28.8	31.2
Bonitet Sınıfları		V		IV		III		II		I	

3.3 MEŞCERE SIKLIK DERECESİ

Çalışmamızda örnek alanların sıklık dereceleri, yaş ve bonitet derecesinin meşcere göğüs yüzeyi ile olan istatistik ilişkisi yardımıyla hesaplanmıştır. Örnek alanların göğüs yüzeyleri, örnek alanların yaş ve bonitet dereceleri ile ilişkiye getirilmiş bir modelle dengelenmiştir (13).

$$\hat{G} = f(t, BOD) \tag{13}$$

3.3.1 Meşcere Göğüs Yüzeyi ile Yaş ve Bonitet İlişkisi

Örnek alanlardan hesaplanan meşcere göğüs yüzeyleri ve yaş değerleri koordinat sistemine taşınmış, meşcere boy eğrisi için NASLUND tarafından önerilen modelin noktalar dağılımını en iyi temsil eden model olduğu görülmüştür (14).

$$\hat{G} = \frac{t^2}{(a_0 + a_1 * t)^2} \tag{14}$$

Tablo 8. Yaş – meşcere göğüs yüzeyi ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 8. The statistics of the regression equation of age-stand basal area relationship

n	**R^2**	**S_e**	**F**	**f**	**a_0**	**a_1**
101	0,6577	8,14	190,261	1,1162	3,160701	0,177104

Yaş – Meşcere Göğüs Yüzeyi ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 65,77, standart hatası 8,14 m^2/ha ve F=190,261*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 8). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

Örnek alanların meşcere göğüs yüzeyleri yaş değişkeninin yanında örnek alanların bonitet derecesi değişkeni ile de ilişkili olduğu düşüncesiyle modele bonitet derecesi değişkeninin de eklenmesi gerekmektedir. Bu nedenle meşcere göğüs yüzeyi ile bonitet dereceleri arasındaki dağılım dikkate alınarak değişik bonitet derecelerinde meşcere göğüs yüzeyinin yaşa göre gelişimine en uygun model olarak formül 15 elde edilmiştir.

$$\hat{G} = \frac{t^2}{(a_0 + a_1 * t + a_2 * BOD + a_3 * BOD * t)^2} \tag{15}$$

G: Göğüs yüzeyi (m^2/ha)
t: Yaş (yıl)

Tablo 9. Yaş, bonitet derecesi ile meşcere göğüs yüzeyi arasındaki ilişkiye ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 9. The statistics of the regression equation of age-site quality-stand basal area relationship

n	**R^2**	**S_e**	**F**	**f**	**a_0**	**a_1**	**a_2**	**a_3**
101	0,7562	7,37	100,312	1,0745	4,316016	0,232811	-1,62196	-0,12553

Yaş, Bonitet derecesi – Meşcere Göğüs Yüzeyi ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 75,62, standart hatası 7,37 m^2/ha ve F=100,312*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 9). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

3.4 MEŞCERE BOY EĞRİSİ

Göğüs çapı- boy ilişkisinin ortaya konabilmesi için ilk aşamada S eğrisi modeline uygun Saraçoğlu (1988), Carus (1998), Atıcı (1998) ve Yıldızbakan ve ark. (2012) tarafından kullanılan formül 16'daki model esas alınmıştır.

$$h = \frac{d_{1,3}^2}{a_0 + a_1 * d_{1,3} + a_2 * d_{1,3}^2} + 1{,}30 \quad (16)$$

h: Ağaç boyu (m)
$d_{1,3}$: Göğüs çapı (cm)

Tablo 10. Göğüs çapı – boy ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 10. The statistics of the regression equation of dbh-height relationship

n	R^2	S_e	F	f	a_0	a_1	a_2
7405	0,8163	3,576	16446,68	1,0596	2,51374	0,485787	0,039751

Göğüs çapı – boy ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 81,63, standart hatası 3,576 m ve F=16446,68*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 10). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

İkinci aşamada göğüs çapına göre elde edilen kılavuz eğri, bonitet ve sıklık dereceleri ile ilişkiye getirilmiştir. Meşe ağaç türünde çap-boy ilişkisi üzerinde yaş değişkeninin pek fazla etkisinin olmamasından dolayı göğüs çapına göre elde edilen kılavuz eğri yaş ile ilişkiye getirilememiştir (17).

$$h = \frac{(a_0 + a_1 * BOD + a_2 * SD + a_3 * BOD * SD) * d_{1,3}^2}{(2{,}51374 + 0{,}485787 * d_{1,3} + 0{,}039751 * d_{1,3}^2)} + 1{,}30 \quad (17)$$

h: Ağaç boyu (m)
BOD: Bonitet derecesi
SD: Sıklık derecesi
$d_{1,3}$: Göğüs çapı (cm)

Bu model yeniden düzenlenerek genelleştirilmiş meşcere boy eğrileri regresyon denklemi elde edilmiş ve istatistikleri hesaplanmıştır (Tablo / Table 11).

Tablo 11. Göğüs çapı, bonitet derecesi, sıklık derecesi – boy ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 11. The statistics of the regression equation of dbh-site quality-density degree-height relationship

n	R^2	S_e	F	f	a_0	a_1	a_2	a_3
7405	0,805	3,575	108,603	0,9991	0,456028	1,109984	0,151619	-0,183933

Göğüs çapı, bonitet derecesi, sıklık derecesi ile Boy ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 80,5, standart hatası 3,575 m ve F=108,603*** olarak hesaplanmıştır. F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

3.5 MEŞCERE AĞAÇ SAYISI

3.5.1 Meşcere Ağaç Sayısının Çap Basamaklarına Dağılımı

Meşcere kuruluşlarının ortaya konabilmesi için ağaç sayılarının çap basamaklarına dağılımının bilinmesi gerekmektedir. Çünkü meşceredeki galip ağaçların çap artımına katılma oranları mağlup ağaçlara göre daha fazladır (Kalıpsız, 1963; Akalp, 1978).

Sayı bakımından az olmasına karşın galip ve ortak galip ağaçların meşcere hacim artımına katılma oranları daha yüksek bulunmaktadır. Bundan dolayı meşcere ağaç sayısının çap basamaklarına

dağılımının bilinmesi, en yüksek hacim artımını veren optimum kuruluşun tespit edilmesinde gereklidir (Fırat, 1972; Kalıpsız, 1998; Carus, 1998).

Ülkemizde ağaç sayılarının çap basamaklarına dağılımının modellenmesinde Yıldızbakan ve Diğ. (2012) sedir meşcerelerinin çap dağılımını, olasılık sıklık fonksiyonuna ait ordinat değerlerini (y), standardize edilmiş değerlerin yanında bonitet derecesi, sıklık derecesi ve meşcere yaşı ile ilişkiye getirerek modellemiştir.

Çalışmamızda çap dağılımının modellenmesinde ve bu modele göre çapların türetilmesinde Yıldızbakan ve Diğ (2012) tarafından uygulanan yöntem esas alınmıştır. Bu çalışmada örnek alanlarda ölçülen göğüs çaplarının 4 cm'lik çap basamaklarına dökümü yapılmış daha sonra örnek alanın hektara çevirme katsayısı ile çarpılarak her basamakta hektardaki frekans değerleri (f_i) elde dilmiştir. Çap basamaklarındaki bu değerler toplanarak örnek alana ait meşcere ağaç sayısı ((N); adet/ha) hesaplanmıştır.

Örnek alanlara ait ağaç sayılarının çap basamaklarına dağılımlarının (frekans dağılımı) dengelenebilmesi için, çap basamağı değerleri standardize edilmek suretiyle apsis ekseninde sıfır noktası etrafına taşınmıştır. Çap basamak değerleri aşağıdaki formül yardımıyla standardize edilmiştir (18).

$$z = \frac{d - \bar{d}}{s} \tag{18}$$

z: Standardize değer
d: Çap basamak değeri (cm)
$\bar{d}$: Göğüs çaplarının artimetik ortalaması (cm)
s: Standart sapma (cm)

Formülde z standardize değerini, d çap basamak değerini (cm) (basamak ortası), $\bar{d}$ örnek alandaki göğüs çaplarının aritmetik ortalamasını (cm) ve s ise örnek alandaki göğüs çaplarının standart sapmalarını göstermektedir.

Standardize değerlerin bir kısmı doğal olarak negatif olduğu için standardize değerlere 10 ilave edilerek bu standardize değerler pozitif değerlere dönüştürülmüştür. Böylece probit denilen bu p değerleri yardımıyla frekans dağılımları apsis ekseni üzerinde 10 noktası civarına taşınmış olmaktadır (19).

$$p = \frac{d - \bar{d}}{s} + 10 \tag{19}$$

p: Probit değer
d: Çap basamak değeri (cm)
$\bar{d}$: Göğüs çaplarının aritmetik ortalaması (cm)
s: Standart sapma (cm)

Standardize edilmiş değerler elde edildikten sonra 4 cm'lik çap basamaklarına karşılık gelen standardize çap basamağı genişliği (Δz) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (20).

$$\Delta z = z_{\text{üst}} - z_{alt} = \frac{(d+2) - \bar{d}}{s} - \frac{(d-2) - \bar{d}}{s} = \frac{4}{s} \tag{20}$$

$z_{\text{üst}}$: Basamak üst sınırına ait standardize değer
z_{alt}: Basamak alt sınırına ait standardize değer
s: Standart sapma (cm)

Standardize çap basamağı genişliği, basamak üst sınırına ait standardize değerden basamak alt sınırına ait standardize değerin farkı olarak elde edilmektedir.

Olasılık sıklık fonksiyonuna ait ordinat değerlerinin (y) hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (21).

$$y_i = \frac{f_i}{N * \Delta z} \quad (21)$$

Formülde, f_i i. çap basamağına ait frekans değerini, N hektardaki toplam ağaç sayısını, Δz ise standardize çap basamağı genişliğini göstermektedir. Formüldeki (f_i/N) değeri ile çap basamağındaki frekanslar olasılık değerlerine dönüştürülmektedir. Bu durumda örnek alanda çap basamaklarındaki olasılık toplamı 1'e eşit olacaktır. Her basamak için elde edilen bu olasılık değerleri standardize basamak genişliğine bölünerek, birim alandaki olasılık değerine eşit olan y değerlerine ulaşılmaktadır. Yukarıda açıklandığı şekilde tüm örnek alanlarda olasılık sıklık fonksiyonuna ait basamakların apsis değerleri (p) ve ordinat değerleri (y) hesaplanmıştır. Tablo / Table 12'de 59 no'lu örnek alan için p ve y değerlerinin hesaplanması verilmektedir.

Tablo 12. 59 no'lu örnek alanda olasılık sıklık fonksiyonuna ait çap basamaklarının apsis (p) ve ordinat (y) değerlerinin hesaplanması
Table 12. The calculation of abscissa(p) and ordinate(y) of diameter classes pertaining to probability density function in sample plot 59

BO	f	N	$\bar{d}$	s	z	Δz	y	p
6	50	837,5	14,46	4,056	-2,085	0,986	0,060538	7,915
10	200	837,5	14,46	4,056	-1,099	0,986	0,242152	8,901
14	337,5	837,5	14,46	4,056	-0,113	0,986	0,408632	9,887
18	150	837,5	14,46	4,056	0,873	0,986	0,181614	10,873
22	100	837,5	14,46	4,056	1,859	0,986	0,121076	11,859

3.5.1.1 Göğüs Çaplarının Aritmetik Ortalama ve Standart Sapmaları ile İlgili İlişkiler

Aynı yaşlı meşcerelerde zamanla ağaç sayısı azalma eğilimi göstermekte ve iyi bonitetlerde ortamın verim gücünün yüksek olması nedeniyle ağaç sayısı daha az bulunmakta, buna karşın meşcere aritmetik orta çapı daha büyük olmaktadır. Meşcere orta çapının yaşa bağlı olarak gelişimini aynı zamanda meşcere sıklığı da etkilemektedir (Yıldızbakan ve ark., 2012).

İlk aşamada örnek alanlarda ölçülen aritmetik orta çapların meşcere yaşına göre gelişimleri grafik olarak incelenmiştir. Aritmetik orta çapların meşcere yaşına göre oluşturduğu noktalar dağılımını, Yaş- Meşcere göğüs yüzeyi ilişkisini modellediğimiz, NASLUND tarafından önerilen modelin en iyi temsil ettiği görülmüştür (22).

$$\bar{d} = \frac{t^2}{(a_0 + a_1 * t)^2} \quad (22)$$

$\bar{d}$: Aritmetik orta çap (cm)
t: Yaş (yıl)

Tablo 13. Yaş – aritmetik orta çap ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 13. The statistics of the regression equation of age-arithmetic mean diameter relationship

n	R^2	S_e	F	f	a_0	a_1
101	0,7799	4,241	350,885	1,038	5,931845	0,148729

Yaş – aritmetik orta çap ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 77,99, standart hatası 4,241 cm ve F=350,885*** olarak hesaplanmıştır. F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo / Table 13).

İkinci aşamada meşcere yaşına göre elde edilen kılavuz eğri, bonitet ve sıklık dereceleri ile ilişkiye getirilmiş ve regresyon denkleminin istatistikleri hesaplanmıştır (23).

$$\bar{d} = \frac{(a_0+a_1*BOD+a_2*SD+a_3*BOD*SD)*t^2}{(5{,}931845+0{,}148729*t)^2} \quad (23)$$

$\bar{d}$: Aritmetik orta çap (cm)
BOD: Bonitet derecesi
SD: Sıklık drecesi
t: Yaş (yıl)

Tablo 14. Yaş, bonitet derecesi, sıklık derecesi – aritmetik orta çap ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 14. The statistics of the regression equation of age-site quality-density degree-arithmetic mean diameter relationship

n	R^2	S_e	F	f	a_0	a_1	a_2	a_3
101	0,5397	3,325	37,914	1,0334	0,578941	0,938614	-0,108092	0,161459

Yaş, bonitet derecesi ve sıklık derecesi ile aritmetik orta çap ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 53,97, standart hatası 3,325 cm ve F=37,914*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 14). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur. Aritmetik orta çapın meşcere yaşı bonitet derecesi ve sıklık derecesine göre gösterdiği değişimler incelendikten sonra öncelikle örnek alanlarda ölçülen çapların standart sapmalarının meşcere yaşına göre gelişimleri grafik olarak incelenmiştir. Çaplara ait standart sapmaların meşcere yaşına göre oluşturduğu noktalar dağılımının üssel bir ilişki gösterdiği tespit edilmiştir (24).

$$s = a_0 * t^{a_1} \quad (24)$$

s: standart sapma (cm)
t: Yaş (yıl)

Tablo 15. Yaş – standart sapma ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 15. The statistics of the regression equation of age-site quality-stand basal area relationship

n	R^2	S_e	F	f	a_0	a_1
101	0,241	1,624	31,431	1,0478	0,609235	0,484892

Yaş ile standart sapma ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 24,1, standart hatası 1,624 cm ve F=31,431*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 15). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

İkinci aşamada meşcere yaşına göre elde edilen kılavuz eğri, bonitet ve sıklık dereceleri ile ilişkiye getirilmiş ve regresyon denkleminin istatistikleri hesaplanmıştır (25).

$$s = (a_0 + a_1 * BOD + a_2 * SD + a_3 * BOD * SD) * (0{,}609235 * t^{0{,}484892}) \quad (25)$$

s: Standart sapma (cm)
BOD: Bonitet derecesi
SD: Sıklık derecesi
t: Yaş (yıl)

Tablo 16. Yaş, bonitet derecesi, sıklık derecesi – standart sapma ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 16. The statistics of the regression equation of age-site quality degree-density degree-standard deviation relationship

n	R^2	S_e	F	f	a_0	a_1	a_2	a_3
101	0,1844	1,467	7,311	1,003	0,993033	-0,212874	-0,396380	1,041832

Yaş, bonitet derecesi ve sıklık derecesi ile standart sapma ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 18,44, standart hatası 1,467 cm ve F=7,311*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 16). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

3.5.1.2 Probit p Değerinin Alt ve Üst Sınırları

Ağaç sayılarının çap basamaklarına dağılımı, p, bonitet derecesi, sıklık derecesi ve meşcere yaşının fonksiyonu olarak oluşturulan olasılık sıklık fonksiyonu ile modellenmektedir. Bu olasılık sıklık fonksiyonu p değerinin alt ve üst sınırları ile tanımlıdır. Bu değerlerin tanımladığı aralığın dışında kalan p değerleri için olasılık sıklık fonksiyonu 0 değerini almaktadır (Yıldızbakan ve ark., 2012). p değerinin alt ve üst sınır değerleri meşceredeki en küçük (d_{min}) ve en büyük (d_{mak}) çap değerlerine göre hesaplanmaktadır. Bu nedenle meşceredeki en küçük ve en büyük çap değerleri yaş, bonitet derecesi ve sıklık derecelerine göre ortalama olarak saptanması ve bunlara karşı gelen p değerlerinin hesaplanması gerekir. Bu amaçla meşceredeki en küçük ve en büyük göğüs çaplarının meşcere yaşına göre gösterdiği eğilimler incelenmiştir.

Meşceredeki en küçük çap değerinin meşcere yaşına göre oluşturduğu noktalar dağılımının üssel bir ilişki gösterdiği tespit edilmiştir (26).

$$d_{min} = a_0 * t^{a_1} \quad (26)$$

Tablo 17. Yaş – d_{min} ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 17. The statistics of the regression equation of age-d_{min} relationship

n	R^2	S_e	F	f	a_0	a_1
101	0,144	4,625	16,681	1,426	0,034693	1,158031

Yaş ile meşceredeki en küçük çap (d_{min}) ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 14,4, standart hatası 4,625 cm ve F=16,681*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 17). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

İkinci aşamada meşcere yaşına göre elde edilen kılavuz eğri, bonitet ve sıklık derecesi ile ilişkiye getirilmiş ve regresyon denkleminin istatistikleri hesaplanmıştır (27).

$$d_{min} = (a_0 + a_1 * BOD + a_2 * SD + a_3 * BOD * SD) * (0{,}049479 * t^{1{,}158031}) \quad (27)$$

d_{min}: Meşcerede en küçük çap değeri (cm)
BOD: Bonitet derecesi
SD: Sıklık derecesi
t: Yaş (yıl)

Tablo 18. Yaş, bonitet derecesi, sıklık derecesi – en küçük çap (d_{min}) ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 18. The statistics of the regression equation of age-site quality degree-density degree-smallest diameter (d_{min}) relationship

n	R^2	S_e	F	f	a_0	a_1	a_2	a_3
101	0,2603	4,543	11,379	1,015	0,082422	2,610498	-0,021155	-0,70758

Yaş, bonitet derecesi ve sıklık derecesi ile en küçük çap (d_{min}) ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 26,03, standart hatası 4,543 cm ve F=11,379*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 18). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

Meşceredeki en büyük çap değerinin (d_{mak}) meşcere yaşına göre oluşturduğu noktalar dağılımını, Yaş-Meşcere göğüs yüzeyi ilişkisini modellediğimiz, NASLUND tarafından önerilen modelin en iyi temsil ettiği görülmüştür (28).

$$d_{mak} = \frac{t^2}{(a_0 + a_1 * t)^2} \quad (28)$$

Tablo 19. Yaş – d_{mak} ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 19. The statistics of the regression equation of age-maximum dbh (d_{mak}) relationship

n	R^2	S_e	F	f	a_0	a_1
101	0,824	6,628	462,367	1,038	4,025179	0,129289

Yaş ile meşceredeki en büyük çap (d_{mak}) ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 82,4, standart hatası 6,628 cm ve F=462,367*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 19). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

İkinci aşamada meşcere yaşına göre elde edilen kılavuz eğri, bonitet ve sıklık derecesi ile ilişkiye getirilmiş ve regresyon denkleminin istatistikleri hesaplanmıştır (29).

$$d_{mak} = \frac{(a_0 * a_1 * BOD + a_2 * SD + a_3 * BOD * SD) * t^2}{(4{,}025179 + 0{,}129289 * t)^2} \quad (29)$$

d_{mak}: Meşceredeki en büyük çap değeri (cm) BOD: Bonitet derecesi
SD: Sıklık derecesi t: Yaş (yıl)

Tablo 20. Yaş, bonitet derecesi, sıklık derecesi – en büyük çap (d_{mak}) ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 20. The statistics of the regression equation of age-site quality degree-density degree-maximum dbh (d_{mak}) relationship

n	R^2	S_e	F	f	a_0	a_1	a_2	a_3
101	0,5233	4,876	35,492	1,053	0,829406	0,234536	-0,339795	0,819816

Yaş, bonitet derecesi ve sıklık derecesi ile en büyük çap (d_{mak}) ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 52,33, standart hatası 4,876 cm ve F=35,492*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 20). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

En büyük ve en küçük çap değerleri meşcere yaşı, bonitet ve sıklık derecesine göre yukarıda detayları açıklanan denklemlerden ortalama değerler olarak alınmakta ve p_{min} ve p_{mak} değerleri hesaplanabilmektedir (30).

$$p_{min} = \frac{\hat{d}_{min} - \hat{d}_{ort}}{\hat{s}} + 10 \qquad p_{mak} = \frac{\hat{d}_{mak} - \hat{d}_{ort}}{\hat{s}} + 10 \quad (30)$$

p_{min}: Olasılık sıklık fonksiyonuna ait en küçük apsis değeri
p_{mak}: Olasılık sıklık fonksiyonuna ait en büyük apsis değeri
$\hat{d}_{min}$: En küçük çap değeri (cm)
$\hat{d}_{ort}$: Aritmetik ortalama çap (cm)
$\hat{d}_{mak}$: En büyük çap değeri (cm)
s: Standart sapma (cm)

3.5.1.3 Göğüs Çaplarının Türetilmesi

Ağaç sayılarının çap basamaklarına dağılımını modellemek için, p, bonitet derecesi, sıklık derecesi ve meşcere yaşının fonksiyonu olarak oluşturulan olasılık sıklık fonksiyonunun *y=f (p,T,BOD,SD)* eğrisi altında kalan alan dengelemeden dolayı 1'e eşit olmamaktadır. Bundan dolayı meşcerede çapların değişim aralığına karşı gelen *p* ekseni üzerindeki belli bir aralıkta eğri ile *p* ekseni arasında kalan alan ardışık yamuk alanlarının toplamı (*A*) ile hesaplanmakta ve fonksiyon *y=f (p,T,BOD,SD)* bu alan değerine bölünerek aşağıdaki olasılık sıklık fonksiyonu elde edilmektedir (31).

$$y_{os} = \frac{f(p,T,BOD,SD)}{A} \tag{31}$$

Yukarıda sözü edilen aralığın sınırları, meşcerede olması gereken en küçük ve en büyük çaplara (d_{min}, d_{mak}) karşı gelen p_{min} ve p_{mak} noktaları olmaktadır. Bu durumda olasılık sıklık fonksiyonu ile p ekseni arasında kalan alan 1'e eşit olmaktadır (32).

$$\int_{p_{min}}^{p_{mak}} \frac{f(p,T,BOD,SD)}{A} = 1 \tag{32}$$

Bu fonksiyona ait eğri meşceredeki çap dağılımını temsil etmektedir. Olasılık sıklık fonksiyonu meşceredeki ağaç sayısı (N) ile çarpıldığında, o meşcerenin çap dağılımını temsil eden dengelenmiş frekans fonksiyonu elde edilmektedir (33).

$$y_{fr} = \frac{N}{A} * f(p) \tag{33}$$

Bu fonksiyonun eğrisi ile p ekseni arasında ve p_{min} ve p_{mak} aralığındaki alan meşcere ağaç sayısına (N) eşittir. Frekans fonksiyonunun eğrisi altındaki alan başlangıç sınır değerinden (p_{min}) başlayarak, 0,0001 genişlikte ardışık yamuk alanları toplamı olarak hesaplanmaktadır. Hesaplanan alan değerinin 1,2,3,..N'e eşit olduğu noktalardaki p değerleri elde edilmektedir. Bu p değerleri yardımıyla 1 hektarlık alanda bulunması gereken kuramsal göğüs çapı değerleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır (34).

$$d = \hat{d}_{ort} + \hat{s} * (p - 10) \tag{34}$$

Çalışma kapsamında oluşturulan hasılat tablosu bilgisayar programında çaplar yukarıda anlatılan şekilde türetilerek 1 hektar alandaki göğüs çapları elde edilmektedir. Çap değerlerinin hesaplanmasında kullanılan formül 34'deki $\hat{d}_{ort}$ ve $\hat{s}$ değerleri daha önceki bölümlerde açıklandığı üzere meşcere yaşı, bonitet ve sıklık derecesi değişkenlerine göre genelleştirilmiş denklemlerden alınmaktadır.

3.6 HASILAT TABLOSUNUN DÜZENLENMESİ

Çalışmamızda Trakya yöresi meşe ormanları için sıklığa bağlı dinamik bir hasılat tablosu düzenlenmiştir. Asli, ara ve genel meşcere hacim ve hacim elemanlarına ait değerler, yaş, bonitet derecesi ve sıklık derecesine göre verilmektedir. Ayrıca meşe sıklığa bağlı hasılat tablosu, MS Excel 2010 programının Makro özelliğinden yararlanılarak programlanmıştır. Hasılat tablosunun düzenlenmesinde kullanılan örnek alanların yaklaşık % 98'si 20-150 yaş aralığında, % 83'ü ise 0,6-1,4 sıklık derecesi arasındadır. Bu nedenle Trakya yöresi meşe ormanlarında meşcere hacim ve hacim elemanlarını tayin etmek için kullanılacak olan bu hasılat tablosu 20- 150 yaş ve 0,6-1,4 sıklık derecesi aralığında güvenilir sonuçlar verebilecektir. Bu sınırlar dışında hasılat tablosunun hata derecesi yüksek değerler verebilmektedir. Hasılat tablosunun elemanlarının hesaplanış şekilleri aşağıdaki bölümlerde ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

3.6.1 Meşcere Ağaç Sayısı

Meşcere ağaç sayısı, meşcere yaşı bonitet ve sıklık derecesinin fonksiyonu olarak oluşturulan regresyon denkleminden (formül 35) hesaplanmakta ve hasılat tablosunun 4. sütununa yazdırılmaktadır.

$$Ln(N) = a_0 + a_1 * \ln(t) + a_2 * BOD + a_3 * SD \tag{35}$$

N: Meşcere ağaç sayısı (adet/ha)
t: Yaş (yıl)
BOD: Bonitet derecesi
SD: Sıklık derecesi

3.6.2 Meşcere Hacmi

Meşcere ağaç sayısı kadar türetilen göğüs çapları ve göğüs çapı, bonitet derecesi ve sıklık derecesinin fonksiyonu olarak oluşturulan genelleştirilmiş meşcere boy eğrileri denkleminden (formül 3.15) elde edilen boy değerleri yardımıyla göğüs çapının ve boyun fonksiyonu olarak oluşturulan çift girişli ağaç hacim denkleminden ağaçların hacim değerleri elde edilmektedir.

Çift girişli ağaç hacim denkleminin oluşturulmasında kullanılan örnek ağaçlarının sınır değerleri dikkate alındığında, 36 cm göğüs çapına kadar ağaç hacimleri formül 5 yardımıyla güvenilir bir şekilde elde edilebilmektedir. 36 cm'den büyük göğüs çaplarına sahip olan ağaçların hacimlendirilmesinde göğüs çapı – göğüs boyu gövde şekil katsayısı ilişkisinden yararlanılmaktadır.

Gövde analizi yapılan 225 ağacın göğüs çapı ve göğüs boyu gövde şekil katsayısı değerleri koordinat sistemine taşınmış ve noktalar dağılımının aşağıdaki regresyon modeliyle temsil edilebileceği anlaşılmıştır (36).

$$f_{1,3} = a_0 + a_1 * Ln(d_{1,3}) \quad (36)$$

$f_{1,3}$: Göğüs boyu gövde şekil katsayısı
$d_{1,3}$: Göğüs çapı (cm)

Tablo 21. Göğüs çapı – göğüs boyu gövde şekil katsayısı ilişkisine ait regresyon denkleminin istatistikleri
Table 21. The statistics of the regression equation of dbh-dbh stem shape coefficient relationship

n	R^2	S_e	F	a_0	a_1
225	0,2247	0,047	64,639	0,740268	-0,07774

Göğüs çapı, ile göğüs boyu gövde şekil katsayısı ilişkisine ait regresyon denkleminin belirtme katsayısı R^2= % 22,47, standart hatası 0,047 ve F=64,639*** olarak hesaplanmıştır (Tablo / Table 21). F değerine ait p<0,001 olduğundan regresyon denklemi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

Bu denklem ile göğüs boyu gövde şekil katsayısı, $d_{1,3}$=40 cm için $f_{1,3}$=0,453, $d_{1,3}$=70 cm için $f_{1,3}$=0,410 olarak bulunmaktadır. Göğüs boyu gövde şekil katsayısının bu çaplar arasındaki değerleri kabul edilebilir değerler olup ağaç hacminin hesaplanmasında güvenle kullanılabilir. Göğüs çapı 36 cm'den büyük olan ağaçların hacimleri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır (37).

$$v = \frac{\pi}{4} * d_{1,3}^2 * h * (0{,}740268 - 0{,}077744 * Ln(d_{1,3})) \quad (37)$$

v: Hacim (dm^3)
$d_{1,3}$: Göğüs çapı (cm) (göğüs boyu gövde şekil katsayısı hesaplanırken modelde birim $d_{1,30}$ cm,,hacim hesaplanırken birim ise $d_{1,30}$ dm olarak alınacaktır)
h: Ağaç boyu (dm)

Çift girişli ağaç hacim denkleminden (formül 5) ve formül 37 ile hesaplanan ağaçların hacimleri toplanarak meşcere hacmi hesaplanmakta ve hasılat tablosunun 7. sütununa yazdırılmaktadır (38).

$$V = \sum_{i=1}^{N} v_i \quad (38)$$

3.6.3 Ara Meşcere Elemanlarının Hesaplanması

Ara meşcere elemanlarını, ağaç sayısı, gövde hacmi ve gövde hacim toplamı oluşturmaktadır. Ağaç sayısı daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi birbirini izleyen yaş periyotlarının asli meşcereye ait ağaç sayıları arasındaki fark olarak hesaplanmakta ve hasılat tablosunun 8. sütununa yazdırılmaktadır.

Çalışmamızda ara meşcere hacminin hesaplanmasında Yıldızbakan ve diğ. (2012) tarafından önerilen yöntem esas alınmıştır. Bu yöntemde meşcereden t yaşının sonunda $N_a=N_t-N_{t+5}$ sayıdaki ağacın düzenli ölümler sonucu ayrılacağı varsayılmıştır. Bu durumda t yaşındaki bir meşcerede her bir ağacın düzenli ölümler sonucu meşcereden ayrılma şansının $1/N_t$ ve i. çap basamağından ayrılma şansının f_i/N_t olduğu kabul edilmektedir. Meşcereden periyot sonuna kadar N_a sayıda ağaç çıkması için i. basamaktan (39);

$$N_{ai} = \frac{f_i}{N_t} * N_a \tag{39}$$

sayıda ağaç çıkması gerekmektedir. Meşceredeki ağaçlar *k* sayıda çap basamağında bulunuyorsa, tüm basamaklardan düzenli ölümler sonucu ayrılacak ağaç sayısı da (40);

$$N_a = \sum_{i=1}^{k} \frac{f_i}{N_t} * N_a \tag{40}$$

olması gerekmektedir.

Meşceredeki *i.* çap basamağının değeri d_i ve bu çapa karşılık gelen ağacın genelleştirilmiş boy eğrisinden alınan değeri h_i ise bu basamaktaki bir ağacın hacmi de çift girişli hacim denkleminden (formül 5) veya formül 37'den v_i olarak bulunabilir. Bu hacim, *i.* basamaktan ayrılacak ağaç sayısı ile çarpılması durumunda i. basamaktan ayrılacak hacim bulunmaktadır. Tüm basamaklardan ayrılacak ağaçların toplam hacmi ise periyot sonunda meşcereden ayrılacak hacmi vermektedir (41).

$$V_a = \sum_{i=1}^{k} v_i * \frac{f_i}{N_t} * N_a \tag{41}$$

Hasılat tablosunda her periyotta düzenli ölümler ile periyot sonunda ayrılacak ağaçların hacmi (ara meşcere hacmi) bu şekilde hesaplanmakta ve hasılat tablosunun 9. sütununa yazdırılmaktadır. Birbirini izleyen yaş periyotları içinde ara meşcere hacimleri toplanarak ara meşcerenin periyot sonundaki toplam hacimleri de hesaplanmakta ve hasılat tablosunun 10. sütununa yazdırılmaktadır.

3.6.4 Hasılat Tablosunun Diğer Elemanlarının Hesaplanması

Asli ve ara meşcere hacim ve hacim elemanları hesaplandıktan sonra, meşcerenin artım ve verimi ile ilgili diğer bilgiler de hesaplanarak ilgili sütunlara yazdırılmış ve hasılat tablosunun düzenlenmesi tamamlanmıştır. Bu bilgilerden her biri aşağıda açıklandığı şekilde hasılat tablosunun daha önce hesaplanan elemanları yardımıyla hesaplanmıştır.

Yıllık cari hacim artımı; periyot başındaki ve sonundaki asli meşcere hacimleri arasındaki farka (net hacim artımı) ara meşcere hacmi eklenerek bulunan hacim periyot uzunluğuna bölünerek elde edilmiştir. Elde edilen değerler hasılat tablosunun 11. sütununa yazdırılmıştır (42).

$$\dot{I}_v = \frac{V_s - V_b + V_a}{\Delta t} \tag{42}$$

Yıllık cari hacim artım yüzdesi; yıllık cari hacim artımının periyot başındaki asli meşcere hacmine yüzde olarak oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler hasılat tablosunun 12. sütununa yazdırılmıştır (43).

$$P_{\dot{I}_v}(\%) = \frac{\dot{I}_v}{V_b} * 100 \tag{43}$$

Genel hacim verimi (genel meşcere hacmi); her yaş periyodundaki asli meşcere hacmi ile o yaşa kadar olan ara meşcere hacimleri toplanarak hesaplanmış ve hasılat tablosunun 13. sütununa yazdırılmıştır (44).

$$V_{G;t} = V_{Asli;t} + \sum V_{a;t} \tag{44}$$

Genel hacim verimi içindeki ara hasılat yüzdesi; her yaş periyodundaki ara meşcere hacim toplamının genel hacim verimine yüzde olarak oranlanmasıyla bulunmakta ve hasılat tablosunu 14. sütununa yazdırılmaktadır (45).

$$P_{A.H}(\%) = \frac{\sum V_{a;t}}{V_{G;t}} * 100 \tag{45}$$

Asli meşcere genel ortalama hacim artımı; asli meşcere hacminin meşcere yaşına oranlanmasıyla hesaplanmış ve hasılat tablosunu 15. sütununa yazdırılmıştır (46).

$$\bar{I}_{Asli;t} = \frac{V_{Asli;t}}{t} \quad (46)$$

Genel ortalama hacim artımı; genel hacim veriminin meşcere yaşına bölünmesiyle hesaplanmış ve hasılat tablosunu 16. sütununa yazdırılmıştır (47).

$$\bar{I}_{G;t} = \frac{V_{G;t}}{t} \quad (47)$$

3.6.5 Hasılat Tablosu Bilgisayar Programı ve Hasılat Tablosunun Kullanılması

Çalışmamızda oluşturulan Trakya Yöresi sıklığa bağlı meşe hasılat tablosunun kullanılabilmesi için meşcereye ait yaş, bonitet endeksi ve sıklık derecesi değerleri belirlenmelidir. Bunun için Trakya yöresi meşe meşcerelerinden bazı ölçülerin alınması gerekmektedir. Meşcere yaşı alandan direkt olarak belirlenebilmektedir. Bonitet derecesinin saptanması için meşcere yaşının yanında meşcere üst boyunun da belirlenmesi gerekmektedir. Meşcere üst boyu, alanda en kalın ağacın çapından 1'er cm ardışık olarak geriye 4 cm giderek bulunacak 4 ağacın ve en kalın ağacın çap ortalamasına meşcere boy eğrisinde karşılık gelen boy değeri olarak hesaplanabilir.

Tespit edilen meşcere üst boyu ve yaş değerleri genelleştirilmiş bonitet derecesi eğrileri denkleminde (formül 11) yerine konarak bonitet derecesi bulunmaktadır. Sıklık derecesinin belirlenmesi için öncelikle meşcere göğüs yüzeyinin bulunması gerekmektedir.

Meşcere göğüs yüzeyi saptandıktan ($G_{meş}$) sonra bonitet derecesi ve meşcere yaşına göre oluşturulan regesyon denkleminden G_{Model} (formül 15) değeri alınarak sıklık derecesi, $SD=G_{Meş}/G_{Model}$ olarak hesaplanmaktadır. Böylece belirlenen bonitet, sıklık derecesine göre meşcere hacim ve hacim elemanları, 5 yıllık periyot halinde 20 ile istenilen yaş arasında hasılat tablosu tarafından verilmektedir.
Bu çalışmada oluşturulan Trakya Yöresi sıklığa bağlı meşe hasılat tablosu MS Excel 2010 programının Makro özelliğinden yararlanılarak programlanmıştır. Oluşturulan hasılat tablosu programı;

- Girdiler
- İşlemler
- Çıktılar

olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Hasılat tablosu programının özellikleri ve kullanımı program bölümleri ile ilgili başlıklarda açıklanmıştır.

3.6.5.1 Girdiler

Programın açılmasıyla **Meşe Hasılat Tablosu** isimli çalışma sayfası ekrana gelmektedir. Bu sayfada asli ve ara meşcere hacim ve hacim elemanları ile meşcrenin artım ve verimi ile ilgili diğer elemanlar sütunlar halinde bulunmaktadır. Satırlarda ise yaş periyotları bulunmaktadır (Şekil / Figure 5a). Eklentiler sekmesinde "Trakya Sıklığa Bağlı Meşe Hasılat Tablosu" komut düğmesi bulunmaktadır (Şekil / Figure 5b). Bu komut düğmesi seçildiğinde ekrana "Meşe Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu (Trakya)" isimli kullanıcı formu gelmektedir (Şekil / Figure 5c). Bu formda idare süresi (hasılat tablosu programının sonlandırılacağı yaş), bonitet derecesi ve sıklık derecesi değerleri programa girdi olarak verilmektedir. Bu değerler girildikten sonra "Meşe Hasılat Tablosu" komut düğmesi seçilmekte ve **Girdiler** aşaması tamamlanıp **İşlemler** aşamasına geçilmektedir.

3.6.5.2 İşlemler

Bu bölümde hasılat tablosunun elemanları ; Asli meşcerenin üst boyu (m), orta boyu (m), ağaç sayısı (adet/ha), orta çapı (cm), göğüs yüzeyi (m^2/ha) ve gövde hacmi (m^3/ha) ile Ara meşcerenin ağaç sayısı (adet/ha), gövde hacmi (m^3/ha) ve hacim toplamı (m^3/ha), Yıllık cari hacim artımı (m^3/ha), Yıllık cari

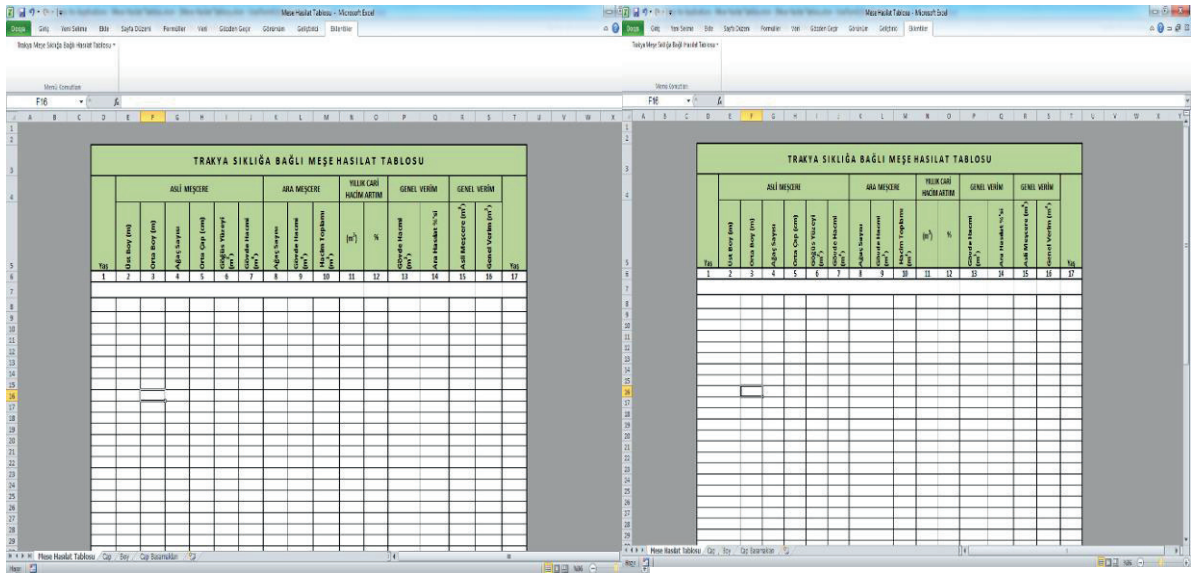
hacim artım yüzdesi (%), Genel meşcere hacmi (m^3/ha), Ara hasılat yüzdesi (%), Genel meşcere ortalama hacim artımı (m^3/ha) ve Asli meşcere ortalama hacim artımı (m^3/ha) hesaplanmaktadır. Ayrıca türetilen kuramsal göğüs çapları (cm), türetilen göğüs çaplarına göre genelleştirilmiş meşcere boy eğrisinden alınan boy değerleri (m) ve türetilen göğüs çaplarının çap basamaklarına dökümü de hesaplanmaktadır.

3.6.5.3 Çıktılar

Bu bölümde ortaya konan en önemli çıktı, **Meşe Hasılat Tablosu** isimli çalışma sayfasında, asli ve ara meşcere hacim ve hacim elemanları ile meşcrenin artım ve verimi ile ilgili diğer elemanların sütunlar halinde, yaş periyotlarının ise satırlar halinde bulunduğu hasılat tablosudur (Şekil / Figure 5e).

Ayrıca türetilen kuramsal göğüs çapı değerleri yaş periyotları halinde **Çap** isimli çalışma sayfasında çıktı olarak verilmektedir (Şekil / Figure 5d).Türetilen göğüs çaplarına göre genelleştirilmiş meşcere boy eğrisinden alınan boy değerleri (m) yaş periyotları halinde **Boy** isimli çalışma sayfasında çıktı olarak verilmektedir (Şekil / Figure 5f).

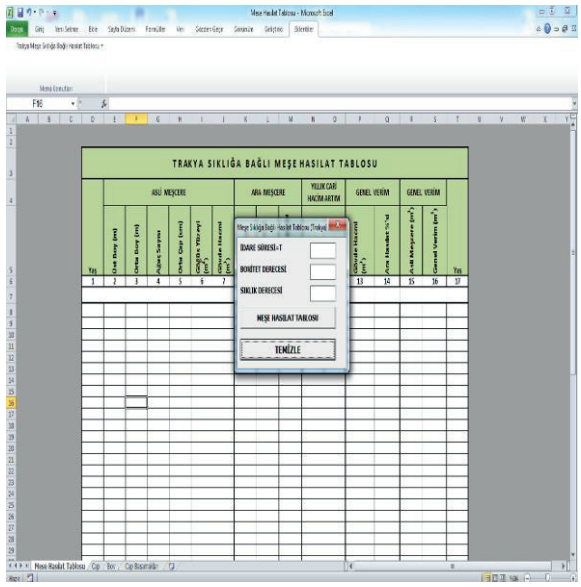
Türetilen göğüs çaplarının çap basamaklarına dökümü yaş periyotları halinde **Çap Basamakları** isimli çalışma sayfasında çıktı olarak verilmektedir (Şekil / Figure 5g).



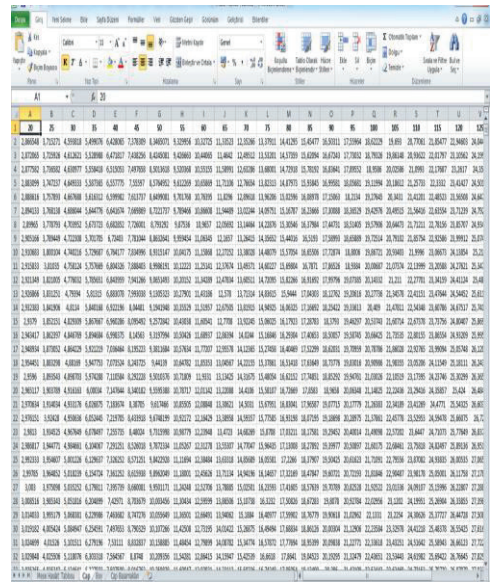
(a) Meşe hasılat tablosunu programının "meşe hasılat tablosu" çalışma sayfası
(a) "Oak yield table" work page of oak yield table program

(b) "Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosu" komut düğmesi
(b) "Thrace oak yield table bound to density" command button

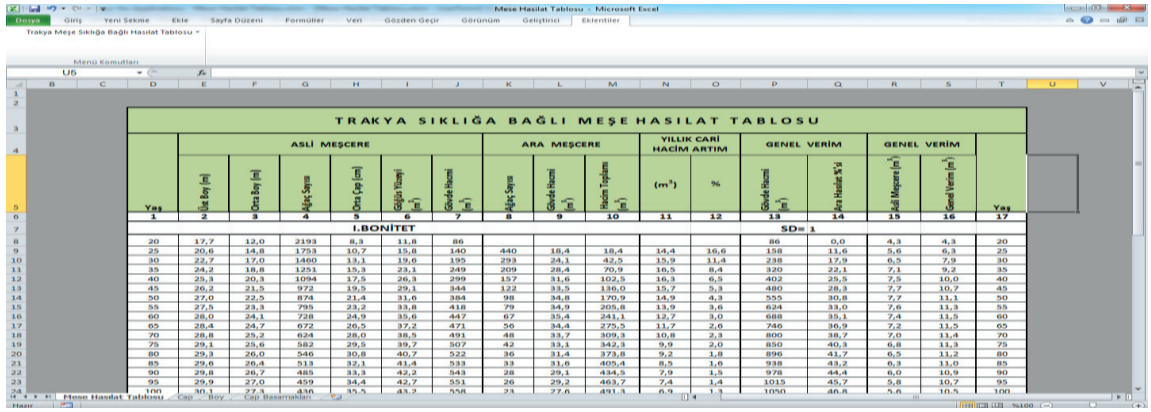
Şekil 5. Meşe Hasılat Tablosu programının çalışma sayfaları ve çıktıları (I. Bonitet; SD=1)
Figure 5. Work pages and outputs of Oak Yield Table program (I. site quality class ; SD=1)



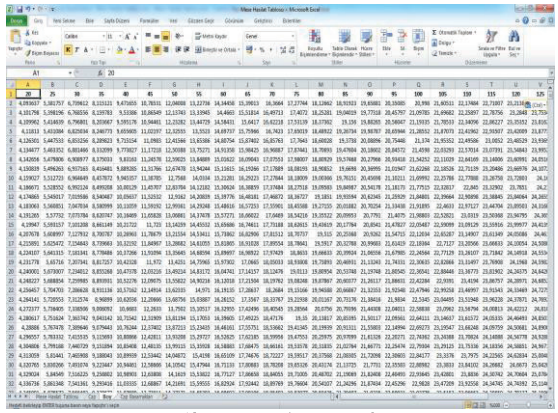
(c) Meşe sıklığa bağlı hasılat tablosu (Trakya) kullanıcı formu
(c) "Thrace oak yield table bound to density" user form



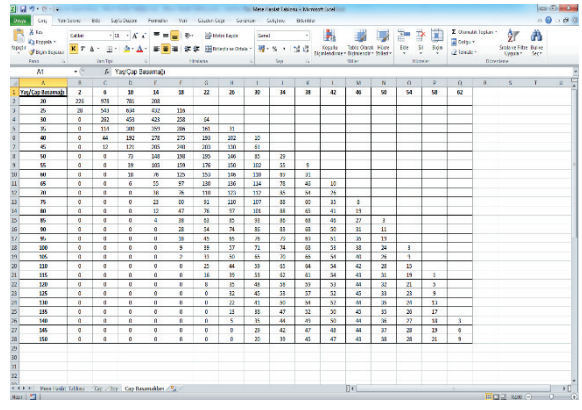
(d) "Çap" çalışma sayfası
(d) "Diameter" work page



(e) Sıklığa bağlı meşe hasılat tablosu
(e) Oak yield table bound to density



(f) "Boy" çalışma sayfası
(f) "Height" work page



(g) "Çap basamakları "çalışma sayfası
(g) "Diameter classes" work page

Şekil 5. Meşe Hasılat Tablosu programının çalışma sayfaları ve çıktıları (I. Bonitet; SD=1)
Figure 5. Work pages and outputs of Oak Yield Table program (I. site quality class ; SD=1)

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

"Trakya Meşe Ormanlarında Artım ve Büyüme" isimli bu çalışmada Trakya yöresindeki sürgün kökenli koruya tahvil saf meşe ormanlarının farklı yaş, yetişme ortamı ve sıklık derecelerinde artım ve büyüme eğilimleri araştırılmıştır. Bu özelliklere sahip meşcerelerden toplam 101 adet örnek alan alınmıştır. Bu alanlardan tek ağaç ve meşcere bazında sağlanan veriler yardımıyla çift girişli ağaç hacim tablosu, bonitet tablosu ve değişik bonitet ve sıklık dereceleri için 20 ile istenilen yaşa kadar meşcere hacim ve hacim elemanlarını veren bir hasılat tablosu oluşturulmuştur. Bu hasılat tablosu MS Excel 2010 programının makro özelliğinden yararlanılarak bilgisayar programı haline getirilmiştir.

Ağaç hacim tablosu düzenlemek amacıyla oluşturulan çift girişli ağaç hacim denkleminin belirtme katsayısı (R^2) % 98,87, standart hatası 13,56 dm^3 olarak hesaplanmıştır. Çift girişli meşe ağaç hacim tablosunun geçerliliğinin ortaya konulabilmesi için, toplam hata yüzdesi ve mutlak hata yüzdesi hesaplanmıştır. Hacim hata yüzdesinin doğruluk derecesi yüksek olan hacim tablolarında %1'den küçük olması istenir (Husch ve Diğ. 1963). Çalışmada düzenlenen çift girişli ağaç hacim tablosunun toplam hata yüzdesinin sıfıra yakın bir değer alması, ağaç hacim tablosunun toplu olarak tam sonuç verdiğini göstermektedir. Mutlak hata yüzdesi ise % 6,96 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, doğruluk derecesi yüksek olan hacim tablolarında istenen %10'dan daha küçüktür (Spurr, 1952). Bu sonuçlara göre oluşturulan regresyon denkleminin verilere uygun olduğu ve bu denklem yardımıyla oluşturulan çift girişli meşe ağaç hacim tablosunun yörede kullanılabilir olacağı saptanmıştır.

Bonitet eğrilerinin elde edilmesinde ve bonitet tablosunun oluşturulmasında farklı bir yöntem kullanılmıştır. Bu amaçla 101 örnek alanda belirlenen üst boylar ve meşcere yaşı ilişkiye getirilerek kılavuz eğri elde edilmiştir. Örnek alanlarda saptanan üst boy değerleri yaş-üst boy ilişkisinden elde edilen değere oranlanarak k oranları elde edilmiştir. En küçük k oranının (x_1) bonitet derecesi sıfır (y_1), en yüksek k oranının (x_2) bonitet derecesi değeri 1 (y_2) alınarak bu iki noktaya göre bir doğru denklemi elde edilmiştir. Daha sonra bu denklemde değişkenler yerine yazılarak genelleştirilmiş bonitet derecesi eğrileri denklemi elde edilmiştir.

Böylece yaş-üst boy dağılımını oluşturan tüm noktalar dağılımı BOD=0 ve BOD=1 eğrileri arasında kalmıştır. Sonuçta örnek alanların farklı bonitet derecesi değerlerini almasının önüne geçilmiş ve örnek alanların bonitet dereceleri $0 \leq BOD \leq 1$ sınırları içinde kalmıştır.

Ara meşcerenin hacim elemanlarından biri olan ağaç sayısı birbirini izleyen yaş periyotlarının asli meşcereye ait ağaç sayıları arasındaki fark olarak hesaplanmaktadır. Ara meşcere hacmi, hasılat tablosu elemanlarının içinde belirlenmesi güç bir elemandır ve meşcerede yapılan tek ölçümle tespit edilemez. Çünkü ölçüm tarihinde meşcerede bulunan hacim asli meşcere hacmidir. Ara meşcere hacmi değişik yöntemlerle belirlenebilmektedir (Akalp, 1978). Çalışmamızda ara meşcere hacminin hesaplanmasında meşcereden t yaşının sonunda ayrılacak N_A sayıdaki ağacın düzenli ölümler sonucu ayrılacağı varsayılmıştır. Bu durumda herhangi bir çap basamağından çıkacak ağaç sayısının $\frac{f_i}{N_t} * N_a$ kadar olduğu varsayılmaktadır. Çap basamaklarından çıkacak ağaç sayısı belirlendikten sonra basamağın çap ve boy değerine göre basamak hacmi hesaplanmakta ve basamaktan çıkacak ağaç sayısı ile çarpılmaktadır. Sonuçta tüm basamakların hacim toplamları ara meşcere hacmini vermektedir.

Basamakların ağaç sayısı bakımından büyüklüğü oranında ağacın ayrılması ile ormanın gelişiminin incelenmesi durumunda, meşcerede bulanan ağaç türünün dikte ettiği ağaç sayısı dağılımının ne derecede etkilendiğinin ortaya konmasında önemli olmaktadır. Ayrıca silvikültürel işlemlerin şeklinin ve şiddetinin belirlenmesine de ışık tutabilecektir.

Hasılat tablosunun düzenlenmesinde kullanılan örnek alanların yaklaşık % 98'si 20-150 yaş aralığında, % 83'ü ise 0,6-1,4 sıklık derecesi arasındadır. Bu nedenle Trakya yöresi meşe ormanlarında meşcere hacim ve hacim elemanlarını tayin etmek için kullanılacak olan bu hasılat tablosu 20- 150 yaş ve 0,6-1,4 sıklık

derecesi aralığında güvenilir sonuçlar verebilecektir. Bu sınırlar dışında hasılat tablosunun hata derecesi yüksek değerler verebilmektedir.

Meşcere hacim ve hacim elemanları ile meşcerenin artım ve verimi ile ilgili diğer elemanların farklı bonitet ve sıklık derecelerinde meşcere yaşına göre gösterdiği gelişimler sıklığa bağlı meşe hasılat tablosundan yararlanılarak aşağıdaki bölümlerde incelenmiş ve tartışılmıştır. Hasılat tablosundan alınan değerler grafik üzerine taşınarak gelişimin daha kolay izlenmesine olanak sağlanmıştır. Karşılaştırmalarda öncelikle sıklık derecesi 1 (SD=1) olarak sabit tutulmuş, hasılat tablosunun elemanlarının yaşa göre farklı bonitet sınıflarında değişimi incelenmiştir. Daha sonra iyi (I.bonitet) ve kötü (V.bonitet) bonitet sınıfı olmak üzere iki bonitet sınıfı sabit tutularak hasılat tablosu elemanlarının yaşa göre gösterdiği gelişim eğilimleri farklı sıklık derecelerinde incelenmiştir.

Aynı amaçla sıklığa bağlı meşe hasılat tablosundan alınan değerler bir kere de ülkemizde meşe ormanları için Eraslan (1954), Eraslan ve Evcimen (1967) ve yapraklı tür olan kayın ormanları için Carus (1998) tarafından düzenlenen hasılat tablosu değerleri ile ayrı bir grafik üzerine işaretlenerek incelenmiştir. Karşılaştırmada daha doğru bir sonuç elde edebilmek için, ağaç türlerinin en iyi koşullarda yetişen meşcerelerinin yani her ağaç türünün kendi I. bonitet sınıfındaki meşcereleri için hasılat tablosunun verdiği değerlerin karşılaştırılması daha doğru olacaktır (Fırat, 1972; Akalp, 1978).

4.1 MEŞCERE BOYU

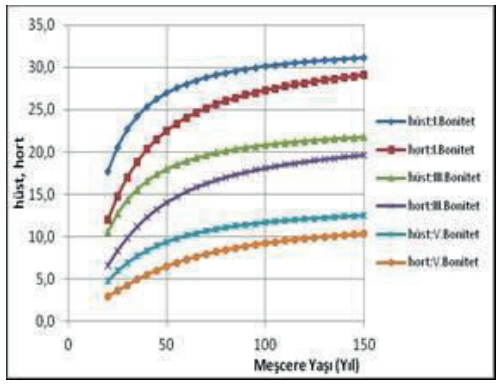
Meşcere üst ve orta boyunun değişik bonitet sınıflarında yaşa göre gelişimi incelendiğinde üst boy, orta boyun üstünde seyir göstermekte ve bonitete göre bir sıralama göstermektedir. Meşcere üst ve orta boyu, yaşın ilerlemesiyle genel kurala uygun olarak önceleri hızlı bir şekilde artmakta belirli bir yaştan sonra artış hızı yavaşlamakta ve sabit bir değere doğru yaklaşmaktadır (Şekil / Figure 6a).

Meşcere üst ve orta boyunun, farklı sıklık derecelerinde iyi bonitet sınıfında (I.bonitet) ve kötü bonitet sınıfında (V. bonitet) yaşa göre gelişimleri incelenmiştir. Ortamın verim gücünün yüksek olması ile sıklık derecesi yüksek meşcerelerde bireyler birbirine üstünlük sağlamak amacıyla rekabet içindedir. Bundan dolayı sıklık derecesi yüksek olan meşcerelerin üst ve orta boy değerleri yüksek bulunabilmektedir (Şekil / Figure 6 b ve 6c).

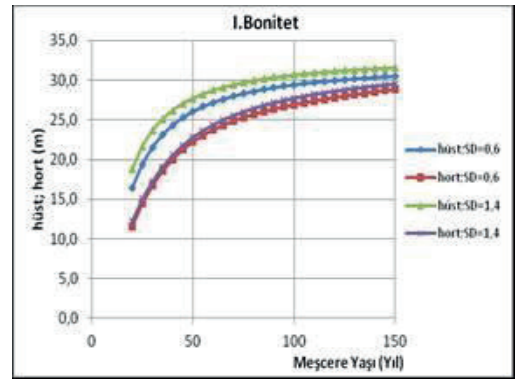
V.bonitet sınıfında meşcere üst ve orta boyun gelişiminde I. bonitet sınıfında olduğu gibi sıklık dereceleri çok fazla etkili değildir. I. bonitet sınıfının tersine sıklık derecesi düşük meşcerelerde üst boy ilk yaşlarda biraz daha yüksek bulunmaktadır. Orta boy gelişiminde ise sıklık dereceleri arasında 100 yaşına kadar fark yokken, bu yaştan sonra sıklık derecesi düşük meşcerelerin orta boyları biraz daha yüksek bulunabilmektedir. Sıklık derecesi düşük meşcerelerin üst ve orta boy değerlerinin sıklık derecesi yüksek meşcerelere kıyasla daha yüksek olması, ortamın verim gücünün düşük olmasından kaynaklanabilmektedir. Çünkü ortamın verim gücünü daha az sayıda ağaç kullanacağından dolayı boylar yüksek bulunabilmektedir (Şekil / Figure 6c).

Çalışmamızda oluşturulan Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosundan elde edilen meşcere orta boyunun meşe ağaç türü için düzenlenmiş diğer hasılat tablolarının orta boylarına göre gösterdiği gelişim incelendiğinde, bu çalışmada oluşturulan hasılat tablosunun orta boy değerleri diğer hasılat tablolarının orta boy değerlerinden daha yukarıdan seyretmektedir (Şekil / Figure 6d).

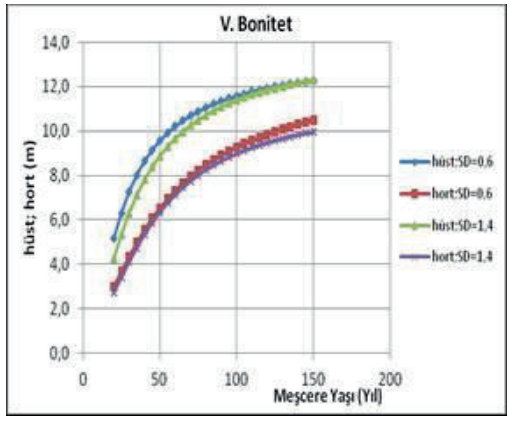
Trakya meşe hasılat tablosunun meşcere orta boy değerlerinin, kayın hasılat tablosunun orta boy değerlerine göre gösterdiği gelişim incelendiğinde, Trakya meşe hasılat tablosunun orta boy değerleri yaklaşık 65 yaşına kadar kayın hasılat tablosunun orta boy değerlerinin yukarısında seyretmekte bu yaşta eşitlenmekte ve sonra kayın hasılat tablosunun orta boy değerleri daha yukarıdan seyretmektedir (Şekil / Figure 6e).



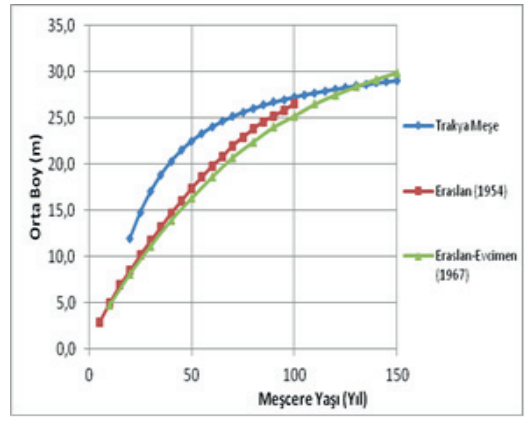
(a) Meşcere üst ve orta boyunun bonitet sınıflarında yaşa göre gelişimi (SD=1).
(a) Improvement of stand top and mid height in site quality classes by age (SD=1).



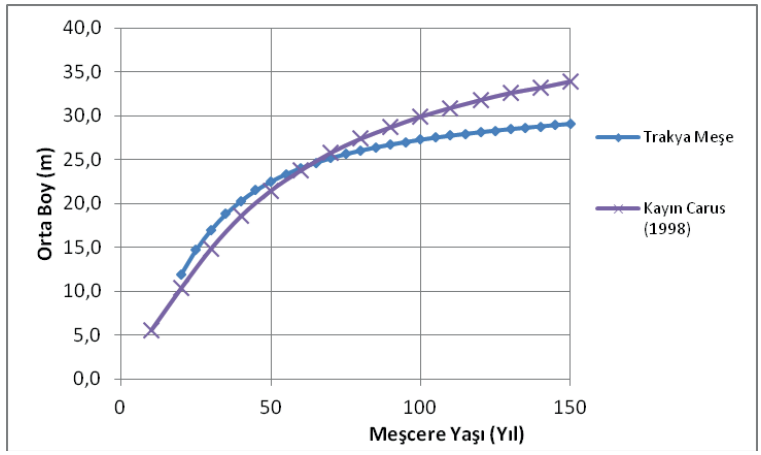
b) Meşcere üst ve orta boyunun farklı sıklık derecelerinde yaşa göre gelişimi (I.bonitet).
(b) Improvement of stand top and mid height in different density degrees by age (I. site quality class).



(c) Meşcere üst ve orta boyunun farklı sıklık derecelerinde yaşa göre gelişimi (V.bonitet sınıfı).
(c) Improvement of stand top and mid height in different density degrees by age (V. site quality class).



(d) Farklı meşe hasılat tablolarındaki orta boy değerlerinin karşılaştırılması.
(d) Comparison of mid height values in different oak yield tables.



(e) Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosu ve kayın hasılat tablosundaki orta boy gelişimlerinin karşılaştırılması
(e) Comparison of mid height improvements in Thrace oak yield table bound to density and beach yield table

Şekil 6. Meşcere üst ve orta boy değerlerinin değişik sıklık derecelerine ve hasılat tablolarına göre karşılaştırılması
Figure 6. Comparisons of stand top and mid height values by different stand density degrees and yield tables

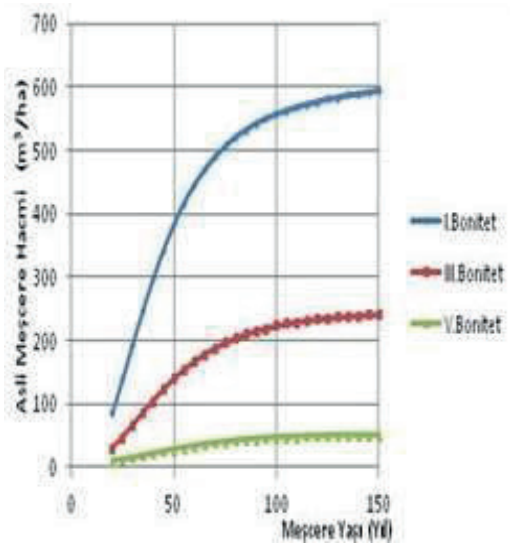
4.2 MEŞCERE HACMİ

Bu bölümde meşcere hacim çeşitleri olan asli meşcere hacmi, genel (meşcere hacmi) verim, farklı bonitet ve sıklık derecelerinde meşcere yaşına göre gösterdiği gelişimler sıklığa bağlı meşe hasılat tablosundan yararlanılarak incelenmiştir. Ayrıca bu değerler diğer hasılat tablolarındaki değerler ile de karşılaştırılmıştır.

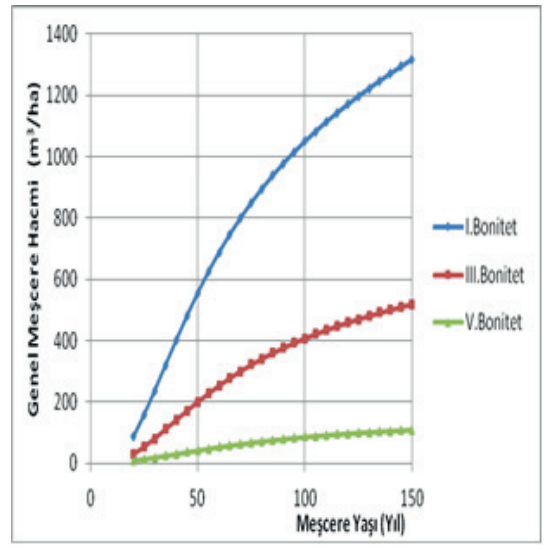
Asli meşcere hacmi ilk yaşlarda daha hızlı olmak üzere meşcere yaşı ilerledikçe artmakta ve bonitete göre bir sıralama göstermektedir. Örneğin 50. yaşta I., III. ve V. bonitet sınıfı asli meşcere hacimleri sırasıyla; 384, 140, 28 m^3/ha, genel meşcere hacimleri sırasıyla; 555, 200, 42 m^3/ha dır (Şekil / Figure 7a ve 7b)

İyi bonitet sınıfında sıklık derecesi yüksek olan meşcerelerin asli (genel) meşcere hacmi, sıklık derecesi düşük meşcerelerin asli (genel) meşcere hacminin üzerinde seyretmekte ve aralarındaki fark yaş ilerledikçe artmaktadır (Şekil / Figure 7c ve 7d).

Kötü bonitet sınıfında sıklık derecesi yüksek olan meşcerelerin asli meşcere hacmi, sıklık derecesi düşük olan meşcerelerin asli meşcere hacmi üzerinde seyretmekte ve aralarındaki fark belirli bir yaş kademesinden sonra ortamın verim gücünün düşük olmasından dolayı azalmaktadır. Fakat sıklık derecesi yüksek olan meşcerelerin genel meşcere hacmi ile sıklık derecesi düşük olan meşcerelerin genel meşcere hacmi arasındaki fark iyi bonitete göre daha azdır (Şekil / Figure 7e ve 7f).

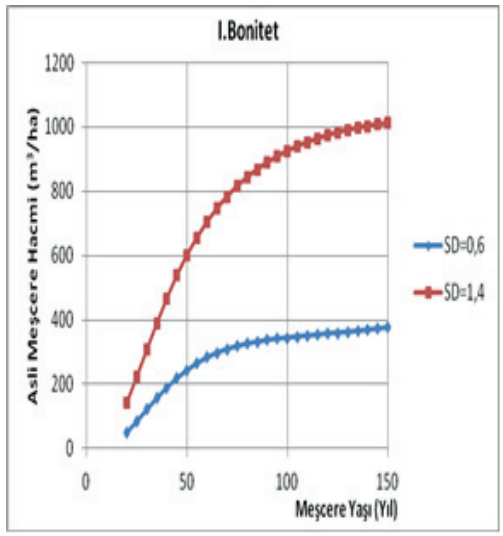


(a) Asli meşcere hacminin bonitet sınıflarında yaşa göre gelişimi (SD=1)
(a) Improvement of essential stand volume by age in site quality classes (SD=1)

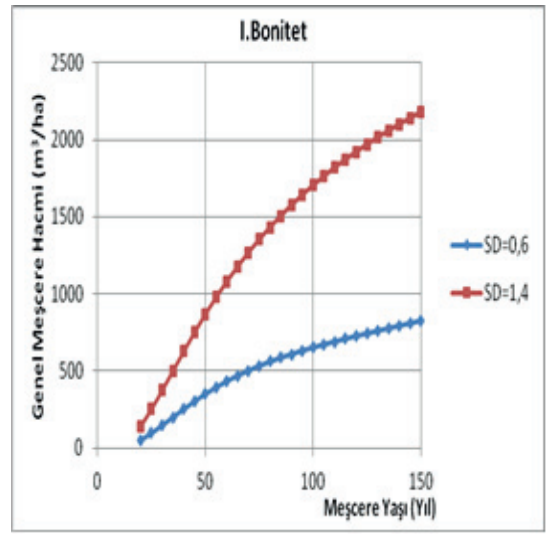


(b) Genel meşcere hacminin bonitet sınıflarında yaşa göre gelişimi (SD=1)
(b) Improvement of overall stand volume by age in site quality classes (SD=1)

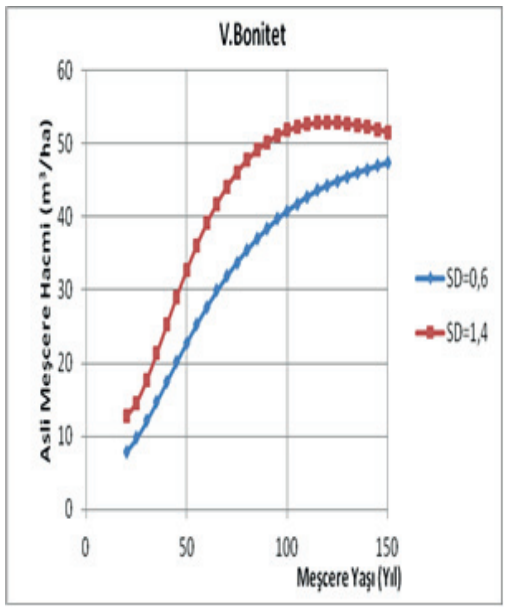
Şekil 7. Asli ve genel meşcere hacimlerinin değişik sıklık dereceleri ve hasılat tablolarına göre karşılaştırılması
Figure 7. Comparison of essential and overall stand volumes by different density degrees and yield tables



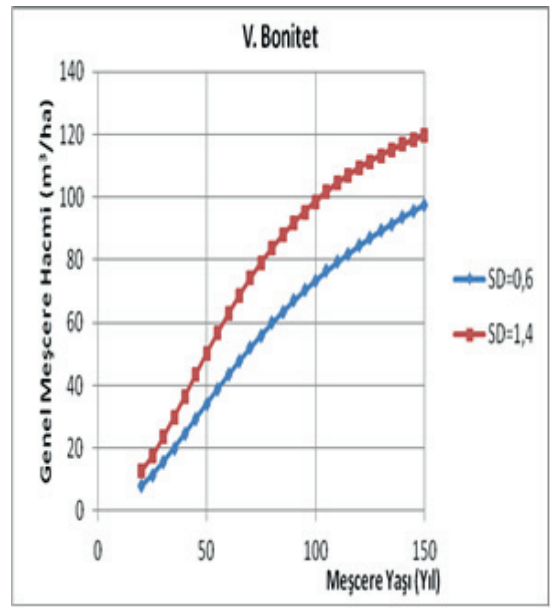
(c) Asli meşcere hacminin farklı sıklık derecelerinde yaşa göre gelişimi (I.bonitet)
(c) Improvement of essential stand volume by age in different density degrees (I. Site quality class)



(d) Genel meşcere hacminin farklı sıklık derecelerinde gelişimi (I. bonitet)
(d) Improvement of overall stand volume by age in different density degrees (I. site quality class)

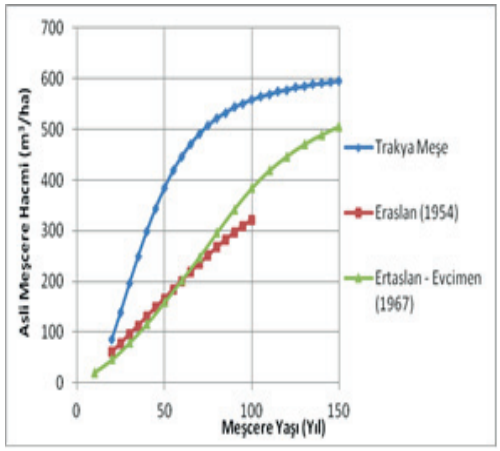


(e) Asli meşcere hacminin farklı sıklık derecelerinde gelişimi (V. bonitet)
(e) Improvement of essential stand volume by age in different density degrees (V. site quality class)

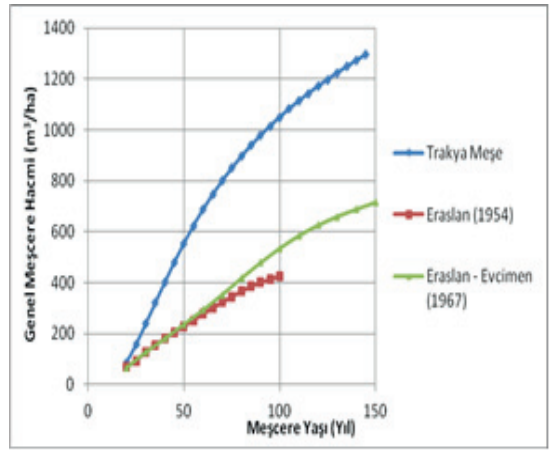


(f) Genel meşcere hacminin farklı sıklık derecelerinde gelişimi (V. bonitet)
(f) Improvement of overall stand volume by age in different density degrees (V. site quality class)

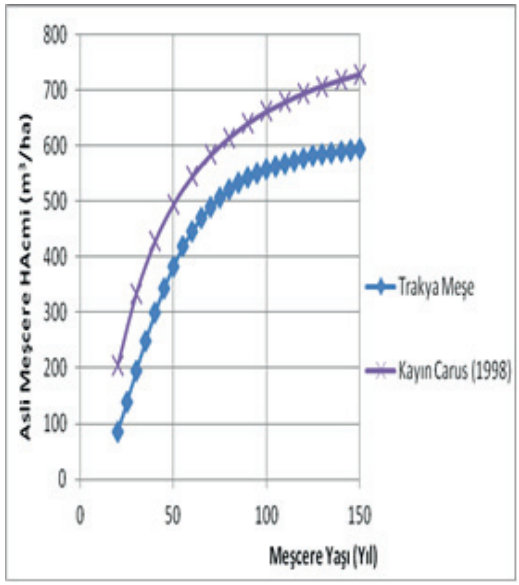
Şekil 7. Asli ve genel meşcere hacimlerinin değişik sıklık dereceleri ve hasılat tablolarına göre karşılaştırılması
Figure 7. Comparison of essential and overall stand volumes by different density degrees and yield tables



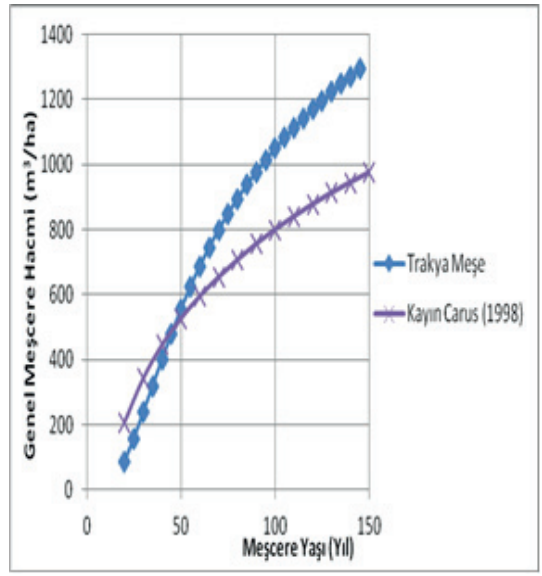
(g) Meşe cinsi için oluşturulan hasılat tablolarının asli meşcere hacimlerinin karşılaştırılması
(g) Comparison of essential stand volumes in the present oak yield tables



(h) Meşe cinsi için oluşturulan hasılat tablolarının genel meşcere hacimlerinin karşılaştırılması
(h) Comparison of overall stand volumes in the present oak yield tables



(ı) Asli meşcere hacmi bakımından Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosu ve kayın hasılat tablosunun karşılaştırılması
(ı) Comparison of essential stand volumes in the thrace density oak yield table and beech yield table



(i) Genel meşcere hacmi bakımından Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosu ve kayın hasılat tablosunun karşılaştırılması

(i) Comparison of overall stand volumes in the thrace density oak yield table and beech yield table

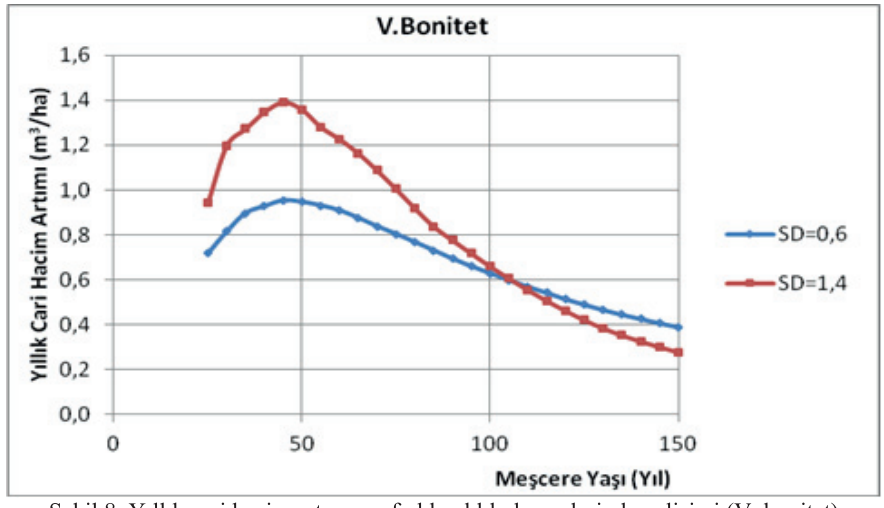
Şekil 7. Asli ve genel meşcere hacimlerinin değişik sıklık dereceleri ve hasılat tablolarına göre karşılaştırılması
Figure 7. Comparison of essential and overall stand volumes by different density degrees and yield tables

Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosunun asli meşcere hacmi ilk yaşlarda diğer hasılat tablolarının asli meşcere hacimleri ile yaklaşık aynı değerleri almaktadır. Yaş ilerledikçe Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosunun asli meşcere hacmi, diğer hasılat tablolarının asli meşcere hacimlerinin üzerinde seyir göstermektedir. 150. yaşta Eraslan ve Evcimen (1967) tarafından oluşturulan hasılat tablosunun asli meşcere hacmi ile Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosunun asli meşcere hacmi arasındaki fark oldukça azalmaktadır (Şekil / Figure 7g). Yaş kademelerinde Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosundan elde edilen genel meşcere hacim değerleri, diğer hasılat tablosunun genel hacim değerlerinden oldukça fazla bulunmaktadır. Bu durum ara meşcere hacminin hesaplama yönteminden

kaynaklanmış olabilir (Şekil / Figure 7h). Trakya meşe hasılat tablosunun asli meşcere hacmi, kayın hasılat tablosunun asli meşcere hacminin altında seyretmektedir (Şekil / Figure 7ı). Trakya meşe hasılat tablosunun genel meşcere hacmi yaklaşık 50 yaşına kadar kayın hasılat tablosunun genel meşcere hacminin altında seyretmektedir. Bu yaştan sonra kayın hasılat tablosunun verdiği değerlerin üzerine çıkmakta yaş ilerledikçe genel meşcere hacimleri arasındaki fark artmaktadır. (Şekil / Figure 7i).

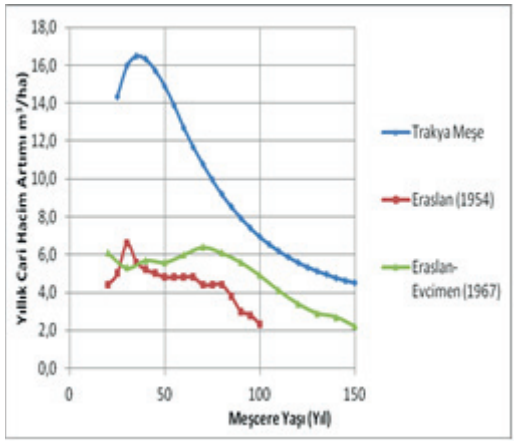
4.3 MEŞCERE HACİM ARTIMI

Kötü bonitet sınıfında farklı sıklık derecelerine ait yıllık cari hacim artım eğrileri yaklaşık 45'li yaşlarda en yüsek noktaya ulaşmakta bundan sonra azalma eğilimi göstermektedir. 100 yaşından önce sıklık derecesi yüksek meşcerelerin yıllık hacim artımı eğrisi, sıklık derecesi düşük meşcerelerin yıllık hacim artımı eğrisinin üstünde seyir göstermekteyken bu yaştan sonra durum tersine dönmektedir. Sıklık derecesi yüksek meşcerelerde yıllık cari artımın düşüş hızı, sıklık derecesi düşük meşcerelere kıyasla daha fazla olmasından dolayı, belirli yaştan sonra sıklık derecesi yüksek meşcerelerdeki yıllık cari hacim artım değerleri daha düşük bulunabilir (Şekil / Figure 8).

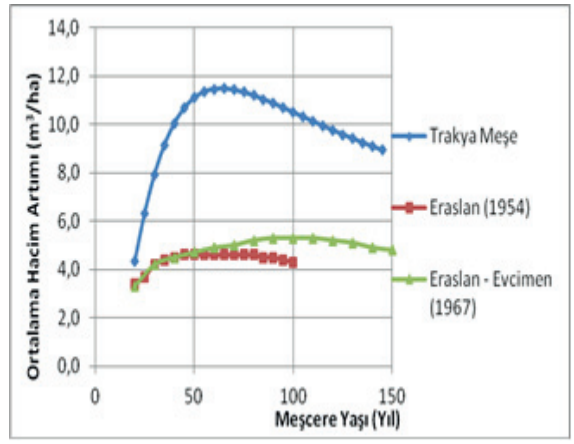


Şekil 8. Yıllık cari hacim artımının farklı sıklık derecelerinde gelişimi (V. bonitet)
Figure 8. Improvement of annual current volume inctement in different density degrees (V.site quality class)

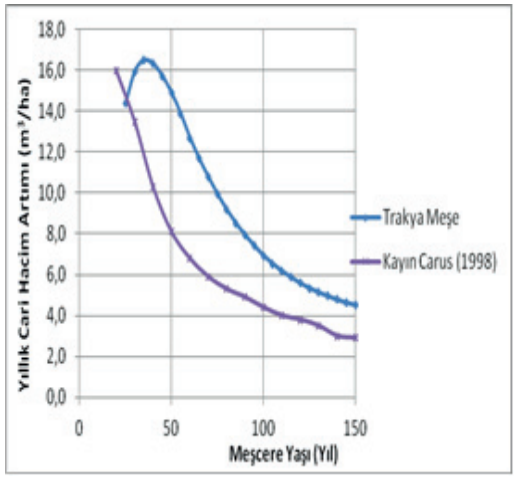
Trakya yöresi sıklığa bağlı meşe hasılat tablosundan elde edilen yıllık cari hacim artımının, meşe ve kayın ağaç türü için düzenlenmiş diğer hasılat tablolarının yıllık cari hacim artımına göre gösterdiği gelişimler incelendiğinde, Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosunun yıllık cari hacim artımı diğer hasılat tablolarının yıllık cari hacim artımlarının üzerinde seyir göstermektedir (Şekil / Figure 9a ve 9c). Bu çalışmadaki hasılat tablosundan elde edilen genel ortalama hacim artımı, meşe ağaç türü için düzenlenmiş diğer hasılat tablolarının genel ortalama hacim artımlarının oldukça üzerinden seyir göstermektedir (Şekil / Figure 9b). Çalışmadaki meşe hasılat tablosunun ortalama hacim artımının, kayın hasılat tablosunun ortalama hacim artımı ile karşılaştırıldığında, sıklığa bağlı meşe hasılat tablosunun ortalama hacim artım değerleri yaklaşık 45. yaştan sonra Doğu kayını hasılat tablosunun ortalama hacim artımının üzerinde seyrederek 60.yaştan sonra azami bir değerden geçerek azalmaktadır (Şekil / Figure 9d).



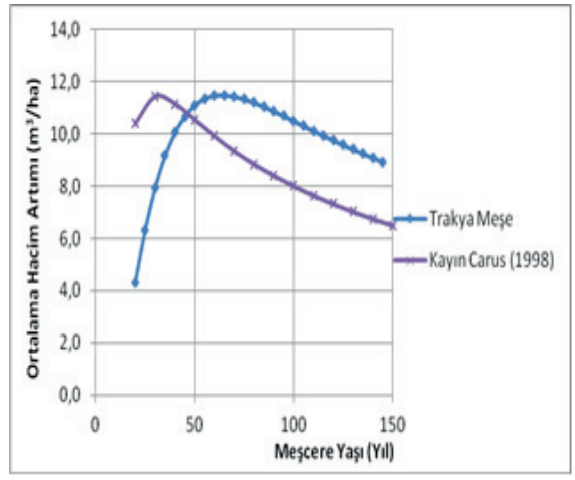
(a) Farklı meşe hasılat tablolarındaki yıllık cari hacim artımlarının karşılaştırılması
(a) Comparison of annual current volume increments in different oak yield tables



(b) Farklı meşe hasılat tablolarındaki ortalama yıllık hacim artımlarının karşılaştırılması
(b) Comparison of mean annual volume increments in different oak yield tables



(c) Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosu ve kayın hasılat tablosundaki yılık cari hacim artımlarının karşılaştırılması
(c) Comparison of annual current volume increments in Thrace density oak yield table and beech yield table



(d) Trakya sıklığa bağlı meşe hasılat tablosu ve kayın hasılat tablosundaki ortalama yıllık hacim artımlarının karşılaştırılması
(d) Comparison of mean annual volume increments in Thrace density oak yield table and beech yield table

Şekil 9. Yıllık cari ve ortalama hacim artımlarının karşılaştırılması
Figure 9. Comparisons of annual current and mean volume increments

Ülkemiz dünyanın sayılı meşe diyarları arasında yer almaktadır. Meşe cinsi Ülkemizin çok farklı yetişme ortamlarında 18 ayrı türü ile yayılış göstermektedir. Buna karşın bu konuda yapılmış olan hasılat çalışmaları cins ve bölgesel bazda ele alınmış olup sınırlı sayıdadır.

Bundan sonra yapılacak hasılat çalışmalarında Ülkemizdeki değişik meşe ekosistemlerinde dağılış gösteren meşe cinsi, tür bazında ele alınmalı ve meşe türlerinin artım ve büyüme ilişkileri ortaya konmalıdır. Bu sayede değişik ekosistemlerde yayılış gösteren meşe türlerinin artım ve verim potansiyellerinin karşılaştırılması olanağı sağlanmış olacaktır. Buna göre meşe ormanları için silvikültürel ve planlama seçenekleri tutarlı bir şekilde ortaya konabilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Hasılatı ve Biyometri Programında Prof.Dr. Ömer Saraçoğlu danışmanlığında, Aylak Özdemir (2013) tarafından hazırlanmış Doktora Tez çalışmasının özetidir. İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Biriminin 8782 numaralı Doktora Tez Projesi ile desteklenmiştir. Örnek alan ölçümleri ve gövde analizi verilerinni elde edilmesinde katkısı olan TUBİTAK-TOVAG 107O750 numaralı "*Kuzey Trakya koruya tahvil meşe ekosistemlerinde sağlık durumu, biyokütle, karbon depolama ve faunistik özelliklerin belirlenmesi*" isimli projenin başta yürütücüsü Prof. Dr. Ender Makineci olmak üzere diğer üyelerine ayrı ayrı teşekkür ederim.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Akalp, T., 1978. Türkiye'deki doğu ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) ormanlarında hasılat araştırmaları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın no: 2483-261, İstanbul.

Akalp, T., 1983. Değişik yaşlı meşcerelerde artım ve büyümenin simülasyonu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın no: 3051-327, İstanbul.

Atıcı, E., 1998. Değişik yaşlı doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarında artım ve büyüme. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Aylak Özdemir, G., 2013. Trakya meşe ormanlarında artım ve büyüme ilişkileri. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Carus, S., 1998. Aynı yaşlı doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarında artım ve büyüme. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

DPT, 2007. Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı (2007-2013).

Eraslan, İ., 1954. Trakya ve bilhassa Demirköy mıntıkası meşe ormanlarının amenajman esasları hakkında araştırmalar. OGM Yayınları, Sıra No:132, Seri No:13, Ankara.

Eraslan, İ., Evcimen, B.S., 1967. Trakya'daki meşe ormanlarının hacım ve hasılatı hakkında tamamlayıcı araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A(1).

Fırat, F.,1972. Orman Hasılat Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın no: 1642-166, İstanbul.

Günel, A., 1981. Orman Hasılat Bilgisi Ders Notları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul.

Husch, B., Miller, C.I., Beers, T.W., 1963. Forest Mensuration. The Ronald Pres Company, 402pp., New York.

Irmak, A., 1970. Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın no: 1650-149, İstanbul.

IBM SPSS Statistic, 2010. IBM SPSS Statistics 19 Core System User's Guide. SPSS Inc. 1989, 2010.

Kalıpsız, A., 1999. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın no: 3194-354, İstanbul.

Kalıpsız, A., 1963. Türkiye'de karaçam meşcerelerinin tabii bünyesi ve verim kudreti üzerine araştırmalar. OGM Yayınları, İstanbul.

Karataş, R., Arslan, M., Güner, Ş.T., Çömez, A., Özkan, K., 2013. Göller bölgesindeki doğal yayılış alanlarında Kasnak Meşesinin (*Quercus vulcanica* Boiss. and Heldr. Ex Kotschy) boy gelişimi ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Bülten No:5, Enstitü Yayın No:9, Eskişehir.

Makineci E., Yılmaz E., Özdemir E., Kumbaşlı M., Sevgi O., Keten A., Beşkardeş V., Zengin, H., Yılmaz H., Çalışkan S. 2011. Kuzey Trakya koruya tahvil meşe ekosistemlerinde sağlık durumu, biyokütle, karbon depolama ve faunistik özelliklerin belirlenmesi. TUBİTAK-TOVAG 107O750 No'lu Proje Sonuç Raporu, Ankara.

Meyer, H.A., 1942. Methods of Forest Growth Determination. Pennsylvania.

OGM, 2011. Türkiye Ormanları. Orman Genel Müdürlüğü, Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, ISBN:978-605-393-044-0.

OGM, 2012. Türkiye Orman Varlığı-2012. Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Prodan, M., 1961. Forstliche Biometrie. BLV Verlagsgesellschaft, München.

Spurr, S.H., 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company, 476p. New York.

Yavuz, H.,1992. Değişik yaşlı meşcerelerde büyümenin markov zincirleri yöntemi ile analiz edilmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yıldızbakan, A., Saraçoğlu, Ö., Akgün, C., Aydın, A.C., 2012. Sedir (*Cedrus libani* A.Rich.) meşcerelerinin hacim artımını maksimize eden optimum kuruluşlar. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten no:43, ISBN: 978-605-4610-35-8, Tarsus.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257

Online available at
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.01945

Research Article / Araştırma Makalesi

Fiğ (*Vicia sativa* L.) ve Yonca (*Medicago sativa* L.) ekimi yapılan toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin değerlendirilmesi

İlyas Bolat [1*], Hüseyin Şensoy [2], Davut Özer [3]

[1*] Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Soil Science and Ecology, 74100, Bartın, Turkey
[2] Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Watershed Management, 74100, Bartın, Turkey
[3] Süleyman Demirel University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 32260, Isparta, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** ilyasbolat@bartin.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 15.04.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 14.05.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 18.05.2015

Özet: Baklagil yem bitkileri köklerindeki simbiyotik *Rhizobium* bakterileri ile havadaki serbest azotu bağlayabilme yeteneğine sahiptirler. Diğer taraftan, toprağın canlı bir bileşeni olan ve bitki besin maddesi dinamiğinde çok önemli bir faktör olarak bilinen mikrobiyal biyokütle (MB), toprakların biyolojik durumu hakkında iyi bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Bu noktadan hareket edilerek, bu çalışmada farklı baklagil yem bitkilerine ait toprakların MB C (C_{mic}) ve N (N_{mic}) içerikleri araştırılmıştır. Fiğ ve yonca yem bitkisi ekili alanlara ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla hacim silindirleri (0 – 6,5 cm derinlik) ile toprak örneği alınmıştır. MB C ve N içeriklerini belirlemek için 0 – 6,5 cm derinlikten üst toprak örnekleri alınmıştır. C_{mic} ve N_{mic} içerikleri kloroform-fumigasyon-ekstraksiyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Fiğ ve yonca alanlarında toprakların tane yoğunluğu, hacim ağırlığı, tuzluluk, % $CaCO_3$ ve C/N oranı arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır ($P > 0,05$). Diğer bazı toprak özellikleri (sıcaklık, gözenek hacmi, kum, toz ve kil içerikleri, pH, organik C ile toplam N) istatistiksel farklılık göstermiştir ($P < 0,05$). Toprakların C_{mic} içeriğinin yonca ekili alanda (YEA) fiğ ekili alandan (FEA) % 27 oranında fazla ($P < 0,05$) olduğu ortaya çıkmıştır. Toprakların N_{mic} içerikleri, FEA 83,38 µg g^{-1} ile 124,67 µg g^{-1}, YEA 91,62 µg g^{-1} ile 187,07 µg g^{-1} arasında değişim göstermiştir. YEA toprakların ortalama N_{mic} içerikleri FEA yaklaşık % 35 oranında fazladır ve aralarında önemli ($P < 0,05$) istatistiksel bir fark vardır. Ayrıca, toprakların hem C_{mic} ile organik C içeriği ($r = 0,667$; $P < 0,05$), hem de N_{mic} ile toplam N içeriği arasında ($r = 0,881$; $P < 0,01$) pozitif ve önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları farklı yem bitkisi üretimi yapılan topraklarda C_{mic} ve N_{mic} değerlerinin farklı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, elde edilen toprak mikrobiyal biyokütle C ve N sonuçları, yonca ekimi yapılan toprakların fiğ ekimi yapılan topraklara göre C ve N bakımından daha zengin olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: C_{mic}, mikrobiyal biyokütle, N_{mic}, tarım alanı, yem bitkisi

Evaluation of microbial biomass C and N content of the soils cultivated with vetch (*Vicia sativa* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.)

Abstract: Legume forage crops have the ability of retaining free nitrogen in the air through symbiotic *Rhizobium* bacteria found in their roots. Additionally, microbial biomass (MB)–an essential living component of soil and a significant factor influencing plant nutrient dynamics–is considered to be accurate indicator of soil's biological condition. Given the aforementioned aspects, soil MB C (C_{mic}) and MB N (N_{mic}) of different legume forage crops were investigated in this study. Soil samples were taken in order to identify certain physical and chemical characteristics of the soil using volume cylinders (0 – 6.5 cm depth) from *Vicia sativa* L. (VSP) and *Medicago sativa* L. planted (MSP) areas. To determine the C_{mic} and N_{mic} contents, topsoil samples were also taken from 0 – 6.5 cm depth. C_{mic} and N_{mic} contents were identified using chloroform – fumigation – extraction method. There was no statistical significance for particle density, bulk density, electrical conductivity, $CaCO_3$ %, and decomposition ratio (C_{org}/N_{total}) of the VSP and

To cite this article (Atıf) : Bolat, İ., Şensoy, H., Özer, D., 2016. Fiğ (Vicia sativa L.) ve yonca (Medicago sativa L.) ekimi yapılan toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin değerlendirilmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 244-255. DOI: 10.17099/jffiu.01945

MSP soil ($P > 0.05$). However, some other soil characteristics such as temperature, porosity, sand, silt and clay contents, pH, organic C and total N differed significantly ($P < 0.05$). Compared to VSP soil, the C_{mic} contents were determined to be 27 % higher ($P < 0.05$) in MSP soil. In VSP soil, the soil N_{mic} content ranged from 83.38 μg g^{-1} to 124.67 μg g^{-1}, while it ranged from 91.62 μg g^{-1} to 187.07 μg g^{-1} in MSP soil. The N_{mic} content of the MSP soil was observed to be approximately 35 % higher than VSP soil, and a statistically significant difference ($P < 0.05$) was noticed between the two. Moreover, a significant positive correlation was found not only between the C_{mic} and organic C contents ($r = 0.667$; $P < 0.05$) but also between the N_{mic} and total N contents of MSP and VSP soil ($r = 0.881$; $P < 0.01$). The results of the study revealed that soil C_{mic} and N_{mic} values differ as the types of planted legume forage crops change. Furthermore, the obtained soil C_{mic} and N_{mic} results indicate that soil MSP soil is more fertile than VSP soil.

Keywords: C_{mic}, microbial biomass, N_{mic}, agricultural area, forage crops

1. GİRİŞ

Havanın azotundan bitkiler doğrudan yararlanamazlar; ancak, toprakta serbest olarak yaşayan ve azot bağlayan "*Rhizobium* bakterileri" bunu tespit ederek azotlu bileşikler halinde toprağa verebilirler. Havanın serbest azotundan yararlanabilen bu bakteriler baklagil bitki köklerinde ortak yaşayabilmektedirler. Bitkilerin istifade edebildiği azot formları toprakta çoğunlukla amonyum (NH_4) ve nitrat (NO_3) iyonları halinde bulunur. Türkiye'de çoğu tek yıllık olmak üzere 900'ün üzerinde baklagil türü bulunmaktadır (Davis, 1970). 400'e yakın tür ile geven, çeşitliliği en fazla olan baklagil türüdür. Baklagillerden fiğ 59, yonca ise 30 türle Türkiye'de yayılış göstermektedir (Cocks, 1993). Doğal meralarda bitki sistematiğine bağlı olmayarak yapılan gruplandırma içerisinde yonca ilk sırada, geven (*Astragalus* sp.) son sırada ve fiğ ise dördüncü sırada yer almaktadır (Uluocak, 1984). Yem bitkisi yayılış alanı bakımından değerlendirildiğinde ise fiğ ilk sırayı, yonca ise ikinci sırayı almaktadır (Açıkgöz, 1988). Bir, iki ve çok yıllık olan fiğin yaprak, gövde ve yeşil baklaları çok iyi nitelikte hayvan yemidir. Kışa ve kurağa az dayanıklı, hafif kireçli, balçık ve killi topraklarda iyi gelişim göstermektedir. Ana kök fazla derine inmemekte, bol yan kök yapmaktadır. Yoncalar genellikle bir veya çok yıllık, otsu bitkilerdir. Çok kuvvetli, derine giden kazık köke sahip oldukları için kuraklığa dayanma ve toprak koruma yönünden yararlı, ayrıca yem değeri üstün bitkilerdir. Anadolu'da yonca daha çok yem (kuru ot) elde etmek amacıyla ekilmekte ve bu yüzden yonca ekilen yerlere "Yoncalık" adı verilmektedir. Ekildikten sonra senelerce biçilebilmekte ve normal olarak 7–10 sene ürün alınabilmektedir. İyi, geçirgen ve nötr reaksiyonlu topraklarda çok iyi gelişim göstermektedir (Uluocak, 1984).

Toprak mikrobiyal biyokütlesi $5x10^{-3}$ μm'den daha büyük bitki kökleri ve toprak hayvanları hariç toprak organik maddesinin yaşayan bir parçası olarak tanımlanmaktadır (Jenkinson ve Ladd, 1981). Diğer bir ifade ile yaklaşık 10 μm'den daha küçük olan ve toprakta yaşayan organizmalara toprak mikrobiyal biyokütlesi adı verilmektedir (Schloter ve ark., 2003). Büyük bir çoğunluğu bakteri ve mantarlardan meydana gelen fakat aktinomiset, protozoa, alg ve virüslerin de bu gruba dahil edildiği toprak mikrobiyal biyokütlesi, karbon (C) depolaması, enerji akışı, ayrıştırma ve küçük miktarda da olsa gaz akışı gibi ekosistem süreçlerini düzenleyen çok önemli bir olgudur. Bu grup içinde bakteri ve mantarlar hem biyokütle hem de metabolizma faaliyetler ile alakalı en yaygın organizmalardır (Anderson ve Domsch, 1973; Parkinson ve Coleman, 1991; Cleveland ve ark., 2004). Canlı bir varlık olan toprak mikrobiyal biyokütlesi özellikle bitki ve hayvan artıklarındaki artış ve azalışlar başta olmak üzere, toprakta meydana gelen değişikliklere toprak organik maddesinden çok daha hızlı tepki göstermektedir. Dolayısıyla toprak yönetiminden kaynaklanan mikrobiyal biyokütledeki ölçülebilir değişiklikler, toprak verimliliğinde meydana gelen değişiklikleri yansıtabilmektedir (Brookes, 2001). Diğer bir anlatım ile toprak yönetimi ve çevresel streslerden dolayı toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimlerin bir göstergesi (indikatörü) olarak kullanılabilmektedir (Moore ve ark., 2000). Organik madde toprağın çok önemli bir bileşenidir. Toprak mikrobiyal biyokütlesi organik maddenin aktif ve yaşayan bir unsurudur. Toplam toprak C miktarının sadece % 1–3'ünü toprak mikrobiyal biyokütle C meydana getirirken, toplam toprak N içeriğinin % 5'i mikrobiyal biyokütle N tarafından oluşturulmaktadır. Böylelikle mikrobiyal biyokütle, bitki besin maddelerinin hem depolandığı bir havuz hem de gerekli durumlarda kullanılmak üzere kaynağı durumundadır. Mikrobiyal biyokütle toprak gelişim süreci boyunca meydana gelen organik madde birikimine paralel bir seyir göstermektedir (Jenkinson ve Ladd, 1981; Singh ve ark., 1989; Smith ve Paul, 1990; Diaz-Ravina ve ark., 1993). Mikrobiyal biyokütlenin bu özellikleri ve faydalarından dolayı toprak

mikrobiyal biyokütle ölçümü arazi kullanım biçimlerinde ileride meydana gelebilecek değişiklikleri tahmin etmek ve anlayabilmek için çok değerli bir araçtır (Sharma ve ark., 2004).

Toprağın işlenmesi, ekimi, farklı ürünlerin yetiştirilmesi ve ürün değişimi gibi tarım faaliyetleri, toprağa giren bitki artıklarının kalite ve miktarını değiştirerek toprak mikroorganizmaları ile mikroorganizmaların mekansal dağılımını ve beraberinde topraktaki mikrobiyal süreçleri etkilemektedir (Christensen, 1996). Mikrobiyal biyokütle ve biyokütle faaliyeti ile enzim aktiviteleri gibi bazı mikrobiyal toprak özellikleri; toprağın kalite ve sağlığının izlenmesinde biyolojik gösterge olarak kullanılmaktadır (Schloter ve ark., 2003). İfade edilen açıklamalar ışığında, bu çalışmanın üç amacı bulunmaktadır: Bu amaçlar (1) fiğ ve yonca ekimi yapılan tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, (2) baklagil yem bitkileri ekilen toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin araştırılması ve (3) toprakların organik C ve toplam N içerikleri ile mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasıdır. Bu amaçları gerçekleştirebilmek için Bartın ilinde fiğ ve yonca ekimi yapılan tarım topraklarının 0–6,5 cm derinlik kademesinden toprak örnekleri alınmıştır. Örneklerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen bulgular daha önce yapılmış, bu çalışma ile benzerlik gösteren diğer çalışmalardaki sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

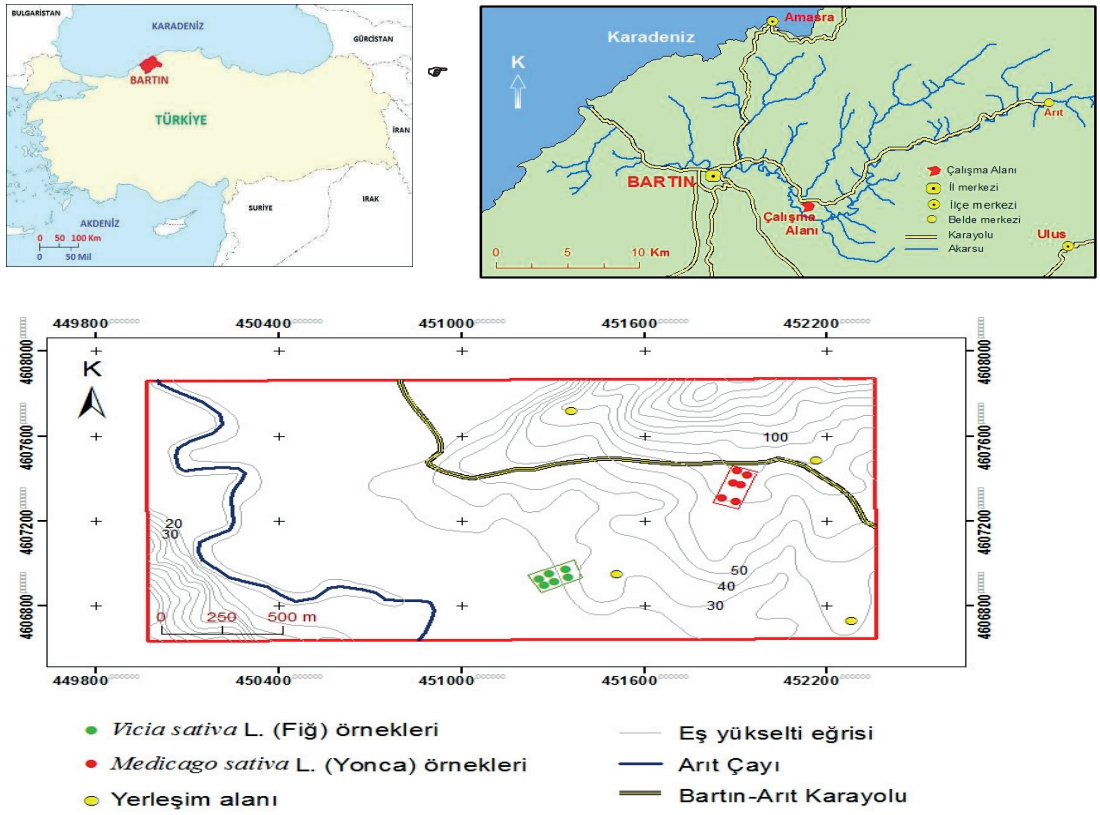
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Araştırma Alanın Yeri

Araştırma alanı, Türkiye'nin kuzeyinde Batı Karadeniz bölgesinde yer alan Bartın ili sınırları içinde bulunmaktadır. Bartın şehir merkezinin kuş uçuşu 7 km doğusunda konumlanan araştırma alanı, Bartın-Arıt karayolunun güneyinde, Bartın Irmağı'nın üç büyük kolundan biri olan Arıt Çayı ile Bartın-Arıt karayolunun arasında yer almaktadır (Şekil / Figure 1). Üzerinde yonca ekimi yapılan arazi karayoluna bitişik ve % 10 eğime sahip olup, deniz seviyesinden ortalama yükseltisi 75 metre ve bakısı güneydir. Alanın büyüklüğü yaklaşık 1576 m^2'dir. Fiğ ekilen alan, Arıt Çayına daha yakın bir konumda ve yeryüzü şekli düzlük olup, Bartın-Arıt karayolunun 600 m güneyinde yer almaktadır. Deniz seviyesinden ortalama yükseltisi 20 metredir. Alanın büyüklüğü yaklaşık 1424 m^2'dir. Çalışma alanlarında 200–250 m^2 de alanı temsil edecek şekilde örnekleme yapılmıştır. Toprak örneklerinin alındığı fiğ ve yonca alanlarının detaylı konum tanıtımını gösteren harita Şekil / Figure 1'de görülmektedir.

2.2 Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri

Fiğ ve yonca ekili toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için hacim silindirleri (çap: 8,1 cm; derinlik: 6,5 cm) ile her örnek alanından 6'şar adet bozulmamış toprak örneği alınmıştır. Çalışma alanından alınan topraklar hava kurusu hale getirildikten sonra öğütülmüş, elenmiş ve daha sonra analizlere geçilmiştir. Toprak örneklerinin nem içeriği 105 °C'de en az 24 saat süreyle kurutularak gravimetrik olarak belirlenmiştir (Gülçur, 1974). Hacim silindirleriyle alınan toprak örnekleri öncelikle 105 C sıcaklıkta kurutularak fırın kurusu ağırlıkları belirlenmiştir. Fırın kurusu ağırlıkların silindir örneğinin hacmine oranı ile örneklerin hacim ağırlıkları "g cm^{-3}" olarak hesaplanmıştır (Irmak, 1954). Örneklerin tane yoğunluğu toprak ile suyun yer değiştirme esasına göre hesaplanmıştır (Blake, 1965). Toprakların gözenek hacmini doğrudan doğruya belirlemek çok güç olduğu için toprakların tane yoğunlukları ve hacim ağırlıklarından yararlanarak örneklerin gözenek hacimleri hesaplanmıştır (Çepel, 1996; Kantarcı, 2000). Toprak örneklerinde kum, toz ve kil yüzdeleri Bouyoucos hidrometre metodu ile tayin edilmiştir. Toprak türlerinin belirlenmesi uluslararası tane çapı sınıflarına göre yapılmıştır (Bouyoucos, 1962; Gülçur, 1974). pH 1:2.5 oranındaki toprak-saf su süspansiyonunda cam elektrodlu pH metre, elektriksel iletkenlik (EC) 1:5 oranındaki toprak-saf su süspansiyonunda iletkenlik ölçer ve kireç Scheibler kalsimetresiyle belirlenmiştir (Gülçur, 1974; Eruz, 1979; Kacar, 1996). Toprak örneklerinin organik karbon içeriği Walkley-Black ıslak yakma yöntemine (Walkley ve Black, 1934), toplam azot içeriği ise modifiye Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Rowell 1994; Kacar, 1996). Toprak sıcaklığı 0–6,5 cm toprak derinliğinden termometre ile doğrudan ölçülmüştür.



Şekil 1. Fiğ (*Vicia sativa* L.) ve yonca (*Medicago sativa* L.) ekimi yapılan alanların detaylı tanıtımını gösteren harita
Figure 1. Location map of the study sites cultivated with *Vicia sativa* L. and *Medicago sativa* L.

2.3 Mikrobiyal Biyokütle C (C_{mic}) ve N (N_{mic})

Mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerini belirlemek için alınan üst toprak örnekleri (0–6,5 cm) arazide yaş olarak 2 mm'lik elekten elenmiş ve nemlerini kaybetmemeleri için plastik poşetlere konulmuştur. Örnekler mikrobiyal biyokütle analizleri yapılıncaya kadar soğutucuda (+4 C) saklanmıştır. Toprak mikrobiyal biyokütle C içerikleri kloroform-fumigasyon-ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir (Brookes ve ark., 1985; Vance ve ark., 1987). Bu yönteme göre 8 mL çözelti, 2 mL 0,066 M potasyum dikromat, 70 mg civa oksit, 10 mL % 98 lik sülfürik asit ve % 85 lik 5 mL fosforik asit karıştırılmış ve 150°C de 30 dk yakılmıştır. Yakma işleminden sonra 25 mL saf su ile sulandırılan toprak örnekleri 0.4 N demir (II) amonyum sülfat çözeltisi ve 1.10 fenantrolin-demir sülfat indikatörü kullanılarak titre edilmiştir. Mikrobiyal biyokütle C (C_{mic}) içeriği Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

Mikrobiyal biyokütle C (C_{mic})= Ec*kC (1)

Eşitlikteki Ec= Fumigasyonlu ve fumigasyonsuz toprak örneğinin mikrobiyal biyokütle C içeriği arasındaki farkı (C fumigasyonlu-C fumigasyonsuz), kC= 2.64 (fumigasyondan sonra ekstrakt edilebilen biyokütle C kısmı) katsayısını ifade etmektedir (Vance ve ark., 1987).

Toprak mikrobiyal biyokütle N içeriği kloroform-fumigasyon-ekstraksiyon yöntemi kullanılarak Kjeldahl digestion-destilasyon-titrasyon metoduna göre belirlenmiştir (Brookes ve ark., 1985, Anderson ve Ingram 1996). Bu yönteme göre 50 mL çözelti, 1 mL 0.2 M bakır sülfat ve 10 mL % 98 lik sülfürik asit karıştırılmış ve 380°C de 180 dk yakılmıştır. Yakma işleminden sonra bu çözelti 250 mL ye saf su ile tamamlanmış ve bu örnekten 50 mL alınarak 10 M 15 mL sodyum hidroksit ve % 2 lik 5 mL borik asit ile 2 dk destilasyon ünitesinde destilasyon yapılmıştır. Elde edilen damıtılmış sıvı çözeltiye 10 damla brome-kroze indikatörü

damlatılarak 0.00714 N sülfürik asit ile titre edilmiştir. Eşitlik 2'ye göre de örneklerin mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) içeriği hesaplanmıştır.

Mikrobiyal biyokütle N (N_{mic}) = FN/kN (2)

Eşitlikteki FN= Fumigasyonlu ve fumigasyonsuz toprak örneğinin mikrobiyal biyokütle N içeriği arasındaki farkı (N fumigasyonlu-N fumigasyonsuz), kN= Mineralize olabilen mikrobiyal biyokütle azotunun katsayısını belirtmektedir (0.54).

Hem fiziksel-kimyasal hem de mikrobiyal biyokütle C ve N için toprak örneği alınacak noktaların herhangi bir etkiye uğramamış, doğal durumunu koruyan yerler olmasına özen gösterilmiştir. Örnek alınan noktalar basit rastgele örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. Laboratuvarda yapılan bütün analizler iki tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

2.4 İstatistik Analiz

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 16.00 paket programı kullanılmıştır. Fiğ ve yonca ekili toprakların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri (C_{mic} ve N_{mic}) arasında fark olup olmadığı bağımsız iki örnek testi (*t* testi) ile belirlenmiştir. Farklılığın belirlenmesinde % 95 güven düzeyi kullanılmıştır. Organik C ile mikrobiyal biyokütle C ve toplam N ile mikrobiyal biyokütle N arasındaki ilişkilerin ortaya konulması için korelasyon analizi yapılmıştır (Özdamar, 1999; Altunışık ve ark., 2002).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Fiziksel ve Kimyasal Toprak Özellikleri

Fiğ ve yonca ekili toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait ortalama değerler ile standart hatalar Tablo / Table 1 'de verilmiştir. Toprakların hacim ağırlığı, tane yoğunluğu, kireç, tuz ve C/N oranı değerleri arasında istatistiksel fark olmadığı ($P > 0,05$), buna karşılık gözenek hacmi, kum, toz, kil, toprak sıcaklığı, higroskopik nem, toprak reaksiyonu, organik C ve toplam N gibi diğer bazı özellikleri arasında istatistiksel ($P < 0,05$) fark olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Fiğ ve yonca ekili toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (0- 6,5 cm)
Table 1. Some physical and chemical properties of soils cultivated with *Vicia sativa* L. and *Medicago sativa* L. (0-6.5 cm)

Toprak Özellikleri	Fiğ Ekili Alan	Yonca Ekili Alan
Tane yoğunluğu (g cm^{-3})	2,58 (±0,02)[a]	2,55 (±0,01)[a]
Hacim ağırlığı (g cm^{-3})	1,26 (±0,01)[a]	1,34 (±0,03)[a]
Gözenek hacmi (%)	51,09 (±0,67)[a]	47,34 (±1,28)[b]
Kum (%)	14,59 (±0,59)[a]	31,70 (±3,24)[b]
Toz (%)	19,30 (±0,22)[a]	15,40 (±1,03)[b]
Kil (%)	66,10 (±0,65)[a]	52,88 (±2,77)[b]
Toprak türü	Kil (Ağır kil)	Kil (Ağır kil)
Toprak sıcaklığı (°C)	24,58 (±0,33)[a]	23,71 (±0,17)[b]
Örnekleme Anındaki Higroskopik Nem (%)	20,66 (±0,58)[a]	25,26 (±1,01)[b]
Toprak reaksiyonu (pH) (H_2O)	8,16 (±0,03)[a]	7,94 (±0,09)[b]
Kireç ($CaCO_3$) (%)	4,32 (±0,33)[a]	4,89 (±0,54)[a]
Toprağın tuz içeriği (dS m^{-1})	1,47 (±0,08)[a]	1,61 (±0,12)[a]
Organik C (%)	1,27 (±0,03)[a]	1,55 (±0,07)[b]
Toplam N (%)	0,25 (±0,004)[a]	0,28 (±0,002)[b]
Ayrışma oranı (C_{org}/N_{toplam})	5,11(±0,06)[a]	5,48 (±0,24)[a]

Aynı satırdaki farklı harfler (a, b) ortalamalar arasında önemli fark ($P < 0,05$) olduğunu göstermektedir. Değerler 12 örneğin ortalamasını temsil etmektedir (± Standart hata).

Daha önce yapılan çalışmalar (Brady, 1990; Plaster, 1992) toprak tane yoğunluğunun toprağı meydana getiren minerallerin kristal yapısı ve kimyasal kompozisyonu ile toprağın içerdiği organik C (organik

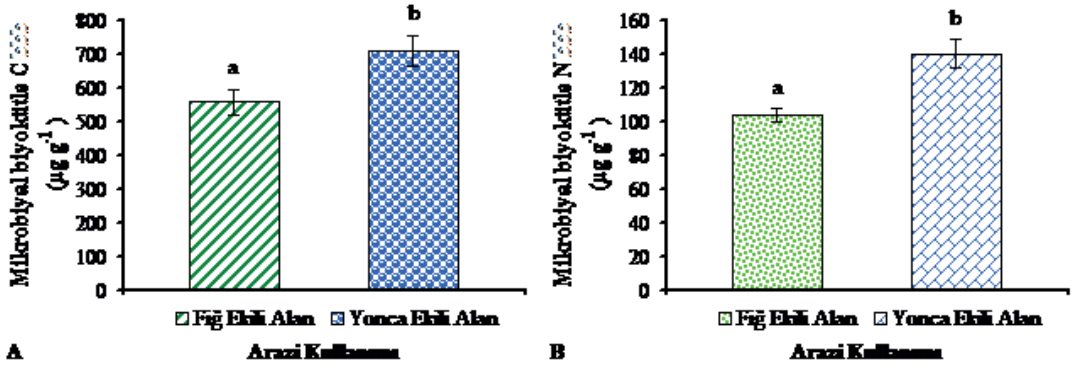
madde) içeriğine bağlı olduğunu bildirmektedir. Organik madde içeriği düşük olan toprakların tane yoğunluğu yüksek olmaktadır. Fiğ ekili alan toprağının tane yoğunluk değerinin yüksek olması, alanda organik C içeriğinin düşük olmasından kaynaklanabilir. Toprakların hacim ağırlık değeri fiğ ekili alanda düşük, yonca ekili alanda yüksek tespit edilmiştir. Buna karşılık toprakların gözenek hacim değeri fiğ ekili alanda daha yüksektir (Tablo / Table 1). Alanlar arasında gözenek hacmi bakımından istatistiksel ($P < 0,05$) fark vardır. Toprak örneklerinin hacim ağırlığı ve gözenek hacmi arasında görülen bu farklılığın alanların ekime hazırlanması (arazi hazırlığı) ve ekim esnasında yapılan faaliyetler sonucu toprakların sıkışması ile ilişki olabileceği de düşünülebilir. Daha önce yapılan çalışmalarda toprağın hacim ağırlığı ile gözenek hacmi arasında ters orantılı bir ilişkinin olduğu vurgulanmakta, sıkışan toprakların daha fazla hacim ağırlığına sahip olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca, toprağın hacim ağırlığını ve gözenek hacmini etkileyen faktörlerden bazılarının toprak tekstürü (kum, toz ve kil oranları), organik madde içeriği, toprak derinliği ve arazi kullanım (orman, mera ve tarım) biçimi olduğu bildirilmektedir (Brady, 1990; Çepel, 1996; Coyne ve Thompson, 2006). Bu açıdan değerlendirildiğinde toprakların hacim ağırlığı ve gözenek hacmi değerleri yukarıda ifade edilen sonuçlarla uyumludur. Çalışma alanlarının toprak türleri benzer özellikte ve alanlarda killi (ağır kil) toprak geniş yayılış göstermektedir. Toprakların % kum içeriği fiğ ekili alanda, % kil içeriği ise yonca ekili alanda daha düşük bulunmuştur.

Toprak sıcaklığı fiğ ekili alanda, yonca ekili alandan 0,87 °C daha yüksek, örnekleme anındaki higroskopik nem ise % 4,6 oranında düşük bulunmuştur. Fiğ ekili alanda toprak sıcaklığının yüksek, buna karşılık örnekleme anındaki toprak neminin düşük tespit edilmesinde, fiğ ekili alanda üzerinde yonca ekili alana göre daha az vejetasyon bulunmasının etkisi olabilir. Kantarcı (2000) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre, çalışma alanı toprak reaksiyonu fiğ ekili alanda orta derecede alkalen ve yonca ekili alanda hafif alkalen özelliği göstermektedir. Crews ve Peoples (2004) bazı baklagil bitkilerinin topraktaki katyonları yüksek konsantrasyonda almalarından dolayı bitki rizosfer bölgesinde H^+ iyonlarının serbest kaldığını ve hasat sonrasında toprağın asitleşmeye başladığını vurgulamaktadır. Yonca ekili alanda toprak reaksiyonunun daha düşük bulunması yukarıda ifade edilen sonuçla açıklanabilir. Toprakların kireç içeriği % 4–8 sınır değerleri arasında olduğundan, orta kireçli toprak kategorisindedir (Kacar, 1996). Topraklar 4 dS m^{-1} sınır değerinden yüksek elektriksel iletkenliğie sahipse tuzlu toprak olarak sınıflandırıldığından (Sumner, 1995), çalışma alanlarının ait toprağı tuzlu toprak kabul edilmemektedir.

Toprakların organik C değerlerinin fiğ ekili alanda % 1,13–1,50 (ortalama % 1,27); yonca ekili alanda %1,10–1,94 (ortalama % 1,55) arasında değişim gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu sonuç yoncanın fiğe göre bol ve besi değeri yüksek ürün vermesiyle ilişkili olabilir (Uluocak, 1984). Nitekim yapılan bir çalışmada toprak organik C içeriğinin artmasına çoğunlukla alan üzerindeki bitki artıklarından toprağa fazla miktarda C girmesinin neden olduğu ifade edilmektedir (Raiesi, 2007). Toprak azotunun önemli bir kısmı üst toprakta, humin maddeleri, bitki artıkları, biyokütle ve ölü organizmalarda organik formda (genellikle % 95'ten fazla) bulunmaktadır. Diğer bir ifadeyle, topraktaki azotun kaynağı esas itibariyle bitki artıklarından oluşmuş ölü örtüdür (Özbek ve ark., 2001). Bu çalışmada toprakların toplam azot içeriği yonca ekili alanda daha (% 12) yüksektir. Dolayısıyla, her iki tür bitki de köklerinde azot bağlayan bakteriler bulundurmasına rağmen (Crews ve Peoples, 2004; Raiesi, 2007), yonca ekili alanın daha yüksek azot içeriğine sahip olması, bu türün biyolojik olarak kökleri ile havadan daha fazla azotu fiske ettiğini göstermektedir. Bu bağlamda, yonca fiğe göre toprağın azot yönünden zenginleşmesine daha fazla katkı sağlamaktadır. Genel olarak, C_{org}/N_{toplam} oranı 15'ten küçükse ayrışmanın hızlı olduğu, 15–25 arasında ise ayrışmanın yavaşladığı ve 25'ten büyükse ayrışmanın zaman zaman engellendiği ifade edilmektedir (Kantarcı, 2000). Çalışma yapılan toprakların C_{org}/N_{toplam} oranları incelendiğinde organik maddenin hızla ayrıştığı görülmektedir. Bu durum, azot içeriğinin yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim yapılan çalışmalarda yüksek kaliteli bitki artıklarının (yüksek azot içeriği, düşük lignin ve selüloz içeriği, düşük C_{org}/N_{toplam} oranı ile lignin/N_{toplam} oranı) genellikle daha hızlı ayrıştığı ve N mineralizasyonunun daha hızlı olduğu belirtilmektedir (Lupwayi ve Haque, 1998; Raiesi, 2006). Diğer taraftan, toprak organik maddesinin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileşmesine sağladığı önemli katkıdan dolayı, hızlı bir şekilde ayrışması da arzu edilmeyen bir durumdur (Sparling, 1997).

3.2 Mikrobiyal Biyokütle C (C_{mic}) ve N (N_{mic}) İçerikleri

Toprak mikroorganizmaları bitki besin maddeleri döngüsün ve toprak strüktürünün oluşmasında; dolayısıyla toprak verimliliğinin artmasında çok önemli rol oynamaktadır (Roldan ve ark., 1994; Alvear ve ark., 2005). Bu yüzden mikrobiyal biyokütle, organik maddenin içerdiği kükürt, fosfor, azot, karbon gibi bitki besin elementlerinin hem havuzu hem de kaynağı durumundadır. Organik C, N, P, S Mikrobiyal Biyokütle CO_2, mineral N, mineral P, mineral S ilişkisi; mikrobiyal biyokütle sayesinde organik halde bulunan maddelerin mineral hale, mineral halde bulunanların da organik hale geçerek birbirlerine dönüşebildiğini göstermektedir (Jenkinson ve Ladd, 1981; Tunlid ve White, 1992). Bu çalışmada fiğ ekili alanda mikrobiyal biyokütle C 347,49 µg g^{-1} ile 714,37 µg g^{-1} arasında değişim gösterirken; ortalama değer 558,07 µg g^{-1} bulunmuştur. Buna karşılık yonca ekili alanda mikrobiyal biyokütle C 438,20 µg g^{-1} ile 896,20 µg g^{-1} arasında değişim göstermiş; ortalama değer 709,27 µg g^{-1} bulunmuştur (Şekil / Figure 2A). Fiğ ekili alanda mikrobiyal biyokütle N 83,38 µg g^{-1} ile 124,67 µg g^{-1} arasında değişim göstermiş, ortalama değer 103,67 µg g^{-1} bulunmuştur. Yonca ekili alanda ise mikrobiyal biyokütle N 91,62 µg g^{-1} ile 187,07 µg g^{-1} arasında değişim göstermiş, ortalama değer 140,26 µg g^{-1} bulunmuştur (Şekil /Figure 2B). Toprakların mikrobiyal biyokütle C içeriği yonca ekili alanda fiğ ekili alandan % 27, mikrobiyal biyokütle N içeriği ise % 35 oranında fazla bulunmuştur.



Şekil 2. Fiğ ve yonca ekili alanlarda mikrobiyal biyokütle C (**A**) ve N (**B**) içeriğinin değişimi. Farklı harfler (a, b) P < 0,05 önem düzeyinde ortalamalar arasında fark olduğunu göstermektedir

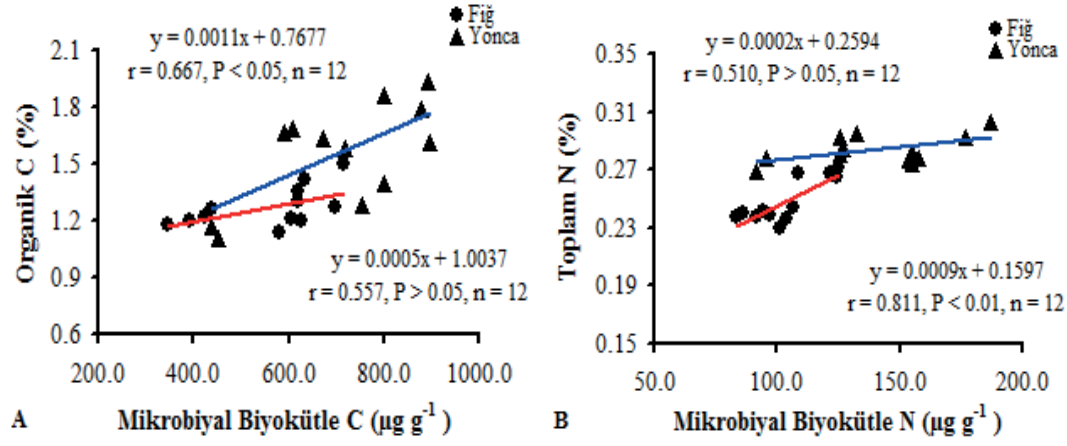
Figure 2. The change of microbial biomass C (**A**) and N (**B**) content in areas cultivated with *Vicia sativa* L. and *Medicago sativa* L. Different letters (a, b) indicate that there are difference among averages at P < 0.05 significance level

Yonca ekili toprakların daha fazla organik C (organik madde) içermesi ile higroskopik nemin fazla olması (Tablo / Table 1) mikrobiyal biyokütle C ve N içeriğinin yüksek bulunmasının nedeni olabilir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalardan ortaya çıkan sonuçlar bu görüşü doğrulamaktadır. Chen ve ark. (2000) tarafından farklı arazi kullanım biçimlerinde (orman ve mera) yapılan çalışmada organik maddenin tipi ve miktarının toprak mikrobiyal biyokütlesinde farklılıklara sebep olduğu bildirilmektedir. Başka bir çalışmada toprak nemi ve sıcaklığının karbon mineralizasyon oranını, mikrobiyal biyokütlenin tür kompozisyonunu ve topraktan besin alınmasını etkileyebildiği ifade edilmektedir (Bauhus ve Khanna, 1999). Birçok araştırmacıya göre toprak mikrobiyal biyokütlesinin miktarı ve faaliyeti üzerine toprak organik maddesinin çok fazla etkisi vardır (Jenkinson, 1988; Arunachalam ve Arunachalam, 2000; Patel, ve ark., 2010). Nitekim Bastida ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada organik maddenin toprak strüktürünü iyileştirdiği ve böylelikle de toprakta mikrobiyal faaliyetin arttığı vurgulanmaktadır. Benzer şekilde toprak ekim ve yönetim faaliyetlerinin toprağın mikrobiyal biyokütle C ve N gibi birçok biyolojik özelliklerini etkileyen uygulamalar olduğu bildirilmektedir. Bu değişimin nedeni olarak yapılan uygulamalar ve faaliyetler neticesinde toprağa değişen miktarlarda organik madde girişinin olması şeklinde açıklanmıştır (Marinari ve ark., 2006; García-Orenes ve ark., 2010). Diğer taraftan Bending ve ark. (2000) içlerinde fiğ bitkisinin de bulunduğu kış buğdayı (*Triticum aestivum* L.), İtalyan ryegrass (*Lolium perenne* L.) ve ak üçgül (*Trifolium repens* L.) gibi bitkiler ile yapılan tarımsal faaliyet sonrasında, toprak mikrobiyal biyokütle N içeriklerinde herhangi bir değişiklik olmadığını ifade etmektedir. Çalışmada bu duruma toprak

mikrobiyal biyokütlesi için hazır enerji kaynağı olan toplam organik madde miktarında herhangi bir değişiklik olmaması sebep gösterilmektedir.

Brookes ve ark. (1984) tarafından yapılan çalışmada 6 farklı tarım alanında üst toprakların mikrobiyal biyokütle C içerikleri araştırılmıştır. Çalışmada mikrobiyal biyokütle C içeriklerinin 99–492 µg g^{-1} arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Bartın yöresinde yapılan bir çalışmada (Bolat 2007) mısır (*Zea mays* L.) ve buğday (*Triticum vulgare* L.) tarımı yapılan tarım topraklarının mikrobiyal biyokütle C içeriklerinin 297,18–682,04 µg g^{-1} (ortalama 485,10 µg g^{-1}) arasında değişiklik gösterdiği bulunmuştur. Diğer taraftan, Patel ve ark. (2010) şeker kamışı (*Saccharum officinalae*), mısır (*Zea mays*) ve nohut (*Cicer aurentum*) tarımı yapılan topraklarda mikrobiyal biyokütle N'un 23,8–51,4 µg g^{-1} arasında olduğunu bildirmektedir. Başka bir çalışmada ise mısır (*Zea mays* L.) ve buğday (*Triticum vulgare* L.) tarımı yapılan toprakların mikrobiyal biyokütle N içeriklerinin 18,00–84,81 µg g^{-1} (ortalama 42,60 µg g^{-1}) arasında değişiklik gösterdiği bildirilmektedir (Bolat, 2007). Bu çalışma sonucunda elde edilen ortalama mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin yukarıda belirtilen benzer araştırma sonuçlarından yüksek olması, farklı toprak özellikleri ve vejetasyon tipine göre mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin değişkenlik göstermesi şeklinde açıklanabilir.

Organik maddenin ayrışmasında etkili olan toprak mikrobiyal biyokütle C ile organik C arasında yonca ekimi yapılan topraklarda pozitif ve anlamlı ($r = 0,667$, $P < 0,05$) bir ilişki olduğu görülmektedir. Buna karşılık fiğ ekili toprakların mikrobiyal biyokütle C ile organik C içerikleri arasındaki korelasyon pozitif ve doğrusal olmasına rağmen anlamlı ($r = 0,557$, $P > 0,05$) değildir (Şekil / Figure 3A). Benzer şekilde yonca ekili toprakların toplam N içerikleri ile mikrobiyal biyokütle N içerikleri arasındaki korelasyon pozitif ve doğrusal olmasına rağmen anlamlı ($r = 0,510$, $P > 0,05$) değildir. Ancak fiğ ekili toprakların toplam N içerikleri ile mikrobiyal biyokütle N içerikleri arasında pozitif ve anlamlı ($r = 0,811$, $P < 0,01$) bir ilişkinin olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil /Figure 3B). Bu sonuçlar toprakların organik C ve N içeriklerinin artmasıyla mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerinin de artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum toprakta yaşayan küçük canlıların C ve N ihtiyaçlarının büyük bir kısmını toprak organik maddesinden karşıladığı sonucunu ortaya koymaktadır. Bu konuda yapılmış çalışmalar incelendiğinde benzer yönde sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Sharma ve ark. (2004) mikrobiyal biyokütle C ile organik C ($r = 0,649$, $P < 0,0005$) ve mikrobiyal biyokütle N ile toplam N arasında ($r = 0,826$, $P < 0,0005$) pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu vurgulamaktadır. Wright ve ark. (2005) tarım alanlarında mikrobiyal biyokütle C ile organik C ($r = 0,63$, $P < 0,05$) ve mikrobiyal biyokütle N ile toplam N arasında ($r = 0,81$, $P < 0,05$) pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 3. Fiğ ve yonca ekili alanlarda organik C ile mikrobiyal biyokütle C (**A**) ve toplam N ile mikrobiyal biyokütle N (**B**) arasındaki korelasyon

Figure 3. The correlation between organic C and microbial biomass C (**A**) and total N and microbial biomass N (**B**) in areas cultivated with *Vicia sativa* L. and *Medicago sativa* L.

4. SONUÇLAR

Fiğ ve yonca ekili toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde (gözenek hacmi, toprak sıcaklığı, higroskopik nem, kum, toz ve kil yüzdeleri, organik C ve toplam N) farklılıklar olduğu yapılan çalışma sonucunda ortaya çıkmıştır. Toprakların mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri toprak yönetimlerine göre değişiklik göstermiştir. Toprak işleme ve bitkisel ürün artıklarının yönetimi toprakların hacim ağırlığını, gözenek hacmini, sıcaklığını, nemini, reaksiyonunu (pH), organik C ve toplam N içeriği ile mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerini etkilemektedir. Bu özelliklerde meydana gelen değişimler ise toprakların C ve N dinamiklerinde artış veya azalışlara yol açmakta, bitkilerin topraktan aldığı besin maddelerinde farklılığa sebep olmaktadır. Toprakların organik C ve N içerikleri ile mikrobiyal biyokütle C ve N içerikleri arasındaki sıkı ilişki bu varsayımı doğrular niteliktedir. Çalışma genelinde toprak mikrobiyal biyokütle C ve N içeriklerine bağlı olarak ortaya çıkan genel durum, yonca ekili toprakların fiğ ekili topraklardan daha verimli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, tarım topraklarının kalitesinin devamlılığı ya da iyileşme-kötüleşme sürecinin sağlıklı bir yaklaşımla değerlendirilmesi, ancak sürdürülebilir bir izleme yapılarak devam ettirilebilir. Bu yüzden çalışma yapılan tarım arazileri ilerleyen yıllarda izlenmek suretiyle, herhangi bir değişiklik olup olmadığı daha net biçimde ortaya konulabilir.

TEŞEKKÜR

Değerli fikirlerini, desteğini, yardımlarını ve hoşgörüsünü bizlerden hiçbir zaman esirgemeyen Prof. Dr. Ömer KARA'ya ve makalenin değerlendirmesini yaparak katkılar sağlayan hakemlere teşekkürlerimizi sunarız. Bu çalışma 06–09 Mayıs 2015 tarihleri arasında SİNOP'ta düzenlenen EKOLOJİ 2015 Sempozyumu'nda sözlü olarak sunulmuş, ancak herhangi bir yerde yayımlanmamıştır. Ayrıca, çalışma Bartın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2014–FEN–A–012).

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Açıkgöz, E., 1988. Annual forage legumes in the arid and semi-arid regions of Turkey, Nitrogen Fixation by Legumes. In *Mediterranean Agriculture Developments in Plant and Soil Sciences* 32: 47–54, doi:10.1007/978-94-009-1387-5_6.

Altunışık, R., Çoşkun, R., Yıldırım, E., Bayraktaroğlu. S., 2002. Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamalı. Geliştirilmiş 2. Basım, Sakarya Kitapevi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

Alvear, M., Rosas, A., Rouanet, J.L. Borie, F., 2005. Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil and Tillage Research* 82(2): 195–20, doi:10.1016/j.still.2004.06.002.

Anderson, J.P.E., Domsch, K.H., 1973. Quantification of bacterial and fungal contribution to soil respiration. *Archives of Microbiology* 93: 113–127, doi:10.1007/BF00424942.

Anderson, J. M., Ingram. J.S.I., 1996. Tropical Soil Biology and Fertility A Handbook of Methods. 2nd Edition, Cab International, Wallingford.

Arunachalam, A., Arunachalam, K., 2000. Influence of gap size and soil properties on microbial biomass in a subtropical humid forest of north-east India. *Plant and Soil* 223: 185–193. doi:10.1023/A:1004828221756

Bastida, F., Moreno, J.L., Hernández, T. García, C., 2007. The long-term effects of the management of a forest soil on its carbon content, microbial biomass and activity under a semi-arid climate. *Applied Soil Ecology* 37(1): 53–62, doi:10.1016/j.apsoil.2007.03.010.

Bauhus, J. Khanna, P.K., 1999. The significance of microbial biomass in forest soils. In: Rastin, N., Bauhus, J. (Eds.), Going Underground - Ecological Studies in Forest Soils, Research Signpost, Trivandrum, India, pp. 77–110.

Bending, G. D., Putland, C., Rayns, F., 2000. Changes in microbial community metabolism and labile organic matter fractions as early indicators of the impact of management on soil biological quality. *Biology and Fertility of Soils* 31(1): 78–84, doi: 10.1007/s003740050627.

Blake, G.R., 1965. Particle density. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy-Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp. 371–373.

Bolat, İ., 2007. Farklı Arazi Kullanım Biçimlerinin Toprağın Mikrobiyal Biyokütle Karbon (C_{mic}) ve Azot (N_{mic}) İçeriğine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.
Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal* 54: 464–465, doi:10.2134/agronj1962.00021962005400050028x.

Brady, N., 1990. The Nature and Properties of Soils 10th edition, Macmillan, New York.

Brookes, P., 2001. The Soil Microbial Biomass: Concept, Measurement and Applications in Soil Ecosystem Research. *Microbes and Environments* 16 (3): 131–140, doi.org/10.1264/jsme2.2001.131.

Brookes, P.C., Landman, A., Pruden, G., Jenkinson, D.S., 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid extraction metod to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 17: 837–842, doi:10.1016/0038-0717(85)90144-0.

Brookes, P.C., Powlson, D.S., Jenkinson. D.S., 1984. Phosphorus in the soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 16: 169–175, doi:10.1016/0038-0717(84)90108-1.

Chen, C.R., Condron, L.M., Davis, M.R., Sherlock, R.R., 2000. Effects of afforestation on phosphorus dynamics and biological properties in a New Zealand grassland soil. *Plant and Soil* 220: 151–163, doi:10.1023/A:1004712401721.

Christensen, B.T., 1996. Matching measurable soil organic matter fractions with conceptual pools in simulation models of carbon turnover: revision of model structure. In: Powlson, D.S., Smith, P., Smith, J.U. (Eds.), Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets. Global Environmental Change. Springer Berlin, pp. 143–160.

Cleveland, C.C., Townsend, A.R., Constance, B.C., Ley, R.E., Steven, K.S., 2004. Soil microbial dynamics in Costa Rica: Seasonal and Biogeochemical Constraints. *Biotropica* 36 (2): 184–195, doi:10.1111/j.1744-7429.2004.tb00311.x.

Cocks, P.S., 1993. Legumes from the Mediterrenean basin: A continuing source of agricultural wealth for Southern Australia. Technical paper No. 1 CLIMA, Perth, Australia.

Coyne, M.S., Thompson, J.A., 2006. Fundamental soil science. Delmar Learning, Clifton Park, New York.

Crews, T.E., Peoples, M.B., 2004. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102(3): 279–297, doi:10.1016/j.agee.2003.09.018.

Çepel, N., 1996. Toprak ilmi. İÜ Yayın No 3945, Orman Fakültesi Yayın No: 438, Ders Kitabı: 288, İstanbul.

Davis, P.H., 1970. Flora of Turkey and the east Aegean Islands, Vol. 3, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Diaz-Ravina, M., Acea, M.J., Carballas, T., 1993. Microbial biomass and its contribution to nutrient concentration in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry* 25 (1): 25–31, doi:10.1016/0038-0717(93)90237-6.

Eruz, E., 1979. Toprak tuzluluğu ve bitkiler üzerindeki genel etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* B29(2): 112–120.

García-Orenes, F., Guerrero, C., Roldán, A., Mataix-Solera, J., Cerdá, A., Campoy, M., Zornoza. R,, Bárcenas, G., Caravaca, F., 2010. Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterra-nean agroecosystem. *Soil and Tillage Research* 109: 110–115, doi:10.1016/j.still.2010.05.005.

Gülçur, F., 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları. Kutulmuş Matbaası, İÜ Yayın No. 1970, Orman Fakültesi Yayın No: 201, İstanbul.

Irmak, A., 1954. Arazide ve Laboratuvarda Toprağın Araştırılması Metodları. İÜ Yayın No. 559, Orman Fakültesi Yayın No: 27, İstanbul.

Jenkinson, D.S., Ladd, J.N., 1981. Microbial Biomass in Soil Measurement and Turnover. In: Paul, E.A., Ladds, J.N. (Eds.), Soil Biochemistry, Vol 5, Marcel Dekker, Newyork, pp. 415–471.

Jenkinson, D.S., 1988. The determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: Wilson, J.R. (Ed.), Advances in Nitrogen Cycling in Agricultural Ecosystems, CAB, Wallingford, pp. 368–386.

Kacar, B., 1996. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri. AÜ Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 3, Ankara.

Kantarcı, M.D., 2000. Toprak İlmi, İstanbul Üniversitesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4261, Orman Fakültesi Yayın No: 462, Ders Kitabı: 420, İstanbul.

Lupwayi, N.Z., Haque, I., 1998. Mineralization of N, P, K, Ca and Mg from sesbania and leucaena leaves varying in chemical composition. *Soil Biology and Biochemistry* 30: 337–343, doi:10.1016/S0038-0717(97)00132-6.

Marinari, S., Mancinelli, R., Campiglia, E., Grego, S., 2006. Chemical and biological indicators of soil quality in organic and conventional farming systems in Central Italy. *Ecological Indicators* 6(4): 701–711, doi:10.1016/j.ecolind.2005.08.029.

Moore, J.M., Klose, S., Tabatabai, M.A., 2000. Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping systems. *Biology and Fertility of Soils* 31(3–4): 200–210, doi:10.1007/s003740050646.

Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H., 2001. Toprak Bilimi. ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No: A-16, 5. Baskı, Adana.

Özdamar, K., 1999. Paket Programları ile İstatistiksel Veri Analizi SPSS MINITAP. İkinci Baskı, Kaan Kitapevi, Eskişehir.

Parkinson, D., Coleman, D.C., 1991. Microbial communities, activity and biomass. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 34: 3–33, doi:10.1016/0167-8809(91)90090-K.

Patel, K., Nirmal, Kumar, J. I., N. Kumar, R., Kumar, Bhoi, R., 2010. Seasonal and temporal variation in soil microbial biomass C, N and P in different types land uses of dry deciduous forest ecosystem of Udaipur, Rajasthan, Western India. *Applied Ecology and Environmental Research* 8(4): 377–390.

Plaster E J 1992. Soil Science and Management. 2nd Edition. Delmar Publishers Inc., Albany, New York, USA.
Raiesi, F., 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112(1): 13–20.

Raiesi, F., 2007. The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in Central Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121(4): 309–318, doi:10.1016/j.agee.2006.11.002.

Roldan, A., Garcia-Orenes, F., Albaladejo, J., 1994. Microbial populations in the rhizosphere of Brachypodium retusum and their relationship with stable aggregates in a semiarid soil of southeastern Spain. *Arid Land Research and Management* 8(2): 105–114, doi: 10.1080/15324989409381384.

Rowell, D.L., 1994. Soil Science Methods and Applications. Longman Scientific and Technical, Singapore.
Schloter, M., Dilly, O., Munch, J.C., 2003. Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98: 255–262, doi:10.1016/S0167-8809(03)00085-9.

Sharma, P., Rai, S.C., Sharma, R., Sharma, E., 2004. Effects of land-use change on soil microbial C, N and P in a Himalayan watershed. *Pedobiologia* 48: 83–92, doi:10.1016/j.pedobi.2003.09.002.

Singh J S, Raghubanshi A S, Singh R S & Srivastava S C (1989). Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. *Nature* 338: 499–500, doi:10.1038/338499a0.

Smith, J.L., Paul, E.A., 1990. The significance of soil microbial biomass estimations. In: Bollag, J.M., Stotzky, G. (Eds.), Soil Biochemistry, Marcel Dekker, New York, pp. 357–396.

Sparling, G.P., 1997. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: Pankhurst, C., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R. (Eds.), Biological Indicators of Soil Health, CAB International, Wallingford, pp. 97–119.

Sumner, M.E., 1995. Sodic soils: new perspectives. In: Naidu, R., Sumner, M. E., Rengasamy, P., (Eds.), Australian Sodic Soils: Distribution, Properties and Management, CSIRO, Melbourne, pp. 1–34.

Tunlid, A., White, D.C., 1992. Biochemical analysis, community structure, nutritional status and metabolic activity of microbial communities in soil. In: Stotzky, G., Bollag, J.M. (Eds.), Soil Biochemistry, volume 7. Marcel Dekker, New York, pp. 229–262.

Uluocak, N., 1984. Toprak koruması ve yem niteliği bakımından Türkiye'nin önemli doğal otlak bitkileri, II Baklagiller. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 358, İstanbul.

Vance, E.D., Brookes, P.C., Jenkinson. D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 703–707, doi:10.1016/0038-0717(87)90052-6.

Walkley, A., Black, A.I., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29–38, doi:10.1097/00010694-193401000-00003.

Wright, A.L., Hons, F.M., Jr-Matocha, J.E., 2005. Tillage impacts on microbial biomass and soil carbon and nitrogen dynamics of corn and cotton rotations. *Applied Soil Ecology* 29: 5–92, doi:10.1016/j.apsoil.2004.09.006.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.18327

Controlled sliding of logs downhill by chute system integrated with portable winch and synthetic rope

Neşe Gülci [1*], Abdullah E. Akay [2] , Orhan Erdaş [1] , H. Hulusi Acar [3] , Michael G. Wing [4]

[1*] Kahramanmaras Sutcu Imam University, Faculty of Forestry, 46100 Kahramanmaras, Turkey
[2] Bursa Technical University, Faculty of Forestry, 16200 Bursa, Turkey
[3] Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, 61080 Trabzon, Turkey
[4] Oregon State University, College of Forestry, Corvallis, 97331 Oregon, USA

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** nesegulci@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 30.4.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 27.05.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 28.05.2015

Abstract: Over 80% of wood extraction operations have been performed by conventional methods in Turkey. Conventional methods include skidding or sliding of logs mainly by man and animal power, which poses problems in terms of technical, economical, environmental, and ergonomic aspects. Skidding wood on plastic chutes has been implemented in limited numbers of logging applications in recent years, and provides important advantages such as reducing environmental damages and minimizing the value and volume loss of transported wood products. In this study, a chute system integrated with a mobile winch was developed for controlled sliding of large diameter logs downhill. In addition, synthetic ropes rather than steel cables were used to pull log products, resulting in a lower weight and more efficient extraction system. The system was tested on a sample wood production operation in Çınarpınar Forest Enterprise Chief of Kahramanmaraş Forest Enterprise Directorate. In the study, productivity analysis of chute system was performed and its ecological impacts were evaluated. During controlled sliding of logs downhill, the highest productivity (10.01 m^3/hour) was reached in the fourth chute system characterized as 36 m in length and 70% ground slope. One of the main factors that affected the productivity of chute system was the controlled sliding time of the logs. It was found that residual stand damage was very limited during controlled sliding operations.

Keywords: Wood production, chute system, economic analysis, ecological effect, mobile winch, synthetic rope

Taşınabilir vinç ve sentetik halat ile entegre oluk sistemi içerisinde odun hammaddesinin yamaç aşağı kontrollü kaydırılması

Özet: Ülkemizde bölmeden çıkarma çalışmaları %80'in üzerinde geleneksel yöntemlerle yürütülmektedir. Bu metotlar sırasında, insan ve hayvan gücü ile sürüterek, atarak ya da kaydırılarak gerçekleştirilen bölmeden çıkarma çalışmaları, teknik, ekonomik, çevresel ve ergonomik açılardan problemlidir. Son yıllarda sınırlı sayıda uygulanan plastik olukla taşıma sistemi, çevre zararlarının azaltılması yanında, taşınan odun hammaddesindeki değer ve hacim kayıplarının minimumda tutulması gibi önemli faydalar sağlamaktadır. Bu çalışmada, dağlık arazide kalın çaplı odun hammaddesinin yamaç aşağı kontrollü kaydırılması amacı ile taşınabilir vinç ile entegre edilmiş bir oluk sistemi geliştirilmiştir. Ayrıca, sistemin daha hafif olması için mevcut uygulamaların aksine çelik halat değil sentetik halat kullanılmıştır. Sistem, Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Çınarpınar İşletme Şefliği sınırları içerisinde örnek bir üretim çalışmasında test edilmiştir. Çalışmada oluk sisteminin verimlilik analizleri gerçekleştirilmiş ve ekolojik etkileri incelenmiştir. Yamaç aşağı kontrollü kaydırmada, en yüksek verim (10,01 m^3/saat) 36 m ve %70 eğime sahip 4 no'lu oluk sisteminde bulunmuştur. Oluk sisteminin ortalama verimi üzerinde etkili olan ana faktörlerin başında taşınan odun hammaddelerini kontrollü kaydırma zamanı gelmektedir. Kontrollü kaydırma operasyonlarında kalan ağaç zararının çok sınırlı sayıda kaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Odun hammaddesi üretimi, oluk sistemi, ekonomik analiz, ekolojik etki, taşınabilir vinç, sentetik halat

To cite this article (Atıf): Gülci, N., Akay, A.E., Erdaş, O., Acar, H.H., Wing, M.G., 2016. Controlled sliding of logs downhill by chute system integrated with portable winch and synthetic rope. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 256-263. DOI: 10.17099/jffiu.18327

1.INTRODUCTION

Due to increasing pressures on the natural resources in last decades, forest resources must be managed in a productive, effective, and sustainable way. In order to meet current and future wood product needs, obtaining optimum productivity from forest resources while ensuring minimum environmental damages through using modern techniques and technological tools is essential (Kovácsová and Antalová, 2010).

Production of forest products consists of several key activities: felling, delimbing, bucking, logging, loading, hauling, and storing (Eker and Acar, 2006). These activities can be performed through a variety of alternative methods to attain solutions that are economically and operationally efficient. However, in a case where utilization of modern machinery is low, harvesting operations can be costly and a time consuming activity. In addition, man and animal powered conventional harvesting methods can damage forest ecosystems (Akay et al., 2007).

In terms of utilizing harvesting machinery, manual ground-based harvesting methods integrated with chainsaws, skidders, and farm tractors are commonly employed in most of the forest lands in Turkey. About 10% of Turkish forest products are extracted by using rubber-tired skidders. Modified farm tractors are also widely used during skidding, winching, loading and forwarding operations (Öztürk and Akay, 2007). In mountainous regions with steep slope, a limited number of cable logging applications are implemented and can be found primarily in the northeastern part of Turkey (Türk, 2011). In recent decades, downhill sliding of logs using plastic chute systems has been a productive alternative that reduces production cost, minimizes stand damage, and prevents value loss of wood products (Akay et al., 2013).

In previous studies, chute systems have been generally used to transport logs downhill by gravity. The system generally requires a slope of at least 20% while the logs can slide on slope of below 20% if the chute is wet (Dewar, 1994). The chute system can be used safely between slopes of 20-60% (Engelbrecht and Warkotsch, 1994). However, sliding large logs in chute systems may result in some operational problems especially on steep grounds (Gülci, 2014). A primary difficulty is that large logs can easily jump out of the chute system and damage both the system and surrounding forest stands. Large logs can also accelerate in the chute system and reach very high speeds with the potential to cause significant environmental impacts when reaching the end of the chute system. The uncontrolled movement of logs in stands can also pose serious safety risks for loggers. Previous studies indicated that uncontrolled sliding of logs in chute systems may also cause considerable reductions in economic value of the logs (Gülci, 2014).

In this study, a chute system integrated with mobile winch was developed for controlled sliding of large diameter logs downhill. The system included a synthetic rope rather than a steel cable for log yarding so that the weight of the system was minimized. The system was implemented during a logging operation taking place near Kahramanmaraş, Turkey. In the study, the operational productivity of the chute system and resulting ecological impacts were evaluated.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Study Area

The study area was selected from Çınarpınar Forest Enterprise Chief of Kahramanmaraş Forest Enterprise Directorate at Kahramanmaraş Forest Regional Directorate in Turkey (Figure / Şekil 1). The total area of the Enterprise Chief is 30592 ha with 59% of the area being covered by forest with the dominant tree species being Brutian pine (*Pinus brutia Ten*.). The average ground slope and elevation was 39% and 672.85 m, respectively. The geographical location of the study area was 37º44’47”-37º32’38”N latitudes and 36º31’50”-36º52’21” longitudes.

2.2. Chute system with portable winch

The chute system consisted of plastic pipes made of polyethylene material which has strong wear and tear resistances (Figure / Şekil 2). Technical configurations of the pipes are listed on Table /Tablo 1. The pipes were connected by metal screws in order to protect chute system during log sliding. Portable winch

(PCW5000) was used for controlled sliding of logs downhill with chute system (Figure / Şekil 3). This winch is able to work effectively up to 100 m skidding distance. Technical specifications of the portable winch are indicated in Table 2.

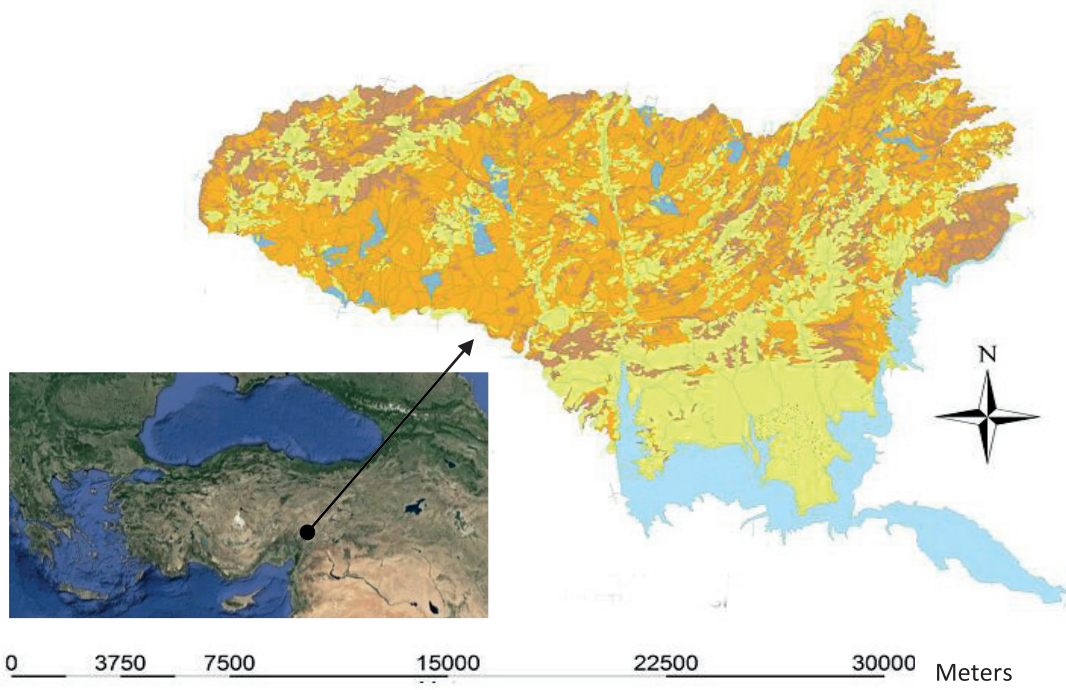


Figure 1. The study area
Şekil 1. Çalışma alanı

Figure 2. Polyethylene pipes used in chute system
Şekil 2. Oluk sisteminde kullanılan polietilen malzemeden üretilmiş boru

Table 1. Technical properties of pipes used in chute system
Tablo 1. Oluk sisteminde kullanılan boruların teknik özellikleri

Pipe Shape	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Length (m)	Weight (Kg)
Half circle	500	6	6	25

Figure 3. Fuel powered portable winch
Şekil 3. Benzinle çalışan taşınabilir vinç

Table 2. Technical specifications of portable winch
Tablo2. Taşınabilir vincin teknik özellikleri

Specifications	
Engine	Honda GXH-50cc
Weight	16 kg
Maximum strength (single line)	1000 kg
(double line)	2000 kg
Minimum rope diameter	10 mm
Maximum rope diameter	20 mm

A portable winch equipped with synthetic rope, chain choker (1.5 m), polyester choker (2 m), metal locks and hooks was used during the logging operation (Figure / Şekil 4). The winch is mounted on a standing tree or a stump by using the polyester choker. The choker setting was done by using a chain choker which is attached by synthetic rope using locks and hooks.

Figure 4. Logging equipment used along with the portable winch
Şekil 4. Taşınabilir vinçle birlikte kullanılan malzemeler

2.3. Field Study

In the field application, controlled downhill sliding of logs within the chute system and portable winch was performed on two slope classes (50% and 70%) and three distance classes (36 m, 48 m, and 60 m). The operational time was observed for a minimum of 30 logs on each chute system. A portable winch was used to establish chute system, which reduced the set-up time during the operation. The main work stages considered in the operational time analysis included carrying a choker to the logs, choker setting, locating log into the chute system, controlled sliding, and releasing the logs from the chokers (Figure / Şekil 5). Setting the chute system up was considered as a secondary work stage, while time spent maintaining the chute system was recorded as an additional work stage. The diameter and length of each transported log was measured and recorded. Residual stand damage was also monitored and recorded if it occurred during the controlled sliding operation or through setting up the chute system.

Figure 5. Setting portable winch (left) and controlled sliding of logs (right) in chute system
Şekil 5. Taşınabilir vincin kurulumu ve oluk sisteminde tomrukların kontrollü kaydırılması

2.4. Productivity

The productivity of the operation was analyzed based on time study data and log volume. Time study data was collected by a chronometer. The following formulas were used to compute operation productivity with log volume and time cycle data (Gülci, 2014):

$$p = \frac{V}{t}60 \quad (1)$$

where,
p = productivity (m^3/hr)
t = average cycle time (minutes)
60 = coefficient to convert time unit from minutes to hour
v = average log volume for each trip (m^3)

$$v = \frac{\pi}{40000}d^2L \quad (2)$$

d = mid diameter of log (cm)
L = log length (m)

2.5. Statistical Analysis

Time study data were collected for 30 logs being transported in each of six chute systems with two slope and three distance classes, resulting in a total of 180 measurements for statistical analysis. One-way ANOVA analysis was performed with SPSS® 16.0 statistic software to investigate whether log volumes affect productivity of the operation at a 95% confidence level. The log volumes were regrouped into three classes including low (<0.20 m^3), medium (0.20 m^3-0.25 m^3), and high (>0.25 m^3) volume. A Pearson Correlation test was conducted to determine whether statistically significant relationships existed between the dependent and independent variables. Total cycle time (y) was the dependent variable, while log length (x_1), diameter (x_2), and volume (x_3) were independent variables.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. Field Data and Productivity

Productivity results for each of the six chute systems were recorded and summarized following each of our field tests (Table / Tablo 3). Our primary measure of productivity was expressed as volume by time (m^3/hr). The ecological impacts were also assessed following each test. The overall average of log length, diameter,

and volume for the 180 logs was 3.10 m, 31.23 cm, and 0.24 m^3, respectively. The average productivity of the chute systems was 7.83 m^3/hour.

Results indicated that the highest productivity was provided by the fourth chute system, which had a chute length of 36 m on a 70% ground slope. The productivity of the fourth chute system was m^3/hr. The first system was nearly as productive as the fourth at 9.8 m^3/hr and featured a chute length of 36 m on a 50% ground slope. Even though the chute length was the same for both chute systems, productivity was likely higher in the fourth system due to higher chute slope, which increased sliding speed of the logs in the system. Similar results were reported by a previous study (Çankal, 2014) where productivity of chute systems increased by steeper chute slope, considering that chute lengths were equal and log volumes were similar.

Table 3. The average values for the parameters of chute systems
Tablo 3. Oluk sistemlerine ait parametrelerin ortalama değerleri

Chute System	Log Length (m)	Log Diameter (cm)	Log Volume (m^3)	Chute Length (m)	Chute Slope (%)	Productivity (m^3/hr)
1	3.10	31.47	0.24	36	50	9.88
2	3.08	31.60	0.24	48	50	7.35
3	3.09	31.53	0.24	60	50	6.19
4	3.10	30.93	0.23	36	70	10.01
5	3.10	31.00	0.24	48	70	7.36
6	3.11	30.87	0.23	60	70	6.16

It was witnessed that measured productivity in our study decreased dramatically as chute length decreased. Zarifoğlu (2014) also found that system productivity tends to decrease as chute length increases. Not surprisingly, a strong statistical correlation was found between system productivity and chute length (Figure / Şekil 6).

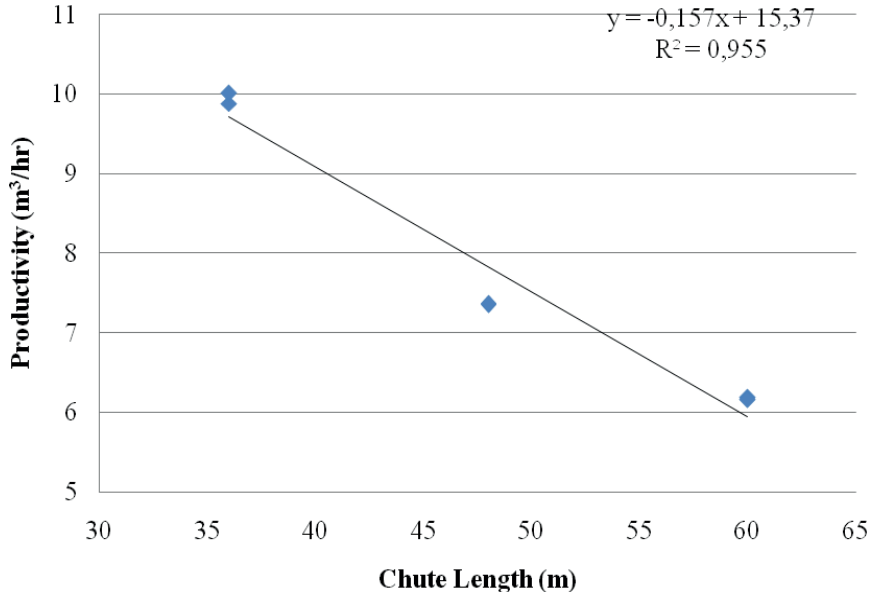


Figure 6. The relationship between operation productivity (m^3/hour) and chute length (m)
Şekil 6. Verim ve sistem uzunluğu arasındaki ilişki

It was also found that system productivity was slightly higher in the third chute system in comparison to the sixth chute system. This was likely due to the slightly higher log volume in the third system. A strong correlation between average log volume and system productivity has been reported by previous studies (Akay et al., 2013). The proportion of each work stage as a percentage of total cycle time was computed

for sliding logs downhill with the chute system (Table / Tablo 4). Results indicated that the most time consuming work stage was carrying the choker to the logs, followed by controlled sliding.

Table 4. The proportion of work stage time requirements as a percentage of total cycle time.
Tablo 4. İş aşamalarının toplam zamana göre ortalama yüzde değerleri

Chute System	Carrying choker to the logs	Choker setting	Locating log into the chute system	Controlled sliding	Releasing the logs from the chokers
1	61.19	5.51	10.16	19.52	3.62
2	69.23	4.10	7.57	16.34	2.76
3	72.57	3.49	6.37	15.27	2.30
4	64.56	5.83	10.74	15.03	3.85
5	71.46	4.27	7.87	13.55	2.84
6	74.59	3.57	6.62	12.84	2.38
Average	70.48	4.46	8.22	15.43	2.96

The effect of log volume classes on productivity was quantified by One-way ANOVA analysis. The results indicated that productivity of the operation was significantly affected by log volume classes ($p<0.01$). The average productivity increased from low volume class to high volume class.

Statistical analysis results also indicated that there was a significant correlation between total cycle time (y) and log diameter (x_1) and log volume (x_2) at a 95% confidence level ($px_1=0.012$, $px_2=0.015$, $p<0.05$). However, it was found that there was no significant relationship ($p=0.460$, $p>0.05$) between total cycle time and log length (x_3). The results from a previous study reported similar relationships between these parameters (Gülci, 2014).

During field studies, residual stand damage was recorded to evaluate environmental effects of controlled sliding operations. The results showed that there were three bark wounds and only single incidence of sapwood wound on residual stands along the chute alignment. These damages occurred due to loose setting of chain chokers around the logs.

The residual stand damage was considerably low compared to those in a previous downhill chute system study (over 20 bark wounds and 10 sapwood wound) where logs were delivered through the chute system by gravity (Çankal, 2014). Using the synthetic rope and portable winch allowed loggers to control log speed in the chute system and also allowed for letting the logs exit the chute system data controlled speed. Gülci (2014) reported that the most important factor affecting stand damage was the slope of the chute system and log volume.

4. CONCLUSION

A chute system integrated with mobile winch was developed and tested for controlled sliding of large diameter logs into downhill direction. This study was the very first application using a portable winch in controlled sliding of logs downhill to occur in Turkey. The chute system was tested on a sample wood production operation in the Mediterranean city of Kahramanmaraş. During the study, productivity analysis was conducted based on time study information and the ecological impact of the system configurations tested was also investigated. Then, statistical analysis was also performed to determine main factors that affect productivity of the operation.

The productivity analysis resulted in that the chute system with a 36 m length and 70% slope provided the highest wood productivity (10.01 m^3/hr). The average productivity of the six system configurations was 7.83 m^3/hr. The effects of different log volume classes (low, medium, high) on productivity were investigated and it was found that productivity increased as log volume classes increased. The most important factors that affected productivity were carrying chokers to the logs and controlled sliding time of the logs. The sliding speed of the logs increased based on slope of the chute system, which then led to lower total system cycle time and a higher production rate. It was found that residual stand damage was minimized during controlled sliding operations when compared with previous conventional downhill chute systems.

The findings indicate that a log sliding system empowered by a mobile winch is more economic, practical, efficient, and environmentally friendly than traditional methods used in extracting wood products.

ACKNOWLEDGEMENT

This study is funded by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) with the project number, 113R001.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

Akay, A.E., Yuksel, A., Reis, M., Tutus, A., 2007. The impacts of ground-based logging equipment on forest soil. *Polish Journal of Environmental Studies* 16(3): 371-376.

Akay, A.E., Acar, H.H., Gülci, S., Özdemir, İ., 2013. Application and Economic Analysis of a Chute System for Wood Extraction in Mountainous Regions. FORMEC 2013: Techniques for Sustainable Management. 30 September 2 October, 2013. Stralsund, Germany.

Çankal, H., 2014. Productivity and Environmental Evaluation of Chute System used in Log Production. Master thesis, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Forestry, Kahramanmaraş, Turkey. 39 p.

Dewar, J.A. 1994. Glenfinnan Log Chute, Forestry Research, Technical Development, Technical Note 6/94, 10 p.

Eker, M., Acar, H.H. 2006. Operational Planning Method for Timber Harvesting. *Süleyman Demirel University Faculty of Forestry Journal* 2: 128-140.

Engelbrecht, G.v.R., Warkotsch, P.W. 1994. Chute Operating Manual. FESA Chute Project Group. 48 p.

Gülci, N. 2014. Researches on precision forestry in forest planning. Phd thesis, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Forestry, Kahramanmaraş, Turkey. 264 p.

Kovácsová P., Antalová M. 2010. "Precision Forestry - Definition and Technologies" *Journal of Forestry Society of Croatia* 134(11-12): 603-611.

Öztürk, T., Akay, A.E. 2007. Modifying Farm Tractors For Forest Harvesting Operations. International Symposium on Bottlenecks, Solutions, and Priorities in the Context of Functions of Forest Resources. 17-19 October. İstanbul.

Türk, Y. 2011. The Optimization of Skid Trails Network for Extracting of Industrial Wood Based Forest Products by Farm Tractors in Forestry.KTU Ph.D. Thesis, Trabzon, Turkey. 159 p.

Zarifoğlu, G. 2014. Economic and Ecological Evaluation of Chute System in Extracting Large Size Logs in Mountainous Regions. Master thesis, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Forestry, Kahramanmaraş, Turkey. 106 p.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.39407
Research Article / Araştırma Makalesi

Ovacık dağı yöresi'nde (Antalya) Türk kekiği (*Origanum onites* L.) ve büyük çiçekli adaçayı (*Salvia tomentosa* Miller) türlerinin ekolojik özellikleri

Serkan Özdemir [1*], Kürşad Özkan [1]

[1] Süleyman Demirel University, Faculty of Forestry, Department of Soil Science and Ecology, 32200, Isparta, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** serkanozdemir@email.com

Received (Geliş tarihi): 24.04.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 16.04.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 18.04.2015

Özet: Bu çalışma Ovacık Dağı Yöresi'nde *Origanum onites* L. (Türk kekiği) ve *Salvia tomentosa* MILLER (Büyük çiçekli adaçayı) türlerinin potansiyel dağılımında etkili olan faktörleri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada 92 ana örnek alan, her bir ana örnek alan içerisinde de 9 alt örnek alan olmak üzere 828 örnek alandan veri toplanmıştır. Türlerin potansiyel dağılım modellerini elde etmek için sınıflandırma ağacı yönteminden faydalanılmıştır. Sınıflandırma ağacı modelini *Origanum onites* L. için RI (Radyasyon İndeksi), TPI (Topoğrafik Pozisyon İndeksi), YUKSLT (Yükselti) ve SI (Sıcaklık İndeksi) değişkenleri oluştururken, *Salvia tomentosa* MILLER için YUKSLT ve TPI değişkenleri oluşturmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ekoloji, odun dışı orman ürünleri, sınıflandırma ağacı yöntemi, yetişme ortamı faktörleri

Ecological properties of Turkish oregano (*Origanum onites* L.) And balsamic sage (*Salvia tomentosa* Miller) in the Ovacık Mountain district of the mediterranean region (Antalya)

Abstract: This study was performed in Ovacık Mountain District in order to determine the factors which are related to potential distribution of *Origanum onites* L. (Turkish oregano) and *Salvia tomentosa* MILLER (Balsamic sage). In the study, data was acquired totaly from 828 sample which consist of 92 main sample and 9 subsample. Classification tree method was used to acquire potential distribution models of these species. The tree model was built by RI (Radiation Index), TPI (Topographic Position Index), YUKLST (Elevation), SI (Heat Index) variables of *Origanum onites* L. and YUKSLT and TPI were the variables which built the tree model of *Salvia tomentosa* MILLER.

Keywords: Ecology, non-timber forest products, classification tree method, site factors

1. GİRİŞ

Ormanlar insanoğlunun varoluşundan beri koruma, beslenme ve barınma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu farklı kullanım şekilleri içerisinde odun dışı orman ürünleri (ODOÜ) önemli bir yere sahiptir (Eryiğit, 2006; Ekizoğlu ve Kuvan, 2010; Ghanbari ve ark., 2011; Korkusuz ve Dirik, 2011). ODOÜ'nün kullanımı her geçen gün artmış ve zaman içerisinde daha işlevsel bir boyut kazanmıştır (Akesen ve Ekizoğlu 2010). Özellikle ODOÜ'nün tıp, eczacılık, tekstil, kozmetik gibi alanlarda yoğun şekilde kullanılmaya başlanması bu durumun başlıca sebepleri arasında gösterilmektedir (Hansda, 2009; Yıldırım, 2012). ODOÜ kullanımının zamanla artması ve çeşitlilik kazanması ile beraber ODOÜ üzerine farklı tanımlamalar

To cite this article (Atıf) : Özdemir, S., Özkan, K., 2016. Ovacık dağı yöresi'nde (Antalya) Türk kekiği (*Origanum onites* L.) ve büyük çiçekli adaçayı (*Salvia tomentosa* Miller) türlerinin ekolojik özellikleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 264-277. DOI: 10.17099/jffiu.39407

yapılmıştır (Başer, 1990; Sezik ve ark., 1991; İlusulu, 1992; Anşin ve ark., 1994; Sezik ve ark., 1997; Türker, 2002; Şafak ve Okan, 2004; Korkmaz ve Fakir, 2009; Gülsoy ve ark. 2011). Bu tanımlamalardan biri ODOÜ'yü, orman içi ve açıklıklarında, dolayısıyla orman ekosistemlerinde yetişen, ticari ve ticari olmayan amaçlarla hasat edilen ya da toplanan, ağaççık, çalı ve her türlü bitki ve bunların parçaları şeklinde ifade etmektedir (Leakey ve ark., 1996). Bunun yanında ODOÜ, orman genel müdürlüğü (OGM) tarafından ağaç, ağaççık, çalı ve otsu bitkilerin tohumları, kabukları, meyveleri, çiçekleri, yaprakları, genç dal ve yeşil sürgünleri, kök, yumru ve soğanları, bunlardan elde edilen her çeşit balsamı yağ, katran, ur ve mazı ile mantarlar, her çeşit bitki örtüsü, toprağı ve benzerleri şeklinde tanımlanmaktadır (OGM, 1996). FAO ise ODOÜ'yü ormanlardan, orman dışı alanlardan ve diğer orman dışı ağaçlıklardan elde edilen biyolojik kökenli ürünler şeklinde ifade etmektedir (FAO, 2004).

Dünya nüfusunun %8'i günlük ihtiyaçlarının birçoğunu ODOÜ 'den sağlamaktadır. Bu talebe cevap verebilen bazı ülkeler ODOÜ ticareti sayesinde ciddi miktarda gelir elde etmektedir. Türkiye'ye baktığımızda, ülkemiz tür çeşitliliği açısından zengin bir floraya sahiptir. Bunun yanında coğrafi ve iklimsel özelliklerinden dolayı farklı ekolojik istekleri olan ve ODOÜ niteliği taşıyan birçok bitkiyi barındırmaktadır (Davis, 1985; Davis ve ark., 1988; Bayram ve ark., 2010). Ayrıca hem Yakındoğu hem de Akdeniz havzası içerisinde yer alan Türkiye, ODOÜ'nün üretimi ve pazarlanması hususunda oldukça avantajlı bir konumdadır (Ekizoğlu ve Kuvan, 2010; Konukçu, 2001; Toksoy ve ark., 2005; Türker ve ark., 2002). Buna göre ilk akla gelen düşünce ODOÜ'nün ithalatı ve ihracatı konularında oldukça iyi noktalarda olmamız gerektiğidir.

FAO'nun verilerine göre dünyada ODOÜ'nün üretimi konusunda 4.366.100 (ton) ile Çin ilk sırada gelmektedir. Çin'i Pakistan ve Hindistan gibi ülkeler takip etmektedir. Yine FAO'nun verilerine göre ODOÜ'nün ihracatı noktasında ise, Çin, Hindistan ve ABD ilk sıralarda gelmektedir. Türkiye ise 21. sırada yer almaktadır. Ayrıca ithalat olarak ABD, Almanya, Japonya gibi ülkeler ilk sıralardayken Türkiye 32. sırada yer almaktadır (FAO, 2006). Kaynak olarak böyle bir üstünlük söz konusu iken ülkemiz üretim, planlama, ihracat, ithalat ve pazarlama gibi konularda daha geridedir. Dolayısı ile bu konularda daha titiz ve öngörülü analiz çalışmalarının yapılması zorunlu hale gelmektedir.

Ülkemizde ODOÜ niteliği taşıyan türler içerisinde, üretim miktarı olarak defne yaprağı, kekik, fıstık çamı, adaçayı, mersin, menengiç, kuşburnu ve harnup gibi türler ilk sıralarda yer almaktadır (OGM, 2010). Özellikle Akdeniz bölgesi, bu türlerin yayılış gösterdiği genel ve lokal alanları barındırmaktadır. Bölgede bu anlamda yüksek bir ODOÜ potansiyeline sahip alanlardan biriside Ovacık Dağı Yöresi'dir. Yörede çok sayıda ODOÜ özelliği taşıyan bitki türü bulunmaktadır. Bunlardan özellikle Türk kekiği (*Origanum onites* L.) ve Büyük çiçekli adaçayı (*Salvia tomentosa* MILLER) ticari öneme sahip türler olarak ön plana çıkmaktadır.

Origanum türleri içerisinde, *Origanum onites* L. yörede en yaygın olarak tespit edilen kekik türü olup, antik çağlardan günümüze kadar en çok kullanılan kekik türlerinin başında gelmektedir (Oflaz ve ark., 2002). *O. onites* türü ülkemizde yöresel olarak değişik isimlerle tanınmaktadır. Bunlardan en çok bilinenleri ''Türk kekiği, Bilyalı kekik ve İzmir kekiği''dir. Ayrıca Antalya'nın Elmalı Yöresi'nde Taş kekiği, Kumluca Yöresi'nde Dağ kekiği olarak bilinmektedir (TÜBİVES, 2015). Bu tür Türkiye'de çok büyük bir ticari öneme sahip olup özellikle Akdeniz bölgesinde *O. vulgare* subsp. *hirtum* ile birlikte kültürü yapılan iki kekik türünden birisidir (Başer, 2002; Oflaz ve ark., 2002; Özgüven ve ark., 2005).

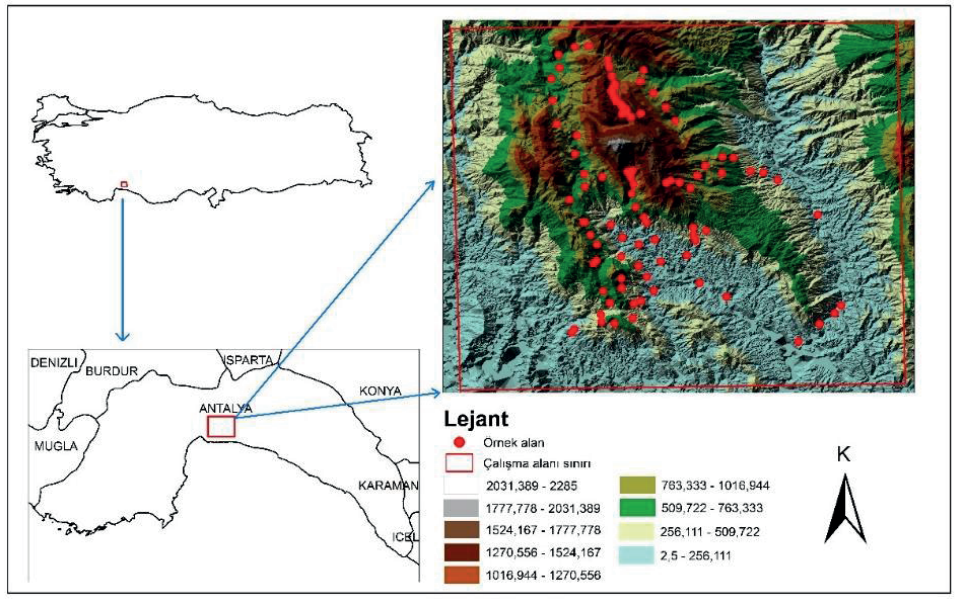
Salvia tomentosa MILLER, tıpkı *O. onites*'de olduğu gibi ülkemizde oldukça yoğun bir şekilde ticareti yapılan ODOÜ'den biridir. *Origanum* ile aynı familyanın (Lamiaceae) üyesi olan *S. tomentosa*'nın, birçoğu endemik olmak üzere 94 farklı taksonunun ülkemizde yer aldığı bilinmektedir (Davis, 1982; Başer, 2002). Ovacık Dağı Yöresi 'nde yoğun olarak yer alan bu tür yöresel olarak ''Şalba''ve ''Büyük çiçekli adaçayı''olarak tanınmaktadır. 5-10 mm büyüklüğünde ve menekşe rengindeki çiçekleri ile karakterize edilen bu tür çok yıllık bir bitkidir. Ülkemizde 0-2000 m yükseltiler arasında yayılışı görülen bu türün Anadolu'da *Pinus brutia* ve *Pinus nigra* ile birlikte kireçli veya volkanik toprakları tercih ettiği ifade edilmektedir (Eryiğit, 2006).

Ülkemizde son yıllarda, ODOÜ'den elde edilen ticari gelir açısından daha iyi bir noktada olmamız gerektiği düşünülmeye başlanmıştır. Bu düşünceyle beraber ODOÜ'nün kullanımı artmış ve özellikle kırsal kesimde yaşayıp ODOÜ'den gelir elde eden kişiler bu durumdan olumlu etkilenmeye başlamıştır. Ayrıca bu süreçte ekonomik ve ekolojik değere sahip farklı türlerin de üretime sokulmasıyla beraber orman köylülerine yeni iş imkanları sağlamıştır. Ancak bu istihdam arayışı ve artan kullanım, türlerin varlığını tehlikeye sokmuş ve sürdürülebilir kullanımın daha etkin biçimde devreye girmesinin önemini artırmıştır. Bunun sonucu olarak ODOÜ'nün korunması, iyileştirilmesi ve planlı bir şekilde yönetilmesi konuları daha önemli bir hale gelmiştir (Altunel, 2011). Bu bağlamda sürdürülebilir kullanımın sağlanabilmesi için kaynakların korunması ve planlı bir şekilde yönetilmesi herkesin hemfikir olduğu bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Durum böyle olmasına rağmen etkin kullanımın sağlanabilmesi ve faydalanmanın sağlıklı bir şekilde planlanabilmesi noktasında önem arz eden çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir (Baytop,1984; İlisulu, 1992).Bu anlamda çalışmaya konu olan Türk kekiği ve Büyük çiçekli adaçayı türlerinin ekolojik olarak incelenmesi, bu türlere ait yetişme ortamı isteklerini daha iyi şekilde belirleme ve türlerin potansiyel dağılım alanlarını tespet etme fırsatı sağlayarak, türlerin sürdürülebilirliği noktasında fayda sağlayacaktır. Buradan hareketle bu çalışmada söz konusu bu iki türün yaygın olarak bulunduğu Ovacık Dağı Yöresi'nde potansiyel dağılım modelleri araştırılmış olup, türün yörede sürdürülebilir kullanımına katkı sağlayacak ekolojik bilgilere ulaşılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Araştırma Alanının Tanıtımı

Araştırma alanı 37^0 13"-37^0 00'' kuzey enlemleri ile 31^0 01"-31^0 15'' doğu boylamları arasında Serik ilçesi, Serik Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer almaktadır. Batı Toroslar dağ silsilesi içerisinde yer alan Ovacık Dağı 2.004 m yüksekliğindedir. Çalışma alanını gösterir yer bulduru haritası Şekil / Figure 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Ovacık Dağı Yöresi yer bulduru haritası
Figure 1. Location map of Ovacık Mountain District

2.2 Yöntem

2.2.1 Örnek Alanların Belirlenmesi ve Arazi Çalışmaları

Araştırmada gerçekleştirilecek olan arazi çalışmalarında iklim verileri yardımı ile elde edilmiş olan karelaj şebekesine bağlı kalınacağından ilk olarak http://www.worldclim.org adresinde yer alan bio iklim verilerinden faydalanılmıştır. Karelaj şebekesi oluşturulduktan sonra örnek alanların çalışma alanını en iyi şekilde temsil etmesi ve alana homojen şekilde dağıtılması için, örnek alan olarak alınması düşünülen noktalara istikşaf (keşif) gezileri gerçekleştirilmiştir.

Ön hazırlık çalışmaları tamamlandıktan sonra envanter çalışmalarına başlanmıştır. Çalışmada 60 x 60 m ölçülerinde ana örnek alanlar ve her bir örnek alan içerinde de 20 x 20 m ölçülerinde 9 alt örnek alan belirlenmiştir. Toplamda 92 ana örnek alan ve her ana örnek alanın içerisinde 9 alt örnek alan olmak üzere toplamda 828 örnek alana ait veriler alınmıştır. Örnek alanlarda yer alan otsu ve odunsu türlerin var-yok değerleri, kaplama alanı değerleri ile alana ait yetişme ortamı özellikleri (enlem, boylam, yükselti, eğim, bakı, yamaç konumu) tespit edilerek daha önceden hazırlanmış olan envanter karnelerine kaydedilmiştir.

2.2.1 Çevresel altlıkların hazırlanması

Çalışma alanına ait altlıkların elde edilmesi sürecinde ilk olarak alana ait sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur. SYM elde edildikten sonra çalışma alanına ait diğer çevresel değişkenlerin altlık haritaları oluşturulmuştur. İlk olarak ARCGIS programı yardımı ile alan ait eğim ve bakı haritaları elde edilmiştir. Eğim ve bakı haritalarının elde edilmesinin ardından ARCGIS programında Jennes (2006) tarafından hazırlanan "topography tools" eklentisi yardımıyla topoğrafik pozisyon indeksi (TPI) haritası oluşturulmuştur. Daha sonra ise literatürde yer alan farklı denklemler yardımı ile bakı uygunluk indeksi (BUI), radyasyon indeksi (RI) ve sıcaklık indeksi (SI) haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca altlık harita olarak Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden alana ait anakaya haritası temin edilmiştir.

2.2.2 İstatistiksel değerlendirme

Arazi çalışmaları tamamlandıktan sonra elde edilen çevresel veri matrisi ve indirilen bio iklim verileri sayısal ortamda istatistiki işlemlere hazır hale getirilmiştir. İlk olarak bio iklim değişkenlerinden birbirini en iyi temsil edenleri belirlemek amacıyla faktör analizi yapılmıştır (Yazar ve ark., 2009).

Faktör analizinin ardından çevresel değişkenlerin birbiri ile olan ilişkisine bakmak için pearson korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir (Özdamar, 2009). Alana ait çevresel değişkenler (eğim, yükselti, bakı, TPI, RI, SI) ile sırasıyla *O. onites* ve *S. tomentosa* türleri arasında wilcoxon sıra istatistiği yapılmıştır (Özdamar, 2002). Wilcoxon testinden sonra, kategorik olarak sayısal ortamda hazır hale getirilen alana ait anakaya ve yamaç konumu parametrelerine hem *O. onites* hem *S. tomentosa* ile ki-kare testi yapılmıştır (Cole, 1949; Poole, 1974; Özkan, 2002).

Çalışmaya konu olan türlerin modellenmesi aşamasında sınıflandırma ağacı yönteminden faydalanılmıştır (Breiman vd., 1984; Moisen, 2008; De'ath ve Fabricius, 2000). İstatistik ve modelleme aşamalarında kullanılan değişkenler ve bu değişkenlere ait kısaltmalar Tablo / Table 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. İstatistiksel analizlerde kullanılan değişkenler ve kodları
Table 1. The variables and codes for the statistical analysis

Değişkenler	Kısaltmalar	Değişkenler	Kısaltmalar
Eğim (%)	EGIM	Moloz	MOLOZ
Bakı (^{0})	BAKI	Mikrit	MIKRIT
Yükselti (m)	YUKSLT	Yıllık ortalama sıcaklık	BIO1
Radyasyon indeksi	RI	Gündüz sınıf ortalaması	BIO2
Sıcaklık indeksi	SI	Eş ısı	BIO3
Bakı uygunluk indeksi	BUI	Mevsimsel sıcaklık	BIO4
Topoğrafik pozisyon indeksi	TPI	En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı	BIO5
Solar radyasyon indeksi	SRI	En soğuk ayın en düşük sıcaklığı	BIO6
Derin kanyon	DERKAN	Yıllık sıcaklık	BIO7
Sığ vadi	SIGVDİ	En nemli üç ayın ortalama sıcaklığı	BIO8
Yayla	YAYLA	En kurak üç ayın ortalama sıcaklığı	BIO9
U şeklindeki vadiler	USVADI	Ensıcak üç ayon ortalama sıcaklığı	BIO10
Düzlük ovalık	DUZOVA	En soğuk üç ayın ortalama sıcaklığı	BIO11
Sabit eğimli yamaçlar	SEGMYM	Yıllık yağış	BIO12
Üst yamaç arazi	USTYMA	En nemli ayın yağışı	BIO13
Yerel sırtlar	YRLSRT	En kurak ayın yağışı	BIO14
Hafif eğimli tepeler	HAEGMT	Mevsimsel yağış	BIO15
Dağ zirvesi	DZIRVE	En nemli üç ayın yağışı	BIO16
Alüvyon	ALVYN	En kurak üç ayın yağışı	BIO17
Karışık anakaya	KARAN	En sıcak üç ayın yağışı	BIO18
Konglomera	KONGL	En soğuk üç ayın yağışı	BIO19
Kireçtaşı	KRCTS		

3.BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1 Çalışma alanına ait ham bulgular

Çalışmada elde edilen verilere göre çalışmanın yürütüldüğü sahada yükseltinin 36-1480 m arasında değiştiği, örnek alanların ortalama yükseltisinin ise 660,83, ortalama eğiminin ise %18 olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanı sınırları içerisinde 9 farklı anakaya tipi tespit edilmiştir. Bu anakayalardan Konglomera, Karışık anakaya, Moloz, Alüvyon, Bloklu fliş ve Dolomit anakayaları örnek alanlarda tespit edilirken Ofiyolitli melanj ve Mikrit anakayaları üzerine örnek alan düşmemiştir. Bunların içerinde örnek alanlarda en çok görülen anakaya tipi ise 31 örnek alan ile Konglomera olarak tespit edilmiştir. Anakaya tipinin yanı sıra örnek alanlarda 6 farklı arazi şekli belirlenmiştir. Bunların büyük çoğunluğu Derin kanyon ve Dağ zirvesi şeklindedir.

3.2 İstatistiksel analiz bulguları

3.2.1 Faktör analizi

Bio iklim değişkenlerine uygulanan faktör analizi sonucunda BIO6, BIO8 ve BIO11 değişkenlerinin en yüksek ve aynı katsayıya sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo / Table 2). dolayısıyla modelleme aşamasında tüm bio iklim verilerini kullanmak yerine, temsil yeteneği en yüksek olan bu üç değişken ile analizlere devam edilmesine karar verilmiştir.

Tablo 2. Faktör analizi sonuçları
Table 2. Results of factor analysis

Bio iklim değişkenleri	Bileşen 1
BIO1	0,998
BIO2	-0,730
BIO3	0,969
BIO4	-0,997
BIO5	0,985
BIO6	0,999
BIO7	-0,983
BIO8	0,999
BIO9	0,995
BIO10	0,995
BIO11	0,999
BIO12	0,989
BIO13	0,994
BIO14	-0,981
BIO15	0,997
BIO16	0,994
BIO17	-0,986
BIO18	-0,988
BIO19	0,994

3.2.2 Korelasyon analizi

Çevresel veri matrisinde yer alan değişkenlerin birbiri ile olan ilişkilerine bakmak için pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Bu analiz sonucunda r=0,85 (korelasyon katsayısı) değerini aşan değişken/değişkenler modelleme aşamasında çoklu bağlantı problemi oluşturmaması için sonraki aşamalarda kullanılmamıştır. Yapılan analiz sonucunda BIO6 (r=0,975), BIO8 (r=0,977) ve BIO11 (r=0,977) değişkenlerinin YUKSLT değişkeni ile p<0,001 ilişki düzeyinde yüksek korelasyona sahip olduğu tespit edildiğinden bu üç değişkenin modelleme çalışmalarında çoklu bağlantı probleme neden olmaması için istatistiki aşamalara dahil edilmemesine karar verilmiştir. Ayrıca BUI ve RI değişkenleri de birbiri ile p<001 ilişki düzeyinde (r=0,992) korelasyona sahip olduğundan daha sonraki istatistiki aşamalarda sadece RI değişkeni tercih edilmiştir. Diğer değişkenlerde ilerleyen aşamalarda çoklu bağlantı problemine neden olabilecek seviyede korelasyon değerleri gözlemlenmediği için kalan 20 değişken ile analizlere devam edilmiştir.

3.2.3 Ki-kare testi

Analizlerde kullanılacak olan değişkenler belirlendikten sonra sırasıyla çevresel veri matrisinde var-yok verisi şeklinde yer alan değişkenlere *O. onites* ve *S. tomentosa* türleri için ki-kare analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda *O. onites* türü için KONGL değişkeninin p<0,05 düzeyinde negatif yönlü ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. *S. tomentosa* ise yapılan analiz sonucunda herhangi bir değişken ile ilişki göstermemiştir. Analiz sonuçları Tablo / Table 3 ve Tablo / Table 4'de yer almaktadır.

Tablo 3. *O. onites* için nitelikler arası ilişki (C3) katsayıları
Table 3. Interspecific correlation coefficients (C3) for *O. onites*

	A	B	C	D	Pearson Ki-Kare	Önem Seviyesi(p)	C3
KRCTS	47	25	12	8	0,19	0,663	0,069185
KARAN	47	20	12	13	3,883	0,49	0,320934
KONGL	34	27	25	6	5,543	0,019	-0,43773
MOLOZ	55	33	4	0	2,339	0,126	-0,12016
ALVYN	57	32	2	1	0,009	0,926	-0,00619
BLKFIS	56	29	3	4	1,491	0,222	0,118512
DOLMIT	58	32	1	1	0,177	0,674	0,022757
DERKAN	24	11	35	22	0,484	0,486	0,135161
YAYLA	58	31	1	2	1,279	0,258	0,073529
USVADI	55	32	4	1	0,579	0,447	-0,06588
YRLSRT	54	31	5	2	0,175	0,675	-0,04242
HAEGMT	58	32	1	1	0,177	0,674	0,022757
DAGZRV	46	28	13	5	0,637	0,425	-0,12518

Tablo 4. *S. tomentosa* için nitelikler arası ilişki (C3) katsayıları
Table 4. Interspecific correlation coefficients (C3) for *S. tomentosa*

	A	B	C	D	Pearson Ki-Kare	Önem Seviyesi(p)	C3
KRCTS	37	35	9	11	0,256	0,613	0,086792
KARAN	31	36	15	10	1,373	0,241	-0,21485
KONGL	32	29	14	17	0,438	0,508	0,129882
MOLOZ	43	45	3	1	1,045	0,307	-0,08679
ALVYN	45	44	1	2	0,345	0,557	0,043458
BLKFIS	44	41	2	5	1,392	0,238	0,129882
DOLMIT	44	46	2	0	2,044	0,153	-0,08679
DERKAN	14	21	32	25	2,26	0,133	-0,29746
YAYLA	44	45	2	1	0,345	0,557	-0,04346
USVADI	45	42	1	4	1,903	0,168	0,129882
YRLSRT	44	41	2	5	1,392	0,238	0,129882
HAEGMT	44	46	2	0	2,044	0,153	-0,08679
DAGZRV	39	35	7	11	1,105	0,293	0,172608

3.2.4 Wilcoxon sıra istatistiği

Vejetasyon veri matrisin de sürekli veri formatında yer alan değişkenler ile sırasıyla var-yok verisi şeklinde olan *O. onites* ve *S. Tomentosa* türleri ile wilcoxon sıra istatistiği yapılmıştır. Yapılan wilcoxon sıra istatistiği sonuçlarına göre *O. onites* türü için istatistiksel anlamda önemli bir ilişki tespit edilemezken, *S. tomentosa* türü için TPI değişkeni ile %1 önem düzeyinde ilişki olduğu belirlenmiştir (Tablo / Table 5; Tablo / Table 6)

Tablo 5. *O. onites* için wilcoxon sıra istatistiği sonuçları
Table 5. Results of wilcoxon runk sum statistic for *O. onites*

	W	**Z**	**p**
YUKSLT	2663,00	-0,66	0,51
EGIM	2623,50	-0,98	0,33
BAKI	2602,00	-1,15	0,25
TPI	1314,00	-1,80	0,07
SI	2698,50	-0,37	0,71
RI	2717,50	-0,21	0,83
SRI	1420,50	-0,93	0,35

Tablo 6. *S. tomentosa* için wilcoxon sıra istatistiği sonuçları
Table 6. Results of wilcoxon runk sum statistic for *S. tomentosa*

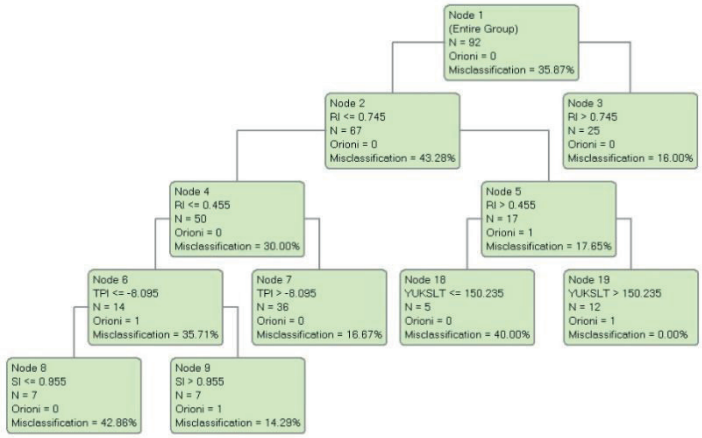
	W	Z	p
YUKSLT	2061,00	-0,61	0,54
EGIM	2036,50	-0,80	0,42
BAKI	2040,50	-0,77	0,44
TPI	1784,00	-2,77	0,01
SI	2063,50	-0,59	0,56
RI	2036,50	-0,80	0,42
SRI	2046,00	-0,73	0,47

3.2.5 Türlerin potansiyel dağılım modellemesi

3.2.5.1 *O. onites* türü için potansiyel dağılım modellemesi

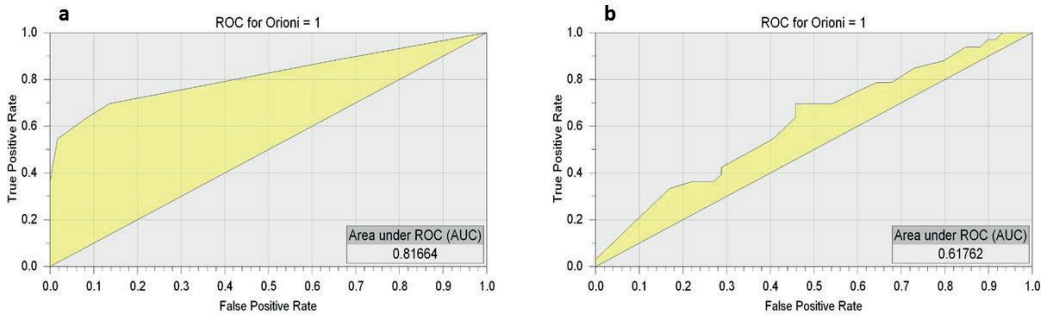
Çalışmada incelenen her iki türün potansiyel dağılım modellerinin oluşturulması için, DTREG paket programı yardımı ile sınıflandırma ağacı tekniği uygulanmıştır.

O. onites türüne ait var-yok değerleri ile uygulanan sınıflandırma ağacı tekniği sonucunda elde edilen model 4 değişken (RI, TPI, YUKSLT, SI) ile şekillenmiştir (Şekil / Figure 2). Bu değişkenlerden modele en çok katkıyı RI, en düşük katkıyı ise SI yapmıştır.



Şekil 2. *O. onites* türüne ait sınıflandırma ağacı modeli
Figure 2. Classification tree model for *O. onites*

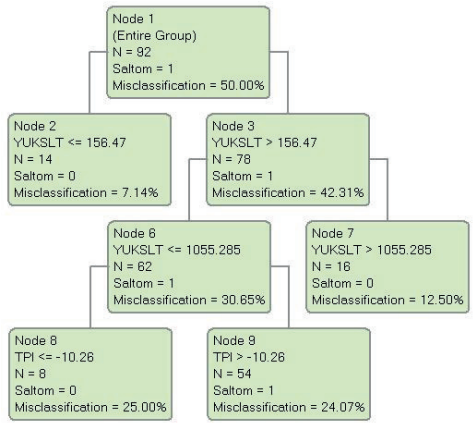
Model sonuçlarına göre RI değerinin 0,455 ile 0,745 arasında olduğu alanlarda yükseltinin 150m'den büyük olduğu alanlar *O. onites* 'in potansiyel dağılımına birinci derece en uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra RI değerinin 0,455'den küçük olduğu alanlarda TPI değerinin -8,095'den küçük olduğu, bu alanların içerisinde de SI değerinin 0,955'den büyük olduğu alanlar türün potansiyel dağılımı için ikinci derece uygun alanlar olarak tespit edilmiştir. RI değerinin 0,745'den büyük olduğu alanların ise türün potansiyel dağılımı için uygun olmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen modelin eğitim setine ait ROC değeri 0,82 test setine ait ROC değeri ise 0,62 olarak tespit edilmiştir (Şekil / Figure 3).



Şekil 3. *O. onites* için eğitim veri seti (a) ve test veri seti (b) ROC testi sonuçları
Figure 3. Results of ROC test-training data set (a) and test data set (b) for *O. onites*

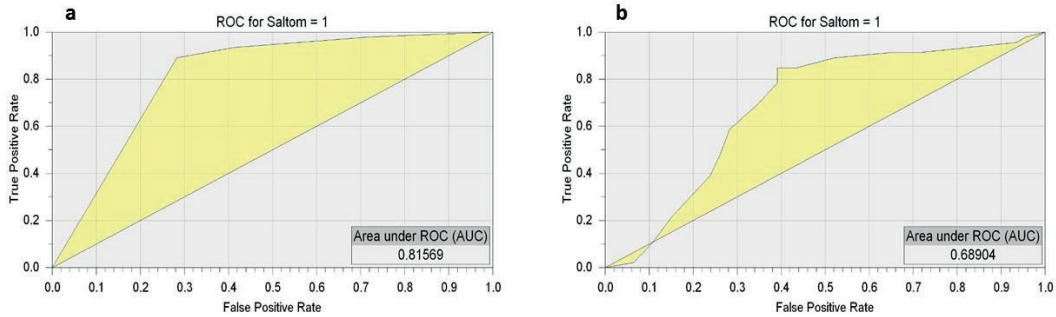
3.2.5.2 *S. tomentosa* türü için potansiyel dağılım modellemesi

Gerçekleştirilen sınıflandırma ağacı tekniği sonuçlarına göre model YUKSLT ve TPI değişkenleri ile şekillenmiştir. Modele en büyük katkıyı YUKSLT değişkeni yapmıştır. Modele göre yükseltinin 156m ile 1055m arasında olduğu alanlarda TPI değerinin -10,26 dan büyük olduğu alanlar türün potansiyel dağılımı için en uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Yükseltinin 1055m'den büyük olduğu alanların ise türün potansiyel dağılımı için uygun olmadığı tespit edilmiştir (Şekil / Figure 4).



Şekil 4. *S. tomentosa* türüne ait sınıflandırma ağacı modeli
Figure 4. Classification tree model for *S. tomentosa*

Elde edilen modelin eğitim seti ve test setine ait ROC değerleri ise sırasıyla 0,82 ve 0,69 olarak tespit edilmiştir (Şekil / Figure 5).



Şekil 5. *S. tomentosa* için eğitim veri seti (a) ve test veri seti (b) ROC testi sonuçları
Figure 5. Results of ROC test-training data set (a) and test data set (b) for *S. tomentosa*

4.SONUÇLAR

Ülkemizde ODOÜ olarak nitelendirilebilecek ve oldukça büyük ticari öneme sahip birçok bitki türü bulunmaktadır. Bu türler içerinde Büyük çiçekli adaçayı ve Türk kekiği türleri ülkemizde ticareti en çok yapılan türler arasında yer almaktadırlar. Bu nedenle yoğun olan bu ticari baskı türlerin sürdürülebilir kullanımını tehlikeye sokmuş ve ekolojik anlamda yapılacak olan çalışmalara gereksinimin artmasına neden olmuştur. Dolayısı ile Ovacık Dağı Yöresi'nde gerçekleştirilen bu çalışma türlerin potansiyel dağılımlarında etkili olan değişkenlerin belirlenmesi açısından büyük önem teşkil etmektedir. Çalışmada *O. onites* ve *S. omentosa* türlerinin dağılımı ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler araştırılmış ve bu türlerin yer seçiminde etkili olan çevresel değişkenler tespit edilmiştir.

Araştırmaya konu olan türlerden ilk olarak *O. onites'*e ait var-yok değerleri ile çevresel faktörler arasında doğrusal ilişkinin olup olmadığına bakmak için pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Türün var-yok değerleri ile sadece TPI arasında ilişki olduğu bulunmuştur. Pearson korelasyon analizinin ardından yapılan ki-kare ve wilcoxon analizleri sonucunda türün sadece KONGL ve TPI değişkenleri ile ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ancak sınıflandırma ağacı yöntemi ile elde edilen potansiyel dağılım modeline göre türün dağılımının RI, TPI, YUKSLT ve SI değişkenlerinin şekillendirdiği görülmüştür. Bu değişkenler arasında modele en yüksek katkıyı RI değişkeni yapmaktadır. Analiz sonucunda elde edilen sınıflandırma ağacı incelendiğinde türün RI değerinin çok yüksek ve çok düşük olduğu yerlerden kaçındığı, yayılış alanı içerisinde genellikle potansiyel dağılım alanı olarak kuzeybatı-güneydoğu hattı üzerinde yükseltinin 150, 235 m'den yüksek olduğu yerleri tercih ettiği belirlenmiştir. Bu açıdan tür hakkında literatürde verilen bilgiler ile de paralellik olduğu sonucuna varılmıştır (TÜBİVES, 2015). Yapılan birçok çalışmada yükselti faktörünün hem bitkilerin dağılımları üzerinde hem de biyolojik çeşitliliğin şekillenmesinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Yine aynı şekilde yapılan çalışmalarda ODOÜ niteliği taşıyan türlerin potansiyel dağılımlarında benzer çevresel değişkenler önemli olarak tespit edilmiştir (Özkan, 2006; Gülsoy, 2011; Mert, ve ark., 2013). Ayrıca Gülsoy ve Negiz (2014) tarafından *O onites'*in dağılımında etkili olan çevresel faktörleri belirlemek için yapılan çalışmada toprak tekstürü türün dağılımında etkili bir değişken olarak belirlenirken tür zenginliğinin de türün dağılımında önemli bir gösterge olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen *O. onites'*e ait potansiyel dağılım modellemesi sonucunda eğitim veri seti ROC değeri 0,82, test veri seti ROC değeri ise 0,62 olarak belirlenmiştir. Araújo ve ark. (2005)'nın yapmış oldukları çalışmada, ROC değerlerine göre yapılan sınıflandırmaya göre ROC değeri 0,90'dan büyük ise modelin mükemmel açıklamaya sahip olduğu, 0,90-0,80 arasında olursa iyi, 0,80-0,70 arasında olursa uygun açıklama yeteneğine sahip olduğu ortaya koyulmuştur. Daha düşük olduğu durumlarda ise 0,70-0,60 arasında bir ROC değerine sahipse zayıf, 0,60'dan küçük olduğu durumlarda da modelin başarısız olduğu ifade edilmiştir. Bu sınıflandırmaya göre çalışmada elde edilen modelin iyi bir açıklamaya payına sahip olduğunu söylemek mümkündür.

*O. onites'*in ardından pearson korelasyon analizi uygulanarak *S. tomentosa* türüne ait var-yok değerlerinin çevresel faktörler ile ilişkisi değerlendirilmiştir. *S. tomentosa* için var-yok değerleri açısından doğrusal ilişkinin olduğu tek değişken olarak TPI tespit edilmiştir. Daha sonra uygulanan ki-kare ve wilcoxon testleri sonucunda aynı şekilde sadece TPI ile ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir. Sınıflandırma ağacı yöntemi ile elde edilen potansiyel dağılım modeli ise iki değişken ile şekillenmiştir. Bunlardan modelde en yüksek katkı payına sahip olan değişken YUKSLT diğeri ise istatistik aşamasında ilişkili bulunan TPI'dır. Modele göre türün en uygun potansiyel dağılım alanı yükseltinin 156,47 m ile 1055,285 m arasında olduğu yerlerde TPI değerinin -10,26'dan büyük olduğu alanlar olarak tespit edilmiştir. Literatürde *Salvia* türleri üzerine yapılan çalışmalarda bu türlerin engebeli, kayalık alanlarda iyi gelişme gösterdiği belirtilmiştir (Bağdat, 2006; Şenkal ve ark., 2012; TÜBİVES, 2015). Bu anlamda da çalışma sonuçları literatürde yer alan bilgilerle örtüşmektedir. Türün modellemesi sonucunda elde edilen eğitim veri seti ROC değeri 0,82, test veri seti ROC değeri ise 0,69 olarak tespit edilmiştir. Araújo ve ark. (2005)'nın yapmış oldukları çalışmadaki sınıflandırmaya göre elde edilen modelin iyi bir açıklama payına sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak bu çalışma kapsamında Ovacık Dağı Yöresi'nde yoğun şekilde yayılış gösteren ve ülkemiz için ticari öneme sahip olan *O. onites* ve *S. tomentosa* türlerinin potansiyel dağılımlarında etkili olan

çevresel faktörler belirlenmiştir. YUKSLT ve TPI değişkenlerinin her iki türünde potansiyel dağılımı için önem arz ettiği tespit edilmiştir. Zaten bu türlerin engebeli ve taşlık alanlarda ODOÜ niteliği taşıyan diğer türlere nispeten daha fazla yayıldığı bilinmektedir. Ülkemizin topoğrafik yapı bakımından engebeli bir arazi yapısına sahip olması ticari öneme sahip birçok tür için dezavantaj oluşturmaktayken bu arazi yapılarının seven çalışmaya konu iki tür için avantaja dönüşmektedir (Kapluhan, 2013). Dolayısı ile elverişsiz olarak görülen böyle engebeli alanlar bu türler ile değerlendirilebilir ve ticari kazanç elde edilebilir. *O. onites* için elde edilen sonuçlara göre türün doğal yetiştiriciliği ve kültüre alma işlemleri söz konusu olduğunda daha verimli sonuçlar elde etmek adına kuzaybatı-güneydoğu hattı üzerinde yer alan bakıların tercih edilmesinin daha faydalı olacağı düşünülmektedir. Gülsoy ve Negiz (2014)'in çalışmasında *O. onites'*in potansiyel dağılımı ile toprak faktörü arasında önemli ilişki tespit etmelerinden yola çıkarak daha sonraki çalışmalarda toprakla ilgili değişkenlerinde çalışmalara dahil edilmesi bu ve benzeri türlere ait daha sağlıklı sonuçları elde edebilmeyi mümkün kılacaktır.

S. tomentosa için elde edilen sonuçlara göre türün doğal yetiştiriciliği ve kültüre alma işlemleri söz konusu olduğunda yükseltinin 100-1000 m'ler arasında olduğu alanların tercih edilmesinin daha verimli sonuçlar ortaya koyacağı düşünülmektedir. Ayrıca her iki tür içinde elde edilen sonuçları ve çalışma sahasının konumunu düşündüğümüzde farklı değişkenlerin değerlendirmeye alınması faydalı sonuçlar verecektir (Şenkal ve ark., 2012; Kapluhan, 2013; Gülsoy ve Negiz, 2014). Şöyle ki; çalışmanın yürütüldüğü alan Akdeniz bölgesi içerisinde yer aldığından boylam faktörü çalışmalar için önemli çıkmaktadır. Fakat asıl önemli olan nokta türler için önemli olabilecek boylam faktörüne bağlı olan diğer değişkenlerdir. Dolayısı ile boylam faktörü ile dolaylı ilişkisi bulunan denize uzaklık değişkeni bölgede yapılan çalışmalarda belirgin sonuçlar ortaya koyabilir. Hatta çalışmaya konu olan iki tür için önemli çıkan TPI, RI, YUKSLT ve SI değişkenlerini ele aldığımızda daha sonra yapılacak olan çalışmalarda en yakın tepeye uzaklık, en yakın dağ kütlesine uzaklık veya güneşlenme süreleri gibi değişkenlerin türetilmesi daha hassas sonuçlar ortaya koyabilir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi 3552-YL1-13 nolu proje tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Akesen, A., Ekizoğlu, A. 2010. Orman. In A. Akesen ve A. Ekizoğlu (Ed.). Ormancılık Politikası. 2-18. Türkiye Ormancılar Derneği Yayını. TOD Eğitim Dizisi Yayın No: 6, Ankara.

Altunel, T.A., 2011. Odun Dışı Orman Ürünlerinin Değerlendirilmesinde Dünya'dan Örnekler. II. International Non-Wood Forest Products Symposium. 8-10 September 2011, P: 50- 57, Isparta.

Anşin, R., Okatan, A., Özkan, Z.C., 1994. Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Önemli Yan Ürün Veren Odunsu ve Otsu Bitkileri. TUBİTAK, Proje No: TOAG-903, Sonuç Raporu, 173 s.

Araújo, M. B., Pearson R.G., Thuiller W., Erhard M. 2005. "Validation of species–climate impact models under climate change", Global Change Biology, 11, 1504-1513.

Bağdat, R. B., 2006. Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Kullanım Alanları, Tıbbi Adaçayı (*Salvia officinalis* L.) ve Ülkemizde Kekik Adıyla Bilinen Türlerin Yetiştirme Teknikleri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 15(1-2).

Başer, H.C., 1990. Tıbbi Bitkiler ve Baharatların Dünyada ve Türkiye'deki Ticareti ve Talep Durumu. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Dergisi, Sayı: 53, Ankara.

Başer, K.H.C. 2002. The Turkish Origanum Species, In: Oregano, The Genera Origanum and Lippia, Ed.: S.E. Kintzios, Taylor and Francis, UK.

Bayram E., Kırıcı S., Tansı S, Yılmaz G., Arabacı O., Kızıl S., Telci İ., 2010. Tıbbi ve aromatik bitkiler üretiminin arttırılması olanakları, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara. S.437-456.

Baytop, T., 1984. Türkiyede bitkiler ile tedavi (geçmişte ve bugün). İstanbul Üniversitesi.

Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R., Stone, A.C.G., 1984. Classification and Regression Trees. Wadsworth International Group, Belmont, California, USA, 319 s.

Cole, L. C., 1949. The Measurement of Interspesific Association. Ecology, 30(4), 411-424.

Davis, P. H., 1982. Flora of Turkey and the Aegean Islands. Vol. 7.

Davis, P. H., Cullen, J. and Coode, M. J., 1988. Flora of Turkey: and the East Aegean Islands.(Supplement), Edinburgh University Press.

Davis, P., 1965. 1985. Flora of Turkey and the east Aegean islands. Vol. 1-9. Edinburgh Univ. Pres. Edinburgh.

De'ath, G., Fabricius K. E., 2000. Classification and regression trees: a powerful yet simple technique for ecological data analysis. *Ecology*, 81(11): 3178-3192.

Ekizoğlu, A., Kuvan, Y., 2010. Türkiye Ormanları ve Ormancılığı. In A. Akesen ve A. Ekizoğlu (Ed.). Ormancılık Politikası. 67-100. Türkiye Ormancılar Derneği Yayını. TOD Eğitim Dizisi Yayın No: 6, Ankara.

Eryiğit, F., 2006. *Mentha pulegium* L. ve *Salvia tomentosa* MILLER bitkilerinin metanol özütlerinin in vitro antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi.

FAO. 2004. Green Facts, based on FAO Forestry Department Terms and definitions, Rome.

FAO. 2006. Global Forest Resources Assessment. Progress towards sustainable forest management.FAO Forestry Paper No:147.Rome.

Ghanbari, S., Vaezin S.M.H., Zobeiri, M., Shamekhi, T., Elahiyan, M.R. 2011. Finacial Evaluation of Non-Wood Forest Products in Arasbaran Forests: A Case Study on Cornelian Cherry (Cornus mas) Fruit in the Forests of Kalaleh Village, Kalibar, Iran. II. International Non-Wood Forest Products Symposium. 8-10 September 2011, p: 1-6. Isparta.

Gülsoy, S. Negiz, M.G., 2014. Determination of environmental factors and indicator species affecting the distribution of *Origanum onites* L.: a case study from the Lakes district, Turkey. *Environmental Engineering and Management Journal* 13(4): 1013-1019.

Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, K., 2000. Flora of Turkey and the east Aegean islands, Vol. 11. Second Supplement, Edinburgh.

Gülsoy, S., 2011. *Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.) Enler (Anacardiaceae)'in Göller Yöresi'ndeki Yetişme Ortamı Özellikleri ve Yetişme Ortamı-Meyve Uçucu Yağ İçeriği Etkileşimleri. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 194 s.

Gülsoy, S., Süel, H., Negiz, MG., Özkan, K. 2011. Ecological properties of *Pistacia terebinthus* L. subsp. *palaestina* (Boiss.): A case study from Buldan district, Denizli-Turkey. II. International Non-Wood Forest Products Symposium, Eds: Fakir, H., Dutkuner, İ., Gürlevik, N., Sarıkaya, Babalık, A., Isparta, Turkey, p.125-134.

Gürbüz, B., İpek, A., Ayvaz, N., 2011. Türkiye Florasındaki *Origanum* Türlerinin yayılış alanları ve Ticareti. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 4(2): 55-58.

Hansda, R., 2009. The outlook for non-wood forest products in Asia and the Pacific. Asia-Pacific Forestry Sector Outlook Study II Working Paper Series.

İlusulu, K., 1992. İlaç ve Baharat Bitkileri. A.Ü. Ziraat Fak. Yayın No: 1256/360, Ankara.

Jenness, J., 2006. Topographic position index (tpi_jen.Avx) extension for arcview 3.X, v. 1.3a. Jenness Enterprises.

Kapluhan, E., 2013. Bekilli'de (Denizli) alternatif ziraat faaliyetlerine bir örnek: Kekik yetiştiriciliği. *Marmara Coğrafya Dergisi* 28: 194-210.

Konukçu, M. 2001. Ormanlar ve ormancılığımız, faydaları, istatistiki gerçekler, DPT yayın No: 2630, Ankara.

Korkmaz, M., Fakir, H., 2009. Odun dışı bitkisel orman ürünlerine ilişkin nihai tüketici özelliklerinin belirlenmesi (Isparta İline Yönelik Bir Araştırma). *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 2: 10-20.

Korkusuz, E., Dirik, H. 2010. Gümüşi Ihlamur'un (*Tilia tomentosa* Moench) Fenolojisi, Çiçek Özellikleri ve Yararlanma Esasları. II. International Non-Wood Forest Products Symposium. 8-10 September 2011, P: 201-208, Isparta.

Leakey, R. B., A. B. Temu, M. Melynk and P. Vantomme, 1996. Domestication and Commercialization of Non-Timber Forest Products. Non-Wood Forest Products Series 9, Rome. 92-5-103935-6.

Mert, A., Şentürk, Ö., Güney, C.O., Akdemir, D., Özkan, K., 2013. Mapping of some distal variables available for mapping habitat suitabilities of the species: A case study of Buldan district. GeoMed 2013 The 3rd International Geography Symposium, Eds: Atalay, İ., Efe, R., 10-13 June, 2013, Kemer Antalya, pp. 210.

Moisen, G. G., 2008. Classification and Regression Tree. In: Jorgensen SE (ed) In Encyclopedia of Ecology, 582-588.

Oflaz, S., Kürkçüoğlu, M., Başer, K. H. C., 2002. *Origanum onites* ve *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* Üzerinde Farmakognozik Araştırmalar. 14.Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, 29-31.

OGM. 1996. Orman Tali Ürünlerinin Üretim ve Satış Esasları. T.C. Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı, Tebliğ No:283, Tasnif No: IV-1434, Ankara.

OGM. 2010. Odun Dışı Orman Ürünleri Üretim Rakamları. OGM Kayıtları, Ankara.

Özdamar, K., 2002. Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi-1. 4. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 686 s.

Özdamar, K., 2009. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, 7. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir.

Özgüven, M., Sekin, S., Gürbüz, B., Şekeroğlu, N., Ayanoğlu, F., Ekren, S., 2005. Tütün, tıbbi ve aromatik bitkiler üretimi ve ticareti. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 1: 481-501.

Özkan, K., 2002. Türler Arası Birlikteliğin İnterspesifik Korelasyon Analizi İle Ölçümü. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* A(2): 71-78.

Özkan, K., 2006. Beyşehir gölü havzası Çarıksaraylar yetişme ortamı yöreler grubunda fizyografik yetişme ortamı faktörleri ile ağaç ve çalı tür çeşitliliği arasındaki ilişkiler analizi. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(1): 157-166, Eskişehir.

Özkan, K. 2008. Assessment to the relationships between vegetation and site properties accordance with similarity values between quadrat pairs. Journal of Biological Diversity and Conservation, 1(2): 59-73.

Poole, R. W., 1974. An Introduction To Quantitative Ecology. McGraw-Hill, Inc., New York, 532 s.

Sezik, E., Tabata, M., Yeşilada, E., Honda, G., Goto, K., Ikeshiro, Y., 1991. Traditional medicine in Turkey I. Folk medicine in North-East Anatolia. *Journal of Ethnopharmacology* 35: 191-196.

Sezik, E., Yeşilada, E., Tabata, M., Honda, G., Takaishi, Y., Fujita, T., Tanaka T., Takeda, Y., 1997. Traditional medicine in Turkey VIII. Folk medicine in East Anatolia; Erzurum, Erzincan, Ağrı, Iğdır Provinces. *Journal of Economic Botany* 51(3): 195-211.

Şafak, İ., Okan, T. 2004. Kekik, Defne ve Çamfıstığının Üretimi ve Pazarlaması. *DOA Dergisi* 34(10): 101-129.

Şenkal, C. B., İpek, A., Gürbüz, B., Türker, A., Bingöl, M. Ü., 2012. Bolu Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen *Salvia officinalis* L. ve *Salvia tomentosa* L. Türlerinin Bazı Önemli Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 5(2): 38-42.

Toksoy, D., Ayaz, H., Şen, G., 2005. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde orman-köylü ilişkileri. *Artvin Orman Fakültesi Dergisi* 6(1-2), 79-85.

TÜBİVES, 2015. *Salvia tomentosa* L. Erişim Tarihi: 12.02.2015. http://www.tubives.com/index.php?sayfa=1&tax_id=8037.

Türker, M.F., Öztürk, A., Tiryaki, E., 2002. Ülkemiz Ormancılık Sektöründe Odun Dışı Orman Ürünleri Kapsamında Değerlendirilen Odun Dışı Bitkisel Ürünlerin İşletmeciliği. II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Bildiri Kitabı, Cilt: 1, 15-18 Mayıs 2002, Trabzon, s. 270-279.

Yazar, I., Yavuz, H.S., Çay, M.A., 2009. Temel Bileşenler Analizi Yönteminin ve Bazı Klasik ve Robust Uyarlamalarının Yüz Tanıma Uygulamaları. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 12: 49-63.

Yıldırım, H. T., 2012. Türkiye'nin Odun Dışı Orman Ürünleri Üretiminin Ormancılık Politikası Açısından Değerlendirilmesi.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Research Article / Araştırma Makalesi
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.60821

Ecological indicator values of forest communities in Çitdere Region (Yenice-Karabük)

Süleyman Çoban [1*]

[1*] Istanbul University, Faculty of Forestry, Department of Silviculture, 34473, Sariyer, Istanbul, Turkey

Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta): scoban@istanbul.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 05.02.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 01.07.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 02.07.2015

Abstract: Indicator species system, which has been used widely in Europe, has many advantages in vegetation analysis. It allows quick interpretation of ecological conditions using floristic data without doing any measurements about site conditions. Considering the amount of phytosociological studies carried out in Turkey, this system may provide important information about plants or plant communities if required modifications are done. In this study, Pignatti-Ellenberg indicator values (EIVs) modified for the check list of Flora Europea were used to analyse and compare forest communities of Çitdere region in terms of light (radiation), temperature, moisture, continentality, soil reaction and soil nutrient in order to test how effectively mean EIVs indicate ecological conditions. Main differences were found between communities which occur on sunny and shady exposures in terms of moisture, soil nutrient, light and temperature indicator values. When normal and original permutation tests were used, all of six indicator values were significant. With the modified permutation test, only mean temperature and light indicator values showed significant differences among 8 forest communities of the region. *Pinus sylvestris* and *Quercus petraea* forest communities which have relatively narrow distribution area showed higher correlation with temperature and continentality indicator values when weighted average by species cover was used.

Keywords: Ellenberg indicator values, ecology, plant sociology, vegetation analysis, site condition

Çitdere bölgesi (Yenice-Karabük) orman toplumlarının ekolojik gösterge değerleri

Özet: Vejetasyon analizi çalışmalarında, Avrupa'da yaygın olarak kullanılan gösterge tür sisteminin pek çok avantajı bulunmaktadır. Bu sistem, floristik veriler kullanılarak ekolojik koşullar hakkında herhangi bir ölçüm yapmadan kolayca yorum yapma imkanı sunmaktadır. Türkiye'de yapılmış olan çok sayıdaki bitki sosyolojisi çalışmaları dikkate alındığında, gösterge türlerle ilgili bazı değişiklerin yapılması durumunda bitki toplumlarının ya da türlerin gösterge değerleri hakkında önemli bilgiler elde edilebilir. Bu çalışmada, Avrupa florası için düzenlenmiş olan Pignatti-Ellenberg gösterge değerleri (EIVs) yardımıyla Çitdere bölgesindeki orman toplumlarını; ışık, sıcaklık, nem, karasallık, toprak reaksiyonu ve toprak besin maddesi kriterleri bakımından karşılaştırarak, ortalama gösterge değerlerin ekolojik koşulları ne oranda yansıttığı test edilmiştir. Güneşli ve gölgeli bakılarda yayılış gösteren toplumlar; nem, toprak besin maddesi, ışık ve sıcaklık gösterge değerleri bakımında farklılıklar göstermiştir. Normal parametrik ve permütasyon testleri kullanıldığında 6 gösterge değerinin tamamı, modifiye edilmiş permütasyon testi kullanıldığında ise sadece sıcaklık ve ışık ortalama gösterge değerleri bölgedeki 8 orman toplumu için istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Nispeten daha dar alanlarda yayılış gösteren *Pinus sylvestris* ve *Quercus petraea* orman toplumları, örtme derecelerine göre ağırlıklandırılmış verinin kullanılmasıyla sıcaklık ve karasallık gösterge değerleriyle daha fazla korelasyon göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ellenberg gösterge değerleri, ekoloji, bitki sosyolojisi, vejetasyon analizi, yetişme ortamı

To cite this article (Atıf): Çoban, S., 2016. Ecological indicator values of forest communities in Çitdere Region (Yenice-Karabük). *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 278-287. DOI: 10.17099/jffiu.60821

1.INTRODUCTION

A plant community can be defined as a collection of plant species growing together in a particular location that show a definite association with each other. Plant species of a community have similar requirements of environmental factors such as light, temperature, water, drainage and soil nutrients (Kent and Coker, 1992). For this reason, occurrence and abundance of different plant species enables ecologists to make statements about the prevailing environmental conditions. This method, which has been used for many years in Europe, is the main approach used to predict an environmental variable by means of the flora without measuring them (Jean-Claude and Eva, 2003; Wamelink et al., 2005). One of the most widely used indicator species system was proposed by Ellenberg et al. (1992), which describes the response of a species to edaphic and climatical parameters in Central Europe. Ellenberg (Ellenberg, 1979; Ellenberg et al., 1992) assigned 2726 Central European vascular plant species, with respect to moisture, soil nitrogen status, soil reaction, light regime, temperature and continentality. The values were developed mainly on the basis of field experience and quantification generally follows a nine-point scale (Schaffers and Sýkora, 2000).

Although Ellenberg indicator values (EIVs) were developed for Germany and surrounding areas, datasets have become available for several Central and Western European countries which have large number of species in common and similar latitudinal distribution (Schwabe et al., 2007). On the other hand, application of EIVs in other geographical regions was debated because of few shared species and differing ecological requirements of species across their range (Godefroid and Dana, 2007; Hill et al., 2000). However, using mean EIVs for vegetation analysis and comparing plant communities in different ecological conditions is widely accepted (Hill et al., 2000; Zelený and Schaffers, 2012). Recently, using indicator species in vegetation analysis have been increased in Turkey (e.g., Kavgacı et al., 2011; Kavgacı et al., 2010; Kavgacı and Carni 2008; Kavgacı, 2007) and also some studies were carried out for determining plant indicator values (Sürmen et al., 2014).

The goals of this study are to compare ecological characteristics of forest communities in Çitdere region using available Ellenberg Indicator Values (EIVs) prepared for the flora of Europe and to examine how effectively they can be used in vegetation analysis in Çitdere region which is in Euro-Siberian phytogeographic region.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 Study Area

Çitdere is located in Yenice district of Karabük province which is in the western part of Blacksea Region. It lies between 41º00" 14' and 41º05".06' northern latitudes and 32º 21" 06' and 32º 27" 45' eastern longitudes. The area is 50-60 km far away from seashore. The area extends along Şimşir Dere and Çitdere valley from nortwest to southeast and surrounded by high mountains on northest, east, south and west. Çitdere forests are managed by Yenice Forest Enterprise of Zonguldak Forest Regional Directorate. The area is a total of 6.091 ha and 5.964 ha of the area is covered by forests. The altitude of the region ranges from 640 m to 1810 m (Figure / Şekil 1).

There is not a meteorological station in the Çitdere region. The closest stations are in the Baklabostan (860 m) and Büyükdüz Research Forest (1560 m) in Karabük. Mean annual precipitation and temperature are measured as 1371.2 mm and 6.2°C at Büyükdüz station and as 1040.2 mm and 9.2°C at Baklabostan station. In general, the climate of the region is semi-humid/humid with no water deficiency during vegetation period (Özalp, 1989; Özalp, 1992).

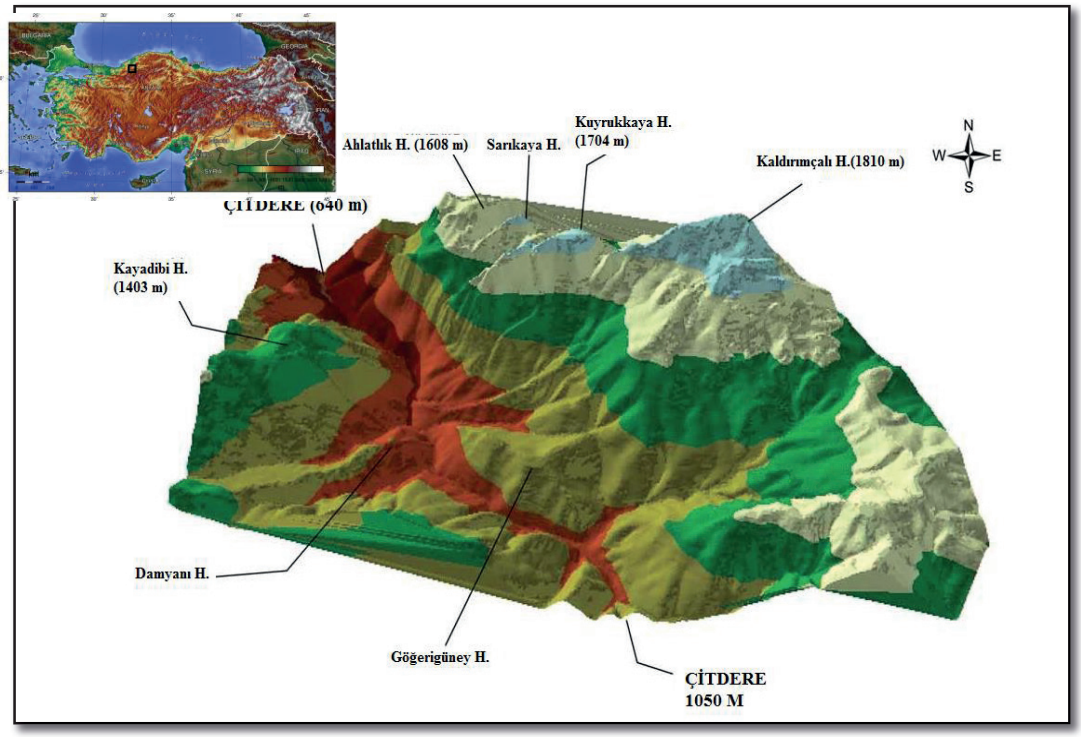


Figure 1. Location and digital terrain model of the study area (Günay and Küçük, 2007).
Şekil 1. Araştırma alanının konumu ve sayısal arazi modeli (Günay ve Küçük, 2007).

2.2 Forest Communities

Forests of the region mainly consists of pure and mixed stands of *Fagus orientalis* Lipsky, *Abies bornmülleriana* Mattf., *Pinus sylvestris* L., *Pinus nigra* Arnold, *Quercus hartwissiana* Stev., *Quercus petraea* ssp. *iberica* (Steven ex M.Bieb.) Krassiln, *Carpinus betulus* L. and other deciduous tree species. 14 forest communities and subcommunities have been determined by Özalp (1989). Main forest communities which were used in this study are given below (Özalp, 1989, Özalp, 1992):

1. *Abies bornmülleriana-Fagus orientalis* with *Pinus sylvestris (*Altitude: 1000 m- 1600m; Bedrock: flysch, clay, sandstone, limestone)
2. *Ilex-colchica-Abies bornmülleriana-Fagus orientalis (*Altitude: 1000 m- 1400 m*;* Bedrock: clay)
3. *Taxus baccata-Fagus orientalis (*Altitude: 900 m- 1350 m; Bedrock: Limestone)
4. *Ostrya carpinifolia-Tilia rubra (*Altitude: 900 m- 1150 m*;* Bedrock: limestone)
5. *Melamphyrum arvense-Quercus petraea (*Altitude: 800 m- 1300 m*;* Bedrock: marmorean, clay, sandstone)
6. *Pinus sylvestris-Pinus nigra (*Altitude: 1350 m- 1450 m*;* Bedrock: limestone)
7. *Fagus orientalis (*Altitude: 900 m- 1200 m*;* Bedrock: limestone, flysch)
8. *Quercus hartwissiana-Fagus orientalis (*Altitude: 1000 m- 1200 m*;* Bedrock: limestone, flysch, sandstone).

2.3 Method

Vegetation data was taken from Özalp (1989) and a total of 133 sample plots stored in TURBOVEG database (Hennekens and Schaminée, 2001). Then vegetation data was exported to JUICE software (Tichý, 2002; Tichy and Jason, 2006). Forest communities defined by Özalp (1989) were accepted for the analysis. Two lists of indicator values prepared for JUICE software were used in the analysis. One is original Ellenberg Indicator Values (EIVs) prepared for Central Europe (Ellenberg et al., 1992) and second is Ellenberg-Pignatti indicator values modified for the Flora Europea (Ellenberg et al., 1992; Pignatti, 2005).

EIVs were assigned to the species data and average EIVs of sample plots as unweighted and weighted by species cover were calculated in JUICE (Tichy and Holt, 2006). Mean EIVs of forest communities were compared using Modified Permutation Test (MoPeT) script using JUICE-R function (Zelený and Schaffers, 2012). Number of indicator species was counted and percentage of every indicator value parameter was calculated for each community. Differences in mean EIVs among forest communities were calculated using analysis of variance (ANOVA) and significance of the results were tested with parametric, original and modified permutation tests (499 permutations). Sorensen dissimilarity measures were calculated in order to show floristical differentiation between forest communities within JUICE.

Unconstrained ordination was run under CANOCO 4.5 (ter Braak & Šmilauer 2002) and environmental variables passively projected on diagram. The gradient length was found as 3.5 SD which implies both linear and unimodal methods work well. For this reason, Detrended Correspondence Analysis (DCA), which is an unimodal method, was used for the ordination of vegetation samples with mean EIVs and Principal Components Analysis (PCA), which is a linear method, was used for species and mean EIVs.

3. RESULTS

3.1 Assignment of Ellenberg indicator values to the species data

Original EIVs and Pignatti's EIVs for all of Europe were separately assigned to the species data. The highest number of species having indicator values were found in Pignatti's EIVs for all of Europe. For instance, the percentage of species having light, temperature, continentality, moisture, soil reaction and nutrient indicator values taken from Pignatti's EIVs averaged 60 %, 54%, 60%, 56%, 46%, 52 % respectively. On the other hand, these values were found as 37%, 28%, 36%, 31%, 26% and 32% from original EIVs.

The percentage of species having indicator values (non-zero values) for each EIVs in each community was the highest for light, continentality and temperature respectively. Conversely, the number of species having indicator values related to soil reaction was the lowest in all communities (Figure / Şekil 2).

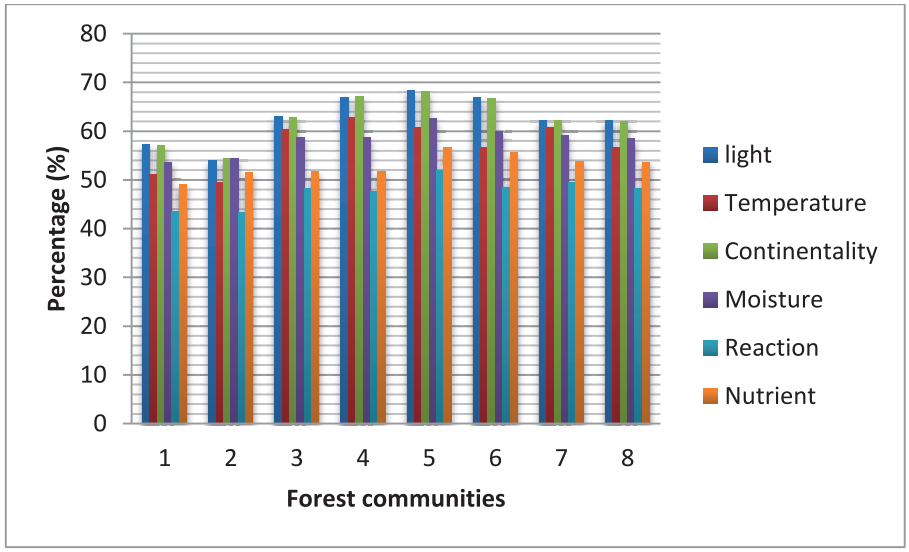


Figure 2. Percentage of non-zero EIVs of species within forest communities (1: *Abies bornmülleriana-Fagus orientalis* with *Pinus sylvestris*; 2: *Ilex-colchica-Abies bornmülleriana-Fagus orientalis*; 3: *Taxus baccata-Fagus orientalis*; 4: *Ostrya carpinifolia-Tilia rubra*; 5: *Melamphyrum arvense-Quercus petraea*; 6: *Pinus sylvestris-Pinus nigra*; 7: *Fagus orientalis*; 8: *Quercus hartwissiana-Fagus orientalis*).

Şekil 2. Orman toplumlarında bulunan gösterge değeri alan türlerin yüzdesi (1: *Abies bornmülleriana-Fagus orientalis* with *Pinus sylvestris*; 2: *Ilex-colchica-Abies bornmülleriana-Fagus orientalis*; 3: *Taxus baccata-Fagus orientalis*; 4: *Ostrya carpinifolia-Tilia rubra*; 5: *Melamphyrum arvense-Quercus petraea*; 6: *Pinus sylvestris-Pinus nigra*; 7: *Fagus orientalis*; 8: *Quercus hartwissiana-Fagus orientalis*).

3.2 Unconstrained Ordination Analysis of Forest Communities

Melamphyrum arvense-Quercus petraea and *Pinus sylvestris-Pinus nigra* forest communities which occur on southern exposures (S, SW, SE) are closely correlated with temperature and light indicator values. On the other hand, *Melamphyrum arvense-Quercus petraea* community which distributes on lower altitudinal zone (800 m-1300 m) shows high temperature, whereas *Pinus sylvestris-Pinus nigra* community on higher altitudes (1350 m-1450 m) shows higher light indicator value. Humid *Abies bornmülleriana* and *Fagus orientalis* forest communities are associated with moisture and soil nutrient indicator values. *Taxus baccata-Fagus orientalis* and *Ostrya carpinifolia-Tilia rubra* communities, which typically occur on limestone bedrock, are also correlated with soil reaction (Figure / Şekil 3).

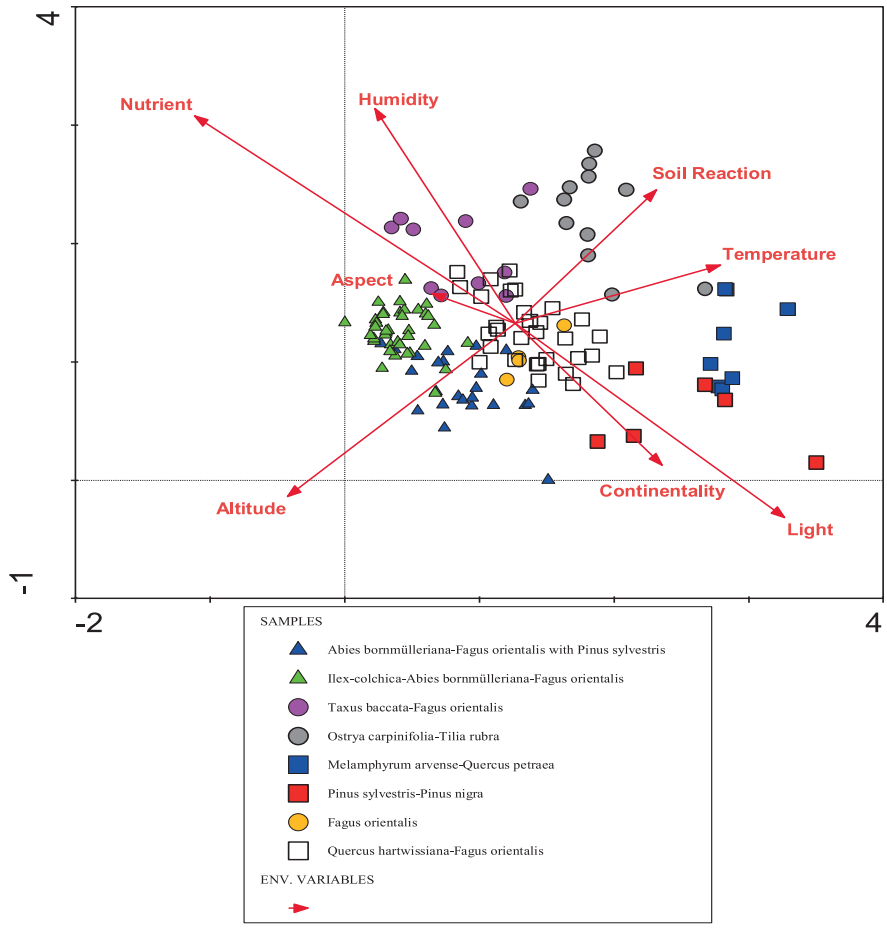


Figure 3. Detrended Correspondence Analysis (DCA) of forest communities.
Şekil 4. Orman toplumlarının Detrended Correspondence Analizi (DCA).

3.3 Statistical Differences in Mean Eivs Among Forest Communities

When differences among forest communities were tested, all of six mean EIVs were significant ($P<0.05$) with parametric and original permutation tests. However, with the modified permutation test only mean temperature and light indicator values are significant at $P<0.05$ (Table / Tablo 1).

Table 1: One-way ANOVA for mean EIVs among forest communities.
Tablo 1. Orman toplumlarının ortalama gösterge değerleri için tek yönlü ANOVA.

	F-value	P (Par. test)	P (Perm. test)	P (Modified)
Light	46.208	<0.001	< 0.01	**<0.05**
Temperature	48.224	<0.001	< 0.01	**<0.05**
Continentality	19.621	<0.001	< 0.01	0.168
Humidity	28.857	<0.001	< 0.01	0126
Soil reaction	16.093	<0.001	< 0.01	0.234
Nutrient	34.199	<0.001	< 0.01	0.076

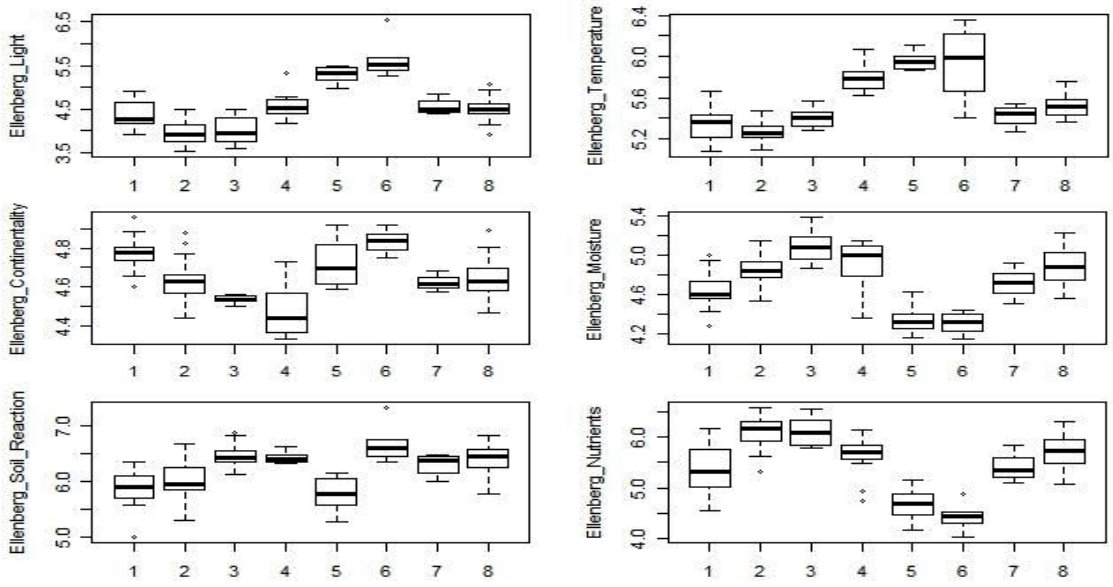


Figure 4. Differences in mean EIVs for the forest communities; whiskers present the lowest and the highest values, thick line inside the box presents median (1: *Abies bornmülleriana-Fagus orientalis* with *Pinus sylvestris*; 2: *Ilex-colchica-Abies bornmülleriana-Fagus orientalis*; 3: *Taxus baccata-Fagus orientalis*; 4: *Ostrya carpinifolia-Tilia rubra*; 5: *Melamphyrum arvense-Quercus petraea*; 6: *Pinus sylvestris-Pinus nigra*; 7: *Fagus orientalis*; 8: *Quercus hartwissiana-Fagus orientalis*).

Şekil 4. Orman toplumlarının ortalama gösterge değerleri arasındaki farklılıklar; bıyıklar en düşük ve en yüksek değerleri, kutu içindeki kalın çizgi medyan değerini göstermektedir. (1: *Abies bornmülleriana-Fagus orientalis* with *Pinus sylvestris*; 2: *Ilex-colchica-Abies bornmülleriana-Fagus orientalis*; 3: *Taxus baccata-Fagus orientalis*; 4: *Ostrya carpinifolia-Tilia rubra*; 5: *Melamphyrum arvense-Quercus petraea*; 6: *Pinus sylvestris-Pinus nigra*; 7: *Fagus orientalis*; 8: *Quercus hartwissiana-Fagus orientalis*).

Mean EIVs of forest communities are derived from their species composition. For this reason, sample plots which have similar species composition correspond to similar ecological conditions. In this respect, similarity or dissimilarity measures calculated from species composition of sample plots can show the magnitude of the difference in mean EIVs. For instance, dissimilarity between *Abies bormülleriana* and/or *Fagus orientalis* dominated forest communities are rather low (Sorensen dissimilarity: 35 %) compared to dissimilarity of these communities with *Pinus sylvestris* and *Quercus petraea* forests (Sorensen dissimilarity: 71% and 94%). Accordingly, significant differences in mean EIVs were found between the communities having high dissimilarity in species composition. For example, when semi-humid *Quercus petraea* and *Pinus sylvestris* dominated forests were compared with humid forests (*Fagus orientalis* and *Abies bornmülleriana* forests), significant differences (P.modif <0.005) were found for mean light, temperature, moisture and nutrient values.

Pinus sylvestris and *Quercus petraea* communities which occur on sunny exposures have higher temperature and light indicator values, *Abies bormülleriana* and/or *Fagus orientalis* dominated forest communities have higher moisture and nutrient indicator values. However, *Pinus sylvestris-Pinus nigra* community which occurs only on limestone bedrock shows higher median value for soil reaction compared to others (Figure / Şekil 4). In the calculation of mean EIVs of samples, presence/absence and cover-weighted indicator values were used. In the ordination diagram, cover-weighted indicator values for continentality was a better predictor for *Pinus nigra* and *Quercus petraea* forests but unweighted mean EIVs had no differences for other parameters. Species like *Tilia rubra, Fraxinus exelsior, Acer platanoides, Cardamine impatiens, Cardamine bulbifera, Galium odoratum, Circaea lutetiana, Dryopteris filix-max* etc. had positive correlation with soil nutrient and humidity, whereas *Dorycnium graecum, Melampyrum arvense, Genista tinctoria, Brachypodium pinnatum*, *Sorbus torminalis* were positively correlated with temperature and light indicator values. *Ostrya carpinifolia, Acer campestre, Carpinus betulus, Staphylea pinnata, Cornus mas, Asplenium adiantum-nigrum* were associated with mean soil reaction (alkaline soils) (Figure / Şekil 5).

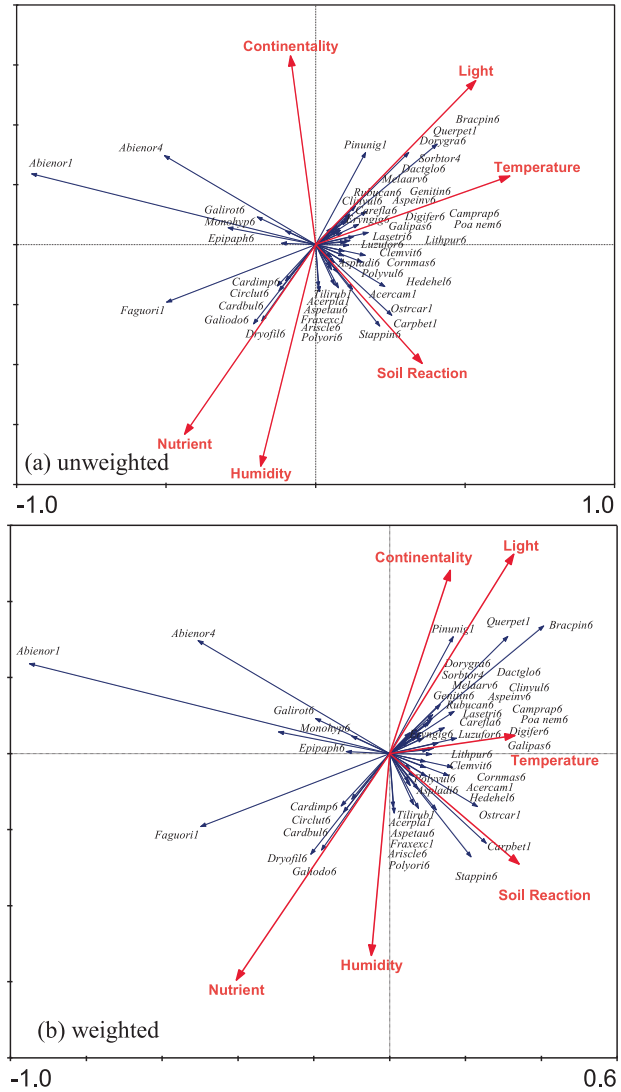


Figure 5. PCA of species with unweighted (a) and weighted (b) indicator values (with 25% inclusion 53 species included, numbers at the end of species names express vegetation layer; 1: tree layer, 4: shrub layer, 6: herb layer).

Şekil 5. Ağırlıklandırılmamış (a) ve ağırlıklandırılmış (b) gösterge değerleri ile türlerin PCA grafiği (% 25 sınır değeri ile 53 tür gösterilmiştir, tür isimlerinin sonundaki sayılar vejetasyon katlarını ifade etmektedir; 1: ağaç katı, 4: çalı katı, 6: ot katı).

4. CONCLUSION

Indicator species system has many advantages in vegetation analysis and has been used widely in applied plant ecology, forestry and agriculture, especially in Europe (Ter Braak and Gremmen, 1987; Hill and Carey, 1997; Hawkes et al., 1997; Dzwonko, 2001; Diekmann, 2003; Klaus et al., 2012). These values were derived from field experience of plant ecologists and reflect the realised optima of species. This approach can provide information on the environmental conditions of phytosociological units without field measurements, especially when old measurements are not available (Diekmann, 2003). Assessment of many species occur together allows a more reliable estimation of site conditions than assessment of a single species, as the overlap of ecological tolerances of many species is smaller than the ecological amplitude of a single species. For this reason, mean indicator values of species in a sample plot or community may provide more reliable information. In addition, since measured factors are not often available in old vegetation data, the informational potential offered by mean EIVs may be useful (Zelený and Schaffers, 2012). In order to use this system outside of Europe, calibration for local conditions is inevitable (Hill et al., 2000). For instance, indicator values of species like *Fagus orientalis, Abies bornmülleriana, Quercus macranthera, Quercus hartwissiana, Daphne pontica, Rhododendron ponticum* etc. have not been identified yet. According to Hill et al., (2000), missing, indifferent or uncertain values should be supplied by using average values for sociological-ecological groups.

In this study, it was shown that ecological characteristics of forest communities can be compared with the limited number of species which have indicator values. This is true when forest communities which occur on sunny and shady exposures were compared in terms of humidity, nutrient, temperature and light indicator values. With the increasing dissimilarity in species composition among communities, significant discrimination can be got for more parameters. In other words, differences among EIVs are correlated with compositional dissimilarity. Therefore, a better differentiation of communities with EIVs depends on the quality of the classification method used in the classification of forest communities. In this study, when all main forest communities were compared with their mean indicator values, significance of every parameter changed depending on statistical test used. However, Zelený and Schaffers (2012) state that mean EIVs may be simply used in descriptive analysis and differences in mean EIVs derived from species composition among communities should not be tested with any statistical inferences. They suggest to use a modified permutation test instead of other methods (ANOVA, t-test or non-parametric alternatives).

In case of smaller ranges of environmental conditions and less species having indicator values, using species abundance values (weighted for species cover) instead of presence/absence data will be more beneficial. This is because species presence/absence data may vary little in these cases, whereas species abundances may vary appreciably (Schaffers and Sýkora, 2000). In the study area, *Pinus sylvestris-Pinus nigra* community, which has a narrow distribution area, shows higher correlation with continentality and temperature values when cover data is used. Since these communities generally prevail on southern exposures and steep slopes, *Pinus sylvestris-Pinus nigra* and *Melamphyrum arvense-Quercus petraea* communities show the lowest soil nutrient indicator values.

Indicator plants and indicator values should not be used as ways of providing measured values. They only indicate type and magnitude of important environmental variables and have proved to be simple and easy to use values for comparison of sites and their conditions in space and time (Schulze *et al.*, 2002). Forest communities develop as a combination of all factors in environment (climate and soil). Therefore, classification of forest communities will gather this ecological information (Kavgacı and Özalp, 2006). In order to benefit from this potential of vegetation data in practice, particularly in forestry, modification of available EIVs and determination of uncommon species are indispensable. Therefore, a large database of vegetation sample plots and environmental variables from a variety of ecosystem in Turkey are required for calibration of EIVs.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

Diekmann, M., 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology–a review. *Basic and Applied Ecology* 4: 493-506.

Dzwonko, Z., 2001. Assessment of light and soil conditions in ancient and recent woodlands by Ellenberg indicator values. *Journal of Applied Ecology* 38(5): 942-951.

Ellenberg, H., 1979. Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas [Indicator values of Central European vascular plants]. Scripta Geobotanica 9: 1–121. German.

Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulißen, D., 1992. Zeigerwerte von pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18: 3–258.

Godefroid, S., Dana, E. D. 2007. Can Ellenberg's indicator values for Mediterranean plants be used outside their region of definition? *Journal of Biogeography* 34: 62-68.

Günay, T., Küçük, M., 2007. Yetişme ortamı etüt-envanteri ve haritacılığı üzerine bir çalışma, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü, Yenice Orman İşletme Şefliği Örneği, Çevre ve Orman Bakanlığı, Yayın Dairesi Başkanlığı, Yayın no: 312.

Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth W., Werner W., Paulissen D., 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Ed. 2. *Scripta Geobotanica* 18: 1-258.

Hawkes, J. C., Pyatt, D.G., White, I.M.S., 1997. Using Ellenberg indicator values to assess soil quality in British forests from ground vegetation: a pilot study. *Journal of Applied Ecology* 375-387.

Hennekens, S.M., Schaminée, J.H., 2001. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* 12: 589-591.

Hill, M. O., Carey, P.D., 1997. Prediction of yield in the Rothamsted Park Grass Experiment by Ellenberg indicator values. *Journal of Vegetation Science* 8: 579-586.

Hill, M.O., Roy, D.B., Mountford, J.O., Bunce, R.G., 2000. Extending Ellenberg's indicator values to a new area: an algorithmic approach. *Journal of applied Ecology,* 37: 3-15.

Jean-Claude, G., Eva, K., 2003. Comparison of indicator values of forest understory plant species in Western Carpathians (Slovakia) and Vosges Mountains (France). *Forest Ecology and Management* 182: 1-11.

Kavgacı, A., 2007. Demirköy-İğneada Longos Ormanları ve Çevresinin Bitki Toplumları ve Kuruluş Özellikleri. Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi.

Kavgacı, A., Özalp, G., 2006. Ekosistem yönetiminde bitki sosyolojisinin yeri ve önemi. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi.*

Kavgacı, A., Čarni, A., 2008. İğneada (Kırklareli) kumul vejetasyonunda bitkilerin ekolojik gösterge değerleri üzerine bir araştırma. *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi* 9(2): 47-63.

Kavgacı, A., Čarni A., Tecimen, B., Özalp, G., 2011. Diversity of floodplain forests in the Igneada region (NW Thrace-Turkey). *Hacquetia* 10(1): 73-93.

Kavgacı, A., Čarni A., Tecimen, B., Özalp, G., 2010. Diversity and ecological differantiation of oak forests in NW Thrace (Turkey). *Archieves of Biological Sciences* 62(3): 705-718.

Kent, M., Coker, P., 1992. Vegetation description and analysis: a practical approach. John Wiley & Sons, Chichester, England.

Klaus, V.H., Kleinebecker, T., Boch, S., Müller, J., Socher, S. A., Prati, D., Fischer, M., Hölzel, N., 2012. NIRS meets Ellenberg's indicator values: Prediction of moisture and nitrogen values of agricultural grassland vegetation by means of near-infrared spectral characteristics. *Ecological Indicators* 14(1): 82-86.

Özalp, G., 1989. Çitdere (Yenice-Zonguldak) Bölgesindeki Orman Toplumları ve Silvikültürel Değerlendirilmesi. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

Özalp, G., 1992. Çitdere (Yenice-Zonguldak) bölgesindeki orman toplumları ve silvikültürel değerlendirmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 42(A2): 119-157.

Pignatti, S., 2005. Valori di bioindicazione delle piante vascolari della flora d'Italia. Braun-Blanquetia 39: 1–97.

Schaffers, A.P., Sýkora, K.V., 2000. Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science* 11: 225-244.

Schulze, E.D., Beck, E., Müller-Hohenstein, K., 2002. *Pflanzenökologie*. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg.

Schwabe, A., Kratochwil, A., Pignatti, S., 2007. Plant indicator values of a high-phytodiversity country (Italy) and their evidence, exemplified for model areas with climatic gradients in the southern inner Alps. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 202: 339-349.

Sürmen, B., Kutbay, H.G., Kılıç DD., Hüseyinova R., Kılınç M. 2014. Ellenberg's indicator values for soil nitrogen concentration and pH in selected swampforests in the Central Black Sea region of Turkey. *Turkish Journal of Botany,* 38: 883-895.

Ter Braak, C., Smilauer, P., 2002. Canoco for Windows version 4.5. *Biometris–Plant Research International, Wageningen*.

Ter Braak, C.J., Gremmen, N.J., 1987. Ecological amplitudes of plant species and the internal consistency of Ellenberg's indicator values for moisture. *Vegetatio* 69(1-3): 79-87.

Tichý, L., 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science* 13(3): 451-453.

Tichý, L., Jason, H., 2006. Juice program for management, analysis and classification of ecological data. Brno: http://www.sci.muni.cz/botany/juice, 98 s. 1. verze.

Wamelink, G., Goedhart, P. W., Van Dobben, H.F., Berendse, F., 2005. Plant species as predictors of soil pH: Replacing expert judgement with measurements. *Journal of Vegetation Science* 16: 461-470.

Zelený, D., Schaffers, A.P., 2012. Too good to be true: pitfalls of using mean Ellenberg indicator values in vegetation analyses. *Journal of Vegetation Science* 23: 419-431.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Online available at / Çevrimiçi erişim Short Note / Kısa Not
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.67352

Investigations on gallery patterns of the Almond bark beetle (*Scolytus amygdali* Guerin-Méneville 1847) (Coleoptera, Curculionidae) in Tunisia

Asma Zeiri [1*], Hamit Ayberk [2], Mohamed Braham [3], Mohamed Braham [4]

[1*] University of Carthage, Department of Biology, Faculty of Sciences of Bizerte, Bizerte, Tunisia
[2] Istanbul University, Faculty of Forestry, Forest Entomology and Protection Department, Istanbul, Turkey
[3] The University of Sousse, Regional Center of Research on Horticulture and Organic Agriculture, Laboratory of Entomology, 4042 Chott-Mariem, Sousse, Tunisia
[4] Institute of the Olive Tree Station of Sousse, Department of Olive Tree Physiology, 40 Ibn Khouldoun Street, 4061 Sousse, Tunisia

Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta): asma_zairi@yahoo.fr

Received (Geliş tarihi): 01.03.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 10.03.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 10.03.2015

Abstract: The Almond bark beetle *Scolytus amygdali* Guerin-Meneville, 1847 is a serious beetle that can affect important economic crops in Tunisia. The species is morphologically similar to other bark beetles attacking fruit trees such as *Scolytus mediterraneus*. The gallery systems of both species are also generally hard to differentiate. A detailed study about gallery systems has carried out in the central region of Tunisia in order to give more details on beetle damage under the bark. Maternal and larval galleries from infested branches of almond were examined and measured. It is hoped that these details of the shape and measurements of the gallery systems of *Scolytus amygdali* will facilitate the identification of infestations of almond bark beetles attacking fruit trees in Tunisia.

Keywords: Gallery systems, *Scolytus amygdali*, Tunisia

Tunus'ta Badem yazıcı böceği (*Scolytus amygdali* Guerin- Méneville, 1847) (Coleoptera, Curculionidae)'nin galerileri üzerine araştırmalar

Özet: *Scolytus amygdali* Guerin- Méneville, 1847, Tunus'da önemli ekonomik bitkilere zarar yapan bir kabuk böceğidir. Tür; *Scolytus mediterraneus* gibi meyve ağaçları üzerinde zarar yapan diğer kabuk böceklerine morfolojik olarak benzemektedir. Türlerin ağaçlar üzerinde meydana getirdikleri larva yollarını birbirlerinden ayırt etmek de oldukça güçtür. Bu detaylı çalışma kabuk altındaki böcek hasarı ve galeri sistemleri hakkında daha fazla ayrıntı vermek amacıyla Tunus merkez bölgesinde gerçekleştirmiştir. Zarar görmüş Badem dallarındaki ana ve larva yenik yolları incelenmiş ve ölçülmüştür. *Scolytus amygdali* galeri sistemlerindeki ölçümler ve yenik şekillerinin ayrıntıları; Tunus'ta meyve ağaçlarına saldıran kabuk böceklerinin teşhisini kolaylaştıracağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Galeri sistemleri, *Scolytus amygdali*, Tunus

1.INTRODUCTION

Almonds are an economically important crop for Tunisia, with about 20 million trees, planted over an area of 320,000 ha, producing an estimated 50,000 tons annually (Zouba, 2001). Cherif and Trigui (1990) reported that the almond bark beetle, *Scolytus amygdali* Guer. affected crops in Tunusia. This pest is found widely in Europe, the Mediterranean Basin, the Middle East, and South Asia (Bolu and Legalov 2008). Serious infestations can lead to the death of affected trees (Mendel, et al., 1997) so various means have

To cite this article (Atıf): Zeiri, A., Ayberk, H., Braham, M., Braham, M., 2016. Investigations on gallery patterns of the Almond bark bettle (*Scolytus amygdali* Guerin-Méneville, 1847) (Coleoptera, Curculionidae) in Tunisia. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 288-294. DOI: 10.17099/jffiu.67352

been tried to eliminate or prevent infestations using insecticides (Benazoun and Schvester, 1989), aggregation pheromones to divert beetles away from the trees (Ben-Yehuda, et al., 2002), treating with entomopathogenic fungi (Batta, 2007) and through cultural practices (Mendel et al., 1997). Poland and Haack (1998) stated that it is often possible to identify which species is involved in an infestation by the shape and size of the galleries constructed by the female and larval beetles. In the case of the genus *Scolytus*, the majority of species is monogamous so that each female gallery is a single shaft that is relatively straight. After mating the females lay their eggs singly in small niches from which the larvae burrow away at right angles from the female gallery until they pupate and eventually emerge as adults (Poland and Haack, 1998). The fecundity of female beetles is variable depending upon the species of tree infested and the environmental conditions, each female laying between 25 and 75 eggs (Janjua and Samuel, 1941; Benazoun and Schvester, 1990; Zeiri et al., 2011). A full life cycle under laboratory conditions was found to last about 105 days (Zeiri et al., 2011; 2014; 2015).

2. MATERIAL AND METHODS

Pieces of almond wood were cut from trees grown in an orchard situated between Sebkhet Charita and the village of Souassi [35° 19' 60" N, 10° 25' 0" E] (Figure / Şekil 1), approximately 60 km from Mahdia, Tunisia, in October 2010.

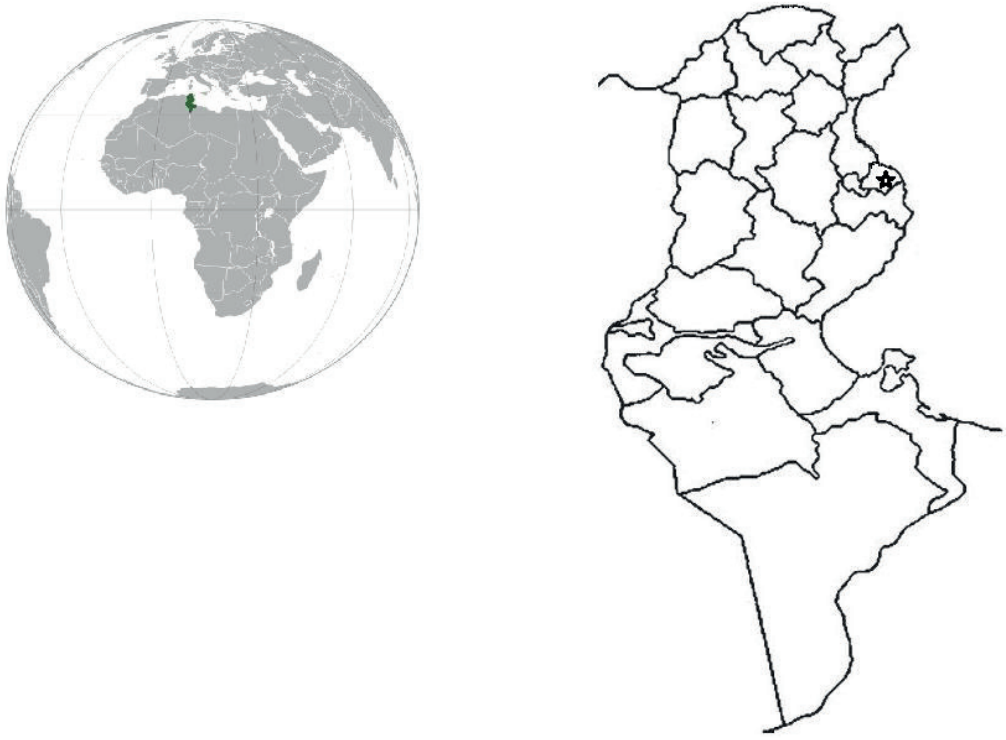


Figure 1. Map of Tunisia in North Africa to show the sampling orchard location near Souassi, Mahdia, [35° 19’60” N, 10° 25’0” E].
Şekil 1. Souassi, Mahdia [35° 19’60” N, 10° 25’0” E] yakınlarında örneklerin alındığı meyve bahçelerini gösteren harita.

Samples were selected by examination of the tree bark for signs of entrance holes created by the female beetles (Figure / Şekil 2a). In some cases the attack is extremely severe and leads to the total death of the tree which must be totally cut and taken away from the orchard (Figure / Şekil 2b).

Figure 2. Damage caused by *S. amygdali*; **a** entrace holes, **b** a totally dead tree attacked by *S. amygdali*.
Şekil 2. *S. amygdali* zararı; **a** giriş delikleri, **b** saldırı nedeniyle tamamen kurumuş bir ağaç

Sections of branches were cut out and taken to the laboratory for further examination. The bark was carefully removed and the galleries examined using a Leica MZ 12.5 stereoscopic microscope fitted with a Canon PowerShot S50 camera.

Initial calculations of the length of maternal galleries, the number of larval galleries, their length and width sizes, and their figures were plotted in Excel 2010 and then statistically analyzed with repeated measures using multivariate linear general models in SPSS 20.0.

3. RESULTS

3.1 Maternal galleries

We found that the length of maternal galleries ranged from 1 mm to 22 mm long with a mean of 11.6 mm + 4.14 mm. All were all essentially linear but with some variation of shape, possibly due to the structure of the wood (Figure / Şekil 3).

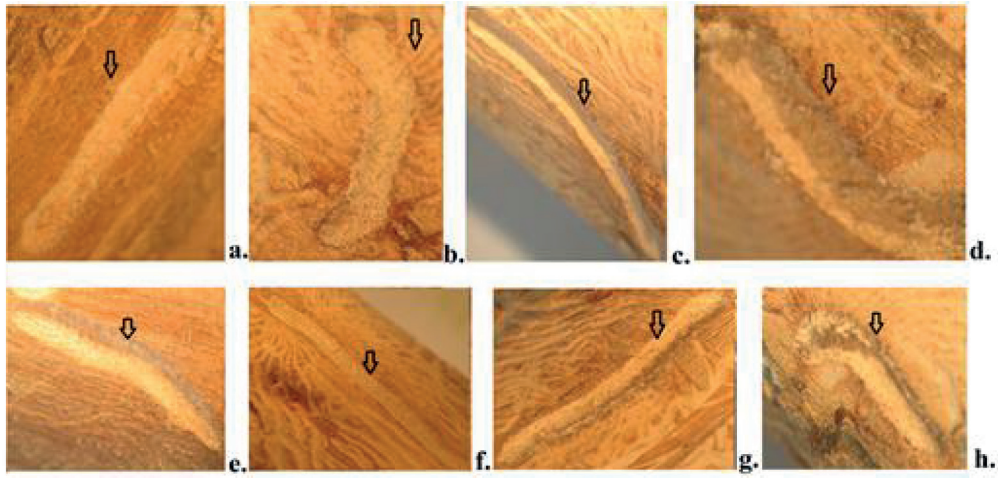


Figure 3. Different shapes of maternal galleries under binocular (x1).
Şekil 3. Mikroskop altında (x1) görülen farklı ana yenik yolları (galerileri).

3.2 Larval galleries

The number of larval galleries varied with the length of the maternal gallery, ranging from 6 to 62 (Figure / Şekil 4), mean 30 + 16,1.

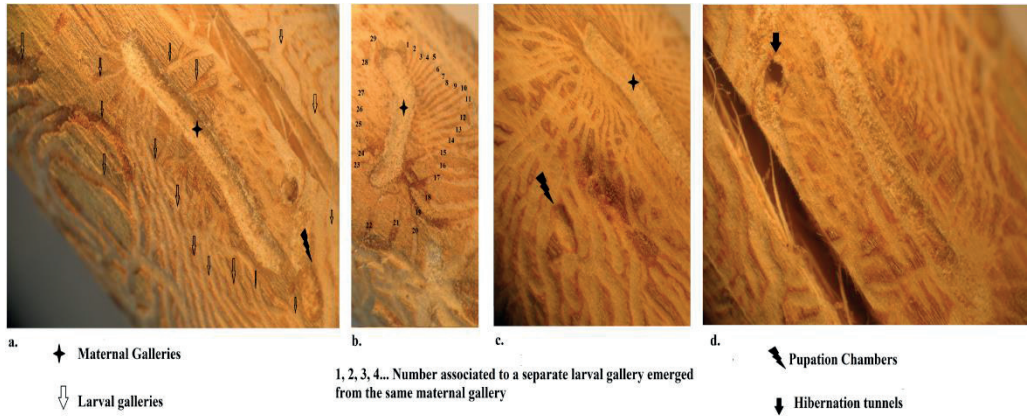


Figure 4. Maternal and larval galleries (a, b, c); numbered larval galleries (b); location of pupation chamber (a, c); hibernation tunnel (d).
Şekil 4. Ana ve larva yenik yolları (galerileri) (a, b, c); numaralandırılmış larva galerileri (b); pupa beşiği (a, c); kışlama tüneli (d).

The lengths of the larval galleries also varied according to the maternal gallery so that in general terms they were either mostly long along some maternal galleries or mostly short along others, as shown in Figure / Şekil 5.

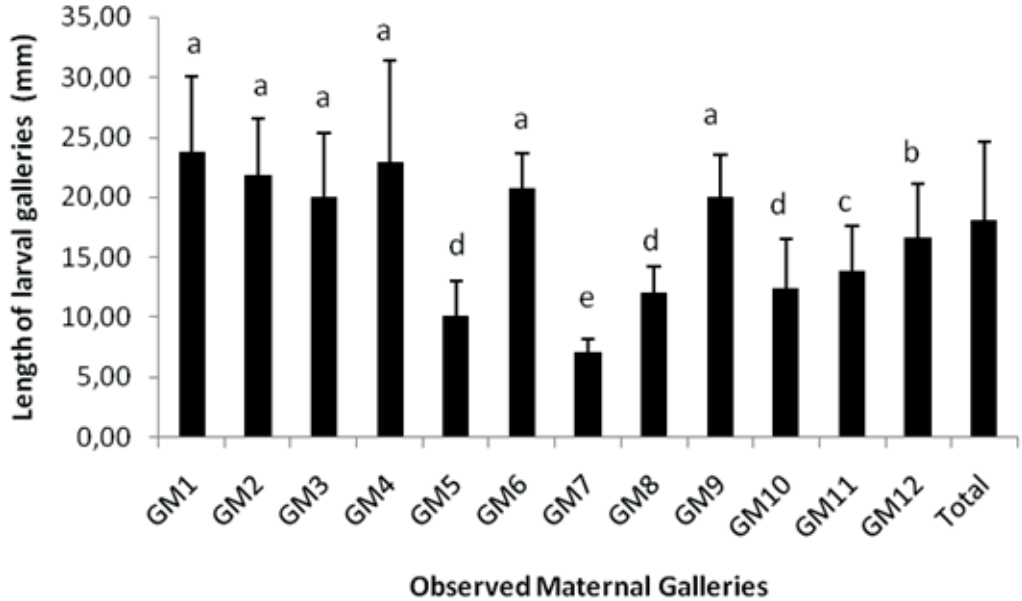


Figure 5. Mean Length of larval galleries in (mm) by maternal gallery.
Şekil 5. Larva yollarının ana yenik yollarına kıyasla ortalama uzunluğu (mm).

The longest larval gallery was 38.6 mm and the shortest 3.9 mm, with a mean length of 23.7 mm + 6.4 mm for the long group and 7.0 mm + 1.2 mm for the short group. The mean length overall was 18.1 mm + 6.5 mm.

The width of larval galleries varied also, partly as a result of becoming wider as the larvae grew as they migrated away from the maternal gallery. This range was from 0.2 mm to 1.11 mm. In a similar manner to the variation in length, larval galleries were either mostly narrow or mostly wide according to the maternal gallery (Figure / Şekil 6).

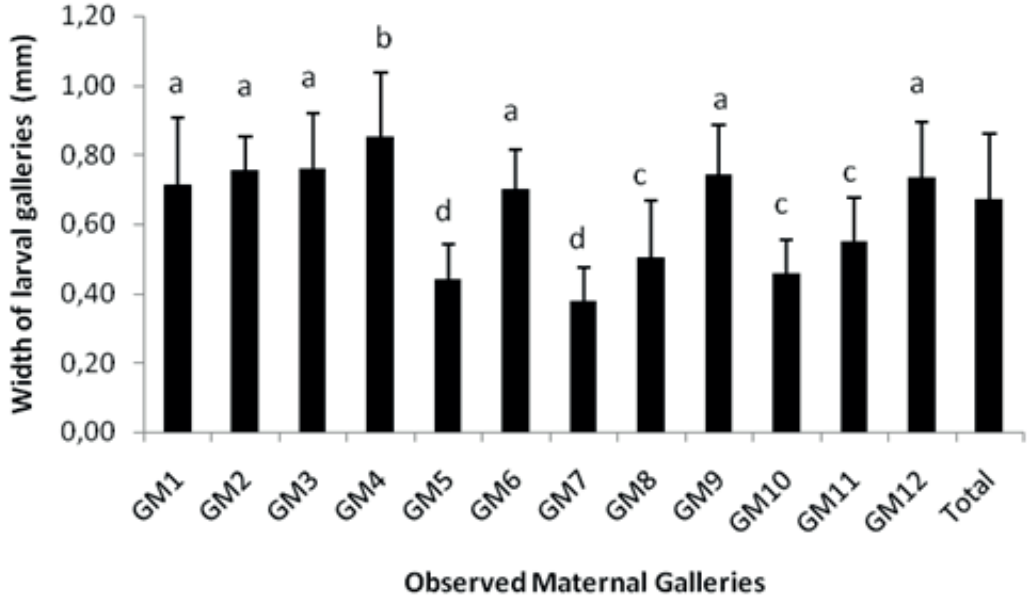


Figure 6. Mean width of larval galleries in (mm) by maternal gallery.
Şekil 6. Larva yollarının ana yenik yollarına kıyasla ortalama genişliği (mm).

So the narrower group had a mean width of 0.38 mm + 0.1 mm and the wider group a mean width of 0.85 mm + 0.19 mm, with an overall mean of 0.67 mm + 0.2 mm.

Measurement showed a significant difference in the length ($F = 33.464$, $df = 11$, $p < 0.0001$), and also a significant difference in width ($F = 26.156$, $df = 11$, $p < 0.0001$) of larval galleries between different observed maternal galleries.

3.3 Pupation chambers

The examination of fifteen pupation chambers shows that the mean length of a pupation chamber was 2.73 mm (±0.58) with a minimum of 1.72 mm and a maximum of 3.7 mm (Figure / Şekil 4 a,c). The mean width was 1.42 mm (±0.42) with a minimum of 0.5 mm and a maximum of 2 mm.

3.4 Hibernation tunnels

We found a single hibernation tunnel, where a beetle shelters during the winter months. This tunnel is illustrated in Figure / Şekil 4d.

4. DISCUSSION

This series of measurements of galleries formed by *S. amygdali* found that in the wild the beetles create maternal galleries of similar dimensions to those formed in artificially created infestations in the laboratory (mean length 11.6 mm compared with 10.467 mm) (Zeiri, et al., 2011). It appears that the length of maternal galleries is possibly related to the type of wood being infested as the same species was found to create much longer galleries (39.74 mm) in the softer wood of the Atlas cedar, *Cedrus atlantica*, in Algeria (Beghanmi, 2010). Even longer maternal galleries (25 mm-75 mm) are formed in apple wood by the closely related species *S. nitidus* (Buhroo and Lakatos, 2007).

In a similar manner there is a difference in the number and lengths of larval galleries. The number of larval galleries probably varies according to the nutritional status of the female beetle impacting on fecundity. So, in the cedar observations, there was a mean increase of approximately 43% in the number, and more than double the length, compared with the larval galleries found in almonds (Beghanmi, 2010; Talbi, 2010) and these differences were even greater in the larval galleries created by *S. nitidus* in apple (Buhroo and Lakatos, 2007). Consequently, although *S. amygdali* is a successful pest species when infesting almonds,

it appears to find this species of tree less favorable in terms of the ease with which the beetles and larvae can burrow through the wood.

5. CONCLUSION

The examination of bark beetle galleries in logs or branches taken from almond orchards or other stone trees can help to determine the pest species. Other than the importance of the gallery system to identify the species, debarking of infested logs in the field from time to time also helps to follow the development of infestations. We believe that gaining a better understanding of beetle behavior beneath the bark will provide information to improve decision making about its management.

ACKNOWLEDGEMENTS (TEŞEKKÜR)

This study is a part of the contribution towards the PhD Thesis of Asma Zeiri submitted to the Faculty of Sciences of Bizerte, Bizerte, Tunisia. The corresponding author thanks “The Regional Center of Horticulture and Biological Agriculture” and “The Olive Institute”, Sousse, for their help in collection of data. The authors thanks anonymous reviewers for their valuable comments.

Bu çalışma Asma Zeiri'nin Tunus'da bulunan Bizerte Fen Fakültesi'ne sunmuş olduğu Doktora tezinin bir bölümünü oluşturmaktadır. Sorumlu yazar Tunus'un Sousse bölgesinde bulunan "Bahçe Bitkileri ve Biyolojik Tarım Bölgesel Merkezi" ve "Zeytin Enstitüsü"ne verilerin toplanmasındaki yardımlarından ötürü teşekkür etmektedir. Ayrıca tüm yazarlar değerli yorumlarından ötürü emeği geçen herkese teşekkür ederler.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

Batta, Y.A., 2007. Biocontrol of almond bark beetles with *Beauveria bassiana* among the spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) in the laboratory and under field conditions. *Journal of Applied Microbiology* 103: 1406-1414.

Beghami, R., 2010. Contribution à l’étude des insectes associés au dépérissement du cèdre de l’Atlas (*Cedrus atlantica*) dans la région des Aurès : cas de la Cédraie de Chelia. *Diplôme de magistère en science agronomique. Algérie.*

Benazoun, A and Schvester, D., 1989. Essai de traitement chimique à la deltamétrine sur amandier contre *Scolytus* (*Ruguloscolytus*) *amygdali* guer. *Actes de l'Institut agronomique et vétérinaire* 9(1): 25-30.

Benazoun, A and Schvester, D., 1990. Biologie et cycle de *Scolytus (Ruguloscolytus) amygdali* GUERIN au Maroc. *Actes de l'Institut agronomique et vétérinaire* 10: 21-34.

Ben-Yehuda, S., Tolasch, T., Francke, W., Gries, R., Gries, G., Dunkelblum, D. and Mendel, Z., 2002. Aggregation pheromone of the almond bark beetle *Scolytus amygdali* (Coleoptera: Scolytidae). *IOBC-WPRS Bulletins* 25: 1-12.

Bolu, H. and Legalov, A.A., 2008. On the Cucurlionoidea (Coleoptera) fauna of Almond (*Amygdalus Communis* L.) Orchards in South-eastern and Eastern Anatolia in Turkey. *Baltic Journal of Coleopterology* 8: 75-86.

Buhroo, A.A., Lakatos, F., 2007. On the biology of the bark beetle *Scolytus nitidus* Schedl (Coleoptera: scolytidae) attacking apple orchards. *Acta Silvatica and Lingaria Hungarica* 3: 65-74.

Cherif, R., Trigui, A., 1990. *Ruguloscolytus amygdali* Guerin [*Scolytus amygdali*], scolytid of fruit trees in Noyau in the mid-southern regions of Tunisia. *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie* 63: Note I. pp. 12 pp.

Janjua, N.A., Samuel, C.K., 1941. Fruit pests of Baluchistan. *Imperial Council Agricultural Research Bulletin* 42: 12-28.

Mendel, Z., Ben Yehuda, S., Marcus, R., Nestel, D., 1997. Distribution and extent of damage by *Scolytus spp*. to stone and pome fruit orchards in Israel. *Insect Science and its Application* 17: 175-181.

Poland, T.M., Haack, R.A., 1998. Reading the Lines Under Bark. *Entomology notes published as a service of the Michingan entomological society*. No.25.

Talbi, Y., 2010. Contribution à l'étude des insectes associés au dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans la région de Batna: Cas de la Cedraie de Belezma. *Diplôme de magistère en science agronomique. Algérie.*

Zeiri, A., Braham, M., Braham, M., 2011. Laboratory studies of the Almond Bark Beetle *Scolytus amygdali* Geurin-Meneville, (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) collected in the Center Region of Tunisia. *International Journal of Entomology* 2: 23-30.

Zeiri, A., Ayberk, H., Mejda, D., Braham, M., Braham, M., 2014. Pathogenic fungus against The Almond Bark Beetle *Scolytus Amygdali* Geurin-Meneville (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae): Aspergillus Sp.", *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 24: 71-74.

Zeiri, A., Ayberk, H., Buhroo, A., Braham, M., Braham, M., 2015. Observations on the overwintering forms of *Scolytus Amygdali* (Coleoptera: Curculionidae) In Tunisia, *Munis Entomology and Zoology,* (10), 209-214.

Zouba, A., 2001. In Myrta A. (ed.), Di Terlizzi B. (ed.), Savino V. (ed.). Production and exchange of virus-free plant propagating material in the Mediterranean Region Bari. *CIHEAM Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches* 35: 133-140.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257

Online available at / Çevrimiçi erişim Short Note / Kısa Not
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.48603

Carbon stored in harvested wood products in Turkey and projections for 2020

Olivier Bouyer [1], Yusuf Serengil [2*]

[1] SalvaTerra, 6 rue de Panama, 75018, Paris, France
[2*] Istanbul University, Faculty of Forestry, 34473, Sariyer, Istanbul, Turkey

Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta): serengil@istanbul.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 23.03.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 12.04.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 13.04.2015

Abstract: Turkey is an Annex-I country under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and therefore submits its Greenhouse gases (GHG) emissions and removals from anthropogenic sources to the UNFCCC secretariat on an annual basis, through a National GHG Inventory Report (NIR). GHG emissions and removals from Land Use, Land Use and Forestry (LULUCF) constitute one of the main sectors in this report. One of the major land use categories in this sector is Forestland, and harvests in this category must be considered as a direct GHG emission to the atmosphere, unless the fate of the Harvested Wood Products (HWP) is reported. In this study, we estimated the carbon sequestration in the HWP category of the Turkish NIR, according to the 2006 Guidelines for GHG inventory in the Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) sector, from the International Panel of Experts on Climate Change (IPCC). This is the first time such an estimate of carbon stocks and carbon stock changes in the HWP pool has been carried out in Turkey. The calculation has been done in Tier 2. We used United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) Timber database disaggregated figures for HWP produced in Turkey from 1964 to 2013. We focused on the two main HWP categories, which are sawnwood and wood-based panels. Comparing UNECE data series with Orman Genel Müdürlügü (OGM, the Republic of Turkey, General Directorate of Forestry) data series for industrial roundwood over 1976-2013 (starting date for OGM data series), we noticed some anomalies (with UNECE data series as a basis: max: +47%, min = -23%, mean = +16%). Thus, the UNECE data on sawnwood and wood based panels were corrected based on OGM data. These anomalies could be due to: (i) use of volume over bark for UNECE and volume under bark for OGM (+15% for volume over bark), and (ii) integration of industrial roundwood coming from the private sector for UNECE. In order to ensure coherence, we then corrected the 1976-2013 UNECE data series for sawnwood and wood-based panels production taking into account for each year the percentage of anomaly. However, from 1976 to 1982, the anomalies are much reduced (-1% in average), which allow using the UNECE data series from 1964 to 1975. We estimated the average share of each HWP over the last ten years: 48% for sawnwood and 38% for wood-based panels. The 14% of other HWP are not considered in the analysis, either because they are short-lived products or marginal or difficult to estimate. A projection of HWP has been done until 2020 based on 2 alternative scenarios based on OGM strategy documents: intensive harvesting and extensive harvesting. For each scenario, intensive vs extensive, we disaggregated the 2013-2020 volume of industrial roundwood into the two HWPs, using the calculated percentages. The results of our analysis revealed that the HWP pool can add 3.14 Gg CO2 eq yr^{-1} additional removal to LULUCF sector in the GHG inventory of Turkey for 2013 compared to 1990. The amount of contribution is estimated to rise up to 13.70 Mt CO_2 eq yr^{-1}, and 10.99 Mt CO2 eq yr^{-1} for intensive and extensive scenarios that are developed based on OGM strategic plans in 2020.

Keywords: Climate change mitigation, national GHG inventory, harvested wood products

Türkiye'de hasat edilmiş orman ürünlerinde tutulan karbon ve 2020 projeksiyonları

Özet: Türkiye Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinde (BMİDÇS) Ek-1 ülkesi olarak yer almaktadır. Dolayısıyla diğer ülkelerle beraber insan kaynaklı sera gazı salım ve tutumlarını BMİDÇS sekreteryasına Ulusal Sera Gazı Envanteri (USGE) ile her yıl raporlamaktadır. Bu rapor içerisinde Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (AKAKDO) önemli bir sektör olarak yer almaktadır. Bu sektörde en önemli kategorilerden biri Orman alanlarıdır ve bu alanlarda gerçekleştirilen kesimler (hasat) eğer kesilen ürünlerin kullanım alanları belli değilse atmosfere doğrudan salım olarak raporlanır. Bu çalışmada Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli tarafından geliştirilen Tarım, Orman ve Diğer Arazi Kullanımları Klavuzuna göre USGE'deki Hasat Edilmiş Orman Ürünleri (HOÜ) kategorisinde tutulan karbon miktarı tahmin

To cite this article (Atıf): Bouyer, O., Serengil, Y., 2016. Carbon stored in harvested wood products in Turkey and projections for 2020. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 295-302. DOI: 10.17099/jffiu.48603

edilmiştir. Bu hesaplama HOÜ yer alan karbon stoklarının hesaplanması konusunda ülkemizde yapılan ilk çalışmadır. Hesaplama Seviye-2 düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Hesaplamada Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (BMAEK) tarafından verilen ve alt gruplara ayrılan 1964-2013 dönemi kereste üretim verilerinden yararlanılmıştır. Çalışmada 2 HOÜ kategorisine ağırlık verilmiştir; kereste odunu ve ahşap panel. Fakat veri kullanımında bazı tutarsızlıklara rastlanmıştır. Örneğin 1976-2013 döneminde BMAEK ile Orman Genel Müdürlüğü endüstriyel yuvarlak odun üretim değerleri arasında ciddi farklılıklar göze çarpmaktadır (BMAEK verileri +%47 ile -%23 arasında, ortalamada da +%16 yüksek bulunmuştur). Tutarsızlığın sebepleri şunlar olabilir: (i) BMAEK verileri kabuklu, OGM verileri kabuksuz hacmi göstermektedir (kabuklu hacim yaklaşık %15 fazladır, ve (ii) BMAEK verilerinde özel sektör üretim rakamları da yer almaktadır. Verilerin tutarlılığını sağlamak için 1976-2013 BMAEK kereste ve ahşap panel verileri fark yüzdesi ile orantılı olarak düzeltilmiştir. Öte yandan 1976-1982 döneminde fark çok düşük olduğundan (-%1) 1964-1975 BMAEK verileri kullanılabilmiştir. Her HOÜ kategorisinin son on yıldaki payını tahmin edilmiştir. Buna göre %48 kereste, %38 ahşap paneldir. Geriye kalan %14 kısa ömürlü veya daha az önemli ürünler olup hesaba katılmamıştır. OGM strateji belgelerine dayalı olarak 2020 yılına kadar uzanan iki alternatif senaryo için HOÜ projeksiyonu yapılmıştır: şiddetli kesim ve mutedil kesim. Her iki senaryo için 2013-2020 endüstriyel odun hacmi hesaplanan yüzdeler baz alınarak iki HOÜ kategorisine oranlanmıştır. Yapılan çalışma 1990 yılıyla karşılaştırıldığında HOÜ havuzunun Türkiye'nin sera gazı envanterine AKAKDO sektörü ile 3.14 Gg CO2 eq yr^{-1} fazladan tutum sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Dahası katkı miktarı şiddetli ve mutedil kesim senaryolarına göre 2020 yılında sırasıyla 13.70 Mt CO2 eq yr^{-1} ve 10.99 Mt CO2 eq yr^{-1} a çıkabilir.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliğine karşı azaltım, ulusal sera gazı envanteri, hasat edilmiş orman ürünleri

1.INTRODUCTION

Climate change is a serious global problem, and reductions in greenhouse gasses is an integral part of it (Serengil et al., 2011; IPCC, 2014). Measures to mitigate climate change are becoming more pronounced worldwide as the UNFCCC talks advance towards creating a new agreement beyond 2020 (Serengil and Erden, 2012). Turkey has been a part of this convention since 2004 and thus has been reporting GHG emissions and removals in the LULUCF sector, together with GHG emissions from other sectors, to the UNFCCC secretariat since 2006.

The latest inventory (2012) shows that the LULUCF sink (mainly forest) is estimated to offset 16% of the total GHG emissions of Turkey (NIR, 2014). However, the percentage decreases due to faster increasing emissions in other sectors (i.e. energy, solvents and products use, waste). An impressive improvement of the Turkish forests in terms of area and standing volume can be observed for the past decades: massive efforts in terms of rehabilitation of degraded forests and afforestation, conversion of coppices to high forest, strong improvement of the forest fire fighting and forest health measures, etc. All this has resulted in an increase in forest biomass stock, allowing for an increase of harvesting since the 2000's. This is clearly seen in the GHG reports of Turkey.Based on latest inventory assessments (ENVANIS), there is around 21.9 M ha of forest in Turkey (27% of the country), 54% considered "productive" (above 10% of forest cover) and 46% considered "degraded" (between 1% and 10% of forest cover).

Turkey is an Annex 1 Party in the convention with "specific circumstances": because of its fastest population growth rate among all Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) countries and its lowest energy related CO_2 emissions per capita among International Energy Agency (IEA) countries. The name of Turkey was deleted from the Annex 2 of the UNFCCC and was not included in the Annex B of the both terms of Kyoto Protocol. This means that Turkey has no legally binding emission reduction objective but is expected to take action after 2020 with the new agreement that is supposed to be accepted in Paris this year (2015). In the context of the preparation of a 2015 multilateral treaty on climate change, which would enter into force in 2020, differentiation among Annex 1 and non-Annex 1 Parties may be revisited and this may end up with positive consequences for Turkey. Thus, mitigation efforts can be rewarded.

There are several options to mitigate climate change. The most obvious one is to avoid deforestation and forest degradation (Buizer et al., 2014). Often considered for tropical developing countries (deforestation and forest degradation due to the large scale agroindustry, slash-and-burn cropping, illegal logging, etc.), policies and measures for avoiding deforestation and forest degradation (Carrasco and Papworth, 2014) can also be implemented in developed countries: improving the fire-fighting system, increasing resilience of forests stands to extreme events such as storms, promoting reduced impact logging, etc. In temperate

forests, gains can vary from few tCO_2eq (avoiding forest degradation) to hundreds of tCO_2eq/ha (avoiding deforestation) each year.

In addition to this, carbon removals in existing forests can be improved via sustainable forest management practices (Makkonen et al., 2015): by using selected species, lengthening rotations, rejuvenating old forest stands, etc. In temperate forest, gains are in the order of few tCO_2 eq/ha/year. Afforestation/Reforestation (A/R) is another significant option. It covers different modalities of conversion of non-forest land into forest land (planting, seeding, assisted natural regeneration, etc.).

Biomass resources like wood (firewood, wood pellets, granulated wood, etc.) can be used for energy production (heat and/or electricity) which adds up to mitigation capacity (Haus et al., 2014; Muench, 2014). Forest biomass resources are carbon neutral over the medium to long- term if (an only if) the forest is sustainably managed. One Ton of Oil Equivalent (toe) can be substituted by four cubic meter of fresh wood and, consequently, avoids the emission of three tCO_2eq. Finally, a large portion of carbon can be stored in long-life HWP (wood frame, wardrobe, etc.) or medium to short-life wood products (wooden crates, cardboard, etc.). If the storage is longer than 100 years (average lifetime of the CO_2 in the atmosphere), then one cubic meter of wood equals to one tCO_2eq avoided (Donlan, 2012; Sikkema et al., 2013).

It is worth noting that, in addition to the storage effect of HWP, there is also a substitution effect: indeed, a portion of HWP can also be used as building and housing materials instead of "fossil" materials (iron, concrete, glass, etc.), therefore avoiding GHG emissions due to the processing of such "fossil" materials. In France, for instance, one cubic meter of wood used as building or housing material avoids 0.8 tCO_2eq in average (*Institut technologique Forêt-Cellulose-Bois-construction-Ameublement* – FCBA, 2011).

In this study, we estimated the carbon sequestration in the HWP category of the Turkish NIR, according to IPPC (2006) Guidelines. In other words we calculated the carbon balance of HWP in Turkey. This is the first time such an estimate of carbon stocks and carbon stock changes in the HWP pool has been carried out in Turkey.

2. MATERIAL AND METHODS

In order to estimate annual changes in HWP, we used the general method explained in Equ. 12.1 of the IPCC (2006) guidelines:

$$C(i+1) = \exp(-k) \times C(i) \times [(1-\exp(-k))/k] \times \text{inflow}(i),$$

Where, k = decay constant of first order decay (/yr) = log(2)/HL, with HL = half-life (yr)
C(i) = carbon stock of HWP in the beginning of the year I (GgC)
$\Delta C(i) = C(i+1) - C(i)$ (GgC/yr), with C(i) = 0 in 1990
Inflow (i) = inflow to the HWP pool during the year I (GgC/yr)

We used the following default values for our calculations (Table / Tablo 1):

Table 1. Default values used to estimate carbon stock changes in HWP pool (IPCC, 2006)
Tablo 1. HOÜ havuzundaki karbon stok değişiminin hesaplanmasında kullanılan geçerli (default) değerler (IPCC, 2006).

Default value for rate of increase from 1900 to 1964, based on Table 12.3 from AFOLU 2006	
	0,015
Defaut value for "HL", half-life (yr), from FCCC/KP/AWG/2010/CRP.4/Rev.4 (para 7, page 31)	
Sawnwood (yr)	35
Wood-based panels (yr)	25
Estimate of "k", decay constant of 1st order decay (/yr), based on Equ. 12.1 from AFOLU 2006	
Sawnwood (yr)	0,020
Wood-based panels (yr)	0,028

We did the calculations in four steps:

- Corrected 1900-2013 data series: the UNECE Timber database gives disaggregated figures for HWP produced in Turkey from 1964 to 2011. We focused on the two main HWP categories, which are sawnwood (UNECE code: 5) and wood-based panels (UNECE code: 6).

Comparing UNECE data series with OGM data series for industrial roundwood over 1976-2013 (starting date for OGM data series), we noticed some anomalies (with UNECE data series as a basis: max: +47%, min = -23%; mean = +16%). These anomalies could be due to two things: (i) use of volume over bark for UNECE and volume under bark for OGM (+15% for volume over bark), (ii) integration of industrial roundwood coming from the private sector for UNECE.

In order to ensure coherence, we then corrected the 1976-2011 UNECE data series for sawnwood and wood-based panels taking into account for each year the % of anomaly. Luckily, from 1976 to 1982, the anomalies are very reduced (-1% in average), which allow using the UNECE data series from 1964 to 1975. After that, we used the corrected 1964-2013 data series and we extrapolated the 1900-1963 data series (starting in 1964) using the default value for rate of increase of HWP in Europe, based on Table 12.3 from AFOLU 2006. We estimated complete 1900-2013 data series for all the categories;

- Share of HWP categories over 2012-2020: We estimated the average share of each HWP over the last ten years: 48% for sawnwood and 38% for wood-based panels (the 14% of others HWP were not considered in the analysis, either because they were short-lived products or marginal or difficult to estimate). Then we used strategy documents of the OGM to analyse the harvest scenarios until 2020. We found out that there are 2 possible scenarios to close the gap between wood demand and supply; extensive and intensive. For each scenarios, we disaggregated the 2013-2020 volume of industrial roundwood into the two HWPs, using the calculated %. Assuming OGM harvests 90 Mm3 of industrial roundwood from 2013 to 2017, the increase of OGM production of industrial roundwood is estimated to increase gradually: 14.7 Mm^3 in 2013, 16 Mm^3 in 2014, 18 Mm3 in 2015, 20 Mm^3 in 2016, 21.3 Mm^3 in 2017 (90 Mm3 in total). After that, we assume the same trend will continue up to 26.4 Mm^3 by 2020. Only considering the effective thinning of forests, according to the management plans prescriptions, an increase of total roundwood production of 25 Mm^3 by OGM would be possible by 2020. It would imply an intermediate objective of 21 Mm^3 by 2017. This later situation represents the extensive scenario.

- Inflow of HWP over 1900-2020: We multiplied the four data series (two scenarios x two HWPs) expressed in '000 m^3/yr by the "weighted" Basic Wood Density factor (D, tdm/m^3) calculated for mixed forest in Turkey. The default CF value was used to convert dm into C and 44/12 into CO_2 equivalent.

- Carbon stock and carbon stock changes in HWP: For each data series, we applied the Equ. 12.1 (IPCC, 2006), using the ad hoc default values presented.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Carbon Stock Changes (CSC) in HWP

The major tree species in Turkey are given in Table / Tablo 2. The wood density (D) values compiled by Tolunay (2011) have been calculated as the aerial cover weighted mean for the top ten coniferous (0.458 ton/m^3) and deciduous species (0.549 ton/m^3) and their total as the mixed coefficient (0.489 ton/m^3).

Table 2. The major tree species in Turkey in 2014 (ENVANIS, 2014) and their wood density values based on country specific data (Tolunay, 2011).
Tablo 2. Türkiye'de 2014 yılı için ana ağaç türleri (ENVANIS, 2014) ve ülkeye özgü verilere dayalı odun yoğunluğu değerleri (Tolunay, 2011).

Main species	Area (ha)	Area (%)	D (wood density) Tonnes dm/ m^3 moist volume)
Calabrian pine	3,202,343	27.7	0.478
Larch	2,564,720	22.2	0.470
Oak	2,137,486	18.5	0.570
Beech	1,621,257	14.0	0.530
Scots pine	738,495	6.4	0.426
Fir	406,498	3.5	0.350
Spruce	228,786	2.0	0.358
Cedar	220,328	1.9	0.430
Alder	99,984	0.9	0.407
Juniper	89,474	0.8	0.460

The CSC have been calculated by using an excel spreadsheet (Table / Tablo 3) using the calculated (country specific) D values and a default CF value of 0.5 given in IPCC (2006).

The harvest rate was high in the 70's (above 20 Mm^3, made of firewood for roughly 75%). From there, it decreased to its lowest level at the beginning of the 2000's (12.5 Mm^3/yr in 2001), before rising again till now. It is worth noting that the harvest of firewood constantly decreased while the harvest of industrial roundwood, that stayed stable from the 70's to the 2000's (around 7 Mm^3/yr), started to increase strongly after (Figure 1).

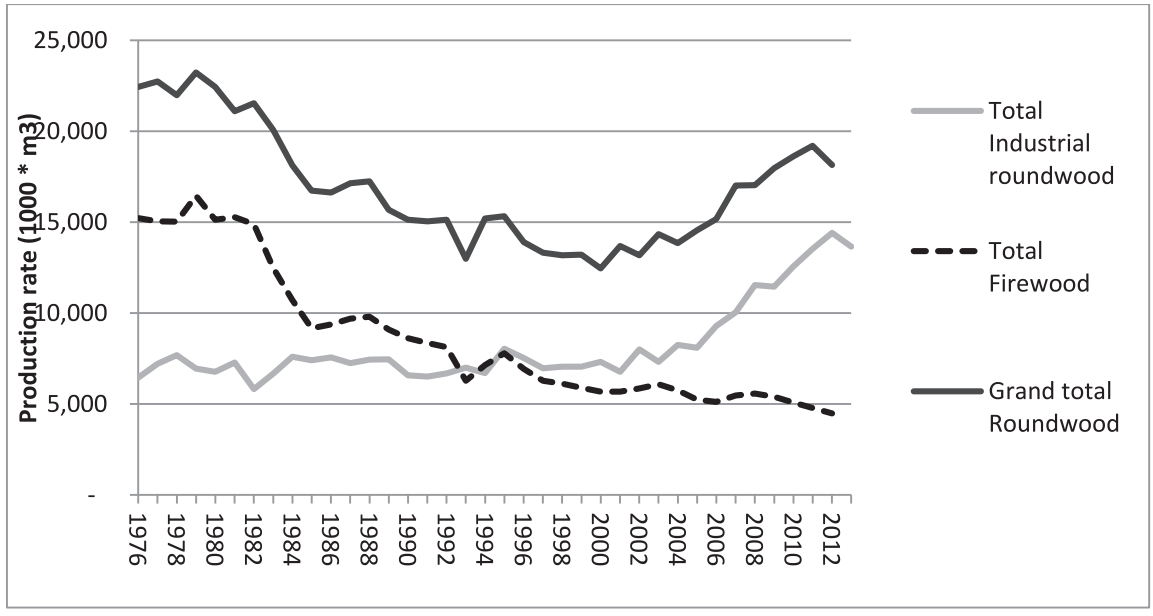


Figure 1. Annual harvest (ind. roundwood and firewood) in '000 m3 from 1976 to 2013 (OGM, 2014).
Şekil 1. 1976 yılından 2013'e yıllık kesim miktarları (x1000 m3 cinsinden endüstriyel yuvarlak odun ve yakacak odun).

Table 3. The calculation procedure for HWP for extensive (ext.) and intensive (int.) scenarios.
Tablo 3. Şiddetli ve mutedil kesim senaryoları için HOÜ hesaplama prosedürü.

	Production (in '000 m^3, otherwise precised)	**1978**	**2020**	**Explanations**
IR-UN	Industrial Roundwood (UNECE, overbark)	7.863		
SW-UN	Sawnwood (UNECE)	4.650		
	% Sawnwood (UNECE)	59%	48%	SW/IR*100
WP-UN	Wood-based panels (UNECE)	541		
	% Wood-based panels (UNECE)	7%	38%	WP/IR*100
IR-OGM	Industrial roundwood (OGM only, underbark)	7.694		
	Diff UNECE vs OGM (1977-2011)	2%	32%	(IR-UN)-(IR-OGM)/(IR-OGM)*100
SW-C	Sawnwood (UNECE, corrected)	4.548		
WP-C	Wood-based panels (UNECE, corrected)	529		
IR-OGMint	Industrial roundwood (OGM only, Int. Scen)	7.694	26.359	
IR-OGMext	industrial roundwood (OGM only, Ext. Scen)	7.694	22.378	
=SW-C	P° Sawnwood Production (Int Scen)	4.548	12.627	
=WP-C	P° Wood-based panels Production (Int Scen)	529	9.908	
=SW-C	P° Sawnwood Production (Ext Scen)	4.548	10.720	
=WP-C	P° Wood-based panels Production (Ext Scen)	529	8.412	
I-SWint	Inflox sawnwood (Int Scen) in '000 tC/yr	1.075	3.087	=(SW-C)*D*CF
I-WPint	Inflow wood-based panels (Int Scen) in '000 tC/yr	125	2.422	=(WP-C)*D*CF
I-SWext	Inflow sawnwood (Ext Scen) in '000 tC/yr	1.075	2.621	=(SW-C)*D*CF
I-WPext	Inflow wood-based panels (Ext Scen) in '000 tC/yr	125	2.056	=(WP-C)*D*CF
CS-SWint	Carbon stock sawnwood (Int Scen) in '000 tC/yr	12.698	44.232	Eq.12.1.(IPCC, 2006)
CS-WPint	Carbon stock wood-based panels (Int Scen) in '000 tC/yr	786	21.382	Eq.12.1.(IPCC, 2006)
CSC-Int	Changes in HWP C stocks in '000 tC/yr (Int Scen)	590	3.734	((CS-SWint (i)+ CS-Wpint) (i)) / ((CS-SWint (i-1)+ CS-Wpint) (i-1))
CSC-Int	Net removals in $MtCO_2eq/yr$ (Int Scen)	-2,16	-13,69	CSC-Int*-44/12/1000
CS-SWext	Carbon stock sawnwood (Ext Scen) in '000 tC/yr	12.698	42.530	Eq.12.1.(IPCC, 2006)
CS-WPext	Carbon stock wood-based panels (Ext Scen) in '000 tC/yr	786	20.068	Eq.12.1.(IPCC, 2006)
CSC-ext	Change in HWP C stocks in '000 tC/yr (Ext Scen)	590	2.992	((CS-SWext (i)+ CS-WPext) (i)) / ((CS-SWext (i-1)+ CS-WPext) (i-1))
CSC-ext	Net removals in $MtCO_2eq/yr$ (Int Scen)	-2,16	-10,97	CSC-Int*-44/12/1000

The main explanations for these trends are the following: (i) Industrial roundwood: "*Demand for industrial wood in Turkey is steadily increasing, mainly to meet the needs of the construction industry […] Imports of forest products (excluding wood furniture) was about 1 200 MUS$ in 2007 and by far exceed exports (US$ 455 MUS$)*" (HAASE – FAO, 2011), (ii) Firewood: numerous reports point out the massive rural exodus, that explains the decrease in demand.

For 2007-2011, the average harvest was 17.2 Mm^3 (45% of the volume increment, according to ENVANIS data, 2014), made of 77% coniferous and 23% deciduous, and divided into industrial roundwood for 69% and firewood for 31%. After firewood, logs (third quality for 98% of the volume) are the main products (29% of the total harvest, 18.5% of coniferous and 5.5% of deciduous), followed by fiber chips (23.8%), and pulp wood (12%). The remaining products (electric poles, mining poles, small logs, etc.) are marginal (8.2%) (Wood Marketing Division of OGM, 2014).

The influence of harvest rates and shift in product types for the last 2 decades added further carbon storage in the wood products circulating in the country. The amount of carbon in HWP was 4368.2 Mg CO2 eq in 1990. It decreased to 546.06 Mg CO2 eq in 1999 and started to increase again steadily until 2013 (Figure / Şekil 2). The amount of carbon in HWP in 2013 reached to 7509.27 Mg CO2 eq which reflects an increase of 3141.07 Mg CO2 eq since 1990 with an average increase of 130.88 CO2 eq per year.

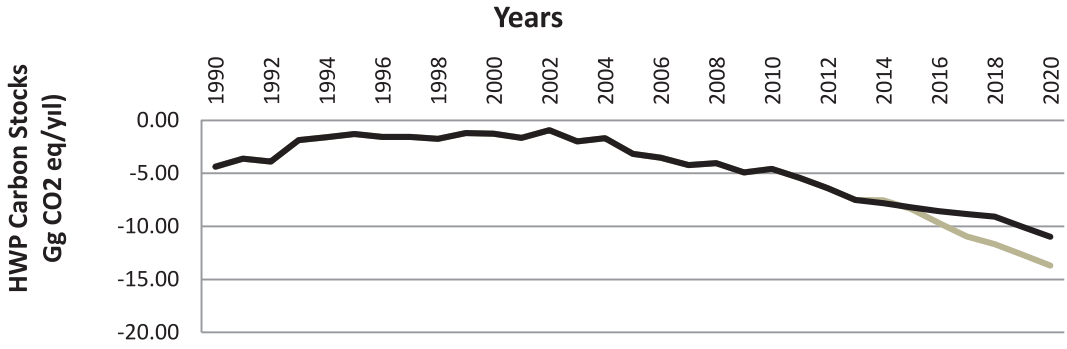


Figure 2. Estimate of carbon stock changes of the HWP pool in Turkey, from 1990 to 2020 (Bouyer et al., 2014). The grey line represents intensive, black line represents extensive scenarios.
Şekil 2. HOÜ havuzundaki 1990'dan 2020'ye kadarki karbon stok değişim tahmini (Bouyer ve ark., 2014). Gri çizgi şiddetli, siyah çizgi ise mutedil kesim senaryolarını ifade etmektedir.

The total 7509.27 Mg CO2 eq in 2013 represents a significant amount of removal which is more than 10 percent of the LULUCF sector total. It is also good news for Turkey as the amount is expected to increase in both scenarios (intensive and extensive). In extensive scenario the removals in HWP reaches 1099.14 Mg CO2 eq while it reaches 1370.79 Mg CO2 eq according to intensive scenario.

4. CONCLUSION

In Turkey, the use of firewood has been decreasing, with the development of alternative sources of energy. This causes a shift in the use of wood from firewood to industrial roundwood. The demand to the industrial roundwood also increases with economic growth. The shift in use of the wood together with increased demand result in an increase in the volume of HWP with longer life cycle. We can anticipate this sectorial trend to go on as it is in the next decade.

Turkey has the largest increase in GHG fossil emissions among all other Annex-I countries. This means that increasing removal in the LULUCF sector is very important to counterbalance the emissions. Therefore we suggest estimating carbon stock changes in the HWP pool in the annual GHG inventory of Turkey. Turkey has plans to increase harvest rate until 2020 to match an increased demand. This means that the share of HWP will also increase if the harvests are used in long duration wood products. This will ultimately contribute a lot to the economy of the Turkish forest sector and the mitigation of climate change.

In addition to these; we anticipate that a more comprehensive assessment of the HWP in the country with a more disaggregated data might add more removal and help offset Annex-A emissions of the country. A database established under the OGM GHG inventory unit would fulfil this task.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

Bouyer, O., Ulgen, H., Serengil, Y., Liagre, L., 2014. Cost and Benefit Assessment of Implementing LULUCF Accounting Rules in Turkey. 1st Carbon Summit. Istanbul, Turkey.

Bouyer, O., Serengil, Y., 2014. Cost and Benefit Assessment of Implementing LULUCF Accounting Rules in Turkey. OGM. Istanbul, Turkey. 84 p. (+ tables in annexes).

Buizer, M., Humphreys, D., De Jong, W., 2014. Climate change and deforestation: The evolution of an intersecting policy domain. *Environmental Science and Policy* 35: 1-11.

Carrasco, L.R., Papworth, S.K., 2014. A ranking of net national contributions to climate change mitigation through tropical forest conservation. *Journal of Environmental Management* 146: 575-581.

Donlan, J., Skog, K., Byrne, K.A., 2012. Carbon storage in harvested wood products for Ireland 1961–2009. *Biomass and Bioenergy* 46: 731-738

FCBA., 2011. Carbone Forêt-Bois: Des faits et des chiffres. 15p.

HAASE (FAO), 2011. Overview of the forestry sector in Turkey. 6p (Apr. 2011)

Haus, S., Gustavsson, L.,Sathre, R., 2014. Climate mitigation comparison of woody biomass systems with the inclusion of land-use in the reference fossil system. *Biomass and Bioenergy* 65: 136-144.

IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Uses. 678 p.

IPCC, 2014. Summary for policymakers. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New york, USA (2014) (Contribution of working group III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change).

Makkonen, M., Huttunen, S., Primmer, E., Repo, A., Hildén, M., 2015. Policy coherence in climate change mitigation: An ecosystem service approach to forests as carbon sinks and bioenergy sources. *Forest Policy and Economics* 50:153-162.

Muench, S., 2014. Greenhouse gas mitigation potential of electricity from biomass. *Journal of Cleaner Production*. In press. doi:10.1016/j.jclepro.2014.08.082

NIR,2014.http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories submissions/items/8108.php

Serengil, Y., Augustaitis, A., Bytnerowicz, A., Grulke, N., Kozovitz, A.R., Matyssek, R., Mueller-Starck, G., Schaub, M., Wieser, G., Coskun, A.A., Paoletti, E., 2011. Adaptation of forest ecosystems to air pollution and climate change: a global assessment on research priorities. *IForest Biogeosciences and Forestry* 4: 44-48.

Serengil, Y., Erden, H., 2012. Durban climate deal and LULUCF. *International Journal of Environmental Studies* 69(1): 169-171.

Sikkema, R., Junginger, M., McFarlane, P., Faaij, A., 2013. The GHG contribution of the cascaded use of harvested wood products in comparison with the use of wood for energy - A case study on available forest resources in Canada. *Environmental Science and Policy* 31: 96-108.

Tolunay, D., 2011. Total carbon stocks and carbon accumulation in living tree biomass in forest ecosystems of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35: 265-279.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257

Online available at
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.90867

Short Note / Kısa Not

Selanik'te bulunan Atatürk Evi bahçesindeki tarihi nar ağacına uygulanan bakım ve koruma önlemleri

Süleyman Çoban [1*]

[1*] Istanbul University, Faculty of Forestry, Department of Silviculture, 34473, Sarıyer, Istanbul, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** scoban@istanbul.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 26.03.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 28.04.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 01.05.2015

Özet: Selanik Atatürk Evi'nin bahçesindeki Atatürk'ün babası Ali Rıza Efendi tarafından dikildiği rivayet olunan tarihi nar ağacı, tarihi ve kültürel değeri nedeniyle müzenin en çok ilgi çeken noktalarından biri haline gelmiştir. Ancak doğal yaşlanma sürecinin getirdiği sorunların yanı sıra, müzenin restorasyon çalışmaları kapsamında bahçede gerçekleştirilen düzenlemeler ve ağaca uygulanan yanlış bakım müdahaleleri nedeniyle ağacın sağlığında ciddi bozulmalar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle ağacın çöküş sürecini önleyerek uzun süre hayatta kalabilmesi için düzenli bakım müdahaleleri zorunlu hale gelmiştir. Bu çalışmada, bilimsel literatürde bilinen uzun ömürlü anıt veya anıtsal nitelikteki ağaçlarda uygulanan özel tek ağaç bakımı ve korunması önlemlerinin nar gibi bilimsel literatürde örneği olmayan bir ağaçta uygulanması ile ilgili teknik bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arborikültür, ağaç tedavisi, budama, ağaç destekleme, ferahlandırma budaması, *Punica granatum*

Maintenance and conservation of historical pomegranate tree in the garden of Thessaloniki Ataturk's House

Abstract: Historical pomegranate tree in the garden of Atatürk's House in Thessaloniki storied that planted by the father of Ataturk, Ali Rıza Efendi, has been one of the most attractive points at the museum. However, in addition to the problems of natural ageing period, constructional works in the garden during restoration of the museum and unappropriate prunings caused serious health problems on the tree. For this reason, in order to cease or delay tree collapsing period and prolong survival of the tree, regular maintenance treatments have to be conducted. In this study, technical information has been given regarding the precautions of specific tree maintenance and conservation works, which are normally applied to long lived monumental trees in the literature, on the pomegranate tree. However, these precautions have not been previously applied on such a tree, particularly on the pomegranate tree.

Keywords: Arboriculture, Tree surgery, pruning, tree supporting, crown thinning, *Punica granatum*

1. GİRİŞ

Tüm kültürlerde ve çağlarda ağaçlara gençleşme, yeniden dirilme gibi anlamlar yüklenerek evrensel bir sembol olarak bakılmaktadır. Özellikle büyük boyutlara ya da yaşlara ulaşan ağaçlar, insanların daha fazla dikkatini çekmiştir (Caramiello ve Grossoni, 2004). Peyzajın temel bileşenlerinden biri olan ağaç her zaman güvenirliliği (=kararlılık, sağlamlık) sembolize etmiş olup; büyüme, gelişme, koruma, uzun yaşam, kök salma ve yaş gibi kavramlarla ilişkilendirilmiştir. Dolayısıyla insanoğlunun varlığının güvenilir bir aynası olduğu için, ağaç dikmenin her zaman manevi bir anlamı olmuştur (Devecchi, 2004). Türk sosyal hayatında ağaç kültürü önemli bir yere sahiptir. Türk insanı eski devirlerden beri ağacın oluşumu ile kendi hayatının doğal seyri arasında bir benzerlik olduğunu keşfetmiş ve yaşadığı her coğrafyada yaşam alanlarıyla ağaçlar

To cite this article (Atıf) : Çoban, S., 2016. Selanik'te bulunan Atatürk Evi Bahçesi'ndeki tarihi nar ağacına uygulanan bakım ve koruma önlemleri. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 303-317. DOI: 10.17099/jffiu.90867

arasında bir ilişki kurmuştur. Bu inanışın bir sonucu olarak evlerin bahçelerine, mabetlerin çevrelerine ve mezarlıklara ağaç dikmenin kutsal bir görev olduğuna inanılmıştır (Işık, 2004).

Yaşam alanlarında gerek kutsal bir görev olarak gerekse meyvelerinden faydalanmak üzere dikilen ağaçlar; yaşayan tanıklar olarak insanların anılarını canlı tutmakta ve geçmişten günümüze kalmış değerli bir emanet gibi insanlarda derin bir saygı uyandırmaktadır. Yaşam alanlarına dikilen ağaç türlerinin seçiminde, toplumların inanç ve kültürlerindeki taşıdığı anlamlar da etkili olmaktadır. Bu ağaçlar arasında yer alan nar, tarih öncesi toplumlardan günümüze kadar sağlık kaynağı meyvelere sahip olmaları yanında; dini kitaplarda, mitolojik öykülerde ve Türk halk kültüründe adına sıkça rastlanması yönüyle dikkat çekicidir. Nar ağacı, toplumların inanç ve kültür hayatlarında doğurganlık, bolluk ve refah gibi anlamları sembolleştirmesi nedeniyle manevi bir değere sahip olmuştur (Cerrahoğlu, 2012). Selanik-Atatürk evi bahçesinde bulunan nar ağacının Atatürk'ün babası Ali Rıza Efendi tarafından dikilmiş olduğu ile ilgili rivayetler nedeniyle bu ağaca verilen önem daha da artmıştır. Bu ağacın gerçekten Atatürk'ün babası Ali Rıza Efendi tarafından mı dikildiği ya da en azından Atatürk'ün çocukluk dönemlerinde hayatta olup olmadığı sorusunun cevabı biyolojisinde yatmaktadır. Nar ağacının yaşama gücü, 15 yıl ve biraz daha fazla bir sürede azalmaya başlamasına karşılık dip kısımdan yeni sürgünler gelişmekte, böylece 200 yıldan daha fazla yaşamını sürdürebildiği bilinmektedir (Glozer ve Ferguson, 2011; Heflebower ve Morris, 2013). Nitekim, Fransa'daki Versay Sarayı bahçesinde 200 yaşından fazla bireyleri bulunduğu bildirilmektedir (Jurenka, 2008; Johnson, 2002). Müzedeki nar ağacında yapılan incelemelerde dipten itibaren 3 çatalı bulunan nar ağacının yaklaşık 70 yaşlarında olduğu tahmin edilmiştir (Resim / Picture 1). Ancak kuvvetli sürgünler vermesi nedeniyle, genç sürgünlerle kendini yenilediği, kütük kısmında yer alan kesim yüzeylerinden anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, kesin bir kaynak olmamasına rağmen kök yaşı itibariyle Atatürk'ün çocukluğunu geçirdiği dönemlerde yaşıyor olması kuvvetle muhtemeldir.

Resim 1. Selanik Atatürk Evi bahçesindeki nar ağacının konumu.
Picture 1. Location of the pomegranate tree in the garden of Atatürk's House in Thessaloniki.

Atatürk Evi, arşiv belgelerine göre 1870 yılından önce Rodoslu Müderris Hacı Mehmet Vakfı'nca yaptırılmıştır. Ali Rıza Efendi, bu evi Atatürk'ün doğumundan birkaç yıl önce kiralamıştır (Anadol ve Arıoğlu, 1981). Ali Rıza Efendi'nin 1888'de vefatından sonra, Zübeyde Hanım çocuklarıyla beraber bu evin bitişiğindeki daha küçük bir eve taşınmıştır. II. Meşrutiyet'in ilanından sonra Selanik'e görevlendirilen Atatürk, bu dönemde annesi ve kız kardeşiyle birlikte bu evde kalmıştır. Mustafa Kemal 1906'da Şam'dan Selanik'e gelerek Vatan ve Hürriyet Cemiyeti'ni kurduğunda bu evde toplantılar yapmıştır. Atatürk, Selanik'ten ayrıldıktan sonra annesi ve kız kardeşi bir süre daha bu evde yaşamıştır. 1912'de Selanik Yunanistan'ın yönetimine geçince Atatürk'ün annesi ve kız kardeşi de Selanik'ten ayrılarak İstanbul'a

gelmek durumunda kalmışlardır. Lozan Antlaşması uyarınca Yunan hükümetine bırakılan ev, 1937 yılında Selanik Belediyesi tarafından satın alınmış ve Atatürk'e armağan edilmiştir (Anadol ve Arıoğlu, 1981). 1940 yılında evin yenilenmesi için başlatılan çalışmalar, İkinci Dünya Savaşı ve Alman işgali sonrasında, ancak 1950 yılında tamamlanabilmiştir. Sonraki süreçte Türkiye'nin üçüncü Cumhurbaşkanı Celal Bayar'ın desteği, Prof. Dr. Enver Ziya Karal ve eşi Fatma Karal'ın katkılarıyla, Atatürk'ün ölümünün 15. yıl dönümü olan 10 Kasım 1953 tarihinde "Atatürk Evi" ziyarete açılmıştır.

Bu çalışmada, Selanik-Atatürk Evi bahçesinde yer alan tarihi nar ağacı üzerinde arborikültürel analiz ve değerlendirmeler yapılarak, bilimsel literatürde bilinen uzun ömürlü anıt veya anıtsal nitelikli ağaçlarda uygulanan özel tek ağaç bakımı ve korunması önlemlerinin nar gibi bilimsel literatürde örneği olmayan bir ağaçta uygulanması ile ilgili bilgiler verilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Narın (*Punica granatum* L.) Botanik Özellikleri ve Ekolojisi

Punicaceae familyasına bağlı bir tür olan nar (*Punica granatum* L.), insanlığın bilinen en eski meyvelerinden biri olup ilk kültüre alınan bitkiler arasında yer almaktadır. Tarihi kaynaklara göre ilk olarak M.Ö. 4000-3000 arasında kültüre alındığı tahmin edilmektedir. *Punica* cinsi, *Punica granatum* L. ve *Punica protopunica* Balf. olmak üzere iki türe sahiptir. Bununla birlikte küçük süs narı olan *P. nana* L. da bazı yazarlar tarafından ayrı bir tür olarak kabul edilmektedir. *Punica granatum* L., çekirdekli elma anlamına gelen "*Pomuni granatum*" dan adını almıştır. Kültüre alınan en eski bitkilerden olan nar ağacı, insanlık tarihinde önemli bir yere sahip olmuştur. Ayrıca, tüm kutsal kitaplarda adından bahsedilen, Musevilik, Hıristiyanlık ve İslamiyet'te özel anlamlar yüklenen bir bitkidir. Narın anavatanının Orta Asya, özellikle Kafkasya-Hazar arasındaki İran bölgesi olduğu ve dünyanın diğer bölgelerine buralardan yayıldığı düşünülmektedir. Çoğu kaynakta İran, Kafkasya ve Kuzey Hindistan çevresi narın anavatanı olarak işaret edilse de Anadolu ve bütün Akdeniz Havzası'nı da içine alan çok daha geniş bir sahada binlerce yıldır tanınmaktadır (Harlan, 1992; Verma ve ark., 2010; Kurt ve Şahin, 2013).

Nar, 5-10 m boylarında çalı ya da ağaççık görünümünde bir bitkidir. Gövde kabuğu koyu gri renkli, genç sürgünler çoğunlukla dört köşeli ve bazen dikenlidir. Çoğunlukla kısa lateral sürgünler üzerinde toplanmış olan yapraklar; karşılıklı, kısa saplı, basit, 2-8 cm uzunlukta, yumurta veya ters yumurta şeklinde, parlak-parlak yeşil, ve çıplak (tüysüz)'dür. Çiçekler, aynı yılın sürgünleri üzerindeki tomurcukların patlamasından yaklaşık bir ay sonra ortaya çıkmaktadır. Sürgünler üzerinde tek, çift veya küme şeklinde yer almaktadır. Aynı ağaç üzerinde; hermafrodit, erkek ve ara formlar olmak üzere üç tip çiçek bulunmaktadır. Işık ihtiyacı yüksek olan nar ağacı, aşırı siperden zarar görmektedir (da Silva ve ark., 2013).

Nar ağacı, kurak koşullara dayanıklılıklarından dolayı kurak bölgelerde yetiştirilmesi en uygun türlerden kabul edilmektedir. Bu yüzden, Akdeniz, tropikal ve subtropikal alanlarda yetiştirilmektedir (Mars, 2000). Kültüre alındığında ise toprak açısından fazla seçici olmamakla beraber özellikle derin, geçirgen ve nemli topraklarda iyi bir gelişim göstermektedir (Ünal, 2011'e atfen Kurt ve Şahin, 2013).

2.2 Narın (*Punica granatum* L.) Büyüme Özellikleri

Ağaççık veya çalı formunda bir odunsu bitki olan nar, bir kökten çok gövdeli bir yapı oluşturma eğilimindedir. Dallanma morfolojisi bakımından simpodial dallanma gösterir (Finn ve ark., 2007). Bununla ilişkili olarak, kültüründe toprak seviyesinden gelişen 3 ila 5 gövdenin (çatal dal) "açık vazo" şeklinde yetiştirilmesine çalışılır. Toprak altı ve üstü kısımlarından çok sayıda sürgün verebilme yeteneği olan nar ağacının yetiştirilmesinde, geleneksel olarak "çoklu gövde yöntemi" kullanılmaktadır (Blumenfeld ve ark., 2000). Bu dallardan birinin kaybedilmesi durumunda, sürgünlerden biri yenilenmeyi sağlayan rezerv olarak gelişmeye bırakılmaktadır (Holland ve ark., 2009). Dolayısıyla, nar ağacının bir kökten çok gövdeli gelişim yapma özelliği taşıması nedeniyle, varlığının devam ettirilmesi istendiğinde kök ya da kütük üzerindeki doğal gövde oluşum-değişim döngüsü dinamiğinden yararlanmak kolay ve rasyonel bir yoldur.

2.3 Atatürk Evi Bahçesindeki Nar Ağacının Sağlık Durumu ve Yapılan Tespitler

Tarihi nar ağacı, Selanik Atatürk Evi Müzesi'nin ziyaretçi giriş kapısının da yer aldığı arka bahçede bulunmaktadır. Ağacın yanında Atatürk'ün çocukluğunda bu ağacın altında oynadığını belirten tabela bulunması nedeniyle ziyaretçilerin yoğun ilgisini çekmektedir.

Ağacın boyu 8.1 m olup, halen 3 çatal gövdeden oluşmaktadır (göğüs yüksekliğindeki çaplar: d_1= 22,9 cm, d_2= 25,5 cm, d_3= 17 cm). Gövde üzerinde ve tepe tacı içerisinde daha önceden yapılan kesimlerden kalan çok sayıda kurumuş dal ve dal parçaları bulunmaktadır. Ağacın kök çevresine beyaz taşlarla kaplı toprak yığılmıştır (Resim 3). Ayrıca ağacın dip kısmında aynı kökten çıkan tamamen kurumuş ve üzerinde yeni sürgünler vermiş iki kütük bulunmaktadır.

Ağacın tepe tacını oluşturan ana çatal dallar üzerinde derin kovuk ve çürüklükler bulunmaktadır. Ayrıca tekniğine uygun olmayan budama çalışmaları sonucunda gövde üzerinde kabuk sıyrılması ve açık budama yüzeylerinden enfeksiyona bağlı çürümeler nedeniyle kovuk oluşumları görülmüştür. Kesim yüzeylerinin yara macunu ile kapatılmaması nedeniyle çürüklük gövde içine doğru ilerlemiştir (Resim / Picture 2). Ağaç, fizyolojik gelişme evreleri dikkate alındığında 8. gelişme evresinde yer almaktadır. Ağaç bu evrede en muhteşem çağındadır, ancak yaşamsal bakımdan da kritik bir sürece girmiş ve oldukça hassaslaşmıştır. Ayrıca ağaçların bu evrede büyüme güçleri belirgin ölçüde zayıflar, kalıcı tepe tacının alt kısmında kalan ana dallar, ağırlıklarının baskısı altında yavaş yavaş çökerler. Bu evrede, ana dalların alt yüzlerinde görülen kurumalar yaygınlaşır. Üst yüzlerinde görülen kısmı proleptik yinelenmelerle, gerekli yaprak kitlesinin oluşumu devam ettirilmeye çalışılır. Sonuç olarak, bu evrede gerçekleştirilecek olan budamalarda dalların üst kısımlarında görülen epiton dalların korunması esastır (Dirik, 2014).

Resim 2. Nar ağacının ana çatal dalları üzerinde görülen büyük yara ve çürüklükler.
Picture 2. Wounds and decays on the main branches of the tree.

2.4 YÖNTEM

Ağaçlar, fizyolojik yaşlanmanın yanı sıra biyotik ve abiyotik kökenli zararlıların etkileriyle çöküş sürecine girmektedir. Uygun arborikültürel müdahalelerle bu çöküş sürecinin önlenmesi ve geciktirilmesi mümkündür (Dirik, 2014). Yapılan incelemelerde tarihi öneme sahip nar ağacının fizyolojik ve morfolojik yapısında gerilemelerin başlamış olduğu (yaşlılık aşaması) belirlenmiştir. Ağacın sağlık durumunun iyileştirilmesi ve yaşam süresinin uzatılması için uygulanan işlemler ve zamanı aşağıda verilmiştir.

2.4.1 Nar Ağacında Uygulanan Bakım ve Koruma Çalışmaları

Ağaç ve yetişme çevresinde yapılan analiz ve değerlendirmeler sonunda;

- yetişme (kök yaşama alanının) ortamının düzenlenmesi,
- kök ve kütük sürgünlerinin temizlenmesi ile tepe yenilemesi,
- budama (kuru ve yeşil budama),
- dış kaynaklı zararlıların etkisini azaltma (yara tedavisi ve kovuk ağzı izolasyonu),
- dayanıklılığı azalmış ana dağların desteklenmesi (esnek bağlama)

önlemlerinin uygulanmasına karar verilmiştir.

2.4.2 Budama ve Yara Yüzeylerinin Kapatılması

Ağaçlar, yaralanma sonucunda ortaya çıkan açık yüzeylerini savunma mekanizmalarını harekete geçirerek kapatmaya çalışırlar. Bu savunma mekanizması, hücre çoğalması ve gelişimine bağlı aktif örtüleme ile kimyasal nitelikli pasif örtüleme olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Aktif örtüleme kallus dokusu tarafından sağlanırken, pasif örtüleme diri odundan antiseptik maddelerin salgılanmasıyla oluşturulur. Yaprağını döken veya dökmeyen geniş yapraklı türlerde kimyasal örtüleme etkin değildir. Buna karşın iğne yapraklı türlerde reçine salgılanması ile enfeksiyonlara karşı bariyerler oluşturulur (Dirik, 2014). Bu nedenle nar ağacında gerek budamalardan kaynaklanan, gerekse çürük tedavileri sonucunda ortaya çıkan yara yüzeylerinin sterilizasyon işlemleriyle birlikte "yara macunları" ile kapatılması ağaç sağlığı açısından zorunludur. Yara yüzeylerini kapatmak amacıyla "koruyucu ağaç macunları", "çam katranı", "karbolineum", "krezot", "gomalak" veya "şellâk (schellac)" gibi maddeler kullanılabilir. Nar ağacı üzerinde gerçekleştirilen uygulamalar sonucunda ortaya çıkan yaraların kapatılmasında; canlı dokulara zarar vermeyen, kambiyum faaliyetini artırıcı ve sürülmesi çok kolay bir koruyucu olan çam katranı kullanılmıştır (Bozkuş ve Çoban, 2007).

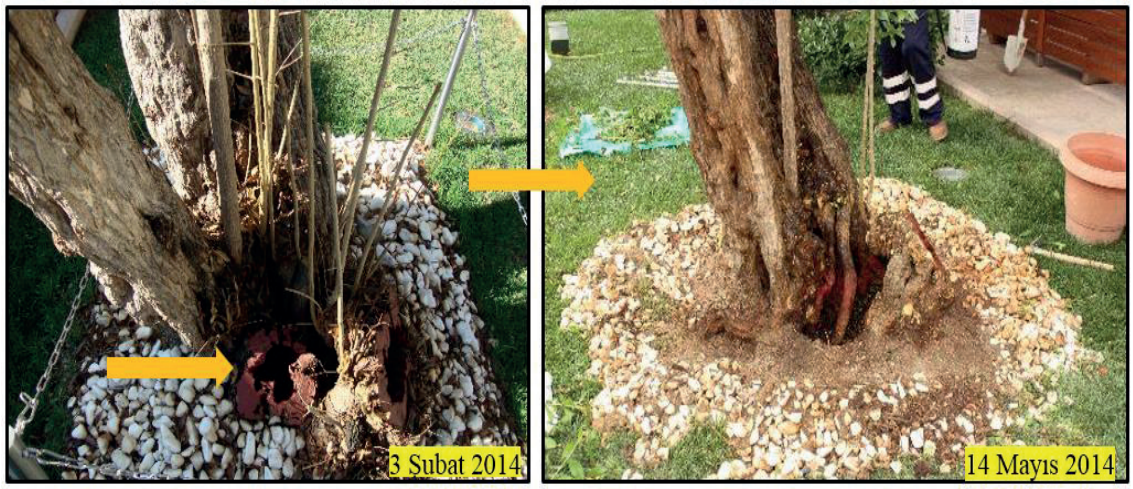
2.4.3 Uygulama Zamanı ve Tekrarı

Yapraklı ağaçlar; ağacın yapısını kolayca gözlemleyebilmek, budamadan sonra yara yüzeyinin büyüme mevsiminde kapanmasını maksimuma çıkarmak, hastalık bulaşma tehlikesini azaltmak ve yaralardan aşırı özsu akışına engel olmak için uyku (vejetasyon periyodu dışında) döneminde budanmaktadır. Yeni yaralar ve bunların çıkardığı kimyasal kokular, esasen böcekleri çekerek mantar ve böcek zararının yayılmasına yol açabilmektedir. Genellikle bakım budamalarında budama için en uygun zaman kış sonu ve erken ilkbahardır (Bedker ve ark. 1995; Lilly, 2010). Bu nedenle, özellikle canlı dokuları açığa çıkaran müdahalelerin uyku döneminde yapılması daha uygundur. Bununla birlikte kuru budamalar her mevsim yapılabilmektedir. Nar ağacının üzerinde uygulanan kuru budamalar her iki uygulama zamanında da gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte yeşil budamalar vejetatif faaliyetin henüz başlamadığı 10 Mart 2015 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen her iki müdahale döneminde de (Mayıs 2014 ve Mart 2015) kuru budama, kök ve kütük sürgünlerinin temizlenmesi ve yara tedavisi (yara yüzeylerinin koruma macunlarıyla kapatılması) gibi önlemler tekrarlanmıştır.

3. BAKIM VE TEDAVİ ÇALIŞMALARI

3.1 Yetişme Ortamının Düzenlenmesi

Nar ağacı, ziyaretçi yoğunluğu nedeniyle olması gerekenden daha sınırlı bir topraklı alana sahiptir. Ağacın kök yayılış alanındaki topraklı alan 9 m^2 (3 m X 3 m) olup yeterli sayılabilir. Ancak bu alanın büyük kısmı çimle kaplanmış, kütük çevresine ise toprak doldurularak üzerine beyaz taşlar yığılmıştır. Normal koşullarda tepe izdüşüm hattının kök koruma zonu olarak kabul edilmesi gerekmektedir. Ancak bahçenin çok dar olması ve yoğun ziyaretçi akını nedeniyle genişletme mümkün görülmediğinden mevcut topraklı alan yeterli kabul edilebilir. Bakım çalışmaları kapsamında ilk olarak, kök çevresindeki toprak yığını ve dökünküler kaldırılarak kök boğazı açığa çıkarılmıştır. Kök çevresi tamamen ortaya çıkınca, ağacın daha önce ana gövdesini oluşturan dip kütüğünün tamamen kurumuş olduğu görülmüştür. Bu kısımdan böcek ve mantar zararlarının yayılmasını önlemek amacıyla, çürümeye başlamış olan dip kütüğü çıkarılarak kök boğazı çevresi temizlenmiştir (Resim / Picture 3).



Resim 3. Nar ağacının kök alanında gerçekleştirilen tesviye ve temizlik çalışmaları.
Picture 3. Levelling and cleaning works around root collar of the tree.

Ağaçlar çeşitli stres koşulları altında ana gövde veya yan dallardan güçlü sürgünler verirler. Bu sürgünlerden bazıları adventif tomurcuklardan oluşabildiği gibi çoğunluğu sekonder kalınlaşmaya uygun hareket eden, uyuyan (preventif) tomurcuklardan oluşur. Bu tomurcuklar, genellikle dallanma sisteminde kuvvetli bir yaralanmanın sonucunda ortaya çıkan ekstra besin maddeleri ile aktive edilmediği sürece uyku durumunda kalırlar. Bu şekilde, ana dallardan biri dipten bile kesilse yara yüzeyinin çevresinden su sürgünleri çıkmaya başlar (Harris, 1994). Tepenin üst kısımlarına yeterince su ve besin elementi taşınmasına mani olan bu sürgünlerin olduğu gibi bırakılması, özellikle kurak bir dönemde, tepenin yukarıdan aşağıya kurumasına neden olur (tepe çökmesi). Nar ağacının dip kısmında bulunan diğer bir kütük üzerinde ise çok sayıda kütük sürgünlerinin oluştuğu gözlenmiştir. Bu sürgünler de temizlenerek en kuvvetli iki sürgün yedek olarak bırakılmıştır (Resim / Picture 4). Rezerv olarak bırakılan sürgünlerin düzenli olarak bakım müdahaleleriyle dış etkenlerden korunması durumunda gelecekte yaşlı çatal gövdelerin yerini alması mümkündür. Bu şekilde ağacın toprak üstü kısımlarının yeni sürgünlerle yenilenmesi amaçlanmıştır.

Resim 4. Su sürgünlerinin temizlenmesi ve yedek sürgünler.
Picture 4. Cleaning of epicormic shoots and reserved shoots

3.2 Budama

3.2.1 Kuru Budama

Bu budama şeklinde tepe içerisinde bulunan ölmüş ve ölmekte olan ya da hastalıklı dallar, kesim sonrası kalan uzun gövde ve dal kısımları (=mahmuz, =koltuk, =dirsek) ve kırık dallar potansiyel zararları azaltmak veya ortadan kaldırmak için uzaklaştırılmaktadır. Bu tip budamalar sonucunda; dalların düşme riski azaltılır, ağacın görünümü iyileştirilir, böcek ve mantar zararlarının yayılması önlenir. Kuru budamada tüm ölü dalların bir defada uzaklaştırılmasının bir sakıncası yoktur (Whiting ve ark., 2006). Nar ağacında öncelikle tepe içerisinde her türlü ölmüş ve ölmekte olan dallar ve dalların birleşme yerlerinde biriken artıklar temizlenmiştir. Ayrıca eski budamalardan kalan kurumuş dal koltukları budanmıştır. Bu işlemlerden sonra ortaya çıkan yara yüzeyleri ve canlı dokular koruma macunu (çam katranı) ile kapatılmıştır (Resim / Picture 5).

Resim 5. Tepe tacının temizlenmesi ve kuru dalların uzaklaştırılması.
Picture 5. Crown thinning and cleaning of dead branches.

3.2.2 Temizleme Budamaları

Temizleme budamaları, tepenin yoğunluğunu azaltmak için küçük (cılız) dalların (1 ila 6 cm çaplarında) seçilerek uzaklaştırılması işlemlerini kapsamaktadır. Bu kapsamda, uzun yıllar tepe tacı içinde birikmiş fazlalık dallar temizlenerek tepe tacı içerisine giren ışık miktarı artırılmaktadır. Dolayısıyla ağacın doğal formu bozulmadan canlı bir görünüm kazandırılmaktadır. Temizleme budamalarında amaç; ağacın yapısı ve formunu koruyup geliştirmek, ağaç üzerindeki gereksiz stresi kaldırmak ve aşırı su sürgünü oluşumunu önlemektir (Harris, 1994). Gelişme evresi dikkate alınarak epiton gelişimli dalların korunup, hipoton ve uç sürgünleri selekte edilmiştir (negatif seleksiyon). İnce dalların büyük çoğunluğu tepenin dış kısmında bulunmasından dolayı temizleme budamaları bu bölgede yoğunlaşmıştır (Resim / Picture 6).

Resim 6. Nar ağacının bakım çalışmalarından önceki ve sonraki hali.
Picture 6. Before and after maintenances works on the pomegranate tree.

Bu budama işlemlerinde, anormal gelişimli dallar ile mekanik direnci azalmış kalın dalların yükünü azaltmak ve ağaca estetik bir görünüm kazandırmak da amaçlanmaktadır. Ayrıca tepe içerisinde birbirine sürtünen dallar da teklenerek sürtünmeye bağlı yaralanmaların önlenmesi amaçlanmıştır. Tüm bu canlı dalların budanması vejetatif faaliyetin başlamadığı erken ilkbahar döneminde (10 Mart 2015) gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte kuvvetli rüzgarlarda dalların kırılmasını önlemek amacıyla kalın dallar güçlü dallara esnek bağlama yöntemi ile ikili bağlanmıştır. Kesim sonucu oluşan yara yüzeyleri çam katranı kullanılarak kapatılmıştır (Resim / Picture 7).

Resim 7. Kırılma riski taşıyan kalın dalların ağırlığını azaltmaya yönelik budamalar.
Picture 7. Prunings for decreasing weights of heavy branches in order to reduce breaking risk.

3.3 Çürüklüklerin Temizlenmesi, Yara Tedavisi ve Kovuk Ağzı İzolasyonu

Ağaçlarda uygulanan budama kesimleri ve çürüklüklerin temizlenmesi gibi işlemlerin sonucunda canlı dokular açığa çıkar. Bu durumda ağaçların patojenlere karşı dirençleri azalır ve bu yüzeylerden çürüklükler ilerleyerek ve genişleyerek gövde direncini azaltır. Genellikle 4-5 cm'den daha büyük yaralara mutlaka koruyucu maddeler sürülmesi gerekmektedir. Ancak riski minimuma indirmek için tüm yara yüzeylerinin kapatılması daha yararlı olur. Aksi halde kısa zamanda kapanamayan yaralardan mantar ve böcek enfeksiyonu gerçekleşerek, ağaçların gövdeleri çürür ve kovuklaşır (Bozkuş ve Çoban, 2007; Çoban, 2012). Nitekim daha önce yapılan kesimlerden sonra yara yüzeylerinin koruyucu maddelerle kapatılmaması nedeniyle çürüklükler daha hızlı ilerleyerek kovuk oluşumu meydana gelmiştir. Bu tip kovuk ve çürüklükleri olan kısımlarda tedavi çalışmaları yürütülmüştür. İlk olarak daha önceki budamalarda bırakılan kurumuş mahmuz gibi oluşumlar temizlenerek çürük kısımlar sağlam dokuya kadar tamamen temizlenmiştir. Aynı şekilde kovukların içindeki su ve diğer döküntüler temizlenerek çürük yüzeyler kesilerek alınmıştır. Temizlenen yüzeylere ilk olarak insektisid püskürtülmüş, 15-20 dakika sonra fungusit püskürtülerek ilaçlanmıştır. Dezenfekte işlemi tamamlandıktan sonra yara yüzeyleri, mantarların nüfuzuna engel olmak için çam katranı ile kapatılmıştır (Resim / Picture 8). Sürülen madde yara üstünde bir tabaka oluşturarak yarayı kapatır ve tamamen mekanik olarak mantarların yaradan ağaca nüfuz etmelerine ve özellikle mantar nüfuzunu kolaylaştıran çatlakların meydana gelmesine engel olmaktadır (Bozkuş ve Çoban, 2007). Budamadan (kesimden) hemen sonra (enfeksiyon gerçekleşmeden) uygulanması gereken bu işlemin birkaç kez tekrarlanması gerekmektedir.

Gövde üzerinde bulunan 1 adet kovukta ise kovuk ağzı onarımı yapılmıştır. Önce temizlenen kovuk antiseptik maddeler püskürtülerek ilaçlanmıştır. Daha sonra kovuk içerisinde patojen oluşumlarının birikmesini önlemek amacıyla, kovuğun ağzı paslanmaz malzeme (elek teli) ile kapatılmıştır. Son olarak, paslanmaz telin üzeri özel koruyucu maddeyle örtülmüştür (kovuk ağzı izolasyonu) (Resim / Picture 9).

Resim 8. Temizlenen yara yüzeylerinin çam katranı ile kapatılması.
Picture 8. Covering with pine tar of cleaned wound surfaces.

Resim 9. Nar ağacı üzerinde yer alan bir kovukta restorasyon çalışmasının aşamaları.
Picture 9. Phases of cavity treatment on pomegranate tree.

3.4 Dayanıklılığı Azalmış Ana Dalların Desteklenmesi

Dağınık bir gelişme göstermiş odun yükü ağır dalların mekanik dirençleri, üzerlerindeki çürüklük ve kovuk oluşumları ile birlikte son derece zayıflamıştır. Daha önce de değinildiği üzere nar ağacı simpodial bir dallanma yapısına sahip olduğu için yayvan bir dallanma eğilimi göstermektedir. Bu dalların ağırlığını azaltmaya yönelik olarak uygulanan budamalar yeterli değildir. Nitekim dal üzerindeki çürüklükler (Resim / Picture 7) gövdenin iç kısımlarına kadar ilerlemiştir. Bu nedenle; fırtına, rüzgâr, kar ve buz yükü gibi mekanik etkilere karşı tepe sistemini oluşturan dalların desteklenmesi gerekmektedir. Esnek bağlama (gergileme) olarak da ifade edilen yöntemle (Dirik, 2014) dayanıklılığı düşük dallar sağlam dallara kablo ile ikili bağlanmıştır (Resim / Picture 10).

Resim 10. Kalın dalların desteklenmesi amacıyla uygulanan esnek bağlama yöntemi.
Picture 10. Supporting heavy branches with flexible bonding method.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ağaçların güçlü bir savunma sistemi geliştirmesi, uzun süre hayatta kalabilmeleri açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu savunma sistemi, hem çürütücü organizmalar ve böcek zararlarına karşı dayanıklılık hem de odun direncinin sağlanmasıyla kazanılabilir. Ağaçların dış etkilere dayanıklı güçlü bir yapı oluşturabilmeleri ancak böyle bir savunma sisteminin geliştirilmesi ve sürekli yinelenmesi durumunda sağlanabilir. Doğal süreçte ağaçlar er ya da geç çöküş sürecine girmekte ve sonunda ölmektedir. Bu yaşam döngüsünde ağaç ölümlerinin kaçınılmaz olduğu unutulmamalıdır. Ağaç bakım programlarının esas amacı, çöküş sürecine geçişi önlemek (daha doğru bir ifadeyle geciktirmek) ve ölümle sonuçlanan yaşam döngüsünün geri döndürülemez bir aşamaya gelmesini engellemektir. Yaşlı ağaçların bakımı ve korunmasında, ölümle sonuçlanan doğal yaşam döngüsünün yavaşlatılması ve zararlı etmenlerden kaynaklanan ani ölümlerin önlenmesi şeklinde iki temel yaklaşım benimsenebilir. Ağaçların uzun süre hayatta kalmasını sağlamak için ise stabil bir fiziksel yapı ve stabil bir yetişme ortamının sağlanmasına yönelik önlemlere başvurulabilir (Clark ve Matheny, 1991).

4.1 Yetişme Ortamının Düzenlenmesi

Sağlık durumu normal ve zarar görmemiş ağaçlar bile ileri yaşlarda gelişmelerini yavaşlatmakta, böylece biyotik ve abiyotik faktörlere karşı dirençleri azalmaktadır. Dış etkilere karşı direncin kaybolması; mantar, böcek zararları ve diğer hastalıklara karşı hassasiyetin artmasına neden olmaktadır. Ancak, uzun dönemli bakım programlarıyla stabil bir yetişme ortamının sağlanması ve dış kaynaklı zararlara önlem alınması, ağaçların daha uzun süre hayatta kalmasını sağlamaktadır. Bu nedenle ağaç bakım programları uygulanırken öncelikle yetişme ortamının düzenlenmesi ve zarar veren faktörlerin etkisinin azaltılması gerekmektedir.

Doğal ekosistemlere oranla kentsel alanlarda ağaçlar, çok daha güç ekolojik koşullar altında yetişmektedir. Özellikle açık alanlarda serbest büyüme koşullarına kavuşan ağaçlar, doğal gelişimlerinin aksine daha dar alanlarda yetiştirilmek istenmektedir. Özellikle sert zemin elemanlarıyla kaplı alanlarda, toprakla yüzey arasındaki hava ve nem değişimi engellendiğinden köklerin ve mikroorganizmaların yaşam koşulları güçleşmektedir. Littlewood (1988)'e göre, sağlıklı bir ağaçta % 5-10 oranındaki kök kayıpları büyüme ve gelişme üzerinde herhangi bir olumsuzluk yaratmamakta, 1/3 oranındaki kök kayıpları ise yaşamsal açıdan tolere edilebilmektedir. Atatürk Evi'nin bahçesinde gerçekleştirilen restorasyon çalışmalarıyla nar ağacının kök yayılış alanının önemli bir kısmı sert zemin altında kalmıştır. Bununla birlikte, restorasyon öncesinde de bahçenin taş döşeme ile kaplı olması ve ziyaretçi yoğunluğu dikkate alındığında (2014 yılında toplam 90.000 kayıtlı ziyaretçi), nar ağacına ayrılan topraklı alan (9 m^2) yeterli kabul edilebilir. Ancak, kök çevresindeki topraklı alanın sürekli çiğnenmesi beton etkisi yaratacağından kök solunumu ve kök beslenmeleri açısından sorunlar ortaya çıkaracaktır. Bu nedenle, kök boğazı çevresinde 1 m çapında malç çanağı düzenlenip organik malç ile kaplanması hem estetik, hem de biyolojik olarak yararlı olacaktır. Bu amaçla; çam kabukları, kıyılmış odun parçaları, saman vb. organik kökenli malzemelerin kullanılması daha uygundur. Malçlama uygulaması; toprak neminin korunması, toprağın havalanma koşullarının iyileştirilmesi, yağış sularının kök yayılış zonuna süzülmesinin kolaylaştırılması ve fidanlara besin elementi katkıları sağlaması gibi önemli yararlar sağlar (Dirik, 2014).

Ağaçlar stres altına sokulduklarında (genelde dal sisteminde yaralanma olduğu zaman) doğrudan ana gövde veya dallardan kuvvetli bir şekilde epikormik sürgünler (su sürgünleri) vermeye başlar. Bu sürgünler kesildiklerinde daha fazla çıkar ve etkili bir müdahaleye izin vermezler. Ayrıca, tepe tacına giden besin maddelerine de ortak olarak, özellikle kurak mevsimlerde tepe kurumalarına yol açabilirler. Bununla birlikte, ağacın ana iskeletinin azalması (çatal dalların kuruması) durumunda kök ve kütük sürgünlerden güçlü olanların seçilerek yeni bir tepe tacının oluşturulması sağlanabilir (Kirkham, 2004). Nar ağacında seçilen dallardan kütük üzerinde güçlü bağlantılar oluşturabilen ve sağlıklı sürgünlerin her yıl oluşan sürgünlere karşı korunması gerekmektedir.

4.2 Dayanıklı Bir Ağaç Yapısının Geliştirilmesi

Stabil bir ağaç yapısıyla ağır kalın dalları yeteri kadar destekleyen ve rüzgar etkilerine dayanıklı bir ağaç formu anlaşılır. Dayanıklı bir ağaç yapısının geliştirilmesinde; (1) düzenli bakım programları ve tekniğine uygun budama müdahaleleri ile dayanıklı bir ağaç formunun geliştirilmesi, (2) düzenli olarak ağaç yapısının değerlendirilmesiyle gerekli önlemlerin alınması, (3) dengesiz tepe yapılarının desteklemek amacıyla bağlama, kuşaklama gibi önlemler alınmaktadır.

Yaşlı ağaçların budanmasında bir takım faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bunlar; yetişme ortamı, ağaç türü, ağaç boyutu, ağaçların gelişme durumu, vitalite, budama yapılacak dönem ve ağacın yaşam evresi gibi faktörleri kapsamaktadır. Yaşlı ağaçlar, büyük oranda canlı dokunun uzaklaştırılmasına genç ağaçlara göre daha az dayanıklıdır. Genel olarak, olgun ağaçlar kuvvetli budamalara genç ağaçlardan daha az dayanıklıdır. Ayrıca, genç ağaçlarda budama sonucu oluşan kesim yüzeyleri daha küçük olduğu için yara yüzeylerinin kapanması daha çabuk ve kolaydır. Ağaç ne kadar yaşlı ve büyükse, kesim yüzeylerini kapatabilmesi ve hastalık etmenlerine karşı koyabilmesi için depoladığı enerjisi de o kadar azdır (Lilly, 2010; Çoban, 2012). Dolayısıyla yaşlı ağaçlarda uygulanan budama çalışmaları, birçok riski beraberinde getirdiğinden, yüksek bir teknik bilgiyi gerektirmektedir. Budama şekline karar vermeden önce, ağaçların bu müdahaleye nasıl tepki vereceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun için budama

ekibinin ağaçların biyolojisi ve temel gereksinimleri hakkında bilgi sahibi olması gerekir. Aksi takdirde yanlış budamaların neden olduğu zararlar, ağacın yaşamı boyunca devam edecektir (Çoban, 2012). Düzenli bakım görmemiş yaşlı ağaçlara uygulanan budama işlemleri; temizleme ve dengeleme amacıyla gerçekleştirilir. Çünkü yaşlı ağaçlarda (8. evre) aşırı budama çöküşü hızlandırdığından kuvvetli müdahalelerden kaçınılması gerekmektedir. Kuvvetli budamalar bu gibi ağaçlarda ancak güvenlik (dal düşmesi ve devrilme riski vb.) amacıyla yapılabilir. Bununla birlikte yaşlı ağaçlarda budama, cerrahi ve diğer bakım önlemleri, tür seçimi, mekan uygunluğu, geçmişte uygulanan yanlış budama ve bakım/bakımsızlık sorunlarını çözemez (Dirik, 2014). Sadece ağacın çöküşünün geciktirilmesine yardımcı olur. Bu yüzden, nar ağacında gerçekleştirilen tedavi çalışmaları, geçmişte yapılan tekniğine uygun olmayan budama kesimlerinin yol açtığı çürüklüklerin ve kurumaların önlenerek ağacın çöküş sürecine girmesini önlemeye yönelik olmuştur.

Aktif olarak büyüyen ve sağlıklı bir ağacın odunsu gövdesi üzerinde oluşturulan herhangi bir yaralanma sonucunda ağaçlar iyileşme belirtileri göstermektedir. Bu durum, özellikle büyüme mevsiminde çok hızlı bir şekilde bölünen meristematik hücrelerin yaralanmaya verdikleri bir tepkinin sonucudur. Kambiyum olarak adlandırılan bir doku oluşturan bu hücreler, hemen kabuğun altında devamlı bir silindir halindedir. Hızlı bölünmeyle çember şeklinde kabarık bir doku oluştururlar. Çemberin iç kısmındaki sürekli büyüme ve bölünmeyle iyileşme gelişimi veya kallus oluşumu yaranın açık yüzeyi üzerinde hareket eder ve yara yüzeyi gittikçe küçülür. Bu şekilde, yara yüzeyinin kapanması yavaş yavaş olan bir süreçtir ve doğrudan ağacın büyüme ve sağlığı ile ilişkilidir. Bu yara yüzeyinin düzensiz veya kertikli olması durumunda kambiyum devamlı bir çember oluşturamayacaktır. Farklı kısımların birlikte katılması gerektiğinden yara yüzeyinin kapanması daha uzun bir süre alacaktır (Kirkham, 2004). Bu şekilde, yara yüzeyinin kapanması uzun zaman aldığı için, ağaçlar bu süreç içerisinde birçok mantar ve böcek zararına maruz kalmakta, çürüme ve kovuk oluşumu gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Nar ağacında yapılan tedavi çalışmalarında, yara yüzeylerini kapatmak amacıyla kullanılan çam katranının bir yıllık süreçten az bir sürede kaybolduğu görülmüştür (Resim 8). Bu nedenle, düzenli olarak yapılacak kontrollerle koruma maddesi sürme işinin her yıl tekrarlanması gerekmektedir. Yaşlı ağaçlar kallus gelişimi ile dokularını onarmaya ve fiziksel dirençlerini artırmaya çalışsalar da, çürümeden kaynaklanan kayıpları dengeleyemezler. Çürüme ve kovuklaşma sürecinde gerekli bakım ve koruma önlemleri uygulansa da mutlak başarı sağlamak mümkün olmaz, ancak çöküşün hızı azaltılabilir (Dirik, 2014). Dolayısı ile gerçekleştirilen tedavi ve onarım işlemleriyle ağaçların yaşamının sürekli kılınamayacağı unutulmamalıdır.

4.3 Öneriler

Nar ağacında uygulanan bakım çalışmalarına ilişkin öneriler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Ağacın kök koruma zonunda (tepe izdüşümü) yer alan çimlerin kaldırılması gerekmektedir. Çünkü çimlerin sık sık sulanması nedeniyle köklerin solunumu engellenmekte ve ağacın köklerinde çürümeler meydana gelmektedir.
- Kök boğazı çevresi, malçlama (organik kökenli) uygulanmasıyla düzenlenmelidir.
- Gövde, dal ve yaprakları yakması nedeniyle kök çevresinde bulunan ışıklandırmaların kaldırılması gerekmektedir.
- Ağacın kök yayılış zonundaki topraklı kısım işlenerek (20-25 cm derinliğinde) havalandırılması gerekmektedir. Böylece kök solunumu kolaylaştırılmış olacaktır.
- Toprağa besin maddesi takviyesi yapılabilir. Bu amaçla ölçeği oranında organik gübre kullanılması (koyun veya keçi gübresi önerilebilir) yararlı olacaktır.
- Ağacın kütük kısmında yedek olarak bırakılan sürgünlerin bakımları sürdürülmeli, her yıl oluşan diğer sürgünler uzaklaştırılmalıdır.
- Her yıl yapılan kontrollerle yara yüzeylerindeki koruyucu maddelerin tekrar sürülmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde destekleri için Sayın Prof. Dr. H. Ferhat BOZKUŞ ve yaptığı bilimsel katkılar için Prof. Dr. Hüseyin DİRİK'e, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürlüğü personeli ve Selanik Başkonsolosu Sayın Tuğrul BİLTEKİN'e teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Anadol, K., Arıoğlu, E., 1981. Selanik Atatürk Evi 1978 Haziran depremi sonrası restorasyonu. *ODTÜ Mimarlık Fakültesi Dergisi* 7(1).

Bedker, P. J., O'Brien J. G., Mielke M. M., 1995. How to prune trees. USDA Forest Service. United States Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry. NA-FR-01-95.

Bozkuş, H.F., Çoban, S., 2007. Kent ağaçları ve süs bitkilerinde bakım ve budama esasları semineri. İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Park ve Bahçeler Müdürlüğü Yayınları. S.63-83. İstanbul.

Blumenfeld, A., F. Shaya, R. Hillel. 2000. Cultivation of pomegranate. *Options Me´diterrane´ennes Se´rie A, Se´minaires Me´diterrane´ens* 42:143–147.

Cerrahoğlu, M., 2012. Mitolojilerde ve Türkiye'de derlenen masallarda narın yeri. *International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic* 7(1).

Çoban, S., 2012. Bahçeköy Valide Sultan Caddesi çınarlarında bakım sorunları ve budama uygulamaları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 62(2): 71-88.

Caramiello, R., Grossoni, P., 2004. Monumental Trees in Historical Parks and Gardens and Monumentality Significance, The Trees of History Protection and Exploitation of Veteren Trees, Proceedings of the International Congress, Torino, Italy.

Clark, J.R., Matheny, N., 1991. Management of mature trees. *Journal of Arboriculture* 17(7).

da Silva, J. A. T., Rana, T. S., Narzary, D., Verma, N., Meshram, D. T., Ranade, S. A., 2013. Pomegranate biology and biotechnology: A review. *Scientia Horticulturae* 160: 85-107.

Devecchi , M., 2004. Evolution of Tree Landscaping in Historical Parks and Gardens, The Trees of History Protection and Exploitation of Veteran Trees, Proceedings of the International Congress, Torino, Italy.

Dirik, H., 2014. Arborikültür (Kentsel Ağaç Kültürü), İstanbul Üniversitesi Yayın no: 5200, Orman Fakültesi Yayın no: 509, ISBN: 978-975-404-956-5, İstanbul.

Finn, G. A., Straszewski, A. E., Peterson, V., 2007. A general growth stage key for describing trees and woody plants. *Annals of Applied Biology* 151(1): 127-131.

Glozer, K., Ferguson, L., 2011. Pomegranate Production in Afghanistan, UC Davis College of Cultural and Environmental Sciences, Davis Campus.

Harlan, J.R., 1992. Crops and Man (2nd Edition), American Society, Madison, WI, 284 pp.

Harris, R.W. 1994. Clarifying certain pruning terminology: Thinning, Heading, Pollarding. *Journal of Arboriculture* 20(1).

Heflebower, R., Morris, R., 2013. Pomegranate, Fruit of the Desert, Utah University Cooperative Extension, Horticulture/Fruit/2013-03pr.

Holland, D., Hatib, K., Bar-Ya'akov, I., 2009. Pomegranate: Botany, Horticulture, Breeding. *Horticultural Reviews* 35(2): 127-191.

Işık, R., 2004. Türklerde ağaçla ilgili inanışlar ve bunlara bağlı kültler. *Fırat Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi* 9(2): 89-106.

Johnson, J.F., 2002. Pomegranate growing, Agfacts,.

Jurenka , J., 2008. Therapeutic applications of Pomegranate (*Punica granatum* L.): A review. *Alternative Medicine Review* 13(2).

Kirkham, T., 2004. The Pruning of Trees, Shrubs and Conifers (Revised and Enlarged Second Edition). ISBN 0-88192-613-2. 330 sayfa. Timber Press, Portland, Cambridge.

Kurt, H., Şahin, G., 2013. Bir ziraat coğrafyası çalışması: Türkiye'de Nar (*Punica granatum* L.) tarımı, *Marmara Coğrafya Dergisi* 27: 551-574.

Lilly, S.J., 2010. Arborists' Certification Study Guide. International Society of Arboriculture, ISBN: 978-1-881956-69-3, Premier Print Group, Champaign, IL.

Littlewood, M., 1988. Tree detailing, Anchor-Bredon Ltd, Tiptree, Essx, England, ISBN: 0-408-50002-6., 2013 p.

Mars M., 2000. Pomegranate plant material: Genetic resources and breeding, a review. In : Melgarejo P. (ed.), Martín ez-Nicolás J.J. (ed.), Martín ez-Tomé J. (ed.). Production, processing and marketing of pomegranate in the Mediterranean region: Advances in research and technology. Zaragoza : CIHEAM, 2000. p. 55-62 (Option s Méditerran éen n es : Série A. Sémin aires Méditerran éen s; n . 42).

Önder, M., 1966. Selanik'te Atatürk Evi. *Türk Etnografya Dergisi*, 9.

Whiting D., Cox R., O'Meara C. 2006. Pruning mature shade trees. Colorado State University Extension. Colorado Master Gardener GardenNotes, available on-line .

Verma N., Mohanty, A., Lal, A., 2010. Pomegranate genetic resources and germplasm conservation: A review. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* 4 (SI2): 120-125.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257

Online available at
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.68635

Short Note / Kısa Not

Gürün (Sivas) ilçesinin rekreasyon kaynaklarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi

Selvinaz Gülçin Bozkurt [1*]

[1*] Landscape Architect, Istanbul, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** sbozkurt00@gmail.com

Received (Geliş tarihi): 23.04.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 06.06.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 29.06.2015

Özet: Bu araştırmada Gürün (Sivas) ilçesinin sahip olduğu bazı rekreasyon kaynaklarının belirlenmesi ve bu kaynakların koruma-kullanım ilkeleri çerçevesinde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında öncelikle rekreasyon ve rekreasyon kaynağı kavramı açıklanmış, daha sonra ise ilçenin doğal ve kültürel kaynaklarına dair analiz sonuçları verilmiştir. Yürütülen bu çalışmalar ışığında, ORRRC (Outdoor Recreation Resources Review Commission-Açıkhava Rekreasyon Kaynaklarını İnceleme Komisyonu) tarafından geliştirilen "Açıkhava Rekreasyon Kaynakları Sınıflandırma" Yöntemi, Gürün İlçesi örneğinde uygulanmış, alanın rekreasyon kaynakları belirlenmiş ve sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak araştırma alanının rekreasyon kaynakları değerlendirilmiş ve bu kaynakların koruma-kullanmaya yönelik rekreasyonel planlamaları yapılarak alandaki doğal kaynakların rekreasyonel kullanımlara açılması gerektiği öngörülmüştür.

Anahtar kelimeler: Rekreasyon, rekreasyon kaynakları, rekreasyon planlama, doğal ve kültürel kaynaklar, Gürün

Determination and evaluation of recreation resources of Gürün (Sivas) county

Abstract: In this study; it is aimed to determine some recreational resources located in Gürün (Sivas) county and to evaluate these resources within the framework of the conservation and utilization principles. First; the concept of recreational resources is explained and then the results of the analysis of the county's natural and cultural resources are given. In the research; "Outdoor Recreation Research Classification Method" developed by ORRRC (Outdoor Recreation Resources Review Commission) has been applied in Gürün county and by means of using this method areas of having recreational resources has been identified and classified. As a result of the study recreational resources are avaluated and it is predicted the public use of these resources has been allowed by means of making recreational-protection plannings.

Keywords: Recreation, Recreation resources, recreation planning, natural and cultural resources, Gürün

1. GİRİŞ

Uluslararası ilişkiler ve bilimsel öngörüler çerçevesinde doğal alanların korunarak kullanılması fikri ülkemizde uzun yıllardır çalışılan konulardan biridir. İnsan sağlığının korunması ve yaşam standardının yükselmesi için doğa ve doğal kaynakların korunması ve geliştirilmesi gerekmektedir.

Günümüzde insanlar, değişen yaşam koşulları ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak çarpık kentleşme ile birlikte yoğun bir çevre kirliliğine maruz kalmaktadır. Kentsel mekanlarda kentleşmenin gelişmesine bağlı olarak çevresel sorunların artması da insan hayatını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz etkenlerin geriye dönüşü mümkün olmadığı için de her geçen gün insan elinin değmediği doğal alanlar azalmakta ve nitelikleri de bozulmaktadır. Bu durum başta kent insanı olmak üzere, tüm insanlarda ruhsal ve bedensel

To cite this article (Atıf) : Bozkurt, S.G., 2016. Gürün (Sivas) ilçesinin rekreasyon kaynaklarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 318-328. DOI: 10.17099/jffiu.68635

sağlığın kaybedilmesi, iş verimliliğinin düşmesi gibi sorunlara neden olarak, rekreasyonu gereksinim haline getirmiştir. Fiziksel ve ruhsal gereksinimlerini karşılama çabasında olan insanlar sosyal, kültürel, ekonomik ve fizyolojik olanakları ile boş zamanlarını değerlendirmek ve yitirdikleri enerjilerini yeniden kazanmak amacıyla rekreasyon alanlarına yönelmişlerdir (Akesen, 1978).

Rekreasyonla ilgili Türkçe çalışmaların hemen hepsinde "*Rekreasyon*" kavramı için; "*kökeni Türkçe olmayan tekrar (re) ve yaratma (create) anlamına gelen iki latince sözcükten türetilmiştir*" ifadesi yer almaktadır. Bunun yanı sıra Rekreasyon'un birçok tanımı yapılmıştır (Hazar, 2011). Altunkasa ve Uzun (1991)'a göre rekreasyon; kişilerin serbest zamanları içinde, günlük yaşamın sıkıcı, disiplinli ve monoton geçen çalışma hayatının etkisinden kurtulmak, dinlenmek ve hoşça vakit geçirmek amacıyla gösterdikleri, çeşitli faaliyetleri içermektedir.

Koç (1991) ise rekreasyonu; serbest zamanlar içinde yapılan, bireyin kendi isteği ve iç itimi sonucu oluşan, bireyi fiziksel ve düşünsel yönden yenilemeyi amaçlayan; bireyin toplumsal, ekonomik, kültürel olanakları ve yaşadığı toplumun yapısı ile bağımlı olarak yapılan etkinlikler bütünü olarak tanımlamaktadır. Rekreasyon kaynağı ise Jenkins ve Piagram (1999)'a göre, rekreasyonel faaliyetler için gerekli fırsatlar sağlayan doğal ve kültürel çevre elemanları olarak tanımlanmaktadır. Bir alanın ya da özelliğin rekreasyon kaynağı olarak değer kazanmasında o alanın çeşitli rekreasyonel faaliyetler açısından doğal ve kültürel özelliklere sahip olmasının yanı sıra kullanıcı isteklerini karşılayabilmesi de oldukça önemlidir. Öte yandan; hatalı plan kararları, plansız uygulamalar ve yanlış kullanımlar nedeniyle, rekreasyon kaynağı niteliğindeki bazı alan ve kaynakların, bilinçsizce kullanımı nedeniyle zarar gördüğü de bilinmektedir Oysa, rekreasyon kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi, planlama çalışmalarına veri oluşturacak şekilde belirlenmesine, değerlendirilmesine ve koruma-kullanım ilkeleri çerçevesinde planlanmasına bağlıdır.

Araştırma alanı olarak seçilen Gürün, doğal ve tarihi değerler bakımından zengin bir potansiyele sahip olması, insanların kolay ulaşabileceği su kıyısı rekreasyonu için uygun bir alan olması, hem kent merkezi içinde, hem de kent merkezi dışında alternatif bir rekreasyon alanı niteliği taşıması ve bu mekanların halka açılması bakımından incelemeye değer bulunmuştur. Bu çalışmada, Gürün ilçesinin açık hava rekreasyon kaynaklarının belirlenmesi, değerlendirilmesi ve koruma-kullanım ilkeleri çerçevesinde geliştirilmesine yönelik önerilerin getirilmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın ana materyalini oluşturan Gürün ilçesi; Sivas'ın güneydoğusunda, Kayseri-Malatya D-300 kara yolu üzerinde bulunmaktadır. Araştırmanın diğer yardımcı materyallerini ise; alanda yer alan doğal ve kültürel özellikler ile ilçenin rekreasyon kaynaklarının belirlenmesi için yapılan, arazi incelemeleri, araştırmalar, gözlemler, arazi çalışmaları sırasında çekilen fotoğraflar oluşturmaktadır.

İç Anadolu Bölgesinde yer alan Gürün ilçesi, sahip olduğu konum ve rekreasyon faaliyetlerine kaynak oluşturacak özellikleri dikkate alınarak, özellikle yakın çevresinde benzer nitelik gösteren alanlara da örnek olması amacıyla çalışma alanı olarak seçilmiştir. Araştırmada doğal ve kültürel kaynaklar temel alınarak, bunların analizi sonucunda alanın rekreasyon kaynaklarının saptanması, sınıflandırılması ve değerlendirilmesini sağlayacak bir yöntem izlenmiştir.

Bu kapsamda yapılan çalışmalar beş aşamadan oluşmaktadır.

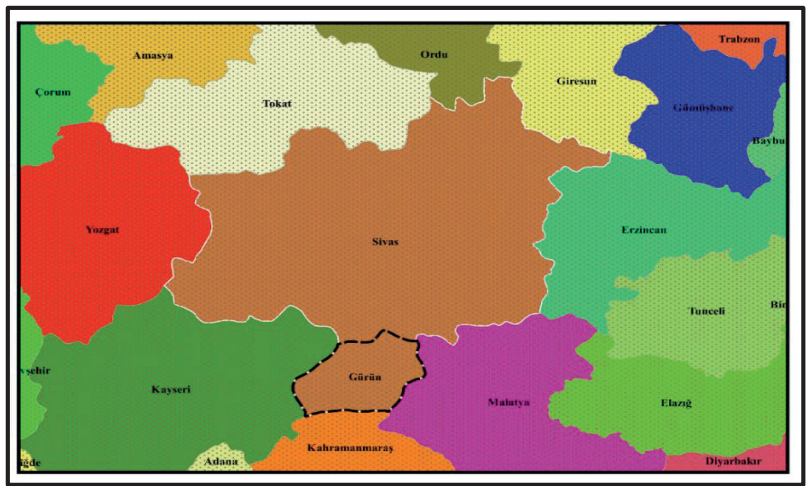
- *Literatür araştırması:* Rekreasyon ve rekreasyon kaynaklarının açıklanmasına katkıda bulunacak ve çalışmaya veri oluşturabilecek araştırma konusu ve araştırma alanı ile ilgili her türlü bilimsel çalışma, yayın, rapor ve istatistiki veriler ile mevcut arazi kullanım haritasından yararlanılmıştır.
- *Gözlem ve incelemelerin yapılması:* İlçenin rekreasyon kaynakları belirlenirken arazide çeşitli gözlem ve incelemeler yapılarak konu ile ilgili veriler toplanmıştır. Ayrıca Gürün ilçesinde oturan halkın görüşlerine başvurularak, alanın geçmişi ve bundan sonraki beklentileri hakkındaki düşünceleri alınmıştır.
- *Doğal ve kültürel kaynaklara ilişkin envanterlerin hazırlanması:* Arazi çalışmaları sırasında gözlemlerle elde edilen bulgularla, literatür bilgilerinin doğrulaması ve güncellemesi yapılarak doğal ve kültürel kaynaklara ilişkin bir envanter hazırlanmıştır.

- *Rekreasyon kaynaklarının sınıflandırılması ve değerlendirilmesi:* Sınıflandırma ve değerlendirme aşamasında, araştırma alanına ait doğal ve kültürel özellikler, rekreasyonel açıdan incelenerek ve ORRRC (0utdoor Recreation Resources Review Commission-Açıkhava Rekreasyon Kaynaklarını İnceleme Komisyonu) tarafından geliştirilen "*Açıkhava Rekreasyon Kaynakları Sınıflandırma Sistemi*" (Karadağ ve Akpınar, 2002) kullanılarak;
    1. Yüksek yoğunluk gösteren rekreasyon alanları,
    2. Genel açık hava rekreasyon alanları,
    3. Doğal çevre özelliği gösteren alanlar,
    4. Eşsiz (ender) özellikteki alanlar,
    5. Primitif (ilkel) alanlar,
    6.Tarihi ve kültürel sitler olmak üzere altı grupta toplanmış ve bu gruplar dikkate alınarak değerlendirilmiştir.
- Son aşamada rekreasyon kaynaklarına ilişkin koruma-kullanım ilkeleri çerçevesinde çeşitli öneriler getirilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Araştırma alanının genel özellikleri

Gürün ilçesi Doğu Anadolu Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesinin kesiştiği; 37^0 04' 31" doğu boylamları ile 38^0 43' 05" - 38^0 58' 28" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Üç bölgeyi birbirine bağlayan "anahtar şehir" konumundaki Gürün, Tohma Havzası'nın da en önemli mevkiinde bulunmaktadır (Anonim, 2014a). Doğusunda Malatya'ya bağlı Darende ve Kuluncak, güneyinde Kahramanmaraş'a bağlı Elbistan ve Afşin, batısında Kayseri'ye bağlı Pınarbaşı ve Sarız, kuzeyinde ise Kangal ilçeleriyle çevrilmiş olup, 2792 km^2 yüzölçümüne sahiptir (Şekil / Figure 1).



Şekil 1. Gürün ilçesinin Sivas ili içindeki konumu (QGIS, 2015).
Figure 1. The location in Gürün county in Sivas province (QGIS, 2015).

Gürün ve yakın çevresi Doğu Anadolu Bölgesinin batı kesiminde Güneydoğu Toroslar ile Doğu Torosların birbirinden ayrılmaya başladığı saha üzerinde, Güneydoğu Torosların devamı olan Gövdeli Dağları ile Hezanlı Dağları arasında yer almaktadır. Bu alanda kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan sahayı kuzeybatıdan sınırlandırmıştır. Bu dağların genel uzanışı bölgedeki tektonik hatlara uygunluk göstermektedir. Nitekim tektonik hatlar kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda Gövdeli Dağlarının uzanışına paralel bir şekilde birkaç sıra halinde uzanmaktadır. Kuzeybatıda Gövdeli, kuzeyde Köroğlu, Kaf ve Karadağ, güneyde Hezanlı Dağları arasında, bu dağlara göre nispeten alçak, olan inceleme alanının büyük bir bölümü geniş ve yüksek bir plato özelliği göstermektedir. Bu platoluk alan Tohma, Balıklı Tohma, Şuğul dereleri ve kolları tarafından parçalanmıştır. Karstik şekillerin yoğun görüldüğü bir plato özelliğine sahip olan Gürün ve yakın çevresinde karstik kaynaklarla beslenen gür akarsular bulunmaktadır. Bu kaynakların bu nedenle akım değerleri nispeten düzenlidir (Boyraz, 2003).

Üst Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları Üst Kretase yaşlı kireçtaşlarının sahada geniş alanda yayılma göstermesi Gürün ve yakın çevresinde karstik şekillerin de yaygın olmasını sağlamıştır. Nitekim araştırma sahasına sokulan Tohma, Balıklı Tohma ve Şuğul dereleri boyunca dar ve derin yer yer kanyon özelliği gösteren vadi ve boğazlar oluşturmuştur (Boyraz, 2003).

Kuzeybatıda Şuğul Fayı, Doğuda Suçatı Fayı arasında yer alan Gürün havzası ve çevresinde alçak platoluk sahalar yer almaktadır. Günek (1995)'e göre; Gürün havzasındaki alçak platolar dağlık sahaların tektonik hareketlerle yükselmesi ile havza tabanının torbalaşması sonucu çevreden merkeze doğru bir eğim kazanmış ve Uzunyaylanın Pliyosen sonu Kuvaterner başlarında yükselmesi ile platoluk sahalar batıdan doğuya doğru eğim kazanmıştır. Alanda en yaşlı birimi permo-karbonifer döneme ait çökeller (Kurtman, 1978) oluşturmaktadır. En genç birimi ise Kuvaterner birimler meydana getirmektedir (Boyraz, 2003).

Araştırma alanında bulunan topraklar genellikle kahverengi ve kahverenginin değişik tonlarını oluşturan açık renkli topraklardır. Toprakların renklerinin kahverengi ve onun tonlarından olması yıkanmanın azlığından ve toprak içinde gereğinden fazla kirecin bulunmasından ileri gelir. Birçok kesimdeki topraklar ise gri bir görünüm arz etmektedir.

Bu rengi almalarında asıl sebep marnlı litolojiden ileri gelmektedir. Kalkerlerin erimesi sonucu oluşan dolinlerin ve uvalaların tabanında kırmızımsı kahverengi topraklar görülmektedir (Günek, 1995).

Gürün çevresi, hidrografik bakımdan Fırat Havzası'na dahildir. Yukarı Fırat bölümünde yer alan araştırma alanı Fırat havzasının yukarı bölümünde yer alır. Bu çevrenin suları Fırat nehrinin önemli kollarından olan ve araştırma alanının en büyük akarsuları olan Tohma ve Balıklı Tohma Çayı tarafından drene edilmektedir (Boyraz, 2003).

Araştırma alanı karasal iklimin etkisi altındadır. İklim verilerine bakıldığı zaman, yıl içerisinde en sıcak ayın Temmuz (21.6ºC), en soğuk ayın ise Ocak (-3.2ºC) ayı olduğu belirlenmiştir. Uzun yıllar sıcaklık ortalamasının 9.3ºC olduğu görülmüştür. En fazla yağışın, 45 mm ile Mayıs ayında alana düştüğü, hakim rüzgar yönünün kuzeybatı olduğu, kışın doğu sektörlü rüzgarların estiği, diğer mevsimler ise batı sektörlü rüzgarların hakim olduğu gözlemlenmiştir (Günek, 1995).

Gürün ve çevresinde gözlemlenen baskın bitki örtüsünün step, hidrofitik ve kayalık vejetasyon olduğu, bu vejetasyon tiplerine ek olarak alan içindeki uygun ortamlarda kültür bitkilerine de rastlandığı tespit edilmiştir. Günek ve Tonbul (1996)'a göre araştırma alanı 1150-1200 m'lerden başlayan 2000-2200 m'ye kadar çıkan meşe ve ardıç ormanlarından oluşması gerekirken sahanın tamamı ormandan yoksun tarım alanına dönüştürülmüş antropojen step görünümündedir. Orman alanlarının beşeri etkilerle yok edilmeleri sonucunda oluşan antropojen step alanları, alanda geniş yer kaplamaktadır. Antropojen step alanları kısmen tarım alanı olarak kullanılsa da çoğunlukla mera ve otlak alanlarından oluşmaktadır. Karakuş (2009)'un yaptığı çalışmaya göre alanda 80 familya, 312 cins ve 680 türün olduğu belirlenmiştir. Koç ve Özen'e göre alan son derece önemli bitki türlerini barındırmaktadır. Ülkemize endemik 68 bitki türü Tohma vadisinde bulunmaktadır. Nesli Dünya ölçeğinde tehlike altındaki *Scrouphulari gypsicola*, *Gypsophila leucochlaena*, *Centaurea brevifimbriata Arenaria sivasica*'nın bilinen Dünya dağılımı sadece Tohma vadisi (Gürün-Darende arası) ile sınırlıdır. Ayrıca Koç ve Özen Tohma vadisinde (Gürün-Darende arası) nesli tehlike altında olan 7 kelebek türünün bulunduğunu, bölgenin kuşlar için önemli bir yaşam alanı olduğunu, özellikle küçük kerkenez (*Falco naumanni*) ve küçük akbaba (*Neophron percnopterus*)'nın bu bölgede ürediğini, Türkiye'ye endemik yediuyur (*Dryomys laniger*)'un da yaşam alanlarından biri olduğunu belirtmişlerdir (Anonim, 2014b).

Dağlık ve engebeli bir arazi yapısına sahip olan Gürün ilçesinin yüzölçümünün 170.594 ha'ı çayır ve mera arazisi, 3366 ha'ı bozuk koru ve baltalık orman arazisidir (Sivas Çevre Durum Raporu, 2010). Araştırma alanının büyük bir bölümü step alanlarından oluşmaktadır. 135.941 ha'ı ise kullanılabilir tarım arazisi şeklindedir (Tarım İl Müdürlüğü, 2005). Gürün ilçesinin toplam tarım alanı 755.630 da'lık bir alandır. İlçede tarım yapılmayan arazi toplamı 730.574 da'lık bir alan olup, tarıma elverişli kullanılmayan arazi toplamı ise 25.056 da'dır (Tarım İl Müdürlüğü, 2010).

Gürün'den büyük şehirlere, çevre il ve ilçelere ulaşım karayolları ile sağlanmaktadır. İlçenin en önemli karayolu, doğuyu-batıya bağlayan D-300 karayoludur. D-300 karayolu (Kayseri-Malatya arasında) üzerinde konumlanan Gürün, ulaşım fonksiyonları bakımından oldukça gelişmiş bir ilçedir. Kayseri Karayolları Bölge Müdürlüğü'ne bağlı olan karayolunun ilçe sınırı içerisindeki uzunluğu yaklaşık olarak 67 km'dir.

Yöre nüfusu 1990 yılı nüfus sayımına göre 31.038'dir. 2000 yılında 26.742 iken, 2010 yılında 20.957 kişiye düşmüştür. Nüfustaki bu azalmanın başlıca nedenleri işsizlik, tarım ve hayvancılığın teşvik edilmemesi sonucunda diğer illere olan göçdür. 1990'da ortalama köy nüfusu 21.152 iken, 2000 yılında 15.448'e, 2010 yılında ise 11.172'e gerilemiştir (TÜİK, 2012). TÜİK'in 1990-2010 yılı verilerine göre ve köy muhtarlarıyla yapılan görüşmeler neticesinde, bu göçlerin devam ettiği ve giderek köy nüfusunun azalacağı belirlenmiştir. Araştırma alanında köy nüfusunun değişmediği yerler genellikle topoğrafik yapının tarım için elverişli olduğu ve sulak alanların yoğun olduğu alanlardır. Alanda halk geçimini tarım ve hayvancılıktan sağlamaktadır.

3.2 Araştırma alanında rekreasyon kaynaklarının belirlenmesi

Gürün ilçesinde bulunan rekreasyon kaynaklarını, günümüzdeki rekreasyon eylemlerine göre mevcut ve olası olmak üzere iki sınıf altında toplamak mümkündür.

Mevcut rekreasyon kaynakları, doğal ve kültürel özellikleriyle çeşitli rekreasyon faaliyetlerine olanak sağlayan, rekreasyonel amaçla geliştirilmiş kullanımlara sahip olan ve rekreasyon faaliyetlerinde halen kullanılabilen alanlardır. Olası rekreasyon kaynakları ise, doğal ve kültürel özellikleri ile rekreasyona olanak sağlayabilecek, ancak rekreasyon için geliştirilmiş kullanımları olmayan, hareketli topografyadan kaynaklanan erişilebilirlik sorunları bulunan ya da rekreasyonel faaliyetler için dikkate alınmayan alanlardır. İlçede bulunan bu rekreasyon kaynakları ORRRC tarafından geliştirilen 'Açıkhava Rekreasyon Kaynakları Sınıflandırma Sistemi' ışığı altında Tablo 1'de verilmiştir (Karadağ ve Akpınar, 2002).

Tablo 1: Gürün ilçesinin mevcut ve olası rekreasyon alanlarının sınıflandırılması.
Table 1: Current and potential Classification of recreation areas of Gürün county.

Rekreasyon kaynaklarının sınıfı	Mevcut rekreasyon kaynakları ve alanları	Olası rekreasyon kaynakları ve alanları
Yüksek yoğunluk gösteren rekreasyon kaynakları	Parklar ve açık spor alanları	-
Genel dış mekan rekreasyon alanları	Tohma Çayı çevresi	Akdere Köyü, İlçe merkezindeki mağaralar
Doğal çevre özelliği gösteren alanlar	Şuğul Vadisi	Uyuzpınar Gölü, Aygır Gölü
Eşsiz (ender) özellikteki doğal alanlar	Gökpınar Gölü	Anıt ağaçlar
Primitif (ilkel) alanlar	-	Camiliyurt ve Başören Köyü
Tarihi - kültürel yapı ve sitler	-	1.Derecede arkeolojik sit alanları

A. Mevcut rekreasyon kaynakları
1.Yüksek yoğunluk gösteren rekreasyon kaynakları:
a. Parklar ve açık spor alanları: Araştırma alanı içerisinde büyüklü, küçüklü 5 adet park alanı ile 1 adet futbol sahası yer almaktadır. Ayrıca eğitim kurumlarının bahçelerinde ve bazı park alanlarında da voleybol, hentbol ve basketbol sahaları bulunmaktadır. Bu alanlar yoğun kullanımları nedeniyle ilçe halkı için çok önemli bir rekreasyon kaynağı niteliği taşımaktadır.

2. Genel dış mekan rekreasyon alanları
a.Tohma Çayı çevresi: Araştırma alanı ilginç peyzaj formlarının yanı sıra, hareketli bir topoğrafik yapıya sahiptir. Alana canlılık katan ve ilçe merkezinin tam ortasından geçen Tohma Çayı ve yakın çevresi, kentsel

rekreasyon için gelen insanların kullandığı mekanlardan biridir. İlçeye gelen insanlar veya çevre halkı rekreasyonel amaçlarla bu çaydan alabalık, sazan ve kaya balığı yakalamaya çalıştıklarını, aynı zamanda çayın derinleştiği yerlerde, sıcak havalarda yüzerek serinlediklerini belirtmişlerdir. Bu özellikleri ile Tohma Çayı ve kenarları ilçe için önemli bir rekreasyon kaynağıdır. Ayrıca çayın kenarlarında yer yer bulunan ağaç grupları da kamp yapmak isteyen insanlar için bir avantaj sağlamaktadır. Fakat bu alanlar rekreasyona yönelik donatı elemanlarının bulunmayışı nedeniyle henüz bu amaca yönelik olarak kullanılamamaktadır.

3.Doğal çevre özelliği gösteren alanlar

a. Şuğul Vadisi (I. Derecede Doğal Sit): Gövdeli Dağından kaynaklanan ırmağın aktığı etrafı dik kayalarla çevrili dar bir vadi olan Şuğul Vadisi, Suğul Mahallesinde yer almakta olup, sahip olduğu doğal özellikleri nedeniyle 2863 sayılı yasanın 6. maddesi kapsamında korunması gerekli tabiat varlığı özelliği taşımaktadır. Günümüzde vadide alabalık yetiştirilen havuzlar, eski bir ahşap balık restoranı ve ırmağın batısında yer alan yamaçta iki adet kaya üzerinde 'Kayseri Koruma Kurulu' tarafından tescillenmiş Hitit yazıtları bulunmaktadır. Yazıtlara ulaşım mevcut stabilize bir yoldan sağlanmaktadır. Bu yürüme yolunda gezildikçe, vadide yer alan doğal güzellikler görülebilmektedir. Ayrıca araştırma alanının sahip olduğu doğal bitki topluluklarının birçoğuna bu vadide rastlanabilmektedir. Alanda, bitkilerin oluşturduğu mevsimsel renk değişimleri de, vadinin görsel peyzaj değerini yükseltmektedir. Doğal özellikleri ile dağ yürüyüşleri (trakking) piknik ve kamp alanları için de oldukça ideal bir alan olan vadi, günübirlik ziyaretler için avcılık, kuş gözlemciliği ve bilimsel çalışma (flora ve fauna) yapmaya da imkan tanıyan bir alandır (Şekil / Figure 2).

Ancak günümüzde vadide piknik ve kamp yapmaya elverişli donatı elemanları bulunmadığından alan bu amaca yönelik olarak kullanılamamaktadır.

Şekil 2. Gürün Şuğul Vadisinden bir görünüm (2014).
Figure 2. A view of the valley of Şuğul in Gürün (2014).

4.Eşsiz (ender) özellikteki doğal alanlar:

a. Gökpınar Gölü (I. Derecede Doğal Sit): Gürün'ün Çayboyu Mahallesi sınırları içerisinde bulunan Gökpınar Gölü, Türkiye'nin sayılır doğal güzelliklerinden birisidir. Göl ilçe merkezine 10 km uzaklıkta olup, deniz seviyesinden 1350-1400 m yükseklikte bulunmaktadır. Bu göl günümüze kadar, kirletilmeden korunabilmiş, ender göllerden birisidir. Gökpınar Gölü ve çevresinde Sivas Valiliği, Gürün Kaymakamlığı ve Çekül Vakfı işbirliğinde başlatılan rekreasyon amaçlı çevre düzenleme çalışmaları 2009 yılında tamamlanarak halkın hizmetine sunulmuştur. Gölün çevresinde konaklamak isteyen insanlar için bir restoran, bir de motel yer almaktadır. Ayrıca günübirlik piknik yapmak için gelen insanlara yönelik yapılmış spor alanları, çocuk oyun alanları, kamelya ve çardaklar da bulunmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle Gökpınar Gölü hem yöre halkı için, hem de yakın yörelerden gelen insanlar için çok önemli bir rekreasyon kaynağıdır (Şekil / Figure 3).

a b

Şekil 3. Gürün Gökpınar Gölü büyük (a) ve küçük (b) kaynaktan bir görünüm (2014).
Figure 3. A view of sources of the Gökpınar lakes big (a) and the small (b) in Gürün county (2014).

B. Olası rekreasyon kaynakları
1.Genel dış mekan rekreasyon alanları
a. Akdere Köyü: Gürün'e 47 km uzaklıkta bulunan köyün içinden Ceyhan Irmağı'nın kollarından biri olan ve Elbistan ovasına can veren Hurman Çayı geçmektedir. Hurman Çayı, Akdere Köyü'ne 3 km uzaklıkta doğmakta olup, oluşturduğu tabiat güzellikleri ve doğal yetişen kırmızı benekli alabalığı ile ünlüdür. Yerleşim yeri olarak köyün tarihsel geçmişinin de çok eskilere dayandığına inanılmaktadır. Köyde bulunan ve Roma İmparatorluğu döneminden kaldığına inanılan Domdom Kalesi ve yarı sarnıç-yarı kale görünümdeki kayalıklar da bu tezi doğrular niteliktedir.

Alan sahip olduğu bitki örtüsü, tarihi ve kültürel değerlerinin yanı sıra su sporları, dağcılık ve doğa yürüyüşü bakımından da çok önemli bir rekreasyon kaynağı özelliği taşımaktadır (Şekil / Figure 4).

Şekil 4. Gürün Akdere köyü Hurman çayından bir görünüm (2014).
Figure 4. Aview of from Hurman river in Akdere village in Gürün county (2014).

b. İlçe merkezindeki mağaralar: Gürün'ün çok eski zamanlardan beri meskun bir yer olduğu kaya oyuklarından anlaşılmaktadır. Tarih boyunca oldukça mühim geçit ve yol kavşakları üzerinde bulunan Gürün'de halen Pınarönü Mahallesinde eski kalıntılarda mağaralar mevcuttur. Bu mağaraların 3 km güneybatısında bulunan Burçevi kalıntıları ve harap şatosu ile doğuda Çayboyu Mahallesinin hemen kuzeyinde yine kaya oyukları bulunmaktadır. Gerek Çayboyu Mahallesindeki, gerekse Gürün'deki kale olarak adlandırılan mağaralar ile Burçevi arasındaki yeraltı dehlizlerinin bir birine bağlantılı olduğu ve insan eli ile yapıldığı tespit edilmiştir. İncelemesi yapılmış olan bu mağaralar tarihi, doğal ve kültürel özellikleri ile hem turizm faaliyetlerinin gelişmesine katkı sağlayabileceği gibi, hem de mağaracılık faaliyetlerinin gelişmesine katkı sağlayarak yöre halkı için değişik bir rekreasyon kaynağının oluşmasına imkan sağlayabilecek niteliktedir (Şekil / Figure 5).

Şekil 5: Gürün ilçe merkezindeki mağaralardan bir görünüm (2014).
Figure 5. A view of the cave in the town center Gürün (2014).

2.Doğal çevre özelliği gösteren alanlar
a.Mağara Köyü-Uyuzpınar Gölü: Gürün ilçesinin görülmeye değer doğal güzelliklerinden biri olan Uyuzpınar Gölü dipten kaynayan tertemiz sularıyla güzel bir rekreasyon kaynağı özelliği taşımaktadır. Kükürtlü suları ve doktor balıkları ile başta kaşıntı olmak üzere birçok deri hastalıklarına şifa olan göl, Gürün'e 46 km uzaklıkta bulunan Mağara Köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu köy kaplıcaları ile ünlü olan Kangal ilçesiyle de komşudur. Ayrıca gölün yakınlarında 'Tamtun' adıyla bilinen ve yeraltına 200 basamakla inilen gizemli bir mağara da bulunmaktadır.

Gürün'e bağlantıyı sağlayan asfalt yola çok yakın olan köyün ulaşım sorunu bulunmamasına rağmen, alanda rekreasyona yönelik donatı elemanlarının bulunmayışı nedeniyle rekreasyonel açıdan kullanımı sözkonusu değildir.

b.Yazyurdu Köyü-Aygır Gölü: Gürün'e 39 km'lik mesafede bulunan köy ilçenin en eski yerleşim birimlerinden birisidir. Köyün içinde ve yakınında birçok eski yerleşim yeri kalıntısı ile köyün kuzeybatı kesiminde köye 500 m'lik mesafede 'Aygır Gölü' adı verilen doğal bir göl bulunmaktadır. Buradaki suyun yakın zamana kadar köy halkı tarafından kullanıldığı ve barsak kurtlarını döktüğü belirtilmektedir. Köy halkına göre burası eskiden kullanılan bir kaplıca yeridir. Burada daha önceki yıllarda Bizanslılar döneminden kalma tarihi bir hamamın kalıntılarının olduğu da söylenilmektedir. Tarihi ve kültürel değerlerinin yanı sıra görsel açıdan da değerli olan bu alanla ilgili ulaşım sorunu ve rekreasyona yönelik donatı elemanlarının bulunmayışı nedeniyle yöre halkı dışında rekreasyonel kullanımı söz konusu değildir.

3.Eşsiz (ender) özellikteki doğal alanlar
a. Anıt ağaçlar: Gürün merkeze bağlı Bahçeiçi Köyü'nün güneydoğusunda yer almakta olan ardıç ağacının yaşı henüz tespit edilememiştir. Ardıç ağacının toplam yüksekliği 9 m olup, göğüs çapı 130 cm'dir. Çevre ormanlarda bu yaş ve çapta sağlıklı durumda olan bir başka ardıç ağacı bulunmadığından 'anıt ağaç' olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle ardıç ağacı estetik görünümünün yanı sıra tarihi olaylar ile olan bağlantısıyla da tek başına bir rekreasyon kaynağı özelliği taşımaktadır.

4.Primitif (ilkel) alanlar
a.Camiliyurt ve Başören Köyü: Camiliyurt Köyü Gürün'e 46 km, Başören Köyü ise 41 km uzaklıkta bulunmaktadır. Bu köyleri önemli kılan doğal ardıç ağaçlarından oluşan orman kalıntılarının günümüze kadar kalmış olmasıdır. Buradaki ardıç ormanlarının tarih öncesi çağlarda Mezapotamya'nın ahşap ihtiyacının tamamını karşıladığı söylenilmektedir. Bu bölgede kalan günümüzdeki küçük ormanlık alanlar, o günlerden kalan ormanlardır. Alan sahip olduğu bitki örtüsü ve manzara değeri ile dağcılık ve doğa yürüyüşü için önemli bir rekreasyon kaynağı niteliği taşımaktadır. Ancak günümüzde erişilebilirlik sorunu nedeniyle alanla ilgili herhangi bir rekreasyonel kullanım sözkonusu değildir (Şekil / Figure 6).

a b

Şekil 6. Camiliyurt (a) ve Başören (b) Köylerinden günümüze kadar kalan ardıç ormanlarından bir görünüm (2013).
Figure 6. A view from the villages Camiliyurt (a) and Başören (b) to the present remaining juniper forests (2013).

5.Tarihi kültürel yapı ve sitler

a. 1.Derecede arkeolojik sit alanları: Araştırma alanı içerisinde eski medeniyetlerden izler taşıyan birçok höyük ve tarihi kalıntıya rastlanmaktadır. Bunlardan en önemlileri Burçevi Mahallesi sınırları içerisinde yer alan Burçevi Mezar Anıtı ile köy yerleşkelerinde bulunan höyüklerdir (Şekil / Figure 7). Bu höyükler ve bulundukları köyler şunlardır; Yukarı Sazcağız Köyü'nde Aratma Tepesi Tümülüsü, Böğrüdelik Köyü'nde Böğrüdelik Höyüğü, Davulhöyük Köyü'nde Davulhöyük, Göbekören Köyü'nde Göbekören Höyüğü Höyüklüyurt Köyü'nde Höyüklüyurt Höyüğü, İncesu Köyü'nde İncesu Höyüğü, Beypınar Köyü'nde Kale Tepe, Yenibektaşlı Köyü'nde Kaleliyurt Kalesi, Akdere Köyü'nde Kaleninkuzu Yerleşimi, Kızılburun Köyü'nde Kızılburun Köyü Kalesi, Osmandede Köyü'nde Kudret Kalesi, Sarıca Köyü'nde Külhöyük, Yılanhöyük Köyü'nde Taşlı Höyük, Güldede Köyü'nde Tekirahma Antik Yerleşimi, Yazyurdu Köyü'nde Yazyurdu Kalesi, Yılanhöyük Köyü'nde Yılanhöyük, Mağara Köyü'nde Mağara Höyük ve Kaya Yerleşimleridir.

Şekil 7.Gürün Burçevi mezar anıtından bir görünüm (2014).
Figure 7. A view Burçevi Memorial Grave in Gürün county (2014).

Bu arkeolojik sit alanları da rekreasyon kaynağı olarak hem yerli, hem de yabancı turistler açısından önemli bir kaynak niteliği taşımasına rağmen bu konuda gerekli yatırımların yapılmaması, tanıtım eksikliği ve ulaşım sorunu nedeniyle henüz rekreasyona yönelik olarak kullanılamamaktadır.

4. SONUÇLAR

Gürün ilçesinin sahip olduğu doğal ve kültürel kaynaklar çok çeşitli rekreasyon faaliyetlerinin gerçekleşmesine olanak sağlayabilecek niteliktedir. İlçede bulunan mevcut ve olası rekreasyon kaynakları aşağıdaki gibidir.

Mevcut rekreasyon kaynakları;

- Piknik; Alanda Gökpınar Gölü Doğal Yaşam Parkı dışında piknik alanları bulunmamaktadır. Ancak yöre halkı Şuğul Vadisinde ve Tohma Çayı kenarlarında kendi imkanlarıyla piknik yapabilmektedir.

- Foto-Safari; Bölgede pek çok yaban hayvanı, kuş ve bitki türü bulunmaktadır. Farklı mevsimlerde ortaya çıkan görüntüler de (özellikle ilkbahar ve sonbahardaki renk değişimi gibi) fotoğrafçılar için önemli bir rekreasyon kaynağı oluşturmaktadır.
- Yüzme ve su araçlarına binme; Günümüzde yöre halkı Akdere'nin, Tohma Çayı'nın derinleştiği bölgelerde ve Gökpınar Gölü'nde sıcak havalarda yüzebilmektedir. Ayrıca Gökpınar Gölü'nde su araçları ile gezinti de yapılabilmektedir.
- Olta balıkçılığı; Alanda Tohma Çayı, Akdere, Suluçayır ve Şuğul Dereleri'nin derinleştiği bölgelerde olta balıkçılığı yapılabilmektedir.
- Dağcılık; Bu bölge dağlık ve kayalık alanlardan oluştuğundan alan hat kurma, tırmanma, ve kaya tırmanışı yapmak için elverişlidir.
- Yaban hayatı izleme; Alanda Gökpınar Gölü ile Şuğul Vadisi I. Dereceden Doğal Sit alanı olup, görsel peyzaj değeri açısından izlenmeye değer alanlardır. Ayrıca bölgede yer alan flora ve fauna türleri de bilimsel ve eğitsel çalışmalar için önem taşımaktadır.

Olası rekreasyon kaynakları;

- Trekking; Araştırma alanında spor sahası dışında henüz hazırlanmış bir yürüyüş parkuru bulunmamaktadır. Ancak Gökpınar Gölü çevresinde, Tohma Çayı ve Şuğul Vadisi boyunca yapılacak yürüyüş parkurları alan için önemli bir rekreasyon kaynağı niteliği taşıyacaktır.
- Su sporları; Alanda bulunan akarsularda uygun alanlarda ve mevsimlerde rafting sporu yapılabilir. Bu alanda uygun yerler belirlenip, rafting sporunun gelişmesine yönelik çalışmalar yapılarak, yeni bir rekreasyon kaynağı oluşturulabilir. Aynı zamanda Tohma Çayı veya diğer derelerin sularından faydalanılarak uygun alanlarda yüzme havuzları yapılarak yörenin su sporları ile ilgili rekreasyon kaynakları geliştirilebilir.
- Kampçılık; Gökpınar Gölü ve Şuğul Vadisi kamp alanı için uygun bir alandır. Ancak, alanda planlanmış ve alt yapısı tamamlanmış bir kamp yeri bulunmamaktadır. Özellikle yaz aylarında gelen ziyaretçilerin alanda gelişigüzel kamp yapmaları çevre kirliliği açısından sorun teşkil etmektedir.
- Tarihi ve kültürel geziler; Alanda var olan mağaralar ve arkeolojik sit alanları geçmiş medeniyetlerden taşıdığı izler nedeniyle önemli bir rekreasyon kaynağı niteliği taşımaktadır.

Ancak günümüzde bu kaynaklar turizm ve rekreasyon açısından yeterince kullanılmamaktadır. İlçede mevcut rekreasyon kaynağı olarak nitelendirilen çoğu özellik ve alan, yeterli rekreasyonel kullanıma sahip değildir. Kaynağa ulaşımda topografik yapının neden olduğu engellerin yanı sıra ekonomik yapı etkisiyle yatırım eksiklikleri kaynakların yeterince değerlendirilmesini engelleyen temel nedenler olarak görülmektedir.

Mevcut ve olası rekreasyon kaynaklarının mevcut sorunları; genelde, alt ve üst yapı eksiklikleri, rekreasyonel alan donatı elemanları eksikliği (dinlenme mekanları, içme suyu, tuvalet, aydınlatma, yönlenme levhaları, yöreye ait görsel değerler, dağ manzaraları, bitki örtüsü ve alana ait farklı mevsimlere göre çekilmiş fotoğraflardan hazırlanmış bir katalog vb.) olarak görülmektedir. Olası sorunlar ise, doğal bitki örtüsündeki azalmaya bağlı olarak toprağın verimliliğinin azalması ve erozyon oluşumu, tarımsal faaliyetlerde kullanılan ilaçlama ve gübreleme etkisiyle kirlenme, kaçak avlanma, güvenlik, otopark sorunu, ulaşım yetersizliği, gürültü ve görüntü kirliliği olarak sıralanabilir. Bu nedenle kısa ve uzun vadeli çalışmalar kapsamında akılcı turizm ve rekreasyon planlamaları ile bu alanların koruma-kullanım dengesi içinde değerlendirilmesi, mevcut ve olası sorunlarının çözümlenmesi açısından zorunludur. Özellikle doğal kaynak niteliğindeki rekreasyon kaynaklarının korunması ve rekreasyonel niteliklerin artırılması açısından önem taşımaktadır. Bu bağlamda, Turizm Bakanlığı'nın yanı sıra yerel yönetimlere ve gönüllü kuruluşlara da görev düşmektedir.

Ülkemiz farklı iklim koşulları ve jeolojik yapı nedeniyle biyolojik çeşitlilik bakımından oldukça zengin bir ülke olmasına rağmen antropojen etkilerle bu çeşitlilik giderek azalmaktadır. Bu bağlamda yörede yapılacak her türlü yatırım ve uygulamalarda bölgenin ekolojik eşikleri göz önüne alınmalıdır. Bu amaçla turizme açılması önerilen ve alternatif turizm çeşitleri için potansiyel bir değer taşıyan Gürün'de rekreasyonel kullanımlara karar vermeden önce mutlaka sosyal ve çevresel etki değerlendirmelerine gidilmelidir. Çünkü çevre sorunları oluştuktan sonra bu sorunu ortadan kaldırmak daha güç olmaktadır. Bu

nedenle birçok rekreasyonel aktiviteyi gerçekleştirebilecek doğal ve kültürel kaynak değerlerine sahip olan Gürün ilçesinde bulunan kaynaklar bilinçli bir şekilde korunarak, rekreasyonel kullanıma açılmalıdır. Alanın doğal yapısını bozmadan gerçekleştirilecek rekreasyonel planlamalar, hem potansiyel kullanımı artıracak, hem de yöre halkının ekonomisine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Anonim, 2014a. http://www.gurun.gov.tr/default_B0.aspx?content=99, Ziyaret tarihi:07-02-2014).

Anonim, 2014b. http://www.dogadernegi.org/userfiles/pagefiles/yayinlarimiz/09_DOGU_ANADOLU.pdf, Ziyaret tarihi:07-02-2014).

Akesen, A., 1978. Türkiye'de Ulusal Parkın Açıkhava Rekreasyonu Yönünden Nitelikleri ve Sorunları (Örnek:Uludağ Ulusal Parkı). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No:2484/262.

Altunkasa, M., Uzun, G., 1991. Rekreasyonel Planlamada Arz ve Talep. Çukurova Üniversitesi Yayınları: 6-80, Adana.

Boyraz, Z., 2003. Gürün İlçesinin Coğrafyası. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Elazığ.

Günek, H., 1995. Darende Ovası ve Gürün Çevresinin Fiziki Coğrafyası. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ.

Günek H., Tonbul, S., 1996. Darende–Gürün Çevresinin (Malatya KB) Doğal Özelliklerinden Kaynaklanan Problemler ve Çözüm Önerileri. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 8(1): 147 – 176.

Hazar, A., 2009. Rekreasyon ve Animasyon. Detay Yayıncılık, Ankara.

Jenkins M., Piagram J.J., 1999. Outdoor Recreation Management. Routledge, London.

Karadağ A.A., Akpınar, N., 2003. Eğirdir ilçesinin Rekreasyon Kaynaklarının Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 9(2):189-196.

Karakuş, Ş., 2009. Tohma Vadisi (Gürün-Darende) Florası. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Malatya.

Koç, N., 1991. AÜZF Peyzaj Mimarlığı Bölümü Rekreasyon Ders Notları, Ankara.

Kurtman, F., 1978. Gürün Bölgesinin Jeolojisi ve Teknik Özellikleri. *MTA Dergisi*, 91.

TÜİK, 2012. Tarım İstatistikleri Özeti. Türkiye İstatistik Kurumu, Gürün İlçesi Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Veri Tabanı, Ankara.

Sivas Tarım İl Müdürlüğü, 2005. Sivas Tarım İl Müdürlüğü Envanter verileri. Sivas.

Sivas Tarım İl Müdürlüğü, 2010. Sivas Tarım İl Müdürlüğü Envanter verileri. Sivas.

Sivas Çevre Durum Raporu, 2010. Sivas Valiliği, Sivas.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257

Online available at
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.60015

Short Note / Kısa Not

Tomrukların kamyona yüklenmesi çalışmalarında taşınabilir el vinci ve polietilen oluk kombinasyonu sistemi

H.Hulusi Acar [1*]

[1*] Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, 61080, Trabzon, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** hlsacar@ktu.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 14.07.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 08.08.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 08.08.2015

Özet: Ormancılıkta odun üretim çalışmalarında kamyona yükleme çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır. Ülkemizde yılda en az 50 milyon adet tomruk üretilmekte olup, bu tomruklar orman içerisinden orman yolu kenarına getirildikten sonra kamyonlara yüklenmektedir. Bu tomrukların orman yollarında ortalama 1 milyon sefer ile depolara taşınmaktadır. Ülkemizde çoğunlukla insan gücüne dayalı geleneksel yükleme yöntemi kullanılmaktayken, sadece bir kısım yükleme makinalarla gerçekleştirilmekte olup, bu yöntem de pahalı ve riskli olabilmektedir. Bu çalışma ile orman yolları kenarına sürütülerek getirilmiş ağır tomrukların taşınabilir el vinci ile oluk içerisinde kamyon kasasına kolaylıkla çekilerek yüklenmesi amacıyla kombine bir yükleme sistemi geliştirilmiştir. Ladin tomruklarının yerden kamyonlara el vinci ve oluk kombinasyonu ile yüklenmesi denemelerinde, oluk güzergahı ortalama eğimi % 1-25 arasında ölçülmüştür. Yükleme sırasındaki her çevrimde birer adet tomruk çekilerek kamyonlara yüklenmiştir. Ortalama yükleme süresi 161,8 saniye olup, bunun % 67'si yükün kamyona çekilme süresi olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada elde edilen ortalama hız ve verim değerleri sırasıyla 840,4 m/saat ve 4,94 m^3/saat olarak bulunmuştur. Bu sonuçların literatürdeki oluk içerisinde el vinci ile kontrollü kablo çekim denemelerinde elde edilen hız ve verim sonuçlarına yakın olduğu bulunmuştur. Yükleme çalışmalarında hidrolik yükleyiciler ve kreynler en yaygın makineler olmakla birlikte, bu makineler üretim miktarının düşük olduğu sahalarda ve ekonomik değeri düşük ürünlerin üretildiği çalışmalarda verimli olmamaktadırlar. Bu gibi durumlarda maliyeti düşük ve yüksek üretim miktarı gerektirmeyen yükle yöntemleri kullanılmalıdır. Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında geliştirilen kombine yükleme sistemi bu gibi durumlara yükleme çalışmalarında kullanılabilecek en uygun yöntemdir. Ayrıca, taşınabilir el vinci ile entegre edilen bu yükleme sistemi, düşük maliyetli olması ve zaman tasarrufu sağlamasının yanında arazi koşullarında ergonomik ve iş güvenliği sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tomruk üretimi, yükleme, el vinci, oluk sistemi

A combined loading system integrated with portable winch and polyethylene chutes for loading of timber products

Abstract: Truck loading operation is an important task during timber production operations in forestry. In Turkey, approximately 50 million timber/logs have been produced per year, and then they have been loaded into the logging trucks. The timber/logs have been transported over the forest roads with an average of one million roundtrips. However, the traditional loading methods using manpower are mostly performed while some proportion is done by using loading machines which can be very costly and risky jobs. This study aimed to develop a combined loading system in which heavy logs are loaded into logging trucks by pulling them by a log-line powered by a portable winch within the chute system. The slope of the log-line from ground to logging truck varied between 1% and 25%. Within in the each work cycle of loading operation, only one log was loaded by pulling with portable winch. The average loading time was found as 161.8 seconds per cycle, in which 67% of the time was spent on pulling the log into the logging truck. The results indicated that the average pulling speed with winch power was 840.4 m/hr and productivity was calculated as 4.94 m^3/hr. The result on system speed and productivity indicated close relations with results from previous studies. The hydraulic grapple loader or cranes are widely used and common loading machines but they cannot be efficiently used in forestry operations, especially ones having low timber productivity rate or having low economic value timber.

To cite this article (Atıf) : Acar, H.H., 2016. Tomrukların kamyona yüklenmesi çalışmalarında taşınabilir el vinci ve polietilen oluk kombinasyonu sistemi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 329-339. DOI: 10.17099/jffiu.60015

In these conditions, loading methods that are cost efficient and do not require higher production rate should be employed. Therefore, a combined loading system introduced in this study can be a feasible solution for loading operations in those cases. Furthermore, it is believed that this loading system integrated with portable winch can be cost efficient and time saving solution, as well as ergonomic and safe method in the field.

Keywords: Logging, loading, portable winch, chute system

1.GİRİŞ

Odun hammaddesi üretim faaliyetleri kesme, bölmeden çıkarma ve uzak nakliyat olmak üzere üç ana aşamadan oluşmaktadır. Bölmeden çıkarılan odun hammaddesinin orman yolu veya rampalarda kamyonlara yüklenmesi ve depolarda boşaltılması işleri de yine bölmeden çıkarma faaliyeti gibi güç, pahalı ve riskli ara faaliyetlerdendir. Ormancılıkta gelişmiş ülkelerdeki üretim mekanizasyonu oranı ülkemize oranla çok daha yüksektir. Topoğrafik yapısı Türkiye'ye benzeyen Avusturya'da üretim faaliyetlerinde mekanizasyon kullanım oranı % 86 dolaylarında iken ülkemizde bu oran % 6-7 civarındadır (Acar, 1998). Ancak ülkemiz ormancılığında modern üretim makinelerinin yeterli düzeyde kullanılmaması üretim çalışmalarında maliyeti artırmakta, zaman ve değer kaybı yaşanmasına neden olmaktadır (Acar ve Şentürk, 2000). OGM'nin yıllık odun üretiminin yaklaşık 15 milyon m^3'ü endüstriyel odun, 10 milyon steri ise yakacak odun olarak gerçekleştirilmektedir. Özel sektör tarafından yapılan yıllık odun üretimi ise 3,5 milyon m^3 (kavak vs.) civarındadır. Ülkemizdeki yıllık odun hammaddesi tüketimi ise ortalama 23-24 milyon m^3/yıl'dır (Kaplan, 2007, Acar ve ark., 2008). Türkiye'de piyasanın endüstriyel odun hammaddesi talebinin %65'i Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından karşılanmakta olup orman işletmelerine ait gelirlerin en az %90'ı bu yolla sağlanmaktadır. OGM'nin yaptığı odun hammaddesi üretiminin yaklaşık %60'ını endüstriyel odun üretimi, bunun da % 40'ını tomruk üretimi oluşturmaktadır (DPT, 2001).

Ülkemizdeki orman işletmeciliği, yıllık ortalama 2 milyar TL döner sermayesi olan çok büyük bir sektördür. Bu döner sermaye gelirlerinin büyük bölümü üretilen odun hammaddesi satışlarından elde edilmektedir. Ayrıca odun hammaddesi üretimine ait giderler bütçenin %30'undan fazlasını oluşturmakta olup çok pahalı faaliyetlerdendir (OGM, 2006). Orman işletmeciliği çalışmaları içerisinde asli orman ürünü olan odun hammaddesinin üretimi ve transportu çalışmaları en pahalı ve en güç aşamayı temsil etmektedir. Öyle ki Orman Genel Müdürlüğü'ne ait döner sermaye gelirlerinin tamamına yakınının ormanlardan elde edilen odunun satışı ile elde edildiği düşünüldüğünde konunun önemi daha fazla ortaya çıkmaktadır. Zira odunun transportu sırasında ortaya çıkan her türlü zarar, odunun satış değerini dolayısı ile de OGM'nin yıllık gelirini düşürmektedir. Ülkemizde güç ve pahalı bir yapıda olan odun üretim çalışmalarında orman içerisindeki kamyona yükleme çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır. Genelde insan gücü ya da yükleyici makinalarla gerçekleştirilen bu yükleme işi güç, pahalı ve riskli bir çalışmadır. Ülkemizde yılda en az 50 milyon adet tomruk üretilmektedir. Bu tomruklar orman içerisinden orman yolu kenarına getirildikten sonra kamyonlarla depolara taşınması için ortalama 1 milyon sefer gerçekleştirmek üzere yükleme işlemi yapılmaktadır. Orman yolu kenarına kadar bölmeden çıkarılan odun hammaddesi ve özellikle tomruk vasfındaki ağır ürünler en kısa sürede yüklenerek depolara nakledilmelidir. Bu şekilde hem ürünlerin kalite kaybı önlenmekte hem de orman içerisindeki iş akışı sekteye uğratılmamaktadır. Bu nedenle bazen orman işçileri kamyonları boşta bekletmemek için sürütme işlerine ara vererek yükleme işlerini gerçekleştirmektedirler. Kamyonların bekletilmemesi gibi yükleyicilerin de bekletilmemesi esastır. Belirli bir bölgede fazlaca odun üretimi olmayan alanlarda, yükleyiciler ekonomik olmaması nedeniyle kullanılmamakta ve mecburen elle yükleme işine gidilmektedir. Bu gibi durumlarda el vinci kullanımı rantabl bir çözüm olabilecektir. Ormancılıkta özellikle ağır tomruklar için yüklemede bir teknoloji gelişimi sıklıkla söz konusu değildir. Tomrukların orman yolları üzerindeki kamyonlara yükleme aşaması, ülkemizde genellikle elle yükleme gibi ilkel tekniklerle gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada önce ormancılıkta mevcut yükleme araç ve metotları hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra orman yolları kenarına sürütülerek getirilmiş ağır tomrukların taşınabilir el vinci ile oluk içerisinde kamyon kasasına doğru çekilerek yüklenmesi olanakları irdelenmiştir. Burada amaç; kalın çaplı odun hammaddesi olan tomrukların orman içerisinde kamyonlara yüklenmesinde yeni bir alternatif kombine sistemin geliştirilmesidir. Yapay oluk güzergahı ve motor gücü olmak üzere iki ana bölümden oluşan bu sistemin verimliliği, Maçka yöresindeki orman alanlarında kamyonlara yerden yapılacak tomruk yükleme ölçümleri ile değerlendirilmiştir.

2. ORMAN YOLUNDAKİ TOMRUKLARIN KAMYONLARA YÜKLENMESİ

Türkiye'de planlı orman yolu yapımı ve işletilebilen orman alanlarının genişletilmesi ile yıllık odun hammaddesi üretiminde önemli artışlar sağlanmıştır Bu artışlar, orman ürünlerinin kesim yerinden satış ya da işleme merkezlerine taşıma işini işletmecilerin en önemli sorunu haline getirmiştir. Taşıma faaliyetlerinde yükleme işleri gerek masraf ve gerekse taşıma işlerinin akışının devamlılığı yönünden büyük öneme sahiptir. Türkiye'de genellikle elle gerçekleştirilen bu işler için yapılan harcamaların tutarı toplam taşıma masraflarının yaklaşık % 40-50'sini bulmaktadır. Öte yandan, gereken iş gücünün sağlanması da bazı yörelerde sorun olmakta ve bu durum taşıma işlerinin normal akışını aksatmaktadır. Ülkemizde son yıllarda iş hacmi yüksek olan işlerde ve satış depolarında kısmi bir makineli çalışma görülmekle birlikte gerek orman içi istif yeri ya da rampalarda, gerekse diğer işletme depolarında yükleme boşaltma işleri halen çoğunlukla elle yapılmaktadır. Son zamanlarda, işletme satış depolarında ve orman içi istif yerleri ile rampalarda da Caterpillar 920 istifleyici, Granab 900 yükleme vinci ve Liebber 902 yükleme vinci gibi makinelerle yükleme işlerinin yapıldığı da görülmektedir. Odun hammaddesinin bölmeden çıkarma safhasından sonraki ana taşıma safhası; ara depo ya da istif yerlerinde kamyonlara yükleme, yüklü gidiş, son depo ya da fabrikalarda boşaltma ve boş dönüş safhalarından oluşmaktadır. Bu dört iş safhasından yükleme safhası, diğer iş safhalarına nazaran daha uzun bir süre almaktadır (Acar, 1998). Ayrıca son depolarda satışları yapılan orman ürünleri de çeşitli araçlara tekrar yüklenerek kara yolları üzerinde uzun mesafeler boyunca işleme yerlerine taşınmaktadır. Depolarda yükleme sırasında yükleyici araçları tedarik etme ve rantabl kullanma mümkündür. Zira yüklenecek ürünün miktarı depolarda fazlası ile mevcuttur. Ancak orman içerisinde yükleme zamanı – yüklenecek odun miktarı vs belli olmamakla birlikte yükleyiciyi devamlı orman içerisinde bulundurmak da rantabl değildir. Bu nedenle basit, ucuz, hafif ve taşınabilir yapıdaki el vincinin orman içi yükleme çalışmalarında pratik, ekonomik ve ergonomik açılardan yararlı olacaktır. Yine elle yükleme ekiplerinde en az 3-4 kişinin çalıştırılacak olması, yükleme süresinin uzun ve iş güvenliği açısından "elle kaldırma (yükleme) ve taşıma işlerinde iş sağlığı ve güvenliği" ilkelerine uygun olmaması vb ile makineli çalışmada birim yük başına düşen yükleme maliyeti dikkate alındığında, yük miktarının az olduğu yerlerde ya da yükleyiciyi yükleme noktalarına taşımanın maliyetli olduğu durumlarda, taşınabilir el vinci ile yükleme şekli bir alternatif olabilecektir. Yükleme, odun hammaddesi nakliyatının aksaksız olarak gerçekleştirilmesi bakımından önemli fonksiyona sahiptir. Bu fonksiyonun etkinliği, yükleme faaliyeti ile kesim, bölmeden çıkarma, istifleme ve ana taşıma arasında iyi bir koordinasyonun sağlanmasına bağlıdır. Randımanlı bir yükleme faaliyeti için, taşımayı gerçekleştiren kamyon ve benzeri araç sayıları ile yükleyici kapasiteleri ya da yükleme ekibi olanaklarının yükleme öncesi beklemelerle zaman kayıplarına meydan vermeyecek şekilde dengelenmesi ve organize edilmesi gerekir.

Yükleme makinelerinde aranılan hareketliliğin derecesini yükleme koşulları belirler. Örneğin yüklenecek tomrukların bir istif yerinde toplanması halinde sabit ya da palet tekerlekli; tomrukların yol kenarları boyunca istif edilmiş olması veya dağınık bir vaziyette bulunması halinde de hızlı hareket etme özelliğine sahip lastik tekerlekli yükleme makinelerinin kullanımı uygun olur.

3. YÜKLEME ARAÇ VE TEKNİKLERİ

Yükleme işlerinde duruma göre elle yükleme aletlerinden kendi gücü ile iş gören yükleme makinelerine kadar çok değişik tipte araç kullanımı söz konusudur. Kullanılacak araçların tipi, yüklemenin yapıldığı yere, yüklenecek parça yükün boyut ve miktarına, iş gücü durumuna ve ekonomik koşullara bağlı olarak değişir. Sanayi ve yakacak odunu gibi küçük boyutlu ürünler genellikle araçlara elle yüklenir. Tomruk ve uzun gövdelerin yüklenmesinde ise yine bir ölçüde elle yükleme söz konusu olmakla birlikte daha çok çeşitli tip ve büyüklükte yükleme makineleri kullanılır. Yüklenecek odun miktarının fazla olması yükleme işinde yüksek kapasiteli yükleme makinelerinin kullanımını gerektirir. Ormancılıkta değişik yükleme metotları mevcuttur. Genel olarak incelendiğinde yükleme işinde kullanılan güç kaynağı bakımından; insan gücü ve yardımcı araçlar ile yükleme, hayvan gücünden yararlanarak yükleme ve makineli yükleme şeklinde bir sınıflandırma yapmak mümkündür.

3.1 Elle Yükleme

En eski yükleme metodu olan elle yükleme bugün gelişmiş ülkeler ormancılığında yalnızca travers, kağıt ve yakacak odunu gibi nispeten küçük boyutlu odunların yüklenmesinde söz konusudur. Türkiye'de tomruk ve uzun gövdelerin yüklenmesinde de halen yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Tomrukların insan gücü ile taşıma araçlarına yüklenmesi işinde kullanılan aletler, çevirme ya da yuvarlama sırığı, demir manivela, çevirme çengeli, sapin, kloma (kanca) ve yükleme ağaçları, kendir halat ve insan gücü ile çalışan yükleme vincidir. Yükleme ekipleri 2-10 işçiden oluşur. Rampadan yükleme, orman yollarının kazı şevi yamaçları üzerinde uygun yükseklikte rampa yapmanın mümkün olduğu ya da bu yolların dolduru şevi eteğinde taşıma araçlarının yüklenmesi için rampa olarak elverişli banket kısımlarının bulunduğu yerlerde söz konusu olur. Kamyonun kasa platformu seviyesi tomrukların istif seviyesi ile eşit ya da daha aşağıda bulunabilir (Şekil / Figure 1).

Şekil 1. Rampadan yükleme
Figure 1. Loading ramp

Yerden yüklemede kağıt ve yakacak odunu gibi küçük boyutlu materyaller kaldırılarak, tomruk ve tel direği gibi büyük boyutlu ağır odunlar ise yükleme ağaçları üzerinde yuvarlanarak taşıma araçları üzerine bindirilir. Bu şekil yükleme, rampa olanaklarının bulunmadığı yerlerde, ya da satış depolarında uygulanır (Şekil / Figure 2a).

a

b

Şekil 2. Yerden yuvarlayarak yükleme
Figure 2. Loading by rolling from the ground

Elle yükleme metotlarından birisi de kendir halatlarla yükleme yöntemidir. Bu yükleme yönteminde kendir halatın bir ucu yükleme yapılan tarafın aksi tarafındaki kasa kapağına bağlanmakta, serbest kalan uç da yüklenmesi yapılacak olan tomruğun altından geçirilerek yukarı doğru tomrukla birlikte çekilmektedir. Çekme işini kamyon ya da zemin üzerindeki bir ya da birkaç işçi yapmaktadır (Şekil / Figure 2b).Çapraz yükleme elle yükleme metodundan geliştirilmiş bir yükleme şeklidir. Bu metotla tomruklar yükleme araçları boyunca aşağıdan yukarıya doğru kablo çekimi sureti ile yuvarlanarak yüklenir. Bu tür yüklemede güç kaynağı insan, hayvan, genellikle de traktör ya da vinç olur.

3.2 Makine Gücü ile Yükleme

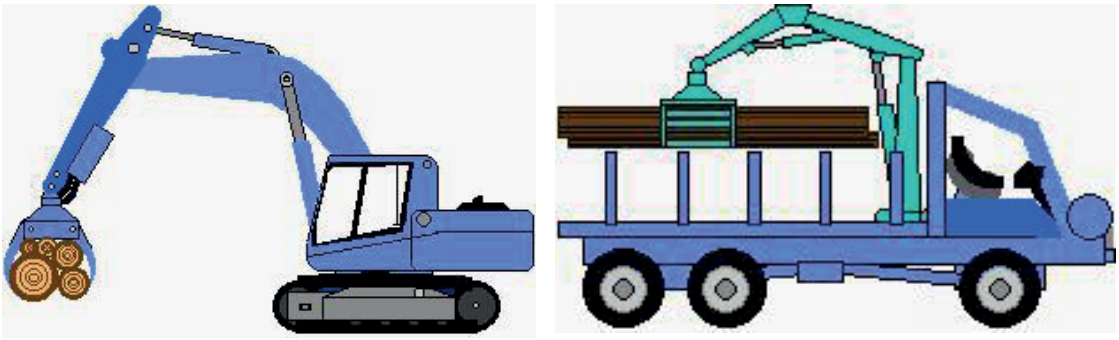
Makina gücünden yararlanarak uygulanan yükleme yöntemlerini, bu makinaların taşımayı yapacak araca monte edilmiş ve bundan ayrı bulunmalarına göre iki ayrı kısımda ele alarak incelemek gerekir. Üretim hacminin fazla ve taşıma faaliyetinin yoğun olduğu yerlerde iş kapasitesi yüksek metotlar söz konusu olur. Hareketli yükleyiciler hem toplu, hem de dağınık durumda bulunan tomrukların yüklenmesinde verimli olurlar. Son yıllarda çok çeşitli tipte hareketli tomruk yükleyicileri geliştirilmiştir. Bu yükleyicilerin önemli özellikleri; yavaş ve pahalı olan el işçiliğine gereksinimi azaltması, iş verimini artırması, yükleme zamanını kısaltması, dolayısı ile yükleme masrafında düşüş sağlanması, buna karşılık yüksek yatırım masrafını ve yetenekli operatör kullanılmasını gerektirmesidir.

3.2.1 Taşıma Aracına Monte Edilen Vinçle Yükleme

Taşıma aracına monte edilen bütün modern yükleyiciler (hidrolik kreynler) aracın motor gücünden yararlanarak hidrolik olarak çalıştırılır ve hemen her tip taşıma aracına monte edilebilir. Dar orman yollarında olduğu gibi yükleme alanı sıkıntısı çekilen yerlerde yükleme kolaylığı sağlaması bakımından önemli bir üstünlüğe sahiptirler. Taşıma aracına monte edilen çift tamburlu vinçle yükleme, kreynler (kablo kontrollu veya hidrolik kontrollü kreynler) ile yükleme ve Hiab tipi vinçle yükleme şekilleri mevcuttur.

3.2.2 Taşıma Aracından Ayrı Olan Araçlarla Yükleme

Taşıma aracından ayrı olan hareketli yükleme araçlarına bir traktör ya da kamyona monte edilmiş vinçler, hareketli döner kreynler ve kendi kendine yükleyen araçlar dahil bulunmaktadır (Şekil / Figure 3). Elevatörler ile yükleme, traktör ya da kamyona monte edilmiş vinçlerle yükleme, hareketli döner kreyn ile yükleme ve kendi kendine yükleyen araçlarla yükleme şekilleri mevcuttur.



Şekil 3. Hareketli döner kreyn ile yükleme ve kendi kendine yükleyen araçlarla yükleme
Figure 3. Loading by rotary crane and Loading the vehicles loads itself

3.2.3. Hidrolik Kıskaçlı Yükleyicilerle Yükleme

Bu makineler bir traktörün ön ya da arka kısmına bir ucunda kıskaçlı yapıda bir tomruk kavrama düzeni bulunan ulaşım kolunun monte edilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Tomruk yükleyicilerinin çalıştırılmasında hidrolik mekanizmadan yararlanılmıştır. Tomruk kavrama düzeni genellikle iki alt ve bir üst tırnaktan oluşur. Düz olan alt tırnaklar çalışma sırasında tomruğun altına sürülüp, uç kısmı aşağıya doğru kıvrık olan üst tırnak indirilerek tomruk kavranır. Yükleme, kavranan yükün kaldırılıp araç üzerine bindirilmesi suretiyle gerçekleştirilir. Traktörler paletli ya da lastik tekerlekli olabilir. Lastik tekerlekli tipte olanların hareket kabiliyeti olduğundan özellikle tomruk depolarındaki depolama işlerinin görülmesinde çok faydalı olmaktadır. Bu makinelerle yükleme-boşaltma işleri genelde bir araç sürücüsü tarafından gerçekleştirilir (Şekil / Figure 4).

Şekil 4. Hidrolik kıskaçlı yükleyici ile yükleme
Figure 4. Loading with hydraulic grapple loaders

Caterpillar 920 istifleyici, hidrolik kıskaçlı ve 3 ton kaldırma kapasitesi olan güçlü yükleme makinalardır. Depolarda seri istifleme yapabilirler. Belden kırmalı oldukları için hareket yetenekleri çok fazladır. Günlük 200-250 metreküp istif yapabilir. Depolardaki sıkışıklık kolayca giderilebilir. Ancak ince çaplı emval için istiflemede uygun değildir. Bir operatör tarafından kullanılır. Granab 900 yükleme vinci, hidrolik pompası yardımıyla gücünü kamyonun motorundan alır. Kaldırma bomları yukarıda iken 9 ton kaldırabilir. Rampalarda veya depolarda yükleme için çok uygundur. Özellikle ağır tomrukların yüklenmesinde çok başarılıdır. 7 tonluk bir kamyona 25 dakikada yükleme yapabilir. Bir operatör tarafından kullanılır (Şekil / Figure 5a). Liebher 902 yükleme vinci, ekskavatörlere yükleme vinci monte edilmiş makinelerdir. İş yapabilme yetenekleri çok yüksektir. Zira makine kendi ekseni etrafında 360 derece dönebilir. Bir operatör kamyonu 20 dakikada yükleyebilir (Şekil / Figure 5b).

a b

Şekil 5. Granab (a) ve Liebher (b) yükleme vinci ile kamyonların yükleme
Figure 5. loading trucks with loading crane of Granab (a) and Liebher (b)

3.3 Elle ve Makine ile Yüklemede Verimler

Ülkemiz koşullarında yapılan elle yükleme denemeleri yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlar üzerinde elle ve elle çalışan vinçlerle olmak üzere 4 ayrı şekilde yapılmış bulunmaktadır. Yapraklı ağaç tomruklarının elle yüklenmesinde verim 6,4 m^3/işçi/gün, iğne yapraklı ağaç tomruklarının elle yüklenmesinde ise günlük verim 12,0 m^3/işçi/gün olarak hesaplanmıştır. Yapraklı ağaç tomruklarının elle çalışan vinçle yüklenmesinde ise verim 9,3 m^3/işçi/gün, iğne yapraklı ağaç tomruklarında ise verim 14,2 m^3/işçi/gün olarak belirlenmiş bulunmaktadır. İğne yapraklı ağaç tomrukları için halatla ve elle yapılan yüklemede verim 11,4 m^3/işçi/gün ve rampadan yüklemede 35,6 m^3/işçi/gün olarak saptanmıştır (Erdaş ve ark., 2014). Burada görüldüğü üzere, iğne yapraklı ağaç tomruklarının yapraklı ağaç tomruklarına göre yoğunlukları dolayısıyla ağırlıklarının az olması nedeniyle günlük verim, iğne yapraklı ağaç tomruklarında yapraklı ağaç

tomruklarınınkine oranla yaklaşık iki misline ulaşmaktadır. Ülkemiz şartlarında yapılmış bulunan denemelerden yararlanarak yapraklı ağaç tomruklarının kreynle yüklenmesinde verim 119,5 m^3/makine/gün (39,8 m^3/işçi/gün) olarak hesaplanmış bulunmaktadır (Erdaş ve ark., 2014). Kamyona makinalı yüklemede yükleme yerinin eğimi, zemin ve hava durumu ile tomrukların yüklenmeye uygunluğu, istiflerin kamyondan uzaklığı ve yükleme yüksekliği gibi faktörler değerlendirme sonucunu belirlemektedir. Yukarıda verilmiş olan değerlerden de anlaşılacağı üzere, makine ile uygulanan yükleme yöntemlerinden elde edilen verimlerin elle uygulanan yükleme yöntemlerinden elde edilen verimlere göre büyük farklar gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca makina ile yapılan yüklemede iş emniyeti de önemli bir artı faktördür.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Materyal

Araştırma Maçka yöresinde orman yoluna kadar taşınmış Ladin tomruklarının yerden kamyon kasasına yüklenmesi için tasarlanmıştır. Yükleme için önce tomruk istif yerinden kamyon kasasına doğru oluklarla (4 adet - 28 m) yapay güzergah oluşturulmuştur. Kamyon kasasının ön tarafına el vinci sabitlenmiştir. Daha sonra kamyona oluk içerisinden teker teker yapılan kabuksuz Ladin tomruk çekimleri üzerinde zaman ölçümleri yapılarak, daha sonra değerlendirilmek üzere önceden hazırlanan etüt karnelerine işlenmiştir. Çalışma Maçka Çatak Bölgesi 106 nolu bölmede (Lncd3 meşçeresinde) 2014 yılı sonbahar aylarında gerçekleştirilmiştir. Batı bakıda ve 1600 metre rakımda çalışılmış olup 4 adet yarım oluk kullanılmıştır. Oluk eğimi kamyona 7 metre mesafeden % 25 olarak kaydedilmiş olup öncesinde % 1 civarındadır. Orman yolu üzerinde el vinci ve kombinasyonu yöntemi kullanılarak yapılan kamyona kontrollü tomruk çekimi şeklindeki yükleme denemelerinde 1 operatör ve 2 işçi kullanılmıştır.

4.1.1 Taşınabilir El Vinci

Çalışma kapsamında kullanılan el vinci PCW5000 marka olup en fazla 100 m mesafeden kablo çekimi yapabilmektedir (Şekil 6a). Çift halat kullanılması durumunda çekiş gücü iki misline çıkabilir. PCW5000 el vincinin fiyatı KDV dahil 3000 Euro civarındadır.

PCW5000 Teknik Özellikleri

Motor	: Honda GXH-50cc
Maksimum Çekme Gücü	: Tek halatla: 1 ton / Çift halatla: 2 ton
Ağırlık	: 16 kg
Motor	: 4 zamanlı Honda GXH-50cc
Yağ Deposu	: 0.25 Litre SAE 10W-30 API SJ Yağ.
Yakıt Deposu	: 1.2 Litre
Yakıt Cinsi	: Kurşunsuz Benzin
Yakıt Tüketimi	: 340g/kwh
Maksimum Güçle Çalışma Süresi	: 1.5 Saat
Maksimum Çekme Hızı	: 85mm'lik Tamburla:18metre/Dakika(1080m/saat) 57mm'lik Tamburla: 12metre/Dakika(720 m/saat)
Boyutlar	: 33cm x 38cm x 36cm
Kullanılabilir Halat Çapı	: 10mm – 16mm
Önerilen Halat Çapı	: 12mm-13mm

Tomruk vasfındaki odun hammaddesinin taşınabilir el vinciyle kamyona yüklenmesinde; her iki ucu kuşgözlü sentetik halat (12 mm çapında), zincir çoker (1,5 m), polyester çoker (2 m), üç adet metal kilit ve iki adet metal kanca kullanılmıştır. Sentetik halata metal kilitler yardımıyla monte edilen zincir çoker tomruğa sarılarak metal kancalar yardımıyla tespit edilir. Vincin kenarında yer alan 2 adet metal kanca, polyester çoker kullanılarak dikili ağaçlara, kamyon kasasına veya sahada kesilmiş ağaç kütüklerine rahatlıkla ve kısa sürede monte edilebilir (Şekil / Figure 6b). Taşınabilir el vinci, sentetik halat ve diğer aparatlar bir orman işçisinin omuzunda ergonomik olarak ve kolaylıkla taşınabilir.

Çalışma prensibi olarak, bir ucu tomruğa sarılmış diğer ucu da tambura 3-4 tur sarılan halatın motorun çalıştırılması ile tamburla birlikte dönerek boşa çekilmesi sonucu tomruk çekme işlemi gerçekleştirilmektedir. Çekimi hızlandırmak, tersine olumsuz durumlarda ya da çekiş işi sonunda durdurmak için motor üzerinde ayarlama-durdurma tertibatları mevcuttur.

a b

Şekil 6. Taşınabilir el vinci ve ağaca sabitlenmiş halde kurulumu
Figure 6. Portable manual winch and fixed installation on tree

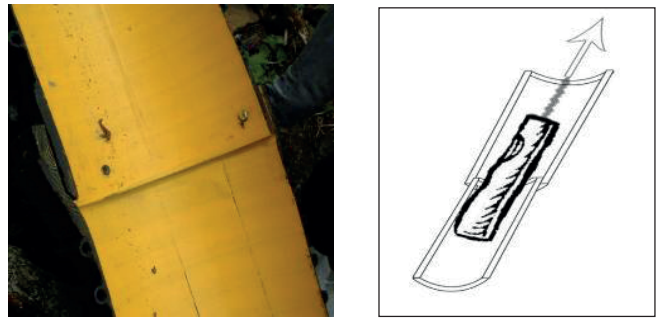
4.1.2 Polietilen Oluklar ve Yüklemede Yapay Güzergahın Oluşturulması

Çalışmada polietilen malzemeden üretilen oluk sistemi (Korige Boru SN4) kullanılarak yapay sürütme güzergahı oluşturulmuştur. Polietilen borular düşük yoğunlukta malzemeden üretilmiş olup, ezilme, yırtılma ve çarpma gibi dış etkilere karşı dayanıklıdır. Sistemdeki yapay güzergahın oluşturulmasında kullanılan olukların tipi, malzemesi ve boyutları ile ilgili özellikleri Tablo / Table 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yapay güzergahı oluşturan bir polietilen plastik oluğa ait özellikler
Table 1. Properties of polyethylene plastic trough

Oluk Özellikleri	Niteliği
Oluk Şekli	Yarım daire şeklinde (U)
Oluk Malzemesi	SN4 Polietilen
Oluk Çapı (mm)	500 mm
Oluk Et Kalınlığı (mm)	4 mm
Oluk Boyu (m)	7 m
Oluk Ağırlığı (kg)	16 kg

Polietilen oluklar (SN4 Korige Boru) tam daire olarak temin edildikten sonra ortadan boylamasına ikiye bölünmüştür. Daha sonra orman içerisinde iki işçi tarafından üretim alanına taşınarak yapay güzergahın oluşturulmasında kullanılmıştır. Eğimli arazide sürütme yönüne göre erkek-dişi baş kısımları eşleştirilerek 3-5 adet tepesi oval vida ile birbirlerine pürüzsüz bir şekilde monte edilerek orman yolu üzerindeki yapay güzergah kamyon kasasına doğru oluşturmuştur. Böylelikle yukarı çekilmek suretiyle taşıma sırasında tomrukların olukların bağlantı yerlerine takılmaları önlenmiştir (Şekil / Figure 7a). Yapay güzergah gerektiğinde değişik şekillerde stabil hale getirilebilir nitelikte düzenlenmiştir. Oluk sistemindeki bu yapay güzergahlar taşınabilir yapıya sahip olup montaj ve demontajı 1-2 saat gibi çok kısa sürede gerçekleştirilebilmiştir. Tomrukların plastik polietilen oluklardan oluşturulan yapay bir taşıma güzergahı içerisinde yukarı doğru kaydırılarak el vinci ile kamyon kasasına kontrollü çekilmesi sisteminde kullanılan başlıca parçalar; oluk güzergahı, 10 – 12 mm çapında halat ve taşınabilir el vinci, şeklinde sıralanabilir.

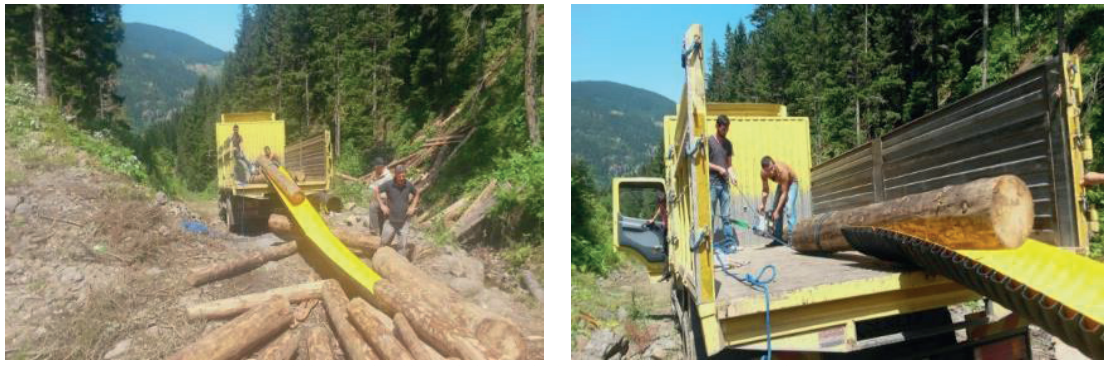


a b

Şekil 7. Oluk güzergahının kurulumunda vidalama ve oluk pozisyonu
Figure 7. Chute position and screwing of gutters routes installation

4.2 Yöntem

Araştırma Trabzon Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içinde Maçka Yöresi'nde orman yoluna kadar taşınmış Ladin tomruklarının yerden kamyon kasasına yüklenmesi için tasarlanmıştır. Yükleme için önce tomruk istif yerinden kamyon kasasına doğru oluklarla (4 adet - 28 m) yapay güzergah oluşturulmuştur. Kamyon kasasının ön tarafına el vinci sabitlenmiştir. Daha sonra kamyona oluk içerisinden teker teker yapılan tomruk çekimleri üzerinde zaman ölçümleri yapılarak etüt karnelerine kaydedilmiştir. Yapay güzergahın oluşturulmasında yarım daire şeklinde iç içe geçebilen plastik polietilen oluklar kullanılmıştır. Oluklar tam daire şeklinde satın alınmış ve sanayide ortadan 2'ye bölünerek yarım daire şekline getirilmiştir. Oluklar deneme alanlarına kamyonla getirilirmiştir. Oluk güzergahı kurulduktan sonra taşıma sırasında herhangi bir olumsuzluk yaşanmaması için güzergah boyunca gerekli görülen yerlerde sistem yanda toprağa çakılan demirlerle, güzergah altlarına tomruk yerleştirmelerle vb sabitlenmiştir. Olukların monte edilmesi genelde iki işçi, çalıştırılması ise bir operatör ve bir işçi ile yapılmıştır. Plastik (polietilen) oluklardan oluşan yapay güzergahın boyuna eğimi % 1 – 25 arasında değişim göstermiştir. Kurulum sırasında plastik oluklar uç kısımlarından taşıma yönünde bağlantı pürüzü olmayacak şekilde yerleştirilerek tepesi oval vidalarla birbirine monte edilmek suretiyle yerden kamyon kasasına doğru aplike edilmiştir (Şekil / Figure 7b). Taşıma sistemi, orman içerisinde ya da orman yolu kenarındaki bir taşınabilir el vincinin motor gücü kullanılarak tomruğa bağlanan halatın vinç üzerindeki tambura sarılması şeklinde gerçekleştirilmiştir (Şekil / Figure 8).



Şekil 8. Polietilen oluk ve el vinci kombine sistemi çalışması
Figure 8. Combined study of plastic chute and hand winch system

Yükleme sırasında saatlik verimi belirlemek için zaman etüdü yöntemlerinden tekrarlı zaman ölçme (sıfırlama) tekniği kullanılmıştır (Acar, 2004). Oluk içerisinde kontrollü tomruk çekim denemeleri sırasında rastlanılan kamyon yükleme çalışmalarında zaman ölçümleri yapılmıştır. Burada değişik nedenlerle yeterli sayıda ölçüm yapılamadığı için elde edilen ortalama değerler üzerinden sadece verim ve hız hesaplaması yapılmıştır.

4.3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, ülkemizde taşınabilir vinç ve sentetik halat ile entegre edilen oluk sistemi kullanılarak ilk defa gerçekleştirilen yerden kamyona kontrollü çekerek yükleme uygulamaları değerlendirilmiştir. El vinci ile oluk kombinasyonunda oluk eğiminin % 1-25 arasında değiştiği görülmüştür. Her çevrimde birer adet kabuksuz ladin tomruk çekilerek kamyonlara yüklenmekte olup toplam sefer süresi olan 161,8 saniyenin % 67'si çekme süresi olarak ölçülmüştür (Tablo / Table 2). Bu çalışmada elde edilen ortalama hız ve verim değerleri, Acar ve Üçüncü (2015) tarafından yapılan oluk içerisinde kontrollü kablo çekim denemelerinde elde edilen hız ve verim sonuçlarına yakın bulunmuştur.

Tablo 2. Çalışmada el vinci ile tomrukların yukarı çekiminden elde edilen değerler
Table 2. The manual winch working values obtained from the timber by pulling up

Sistem özellikleri	Birimi	Ortalama değerler
Çap	cm	26,8
Boy	m	4,0
Hacim (H)	m^3	0,222
Maksimum oluk güzergahı eğimi	%	1 - 25
Çekme mesafesi (ÇM)	m	25,4
El vinci kurulum süresi	sn	27
İpin boş gidiş süresi	sn	19
İpi tomruğa bağlama süresi	sn	21
Çekme süresi (ÇS)	sn	108,8
İpi tomruktan çözme süresi	sn	13
Toplam süre(TS)	sn	161,8
Çekme hızı (ÇH) ÇH=ÇMx(3600/ÇS)	m/saat	840,4
Verim (V) V=Hx(3600/TS)	m^3/saat	4,94

Yamaç yukarı kontrollü çekimlerde ortalama hız 1 km/saat olup özellikle sürtünmesiz oluk güzergahında hacim farklılıklarından etkilenmemektedir. Toplam taşıma süresi üzerinde tomruğun yukarı doğru kontrollü çekilme süresi önemli bir yer tutmuştur. Taşınabilir el vincinin yükleme çalışmalarında tercih edilmesinin sağlayacağı bazı avantajlar şu şekilde sıralanmıştır.

* El vinci ve olukların işçiler tarafından kolaylıkla taşınabilmesi
* Kurulumunun kolay olması
* Düşük yakıt sarfiyatı nedeniyle ekonomik olması
* Küçük ölçekli yükleme çalışmalarında yüksek verim sağlaması
* Ergonomik olması
* Ülkemizde temsilcisi bulunması nedeniyle kolay temin edilebilmesi

Ormancılık faaliyetlerinde yapılan tomruk yüklemelerinde işin kolaylaştırılması, ormancılık sektöründeki verimliliğin artırılabilmesi, iş kazalarının sayısı ve şiddetinin azalması, işin gerçekleşmesinde zaman tasarrufu sağlanması açılarından el vinci gibi portatif ve ekonomik sistemlerin değerlendirilerek geliştirilmesi gereklidir. Orman işçilerinin temin edebileceği fiyatta, verimli ve çok amaçlı kullanılabilecek taşınabilir bir sistem olan el vinci, hem işçiler için işin zamanında bitmemesi nedeniyle kesinti yapılması riskini ortadan kaldıracak hem de işverenin iş planının aksamadan zamanında tamamlanmasını sağlamaktadır. Bu haliyle ekonomik olduğu kadar ergonomik bir sistemdir. Bu çalışmada kalın çaplı odun hammaddesinin (tomrukların) kamyon kasasına sürütüldüğü zemin plastik malzemeden yapılmış oluklardan tesis edilmektedir. Bu yapay güzergah çok kaygan ve pürüzsüz bir yüzeye sahip olmasından dolayı tomrukla zemin arasında sürtünme meydana gelmemektedir. Dolayısıyla bu güzergah üzerinde aşağıdan yukarıya doğru çekme işlemi çok daha hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Orman yol ağının yeterli olduğu yerlerde kamyonlara tomrukları yüklemek için ülkemizde az sayıda yöntem mevcuttur. Bu itibarla taşınabilir el vinci ve oluk sistemi, taşınabilir ve ucuz olması yanında kombineli şekilde kullanılabilmesi özellikleri ile önemli bir alternatiftir. Taşınabilir vinçle entegre edilen oluk sisteminin tomruk çekme kapasitesini artırmak için sentetik halatın vinç tamburuna çift olarak sarılması sistemin gücünü iki katına çıkarmaktadır. Maçka yöresinde Ladin tomruklarının yerden kamyonlara PCW5000 el vinci ve oluk kombinasyonu ile yüklenmesi denemelerinde ortalama hız 840,4 m/saat ve verim 4,94 m^3/saat hesaplanmıştır. Kayın gibi ardaklanmaya karşı hassas tomrukların ormanda bekletilmeden bir an önce kamyonlara yüklenmesi açısından yükleme hızı önemli bulunmuştur. Taşınacak tomrukların oluk güzergahı üzerine konulmasında kolaylık sağlanabilmesi için güzergahtaki son oluk düze yakın ve toprağa gömülecek şekilde tesis edilmelidir. Tomrukların oluk güzergahının ağzına taşınması için makara sistemi kurulması hem zaman kazanılması hem de ergonomiklik açısından yararlı olacaktır. Bölmeden çıkarma işi ile kamyonla taşıma arasındaki uyumu tesis etmesi ile orman içi depo, rampa ya da orman yolu kenarındaki kısıtlı depolama alanlarının verimli kullanımını sağlaması açısından geliştirilen bu kombine yükleme sistemi önemli bulunmuştur. Ormancılıkta tomruk yükleme çalışmalarında araç ve yöntem geliştirmenin zorluğu dikkate alındığında, yaygın ve geri dönüşümü olabilecek bu tür oluk sistemi ve el vinci kombinasyonu çalışmalarının geliştirilmesi ve uygulamaya aktarılması önemli bulunmuştur. Orman yolu kenarına kadar taşınan tomruk vasfındaki ağır ürünler en kısa sürede yüklenerek depolara nakledilmelidir. Bu şekilde hem ürünlerin kalite kaybı önlenmekte hem de orman içerisindeki iş akışı sekteye uğratılmamaktadır. Kamyonların bekletilmemesi gibi yükleyicilerin de bekletilmemesi gerekir. Yüksek miktarda odun üretimi olmayan alanlarda, yükleyiciler ekonomik olmaması nedeniyle kullanılamamakta ve mecburen elle yükleme işine gidilmektedir. Bu gibi durumlarda el vinci kullanımı rantabl bir çözüm olabilecektir. Geliştirilen bu kombine sistemle, taşınabilir el vincinin pratik, portabl ve ucuz olması ile birlikte tomruk yükleme işinde zaman kayıplarının ve iş kazası riskinin minimuma indirgeneceği düşünülmektedir. Orman içerisinde yol kenarında ağır yükleme makinelerinin tedarik edilemediği ya da kullanımının verimli olmadığı yerlerde, tomruk gibi ağır endüstriyel odunların kamyonlara yüklenmesi geliştirilen bu sistemle rahatlıkla gerçekleştirilebilecektir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Acar, H.H., 1998. Transport Tekniği ve Tesisleri, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 56, 235 sayfa, Trabzon.

Acar, H.H., 2004. Ormancılık İş Bilgisi, KTÜ Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No: 55, 198 sayfa, Trabzon.

Acar, H.H., Üçüncü, K., 2015. Dağlık Arazide Tomrukların Oluk Sistemi ve Tomruk Başlığı Kullanılarak Yukarı Doğru Çekilmesine Yönelik Bir Portatif Vinç Sisteminin Uygulanması, KTÜ BAP Proje Raporu, No:10360, 86s., 2015.

Acar, H.H., Şentürk, N., 1996. Dağlık orman alanlarındaki üretim çalışmalarında mekanizasyon. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 46 (B1-4): 77-94.

Acar, H.H., Ünver, S., Kaplan, E. 2008. Dağlık arazide tomrukların plastik oluklar içerisinde kontrollü olarak taşınması (TOKK Yöntemi). *Orman Mühendisleri Odası Dergisi* (4-5-6): 31-33.

DPT, 2001. Yıllık Katalog, Ankara

Erdaş,O., Acar, H.H., Eker, M.,2014. Orman Ürünleri Transport Teknikleri, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No:233/39,504s., 2014, Trabzon.

Kaplan, E., 2007. Dünya Orman Varlığı ve Odun Tüketimi, *Ahşap Dergisi*, 34.

Orman Genel Müdürlüğü (OGM). 2006. Döner Sermaye Bütçesi. 127sayfa, Ankara.

Yenilmez, N., Erdaş, O., Acar, H.H., Akay, A.E.,2014. Dağlık Arazide Kalın Çaplı Odun Hammaddesinin Bölmeden Çıkarılmasında Oluk Sistemi Uygulanmasının Ekonomik ve Ekolojik Açıdan Değerlendirilmesi, TÜBİTAK 113R001 nolu Hızlı Destek Projesi, 93 sayfa, Ankara.

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257

Online available at / Çevrimiçi erişim Review / Derleme Makale
http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu - http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.47580

Kentsel sürdürülebilir mekânlar: Ekolojik parklar

Burçak Erdoğan Onur [1], Demet Demiroğlu [2*]

[1] Landscape Architect, 37 Timber Pond Road 6AG, London, United Kingdom
[2*] Kilis 7 Aralık University, Faculty of Engineering and Architecture, Kilis, Turkey

[*] **Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta):** ddemiroglu@kilis.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 03.02.2015 - **Revised (Düzeltme tarihi):** 20.03.2015 - **Accepted (Kabul tarihi):** 21.03.2015

Özet: Dünyada son yıllarda artış gösteren teknolojik ve ekonomik gelişmeler ile hızla tükenen kaynaklar doğal dengenin bozulmasına neden olmuştur. Özellikle kentlerde nüfus artışı ve yoğun yapılaşma ile kentsel ekosistemler büyük ölçüde değişmiştir. Bu durum, diğer tüm alanlarda olduğu gibi kentsel ekosistemlerde de sürdürülebilirlik kaygılarını arttırmış; peyzaj tasarım ve yönetiminde doğal süreçlerle daha uyumlu çözümlerin getirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu makalede çevresel bilincin olgunlaştığı toplumlarda sürdürülebilir kent hedefinde bir araç haline gelmiş ekolojik parkların kavramsal yapısı; planlama, tasarım ve yönetim ilkeleri uygulama örnekleri ile birlikte desteklenerek açıklanmıştır. Bu şekilde, benzer uygulamaların ülkemizde yaygınlaşmasına öncülük edecek bir kaynak oluşturulması hedeflenmiş ve söz konusu uygulamaların yaygınlaşmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Peyzaj tasarımı, ekolojik tasarım, ekolojik park, sürdürülebilirlik

Sustainable urban spaces: Ecological parks

Abstract: Rapidly depleted resources with technological and economic developments which increased in recent years has led to deterioration of the natural balance in the world. Urban ecosystems is considerably changed, especially with population growth and intensive construction in the city. This situation, as such in all other areas, urban ecosystems are also increasing their sustainability concerns. More compatible solution with the natural process in landscape design and management have to be brought. This article describes the conceptual structure of ecological park that has become a tool for sustainable urban target in community that matured of environmental awareness. Also planning, design and management principles are explained by supporting with application examples. The obtained results within the framework, it is aimed to create a source for similar applications that will lead to spread in our country. In addition, it is put forward suggestions for dissemination of such practices.

Keywords: Landscape design, ecological design, ecological park, sustainability

1. GİRİŞ

Park kavramı doğayı ve kültürü birbirlerine karşı olarak gören bir dünya görüşünün dışında gelişmiştir. Marcus Tullius Cicero (Romalı devlet adamı, bilgin, hatip ve yazar, M.Ö. 106 – M.Ö. 43), ilkel çağlardaki peyzajı "*birinci doğa*" olarak tanımlamıştır. Doğanın tamamen tasarlanabilir fikrini destekleyerek insanların yararına kullanma fikrini ise "*ikinci doğa*" olarak adlandırmıştır. 18.yy'da bu zıtlıktan doğa ve kültür arasında ortak bir zemin oluşturma fikri sonucu ortaya çıkan "*resmedilmeye değer park-pitoresk park*" görsel olarak doğayı referans alan, ancak insan elinin ürünü olan peyzajın yeni konseptinin simgesi olmuştur. Bu alanlar İngiliz kırsalının kırsal peyzajına benzetilmişti ve John Dixon Hunt kırsal peyzajı "*üçüncü doğa*" olarak isimlendirmiştir. Kent parkı bu kırsal fikrin bir ifadesi olarak ortaya çıkmıştır (Boland, 2001; Hunt, 2000). Kent parkları varlıklarını 19. yüzyılın (yy) endüstrileşme hareketinin kentler üzerinde yarattığı sosyal, ekonomik ve çevresel olumsuz etkilerine karşı çıkma

To cite this article (Atıf): Erdoğan Onur, B., Demiroğlu, D., 2016. Kentsel sürdürülebilir mekânlar: Ekolojik parklar.. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 340-355. DOI: 10.17099/jffiu.47580

arzusuna borçludur. Bu yüzyılın ortalarında doğayla etkileşimin insan üzerinde iyileştirici etkisi olduğu ve sınıf farkı olmaksınız her insanın doğayı deneyimleyebilme yeteneğine sahip olması gerektiği inancıyla Fredrick Law Olmsted ve ekibi tarafından New York'ta Central Park tasarlanmıştır (Power, 2006).

Oğuz (1998), kent parklarını kentsel açık ve yeşil alan sisteminin önemli parçası olarak nitelendirerek; "karmaşık kentsel organizasyon içerisinde, kentleşmeye koşut olarak gelişen; kopuk doğa-insan ilişkisinin yeniden kurulmasında çok önemli ve çeşitli işlevler yüklenen kamusal hizmet alanları" olarak tanımlamıştır. Bu alanların çevresel ve sosyal işlevleri pek çok çalışmada vurgulanmıştır. Örneğin; bu alanlar; hava kalitesini iyileştirirler (Jim ve Chen, 2008), yerel iklim kontrolünü sağlarlar (Bowler ve ark, 2010), kentsel ısı adası etkilerini azaltırlar (Stewart ve Oke, 2012), kentteki biyoçeşitliliği destekleyerek, kentin ekolojik dengesinin korunmasına yardımcı olurlar (Niemela, 1999), doğal drenajın sağlanmasına katkıda bulunurlar (Bolund ve Hunhammar, 1999), rekreasyonel faaliyetleri ile sosyal ve kültürel etkileşime olanak sağlarlar (Chiesura, 2004), insanların fiziksel ve psikolojik sağlığı üzerinde olumlu etkiler yaratırlar (Maas ve ark., 2006).

Bugün içinde yaşadığımız dünya "resmedilmeye değer park-pitoresk park"ın ilk geliştiği dönemler olan 19. yy'daki dünyadan çok farklıdır. Galen Cranz, yeni park modellerinin değişen dünyanın değişen sosyal ihtiyaçlarına yanıt vermek için geliştiğini ileri sürmüştür (Cranz, 1982). Artık biyolojik çeşitlilik için yaşam alanlarının korunması, sürdürülebilir ekonomik ve sosyal gelişimin gereği olarak algılanmakta; farklı ölçeklerdeki tüm peyzajlar estetik görünümlerinden çok, ekolojik zenginliklerinin yanı sıra sağladıkları çevresel, ekonomik ve sosyal fayda ile değerlendirilmektedir.

Değişen bu anlayış çerçevesinde son yıllarda gelişmiş ülkelerde sürdürülebilir kent hedefinde bir araç haline gelmiş olan doğal ekolojiyi kültürel ekolojiyle birleştiren; ekolojik parklara dikkatler çekilmiştir. Doğal süreçler ve bu sürecin ürünü olan alanın ekolojik özellikleri değerlendirilerek, sürdürülebilir planlama, tasarım ve yönetim politikalarını temel alan bir yaklaşımla tasarlanan ekolojik parklar, kent bütünü içerisinde kentsel ekosistemlere ev sahipliği yapmakla kalmamış, aynı zamanda araştırma, eğitim ve sosyalleşme gibi amaçlara da hizmet etmeye başlamıştır.

Ne yazık ki, söz konusu yaklaşım henüz ülkemiz kent parklarında yaygın olarak benimsenip uygulamaya geçirilememiştir. Bu nedenle; makalenin amacı, benzer uygulamaların ülkemizde yaygınlaşmasına öncülük edecek bir kaynak oluşturmaktır. Bu kapsamda makalede detaylı bir literatür araştırması temelinde, ekolojik park kavramı, bu alanlardaki planlama, tasarım ve yönetim ilkeleri örneklerle ortaya konulmuştur.

2. EKOLOJİK PARK KAVRAMI

2.1 Ekolojik Parkların Tanımı ve Geleneksel Kent Parklarından Farkı

Ekolojik park, tamamen ekolojik tasarım ilkelerine bağlı kalınarak tasarlanan ve yönetilen, yerel habitatlara ev sahipliği yaparak bölgesel biyoçeşitliliği destekleyen, aynı zamanda yerel halkın rekreasyonel ve eğitsel ihtiyaçlarını da karşılayabilen, kentsel ekosisteme entegre edilmiş doğal alanlardır. (Emery,1986; Cranz ve Boland, 2003). Yerkürenin küçük bir örneğini yansıtan ekolojik parklar, kent yaşamı içerisinde önemli sosyal, çevresel ve ekonomik işlevlere sahiptir (Ruff,1979; Yates,1991; Cranz and Boland, 2003).

Ekolojik parklar geleneksel kent parklarından farklıdır. Bu bağlamda bu iki kavram arasındaki en temel fark, peyzaj planlama, tasarım ve yönetimde ekolojik yaklaşımları ilke edinmesidir. Ekolojik parklarda, tasarım sürecindeki ekolojik yaklaşım, doğanın kendisini model alarak, doğal süreçlerle ve alanın yapısal ve ekolojik özellikleriyle uyumlu çözümler getirmeyi gerektirir. Temel hedef, kentsel ekosistemin bir parçası olabilecek kendi kendine yetebilen sürdürülebilir bir sistemin geliştirilmesidir (Emery,1986). Oysa ki günümüz kent parklarında hakim olan yaklaşım, insan refahını ve estetik değerleri ön planda tutarak, doğal süreçleri ve ekolojik yapıyı ikinci plana itmektedir. Doğal yapı dikkate alınmadan getirilen tasarım çözümleri, mevcut yapının sürdürülebilmesi için yoğun insan müdahalesine gereksinim

duymaktadır. Sürdürülebilirlik kaygısından uzak uygulamalar ekolojik dengeye zarar verirken, doğal kaynakların da hızla tükenmesine neden olmaktadır (Erdoğan Onur, 2012).

Glan Cranz ve Michel Boland (2003), ekolojik parkları geleneksel kent parklarından ayıran 4 temel nitelik ortaya koymuştur. Bunlar;
a- Mevcut kentsel yeşil alan sisteminin bir parçası ve tamamlayıcısı olarak tasarlanır ve bu şekilde kentsel yapıyla bütünleşerek, kentlerin çevresel, sosyal ve ekonomik sorunlarının çözümüne katkıda bulunurlar.
b- Kültürel olarak tanımladığımız peyzajın ekolojik değerini ön plana çıkartarak, ekolojik estetik kavramının yaratılmasına model oluştururlar. Ayrıca peyzaj ve mimarinin, çevrelerindeki kent dokusu ile uyumu açısından yeni bir estetik ve form kavramına ev sahipliği yaparlar.
c- Toplumun planlama ve yönetim süreçlerine katılımını teşvik eden politikalar izleyerek, toplumun eğitim ve gelişiminde etkin rol oynarlar. Böylece toplumsal bağın güçlenmesinde ve toplumla yaşam alanı arasındaki bağın kurulmasına katkı sağlarlar.
d- Kullandıkları materyaller açısından daha etkili ve kendi kendine yetebilen bir yapıya sahiptirler.

Erdoğan Onur (2012) ise yaptığı geniş kapsamlı literatür araştırmasına dayanarak, kent parklarının planlama, tasarım ve yönetiminde ekolojik ve ekolojik olmayan yaklaşım arasındaki farkları; alana uygunluk, estetik, sürdürülebilirlik, bitkisel tasarım, yaban hayatı organizasyonu, yönetim ve bakım, alan misyonu başlıkları altında karşılaştırmalı olarak özetlemiştir (Tablo / Table 1).

2.2 Ekolojik Parklarda Planlama, Tasarım ve Yönetim İlkeleri

Ekolojik ilkelere dayanan planlama, tasarım ve yönetimin temel hedefi, alandaki doğal süreçleri ve ekolojik yapıyı koruyup gözetirken, insanların da alandan verimli bir şekilde yararlanmasını sağlayacak, minimum enerji girdisi ve minimum atıkla kendi başına işleyen, sürdürülebilir bir sistemin kentsel ekosisteme entegre edilebilmesidir (Yeang,1995; Opdam ve ark., 2006).

Bu kapsamda ekolojik parklarda planlama, tasarım ve yönetim faaliyetlerindeki temel ilkeler ve izlenmesi gereken yol; *"alanın seçimi, alanın değerlendirilmesi, alanın tesisi, alan tasarımı ve alanın yönetimi-bakımı"* başlıkları altında incelenmiştir.

2.2.1 Alan Seçimi

Ekolojik ilkelerin kentsel yeşil alan sistemine yansıtılması iki farklı şekilde olmaktadır. Bunlardan ilki, ekolojik ilkelerle mevcut parkların yeniden düzenlenmesi ya da parkın bir bölümünün düzenlenmesidir. İkincisi ise, kentsel yapıdaki değişim ve gelişim sonucu, kentsel yapı içerisinde atıl kalan alanların ekolojik anlayışla yeniden düzenlenmesidir (Emery,1986). Terk edilmiş güç istasyonları, eski maden alanları, kullanımdan kalkan demir yolu alanları ve çukur kalarak su dolmuş, sarp ve inşaata uygun olmayan alanlar kent içi atıl alanlara örnek teşkil edebilir. Atıl alanlar, ekolojik parklar için önemlidir. Bu gibi alanlar, uzun dönem boş kaldıklarında yerel bitki ve hayvan türleri tarafından işgal edilirler ve bir süre sonra bu alanlarda yerel bir habitat oluşur. Doğal süreçlerle oluşan bu habitatlar ekolojik parkların organizasyonu için önemli bir potansiyel yaratır (Emery,1986; Yang ve Lay, 2004). Atıl kalmış alanların bu şekilde değerlendirilmesi mevcut yapılaşmamış alanlar üzerindeki baskıyı azaltarak, bu alanlardaki doğal kaynakların ve yaşam alanlarının korunmasını sağlayacaktır. Ayrıca yakın çevredeki halkın ulaşımını kolaylaştırarak (araçsız vd.), çekim merkezi oluşturacak ve yerel ekonomiye katkı sağlayacaktır. Bu alanlardaki mevcut altyapı ise farklı kullanım amaçları için yeniden değerlendirme imkânı sağlayacaktır (The Sustainable Sites Initiative-SSI (Sürdürülebilir Alanlar İnisiyatifi), 2009a).

Tablo 1. Peyzaj planlama, tasarım ve yönetim yaklaşımları (Erdoğan Onur, 2012).
Table 1. Landscape planning, design and management approaches (Erdoğan Onur, 2012)

	Ekolojik Yaklaşım	Geleneksel Yaklaşım
Alana Uygunluk	Yerel ekolojik şartlara (topoğrafya, toprak, mikroklima vb.) uygun tasarım,	Doğal yapıyı değiştiren insan yapısı öğelerin varlığı
	Mevcut peyzaj karakterinin korunması	Alana farklı peyzaj karakterlerinin entegre edilmesi
	Alanın doğal yapısıyla bağdaşan estetik görünüm,	Doğal bitkisel gelişimin estetik amaçlı denetlenmesi
	Yerel bitki türlerinin kullanımı,	Yüksek estetik kaygısıyla kozmetik ve dekoratif düzenlemeler
	Bölgesel sosyal ihtiyaçlara ve alanın ekolojik yapısına uygun aktiviteler	Egzotik bitkilerin kullanımı
	Alandaki tarihi ve kültürel değerlerin alan tasarımında ön planda tutulması.	Mümkün olduğunca çok aktivitenin alana getirilme eğilimi
Estetik	Ekolojik değeri olan peyzaj estetiğinin öne çıkarılması	Görsel değeri daha güçlü olan resimsel estetiğe ulaşılma kaygısı.
	Doğal çevrenin yapısal çevreye uyumu açısından yeni bir estetik ve form kavramı	
Sürdürülebilirlik	Yerel ve geri dönüşümlü materyallerin kullanılması,	Beklenen estetik kaliteye ulaşılması için yüksek bakım ve iş gücü maliyetleri,
	Bakım masraflarını düşürecek materyal ve yörenin ekolojik yapısına uyumlu bitki türlerinin kullanımı	Yerel olmayan türlerin sağlıklı kalması için kimyasal ilaç ve gübrelerin kullanımı
	Enerji tüketimini azaltacak düzenlemeler	Çim alan tesisinde ve bakımında yüksek su harcaması ve enerji harcaması
	Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı	Fosil yakıtlarının ve kimyasalların kullanımı
	Biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi ve soyu tehlikede olan türlere yaşam ortamı sağlanması	Yoğun sert yapı kullanımı ile ekolojik dengeye olumsuz etki
	Alan yönetimi ve bakımında geri dönüşüm uygulamalarına yer verilmesi.	Estetik kaygılarla pahalı ve geri dönüşümü olmayan materyallerin kullanımı
Bitkisel Tasarım	Yerel ve mevcut ekolojik yapıya uygun türlerin kullanılması ve tür çeşitliliği getirilmesi	Estetik değeri olan egzotik bitkilerin kullanımı
	Doğal gelişime müdahalenin sınırlı olması	Tür çeşitliliğinin sınırlı oluşu
	Doğal görünümün korunması	Estetik görünümü bozacak doğal gelişimlerin denetlenmesi
	Yaban hayatına yaşam ortamı oluşturacak türlerin tercih edilmesi	Yeni habitatların oluşturulması
	Mevcut habitatların korunması ve onarımı	
Yaban Hayatı Organizasyonu	Yaban hayatı tür çeşitliliğinin korunmasına yönelik düzenlemeler-sınırlı alan kullanımı, uygun materyal seçimleri	Yaban hayatını etkileyen yoğun insan kullanımları
	Yaban hayatı tür çeşitliliğinin arttırılmasına yönelik düzenlemeler-sulak alanlar gibi yeni yaşam ortamlarının oluşturulması, bitki türü çeşitliliği,	Yaban hayatını canlandıracak ve koruyacak düzenlemeler öncelik taşımaz.
	Yaban hayatı popülasyonlarının kontrol altında tutulması	
Yönetim ve bakım	Minimum insan müdahalesi	Beklenen kusursuz görüntünün sağlanabilmesi için sürekli insan müdahalesini gerektirecek bakım çalışmaları
	Sürdürülebilir, ekolojik yönetim politikalarının kullanımı	Yüksek maliyet ve enerji gerektiren yönetim ve bakım politikaları
	Ekoloji konusunda yetkin bir yöneticiye ihtiyaç duyulması	Sürdürülebilir gelişim politikalarının öncelikli olmaması
	Düşük bakım giderleri,	Alan yönetim ve bakımında profesyonel uygulamacılara gerek duyulmaması
	Yönetim ve bakımda yerel halkın gönüllü katılımının sağlanması	Alan yönetiminde kullanıcıların söz sahibi olmaması
	Alanda biyolojik yapıyı koruma amaçlı zonlama çalışmaları ile kullanım sınırlaması getirilmesi.	Alan yönetiminde insan kullanımlarının ön planda olması
Alan Misyonu	Kentsel ekosistemlerin ve yaban hayatının korunup desteklenmesi	Kentsel imajı güçlendirecek yeşil alanlar
	Eğitim ve araştırma ortamlarının oluşturulması	Yoğun rekreasyonel ve sportif aktiviteler
	Kontrollü rekreasyonel ve sportif aktivite	Yapılandırılmış yeşil alanlarda psikolojik rahatlama imkânı
	İnsan doğa etkileşimini arttıracak aktiviteler	Toplanma ve buluşma mekânları
	Toplumda çevresel bilincin oluşturulması-Ekolojik estetik kavramın geliştirilmesi	Bulunduğu alana ve topluma bir kimlik kazandırması
	Kentsel çevresel problemlerin çözümüne katkı sağlanması	
	Bulunduğu alana ve topluma bir kimlik kazandırması	

Almanya Duisburg Ruhr vadisinde yer alan Landscharfspark Duisburg-Nord endüstriyel alanların sürdürülebilir yaklaşımla park olarak yeniden tasarlanmasına başarılı bir örnek olarak verilebilir. 2002 yılında hayata geçirilen kent parkı eski bir çelik üretim alanındaki, mevcut endüstriyel yapılar değerlendirilerek tasarlanmış ve Ruhr vadisi yeşil sistemine dâhil edilmiştir. Alan tasarımında yabanıl ve bazıları nadir türlerce istila edilen, yoğun toprak ve su kirliliğine sahip alanlarda insan kullanımları engellenmiş, ancak mevcut bitkisel yapı korunarak alanın tarihine yönelik izler korunmuştur. Alandaki hafif hasar görmüş toprak ve sulak alanlar uygun türler kullanılarak biyolojik olarak temizlenmiş, alandaki endüstriyel yapılar yerel türlerin kullanıldığı bitkisel tasarımlarla bütünleştirilerek eşsiz sanatsal objelere, oyun alanlarına ve yaratıcı mekânlara dönüştürülmüştür (Urban Green–Blue Grids, 2014).

Londra'da yer alan "Igneborne Hill" (Igneborne Tepesi) de atıl alanların sürdürülebilir bir yaklaşımla değerlendirilmesine örnek olarak verilebilir. 45 hektar (ha) alana sahip eski bir çöp depo alanı olan tepe restore edilerek; rekreasyon faaliyetleri için odak noktası haline getirilmiş ve çevresindeki vadilerle habitat bağlantıları kurulmuştur. Alanda yapılan kullanım sonrası değerlendirme çalışmaları alanın çevresi ile bağlantısının iyi kurulmuş olmasının alanı ilgi odağı haline getirdiğini göstermektedir. Ayrıca araştırmaya göre, alanın yerel ve bölgesel ölçekte sağladığı ekonomik fayda dolgu alanların yüksek standarlarda restorasyonunun mümkün olduğunu göstermektedir (Landscape Institute, 2013).

Alan seçiminde öncelikle mevcut kaynakların korunması ve zarar görmüş sistemlerin onarılması hedeflenmelidir. Örneğin, üstün niteliklere sahip tarım alanları, taşkın yatakları, zengin habitatlara ev sahipliği yapan sulak alanlar korunmalıdır. Tehdit altındaki türlerin ve yaşam alanlarının korunması ve geliştirilmesi gibi hassas konular alan seçiminde yönlendirici olmalıdır (SSI, 2009a). İngiltere'de Huntingdon ve Peterborough arasında yer alan büyük bataklığın (Great Fen) yeniden doğal hayata kazandırılma projesi bu konuda en ideal projelerden biri olarak tanımlanmaktadır. Projede 3.500 ha bataklık alanın kurutularak yoğun tarıma açılması sonrası, kaybedilen doğal yaşamın geri kazanılması ve kuruyan torfun çözünmesi ile ortaya çıkan yüksek miktardaki karbondioksit gazının durdurulması amacı ile sulak alanın yeniden oluşturulması söz konusudur. Projenin tamamlanması ile birlikte turizm imkânlarının oluşturulması ve iş olanaklarının artırılması gibi konularda yerel ekonomiye katkı sağlanacağı ön görülmektedir. Alan yerel halka rekreasyon ve eğitim imkanları sunacak ve Avrupa'nın en önemli biyolojik kaynaklarından biri yeniden hayata geçirilecektir (Landscape Institute, 2013).

2.2.2 Alanın Değerlendirilmesi

Alan tasarımının başlangıç aşamasında tasarımcı ilk etapta alanda neyin, nasıl ve neden yaşadığını araştırmalıdır. Bu nedenle yapılacak sörvey çalışması büyük önem taşır. Sörvey çalışmasında tasarıma alt yapı oluşturacak incelemelerde alandaki mevcut habitatların, bitki ve hayvan türlerinin belirlenmesi ile sınırlı kalınmamalı, mevcut doğal koşullarda, bunlar arasındaki karmaşık etkileşim ve ilişkiler irdelenerek değerlendirmeye alınmalıdır (Ruff,1979; Stitt, 1999; Yang ve Lay, 2004). Bu durumu, sürdürülebilir yaşam alanlarının oluşturulması sürecinde Emery (1986), "özellikle mevcut habitatların incelenmesi ve farklı yaşam alanlarının sınırlarının belirlenerek bunların kendi içlerinde incelenmesi gerekir" şeklinde vurgulamıştır. Emery (1986); belirlenen alanlarda incelenmesi gereken konuları 4 sınıfta ifade etmiştir. Bunlar:

a. Mevcut ve baskın türlerin ve bu türlerin karakteristik özelliklerinin (ekolojik özellikleri ve ihtiyaçları) belirlenmesi.
b. Belirlenen alanlardaki çevre koşullarının incelenmesi ve aralarındaki farklılıkların ortaya konulması. Örneğin, hangi alanların diğerlerine göre daha nemli, verimli, kayalık, gölge veya iyi drenajlı olduğunu ve bu alanlardaki farklı bitki toplumlarının ne tür çevresel koşullara ihtiyaç duyduğunun gözlenmesi.
c. Alan çevresinde, doğal ve bitkisel yayılışı ve yaban hayatı üzerinde etkili olacak komşu bölgelerin ve bunların muhtemel etkilerinin belirlenmesi. Örneğin alandaki bitkisel çeşitliliği zenginleştirecek farklı yabanıl türlerin ya da istenmeyen istilacı türlerin tespit edilmesi,
d. Alanın tarihsel gelişiminin ve doğal süreçlerinin değerlendirilerek ileriye yönelik çıkarımlarda bulunulması. Örneğin, alan daha önce bir orman alanı ise buranın doğal mı, yoksa kültür ormanı mı olduğu, alanda yetişmeye elverişli bitki formlarının tahmini açısından ışık tutabilir.

The Sustainable Sites Initiative (SSI-Sürdürülebilir Alanlar İnisiyatifi) kentsel alanlarda ekolojik tasarıma temel oluşturacak incelenmesi gereken başlıca konuları iklim ve enerji, hidroloji, toprak, vejetasyon, malzemeler ve insan kullanımı olarak sınıflandırmıştır. Bu konular altında incelenen başlıca konuların sürdürülebilir uygulamalara yansıması aşağıda bazı örneklerle ifade edilmiştir. Bunlar;

a- Alanda alan tasarım kararlarını, bina yerleşimlerini ve bitki seçimini etkileyecek mikro klima, gürültü, rüzgar yönü, güneş açıları, topoğrafya ve diğer iklim koşulları gibi özel koşullar belirlenmelidir. Bu şekilde örneğin rüzgâr ve güneş ışınlarının kontrolü amacı ile yapılacak bitkilendirmeler ile bina ısınma ve soğutma giderleri düşürülebilir. Benzer şekilde, alanda yenilenebilen enerji kaynaklarının kullanımına yönelik imkânlar belirlenerek alan elektrik giderlerinin bu kaynaktan elde edilebilir.
b- Alanda mevcut ise en az 100 yıllık taşkın alanları belirlenerek tasarımda bu alanlar koruma altına alınmalıdır. Böylece alandaki taşkın riski en aza indirilmiş olacaktır. Mevcut sulak alanların, kıyı şeritlerinin ve akarsu yataklarının ve bunların geçmişe dönük durumlarının belirlenmesi ve incelenmesi tasarım kararlarında doğal alanların iyileştirilmesine olanak verecektir.
c- Topoğrafyanın ve yüzeysel akışın akış yönünün ve bunun mevcut akarsulara etkisinin belirlenmesi alandaki yüzey sularına, çözüm sağlayacak, su kalitesinin artırılması çalışmalarına yön verecektir.
d- Alanda bulunan ya da dışarıdan etkili olabilecek potansiyel kirleticiler belirlenmeli ve bunlara karşı önlem alınmalıdır.
e- Alanda mevcut toprak sınıfları belirlenmeli; korunması gereken alanlar (yüksek kaliteli tarım alanları) ve verimli topraklar bir toprak yönetim planı geliştirilerek korunma altına alınmalı ve değerlendirilmelidir.
f- Daha önceki çalışmalar nedeni ile alanda zarar görmüş topraklar ve nitelikleri incelenerek iyileştirilmesine yönelik stratejiler geliştirilmelidir.
g- Alanda mevcut tüm yapı ve materyaller tespit edilerek; yeniden kullanımları irdelenmelidir.
h- Alanda mevcut kullanıcı davranış kalıplarının belirlenmesi ve alan yakınındaki hizmetler, alana özgün peyzaj değerleri ve ulaşım imkânları irdelenerek tasarım aşamasında en doğru kullanım kararların verilmesi sağlanarak kaynak israfı engellenebilir.
i- Alanın değerlendirilmesi aşamasında yerel uzman veya konuya ilgi duyan bölge sakinlerinin görüşlerinin alınması, alandaki farklı fırsatlar ve sürdürülebilir stratejilerin belirlenmesi açısından önem taşır.

2.2.3 Alan Tesisi

Ekolojik parkların tesisinde farklı nitelikteki alanlar için dört temel yaklaşım söz konusu olabilir. Bunlar, alandaki doğal süreçlerin kendi haline bırakılması, mevcut yapının koruma altına alınması, mevcut yapı üzerinde değişikliğe gidilmesi (modifikasyon) ve alanda yeni habitatların oluşturulması şeklinde sıralanabilir (Emery,1986).

Alan gelişiminin kendi haline bırakılması kuşkusuz ki en masrafsız yoldur. Ancak süreç içerisinde bakım çalışmalarının devamı, uygulamanın başarısı açısından önem arz eder. Eğer alanda belli bir bölgede vejetasyon nadir ve değerli türlere sahip ise, bu bölgenin koruma altına alınması gerekir. Koruma çalışmaları, gerek doğal süreçlerin kontrol altında tutulması gerekse beşeri etkilerin minimize edilmesine yönelik önlemler şeklinde gerçekleşir.

Kentsel doku içerisindeki ekolojik alanların tesisinde, alandaki mevcut doğal yapının alanda yapılacak değişikliklerle desteklenmesi de gerekebilir. Bu kapsamda, alandaki istilacı baskın türlerin doğal yayılışının kontrol altında tutulmasının yanı sıra, tür bakımından zayıf toplumlara doğal yayılışı desteklemek amacı ile uygun türlerin entegrasyonu söz konusu olur. Diğer taraftan ekolojik koşulların iyileştirilmesi amacı ile farklı uygulamalara gidilebilir. Nitrat bakımından zayıf toprak koşullarının iyileştirilmesi amacı ile nitrojen bağlayıcı bitki türlerinin alana getirilmesi bu uygulamalara örnek olarak verilebilir (Yeang, 1995).

Eğer ele alınan kentsel mekanda mevcut bir bitki örtüsü yok ise, ekolojik bir yapının alana kazandırılması ancak alanda yeni doğal yaşam alanlarının oluşturulması ile mümkün olabilir. Bu gibi durumlarda tasarımcı doğayı taklit ederek çıplak alanları kendi kendine yetebilen, belli bir estetiğe sahip yarı doğal

alanlara dönüştürmek durumundadır. Bu aşamada tasarımın başarısı, tasarımcının doğal süreçleri ne derece algıladığı ve yerel çevresel koşullar ile kullandığı materyali ne derece bağdaştırabildiği ile doğru orantılı olacaktır (Emery,1986; Yang ve Lay, 2004).

2.2.4 Alan Tasarımı

Ekolojik parklar, bölgedeki doğal hayatın korunmasının yanı sıra, yerel halkın rekreasyonel ve eğitsel ihtiyaçlarının karşılanmasını da hedefler. Dolayısıyla bu alanların yoğun bir insan kullanımına maruz kalması kaçınılmazdır. Bu tür alanların tasarımında sürdürülebilir yaklaşımlar çerçevesinde alandaki habitatlar korunup desteklenirken, insanların alandan maksimum derecede faydalanmasına yönelik düzenlemeler yapılır. Bu süreçte, alan tasarımında "*sürdürülebilirlik, bütünsellik ve alana uyum, bitkisel tasarım ve yaban hayatının organizasyonu*" değerlendirilmesi gereken dört temel konudur (Emery,1986; Ruff ve Tregay,1982; Yates,1991).

2.2.4.1 Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir kentsel yapının bir parçası olarak tasarlanan ekolojik parklar, doğal kaynak kullanımı ve atık çıktısını azaltacak tasarım, inşa, bakım ve yönetim uygulamalarını kullanmak zorundadır (Boland, 2001). Tasarımcı, alandaki mevcut yapıyı değerlendirip, mümkün olduğunca yerel materyalleri kullanarak alanla uyumlu bir tasarım ortaya koymalıdır. Bu çözüm öncelikle doğal kaynak tüketimini gözeten, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, düşük enerji ihtiyacı ve minimum atıkla kendi kendine yetebilen, alanın doğal döngüsünü koruyan, kullanıcısını sürece dahil edebilen bir sistem kurmaya yönelik olmalıdır **(**Stitt, 1999**)**. Bu itibarla ekolojik parklarda sürdürülebilirlik; *malzeme seçiminde sürdürülebilirlik, su yönetiminde sürdürülebilirlik, yönetim ve bakımda sürdürülebilirlik* başlıkları altında ele alınabilir. Yönetim ve bakımda sürdürülebilirlik yaklaşımı diğer başlıklardan farklı olarak ilerleyen bölümlerde "Alan Yönetimi ve Bakımı" ana başlığı altında incelenmiştir.

Malzeme seçiminde sürdürülebilirlik: Bu tip alanların tasarım, yönetim ve bakım süreçlerinde temel yaklaşım, alana dışarıdan yabancı bir yapının getirilmesi yerine mevcut yapının korunması ve geliştirilmesi yönünde olmalıdır. Alandaki mevcut yapısal elemanlar ve peyzaj ögeleri korunmalı, tasarım kararlarında mevcut yapıdan yararlanılmalıdır. Aynı şekilde, alanda atıl kalmış materyaller (döşeme elemanları, banklar, doğal taşlar, bitkisel materyal, sınır elemanları, vb.) yeniden değerlendirilmeli; gerektiğinde yerel üreticilerden destek alınmalıdır. Bu yaklaşım, maliyeti düşük uygulamaların yanı sıra, alandaki yaban hayatına gelebilecek muhtemel zararları en aza indirir ve peyzajın doğal karakterinin korunmasını sağlar (Emery,1986; SSI, 2009a).

Alan tasarımında kullanılacak yeni yapısal elemanların geri dönüştürülmüş materyallerden elde edilmesine özen gösterilmelidir. Bu, söz konusu elemanların geri dönüşümlü materyallerden üretilmesinin yanı sıra, daha önce farklı projelerde kullanılmış materyalin yeniden kullanılması şeklinde de olabilir. Ayrıca, tercih edilecek materyallerin yerel menşeili olması hem nakliye giderlerinin azaltılması, hem de yerel ekonominin desteklenmesi açısından önemlidir. (Boylan, 1982; Stitt, 1999; Birkeland, 2002).

Alanın bitkisel tasarımında, öncelikli olarak alanda müdahalesiz gelişebilecek, yenilenmeye ihtiyaç duymayacak, daha az bakım ve ilaçlama gerektirecek, su ihtiyacı nispeten az olan yerel bitki türleri tercih edilmelidir (Ruff,1982; Emery,1986; Cranz ve Boland, 2003). Alan tasarımında kullanılacak bitkisel materyalin kökeni ve üretim şekli de titiz davranılması gereken önemli bir konudur. Bitkilerin temininde yerel üreticilerin tercih edilmesi ve bu üreticilerin üretim aşamasında sürdürülebilir teknikleri (su kullanımı, enerji tüketimi, atık yönetimi vb.) kullanması da önemlidir (Bradley, 1982; SSI, 2009a).

Konuyla ilgili önemli çalışmalar yapan iki sivil toplum örgütü olan Landscape Institute ve SSI yayınladıkları raporlardaki örnek alanların tümünde yerel iklim şartlarına dayanıklı bitki kullanımına vurgu yapılmaktadır. Söz konusu örnek alanlarda hem alanda su, atık ve iş gücü tasarrufu sağlanması hem de alandaki doğal yaban hayatının desteklenmesi açısından yerel bitki türlerinin kullanılması önerilmektedir (Landscape Institute, 2009,2013; SSI, 2009a, 2009b).

Kullanılacak ahşap malzemenin tehdit altında olmayan ticari türlerden seçilmesine özen gösterilmeli bu şekilde farklı ekosistemlerin zarar görmesi engellenmelidir. Bu materyaller mutlaka sertifikalı olmalı ve bu malzemelerin kaynağından emin olunmalıdır (SSI, 2009a).

Alan inşası sırasında kullanılacak boya, yapıştırıcı, kaplama malzemesi gibi materyallerin havayı kirleterek sağlık açısından zararlı etkileri olan düşük uçucu organik bileşene (volatile organik compounds) sahip olmamasına özen gösterilmelidir (SSI, 2009a).

Kullanılacak çocuk oyun elemanları ve diğer kentsel donatı elemanları göz zevkine hitap etmesinden çok, insan ergonomisine uygun olacak şekilde tasarlanmalıdır. Elemanların yapımında geri dönüşümlü materyaller kullanılmalıdır. Ayrıca elemanlar dayanıklı; elemanların bakım masrafı da az olmalıdır (Lyle, 1985; Cranz ve Boland, 2003).

Güney Whidbey Adasının liman semti olan Clinton Feribot Terminali yanındaki yeşil alanın "Clinton Beach Park" olarak yeniden tasarlanması ve uygulanması bu konuda başarılı bir örnektir. Söz konusu alan ekolojik farkındalığı, kaynak verimliliğini ve yağmur suyu yönetimini destekleyen yeni bir plaj parkına dönüştürülmüştür. Projede mevcut temeller ve altyapı yeniden kullanılmıştır. Proje boyunca eski yerleşim yerlerinden kurtarılan ahşap, geri dönüştürülmüş plastik keresteler ve beton içeren uçucu kül dahil olmak üzere geri dönüştürülmüş ve yeniden kullanılabilecek malzemeler kullanılmıştır (SSI,2009b; Clinton Beach Park, 2014).

Su Yönetiminde Sürdürülebilirlik: Ekolojik tasarımda alanda su kontrolü, "yüzey suyunun/drenajın mekân içerisinde yönetimi ve hidrolojik döngünün ele alınması" şeklinde değerlendirilir (Power, 2006). Yüzeysel akışın mekân içinde yönetimi ilk olarak yüzeysel akışın azaltılması ve yüzeysel akışa geçen suyun kayba uğramadan toplanarak değerlendirmesi şeklinde gerçekleşir. Bina çatıları, geçirimsiz malzeme ile kaplanmış geniş yüzeyler gibi yüzeysel akışın söz konusu olduğu alanlarda, fazla suyun toplanarak sulama ve düzenleme amaçlı kullanılması bu yaklaşıma güzel bir örnektir (Cranz ve Boland, 2003).

Diğer taraftan, alan tasarımının bir parçası olarak oluşturulacak su formlarının tesisinde mümkün olduğunca şebeke suyu ve doğal yer üstü ve yer altı sularının kullanımından kaçınılmalıdır. Bunun yerine yüzeysel akış suları ve atık sularının iyileştirilerek kullanılması tercih edilmeli, böylece su ve enerji israfı engellenmelidir. Aksi taktirde alanda mevcut olan hidrolojik yapının ve bununla beraber doğal flora ve faunanın zarar görmesi söz konusu olabilir (SSI, 2009a).

Yağmur suyu ile ortaya çıkacak yüzeysel akışın alan içinde çözüme kavuşturulmasında alanın mevcut hidrolik yapısı (infiltrasyon, yüzeysel akış ve buharlaşma miktarları) detaylı şekilde incelenmeli ve sağlıklı işleyen mevcut doğal sistem tasarımda mümkün olduğunca örnek alınmalıdır (Cranz ve Boland, 2003).

Alandaki hidrolojik sistemin korunması ve onarımı alandaki diğer su kaynaklarını da (taban suyu, akarsular, göller ve sahiller) koruyarak, hidrolojik yapının değişimini engelleyecek ve değişimin neden olabileceği kirlilik, sel ve taşkın gibi çevresel problemleri önleyecektir. İçilebilir suyun, doğal yüzey sularının ve yer altı sularının sulama amaçlı kullanımını en aza indirgemek için gerekli önlemler alınmalıdır. Bu önlemler, etkin sulama sistemlerinin kullanımı, su ihtiyacı az olan yerel türlerin kullanımı, yağmur suyunun ve atık suyun toplanarak değerlendirilmesidir (SSI, 2009a).

Alanda mevcut kıyı alanları ve sulak alanlar sel kontrolü ve su kalitesinin artırılması, toprak stabilizasyonu, erozyon kontrolü ve yeni yaban hayatı habitatları yaratmak amacı ile korunup geliştirilmelidir. Gerekli görüldüğü takdirde, daha önce var olan su formları (boru içine alınmış akarsular, kurutulmuş sulak alanlar) iyileştirilerek yeniden ortaya çıkarılmalı ve su döngüsünün bir parçası olmalıdır. Bu özellikler alan tasarımının bir parçası olmalı; görsel ve fiziksel olarak erişilebilir ve estetik olarak tatmin edici bir peyzaj fonksiyonu haline getirilmelidir. Bu aşamada, alanlar vejetasyon, toprak koruma ve yaban hayatının desteklenmesi amacı ile yoğun kullanımdan ayrılmış zonlar ile koruma altına alınmalıdır (SSI, 2009a).

Su yönetiminde sürdürülebilirlik yaklaşımına örnek verilebilecek başarılı uygulamalardan birisi New York kentinde bulunan Queens Botanik Bahçesinin 4 dönümlük kısmında uygulanan projedir. Alan genelinde içme suyu talebini en aza indirgemek, yağmur suyu taşkınlarını ortadan kaldırmak hedeflenmiştir. Alanda bütün çatı yüzeyleri alanın yağmur suyu toplama sistemini beslemekte; toplanan yağmur suyu peyzajın parçasını oluşturan bitki örtüsü ve çakıl yüzey tabakası ile temizlenmekte ve bu şekilde işlenen yağmur suyu birçok bitkiye su kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca; alandaki gri suyun uygun bitkilerle arıtılarak yeniden kullanımı da söz konusudur (SSI, 2009b; Queens Botanic Garden, 2014).

2.2.4.2 Bütünsellik ve Alana Uyum

Ekolojik yaklaşım insanı doğanın bir parçası olarak görmektedir. Bu nedenle insan için yapılacak her tasarım mevcut doğal sistemin bir parçası olmalıdır. Alanda insan kullanımına yönelik yapılanmalar söz konusu olduğunda, alandaki biyolojik ve hidrolojik yapıyı korumaya ve gerektiğinde hassas düzenlemeler yapmaya yönelik olmalıdır. Bu amaçla mikro klima, toprak, flora ve fauna da değerlendirilerek yapılacak değişikliklere olan hassasiyetleri belirlenmelidir (Tragay, 1982).

Yaşayan organizmalar çevrelerinden ayrı düşünülemezler. Bitkilerin olduğu her alan, içinde hayvanları, toprağın ve iklimin fiziksel ve kimyasal çevresini de barındırmaktadır. Ekosistemin parçaları olan bu birimler, birbirleri ile sürekli bir etkileşim içindedir (Branshaw, 1982). Tasarımcı, tasarım fikrini geliştirirken sistemi bir bütün olarak ele almalı ve alana yönelik tasarımlarda sistemdeki dengeyi korumak ve yapılandırmak üzere çözümler sunmalıdır (Eugenio ve Ortiz, 2003). Yaban hayatının desteklenmesi için ek bitkisel düzenlemeler, tür dengelerinin korunmasında fiziksel müdahaleler, mikro klimanın iyileştirilmesi için bitkisel ve yapısal çözümler, mevcut toprak şartlarının iyileştirilmesi için fiziksel uygulamaların yanında, yeni bitki türlerinin adaptasyonu, doğal kaynakların korunması amacı ile yağmur ve atık suların değerlendirilmesi gibi sistemin kendi içindeki dengesini koruyup destekleyecek uygulamalar bu çözümlere örnek olarak verilebilir. Ancak bu tarz bir yaklaşım bir yerleşim alanını dinamik bir sistemin parçası haline getirir. (Tragay 1982; Cranz ve Boland, 2003).

Uluslararası düzeyde ödüllendirilmiş Seattle Sanat Müzesi olimpik heykel parkı bütünsel bir yaklaşım ile tasarlanmış uygulamalara örnek olarak gösterilebilir. Projede kentin sahil kesimi ile araç ve demir yolu sebebi ile kesilen bağlantısını yeniden kurmak amaçlanmıştır. Projede yerel halk eski bir endüstriyel alanı yeniden hayata döndürmüş; çalışmada alandaki sıkışmış toprak kalın humus tabakaları ve geçirimli toprak ile desteklenmiş ve alana tamamen yerel habitatları temsil eden dört farklı habitat (her dem yeşil orman bitkileri, kurak alan yaprak döken koruları, çayırlıklar ve gel-git bahçesi ve kumsal) birbirlerini bütünler şekilde entegre edilmiştir. Kıyı bölgesinde habitat restorasyonu ve mevcut somon popülasyonuna yiyecek ve sığınma sağlamak amacı ile cep kumsal oluşturulmuş, deniz lahanası ormanının korunması amacı ile ağaç kütüklerinden alçak gelgit bankları tasarlanmıştır (Seattle Art Museum, 2014).

Diğer taraftan oluşturulması hedeflenen sistemin genel görüntüsü ve çevresindeki diğer peyzaj elemanları ile uyumu büyük önem taşımaktadır. Alandaki ilgi çekici arazi formları, jeolojik, arkeolojik, mimari yapı ve mevcut tarihi ve kültürel değerler, alana getirilecek tasarımın bir parçası haline getirilmeli ve yeni alanlar tasarlamak yerine alanın mevcut karakteri ön plana çıkarılmalıdır (Cranz ve Boland, 2003). Bu aşamada tasarımcının alandaki doğal materyal ile direk etkileşim içerisinde olması, sürece ve alana yönelik daha yaratıcı ve daha doğru çözümlere ulaşmasını mümkün kılacaktır (Ruff,1982).

2.2.4.3 Bitkisel Tasarım

Ekolojik alanların tasarımında değerlendirilecek diğer bir konu da alana getirilecek bitki türlerinin seçimi ve organizasyonudur. Bu aşamada yapılacak uygulamalar, sürdürülebilirlik, yönetim ve bakım, biyolojik çeşitlilik, görsel estetik, eğitim ve araştırmaya imkân sağlama açısından değerlendirilmelidir (Ruff,1982; Emery,1986; Cranz ve Boland, 2003).

Geleneksel peyzaj tasarımında görsel, yapısal ve fonksiyonel etkileri sağlayabilmek uğruna egzotik ve kültür bitkilerinin kullanımı söz konusudur. Ekolojik tasarım yaklaşımında ise tür seçiminde etkili olan, en önemli koşul türün alanın ekolojik koşullarına uygunluğudur. Bu şekilde seçilen bitki türleri alanda en az müdahale ile en iyi gelişimi sağlayacaktır (Emery,1986).

Doğal alanların bitkisel tasarımında alanın boyutu ve daha sonra alanın bakımına ayrılacak iş gücü, alana getirilecek habitat çeşitliliğinde belirleyici bir etkendir. Sınırlı bir alanda farklı habitatların tesisinde, bunların birbirleri ile etkileşimleri göz önüne alınmalıdır. Örneğin, bir çalı toplumu kıyısına tesis edilmiş bir çim alanda yeterli bakım yapılmazsa, bir süre sonra çalı grubu tarafından işgal edilmesi kaçınılmaz bir sonuçtur. Bu nedenle bir hektarlık bir alanda alanın sağlıklı bakımı açısından en fazla üç ya da dört vejetasyon tipinin kullanılması önerilmektedir. Oluşturulacak habitatların boyutları ise, bu habitatların kalıcılık ve sürekliliği, ihtiyaç duyacakları bakım ve yoğun insan kullanımı baskısına dayanma güçleri açısından önemli bir faktördür (Emery,1986). Ekolojik parklar kentsel ekosistemlerin korunması ve zenginleştirilmesi konusunda önemli bir göreve sahiptir. Bu nedenle alanın bitkisel tasarımında zengin yaban hayatına ev sahipliği yapacak çeşitlilikteki bitki türünün dengeli ve doğal formuna yakın bir şekilde alana adaptasyonu hedeflenmelidir (Yates, 1991).

Geleneksel kent parklarında, sert çizgilerle birbirinden ayrılan bitki toplulukları, ekolojik tasarım yaklaşımında doğada olduğu gibi birbirleriyle iç içe geçerek, farklı türler arasında yumuşak geçişler oluşturmalıdır (Emery,1986). Bunun yanında tasarımda ekolojik yapıyı öldüren estetik kaygısından şiddetle kaçınılmalı, doğanın estetik değeri doğal döngüyü bozmadan öne çıkartılarak ekolojik estetik kavramı güçlendirilmelidir (Ruff,1982).

Diğer taraftan kentsel ekolojik parkların başlıca amaçlarından olan eğitim ve koruma fonksiyonlarını gereğince yerine getirebilmesi için, mümkün olduğunca çok bitki çeşidinin insan kullanımlarından zarar görmeyecek şekilde sunulması hedeflenmelidir (Yates, 1991).

2.2.4.4 Yaban Hayatı Organizasyonu

Ekolojik parkların kentsel yaban hayatının korunması ve sürdürülebilmesindeki önemli fonksiyonunu yerine getirebilmesi için, alan tasarımında ve yönetiminde buna yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Örneğin, sulak alanlar gibi farklı yaban hayvanlarına yaşama ortamı oluşturacak alanların tasarlanması, kuş ve böcek türlerini alana çekecek bitki türlerinin alana getirilmesi gibi düzenlemeler tasarım aşamasında değerlendirmeye alınmalıdır (Emery,1986; Cranz ve Boland, 2003).

Bunun yanı sıra, mevcut yaban hayatı popülasyonunun korunması da önemlidir. Bu süreçte alana yönelik materyal seçiminde dikkatli davranılmalıdır. Örneğin; aydınlatmalarda olduğu gibi böcek ve kuşları kendilerine çekerek onlara zarar verecek yapısal eleman kullanımından kaçınılmalıdır (Cranz ve Boland, 2003).

Yaban hayatının sürdürülebilirliği için yaşam ortamlarının olduğu kadar türlerin kendi aralarındaki dengesinin korunabilmesi de önemlidir. Bazı durumlarda, tür çeşitliliğinin korunabilmesi için dışarıdan müdahale gerekebilir. Örneğin, kuşlara zarar verecek kedi popülasyonlarının kontrol altında tutulması gibi çalışmalara gerek duyulabilir (Yates 1991; Cranz ve Boland, 2003).

2.2.5 Alan Yönetimi ve Bakımı

Ekolojik parkların yönetim ve bakım uygulamalarında temel amaç alana en az müdahale ile mevcut yapının korunması ve geliştirilmesidir. Bunun yanı sıra, uygulanacak bakım teknikleri, sürdürülebilirlik çerçevesinde en az girdiye ihtiyaç duymalı ve geri dönüşüm metotlarını kullanarak en düşük düzeyde çıktıyı hedeflemelidir (Yates, 1991; Yeang 1995; Cranz ve Boland, 2003).

Bu alanların yönetim ve bakımları yıllık bir plan dâhilinde bilimsel yöntemler uygulanarak yürütülür. Geleneksel yönetim ve bakım çalışmalarından farklı olarak, ekolojik yaklaşımla tasarlanacak alanların, alana özel düzenlenmiş farklı bir statüde yönetilmesi, bu alanların sürdürülebilirliği açısından önem taşır.

Bu amaçla söz konusu alana yönelik olarak, alan kontrolü, alan güvenliği, alandaki hizmetler, alandaki yapılar, alanın finansmanı ve en önemlisi alanda bilimsel yaklaşımları gerektiren hortikültürel uygulamalar ve yaban hayatı organizasyonu gibi faaliyetleri tanımlayan ve düzenleyen bir yönetmelik hazırlanması uygun olacaktır (Boylan, 1982).

Ekolojik alanların yönetiminde, temelde yönetim ve bakım ekibinin de tasarımcı kadar ekolojik süreçlere ve alanın spesifik özelliklerine hakim olması gerekir. Bu nedenle, ekolojik alanların yönetiminde söz konusu olacak fiziki ve ekolojik yönetim çalışmalarının birbirinden ayrılarak, ekolojik yönetim uygulamaları için uzman bir ekibin görevlendirilmesi uygulamanın başarısını artıracaktır. Bunun mümkün olmadığı durumlarda ekolojik alanların sorumluluğunu üstlenecek ekiplerin sürekli bir program dahilinde eğitilmeleri söz konusu olmalıdır (Boylan, 1982; Yates, 1991).

Diğer taraftan ekolojik yaklaşımda peyzaj, dinamik, devamlı gelişen ve değişen canlı bir objedir. Bu nedenle yaratıcı süreç, alanın tasarımından sonraki yönetim ve bakım aşamasında da devam eder (Bradley,1982). Tasarımcı uygulama sırasında ve sonrasında yönetim ve bakım ekibi ile devamlı iletişim içinde olmalıdır. Eğer bu mümkün değilse yönetim ve bakım ekibinin kullanımına sunulmak üzere yapılacak çalışmalara yönelik ayrıntılı yönlendirme ve tanımları içeren bir doküman hazırlanmalıdır.

Yönetim ve bakımda sürdürülebilirlik: Ekolojik alanların yönetim ve bakım uygulamalarında enerji tüketimi en aza indirilmeli ve mümkün olduğunca yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmalıdır. Alanda kullanılacak malzemelerin geri dönüştürülmüş ya da gerek üretiminde gerek taşınmasında az enerji gerektiren malzemeler arasından seçilmesi, alana getirilecek bina tasarımlarında güneş ışığından en fazla düzeyde yararlanacak sistem çözümleri tercih edilmesi; binalarda kullanılacak ısıtma ve soğutma sistemlerinde yenilenebilir enerjilerden faydalanılması; alan tasarımında doğal makro ve mikro klimatik özellikler değerlendirmeye alınması; parklardaki gece aydınlatmasının minimumda tutulması ve güneş enerjisinden yararlanılması bu duruma güzel örneklerdir (Yeang, 1995).
Alandaki organik atıkların komposta çevrilerek gerek bitkisel uygulamalarda gerekse estetik düzenlemelerde değerlendirilmesi, yönetim politikasının bir parçası olmalıdır (Cranz ve Boland, 2003). Diğer taraftan, alanda insan kullanımında oluşacak diğer atıkların da geri dönüşüme uygun şekilde toplanması için gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.

Ekolojik alanların yönetim ve planlamasında fosil yakıtlarının kullanımını azaltmak bir politika olarak benimsenmeli ve özellikle toplu taşım hizmetinin bulunduğu bölgelerde, alan tasarımında araç kullanımını teşvik edecek otopark alanı tesisi en azda tutulmalıdır (Cranz ve Boland, 2003).

Hem su yönetiminde hem de yönetim ve bakımda sürdürülebilirlik ilkelerinin en iyi uygulandığı örneklerden birisi de Kuzey İrlanda'nın Ballymena kentinde yer alan Ecoscenter kent parkıdır. 2000 yılında açıldığı günden bu yana binlerce ziyaretçiyi ağırlamış olan park sürdürülebilir tasarım eğitimi konusunda bir merkez durumundadır. Alan genelinde sürdürülebilir drenaj sistemi ve geri dönüşümlü malzemeler kullanılmıştır. Biyokütleden yakıt elde edebilmek amacıyla alanda söğüt koruları oluşturulmuştur. Ayrıca alan içerisindeki atık su sazlık arıtma teknolojisi ile arıtılmaktadır (Landscape Institute, 2013).

Ekolojik yaklaşımda alan kullanıcılarının alan tasarım ve yönetim sürecine her aşamada katılımı alanın sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Yapılan uygulamaların kullanıcılar tarafından algılanıp kabul görmesi, alanın sahiplenilmesi ve ekolojik alanların temel hedefi olan ekolojik eğitim ve çevresel bilincin kullanıcılara kazandırılabilmesi için, kullanıcıları sürece dahil edecek organizasyonlara gidilmelidir. Bu amaçla yerel halk, medya ve basılmış dokümanlar yoluyla alan misyonu, vizyonu ve uygulamalar konusunda bilgilendirilmelidir. Uygulama öncesi ve sürecinde kullanıcıların alandan beklentileri, yapılacak anket, sergi ve kullanıcı toplantıları yolu ile belirlenir ve mümkünse alandaki uygulama çalışmalarına katılımları sağlanır. Alan tesisinden sonraki aşamada da kullanıcıların alanla etkileşimlerini canlı tutmak amacı ile alanda düzenlenecek eğitim çalışmalarının yanı sıra, gönüllü grupların alandaki bakım çalışmalarına katılımı teşvik edilmelidir. Bu amaçla, alan yönetiminden sorumlu bir kişinin bu grupların organizasyonu için görevlendirilmesi çalışmaların sürekliliği açısından önem taşır (Emery,1986; Yates, 1991; Cranz ve Boland, 2003; Jeong ve Kim, 2005; Erdoğan Onur, 2009).

Sürdürülebilir ilkeler ile tasarlanıp yönetilen Stave Hill Ekolojik Parkı (Londra, İngiltere) kullanıcı katılımı ve farklı yaş gurupları ile yürüttüğü eğitim çalışmaları ile konuya ilişkin başarılı bir örnektir. Yerel yönetimce desteklenen *Trust of Ecology* adlı sivil toplum örgütü tarafından yönetilen park, duyuru panoları, internet ve sosyal medya aracılığı ile organize ettiği kullanıcı gruplarını haftanın belli günleri park bakım ve yönetim çalışmalarına dâhil etmektedir. Bu kapsamda, park dostları (Friends of the park) adı altında düzenli iletişim kurulan bir kullanıcı gurubu oluşturulmuş ve bu grup internet aracılığı ile düzenli bilgilendirilerek teşvik edilmektedir. Katılımcılar park bakımı ve inşasında bedensel olarak çalışmanın yanı sıra, düzenli olarak yaptıkları toplantılar ile parkın kullanım koşulları, parka getirilecek yenilikler gibi konularda görüş ve önerilerini bildirebilmektedirler. Park dostları (Friends of the park) grubunun yanı sıra, çevredeki şirketler ile bağlantıya geçilerek sosyal sorumluluk projeleri kapsamında dönem dönem alan bakımı çalışmalarına katılmaları sağlanmaktadır. Yönetim ve bakım çalışmaları dışında, park içinde inşa edilen kapalı mekânda, çevre okullardan farklı yaş gurubunda çocuklara park yöneticisi tarafından eğitimler verilmektedir. Bu eğitimler kapsamında çocukların doğa ile birebir etkileşimini sağlayacak gözlem ve uygulama ortamı yaratılmakta bunun yanı sıra, parktaki deneyimlerini farklı sanatsal çalışmalar ile ifade etmeleri sağlanmaktadır. Katılımcı çocuklar tarafından üretilen eserler parkın farklı mekânlarında park tasarımını bütünleyecek şekilde sergilenmektedir (Trust of ecology, 2010).

Yapılan çalışmaların gözlenip değerlendirilerek daha sonraki çalışmalarda dikkate alınması, hizmet kalitesinin yükseltilmesi uygulamalarında etkili olacaktır. Alanın kullanım şekli, bu kullanımların ekolojik yapı üzerindeki etkileri, katılım çalışmalarının yerel halk üzerine etkisi, uygulanan bakım tekniklerinin başarısı gibi konular, kullanım sonrası değerlendirme çalışmaları kapsamında sürekli izlenmeli ve olumsuz gelişmelere yönelik biran önce önlem alınmalıdır (Yates, 1991).

Bir önceki bölümde detaylarıyla bilgi verilen ekolojik alanların tasarım ilkelerinden sürdürülebilirlik (Malzeme seçiminde sürdürülebilirlik, su yönetiminde sürdürülebilirlik, yönetim ve bakımda sürdürülebilirlik), bütünsellik ve alana uyum, bitkisel tasarım, yaban hayatı organizasyonu ilkelerinin uygulamaya geçirildiği en başarılı örneklerden birisi; İngiltere'nin Londra kentinde yer alan Queen Elizabeth Olimpik Parkıdır.

2012 yılında hayata geçirilen projede; 21. Yüzyıl sürdürülebilir parklarına bir örnek oluşturmak; gelecek kuşaklara dönemi temsil eden bir miras bırakarak olimpik oyunlara ev sahipliği yapmanın ardından, kentsel yeşil alan sisteminin önemli bir bütünleyeni olacak şekilde sürdürülebilir niteliklere sahip eğlence, spor, rekreasyon alanları oluşturmak amaçlanmıştır. Projenin alandaki kaynakları temel alan altı ilke etrafında geliştirilen tasarım konsepti vardır. Bunlar; su, altyapı, kentsel form, ilişkilendirme, bütünsellik, topoğrafya, vejetasyon ve biyolojik çeşitlilik, kullanım ve aktivitedir (Landscape Institute, 2013). Söz konusu tasarım konseptleri etrafında tasarlanıp uygulanan park alanındaki sürdürülebilir uygulamalar şu şekilde özetlenebilir;

- Tüm binalara toplu taşıma, yürüme ve bisiklet ile kolayca ulaşılabilmektedir. .
- Biyolojik çeşitlilik ve ekolojiye yönelik hedefler toplam 45 hektar alanda türce zengin habitatlar oluşturularak karşılanmıştır. Yaratılan yeşil alan sistemi, ekolojik koridorun geliştirilmesi amacı ile kentin diğer yeşil alan sistemleri ile ilişkilendirilmiştir.
- Tasarıma, geniş çim alanlar, alle ağaçlandırmaları gibi İngiliz kültürel peyzajının izleri yansıtılmış, fakat bunlar modernize edilerek resimsel çayırlıklar ve dikkat çekisi ağaç türleri eklenmiştir.
- Alan inşaatında geri dönüştürülmüş agregalar ve yasal üretilmiş, sertifikasyonu yapılmış tomruklar kullanılmıştır.
- Alanda sürdürülebilir enerji kaynaklarına yer verilerek karbon salınımı azaltılmıştır.
- Baskın riski yönetimi için sürdürülebilir drenaj ilkeleri gözetilmiştir (Landscape Institute, 2013, Queen Elizabeth Olimpic Park, 2014).

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Günümüzde insan baskısı nedeniyle çevre koşullarının kötüleşmesi; her alanda tüketimin kısılmasını ve doğal süreçler ile daha uyumlu gelişim politikalarının üretilmesini zorunlu hale getirmiştir. Peyzaj

mimarları meslek tanımları ve etiği gereği, planlama, tasarım ve uygulama süreçleri aracılığı ile ele aldıkları alanda ekolojik şartların iyileştirilmesine yönelik çalışmak durumundadır. Bunu gerçekleştirebilmek için peyzajı oluşturan ve muhafaza eden şartların, döngülerin ve süreçlerin çok iyi algılanması ve planlama, tasarım ve uygulama aşamalarına bu birikimi yansıtılabilmesi gerekmektedir. Kentsel mekanlarda ise söz konusu ekolojik yaklaşım doğal süreçlerin sosyal etkileşim ve algı bağlamına entegre edilmesini gerektirir ve temel amaç arzu edilen düzeyde ekolojik bütünlüğün sağlanarak insan doğa etkileşiminin artırılmasıdır. Tasarım ve yönetim süreçlerinde sürdürülebilir uygulamaları temel alan ekolojik parklar bu bağlamda önemli fonksyonlara sahiptirler. Ekolojik konsept ile oluşturulan kent parklarının geleneksel parklardan farklı olarak kentsel yapıya çevresel, sosyal ve ekonomik katkıları yapılan çalışmalarda net bir şekilde ortaya konmuş; (Erdoğan Onur, 2009; Landscape Institute, 2013) ve uygulamaların yaygınlaşması gerekliliği çeşitli platformlarda dile getirilmiştir (SSI, 2009a; Landscape Institute, 2013).

Ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde yeni yeni tanınmaya başlayan ekolojik yaklaşımın kabul görmesi uzun soluklu bir süreçtir. Burada en önemli görev ülkemiz peyzaj mimarlarına düşmektedir. Peyzaj mimarları sahip oldukları bilgi birikimi ve bilinç ile yapısal çevrenin tasarımcıları ve yöneticileri olarak diğer tasarım disiplinlerinden farklı katkılar sağlayabilme kapasitesine sahiptirler. Yapacakları tasarımlar ile doğal çevreyi oluşturan süreç ve fonksyonları, kentsel ekolojik çevre ve toplumsal sağlığın korunmasına yönelik sistemler haline dönüştürme şansları vardır. Bu nedenle, konu peyzaj mimarlığı bölümüyle birlikte tüm tasarım ve planlama disiplinleri bölümlerinin eğitim ve öğretim müfredatlarına yerleştirilmeli ve geleceğin profesyonellerinin konuyu özümsemesi sağlanmalıdır. Sürdürülebilirlik kavramı kuramsal bir terim olmanın ötesinde, uygulama bazında ele alınmalı ve farklı ölçeklerde uygulama örnekleri ile konu somutlaştırılmalıdır. Diğer taraftan mesleki sivil toplum örgütleri bu konuda etkin rol oynamalıdır. Çok disiplinli bir çalışma ile mevcut bilginin ilgili meslek guruplarının uygulama alanlarına yönelik standardizasyonu yapılmalı ve bilginin kolay ulaşılabilir hale getirilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca mesleki sivil toplum örgütleri tarafından mezunlarına konu ile ilgili hizmet içi eğitim verilmeli; yerel yönetimlerin de farkındalıklarının arttırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Kırsal alandan beslenen, doğal kaynakları tüketen, çevre sorunlarının kaynağı olan kentlerin doğal sistem içinde kendi kendine yetebilen ekosistemlere dönüşmesi, ekolojik ilkeler temelinde planlaması ve tasarlanması ile mümkündür (Demiroğlu ve ark, 2014). Bu nedenle, alan tasarım ve yönetiminde sürdürülebilirlik ilkelerinin hayata geçirilebilmesi ilgili yasal düzenlemelerin ivedilikle yapılması öncelik arz etmektedir.. Üst ölçeklerden başlayarak fiziki planların ekolojik temele dayalı olarak hazırlanması ve bu planların birbirleri ile ilişkilendirilmesi son derece önemlidir. İlk olarak her yörenin ya da bölgenin sahip olduğu doğal ve kültürel peyzaj özellikleri göz önüne alınmalıdır. Birbirleriyle çelişmeyen alan kullanım kararlarının da yer aldığı, peyzaj planlama yaklaşımları ve yöntemleri çerçevesinde oluşturulan peyzaj planları ülke-bölge ve çevre düzeni planlarına entegre edilmelidir. Üst ölçekli planlarda alınan sağlıklı kararlar aynı yaklaşım ve yöntemlerle alt ölçekli planlar olan 1/5000 ölçekli nazım imar planı ile 1/1000 ölçekli uygulama imar planlarına da yansıtılmalıdır (Demiroğlu, 2010). 1/1000 ölçekli uygulama imar planlarında ise kentsel açık ve yeşil alanların önemli merkezlerinden olan kent parkları planlanırken nitelik ve nicelik olarak yeterli, dengeli ve kullanıcı profiline uygun olarak planlanmalı ve bu alanlar kentteki diğer açık ve yeşil alanlar ile ilişkilendirilmelidir. Bu alanlarda yapılacak düzenlemelerde sürdürülebilir alan tasarım ve yönetimine yönelik standartlar yerel ve bölgesel ölçekte net bir şekilde tanımlanmalı ve ilgili yasal düzenlemeler bu veriler temel alınarak yapılmalıdır. Nitekim SSI tarafından hazırlanan raporda sürdürülebilirlik ilkelerinin yerel şartlardan büyük oranda etkilendiği ve bu ilkelerin yerel ve bölgesel ölçekte standartların geliştirilmesi ile ortaya konması ve ilgili yasal düzenlemelerin bu veriler temel alınarak yapılması gerekliliği vurgulanmaktadır. Söz konusu sivil toplum örgütü ulusal ve uluslar arası düzeyde kabul görmüş LEED'i (Leadership in Energy and Environmental Design Green Building Rating System) temel alarak, peyzaj mimarlığında sürdürülebilir uygulamaları etkin kılmak ve teşvik etmek amacı ile ayrıntılı ve sistematik bir değerlendirme ve performans kriterleri belirlemiş ve bunu basılı medya aracılığı ile ilgi gruplarının hizmetine sunmuştur (SSI, 2009a).

Benzer şekilde İngiltere'de açık yeşil alanların belirlenmesine yönelik bir değerlendirme sistemi başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Yeşil bayrak ödüllendirme projesi (Green Flag Award Scheme) olarak adlandırılan bağımsız yapı ile, başvuru yapan açık yeşil alanların yeterlilik düzeyleri düzenli aralıklar ile

değerlendirilmektedir. Bilimsel olarak belirlenen kriterler aracılığı ile uzmanlar tarafından yapılan değerlendirme sonucunda alanlarda üst düzey standartların yakalanması ve bunların devamlılığının sağlanması teşvik edilmektedir (Green Flag Award Scheme, 2013).

Ülkemizde hem benzer değerlendirmelerin yapılabilmesi, hem de uygulamalarda profesyonellere yol gösterici olması açısından yerel ve bölgesel ölçekte çevresel şartların belirlenmesine yönelik araştırmalar desteklenmeli ve bu araştırmalara yönelik kaynak yaratılmalıdır. Bu konuda ki görev büyük oranda konuyu bilimsel açıdan ele alacak üniversitelere ve finansal kaynak ve veri üretiminde yerel yönetimlere, elde edilen sonuçların profesyonellere ulaştırılması ve bilinç oluşturulması aşamasında ise meslek örgütlerine düşmektedir.

Gerçekleştirilen sürdürülebilir uygulamaların değerlendirilmesi ve ödüllendirilmesi benzer uygulamaların teşviki açısından önem taşımaktadır. Belirlenecek standartlar yardımı ile yapılacak değerlendirmeler ve bunların belli aralıkla tekrarlanması, alana değer katmanın yanı sıra, daha sonraki uygulamalara örnek teşkil edecek ve konuyla ilgili bilincin yaygınlaşmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

Birkeland, J., 2002. Design For Sustainability :A Sourcebook of Integrated, Eco-Logical Solutions ,. ISBN – 1853839000, Earthscan Publications Ltd, London.

Boland, M., 2001. Ecological Parks, report 396 San Francisco Planning and Urban Research Association http://www.spur.org/documents/010601_article_01.shtm (Ziyaret tarihi: 10 Ağustos 2009).

Bolund, P., Hunhammar, S., 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics* 29: 293–301.

Boylan, H., 1982. Integrating ecological landscape techniques into local goverment management structures, An ecological approach to urban landscape design, pg 89-102 Occasional paper / University of Manchester. Department of Town and Country Planning, , ISSN 0142-8888 ; no.8), Great Britain.

Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S., 2010. Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning* 97(3): 147–155, http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006.

Bradley, C., 1982. A brief rewiew, An ecological approach to urban landscape design, pg 31-38 Occasional paper / University of Manchester. Department of Town and Country Planning, ISSN 0142-8888 ;no.8), Great Britain.

Branshaw, A. D., 1982. Landscape as ecosystems, An ecological approach to urban landscape design, pg 13-22 Occasional paper / University of Manchester. Department of Town and Country Planning, ISSN 0142-8888; no.8, Great Britain

Chiesura, A., 2004. The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning* 68(1): 129–138, http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003.

Clinton Beach Park, 2014. http://landscapeforlife.org/?s=clinton+beach+park, (Ziyaret tarihi: 15 Kasım 2014)

Cranz, G., (1982). The Politics of Park Design: A History of Urban Parks in America. Cambridge: MIT Press.

Cranz, G. and .Boland, M., 2003. The ecological park as an emerging type, Research and Debate Places, 15(3) : 44-47.

Demiroğlu, D., Pekin, U., Karadağ, A., Cengiz, E., 2014. Ecology-based contemporary urbanism approaches, Urban and Urbanization,, St.Kliment Ohridski Universty Press, Sofia, 579-620.

Demiroğlu, D., 2010. Sivas kent planlarının kentin peyzaj özelliklerine uygunluğunun araştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Erdoğan Onur, B., 2009. Çevre kalitesinin yükseltilmesinde katılımcı yaklaşım: İ.Ü Avcılar Kampusu örneği, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Erdoğan Onur, B., 2012. Peyzaj tasarım ve yönetiminde ekolojik yaklaşım ve sürdürülebilir kent hedefine katkıları, *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi* 2(5): 245-252

Eugenio, A. and Ortiz, L., 2003. Questioning Ecological Design: A Deep Ecology Perspective http://www.ecotecture.com/library_eco/appropriate_tech/Lomba-Ortiz_questioningEco.html (Ziyaret tarihi:26 Ekim 2006)

Green Flag Award Scheme, 2013. http://www.greenflagaward.org.uk/ (Ziyaret tarihi: 12 Haziran 2013)

Hunt,J., Dixon (2000). Greater perfection: the practice of garden theory. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.

Jeong, S.Y. and Kim, K.B., 2005. Urban Ecological Park Design:A Case of Namsan Rehabilitation Project,SeoulStudies,7(1),101-122, http://www.sdi.re.kr/eng/publication/journal_read.asp?page=2&gb=Journal%20Articles&r_gb=Journal%20Articles&no=1116, (Ziyaret tarihi:20 Kasım 2006)

Jim, C.Y., Chen, W.Y., 2008. Assessing the ecosystem service of air pollutant removalby urban trees in Guangzhou (China). *Journal of Environmental Management* 88(4): 665–676.

Landscape Institute, 2013. Green Infrastructure: An integrated approach to land use. Landscape Institude position Statement http://www.landscapeinstitute.org/PDF/Contribute/2013GreenInfrastructureLIPositionStatement.pdf (Ziyaret tarihi: 20 Kasım 2013)

Lyle T. J., 1985. Design for Human Ecosystems, ISBN 0 44 25943 3, Van Nostrand Reinhold, New York.

Maas, J., Verheij, R.A., Groenewegen, P.P., de Vries, S., Spreeuwenberg, P., 2006. Green space, urbanity, and health: how strong is the relation? *J. Epidemiol. Commun. Health* 60 (7), 587–592, http://dx.doi.org/10.1136/jech.2005.043125.

Niemela, J., 1999. Ecology and urban planning. *Biodiverity. Conservation* 8: 119–131.

Oğuz, D. 1998. Kent parkı kavramı yönünden Ankara kent parklarının kullanım olgusu üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Ankara.

Opdam, P., Steingrover, E. and Rooij, S. V., 2006. Ecological networks: A spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landscape and Urban Planning* 75(3-4): 322-332, doi:10.1016/j.landurbplan.2005.02.015

Power A., M., 2006. Designing for ecology: the ecological park, Thesis. Massachusetts Institute of Technology Department of Urban Studies and Planning. http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/37863, (Ziyaret tarihi: 13 Mart 2010)

Queens Botanic Garden, 2014. http://www.queensbotanical.org., (Ziyaret tarihi: 15 Kasım 2014).

Queen Elizabeth Olimpic Park, 2014. http://queenelizabetholympicpark.co.uk, (Ziyaret tarihi: 15 Kasım 2014)

Ruff, R. A, 1979. Holland and The ecological Landscape, Department of Town and Country Planning, the University of Manchester, Great Britain.

Ruff, R. A. and Teragay, R., 1982. An ecological approach to urban landscape design, Occasional paper / University of Manchester. Department of Town and Country Planning, ISSN 0142-8888 ; no.8), Great Britain

Seattle Art Museum, 2014. . http://asla.org/awards. (Ziyaret tarihi: 15 Kasım 2014).

SSI, 2009a. The Sustainable sites initiative: guidelines and performance benchmarks: Guidelines and performance benchmarks, http://www.sustainablesites.org/report/ Ziyaret tarihi: 12 Haziran 2013)

SSI, 2009b. The Sustainable sites initiative: The Case for Sustainable Landscapes, http://www.sustainablesites.org/report/ (Ziyaret tarihi: 12 Haziran 2013)

Stewart, I.D., Oke, T.R., 2012. Local climate zones for urban temperature studies. Bull. Am. Meteorol. Soc. 93 (12), 1879–1900, http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1.

Stitt, F. A., 1999. Ecological design handbook :Sustainable Strategies for Architecture, Landscape Architecture, Interior Design, and Planning.ISBN :McGraw-Hill,.London.

Tregay, R., 1982. Nature and Ecological Approach to landscape design Some thoughts on basic philosophy, An ecological approach to urban landscape design, pg 22-31 Occasional paper / University of Manchester. Department of Town and Country Planning, ISSN 0142-8888 ; no.8, Great Britain

Trust of Ecology, 2010. Resmi internet sitesi, http://www.urbanecology.org.uk, (Ziyaret tarihi: 18 Eylül 2012).

Urban Green–Blue Grids, 2014. http://www.urbangreenbluegrids.com/projects/landscape-park-duisburg-nord/ (Ziyaret tarihi: 21 Eylül 2014)

Yeang, K., 1995. Design with Nature: The Ecological Basis for Architectural Design, ISBN 0 07 07231 6, MCGraw-Hill, Inc., London.

Yang, P. P. and Lay, O. B., 2004. Applying ecosystem concepts to the planning of industrial areas: a case study of Singapore's Jurong Island , *Journal of Cleaner Production* 12(8-10): 1011-1023, doi:10.1016/j.jclepro.2004.02.028.

Yates, D., 1991. Encouraging nature in urban public parks: the consequences of adopting a more ecological approach to design and maintenance, Occasional paper / University of Manchester. Department of planning and landscape, Great Britain.

Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University (JFFIU)

İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi (İÜOFD)

AUTHOR GUIDE

MAKALE HAZIRLAMA VE YAZIM KURALLARI

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Available at http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu Research Article

Article title (English)

First Author [1*], Second Author [2], Third Author [3]

[1] First Author Affiliations
[2] Second Author Affiliations
[3] Third Author Affiliations

[*] Corresponding author e-mail: jffiu@istanbul.edu.tr / forestry_journal@istanbul.edu.tr

Received: 01 January 2014 - Accepted: 01 February 2014

Abstract: After Abstract title, it should be written using Times New Roman font size 9 and justified. This summary, consisting of about 150 words, shold reeport concisely on the purpose and results of the work described.

Keywords: Leaving one line after Abstracts, it should be five keywords putting commas between each keyword with capital letters fort he first letters of each keyword using Times New Roman font size 9.

1.GENERAL

This document is a template for the papers of *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*. You can use this document as a template when preparing your paper. If you wish taking print out this document according to the rules described here can also create your own paper. The paper should be prepared on MS Word processor. Article template's properties (font type and size, single column, page margins, etc.) must be used without changing.

All papers for *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* should be submitted electronically through the web site of the journal which can be accessed at http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu . You will be guided step wise through the creation and uploading of various files.

1.1 Types of paper

The types of papers with word counts provided in brackets include:
1) research articles (8,000);
2) short communications (4,000);
3) review articles (8,000);

The word count should include title, abstract, keywords, body of the text, figures, and tables but excluding authors affiliations, references and on-line supplementary material.

Original research articles report results of a full-blown scientific study where conclusions are based on significant findings after thorough evaluation of the topic.

Short communications present significant findings from tangential investigations that are offshoots from larger studies or from early results that will have to be confirmed through further study.

Review articles provide a critical synthesis of an important current topic and develop new perspectives of broad scientific interest.

1.2 Editorial Procedure

Submissions of manuscript implies that the author(s) have the authority to publish the work and that it is not being considered comtemporaneously for publication elsewhere.

All manuscripts submitted for publication in journal are firstly evaluated by the Editor and Editorial Board in 5 days. Manuscripts which fall outside the aims and scope of the journal or is not enough for requirements of writing style and page layout are rejected or may be wanted some revisions at this initial point. Manuscripts are never accepted by editor without a referee report, at this early stage. Review process of submitted article's will be completed with in 45 days and intended to as soon as possible to be published in the electronic edition of the journal web site. Research papers, short communications, and reviews will be reviewed by a coordinating editor and two reviewers.

1.3 Format of papers

The paper should be prepared on MS Word processor, in single line spaced using Times New Roman font on an A4 format with following margin; left and right 3 cm, top and bottom 3 cm. All pages should be numbered consecutively.

1.4 Language

Papers can be written in either English or Turkish; the abstract should be written in both languages. The Editorial Board will help the authors prepare Turkish abstracts for submitted papers written in English. Articles are preferred written in English.

1.5 English

All manuscripts must be submitted in standard English. It is the responsibility of the author to assure the manuscript is written in standard English. Manuscript submitted in poor quality and non-standard English will be rejected without review. In that case, you may want to have your manuscript edited by a native speaker prior to submission.

1.6 Paper Title

After the leaving 1 lines from top, paper title should be writtten using bold type and Times New Roman font size 14 with lower case letters and left aligned. The paper title should not exceed 15 words.

1.7 Author's Name

Leaving one line (9 font size) after paper title, name(s) of author(s) should be written using bold type Times New Roman font size 9 with capital letters for the first letters of the words with left alignment.

1.8 Author's Affiliations

Leaving one line (9 font size) after name(s) of author(s), author affiliations should be written using Times New Roman font size 9 with capital letters for the first letters of the words with left alignment and with adding superscript numbers (i.e. [1, 2, 3]) at the end of last name of each author.

1.9 Corresponding Author

Corresponding author should be indicated with asterisk in affiliation line and leaving one line (9 font size) after affiliations, e-mail should be written using Times New Roman font size 8 for corresponding author.

1.10 Abstract

After Abstract title, it should be written using Times New Roman font size 9 and justified. This summary, consisting of about 150 words, shold reeport concisely on the purpose and results of the work described.

1.11 Keywords

Leaving one line after Abstracts, it should be five keywords putting commas between each keyword with capital letters fort he first letters of each keyword using Times New Roman font size 9.

1.12 Abbreviations

Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

1.13 Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

2. TEXT

The papers should comprise "*Introduction*", "*Materials and Method*", "*Results and Discussion*" and "*Conclusion*" sections and prepared single spaced throughhout using Times New Roman font size 10. One line after each section should be left and text should be started leaving one line after section titles.

Main section and subtitles should be written using bold type Times New Roman size 10 with upper case in each word in main section titles and lower case in subtitles. Main titles should be numbered (as 1.Introduction, 2.Material and Methods…).

Authors should be using Times New Roman font size 10 and all text should be justified. Submitted papers should not to exceed about 15 printed pages but excluding authors affiliations, references and on-line supplementary material.

Scientific names in the text (such as plant and animal names) and the "References" section of the journal names will be written in italics.

3.TABLES AND FIGURES

All figures and tables should be numbered using Arabic numerals and always be cited in the text in consecutive numerical order. Figures and tables should be embedded in proper places in the text (for example Şekil / Figure 1, Tablo / Table 1 etc.). Figure and table captions should be written in both English and Turkish as shown below and have Times New Roman font size 9;

Şekil 1. Şekil başlığı
Figure 1. Figure caption

Tablo 1. Tablo başlığı
Table 1. Table caption

The authors can use color tables and illustrations in paper. All figures and image files used in the article may also installed as an attached file to the journal's web system. Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.). Photo or picture sizes should be maximum of 14 cm wide and 20 cm in height. Photos or pictures should have a minimum resolution of 300 dpi.

Table sizes should be maximum of 14 cm wide and 20 cm in height. Table of the vertical line should not be drawn. Example table representation is given below. Tables and graphic content should be in a Times New Roman font size 9.

Tablo 1. Tablo başlığı
Table 1. Table caption

Ax	**Aaaaaaaaaaaa Bbb**	**Aa**	**Aaaaaaaaaaaa Bbb**
A1	Aaaaaaaa aaaaaaaa	A4	Aaaaaaaa aaaaaaaa
A2	Aaaaaaaa aaaaaaaa	A5	Aaaaaaaa aaaaaaaa
A3	Aaaaaaaa aaaaaaaa	A6	Aaaaaaaa aaaaaaaa

4. REFERENCES

After the "*References*" title, the list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list. Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work.

All references cited and reference's name of the author, journal name / book title, section title / article title, year of publication, volume number / book chapters and paging should be available. Abbreviated journal names and book titles should not be used. If there is the DOI number of publications, it should be given.

4.1 Reference Links

Scopus, CrossRef and PubMed indexing services, etc. in order to allowing to create links to publication in the list of references is necessary to be sure you fully and accurately. Please note that wrong name, the wrong journal and book title, wrong article title, wrong year of publication and incorrect page number can cause blocked to links to the indexing service. Unpublished results and information obtained through articles and personal communications are not recommended for use as the reference. Printed stage in the resources, if any, should be given a DOI number.

4.2 Online Document (Web) Reference

If authors use online document reference, the full URL and last accessed date must be given in reference list of paper. If any further information is known at the relevant web resources, DOI, author names, dates, the main source publication, etc., reference should also be given.

4.3 References in the Text

Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples;

- For single authored reference: (Clausen, 1992)
- For double authored reference: (Kelso and Smith, 1998)
- Reference with multiple authors: (Medvec et al., 1999)
- For multiple references, in order of year: (Lebow, 2000; Imamura, 2001; Cooper and Taylor, 2005)
- For references with the same author and year: (Hill, 2000a; Hill, 2000b)

4.4 Reference list

The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list. Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Cited articles, journals and books full names should be written in complete form. Journal abbreviations names should not use.

Journal Article

Asakawa, S., Yoshida, K., Yabe, K., 2004. Perceptions of urban stream corridors within the greenway system of Sapporo, Japan. *Landscape and Urban Planning* 68(2-3): 167–182, doi:10.1016/S0169-2046(03)00158-0.

Heede, B.H., 1991. Response of a stream in disequilibrium to timber harvest. *Environmental Management* 15 (2): 251-255.

Ben-Akiva, M., de Palma, A., Kanaroglou, P., 1986. Dynamic model of peak period traffic congestion with elastic arrival rates. *Transportation Science* 20(2): 164-181.

Yildirim, N., Taskin , H., Karaman, R., 2012. Istanbul-Beylerbeyi Sarayında Coleoptera tülerine karşı sülfüril florit kullanılarak yapılan fumigasyon uygulaması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 62 (1): 47-52.

Book

Birkeland, P. W., 1984. Soils and Geomorphology. Oxford University Pres, New York.

Haris, C. W. and N. T. Dines, 1988. Time-saver Standarts for Landscape Architecture. McGraw-Hill, Inc., New York.

Brilon, W. (Ed.), 1988. Intersections Without Traffic Signals, Proceedings of an International Workshop. Springer-Verlag, Berlin.

Book Chapter

Fischer, G.W., Nagin, D., 1981. Random versus coefficient quantal choice models. In: Manski, C.F., McFadden, D. (Eds.), Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications, MIT Press, Cambridge, MA, pp. 273-304.

Symposium, Conference and Workshop Papers

Dahlgren, R. A., 1988. Effects of forest harvest on stream-water quality and nitrogen cycling in the Casper creek watershed. In: Proceedings of The Conference on Coastal Watersheds: The Casper Creek Story. May 6, Ukiah, California.

Daganzo, C., 1996. Two paradoxes of traffic flow on networks with physical queues. II Symposium Ingenieria de los Transportes, Madrid, 22-24 May 1996, pp. 55-62.

Online Document (Web) Reference

FAO. 2006. Rural radio transmissions and rural youth in Mali. http://www.fao.org/sd/dim_kn1/kn1_060202_en.htm (Accessed: 27 February 2006).

5. ARTICLE SUBMISSION

All manuscripts for Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University should be submitted electronically through the website of the journal which can be accessed at http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu

You will be guided stepwise through the creation and uploading of the various files. You must downloading and uploading "*Letter of Application*" , "*Letter of Conveyance*" and "*Power of Attorney*" when you submitting your article from author guide on http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu and;

- by the author to fill in and sign with blue ink the documents, scanned with a scanner (tif, jpg or pdf) and must be uploaded journal online system as supplementary file

All manuscripts submitted for publication in Journal are firstly evaluated by the Editor and Editorial Board in 5 days.

Manuscripts which fall outside the aims and scope of the journal or is not enough for requirements of writing style and page layout are rejected or may be wanted some revisions at this initial point. Manuscripts are never accepted by editor without a referee report, at this early stage.

Review process of submitted article's will be completed with in 45 days and intended to as soon as possible to be published in the electronic edition of the journal web site.

5.1 After Acceptance and Proof Reading

The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and accuracy of the text, tables and figures. This process may take one week. The article will be published online after

receipt of the corrected proofs. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values, title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

5.2 Publication

After all the corrections made on the article's proof and is approved, the article PDF formats will be published in our journal or on the website firstly. Our journal publishes two issues (in January and July) annualy and also sent to the printing service for hardcopy during publicaiton periods of Istanbul University.

Last update : 01 Temmuz 2014
Date of the Board of Executive Directors Istanbul University Faculty of Forestry : 02 Temmuz 2014

JOURNAL OF THE FACULTY OF FORESTRY ISTANBUL UNIVERSITY
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ
ISSN: 0535-8418 e-ISSN: 1309-6257
Available at http://dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu Research Article

Makale başlığı (Türkçe)

Birinci Yazar [1*], İkinci Yazar [2], Üçüncü Yazar [3]

[1] Birinci Yazar iletişim adresi
[2] İkinci Yazar iletişim adresi
[3] Üçüncü Yazar iletişim adresi

[*] Corresponding author e-mail: jffiu@istanbul.edu.tr / forestry_journal@istanbul.edu.tr

Received: 01 January 2014 - Accepted: 01 February 2014

Özet: Makale ile ilgili özet, 150 kelimeyi aşmayacak şekilde, 9 punto, iki yana yaslı şekilde, paragraf başı yapılmadan yazılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Özet bölümünden sonra 1 satır boşluk bırakılarak (9 punto), 5 adet anahtar kelime, virgülle ayrılarak, sadece ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük harfle başlayacak şekilde diğer kelimelerin tamamı küçük harflerle 9 punto yazılmalıdır.

Makale başlığı (İngilizce)

Abstract:

Keywords: Word1, word2, word3, word4, word5

1.GİRİŞ

Bu belge İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi makaleleri için bir şablondur. Bu belgeyi makalenizi hazırlarken şablon olarak kullanabilirsiniz. İsterseniz bu makalenin çıktısını alarak burada anlatılan kurallara göre makalenizi kendiniz de oluşturabilirsiniz. Yazarlar makalelerini MS Word kelime işlemci ile hazırlayabilirler. Makale şablonun özelliklerini (yazı tipi ve büyüklükleri, tek sütun, sayfa kenar boşlukları v.b.) değiştirmeden ve bozmadan hazırlanmalıdır.

Dergiye makale gönderimi derginin internet erişim adresi olan http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu adresinden dergiye ulaşılmalıdır.

1.1 Makale türleri

İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi'nde yayınlanacak makale tipleri ve makale toplam kelime sayıları aşağıda belirtilmiştir.

1) Araştırma makalesi (8000 kelime)
2) Kısa not (4000 kelime)
3) Derleme (8000 kelime)

Yukarıda belirtilen kelime sayılarına makalenin başlığı, özeti, anahtar kelimeleri, makale metni, şekiller ve tablolardaki kelimeler dahildir ancak, yazar iletişim adresi ve kaynaklar dahil değildir.

Araştırma makalelerinde sunulan tam gelişmiş bir bilimsel çalışmanın sonuçlarını, konunun ayrıntılı değerlendirilmesinden sonra önemli bulgulara dayalı bir şeklinde sunmalıdır.

Kısa not tipindeki makaleler, araştırmaların erken sonuçlarını ve yapılan araştırmaların önemli bulguları sunacak şekilde hazırlanmalıdır.

Derleme makaleler, önemli güncel konularda yeni bakış açıları geliştirmek ya da ve geniş bilimsel ilgi kapsamında eleştirel bir sentez sağlayacak şekilde sunulmalıdır.

1.2 Makale Değerlendirme Süreci

İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi'ne gönderilecek makalelerin daha önce hiçbir yerde kısmen veya tamamen yayın amacı ile sunulmamış ve yayınlanmamış olması gerekmektedir.

Gönderilen tüm makalelerin ön değerlendirmesi 5 gün içerisinde Editör ve Yayın Kurulu tarafından yapılır. Dergi konu ve kapsamına girmeyen veya dergimiz yazım kuralı formatına içerik ve şekil şartları açısından uymayan makaleler, hakemlik süreci başlatılmadan geri çevrilir ya da bazı değişiklikler istenebilir. Bu aşamada, hiçbir makale, olumlu hakem raporu olmadan editör tarafından yayına kabul edilemez. Ön değerlendirmeyi geçen makalelerin hakem değerlendirme sürecinin en fazla 45 gün içerisinde tamamlanması ve en kısa sürede elektronik baskısının online olarak dergi web sitesinde yayınlanması amaçlanmaktadır. Araştırma makaleleri, kısa not, derleme ve biyografi tipindeki makaleleri dergi editörü ve en az iki hakem tarafından gözden geçirilecektir.

1.3 Makale Metninin Yazım Biçimi

Makaleler tek satır aralıkla, A4 kâğıda, üstten, alttan, sağ ve sol kenarlardan 3 cm bırakılarak kalan yazı alanı içine tek sütun şeklinde yazılmalıdır. Makalenin tüm sayfalarına sayfa numarası verilmiş olmalıdır.

1.4 Makale Dili

Makaleler İngilizce ya da Türkçe dillerinde yazılabilir. İngilizce dilinde yazılmış makaleler tercih edilmektedir. Özet (Abstract) bölümü ise, hem İngilizce hem Türkçe olarak hazırlanmalıdır.

1.5 İngilizce

İngilizce olarak hazırlanan makaleler, standart bir İngilizceye sahip olmalıdır. Makalelerinin İngilizce dilbilgisinden yazarlar sorumludur. Düşük kalitede ve standart bir İngilizceye sahip olmayan makaleler hakem değerlendirmesine gönderilmeden reddedilir. Yazarlar makalelerinin İngilizce metin düzenleme ve dil redaksiyonunu ana dili İngilizce olan uzmanlara yaptırması tavsiye edilmektedir.

1.6 Makale Başlığı

Sayfa üstünden 1 satır boşluk bırakılarak, sola dayalı olarak Times New Roman Tur 14 punto ve makale başlığının ilk kelimesinin ilk harfi büyük olacak ve diğer kelimeler küçük harfle başlayacak şekilde (Özel isimler dışında) **koyu (bold)** harflerle yazılmalıdır. Makale başlığı 15 kelimeyi geçmemelidir.

1.7 Yazar(lar)ın Ad(lar)ı

Makale başvurusu sırasında yazar adları yayın içerisinde kesinlikle yer almamalıdır. Yazar isimleri ayrı Word dosyasına yazılarak ek dosya olarak sisteme yüklenmelidir.

Makale yayına kabul edildikten sonra, makale başlığından sonra 1 satır (9 punto) boşluk bırakılarak, sola dayalı, unvan belirtilmeden baş harfleri büyük harflerle olacak şekilde 9 punto koyu (bold) olarak yazar adları yazılmalıdır.

1.8 Yazar(lar)ın Kurum ve Adres Bilgisi

Yazar adlarının altına 1 satır boşluk bırakılarak 9 punto büyüklükte açık adresler belirtilmelidir. Yazarların adresleri; her bir yazarın soyadının sonunda ve adresinin başında aynı rakam ($^{1, 2, 3,}$ şeklinde) kullanılarak üst simge şeklinde belirtilmelidir.

1.9 Sorumlu Yazar

Ayrıca makalenin yazışmalarından sorumlu yazar, isminin üzerine bir yıldız işareti (adresi belirtmek amacıyla yazılan rakamından sonra, * işareti) konularak belirtilmeli ve adreslerden sonra 1 satır boşluk bırakılarak sorumlu yazarın e-posta adresi yazılmalıdır.

1.10 Özet ve Abstract

Türkçe "**Özet:**" başlığından sonra 9 punto büyüklüğünde, 150 kelimeyi aşmayacak şekilde ve iki yana yaslanmış olarak özet yazılmalı, paragraf başı yapılmamalıdır. İngilizce "**Abstract**:" bölümünde de, Türkçe özet ile aynı kurallar izlenmelidir. Abstract bölümünün öncesinde mutlaka makalenin İngilizce başlığı yazılmalıdır.

1.11 Anahtar Kelimeler

Anahtar Kelimeler, özetlerden sonra 1 satır boşluk bırakılarak; "**Anahtar Kelimeler:**" ya da "**Keywords**:" yazıldıktan sonra 5 adet anahtar kelime; virgülle ayrılarak, sadece ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük harfle başlayacak diğerleri tümü küçük harflerle 10 punto yazılmalıdır.

1.12 Kısaltmalar

Makalede kullanılacak kısaltmalara ait açıklamalar bir kez yapıldıktan, makale içinde kullanılmaya devam edilebilir.

1.13 Teşekkür

Çalışmanıza yardımcı olan kişilere (dil yardımı, makale yazımı vb.) edeceğiniz teşekkürleri makalenizin sonunda Kaynaklar bölümünden önce "*Teşekkür - Acknowledgements*" başlığı altında belirtebilirsiniz.

2. METİN BÖLÜMLERİ

Özgün araştırma makaleleri "*Giriş*", "*Materyal ve Yöntem*", "*Bulgular ve Tartışma*" ve "*Sonuçlar*" bölümlerine göre yazılmalıdır. Senteze ve kaynak incelemesine dayalı derleme tarzındaki makalelerin başlık ve alt başlıkları yazar ya da yazarların yaklaşımlarına göre belirlenebilir.

İlk başlık anahtar kelimelerden sonra 1 satır (10 punto) boşluk bırakılarak 1.'den başlayarak (Kaynaklar-References ana başlığı hariç) numaralandırılmalı (örnek: 1.Giriş, 2.Materyal ve Yöntem, ... şeklinde), diğer ana başlıklar bunu takip etmelidir. Ana ve alt başlıklar küçük harflerle koyu (bold) 10 punto yazılmalı, ana başlıklarda her kelime büyük harflerle yazılmalı, alt başlıklarda sadece ilk harfler büyük olmalıdır. Ana başlıklarla bir üst satır ile bir sonraki satır arasında 1 satır (10 punto) boşluk bırakılmalıdır. Tüm metin iki yana hizalı olmalıdır. Özet ve Abstract başlıkları da dahil olmak üzere ana ve alt başlıklar sola dayalı paragraf başı olmaksınız normal yazım marjından başlamalıdır.

Makaleler (Times New Roman Tur yazı tipinde, 10 punto) ilk sayfadan itibaren sayfa numarası verilmiş olan tüm metin (kaynaklar ve anahtar kelimeler dahil olarak toplam 15 sayfayı geçmeyecek şekilde hazırlanmalıdır. Sadece doktora tez özetleri 20 sayfa yazılabilir.

Makalenin başlığı, yazar adı/adları koyu (bold) yazılacaktır. Ayrıca, sadece metin içerisindeki bilimsel isimler (bitki ve hayvan isimleri gibi) ile "*Kaynaklar (References)*" bölümündeki dergi isimleri italik yazılacaktır.

3.TABLO, ŞEKİL ve RESİM KURALLARI

Tablo, şekil ve resimler, makale metninin içinde en uygun yere yazar tarafından konulmalıdır. Makale içinde kullanılan tüm tablo, şekil ve resimlere metin içinde atıf yapılmalıdır. Renkli tablo, şekil ve resim kullanılabilir. Makalede kullanılan tüm şekil ve resim dosyaları ayrıca dergimizin web sistemine ek dosya olarak yüklenmelidir.

Tabloları sayfaya sığdırmak için sayfa yönü kesinlikle değiştirilmemelidir. Onun yerine tablo içindeki metinlerin yönü ve tablo tasarımı değiştirilmelidir. Tablolar en fazla 14 cm genişlikte ve 20 cm yüksekliğinde olmalıdır. Tabloların düşey çizgileri çizilmemelidir. Örnek tablo gösterimi aşağıdaki verilmiştir.

Tablo 1. Tablo başlığı
Table 1. Table caption

Ax	**Aaaaaaaaaaaa Bbb**	**Aa**	**Aaaaaaaaaaaa Bbb**
A1	Aaaaaaaa aaaaaaaa	A4	Aaaaaaaa aaaaaaaa
A2	Aaaaaaaa aaaaaaaa	A5	Aaaaaaaa aaaaaaaa
A3	Aaaaaaaa aaaaaaaa	A6	Aaaaaaaa aaaaaaaa

Grafikler grafiğin düzenlendiği program dosyası olarak sisteme ek dosya şeklinde yüklenmelidir. Kesinlikle grafikleri resim formatına dönüştürerek makaleye eklenmemelidir.

Resim ve fotoğraflarda da tablo boyutlarındaki sınırlamalara uyulmalıdır. Resimler en az 300 dpi çözünürlükte makalenin en altına konmalı veya ek dosya olarak sisteme yüklenmelidir.

Şekil, tablo, grafik ve resimler belirtilen yazı alanı içerisinde sayfa ortalanarak konmalı, her şekil, tablo, grafik ve resime metin içinde atıf yapılmalı ve atıf yapılan paragraftan hemen sonra yerleştirilmelidir. Tablo ve grafik içerikleri ile başlıkları 9 punto büyüklükte olmalı, başlıklar numaralandırılarak tabloların üstüne; şekil, resim ve grafiklerin altına ortalanarak olarak yazılmalıdır.

Şekil, tablo, grafik ve resimler Türkçe ve yabancı dilde başlık ve içerikleri ile birlikte makalenin ana metni kısmında yer almalı, başlık cümlelerinin ilk harfi büyük olmalıdır. Buna ilişkin örnek aşağıda yer almaktadır.

Şekil 1. Şekil başlığı
Figure 1. Figure caption

Tablo 1. Tablo başlığı
Table 1. Table caption

Metin içerisinde şekil ve tablolara (Şekil / Figure 1), (Tablo / Table 1) şeklinde atıf yapılmalıdır.

4. KAYNAKLAR

Kaynaklar, İngilizce makalelerde "*References*" Türkçe makalelerde ise "*Kaynaklar*" başlığı altında, alfabetik sıraya göre verilmelidir. Dergimize gönderilen makalelerde, metin içinde atıf yapılan tüm yayınların mutlaka kaynaklar listesinde gösterildiğinden emin olunması gerekmektedir.

Kaynak olarak belirtilen tüm yayınlarda mutlaka yazarların adları, dergi adı / kitap başlığı, bölüm başlığı / makale başlığı, yayın yılı, cilt numarası / kitap bölümü ve sayfalama mevcut olmalıdır. Kısaltılmış dergi adı ve kitap başlığı kullanılmamalıdır. Kullanılan kaynağın varsa DOI numarası verilmelidir.

4.1 Kaynak bağlantıları

Metin içerisinde yapılan her atıfın kaynaklar listesinde mutlaka belirtilmesi gerekmektedir. Scopus, CrossRef ve PubMed vb indeksleme servislerine bağlantı oluşturmaya izin vermek amacıyla, kaynaklar listesinde verilen verilerin tam ve doğru olduğundan emin olunması gerekmektedir. Yanlış soyadı, yanlış dergi ve kitap başlığı, yanlış makale adı, yanlış yayın yılı ve yanlış sayfa numarası belirtildiğinde indeksleme servislerine bağlantı oluşturulmasının engellenebileceğini lütfen unutmayınız. Kullanılan kaynakların varsa DOI numarası verilmelidir. Yayınlanmamış sonuç ve makalelerin ve kişisel iletişim yoluyla elde edilen bilgilerin kaynak olarak kullanılması tavsiye edilmemektedir. Basım aşamasında olan kaynakların da, varsa DOI numarası verilmelidir.

4.2 Online (Web) kaynakları

Web üzerinden alıntı yapılarak kullanılan kaynaklarda asgari olarak tam URL ve son erişilen tarih mutlaka verilmelidir. İlgili web kaynağında başka bir bilgi biliniyorsa, DOI, yazar adları, tarihler, ana kaynak yayın, vb referans da verilmelidir.

4.3 Kaynakların Metin İçerisinde Gösterimi

Kaynaklar metin içerisinde parantez içerisinde;

- Tek yazarlı kaynak için (Clausen, 1992),
- İki yazarlı kaynak için (Kelso ve Smith, 1998)
- Çok yazarlı kaynak için (Medvec ve ark., 1999)
- Birden fazla kaynak için tarihsel olarak sıralanmış şekilde (Lebow, 2000; Imamura, 2001; Cooper ve Taylor, 2005)
- Aynı yazarın aynı tarihte yapılmış iki eseri olduğu takdirde bu eserler yılların sonuna a ve b harfleri konarak belirtilmelidir. (Hill, 2000a; Hill, 2000b).

4.4 Kaynaklar Listesi

Kaynaklar listesinde; makale metni içinde atıfı yapılmış, yayınlanmış ya da yayınlanması kabul edilen yayınlar gösterilmelidir. Kişisel iletişim ve yayınlanmamış eserler sadece metin içinde belirtilmelidir. Kaynaklar listesinde belirtilmesi gereken yayınların, dipnot şeklinde gösterimi uygun değildir. Kaynaklar ilk yazarın soyadına göre alfabetik olarak sıralanmalıdır. Kaynak gösterilen makalelerin, dergilerin ve kitapların tam adları eksiksiz şekilde yazılmalıdır. Dergi adlarında kısaltma kullanılmamalıdır. Dergimizde kaynakların gösteriminde Harvard sistemi kullanılmaktadır.

Sempozyumlardan ve dergilerden alınan makalelerin isimleri yazılırken sadece ismin ilk harfi büyük, diğerleri küçük harflerle yazılmalıdır. Kitap isimlerinde ise her kelime büyük harfle başlamalıdır.

Atıf yapılan yayınların Kaynaklar (References) kısmında gösterilmesi aşağıdaki stillerde olmalıdır:

<u>*Dergi makalesi*</u>

Asakawa, S., Yoshida, K., Yabe, K., 2004. Perceptions of urban stream corridors within the greenway system of Sapporo, Japan. *Landscape and Urban Planning* 68(2-3): 167–182, doi:10.1016/S0169-2046(03)00158-0.

Heede, B.H., 1991. Response of a stream in disequilibrium to timber harvest. *Environmental Management* 15(2): 251-255.

Ben-Akiva, M., de Palma, A., Kanaroglou, P., 1986. Dynamic model of peak period traffic congestion with elastic arrival rates. *Transportation Science* 20(2): 164-181.

Yıldırım, N., Taşkın , H., Karaman, R., 2012. İstanbul-Beylerbeyi Sarayında Coleoptera tülerine karşı sülfüril florit kullanılarak yapılan fumigasyon uygulaması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 62(1): 47-52.

<u>*Kitap*</u>

Birkeland, P. W., 1984. Soils and Geomorphology. Oxford University Pres, New York.

Haris, C. W. and N. T. Dines, 1988. Time-saver Standarts for Landscape Architecture. McGraw-Hill, Inc., New York.

Brilon, W. (Ed.), 1988. Intersections Without Traffic Signals, Proceedings of an International Workshop. Springer-Verlag, Berlin.

Kitap içinde bölüm

Fischer, G.W., Nagin, D., 1981. Random versus coefficient quantal choice models. In: Manski, C.F., McFadden, D. (Eds.), Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications, MIT Press, Cambridge, MA, pp. 273-304.

Sempozyum, Konferans ve Çalıştay bildirisi

Dahlgren, R. A., 1988. Effects of forest harvest on stream-water quality and nitrogen cycling in the Casper creek watershed. In: Proceedings of The Conference on Coastal Watersheds: The Casper Creek Story. May 6, Ukiah, California.

Daganzo, C., 1996. Two paradoxes of traffic flow on networks with physical queues. II Symposium Ingenieria de los Transportes, Madrid, 22-24 May 1996, pp. 55-62.

Online (Web) kaynakları

FAO. 2006. Rural radio transmissions and rural youth in Mali. http://www.fao.org/sd/dim_kn1/kn1_060202_en.htm (Ziyaret tarihi: 27 Şubat 2006).

5.MAKALE BAŞVURU İŞLEMLERİ

Dergimizin web sitesi üzerinde bulunan kayıt sekmesine tıklanarak (http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu/user/register) "Yazar" rolü ile üye olunarak makale gönderimi yapılmalıdır.

Makalenin elektronik sisteme yüklenmesi aşamasında **başvuru dilekçesi** ve **temlikname** http://www.dergipark.ulakbim.gov.tr/jffiu/pages/view/yazar-rehberi adresinden indirilip;

- Yazar(lar) tarafından doldurulmalı,
- Mavi kalemle imzalanmalı,
- Tarayıcı ile taranarak (tif, jpg veya pdf olarak) sisteme ek dosya olarak yüklenmelidir.

Gönderilen tüm makalelerin ön değerlendirmesi 5 gün içerisinde Editör ve Yayın Kurulu tarafından yapılır.

Ön değerlendirmeyi geçen makalelerin hakem değerlendirme sürecinin en fazla 45 gün içerisinde tamamlanması ve en kısa sürede elektronik baskısının online olarak dergi web sitesinde yayınlanması amaçlanmaktadır.

5.1 Makale Kabulünden Sonra Yapılacaklar

Makale kabul edildikten sonra, yazar ve dergi sorumluları arasında makalenin şekilsel hata ve eksikliklerinin giderilmesi ve makaleye son halinin verilmesi süreci yer almaktadır. Bu süreç 1 hafta sürebilmektedir. Şekilsel düzenlemeler bittikten sonra yazara son kontrol için gönderilir ve onayı alınır. Bu onay ile birlikte yazarların telif ve temlikname belgesini doldurup, imzaladıktan sonra tarayıcı ile taradıkları bu belgeyi de sisteme ek dosya olarak yüklemeleri gereklidir

5.2 Yayınlanma

Makalede tüm düzeltmeler yapılıp onaylandıktan sonra, ilk önce dergimizin web sitesinde pdf ortamında yayınlanacaktır. Dergimiz yılda iki dönem Ocak, Temmuz aylarında yayınlanmakta olup, ayrıca kağıt baskı için üniversite yayın dönemlerinde basımevine gönderilerek bastırılmaktadır.

Son güncelleme tarihi : 01 Temmuz 2014
İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yönetim Kurulu Karar Tarihi : 02 Temmuz 2014