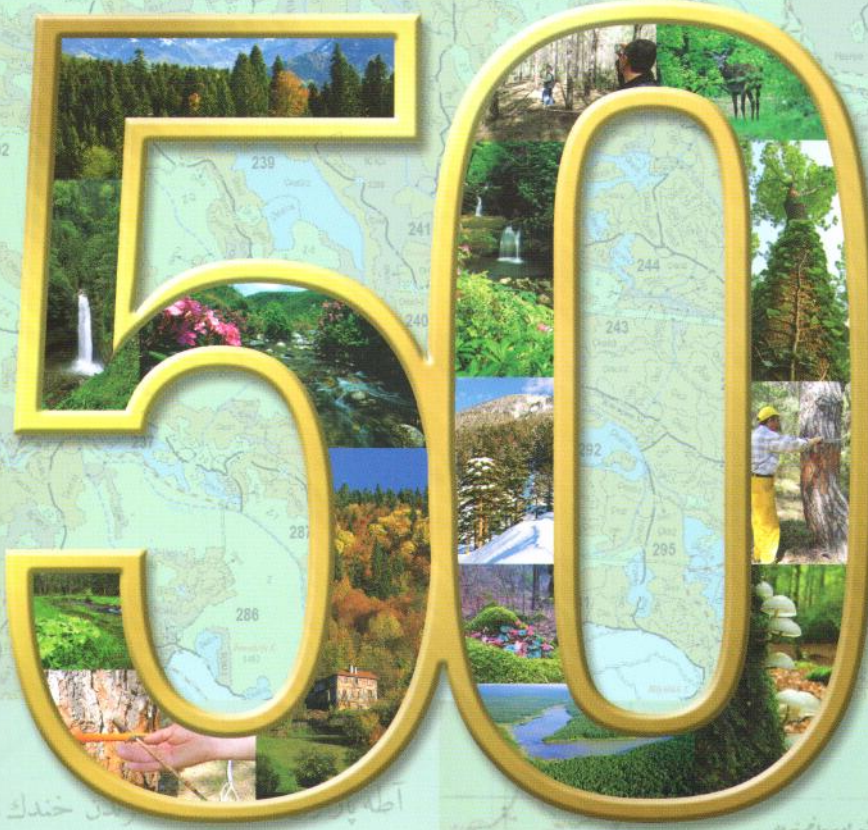




T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
ORMAN GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı



**ORMANCILIKTA SEKTÖREL PLANLAMANIN
50. YILI ULUSLARARASI SEMPOZYUMU
BİLDİRİLER KİTABI**

26-28 Kasım 2013 / ANTALYA

**PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM
FOR THE 50TH ANNIVERSARY OF THE FORESTRY SECTOR
PLANNING IN TURKEY**

26-28 November 2013 / ANTALYA

ANKARA 2013

köklerinde hayat var...





T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI
ORMAN GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı



**ORMANCILIKTA SEKTÖREL PLANLAMANIN
50. YILI ULUSLARARASI SEMPOZYUMU
BİLDİRİLER KİTABI**

26-28 Kasım 2013 / ANTALYA



***PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM
FOR THE 50TH ANNIVERSARY OF THE FORESTRY SECTOR
PLANNING IN TURKEY***

26-28 November 2013 / ANTALYA



Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı Yayın No: 107
Bilimsel Toplantı Serisi No. 6



ORMAN GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Bu kitap,
Orman Genel Müdürlüğü
Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığınca hazırlanmıştır.
Tel: +90 (312) 207 66 13-14 Belgegeçer: +90 (312) 207 66 15
E-posta: oip@ogm.gov.tr

Editör
Rüstem KIRIŞ

Yayına Hazırlayanlar
F. Alptekin KARAHAN
Nuray ÖZBAĞCI
Mehmet DEMİRCİ
H. Cihad ANLAR

Tasarım/Baskı
CTA Ltd. (0312) 222 66 77

ISBN 978-605-4610-39-6

© Her türlü basım ve dağıtım hakkı Orman Genel Müdürlüğüne aittir.
İzinsiz olarak kısmen veya tamamen kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.

ONURSAL BAŞKAN

Prof. Dr. Veysel EROĞLU
Orman ve Su İşleri Bakanı

BAŞKAN

İbrahim ÇİFTÇİ
Orman Genel Müdürü

II. BAŞKAN

M. Zeki TEMUR
Orman Genel Müdür Yardımcısı

SEMPOZYUM DÜZENLEME KURULU

Rüstem KIRIŞ (Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanı)
Prof. Dr. Ahmet YEŞİL (İÜ Orman Fakültesi Dekanı)
Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT (KTÜ Orman Fakültesi Dekanı)
Ali GÖKÇÖL (Antalya Orman Bölge Müdürü)
Mithat KOÇ (Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkan Yardımcısı)
Serdar ÖZKAN (Şube Müdürü - Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı)
Okan ÇANÇİN (Şube Müdürü - Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü)
Hüseyin SOP (Şube Müdürü - Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı)
Emin ŞİMDİ (Şube Müdürü - Dış İlişkiler, Eğitim ve Araştırma Dairesi Başkanlığı)
Salih YILMAZ (Şube Müdürü - Antalya Orman Bölge Müdürlüğü)
Aydoğan TÜREDİ (Şube Müdürü - Antalya Orman Bölge Müdürlüğü)
Salih AYAZ (Başmühendis - Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı)
Akın MIZRAKLI (Amenajman Rehberlik ve Denetim Başmühendisi)

SEMPOZYUM BİLİM KURULU

Başkan

Prof. Dr. Lütfi AKCA

Orman ve Su İşleri Bakanlığı Müsteşarı

Başkan Yardımcısı

Dr. Mahir KÜÇÜK

Orman ve Su İşleri Bakanlığı Müsteşar Yardımcısı

Üyeler

Prof. Dr. Ahmet YEŞİL (İÜ Orman Fakültesi Dekanı - İstanbul)

Prof. Dr. Aysen YILMAZ (ODTÜ - Ankara)

Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT (KTÜ Orman Fakültesi Dekanı - Trabzon)

Prof. Dr. Hakkı YAVUZ (KTÜ - Trabzon)

Prof. Dr. Kâmil ŞENGÖNÜL (İÜ - İstanbul)

Prof. Dr. Mustafa Fehmi TÜRKER (KTÜ - Trabzon)

Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU (İTÜ - İstanbul)

Prof. Dr. Nedim SARAÇOĞLU (BÜ - Bartın)

Prof. Dr. Ömer SARAÇOĞLU (Emekli)

Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU (KTÜ - Trabzon)

Prof. Dr. Selâhattin KÖSE (KTÜ - Trabzon)

Prof. Dr. Serdar CARUS (SDÜ - Isparta)

Prof. Dr. Tahsin AKALP (Emekli)

Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU (İTÜ - İstanbul)

Prof. Dr. Ünal ASAN (Emekli)

Prof. Dr. Ünal ELER (Emekli)

Prof. Dr. Zeki KAYA (ODTÜ - Ankara)

Rüstem KIRIŞ (OGM Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanı)

Doç. Dr. Ali DURKAYA (BÜ - Bartın)

Doç. Dr. H. Ahmet YOLASIĞMAZ (AÇÜ - Artvin)

Doç. Dr. İbrahim ÖZDEMİR (SDÜ - Isparta)

Doç. Dr. Mehmet MISIR (KTÜ - Trabzon)

Doç. Dr. Nuray MISIR (KTÜ - Trabzon)

Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK (SDÜ - Isparta)

Doç. Dr. Sedat KELEŞ (ÇKÜ - Çankırı)

Doç. Dr. Turan SÖNMEZ (AÇÜ - Artvin)

Doç. Dr. Yusuf SERENGİL (İÜ - İstanbul)

Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan KADIOĞULLARI (KTÜ - Trabzon)

Yrd. Doç. Dr. Alkan GÜNLÜ (ÇKÜ - Çankırı)

Yrd. Doç. Dr. Birsan DURKAYA (BÜ - Bartın)

Yrd. Doç. Dr. Bekir KAYACAN (DÜ - Düzce)

Yrd. Doç. Dr. Fatih SİVRİKAYA (SİÜ - Kahramanmaraş)

Yrd. Doç. Dr. Hayati ZENGİN (DÜ - Düzce)

Yrd. Doç. Dr. İlker ERCANLI (ÇKÜ - Çankırı)

Yrd. Doç. Dr. Mehmet YAVUZ (AÇÜ - Artvin)

Yrd. Doç. Dr. Sinan DESTAN (İÜ - İstanbul)

Yrd. Doç. Dr. U. Yunus ÖZKAN (İÜ - İstanbul)

Yrd. Doç. Dr. Uzun KARAHALİL (KTÜ - Trabzon)

Yrd. Doç. Dr. Yılmaz ÇATAL (SDÜ - Isparta)

Dr. Neşat ERKAN (Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürü - Antalya)

Dr. Ersin YILMAZ (Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürü - Tarsus)

Emin GÜZENGE (Amenajman Rehberlik ve Denetim Başmühendisi - Antalya)

LANDSAT 8 UYDU GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK KARŞIKENT ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ MEŞCERE ÖZELLİKLERİNİN TAHMİN EDİLMESİ	
Muammer Şenyurt, Alkan Günlü, İlker Ercanlı, Cem Yılmaz	497
ORMAN EKOSİSTEMLERİNDEKİ SERVET VE ARTIMDA MEYDANA GELEN KONUMSAL VE ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİN CBS YARDIMIYLA ORTAYA KONULMASI	
Fatih Sivrikaya, Veysel Yıldırım	504
ORMAN KAYNAKLARININ PLANLANMASINDA KONUMSAL YAPININ KONTROLÜ: HONAZ PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ	
Ali İhsan Kadioğulları, Emin Zeki Başkent, Özkan Bingöl, Mehmet Ali Sayın	516
LANDSAT 7 ETM+ UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK MEŞCERE PARAMETRELERİNİN TAHMİN EDİLMESİ	
Mehmet Mısır	529
EKOSİSTEM TABANLI FONKSİYONEL PLANLAMA (ETFOP) SÜRECİNDE UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ İLE ORMAN ENVANTERİ: ADIYAMAN ÖRNEĞİ	
Ulaş Yunus Özkan, Ünal Asan, Nebiye Musaoğlu, Serhun Sağlam	538
TRAKYA'DAKİ MEŞE (<i>Quercus sp.</i>) KORUYA TAHVİL MEŞCERELERİNDEKİ UYGULAMALARIN ORMAN AMENAJMANI VE HÂSILATI İLE SİLVİKÜLTÜREL ESASLAR AÇISINDAN İNCELENMESİ	
Abbas Şahin, Nilüfer Şahin, Adil Çalışkan, Aytekin Ertaş	548
KARADENİZ YÖRESİ GÖKNAR MEŞCERELERİNİN OPTİMUM KURULUŞLARI	
Gafura Aylak Özdemir, Ömer Saraçoğlu	562
TEK AĞAÇTA ARTIM VE BÜYÜMENİN SİMÜLASYONU İÇİN MODEL	
Emrah Özdemir, Tahsin Akalp	569
KIZILÇAM AĞAÇ TÜRÜ İÇİN YETİŞME ORTAMI BAZLI GÖVDE ÇAPI VE GÖVDE HACİM MODELLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ	
Ramazan Özçelik, Onur Alkan	577
AĞLASUN YÖRESİNDEKİ KIZILÇAM AĞAÇLANDIRMALARINDA HACİM ARTIMININ GÖĞÜS YÜZEYİ VE SOSYAL GÖVDE SINIFLARA GÖRE DEĞİŞİMİ	
Serdar Carus	589
KIZILÇAM İÇİN BUGÜNE KADAR HAZIRLANMIŞ HASILAT TABLOLARI VE BAZI KIYASLAMALAR	
Neşat ERKAN	599
TRABZON VE GİRESUN ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜKLERİ SINIRLARI İÇERİSİNDE YER ALAN DOĞU LADİNİ (<i>Picea orientalis</i> (L.) Link) VE SARIÇAM (<i>Pinus sylvestris</i> L.) KARIŞIK MEŞCERELERİ İÇİN GÖVDE ÇAPI VE GÖVDE HACİM DENKLEMLERİNİN KARIŞIK ETKİLİ MODELLEME YAKLAŞIMI İLE GELİŞTİRİLMESİ	
İlker Ercanlı, Aydın Kahrıman	613
KARIŞIK YAPRAKLI ORMANLARDA MEKÂNSAL ENTERPOLASYON İLE MEŞCERE TÜR KARIŞIMI VE HACMİN TAHMİN EDİLMESİ	
Sinan Destan, Osman Yalçın Yılmaz	622
ÜLKEMİZDEKİ HASILAT TABLOLARININ BİLİMSEL VE UYGULAMA AÇISINDAN İRDELENMESİ	
Nuray Mısır, Hakkı Yavuz	637
TÜRKİYE'DE AĞAÇ SERVETİ ENVANTERİNİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ	
Hakkı Yavuz, Nuray Mısır	646
HAVASAL LİDAR VERİLERİ KULLANILARAK MEŞCERE TİPİ AYRIMI	
İbrahim Özdemir, Daniel Donoghue, Özdemir Şentürk, Tolgahan Osmanoglu, Doğan Akdemir	654

TRABZON VE GİRESUN ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜKLERİ SINIRLARI İÇERİSİNDE YER ALAN DOĞU LADİNİ (*Picea orientalis* (L.) Link) VE SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) KARIŞIK MEŞCERELERİ İÇİN GÖVDE ÇAPI VE GÖVDE HACİM DENKLEMLERİNİN KARIŞIK ETKİLİ MODELLEME YAKLAŞIMI İLE GELİŞTİRİLMESİ

İlker Ercanlı¹, Aydın Kahrıman²

1 Ç. K. Ü., Orman Fakültesi, 18200, Çankırı

2 A. Ç. Ü., Orman Fakültesi, 08000, Artvin

Özet

Gövde çapı ve gövde hacim denklemleri (*Stem taper and volume equations*), ağaçlara ilişkin ayrıntılı hacim tahminlerine imkan sağlamaktadırlar. Bu denklemler, ağaçlardan elde edilebilecek odun çeşitlerinin tahmin edilmesinde büyük bir önem taşımaktadır. Bu çalışmada Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcerelerinden alınan 306 adet (160 Doğu Ladini ve 146 adet Sarıçam) örnek ağaç verisine bağlı olarak Max ve Burkhart (1976) tarafından önerilen "Segmented Polinomiyal Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemi" geliştirilmiştir. Ayrıca, modellerin oluşturulmasında veri kaynağı olarak kullanılan gövde üzerindeki çap ölçümlerindeki bağımlılığa (seri korelasyon) bir çözüm olarak son yıllarda öne çıkan "Karışık Etkili Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi" yöntemi de kullanılmıştır. Doğu ladinine ilişkin b_1 ve b_2 'i rasgele parametre olarak içeren modelin belirtme katsayısı (R^2); 0.976 ve Sarıçama ilişkin b_1 ve b_3 'i rasgele parametre olarak içeren modelin belirtme katsayısı (R^2) ise; 0.969'dur. Elde edilen bu denklemler, karışık meşcerelerinden elde edilecek ağaç servetinin daha önce saf meşcereler için geliştirilmiş ağaç hacim denklemlerine göre daha doğru ve ayrıntılı tahminine imkan sağlayabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gövde çapı ve gövde hacim denklemleri, karışık etkili doğrusal olmayan regresyon analizi, karışık meşcereler.

DEVELOPING STEM TAPER AND VOLUME EQUATIONS USING NONLINEAR MIXED EFFECT MODELING FOR ORIENTAL SPRUCE (*Picea orientalis* (L.) Link) VE SCOTCH PINE (*Pinus sylvestris* L.) STANDS IN TRABZON AND GİRESUN FOREST DIRECTORATE

Abstract:

Stem taper and volume equations provide detailed volume predictions for trees. These equations are important to obtain the predictions of timber assortments. In this study, segmented polynomial taper and volume equations proposed by Max and Burkhart (1976) were developed by using 306 sample trees (160 oriental spruce and 146 scotch pine) measured in Oriental spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) and Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) mixed stands located in Trabzon and Giresun Forest Directorate. Also, nonlinear mixed effect regression modeling analysis that come into prominence in recent years were used for a solution to serial correlated diameter data measured within tree stem. The coefficient of determination (R^2) of stem taper and volume equation with b_1 ve b_2 random parameters for oriental spruce is 0.976 and 0.969 for b_1 ve b_3 random parameters for scotch pine. These developed equations can provide more accurate and detailed predictions for mixed stands than the ones previously developed for pure stands.

Keywords: Stem taper and volume equations, nonlinear mixed effect regression analysis, mixed stands.

1. Giriş

Ülkemiz ormanları orman amenajman planlarına göre işletilmekte olup, özellikle ormanlardan elde edilecek servetin büyük bir kısmını ağaç serveti oluşturmaktadır (Yavuz, 1999; Kapucu, 2004). Bu bakımdan, orman amenajman planlarının düzenlenmesinde, özellikle meşcere hacminin tahmin edilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Meşcere hacminin tahmin edilmesinde birçok farklı yöntem olmasına karşın, pratik olmaları ile "ağaç hacim denklemleri ve tabloları" yöntemi daha çok tercih edilmektedir (Fırat, 1973; Kalıpsız, 1984). Ağaç hacim denklemleri; ağaç çapına (Tek Girişli Ağaç Hacim Denklemleri), çapı ve boyuna (Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri) ve çapa ve boyaya ek olarak diğer değişkenlere (Çok Girişli Ağaç Hacim Denklemleri) göre tüm ağacın hacmini tahmin ederler (Yavuz, 1999). Özellikle orman amenajman planlarının hazırlanmasında, sadece çap ölçümü ile ağaç hacim tahminlerini sağlamaları ile pratik bir yöntem olarak, tek girişli ağaç hacim denklemleri öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, tek girişli ağaç hacim denklemleri; tek ağaçların toplam gövde hacimlerinden gidilerek meşcerenin 1 hektarlık toplam alanını veya tamamına ilişkin hacim miktarına vermekte olup, ağaç gövdelerinden üretilebilecek tomruk, maden direği ve sanayi odunu gibi odun çeşitlerinin miktarları konusunda herhangi bir tahmin olanağı sunamamaktadırlar (Sakıcı, 2002; Aktürk, 2006; Özçelik ve ark., 2012). Bu bakımdan,

ağaçlardan elde edilebilecek odun çeşitlerine ilişkin tahminler yapabilecek ve böylece dikili satış yönteminin yoğun olarak kullanılması ve sürekli değişen Pazar koşullarının gerektirdiği gövde hacmine ilişkin ayrıntılı hacim tahminlerine imkân sağlayabilecek yöntemlere ihtiyaç bulunmaktadır (Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Özçelik ve Alkan, 2012).

Tek ağaçların toprak seviyesinden gövde üzerindeki herhangi bir yükseklik ya da çapa kadar olan kısmına veya gövde üzerinde belirlenen herhangi iki yükseklik ya da çap değerleri arasında kalan bölümüne ilişkin ayrıntılı hacim tahminleri, gövde çapı ve gövde hacim denklemleri (**Stem taper and volume equations**) ile elde edilebilmektedir (Yavuz, 1995; Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Özçelik, 2008). Özellikle gövde çapı ve gövde hacim modelleri ile elde edilebilecek bu tahminler, Kozak (2004) tarafından; (i) herhangi bir yükseklikteki gövde çapı, (ii) herhangi bir gövde çapının hangi yükseklikte olduğu, (iii) ticari (satılabilir) gövde hacmi, (iv) toplam gövde hacmi, (v) bir gövdeden elde edilebilecek tüm odun çeşitlerinin hacmi, (vi) gövde üzerinde herhangi iki yükseklik arasındaki gövde bölümünün hacmi, (vii) gövde üzerinde herhangi iki çap arasındaki gövde bölümünün hacmi olmak üzere belirtmiştir (Özçelik ve Alkan, 2012; Özçelik ve ark., 2012).

Ormancılıkta ağaçların gövde şekli üzerine ilk çalışma 1903 yılında Höjer tarafından yapılmıştır. Bunu 1920' li yıllarda Behre tarafından yapılan çalışmalar izlemiştir. Gray (1956), çalışmalarını çap düşüşünün modellenmesi üzerine yoğunlaştırmıştır. Gövdenin ticari (satılabilir) bölümlerine ilişkin hacim değerlerini veren hacim oran denklemleri ile istatistiksel anlamda ilk gövde profili modelleri 1960'lı yılların sonlarına doğru geliştirilmeye başlanmıştır (Honer, 1967; Burkhart, 1977; Cao ve ark., 1980; Clutter, 1980; Newnham, 1992). Bu modeller, Göğüs çapı (D) ve ağaç boyunun (H) fonksiyonu olarak yerden belirli bir yükseklikteki (h_c) gövde çaplarını (d_c) belirlemeye yarayan modeller biçiminde olup, gövdenin tamamı için ortalama bir şekil katsayısı değeri vermektedirler (Bruce ve ark., 1968; Kozak ve ark., 1969; Bennet ve Swindel, 1972). Gövde modellerinin tamamı yerine, şekil farklılıkları gösteren her bir bölüm için ayrı bir polinom oluşturarak, bu polinomları bir modelde birleştirip "Segmented Polinomiyal Gövde Profili Modeli" olarak isimlendirilen gövde çapı modeli ilk olarak Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilmiştir. İstatistiksel olarak oldukça başarılı bulunan bu model daha sonra pek çok araştırmacı tarafından da değişik ağaç türlerine ilişkin gövde çaplarının tahmine edilmesi amacıyla kullanılmıştır (Demaerschalk ve Kozak, 1977; Cao ve ark., 1980; Green ve Reed, 1985; Byrne ve Reed, 1986; Czaplewski ve McClure, 1988). Ülkemizde de, farklı ağaç türleri ve alanlar için gövde çapı modelleri düzenlenmiştir (Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Sakıcı, 2002; Aktürk, 2006; Brooks ve ark. 2008; Özçelik, 2010; Özçelik ve Alkan, 2011; Özçelik ve ark., 2011; Özçelik ve Brooks, 2012; Özçelik ve ark., 2012; Şahin 2012).

Gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde, veri kaynağı olarak; tek ağaçlar üzerinde gövde boyunca ölçülen çap değerleri kullanılmakta olup, böylece ölçümü yapılan çap değerleri birbiri ile bağımlı (seri korelasyon "otokorelasyon") olduğu bir hiyerarşik veri yapısı oluşmaktadır (Leites ve Robinson, 2004). Elde edilen hiyerarşik veri yapısına bağlı olarak gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde ise, doğrusal olmayan regresyon analizi tekniklerinin kullanımı ile bu analizlerinin gerektirdiği temel varsayımlardan biri olan verilerin bağımsızlığı ilkesi ihlal edilmektedir (Valentine ve Gregorie, 2001). Özellikle regresyon analizine ilişkin bu varsayımın ihlal edilmesi, parametrelere ilişkin güven aralıklarının sistematik bir hata ile tahmin edilmesine ve model sonuçlarının güvenilirliğinin olumsuz yönde etkilemesine ve hatalı tahminlerin elde edilmesine neden olabilmektedir (Ye, 2005). Bu gibi verilerin bağımsızlığı varsayımının sağlanamadığı hiyerarşik veri yapıları ile istatistiksel regresyon modellerinin

geliştirilmesinde, çeşitli Sayısal Çözümleme Yöntemlerini esas alan Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi ile parametre tahmini tekniklerinin kullanımı yerine, özellikle Varyans-kovaryans matris yapısının modellenmesine imkan sağlayan Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modelleme (Nonlinear Mixed Effect Models) yaklaşımının kullanılması önerilmektedir (Laird ve Ware, 1982; Keselman ve ark., 1998; Wolfinger ve Chang, 1999; Litell ve ark., 2005).

Bu çalışmada, Trabzon ve Giresun orman bölge müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcerelerinden alınmış olan 306 adet (160 adet Doğu Ladini ve 146 adet Sarıçam) örnek ağaç verisine bağlı olarak "Segmented Polinomiyal Gövde Profili Modeli" olarak isimlendirilen gövde çapı modeli, Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modelleme ile geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Trabzon ve Giresun Orman İşletme Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Zigana Orman İşletme Şefliğinden 34 (19 L ve 15 Cs), Kürtün O.İ.Ş'den 45 (22 L ve 23 Cs), Sarıçadağ O.İ.Ş'den 41 (18 L ve 23 Cs), Örumcek O.İ.Ş'den 40 (25 L ve 15 Cs), Çatak O.İ.Ş'den 37 (20 L ve 17 Cs), Çaykara O.İ.Ş'den 18 (8 L ve 10 Cs), Akılbaba O.İ.Ş'den 11 (7 L ve 4 Cs), İkisu O.İ.Ş'den 40 (21 L ve 19 Cs), Karaduğa O.İ.Ş'den 40 (20 L ve 20 Cs) adet ağaçta gövde analizi yapılarak elde edilmiş veriler kullanılmıştır (Ercanlı, 2010). Çalışma kapsamında kullanılan bu veriler, Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan eşityaşlı Doğu Ladini-Sarıçam karışık meşcerelerinden elde edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan bu ağaçlar, dip kütük yüksekliğinden (0.3 m) kestirilmiş ve mümkün olduğunca düzenli bir şekilde (0.3 m, 1.3 m, 3.3 m gibi, 2 ya da 3'er metre ara ile) gövde çapları çap ölçer ile ölçülmüştür. Ayrıca ağaçların boyları, çelik şerit metre ile ölçülmüştür. Böylece ağaçların gövde boyunca çap değişimleri elde edilmiştir.

Arazide örnek ağaçlarda gövde boyunca elde edilen çap değerleri, çap ölçüm yükseklikleri ve toplam ağaç boyu verilerine ile bu verilerden üretilcek çeşitli bağımsız ve bağımlı değişkenleri içeren gövde çapı ve gövde hacim eşitliliğinin üretilmesinde ise, "Segmented Polinomiyal Gövde Profili Modeli" kullanılmıştır. Max ve Burkhart (1976)'ın geliştirmiş olduğu "Segmented Polinomiyal Gövde Çapı Modeli" ise aşağıda verilmiştir.

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

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

h = Ölçüm noktasının yerden olan yüksekliği (m),

H = Toplam ağaç boyu (m),

D = Kabuklu göğüs çapı (cm),

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

a_i = Örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktaları, i=1,2

b_i = regresyon katsayıları, i=1,4

Yukarıda eşitlikliği verilen gövde çapı modelinin parametre tahminleri ile çeşitli istatistiksel değerlerinin elde edilmesinde, SAS İstatistik Paket Programındaki NLIN prosedürü kullanılmıştır (SAS Institute Inc., 2004). Ayrıca bu çalışmada diğer bir aşama ise; Segmented Polinomiyal Gövde Çapı Modeline Karışık Etkili Modelleme sürecinin uygulanmasıdır. Karışık etkili modelleme; tek ağaçlar üzerinde gövde boyunca ölçülen çap değerlerinin kullanıldığı ve böylece oluşan ölçümü yapılan çap değerlerinin birbiri ile bağımlı (seri korelasyon "otokorelasyon") olduğu hiyerarşik veri yapıları probleminde bir çözüm olarak uygulanmaktadır. Bu çalışmada; doğrusal olmayan karışık etkili regresyon modellerinin parametre tahminlerinin elde edilmesinde, SAS İstatistik Paket Programındaki NLMIXED prosedürü kullanılmıştır (SAS Institute Inc., 2004).

3. Bulgular

Segmented Polinomiyal Gövde Çapı Modeline ilişkin Doğrusal olmayan regresyon modeli ile Karışık Etkili modellemenin (K.M.E.) çeşitli rasgele parametreleri seçeneklerini içeren modelleri için hesaplanan başarı ölçütleri; Doğu Ladini ve Sarıçam için ayrı ayrı olmak üzere Tablo 1 ve 2'de verilmiştir. Özellikle, farklı rasgele parametreleri içeren karışık etkili modellemeye ilişkin başarı ölçüt değerleri, gerek Doğu ladini gerekse sarıçam için doğrusal olmayan regresyon analizine ilişkin ölçüt değerlerine göre daha başarılı olarak elde edilmiştir (Tablo 1 ve 2). Doğu ladini için b_1b_1 ve b_2b_2 'i rasgele parametre olarak içeren doğrusal olmayan karışık etkili Segmented Polinomiyal Gövde Çapı Modeli ile % 97.6'lık model açıklayıcılığı elde edilmiştir. Sarıçam için ise, b_1b_1 ve b_3b_3 'i rasgele parametre olarak içeren doğrusal olmayan karışık etkili model; % 96.9'luk açıklayıcılığa sahiptir. Ayrıca, Doğu ladini için doğrusal olmayan regresyon analizi ile elde edilen RMSE değeri; 1.877 iken, b_1b_1 ve b_2b_2 'i rasgele parametre olarak içeren Karışık etkili modelleme ile bu değeri, 1.206'dır. Sarıçam için ise; doğrusal olmayan regresyon analizi ile RMSE değeri; 1.955 olarak hesaplanmış olup, b_1b_1 ve b_3b_3 'i rasgele parametre olarak içeren karışık etkili modelleme ile 1.425 olarak elde edilmiştir. Tüm bu başarı ölçütleri değerlendirildiğinde, sabit ve rasgele parametreleri birlikte içeren karışık etkili modelleme ile Segmented Polinomiyal Gövde Çapı Modeli kullanılarak elde edilen tek ağaca ilişkin gövde çapı tahminlerinde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 1. Doğu Ladini için model başarı ölçütleri

	RMSE	Bias	R ²	Durbin-Watson katsayısı
Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi	1.877	0.354	0.923	1.354
b_1 ve b_2 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.*	1.206	0.198	0.976	2.058
b_1 ve b_3 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.	1.286	0.235	0.944	1.954
b_1 ve b_1 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.	1.298	0.266	0.938	1.915

b_2 ve b_3 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.	1.251	0.223	0.955	1.951
b_2 ve b_1 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.	1.496	0.288	0.931	1.901
b_3 ve b_1 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.	1.413	0.274	0.930	1.903

*: Karışık Etkili Modelleme

Tablo 2. Sarıçam için model başarı ölçütleri

	RMSE	Bias	R ²	Durbin-Watson katsayısı
Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi	1.955	0.455	0.912	1.455
b_1 ve b_2 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.*	1.552	0.322	0.950	1.955
b_1 ve b_3 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.	1.425	0.302	0.969	2.021
b_1 ve b_1 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.	1.500	0.311	0.955	1.966
b_2 ve b_3 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.	1.561	0.358	0.952	1.966
b_2 ve b_1 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.	1.599	0.355	0.950	1.901
b_3 ve b_1 'i rasgele parametre olarak içeren K. E. M.	1.625	0.362	0.942	1.888

*: Karışık Etkili Modelleme

Tek ağaçlarına ilişkin gövde çapı tahminlerinde, seri-korelasyon probleminin mevcut durumu değerlendirildiğinde ise, karışık etkili modelleme ile durbin-watson katsayısının 2 ve 2'ye yakın değerlerde hesaplanması ile önemli oranda seri-korelasyon probleminin giderildiği anlaşılmaktadır. Doğu ladini için b_1b_1 ve b_2b_2 'i rasgele parametre olarak içeren Karışık etkili modelleme ile durbin-watson katsayısı; 2.058 olarak hesaplanmış iken, sarıçam için ise 1.955 olarak elde edilmiştir.

Tablo 3'te, Doğu ladini ve Sarıçam için doğrusal olmayan karışık etkili modelleme ile elde edilmiş Segmented Polinomiyal Gövde Çapı Modeli sabit ve rasgele parametreleri ile varyans bileşenleri ve çeşitli model başarı ölçütleri verilmiştir. Doğu ladini gövde çapı denkleminin ilişkin AIC (Akaike's Information Criterion: Akaike'nin bilgi kriteri); 358.521, BIC (Bayesian Information Criterion; Bayesian Bilgi Kriteri) değeri; 366.857, Sarıçam için ise sırasıyla 369.258 ve 388.233 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3. Doğu ladini ve Sarıçam için Doğrusal olmayan karışık etkili modelleme sonuçları

Tür	Parametreler		Parametre Tahmini	Standart Hata	t	p
Doğu Ladini	Sabit Etkili Parametreler	$\hat{b}_1$	0.1434	55.4000	0.003	<0.0001
		$\hat{b}_2$	-0.5019	30.2901	-0.02	<0.0001
		$\hat{b}_3$	1.0703	29.7699	0.04	<0.0001
		$\hat{b}_4$	5.9602	12.3792	0.48	<0.0001
		$\hat{a}_1$	0.8124	3.1671	0.26	<0.0001
		$\hat{a}_2$	0.2482	0.2311	1.07	<0.0001
	Rasgele Etkili Parametre Varyansları	σ^2_{b1}	0.0254	0.0023	11.04	<0.0001
		σ^2_{b2}	0.0695	0.0125	5.56	<0.0001
	Kovaryans	σ^2_{b1b2}	-0.0965	0.0028	-35.51	<0.0001
	Model Hatası	σ^2	0.216	0.0524	4.00	<0.0001
	$AIC = 358.521 \ BIC = 366.057 \ R^2 = 0.976$					
Sarıçam	Sabit Etkili Parametreler	$\hat{b}_1$	4.2504	13.3898	0.32	<0.0001
		$\hat{b}_2$	-2.7404	7.2838	-0.38	<0.0001
		$\hat{b}_3$	3.1110	7.4513	0.42	<0.0001
		$\hat{b}_4$	11.4863	6.4487	1.78	<0.0001
		$\hat{a}_1$	0.8849	0.0795	11.13	<0.0001
		$\hat{a}_2$	0.1981	0.0514	3.85	<0.0001
	Rasgele Etkili Parametre Varyansları	σ^2_{b1}	0.0558	0.0016	34.88	<0.0001
		σ^2_{b3}	0.0254	0.0235	1.08	<0.0001
	Kovaryans	σ^2_{b1b3}	-0.0156	0.0088	-1.70	<0.0001
	Model Hatası	σ^2	0.308	0.0442	6.97	<0.0001
	$AIC = 369.250 \ BIC = 388.233 \ R^2 = 0.969$					

Segmented Polinomiyal Gövde Çapı Modeli uyumlu gövde çapı denklemleri olup, bu denklemlerdeki katsayılar kullanılarak belirli eşitliklerle çift ağaç hacim denklemleri üretilmektedir. Bu çalışmada, Doğu ladini ve Sarıçam için tablo 3’de katsayıları verilen

gövde çapı eşitliklerinden Yavuz ve Saraçoğlu (1999)'da gösterilen formüller kullanılarak çift girişli ağaç hacim denklemleri üretilmiştir. Doğu ladini için üretilen çift girişli ağaç hacim denklemi; $V = 0.0000250654 \cdot d^2 \cdot h$ biçiminde iken, Sarıçam için elde edilen çift girişli denklem ise; $V = 0.0000250654 \cdot d^2 \cdot h$ 'dır. Geliştirilen bu denklemler ile Doğu ladini için Akalp (1978) ve Sarıçam için ise Alemdağ (1967) tarafından geliştirilen genel ağaç hacim denklemleri kullanılarak, çalışmamızda 160 adet Doğu ladini ve 146 adet sarıçam ağacının hacimleri tahmin edilerek, bu tahminlere ilişkin Toplam Hata ve Ortalama Mutlak Hata Yüzdeleri hesaplanmıştır. Doğu ladini için çalışmamızda uyumlu gövde çapı katsayıları ile üretilen çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin toplam hata % 1.56 iken, ortalama mutlak hata yüzdesi ise %6.89'dir. Akalp (1978) denklemi kullanılarak hesaplanan toplam hata yüzdesi; %4.44 ve ortalama mutlak hata yüzdesi 11.85'dir. Sarıçam için geliştirilen denklem ile elde edilen toplam hata ve ortalama mutlak hata yüzdeleri sırasıyla; % 2.33 ve % 7.88 iken, Alemdağ (1967) ile elde edilen değerler; %5.88 ve %12.35'dir. bu değerler değerlendirildiğinde; özellikle çalışmamızda geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin, Doğu ladini-Sarıçam karışık meşcerelerinde gelişim gösteren ağaçların hacim gelişimlerini temsil etmede daha başarılı oldukları söylenebilir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlüğünde yayılış gösteren Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) link) ve Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcerelerindeki ağaçlar için gövde çapı ve gövde hacim denklemleri doğrusal olmayan karışık etkili modelleme yaklaşımı ile geliştirilmiştir. Çalışmaya konu karışık meşcerelerinden kesilen örnek ağaç verileri kullanılarak (Ercanlı, 2010) ağaç gövdesinin tamamı yerine, şekil farklılıkları gösteren her bir bölüm için ayrı bir polinom oluşturarak, bu polinomları bir modelde birleştiren "Segmented Polinomiyal Gövde Profili Modeli" geliştirilmiştir. Gövde çapına ilişkin parametrelerin tahmininde, özellikle verilerin ağaçların üzerinde farklı noktalarda birbirinin devamı biçiminde ölçülmesi oluşacak seri-korelasyon problemine bir çözüm olarak da, Doğrusal olmayan karışık etkili modelleme "Nonlinear mixed effect modeling" kullanılmıştır.

Karışık etkili modellemenin en temel özelliği, model yapısı içinde; toplumun tamamı için geçerli sabit etkili parametre "fixed effect parameter" ile örnekleme üniteleri (örnek ağaçlar) arasındaki değişkenliği tanımlayan rasgele etkili parametreleri "random effect parameter" içermesidir. Özellikle, karışık etkili modellemede, karışık etkili modelleme yapısı içinde sabit ve rasgele etkili parametrelerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu kapsamda, Tablo 1 ve 2'de, farklı rasgele etkili parametreler içeren model yapıları için model tahmin başarıları karşılaştırılmış ve Doğu ladini için b_1b_1 ve b_2b_2 'i, Sarıçam için ise; b_1b_1 ve b_2b_2 rasgele parametre olarak içeren model yapısı ile en iyi tahmin başarıları elde edilmiştir. Bu sonuçlar, verilerin elde edildiği ağaçlar arasındaki gövde çapı değişkenliğinin, söz konusu parametrelerin rasgele etkili diğer parametrelerin ise sabit etkili parametre olduğu model yapısı ile daha iyi modellenebilmesiyle açıklanabilir.

Tablo 1 ve 2'de verilen model tahmin başarı ölçütleri değerlendirildiğinde ise, Karışık etkili modelleme ile doğrusal olmayan regresyon analizine göre daha iyi tahmin sonuçları elde edilmiştir. Doğrusal olmayan regresyon analizi ile model açıklayıcılığı Doğu ladini ve sarıçam için; %92.3-91.2 iken, karışık etkili modelleme ile model açıklayıcılığı; Doğu ladini için %97.6'a ve Sarıçam için ise; % 96.9'a yükselmektedir. Karışık etkili modelleme, örnek ağaçlar içi ve arasındaki gövde çapı ölçümleri değişkenliği dikkate alarak parametre

tahminleri yapılırken, doğrusal olmayan regresyon analizinde tüm veriler bir veri havuzunda bir bütün olarak değerlendirmekte ve değerlendirmeye katılmayan örnek ağaçlar arasındaki değişkenlik; model başarısını olumsuz yönde etkileyen bir faktör olmaktadır. Gövde çapının modellenmesine ilişkin yapılan diğer bir çok çalışmada, Tasissa and Burkhart (1998), Valentine and Gregorie (2001), Fang and Bailey (2001), Garber and Maguie (2003), Leites and Robinson (2004), Trincado and Burkhart (2006), Özçelik ve ark. (2011), karışık etkili modelleme ile daha iyi tahmin sonuçları elde edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim denklemleri, ülkemizde Doğu Ladini ve Sarıçam ağaç türlerinin saf meşcereleri için Akalp (1978) ve Alemdağ (1967) tarafından geliştirilen genel çift girişli ağaç denklemlerine göre, çalışmamıza konu karışık meşcerelerdeki ağaçların hacim gelişimlerini modellemede daha başarılı tahmin sonuçları vermiştir. Bu bakımdan, karışık meşcerelerinden elde edilmiş ağaçlar kullanılarak geliştirilecek gövde çapı ve gövde hacim denklemleri ile daha doğru, güvenilir ve ayrıntılı hacim tahminleri elde edilebilir.

Kaynaklar

- Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul.
- Aktürk, G., 2006. Doğu Ladini için Trigonometrik Gövde Profili Denkleminin Olüştürülmesi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, 120 s.
- Alemdağ, İ. Ş., 1967. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No: 20, Ankara.
- Bennet, F.A., Swindel, B. F., 1972. Taper Curves for Planted Slash Pine, USDA Forest Service Research Note SE-179, 4 p.
- Bryne, J., Reed, D. D., 1986. Complex Compatible Taper and Volume Estimation System for Red and Loblolly Pine, Forest Science, 32, 2, 423-443.
- Brooks, J. R., Jiang L. and Özçelik R., 2008. Compatible stem volume and taper equations for Brutian Pine, Cedar of Lebanon, and Cilicica Fir in Turkey. Forest Ecology and Management, 256:147-151.
- Bruce, D., R. O., Vandevering, C., 1968. Development of a System of Taper and Volume Tables for red Alder, Forest Science, 14, 339-350.
- Burkhart, H.E. 1977. Cubic foot volume of loblolly pine to any merchantable top limit. South. J. Appl. For. 1(2):7-9.
- Cao, Q. V., Burkhart, H. E., Max, T. A., 1980. Evaluating of Two Methods for Cubic-Volume Prediction Of Loblolly Pine to Any Merchantable Limit, Forest Science, 2, 1, 71-80.
- Clutter, J. L., 1980. Development of Taper Functions from Variable-Top Merchantable Volume Equations, Forest Science, 26, 1, 117-120.
- Czaplewski, R. L., Brown, A. S., Guenther, D. G., 1989. Estimating Merchantable Tree Volume in Oregon and Washington Using Stem Profile Models, USDA Forest Research Service Paper Service Paper RM-286, 15 p.
- Demeaerschalk, J. P., Kozak, A., 1977. The Whole-Bole System: A conditional Dual-Equation System for Precise Prediction of Tree Profiles, Canadian Journal of Forest Research, 7, 488-497.
- Ercanlı, İ., 2010. Trabzon ve Giresun orman bölge müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Karışık meşcerelerine ilişkin büyüme modelleri. Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Fang, Z., Bailey R.L., 2001. Nonlinear mixed effects modeling for slash pine dominant height growth following intensive silvicultural treatments, *Forest Science* 47, 287-300.

Firat, F., 1973. *Dendrometri*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın NO: 1800, O.F. Yayın No: 193, Kurtuluş Matbaası, İstanbul, 359 s.

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, 507-507.

Gray, H. R., 1956. *The form and taper of forest tree stems*. Imperial Forestry Institute Paper, 32. Oxford, University Press, 88 pp.

Green, E. J., Reed, D. D., 1985. Compatible Tree Volume and Taper Functions for Pitch Pine, *Northem Journal of Applied Forestry*, 2, 14-16.

Honer, T. G., 1967. *Standard Volumes and Merchantable Conversion Factors for the Commercial Tree Species of Central and Eastern Canada*, Forest Management Research and Service Institute, Ottawa, Ontario, Inform Rep. FMR-X-5, 21 p.

Kalıpsız, A., 1984. *Dendrometri*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3194, O.F. Yayın No: 354, İstanbul, 407 s.

Kapucu, F., 2004. *Orman Amenajmanı*, KTÜ Basımevi, Orman Fakültesi Yayını, No: 33, Trabzon, 117-118.

Keselman, H. J., Algina, J., Kowalchuk, R. K., and Wolfinger, R. D., 1998. A Comparison of Two Approaches for Selecting Covariance Structures in the Analysis of Repeated Measures, *Communications in Statistics-Computation and Simulation*, 27 (3), 591-604.

Kozak, A., Munro, D. O., Smith, J.H.G., 1969. Taper Functions and Their Application in Forest Inventory, *Forest Chronicle* 45, 278-283.

Laird, N.M., Ware, J.H., 1982. Random-effects models for longitudinal data, *Biometrics*, 38, 963-974.

Leties, L.P., Robinson, A.P., 2004. Improving taper equations of loblolly pine with crown dimensions in a mixed-effects modeling framework, *Forest Science*, 50, 204-212.

Littell, R. C., Miliken, G. A., 2005. STROUP, W. W., WOLFINGER, R. D., SAS system for Mixed Models, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

Max, T. A., Burkhart, H. E., 1976. Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations, *Forest Science*, 22, 3, 283-289.

Newnham, R. M., 1988. A Variable Form Taper Function. Information Report PI-X-83. Forestry Canada, 33 p.

Kozak, A., 2004. My Last Words on Taper Equations. *Forest Chronicle*, 80, 507-515.

Özçelik, R., 2008. Comparison of Formulae for Estimating Tree Bole Volumes of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23 (5), 412-418.

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

Özçelik, R., Alkan, H., 2011. Okaliptüs Ağaçlandırmaları için Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modellerinin Geliştirilmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı, 720-730.

Özçelik, R. and 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., 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., Yavuz, H., Karatepe, Y., Gürlevik, N., Kırış, R., 2012. Burdur Yöresi Kızılcım Meşcereleri için Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 85-91.

- Sakıcı, O., 2002. Kastamonu Yöresi Uludağ Göknarı Meşcerelerinde Gövde Profili, Hacim, Hacim Oran Sistemlerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sas Institute Inc., 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide: statistics, Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC., 816 s.
- Şahin, D., 2012. Karaçam Meşcereleri için Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacmi Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 64 s.
- Tassia, G. and Burkhart, H.E., 1998. An application of mixed effects analysis to modeling thinning effects on stem profile of loblolly pine. *Forest Ecology and Management*, 103, 87-101.
- Trincado, G. and Burkhart, H.E., 2006. A generalized approach for modeling and localizing stem profile curve, *Forest Science*, 52:670-682.
- Valentine, H. and T., Gregoire T., G., 2001. A switching model of bole taper, *Canadian Journal of Forest Research*, 31(8): 1400-1409.
- Yavuz, H., 1995. Uyumlu ve Uyumsuz Gövde Çapı Modelleri, KTÜ Orman Fakültesi Bahar Yarıyılı Seminerleri, Fakülte Yayın No:49, 101-106.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam İçin Hacim Fonksiyonları ve Hacim Tabloları, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 1181-1188.
- Yavuz, H. ve Saraçoğlu, N., 1999. Kızılağaç için Uyumlu ve Uyumsuz Gövde Çapı Modelleri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, Ek Sayı 5, 1275-1282
- Ye, S., 2005. Covariance structure selection in linear mixed models for longitudinal data, M. Sc. Thesis, Department of Bioinformatics and Biostatistics, University of Louisville, Kentucky, USA.
- Wolfinger, R., and Chang, M. 1999. Comparing the SAS GLM and MIXED Procedures for repeated measures. SAS Institute, Inc., Cary, NC.