

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARAÇAM MEŞCERELERİ İÇİN UYUMLU GÖVDE ÇAPI VE
GÖVDE HACMİ DENKLEM SİSTEMLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Doğın ŞAHİN

Danışman: Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA-2012**

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Karaçam İle İlgili Genel Bilgiler	6
1.1.1. Anadolu karaçamının ülkemizdeki yayılışı	7
1.1.2. Botanik özellikleri	8
1.1.3. Bakım ve işletme	9
1.1.4. Teknik özellikleri ve kullanım yerleri	9
1.2. Gövde Profili Modelleri	10
1.2.1. Gövde profili modellerinin tanımı	10
1.2.2. Gövde profil modellerinin tarihsel gelişimi	10
1.2.3. Gövde profili modellerin sınıflandırılması	12
2. KAYNAK ÖZETLERİ	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM	24
3.1. Materyal	24
3.2. Yöntem	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	37
4.1. Gövde Çapı Modellerine İlişkin Bulgular	37
4.2. Gövde Hacim Modellerine İlişkin Bulgular	44
4.3. Nisbi Boy Sınıfları İçin Geliştirilen Modellerin Değerlendirilmesi	49
4.4. Gövde Hacim Modelleri İle Elde Edilen Sonuçların Hacim Tablosu Değerleri İle Karşılaştırılması	52
5. SONUÇ	54
6. KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	64

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARAÇAM MEŞCERELERİ İÇİN UYUMLU GÖVDE ÇAPI VE GÖVDE HACMİ DENKLEM SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Doğan ŞAHİN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK

Karaçam, Türkiye'nin önemli ağaç türlerinden biri ve orman ürünleri endüstrisinin önemli bir hammadde kaynağıdır. Sürekli değişen pazar şartları ve standartları karşılayacak doğru ve güvenilir çap ve hacim modellerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Maalesef, halen kullanılmakta olan yöresel ağaç hacim tabloları bu ihtiyacı karşılamak için yetersizdir. Bu ihtiyaçları karşılamak için en doğru yaklaşım tarzlarından birinin uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin kullanılması olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğü için dört farklı gövde çapı ve gövde hacim modeli (Max and Burkhart (1976), Parresol et al. (1987), Clark et al. (1991) ve Jiang et al. (2005)) geliştirilmiştir. Geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelleri tüm ağaç için oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Çap tahminlerindeki hata 2.08 cm'den, gövde hacmindeki hatalarda 0.01 m³'den daha az bulunmuştur. Buna ilaveten gövde üzerindeki değişik noktalar için geliştirilen modellerin doğruluğunu ve güvenilirliğini belirlemek için 10 farklı noktada çap ve hacim tahminleri yapılmıştır. Ayrıca geliştirilen gövde hacim modelleri ile Gülen (1953) tarafından geliştirilen çift girişli hacim tablosu sonuçları karşılaştırılmıştır. Geliştirilen dört gövde çapı ve gövde hacim modeli arasından en başarılı sonuçlar Jiang et al. (2005) tarafından geliştirilen model ile elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karaçam, gövde çapı ve hacim modeli, hacim tablosu

2012, 64 sayfa

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF COMPATIBLE TAPER AND VOLUME EQUATIONS FOR BLACK PINE STANDS

M.Sc. Thesis
Doğan ŞAHİN

Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Forestry Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK

Black pine (*Pinus nigra* Arnold.) is an important tree species of Turkey and an important source of raw material for the forest products industry in 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 local volume tables for these five species. One of the most accurate approaches to estimating upper stem diameter and volume to any merchantability limit is through the use of compatible volume and taper models. In this study, four different compatible taper and volume equations (Max and Burkhart (1976), Parresol et al. (1987), Clark et al. (1991), and Jiang et al. (2005)) developed for Sütçüler Forest Enterprise, Isparta Forest Regional District. Developed models generally performed better for the whole tree. Average diameter prediction error was less than 2.01 cm and volume prediction error was less than 0.01 m³. Diameter and stem volume prediction at 10 points along the stem was made to verify the accuracy and precision of proposed models throughout the bole length. In addition, tree bole volume estimates were compared to Gülen's (1953) tree volume equation. Summary statistics indicated that the segmented form-class model of Jiang et al. (2005) was superior for estimating diameter at a specific height, height to a specific diameter, merchantable volume, and total volume for the species analyzed.

Key words: Black pine, taper and volume model, volume table

2012, 64 sayfa

TEŞEKKÜR

“Karaçam Meşcereleri İçin Uyumlu Gövde Çapı Ve Gövde Hacmi Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi” konulu bu çalışma 2010–2012 yıllarında Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK’e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın birçok aşamasında desteğini esirgemeyen Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğü teknik personeline ve özellikle Muhafaza memuru Sayın Bekir GÜLMEZ’e teşekkürlerimi sunarım.

Her türlü arazi ve büro çalışmalarında yardımlarını gördüğüm Orman Mühendisleri Mustafa Önder ERSİN ve Alptekin B. LİM ve Orman Yüksek Mühendisi Serdar GÖKTEPE’ye teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Doğan ŞAHİN

ISPARTA–2012

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Anadolu karaçamının Türkiye’deki doğal yayılışı	8
Şekil 3.1. Örnek ağaç ölçümlerinin şematik gösterimi	25
Şekil 3.2. The Overlapping Bolt Method yöntemi ile örnek ağaçların hacimlerinin hesaplanması	25
Şekil 3.3. Model geliştirme verileri için nisbi çap-nisbi boy ilişkisi	26
Şekil 3.4. Model test verileri için nisbi çap-nisbi boy ilişkisi	26
Şekil 4.1. Nispi boy değerleri itibariyle gövde çapı tahminleri için ortalama hata ve tahminlerin standart hata değerleri	42
Şekil 4.2. Max and Burkhardt (1976), (b) Parresol et al. (1987), (c) Clark et al. (1991) ve (d) Jiang et al. (2005) için hata dağılımları	43
Şekil 4.3. Max and Burkhardt (1976), (b) Parresol et al. (1987), (c) Clark et al. (1991) ve (d) Jiang et al. (2005) gövde çapı modellerinin değişik çap tahminleri için karşılaştırılması	44
Şekil 4.4. Nispi boy değerleri itibariyle gövde hacim tahminleri için ortalama hata ve tahminlerin standart hata değerleri	46
Şekil 4.5. Max and Burkhardt (1976), (b) Parresol et al. (1987), (c) Clark et al. (1991) ve (d) Jiang et al. (2005) için hata dağılımları	47
Şekil 4.6. Clark et al. (1991), Jiang et al. (2005), Parresol et al. (1987) ve Max and Burkhardt (1976) modelleri için hata dağılımları	48
Şekil 4.7. Jiang et al. (2005) tarafından önerilen gövde hacim modeli ile Gülen (1959) tarafından önerilen karaçam hacim tablosunun toplam gövde hacmi tahminleri için karşılaştırılması	53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Karaçam ağaç türü için gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi için kullanılan veriler ilişkin istatistikî değerler.	27
Çizelge 3.2 Karaçam ağaç türü için gövde çapı ve gövde hacim modellerinin test edilmesi için kullanılan verilere ilişkin istatistiki değerler	27
Çizelge 4.1. Karaçam ağaç türü için geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modellerine ilişkin parametre tahminleri.	38
Çizelge 4.2. Karaçam için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri için ölçüt değerleri.....	39
Çizelge 4.3. Beş model için nispi boylar (rh) itibariyle gövde çapının ortalama hata ve tahminin standart hatası	50
Çizelge 4.4. Beş model için nispi boylar (rh) itibariyle gövde hacim değerleri için ortalama hata ve tahminin standart hatası	51
Çizelge 4.5. Toplam gövde hacmi için önerilen gövde hacmi modeli ile bu ağaç türü için Gülen (1959) tarafından geliştirilen çift girişli hacim tablosunun karşılaştırılması.	52

1. GİRİŞ

Dünyada orman ürünlerine olan gereksinim hızla artarken insanların da ormanlardan yararlanma istekleri, yararlanma biçim ve ormanlardan olan beklentileri sürekli artmakta ve çoğalmaktadır. Bu artış içerisinde toplumun orman ürün ve hizmetlerine olan talebinin önemli bir payı bulunmaktadır. Buna karşın, orman alanları giderek azalarak yok olmaktadır. Bunların yanı sıra ormanların yerine getirmekte oldukları işlevleri değişmiş, yeni boyutlar ve içerikler kazanmışlardır. Küresel boyut kazanan ormancılığımızda, ormanların topluma sunduğu işlevlerini bu gelişmelere paralel olarak sınıflandırmak mümkündür. Ormanların işlevleri; ülkelerin gelişmişlik düzeyi, toplumsal yapıları, ormanların ülke alanına dağılışı, ülkenin topoğrafik yapısı v.b birçok etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Bu işlevleri;

1. Orman ürünleri üretimi işlevi,
2. Altyapısal hizmetler işlevi,

olarak iki sınıfa ayırabiliriz. Bu temel işlevler öncelik ve önemlilik sıraları, zamana ve toplumun ihtiyaç ve isteklerine bağlı olarak değişmektedir (Kapucu, 1987).

Orman ürünleri üretimi işlevi, toplumun ekonomik taleplerini karşılamak üzere endüstri kuruluşlarına hammadde sağlamaktır. Ormanlardan elde edilecek ürünleri, ana ürün olarak odun ve yan ürün olarak da odun dışı orman ürünleri şeklinde ikiye ayırmak gerekir. Altyapısal hizmetler işlevi ise, su kaynaklarının düzenlenmesi ve korunması, su ya da rüzgâr etkisiyle oluşan toprak kayıplarının önlenmesi, çığ tehlikesinin engellenmesi, tarım alanlarının korunması, toplumun sağlığına katkıda bulunulması v.b birçok üretim dışı işlevlerdir. Bu işlevler toplumun güvenliği, huzuru ve mutluluğu için gerekli olan alt yapısal hizmetlerdir (Kapucu, 1987).

Orman denildiğinde akla ilk olarak ağaçlar gelmekte, bundan dolayı da ormancılığın büyük bir bölümünü ağaç serveti oluşturmaktadır. Bu nedenle orman yöneticilerinin en önemli görevlerinden birisi; ağaç hacmi ve ağaç gövdesinden elde edilen odun sınıflarının hacim ve boyutlarının doğru bir şekilde hesaplanmasıdır (Yavuz, 1995).

Ağaç ve ağaçlardan elde edilebilecek odun sınıflarına ilişkin hacim miktarlarının doğru hesaplanması, orman amenajman planlarının düzenlenmesi için de önemlidir.

Ormanların verimliliğinin artırılması ve devamlılığının sağlanması için gerekli planların düzenlenmesi sırasında, ormandaki mevcut ağaç servetinin gerek toplam hacim ve gerekse odun çeşitlerine göre hacim ve değerinin güvenilir bir biçimde saptanması gerekir (Yavuz, 1995). Ağaç serveti, meşcerelerdeki her bir ağacın hacimleri toplamından oluşmaktadır. Ağaç servetinin belirlenmesi; meşcereyi temsil eden örnek ağaçlardan yararlanmak, ağaç hacim tabloları, meşcere tipi hacim tabloları ve hasılat tabloları gibi yöntemler kullanılmaktadır (Fırat, 1973; Kalıpsız, 1984). Ancak tüm ağaç gövdeleri silindir, paraboloid, koni ve naylonit gibi bildiğimiz geometrik şekillere tam olarak benzemediğinden analitik yöntemlerle ağaç hacmini doğrudan hesaplamak mümkün olmamaktadır. Bu yöntemler arasında en çok kullanılan ve oldukça pratik olan yöntem “Ağaç Hacim Tabloları” yöntemidir. Ağaç hacim tabloları; doğrudan belirlenmesi güç olan ağaçların hacmini, çap ve boy gibi daha kolay ölçülebilen ağaç değişkenleri yardımı ile tahmin edebilmek amacıyla kurulan grafik veya istatistik bağıntıların sonuçlarından faydalanılarak oluşturulan ve ağaç hacim değerlerini doğrudan veren tablolardır. Bu tabloların oluşturulması için, yalnız göğüs çapı kullanılıyorsa “Tek Girişli Ağaç Hacim Tablosu”, göğüs çapı ile ağaç boyu kullanılıyorsa “Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosu”, göğüs çapı ve boya ek olarak tepe yüksekliği, tepe uzunluğu, tepe uzunluğunun ağaç boyuna oranı ve gövdenin belirli yüksekliklerdeki çapı gibi üç ya da daha çok değişken kullanılıyorsa “Çok Girişli Ağaç Hacim Tablosu” olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca, ağaç hacim tabloları geçerlilik alanlarının büyüklüğüne göre de “Yöresel, Bölgesel ve Genel Ağaç Hacim Tablosu” olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Kalıpsız, 1984). Ülkemizde her bir planlama birimi ve genellikle asli ağaç türleri için tek girişli ağaç hacim tabloları düzenlenmiş ve ilgili amenajman planlarında bu tablolara yer verilmiştir. Ayrıca, Karaçam (Gülen, 1959), Sedir (Evcimen, 1963; Sun vd., 1978), Kayın (Kalıpsız, 1963; Sun vd., 1978), Sarıçam (Alemdağ, 1967; Sun vd., 1978), Kızılcım (Sun vd., 1978), Göknaar (Sun vd., 1978), Ladin (Akalp, 1978; Sun vd., 1978), Ardiç (Aykın, 1978), Melez Kavak (Birler, 1983) ve Kara Kavak (Birler vd., 1984) ağaç türleri için de genel hacim tabloları düzenlenmiştir.

Ağaç hacim denklemleri bir gövdenin tamamının hacmini hesaplamak için kullanılmaktadır. Bu denklemler ile ağaçlardan elde edilebilecek odun çeşitlerinin gerek çap ve boyutlarını ve gerekse hacimlerini tahmin etmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle günümüzde “Gövde Profili Denklemleri (Stem Profile Equations)” ya da “Gövde Çapı Denklemleri (Stem Taper Equations)” olarak adlandırılan modeller, bu amaçları gerçekleştirmek amacıyla oluşturulmuşlardır.

Gövde çapı denkleminin dip kütük ile tepe noktası arasındaki integrali alındığında elde edilen hacim, toplam gövde hacmine, dip kütük ile gövdenin belirli yükseklikleri arasında integrali alındığında elde edilen hacim, hacim oran denklemi ile hesaplanan hacme eşit oluyorsa böyle denklemlere “Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemleri (Compatible Stem Taper, Volume Ration and Total Volume Equations)” denilmektedir (Demaerschalk, 1972).

Newnham (1988)’e göre, gövde çapı denklemleri üzerindeki çalışmaların her geçen gün artmasının iki temel sebebi vardır. Bunlardan birincisi; tüm ağaçların gövde şekillerinin birbirine benzememesi ve bu şekil farklılıklarını yansıtacak tek bir teorinin geliştirilememesi, ikinci sebep ise; sürekli değişen pazar koşullarına bağlı olarak değişen ticari odun standartlarını dikkate alan tek bir yöntemin elde edilememesidir.

Gövde çapı denklemlerinin başarısı; ağaç türüne, yetiştirme ortamı koşullarına ve seçilen denklemin matematiksel yapısına bağlı olarak değişmektedir (Muhairwe, 1994). Bu nedenle de; gövde çapı denklemleri, yukarıda sayılan faktörlere bağlı olarak gövde üzerinde meydana gelen değişikliklerin matematiksel ifadesi olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak; bir ağaç türü için gövde çapı denklemi oluşturulmasında iki yoldan biri tercih edilmektedir. Bunlardan ilki, ilgili ağaç türü için yeni bir yöntem kullanmak, diğeri ise literatürde var olan denklemlerden elde edilen veri setine en uygun olanı seçerek kullanmaktır.

Ülkemizde de bazı ağaç türleri için yöresel düzeyde, değişik ülkelerde geliştirilen gövde çapı modelleri için uygun model katsayıları tahmin edilmiş (Yavuz, 1995;

Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Meydan-Aktürk, 2006; Sakıcı vd., 2008), fakat ağaç gövdesi üzerindeki farklı gövde parçalarının hacimlerinin bulunması için gerekli gövde hacim modelleri ve uygun katsayılar ortaya konmamıştır. Ancak bu konuda da son yıllarda bazı çalışmalar yapılmış ve hem gövde çapı hem de gövde hacim tahminleri için ortak model katsayıları tahmin edilmiştir (Brooks vd., 2008; Ozcelik ve Brooks, 2012).

Yüzyılı aşkın bir süredir değişik ülkelerde çok basitten çok karmaşığa kadar pek çok gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam etmektedir. Ancak bu modellerden hangisinin seçileceği konusunda zaman zaman zorluğa düşülmektedir. Kozak ve Smith (1993); en uygun modelin seçilebilmesini kolaylaştırmak amacıyla bazı kriterler ortaya konmuştur.

Bunlar;

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

Türkiye, ağaç türü çeşitliliği ve meşcere yapısı bakımından çok zengin bir ülke olmasına karşın, ağaç türleri ve meşcere yapılarına bağlı olarak elde edilebilecek odun çeşitlerinin tahmin edilmesinde temel altlıklardan biri olan gövde çapı modelleri üzerine yeterli bilimsel çalışma mevcut değildir.

Gövde çapı modelleri ile ağaçların herhangi bir yükseklikteki gövde çapları ya da belirli bir gövde çapının yerden kaç metre yükseklikte olduğu istatistiksel bir yöntem olan Regresyon Analizi ile tahmin edilmektedir. Bu modeller ile ağaç gövdesinin tamamının, toprak seviyesinden gövdedeki herhangi bir yükseklik ya da çapa kadar

olan bölümünün ve gövde üzerinde belirlenen herhangi iki çap ya da yükseklik değerleri arasında kalan bölüme ilişkin hacmin hesaplanması mümkün olmaktadır. Ayrıca, gövde çapı modelinin integrali alınarak, gövdenin belirlenen uzunluklar arasındaki bölümünün hacmi doğrudan hesaplanabilmektedir. Eğer gövde çapına ilişkin fonksiyonun integrali alınmıyorsa, bu fonksiyonlar yardımı ile önce sık aralıklarla gövde çapları tahmin edilmekte bu çaplar yardımıyla istenen bölüme ilişkin hacim değeri Huber ve Smalian gibi dendrometrik formüllerle hesaplanabilmektedir.

Türkiye’de hemen hemen tüm ağaç türleri için ağaç hacim tabloları düzenlenmiş, bazı ağaç türleri (Doğu Ladini, Sarıçam, Karaçam, Kızılçam, Gökmar, Sedir ve Kayın) için de göğüs çapına bağlı olarak, ağaçlardan elde edilen odun çeşitleri ve bunların gövde hacmi içindeki oranlarını ortalama olarak veren tablolar düzenlenmiştir (Sun vd., 1978).

Gövde profili modelleri ile gövdenin tamamının hacmi ile standartları ne olursa olsun gövdeden elde edilebilecek odun sınıfına ilişkin boyut (çap ve boy) ve hacim değerlerinin doğrudan hesaplanabilmesi nedeniyle ağaç hacim tabloları yerine, bu tablolardan daha ayrıntılı bilgiler veren ve düzenlenebilmeleri için ek veri gerektirmeyen gövde profili modellerinin tüm ağaç türlerimiz için oluşturulması gerekir.

Bu tez çalışmasında, Karaçam ağaç türü için parçalı gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesine çalışılmıştır. Parçalı gövde çapı modelleri, gövde çapı modelinin kolaylıkla integralinin alınabilmesi ve gövdeyi farklı parçalar halinde değerlendirmesi nedeniyle diğer gövde çapı modellerine göre daha üstün oldukları için seçilmiştir. Modellerin oluşturulabilmesi için gerekli örnek ağaç verileri, Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğü Karaçam meşcerelerinde yapılan arazi çalışmaları ile sağlanmıştır.

1.1. Karaçam İle İlgili Genel Bilgiler

Ülkemizde Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe], 2 392 079 ha normal koru, 1 810 219 ha bozuk koru olmak üzere toplam 4 202 298 ha'lık alanı ile orman varlığımızın %19,8'ini oluşturmaktadır (Anonim, 2006). Hemen hemen her bölgemizde görülen Anadolu karaçamı, ülkemiz ormancılığında ekonomik değer bakımından oldukça önemli bir türdür. En başta gelen doğal kaynaklardan olan ormanların işletilmesi, büyük ve açık alan olması ve uzun idare süreleri gerektirmesi bakımından diğer işletmelerde bulunmayan farklı özellikler gösterir (Eler, 2001).

Anadolu karaçamına ilişkin Orman Amenajman Planlarının düzenlenmesinde bu meşcerelerin verim güçleri, ekolojik koşulları, silvikültürel durumları, artım ve büyüme ilişkileri ile ürün miktarlarının bilinmesi büyük önem taşımaktadır (Kalıpsız, 1963).

Anadolu karaçamının araştırma konusu olarak seçilmesinde; türün asli orman ağaçlarımızdan biri olup ülkemizde oldukça geniş alanlar kaplamasının yanında, bu tür hakkında yöresel elde edilecek artım ve büyümeye ait bilgilerin, yöredeki çeşitli ormancılık uygulamalarında da kullanılması söz konusudur. Bu tez çalışmasında, Anadolu karaçamı meşcerelerinin değişik sıklık derecelerinde büyüyen bireylerinde artım ve büyüme değişimi incelenerek; ormancılık literatürüne, uygulamaya ve ülke ekonomisine katkı sağlaması planlanmaktadır.

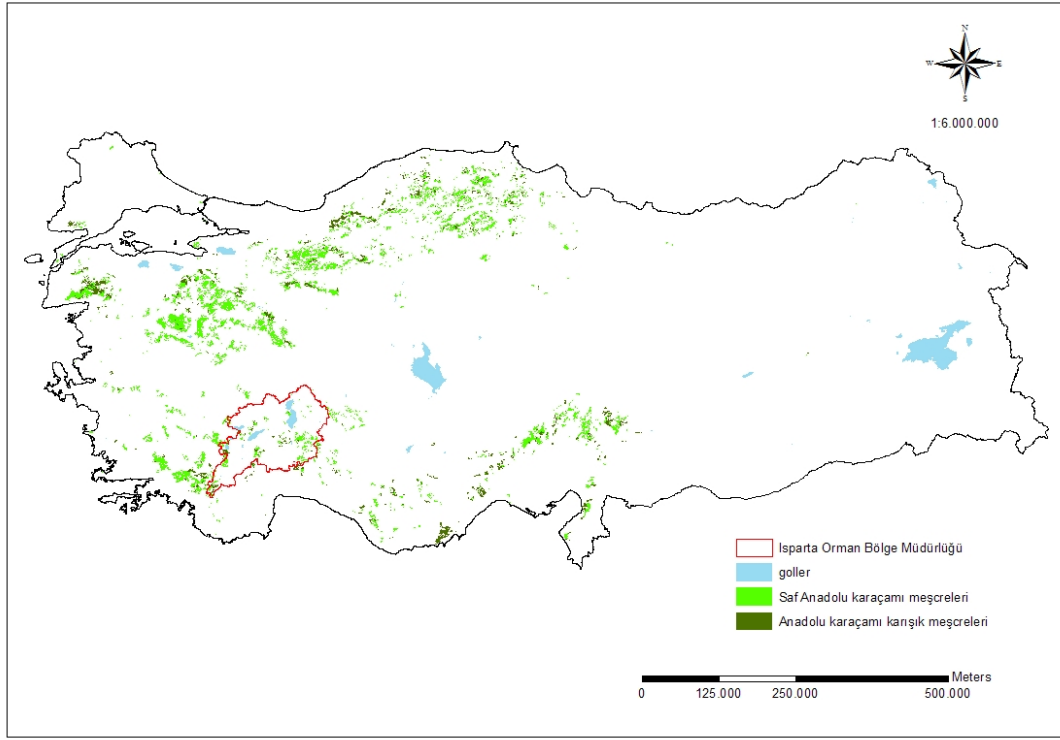
Anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *Pallsiana* (Lamb.) Holmboe] öncü gençliklerinin gelişme özelliklerini incelediği çalışmasında, yararlanılabilecek Anadolu karaçamı öncü gençliğinin en fazla 10 yaşında ve 20–25 cm boyunda olması gerektiğini bildirmiştir. Daha yaşlı ve boylu öncü gençliklerin ancak bir işletme ünitesi kadar alanda, kalite ve kantite bakımından meşcere kuruluş amacına uygunsa, korunarak gençleştirmede kullanılabileceğini; ayrıca, karstik alanlardaki öncü gençliklerin korunmasının düşünülmesi gerektiğini belirtmiştir (Genç, 1994).

1.1.1. Anadolu karaçamının ülkemizdeki yayılışı

Anadolu karaçamı, Balkanlar, Güney Karpatlar, Kırım, Kıbrıs, Suriye ve Türkiye’de yayılış göstermektedir (Yaltırık, 1993). Alptekin (1986), Debezac, 1964’e atfen Anadolu karaçamının dünyadaki en geniş yayılışını da ülkemizde yapmakta olduğunu belirtmektedir. Ülkemizde 400–2100 m yükseltilerde yer alan Anadolu karaçamı, 2 392 079 ha iyi kuru, 1 810 219 ha bozuk kuru olmak üzere toplam 4 202 298 hektarlık yayılış alanı ile Kızılçam’dan sonra en geniş doğal yayılış alanına sahip ikinci türdür (Anonim, 2006). Ayrıca, ekonomik değeri bakımından da oldukça önemli bir tür olan Anadolu karaçamı, ülkemizde Kuzey Anadolu’da Tokat ve Güney Anadolu’da Kahramanmaraş illeri arasında çekilecek bir sınırın batısında saf ve karışık meşcereler halinde bulunmaktadır (Saatçioğlu, 1976). Batı Anadolu ve özellikle Güney Anadolu’da Toroslarda çok güzel ormanlar oluşturmaktadır (Kayacık,1980). Göller Yöresi’nde ise, serpili alanlar halinde ve özellikle Sütçüler, Akseki, Beyşehir yörelerinde kıymetli meşcereleri bulunmaktadır (Alptekin, 1986). Anadolu karaçamının dört varyetesi bulunmaktadır (Yaltırık, 1993). Bunlar;

- var. *pallasiana* (Syn: *P. pallasiana* Lamb., *P.nigra* var. *caramanica* (Louden): Rehder-Anadolu Karaçamı.
- var. *pyramidata* (Acatay): Yaltırık-Ehrami Karaçam.
- var. *şeneriana* (Saatçioğlu): Yaltırık-Ebe Karaçam.
- var. *yaltırıkiana* Alptekin, var. *Nova*-Büyük Kozalaklı Karaçam

Isparta Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde Anadolu karaçamı, 123 420 hektarlık alanda yayılış göstermektedir. Isparta Orman Bölge Müdürlüğü ormanlık alanları içerisinde Anadolu karaçamı meşcereleri %17,2’lik bir alana sahiptir (Anonim, 2006). Anadolu karaçamının Türkiye’de ve çalışma alanında yayılışı ArcGIS Desktop 9,2’de ED 50 UTM, 36.zon formatında çizilerek Şekil 1.1.’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Anadolu karaçamının Türkiye’deki doğal yayılışı

1.1.2. Botanik özellikleri

Anadolu karaçamının gövdesi yaşlandıkça derin çatlaklı, kalın ve boz renkli kabuklu olmaktadır. 40 m kadar boy ve 1 m den fazla çap yapabilen, silindir biçiminde düzgün gövdeye sahiptir. Tepe yapısı yüksek yörelerde ve sık meşçerelerde dar ve küçüktür. İğne yapraklar koyu yeşil, cilalı görümlü, en uzun 12–18 cm uzunluğunda ve serttir. Kozalaklar 5–12 cm boyutunda ve açık kahverengindedir. Apofizlerin yan pervazı az çıkıntılıdır (Anşin, 1994). Anadolu karaçamı, derin kök sistemine sahiptir, yarı ışık ağacıdır. Rutubetlice ılıman iklimden, kurak kontinental iklime kadar çok çeşitli iklim karakteri gösteren yerlerde yaygın olarak bulunur. Kuraklığa, sıcaklığa ve kış soğuklarına karşı dayanıklıdır. Karaçam toprak isteği yönünden kanaatkâr olarak bilinir. Ancak ağır tekstürlü topraklarda iyi gelişemez. Ülkemizde saf karaçam meşçerelerinin doğal yayılışını ve verimliliğini özellikle iklim koşulları ve bunun yanında toprak derinliği dikte etmektedir. Karaçam’ın optimum yetiştirme ortamı olarak Marmara Bölgesinin güneyi kabul edilmektedir.

Doğal ömrü 850 yıla kadar varır. Gençlikte hızlı büyür. Boy büyüme hızı 30–40 yaşına kadar en yüksek olup büyüme 90–100 yaşlarına kadar devam eder. Toprağın derinliklerine inen bir kök sistemine sahiptir. Derin topraklarda derin kazık kök sistemi, sıkı ve sert topraklarda ise yürek kök sistem yapar.

1.1.3. Bakım ve işletme

Anadolu karaçamında boy büyümesi 10 yaşından itibaren artmaya başlar ve 30 yaşında maksimuma erişir; 90–100 yaşlarında ise minimuma düşer. Buna göre bonitete bağlı olarak 30–40 yaşlarında sıklık- direklik çağlarına ulaşır ve bu dönemde alçak aralama yapılır (Genç, 2001).

1.1.4. Teknik özellikleri ve kullanım yerleri

Anadolu karaçamı hafiflik, hafifliğe oranla direncinin fazlalığı, kolaylıkla işlenebilme kabiliyeti, elastiklik, haber verme özelliği, eğilme ve çivilenme kabiliyeti gibi birçok özelliği sebebiyle çok farklı kullanım alanlarına sahiptir. Bünyesi değiştirilmeden tel direği, maden direği, çit kazığı, travers, temel kazık ve direkleri, iskele kazıkları, köprü ve kiriş aksamı, kaldırım parkeleri yapımında kullanılırken ağaç borular ise, gemi ve ufak teknelerde, bina inşaatı iç dekorasyonunda, mobilya ve talaş levhaları imalatında özellikle kullanılabilir. Bünyesi değiştirilmek suretiyle ise, odun hamuru, yonga levhaları, lif levhaları, selüloz imali, odun kömürü, yakacak odun ve destilasyonda kullanılmaya elverişlidir (Göker, 1969).

Isparta Orman Bölge Müdürlüğü orman ürün satışlarında Anadolu karaçamı yapacak odun satışları önemli bir yer tutmaktadır. 2007 yılında toplam 48 519 m³ Anadolu karaçamı yapacak odun satışı yapılmış ve 5 371 652 TL'lik satış geliri elde edilmiştir. 2008 yılı son dönem satış ortalamalarında Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *Pallsiana*), Kızılçam (*Pinus brutia*) ve Toros sediri (*Cedrus libani* A.Rich.) ortalama ürün m³ fiyatları sırasıyla 135, 138 ve 230 TL'dir.

1.2. Gövde Profili Modelleri

1.2.1. Gövde profili modellerinin tanımı

Gövde Profili Modelleri; göğüs çapı ve ağaç boyu ile bu iki değişkenden türetilen diğer türevsel değişkenler yardımıyla,

- ✓ Bir ağaç gövdesinin herhangi bir yüksekliğindeki gövde çapını,
- ✓ Herhangi bir gövde çapı değerinin gövdenin yerden ne kadar yüksekinde yer aldığı,
- ✓ Toprak seviyesinden belirlenen herhangi bir yüksekliğe kadar olan gövde çapına olan bölümün hacmini,
- ✓ Toprak seviyesinden belirlenen herhangi bir gövde çapına olan bölümün hacmini,
- ✓ Gövde üzerinde belirlenen herhangi iki çap değeri ya da uzunluk arasındaki gövde bölümünün hacminin hesaplanması için geliştirilen modellerdir (Yavuz 1995).

1.2.2. Gövde profil modellerinin tarihsel gelişimi

Ormancılıkta ağaçların gövde şekli üzerine ilk çalışma 1093 yılında Höjer tarafından yapılmıştır (Figueiredo-Filho ve Schaaf, 1999). Bunu 1920'li yıllarda Berhe tarafından yapılan çalışmalar izlemiştir (Nevman, 1992). Gray (1956), çalışmalarını çap düşüşünün modellenmesi üzerine yoğunlaştırmıştır (Muhairwe, 1999).

Gövdenin satılabilir (ticari) bölümlerine ilişkin hacim değerlerini veren hacim oran denklemleri ile istatistiksel anlamda ilk gövde profili modelleri (Honer, 1967; Burkhart, 1977; Cao vd., 1980; Clutter, 1980; Newnham, 1992) 1960'lı yılların sonlarına doğru geliştirilmeye başlanmıştır. Göğüs çapı (D) ve ağaç boyunun (H) fonksiyonu olarak yerden belirli bir yükseklikteki (h_i) gövde çaplarını (d_i) belirlemeye yarayan bu modeller ikinci, üçüncü ya da daha yüksek dereceden

polinom modeller biçiminde olup, gövdenin tamamı için ortalama bir şekil katsayısı değeri verirler (Bruce vd., 1968; Kozak vd., 1969; Bennet, Swindel, 1972).

Gövdenin tamamı yerine, şekil farklılıkları gösteren her bir bölümü 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. Bu çalışmada ağaçların dip kısmının naylonite, orta kısmının parabolite ve uç kısmının ise koniye benzediği varsayılmıştır. İstatistiksel olarak oldukça başarılı bulunan bu model daha sonra pek çok araştırmacı tarafından da değişik ağaç türlerine ilişkin gövde profillerinin oluşturulması amacıyla kullanılmıştır (Demaerschalk, Kozak, 1977; Cao vd., 1980; Green, Reed, 1986; Czaplowski, McClure, 1988; Czaplowski, 1989).

Segmented polinomiyal modellerden sonra, göğüs çapı ve ağaç boyu ile gövde eğrisinin değişimi gösterdiği oransal boy değeri ve bunlardan türetilen pek çok bağımsız değişkenin fonksiyonu olarak oluşturulan ve “Değişken-Üssel Gövde Profili Modeli (Variable Exponent Stem Profile Equation)” adı verilen oldukça karmaşık ve üssel formda regresyon modelleri kullanılmaya başlanmıştır (Kozak, 1988; Newnham, 1988; Perez vd., 1990). Son zamanlarda ise gövde profili modellerinin oluşturulması için trigonometrik fonksiyonlardan yararlanılmaya başlanmıştır (Thomas, Parrersol, 1991; Bi, 2000; Bi, Long, 2001).

Ormancılık çalışmalarında iki grup gövde çapı modelinin başarı ile kullanıldığı belirtilmektedir. Bunlardan ilki değişken şekil çap modelleridir. Bu modellerde bir ağaç gövdesinin, dipten tepeye doğru nayloid, paraboloid ve konik parçalardan oluştuğu düşünülmektedir (Newnham, 1988; Kozak, 1988; Perez vd., 1990). Ancak bu model formunun bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar; gövde üzerindeki farklı şekillerin hacim hesaplamalarında birleştirilememesi ve en yüksekteki çap değeri için ticari boyun doğrudan hesaplanamayıp, bir iterasyon ile hesaplanmasının gerekli olması belirtilebilir. İkinci grup ise; parçalı-gövde çapı (Segmented-polinomial) modelleridir. Bu modeller farklı ağaç bölümlerinin çap düşüşlerini farklı denklem formları kullanılarak tanımlamaktadır. Araştırma sonuçlarına göre, parçalı

gövde çapı modellerinin, diğer gövde profili modellerine göre daha üstün oldukları görülmüştür (Martin, 1981; Parresol vd., 1987; Clark vd., 1991; Figueiredo-Filho vd., 1996; Jiang, 2004). Bu gövde çapı modellerinin diğer gövde çapı modellerine göre önemli bir üstünlüğü, gövde çapı modellerinin hacim hesaplamaları için kolaylıkla hacim denklemlerine dönüştürülebiliyor olmasıdır (Fang vd., 2000).

1.2.3. Gövde profili modellerin sınıflandırılması

Gövde Profili Modelleri ile ilgili olarak, birçok araştırmacı tarafından çok sayıda sınıflandırmanın yapılmış olduğu, ancak bunlardan hemen hemen hiçbirinin birbirine benzemediği görülmüştür. Bu benzersizlik, araştırmacıların sınıflandırma yapmak için kullandıkları ölçütlerin birbirlerinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle gövde profili modellerinin kesin ve net bir sınıflandırmasını yapmak oldukça zordur. Sakıcı (2002) tarafından yapılan literatür çalışması sonucu, belirlenen değişik sınıflandırmalara ilişkin örnekler aşağıda verilmiştir.

Reed ve Green (1984);

- a) Uyumsuz Gövde Çapı Modelleri,
- b) Uyumlu Gövde Çapı Modelleri,

Thomas ve Parresol (1991);

- a) Basit hiperbolik ifadeler,
- b) Yüksek dereceli polinomiyalere ilişkin çoğul regresyon modelleri,
- c) Karmaşık çoğul üssel fonksiyonlar,
- d) Segmented polinomial fonksiyonlar,

Flewelling ve Raynes (1993);

- a) Gövdeyi bir bütün olarak inceleyen fonksiyonlar,
- b) Gövdeyi bölümlere ayırarak inceleyen fonksiyonlar,

Muhairwe vd. (1994);

- a) Basit Gövde Profili Fonksiyonları,
- b) Segmented Gövde Profili Fonksiyonları,
- c) Değişken-Şekil ve Değişken-Exponent Gövde Profili Fonksiyonları,
- d) Doğrusal Modeller ve Kutupsal Koordinatlar gibi yaklaşımlar kullanılarak elde edilen Gövde Profili Fonksiyonları,

Williams ve Reich (1997);

- a) Basit Fonksiyonlar,
- b) Segmented Fonksiyonlar,
- c) Karmaşık Segmented Fonksiyonlar

Petersson (1999);

- a) Segmented Fonksiyonlar,
- b) Sürekli (Continuos) Fonksiyonlar,

Fang ve Bailey (1999);

- a) Deneysel (Empirical) yaklaşımla oluşturulan fonksiyonlar,
- b) Geometrik yaklaşımla oluşturulan fonksiyonlar,

Frang vd.. (2000);

- a) Basit Sürekli Fonksiyonlar,
- b) Segmented Fonksiyonlar

Sharma ve Oderwald (2001);

- a) Polinomiyeler,
- b) Segmented Polinomiyeler,
- c) Hacim Oran Fonksiyonları,
- d) Değişken-Şekil Fonksiyonları,
- e) Uyumlu Hacim-Çap Fonksiyonları,

biçiminde farklı sınıflandırmalar yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Kozak and Smith (1969), pek çok ağaç türlerinde yerden belirli bir yükseklikteki gövde çaplarını belirlemek için basit bir “Quadratic Model” geliştirmişlerdir.

Burkhart et al. (1971), belirli uzunluktaki tomrukların, bir ağaçtaki sayı ve hacimlerinden faydalanarak, tomruk sayısının tersi ile tomruk hacminin toplam gövde hacmine oranı arasında doğrusal bir ilişki belirlemişlerdir.

Demaershalk (1972), Uyumlu Hacim Denklem Sistemlerinin oluşturulması için, integrali alınabilecek Gövde Çapı ve Gövde hacim Denklem Sistemini sunmuşlardır.

Max and Burkhart (1976), ağaç gövdelerinin farklı geometrik şekiller ifade ettiğini, gövdenin en alt bölümünün naylonoit, orta bölümünün kesik parabolit, en üst bölümünün ise koni şeklinde olduğu varsayımından faydalanmış ve her bölümün için ayrı bir polinomial regresyon denklemi oluşturulmuş, bu denklemleri tek bir çatı altında birleştirerek “Segmented Polinomial Gövde Profil Modeli” adını vermiştir.

Cao et al. (1980), *Pinus taeda* doğal ve plantasyon meşcereleri için ticari hacim ve gövde çaplarını hesaplamak için, birkaç regresyon modeli denemek suretiyle, en iyi sonucu veren modelleri belirlemişlerdir.

Clutter (1980), ticari hacim oran denkleminin gövde çapına göre diferansiyelini alarak, ticari hacim denklemi ile uyumlu bir Gövde Çapı Denklemi geliştirmiştir.

Monserud (1981), gövde hacimlerinin hesaplanmasında Hacim Oran ya da Gövde Çapı Denklemine bulunmaması durumunda, gövde hacimlerinin belirlenebilmesi için analitik bir çözüm geliştirmişlerdir. Bu yöntemle, her bir ağaç için birer gövde çapı eğrisi (Berhe Hiberbolü) oluşturulmuş, belirlenen ticari sınırlar arasında kalan hacmi hesaplamak için de bu eğrinin integrali alınmıştır.

Biginig (1984), altı farklı ağaç türü için gövde çaplarını tahmin etmek amacıyla, ağaç boyu (H), göğüs çapı(D) ve oransal boyun(h) fonksiyonu olarak adlandırılan

Chapman-Richards fonksiyonundan elde edilen bir gövde çapı denkleminde yararlanılmış ve çıkan sonuçlar, Max and Burkhart (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, gövde çapı fonksiyonunun integrali alınarak, gövdenin tamamının hacmini hesaplamışlar ve bu değerleri de Schumacher-Hall hacim denklemi ile karşılaştırmışlardır.

Reed and Green (1984), Uyumlu Gövde Profili, Hacim ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin geliştirilmesi için dört değişik gövde hacim denkleminde (sabit şekil katsayısı, birleşik değişkenler, Schumacher-Hall and Huber hacim eşitlikleri) yararlanarak model başarılarını ortaya koymaya çalışmışlar ve her dört modelin de yaklaşık olarak aynı başarı düzeyine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Reed and Byrne (1985), tarafından geliştirilen gövde çapı eşitliğini kullanarak oluşturdukları değişken gövde çapı eğrisinden yararlanarak, gövde çapı, toplam gövde hacmi ve değişik çap veya boy standartlarına göre ticari gövde hacim değerlerini veren bir model geliştirmişlerdir.

Green and Reed (1985) pitch çam türü için gövde çapı, gövde hacmi ve hacim oran denklemleri geliştirmişlerdir. Özellikle hacim oran denklemlerinin her hangi bir boy veya çap değeri için ticari hacimlerin hesaplanmasında kullanılabilir olduğunu örnek uygulama ile göstermişlerdir.

Reed (1986), farklı ağaç türlerinin, gövde çapı, toplam gövde hacmi ve değişik çap ya da boy standartlarına bağlı olarak ticari gövde hacmi değerlerini belirlemek üzere beş değişik denklem sistemini denemişler ve bunlar arasında en uygun modelin Max and Burkhart (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı denklemi olduğunu belirlemişlerdir.

Lynch (1986), Clutter (1980) tarafından geliştirilen ticari hacim denkleminde yararlanarak bir gövde çapı fonksiyonu elde etmeye çalışmışlar ve bu fonksiyon yardımıyla da bir Uyumlu Gövde Çapı Hacmi ve Ticari Gövde Hacmi Denklem Sistemi geliştirmişlerdir.

McClure and Czaplewski (1986), Cao (1980), tarafından önerilen gövde çapı denklemi, daha geniş bir veri kümesi ile dengelenerek, *Pinus taeda* L. için belirli bir yükseklikteki gövde çapını, verilen bir gövde çapının yerden yüksekliğini ve hesaplanan bu boy ya da çap sınıflarına kadar olan gövde hacmini kabuksuz olarak hesaplamışlardır.

Farrar and Murphy (1988), *Pinus taeda* L. gövde çaplarının hesaplanmasında, tepe oranını da dikkate almalarına karşın, modele önemli bir katkı yapmadığı sonucuna varmışlardır.

Biging (1988), tomruk hacimlerinin hesaplanmasında gövde çapı eşitliklerinden yararlanarak elde edilen değerler ile Smalian, Huber, Newton ve Cubic Spline formülleriyle elde edilen değerleri karşılaştırmışlar ve Newton ile Huber formüllerinin en iyi sonucu verdiğini bulmuştur.

Czaplewski and McClure (1988), Max and Burkhart (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı denklemini yalnız göğüs çapı ile gövdenin 5,3m yükseklikteki gövde çapını kullanarak çözmeye çalışmışlar ve oluşturdukları model ile faydalandıkları modeli Ortalama Hata (Bias) ve Hata Varyansı (Variance of Residuals) ölçütlerine göre karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, Ortalama Hata miktarında bir farklılık gözlenmezken, Hata Varyansında %10–25 arasında bir azalma olduğunu belirlemişlerdir.

Kozak and Newnham (1988), gövde çaplarını belirlenmesinde yeni bir yaklaşım ile gövde üzerinde şekil değişim noktalarını dikkate alan üssel fonksiyonları denemişler ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Oluşturdukları modeller, her gövde için bir değişim noktası (inflection point) içermektedir.

Farrar and Murphy (1988), *Pinus taeda* için gövde çaplarının hesaplanmasında, Bennet et al. (1978) tarafından önerilen modele tepe oranını eklemişler, ancak bu değişkenin modele önemli bir katkı sağlanmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Czaplewski, et al. (1989), yedi farklı ağaç (*Abies concolor*, *Abies lasiocarpa*, *Picea Engelmannii*, *Pinus contorta*, *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii* ve *Populus tremuloides*) türleri için gövde çaplarını hesaplamak amacıyla Max and Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı modelini kullanmışlardır. Bu model ile gövde çaplarının gerçek değerlere göre pozitif sapma gösterdiği belirlenmiştir. Meydana gelen bu sistematik hatanın giderilmesi amacıyla iki aşamalı bir modelin kullanımını önermişlerdir.

Czaplewski, et al. (1989), sekiz ağaç türü için (*Abies amabilis*, *Abies grandis*, *Abies magnifica*, *Larix occidentalis*, *Pinus contorta*, *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii* ve *Tsuga heterophylla*) Max and Burkhardt (1976)'ın gövde çapı modelinden faydalanmışlar ve oluşan sistematik hatayı yeni bir regresyon modeli ile %10 kadar azaltmışlardır.

Newberry et al. (1989), bilinen geometrik şekillerin hacim denklemlerini kullanarak Tek Ağaç Gövde Hacim Oran Denklemlerini geliştirmiştir. Koni ve paraboloid hacim denklemlerine göğüs çapını ilave ederek iki adet parametresiz denklem geliştirerek, bu denklemlerin veri sayısının kısıtlı olduğu durumlarda parametrelili denklemlere yakın sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

Solomon et al. (1989), Ladin ve Gökmar ağaç türleri için, gövde analizi verileri ile Max and Burkhardt (1976) tarafından önerilen çap denklemini kullanarak, gövde çapı ve toplam gövde hacimlerini hesaplamıştır. Gerçek hacim ve çap değerleri ile yapılan karşılaştırmada, farkların ihmal edilebilir olduğunu ve toplam gövde hacim denklemine alternatif olarak, gövde çapı denkleminin güvenli bir şekilde kullanılabileceğini belirtmiştir.

Perez et al. (1990), *Pinus oocarpa* için gövde çaplarının hesaplanması için "Değişken Şekil Çap Fonksiyonu" nu kullanmışlardır. Fonksiyonda gövde şeklinin naylonitten paraboloid dönüştüğü noktanın (inflection point) saptanması için yapılan analizler sonucunda ağaç boyunun %25'inin en iyi sonucu verdiğini belirtmiştir.

Rustagi and Loveless (1991), göğüs çapının %50, %67 ve %75'ine sahip gövde yüksekliklerini ($h_{0,50D}$, $h_{0,67D}$, $h_{0,75D}$) esas alarak, üç farklı şekil faktörü hesaplamışlardır. Daha sonra bu şekil faktörlerinin fonksiyonu olarak oluşturdukları çap denklemleri ile gövde çaplarını hesaplamışlar ve en iyi sonucun göğüs çapının %67'sine sahip boy değeri ($h_{0,67D}$) değişkeni ile elde edildiğini belirtmişlerdir.

Newnham (1992), dört değişik ağaç (*Pinus banksiana*, *Pinus contorta*, *Picea glauca* ve *Populus tremuloides*) türleri için gövde çapı ve toplam gövde hacmini hesaplamak üzere Kozak (1988) tarafından geliştirilen model üzerinde bazı değişiklikler yaparak (D, H ve h değişkenlerinden üretilen 25 farklı bağımsız değişken arasından Aşamalı (Stepwise) Regresyon Yöntemi ile 0,05 önem düzeyinde etkili olan değişkenleri belirlemek amacıyla) geliştirdikleri modeli Max ve Burkhart (1976)'ın modeli ile karşılaştırmışlardır ve oluşturulan modelin daha iyi sonuç verdiği sonucuna varmıştır.

Bailey (1994), Schumacher ve Hall'ın tarafından geliştirilen gövde hacim fonksiyonundan yararlanarak *Pinus elliottii* türü için uyumlu bir gövde çapı fonksiyonu geliştirmiştir.

Muhairwe (1994), *Pinus contorta* meşcerelerinde ağaçların gövde şekli ve çapında zaman bağlı olarak meydana gelen değişimleri, detaylı bir gövde analizi kullanarak incelemişler ve gövde şekli ve çapında zamanla oluşan değişimlerin ağaç türü, meşcere kapalılığı ve bonitet derecesi ile çok yakın ilişki içinde olduğunu belirtmiştir.

Muhairwe (1994), Kozak (1988) tarafından geliştirilen gövde çapı eşitliğine, *Pseudotsuga menziesii*, *Thuja plicata* ve *Populus tremuloides* türleri için tepe sınıfı, bonitet sınıfı ve göğüs yüksekliğini aldığı yaş değişkenleri ve *Pinus contorta* türü için de tepe oranı, göğüs yüksekliğini aldığı yaş ve quadratic ortalama çap değişkenlerini ilave ederek, bu değişkenlerin modele olan etkilerini araştırmış, tepe oranının dışında kalan değişkenlerin etkisinin önemli bulunmadığını belirtmişlerdir.

Yavuz (1995), *Pinus sylvestris* ve *Pinus nigra* ağaç türleri için kabuklu ve kabuksuz olarak gövde hacmi, hacim oran ve uyumsuz gövde çapı denklemleri işe uyumlu gövde çapı denklemleri geliştirmiştir.

Figueiredo-Filho et al. (1996), *Pinus taeda* türü için gövde çaplarını belirlemek amacıyla beş farklı modeli (Kozak et al., 1969, Max and Burkhart, 1976, Parresol et al., 1987, Clark et al., 1991 ve beşinci dereceden bir polinomial model) incelemişler bu modeller arasında en yüksek başarıya sahip olan modelin Clark et al. (1991) tarafından geliştirilen model olduğu belirtmişlerdir.

Figueiredo-Filho et al. (1996), *Pinus taeda* türü için gövde çapı ve gövde hacimlerinin hesaplamak üzere Cubic Spline fonksiyonları kullanılmıştır. Ayrıca, gövde çaplarının doğru olarak belirlenmesi amacıyla kaç adet gövde çapı değerinin ölçülmesi gerektiğini belirlemek amacıyla 4 ile 13 arasında çap ölçümü yaparak, incelemelerde bulunmuşlar ve güvenilir bir gövde çapı fonksiyonu için gövde üzerinden en az 10 adet gövde çapının ölçülmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Kozak (1997), Monte Carlo Simülasyon Tekniğini kullanarak gövde çapı denkleminde yer alan değişkenler arasındaki “Çoklu Bağlantı” ve “Otokorelasyon” un, Kozak (1997) tarafından geliştirilen Değişken Exponent Gövde Çapı Modeli’nden faydalanılarak oluşturulan iki adet model üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Güçlü bir Çoklu Bağlantı ve Otokorelasyon sorununun bulunması durumunda dahi tahminlerin sistematik hatasız olduğunu belirtmiştir.

Bi and Hamilton (1998), 25 ağaç türü için kabuksuz gövde hacim denklemleri geliştirmişlerdir. Bunun yanı sıra Bi (1999), 25 ağaç türün için herhangi bir yüksekliğe kadar olan gövde hacmini toplam gövde hacminin yüzdesi olarak hesaplanan Trigonometrik Hacim Oran Eşitliklerini geliştirmiştir.

Fang and Bailey (1999), 23 ağaç türü için Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacim ve Hacim Oran Denklem Sistemleri geliştirmişlerdir.

Figueiredo-Filho and Schaaf (1999), değişik gövde çapı fonksiyonlarını (Max and Burkhart, 1976; Cao, 1980; Schkaegel, 1983; Clark et al., 1991; 5. derece bir polinomial model) kullanarak, elde edilen gövde hacmi değerleri ile Ksilometre Tekniği (suda hacim ölçme) ile elde edilen hacim değerlerini karşılaştırmışlar ve kullanılan gövde çapı modellerinden en başarılı olanlarının Max and Burkhart (1976) Clark et al. (1991) tarafından önerilen modeller olduğunu belirtmişlerdir.

Huang et al. (1999), *Picea glauca* türü için Değişken Exponent Gövde apı Eşitliklerini, gövde analizi verileri üzerinde analiz etmişler ve hem gövde çapı hem de gövde hacmi tahminlerindeki toplam varyasyonun %99'unun, oluşturulan gövde çapı fonksiyonları ile açıklandığı sonucunu elde etmişlerdir.

Yavuz ve Saraçoğlu (1999), *Alnus glutinosa* için uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri geliştirmişlerdir. Yalnız gövde hacminin tahmin edilmesinde Kozak (1988) tarafından önerilen modelin, gövde çapı, ağaç hacmi ve hacim oranlarının birlikte tahmin edilmesi durumunda ise Max and Burkhart (1976) tarafından geliştirilen denklemin en iyi sonucu verdiğini belirtmiştir.

Bi (2000), Trigonometrik Hacim Eşitliğinden faydalanarak, Trigonometrik Değişken Şekil Gövde apı Eşitliklerini geliştirmişlerdir. Geliştirilen modeli 25 ağaç türüne ait veriler üzerinde uygulamışlar ve Kozak (1988) tarafından geliştirilen model ile karşılaştırmıştır.

Coble and Wiant (2000), *Pinus taeda* ve *P. ponderosa* meşcerelerinden alınan örnek ağaç verilerini kullanarak basit ve karmaşık gövde çapı fonksiyonlarını karşılaştırmışlardır. Karmaşık fonksiyonların daha uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Fang et al. (2000), *Pinus taeda* ve *P. elliottii* türleri için gövde apılarını belirlemek üzere diferansiyel denklemler kullanarak gövde çapı, gövde hacmi ve ticari hacim değerlerini veren bir segmented model oluşturmuştur.

Bi and Long (2000), *Pinus radiata* meşcerelerinden alınan veriler yardımıyla bu ağaç türü için Trigonometrik Değişken Şekil Gövde Çapı Eşitliği'ni geliştirmişlerdir. Bu modeli 9 farklı model ile karşılaştırmışlar ve oluşturdukları trigonometrik modelin en uygun model olduğunu belirtmişlerdir.

Eerikainen (2001), *Pinus kesiya* türü için gövde çapı ve gövde hacmini veren eşitlikler geliştirmiştir.

Sharma and Oderwald (2001), uyumlu gövde çapı ve gövde hacmi eşitliklerini elde etmek için iki eşitliğin parametrelerini hesaplamışlardır.

Sakıcı (2002) Kastamonu yöresi Uludağ göknarı meşcereleri için gövde profili, hacim ve hacim oran denklem sistemleri geliştirmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, en iyi sonuçların Kozak (1988) tarafından geliştirilen değişken şekil çap modeli ile elde edildiği belirtilmiştir. Ancak kontrol grubu verileri ile yapılan değerlendirmede ise en iyi sonuçlar Allen (1993) tarafından geliştirilen model ile elde edildiği belirtilmiştir.

Meydan-Aktürk (2006) tarafından Artvin yöresi doğu ladini meşcereleri için trigonometrik gövde profili modeli geliştirilmiştir. Çalışmada Bi (2000) tarafından okalıptüs ağaçları için geliştirilen trigonometrik gövde profili modeli kullanılmıştır.

Dieguez-Aranda et al. (2006) Kuzeybatı İspanya'daki sarıçam plantasyonları için uyumlu gövde çapı modelleri geliştirmiştir. Çalışmada 14 farklı gövde çapı değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda en başarılı model olarak Fang et al. (2000) tarafından geliştirilen model seçilmiştir. Model sarıçam plantasyonları için her hangi bir boydaki çap değerinin, ticari hacmin ve toplam hacim tahminleri için kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Coble and Hilpp (2006) tarafından Doğu Texas loblolly pine plantasyonları için gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla Lenhart et al. (1987) tarafından geliştirilen model ile Max and Burkhart (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı modelleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda yazarlar, kullanılacak

gövde çapı ve gövde hacim modelinin öncelikle ilgili yöreye uygunluğunun test edilmesinin gerekli olduğunu belirtmişlerdir.

Barrio-Anta et al. (2007), kuzey İspanya'daki meşe meşcereleri için ticari hacim denklemleri geliştirmiştir. Bu amaçla iki gövde çapı modeli ve bir toplam hacim modeli karşılaştırılmıştır. Çalışmada Fang et al. (2000) tarafından geliştirilen gövde hacim modelinin daha başarılı olduğu görülmüştür.

Brooks et al. (2008) tarafından kızılçam, sedir ve göknar ağaç türleri için Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı ve gövde hacim modeli kullanılarak, çap ve hacim tahmin modeli geliştirilmiştir. Bu çalışma ile ülkemizde ilk defa gövde çapı ve gövde hacim tahmini için ortak model parametreleri tahmin edilmiş ve elde edilen hacim tahmini sonuçları, ilgili ağaç türleri için geliştirilen ağaç hacim denklemleri ile karşılaştırılmıştır.

Berhe and Arnoldsson (2009) tarafından Etyopya'daki *Cupressus lusitanica* ağaçlandırmaları için yedi farklı gövde çapı modelini karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda en başarılı model olarak Kozak (1988) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli en başarılı bulunmuştur. Bu modeli sırasıyla Lee et al. (2003) ve Kozak (2004) tarafından geliştirilen gövde çapım modellerli izlemiştir.

Crecente-Campo et al. (2009) tarafından sarıçam için ticari hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla ekolojik özellikleri farklı altı çalışma alanı seçilmiş ve iki farklı gövde çapı modeli karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda en iyi sonuçlar Fang et al. (2000) tarafından geliştirilmiş parçalı gövde çapı ve gövde hacim modeli ile elde edilmiştir.

Özçelik (2010) tarafından sarıçam ağaç türü için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli geliştirilmiştir. Çalışmada Jiang (2004) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli kullanılmıştır. Model sonuçları ile Alemdağ (1963) tarafından geliştirilen genel ağaç hacim tablosu sonuçları karşılaştırılmıştır.

Özçelik ve Alkan (2011) tarafından Tarsus yöresi Okalıptüs plantasyonları için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli geliştirilmiştir. Çalışmada Max and Burkhardt (1976) ile Thomas and Parresol (1993) tarafından geliştirilen gövde çapı modelleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda Max and Burkhardt (1976) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelinin daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

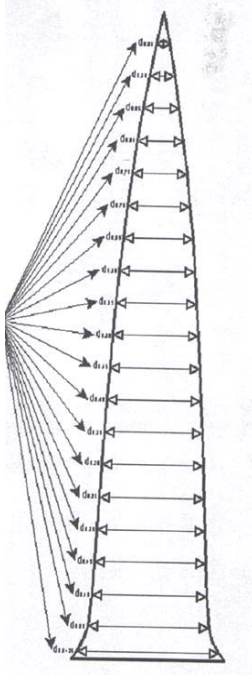
Alegria and Tome (2011); Portekiz'deki Pinus pinaster ağaç türü için ticari Ağaç hacim modelleri geliştirmiştir. Bu amaçla genel ağaç hacim denklemi, hacim oran denklemi ve gövde çapı modelleri karşılaştırılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

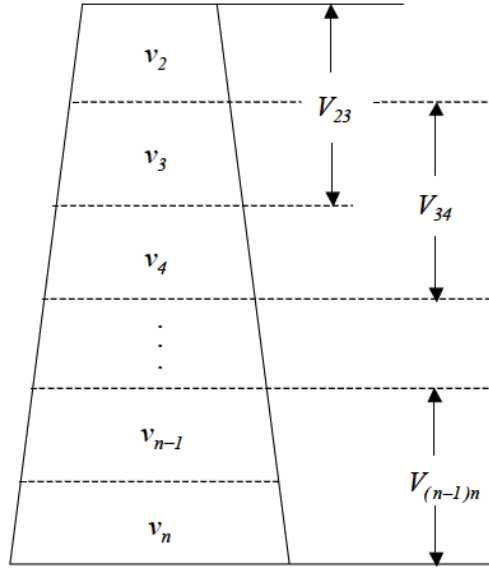
3.1. Materyal

Bu çalışma için gerekli örnek ağaç verileri, 2010 yazında Sütçüler Orman İşletme Müdürlüğü işletme şefliğinden toplanmıştır. Örnek ağaçlar hem galip hem de müşterek galip tepe sınıflarından seçilmiştir. Örnek ağaçların seçiminde gövdelerin çatalı ve eğri, tepelerin kırık olmamasına ve ağaçların yetişme ortamı şartlarını en iyi biçimde yansıtmasına dikkat edilmiştir. Çalışma için toplam 103 adet örnek ağaç üzerinde ölçüm yapılmıştır. Bu amaçla; örnek ağaçlar kesildikten sonra her ağaç üzerinde sırasıyla şerit metre kullanarak ağaç boyları ölçülmüş ve daha sonra her ağaç üzerinde birer metre aralıkla gövde çapları ölçülmüştür (Şekil 3.1). Çap ölçümler 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 (Şekil 3.2). Örnek ağaçlar üzerinde yapılan çap ve boy ölçümlerinin yapılışına ilişkin şematik gösterim aşağıda verilmiştir. Örnek ağaç ölçümlerinin yaklaşık %75’i model geliştirmek amacıyla, geri kalan yaklaşık %25’lik kısmı ise geliştirilen modellerin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’de model geliştirme ve geliştirilen modellerin test edilmesi için kullanılacak örnek ağaçlara ilişkin nisbi çap-boy değerleri verilmiştir. Ölçümü yapılan örnek ağaçlara ilişkin istatistikî bilgiler ise Çizelge 3.1 ve 3.2’de verilmiştir.

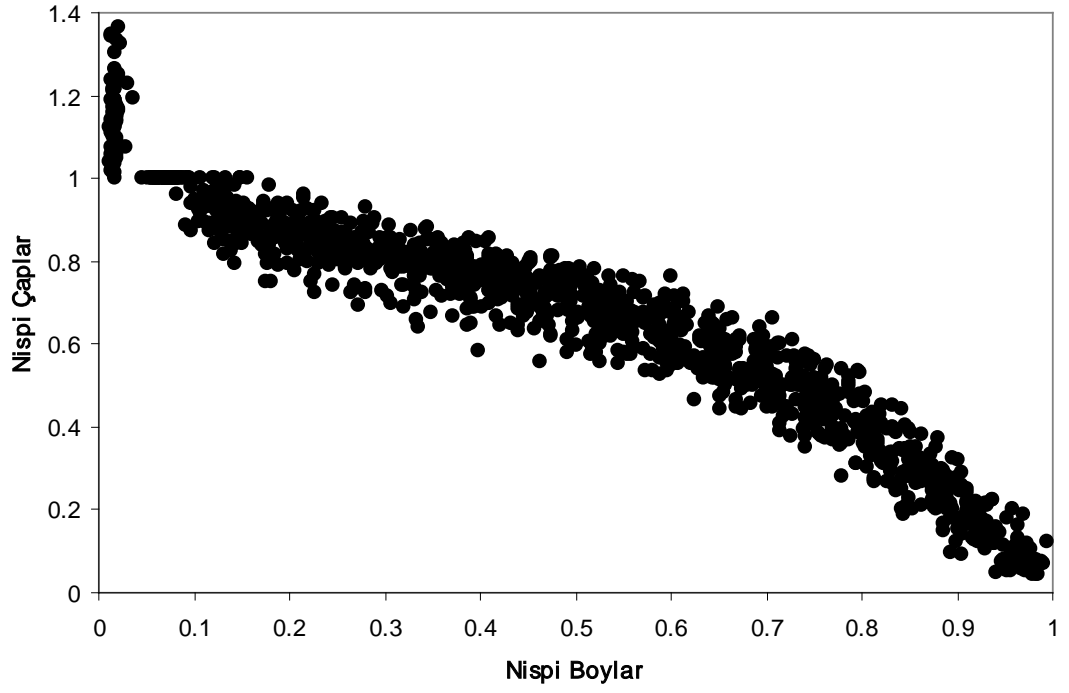
Ağaç
Üzerinde Çap Ölçümü
Yapılan Noktalar



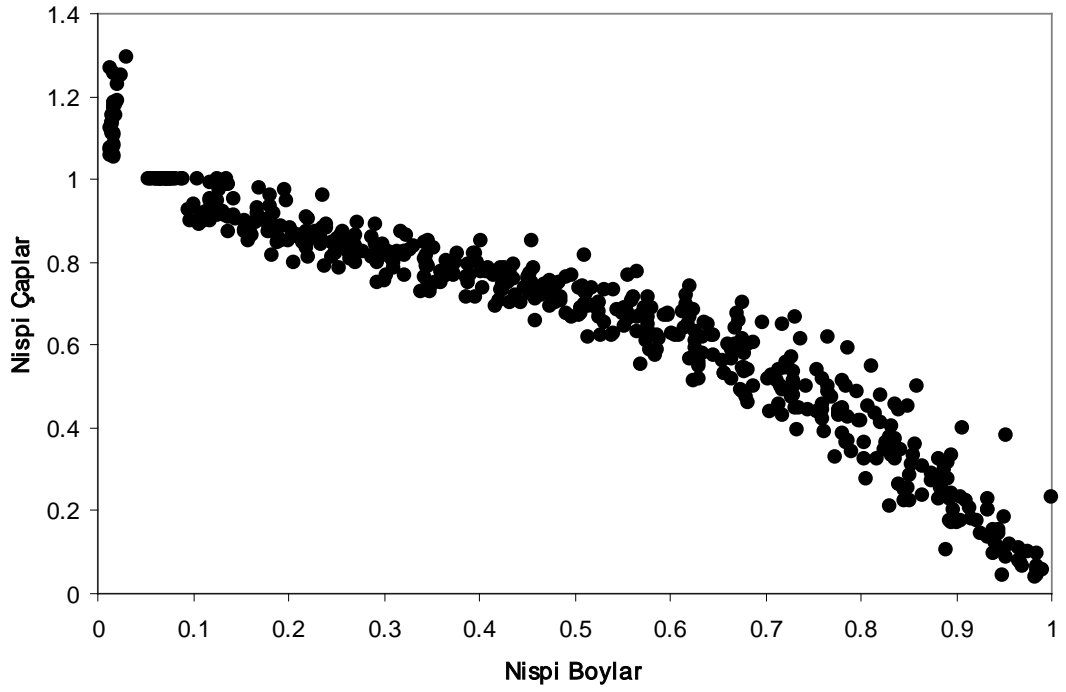
Şekil 3.1. Örnek ağaç ölçümlerinin şematik gösterimi



Şekil 3.2. The Overlapping Bolt yöntemi ile örnek ağaçların hacimlerinin hesaplanması



Şekil 3.3. Model geliştirme verileri için nispi çap-nispi boy ilişkisi



Şekil 3.4. Model test verileri için nispi çap-nispi boy ilişkisi

Çizelge 3.1 Karaçam ağaç türü için gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi için kullanılan verilere ilişkin istatistikî değerler.

Tür	Ortalama	S.D.	Minimum	Maksimum
Karaçam (n = 74)				
DBH (cm)	36.92	9.28	13.00	65.00
Toplam Boy (m)	18.52	3.21	8.40	28.00
Disk dob (cm)	24.40	11.70	2.00	73.00
Disk Boyu (m)	8.98	5.64	0.30	27.30

Çizelge 3.2. Karaçam ağaç türü için gövde çapı ve gövde hacim modellerinin test edilmesi için kullanılan verilere ilişkin istatistikî değerler.

Karaçam (n =29)				
DBH (cm)	38.05	9.89	16.00	60.00
Toplam Boy (m)	18.89	2.90	9.60	24.10
Disk dob (cm)	25.61	12.12	2.00	65.00
Disk Boyu (m)	9.13	5.69	0.30	23.30

3.2. Yöntem

Yüz yılı aşkın bir zamandır pek çok formda gövde çapı modeli geliştirilmiştir (Max ve Burkhart, 1976; Cao vd., 1980; Clark vd., 1991; Kozak, 2004). Basit olarak nitelendirebileceğimiz gövde çapı modelleri ağacın genel çap düşüşünü oldukça başarılı olarak tanımlayabilseler de; tüm gövde profilini tanımlamakta başarısız olmuşlardır (Kozak, 1977; Kozak, 1988; Newnham, 1992). Bazı denklemler gövde profilinin ortasını tanımlamakta başarılı iken, bu denklemler tepeye yakın veya dibe yakın seksiyonlarının tanımlanmasında yetersiz kalmaktadır (Max ve Burkhart, 1976;

Fang vd., 2000). Parçalı gövde çapı modelleri (Segmented Polynomial Taper Equations) ise ağaç gövdesini parçalara ayırarak ve her parçayı ayrı ayrı tanımlaması nedeniyle, tüm gövde profilini gerçeğe en yakın şekilde tahmin edebilmektedir.

Bu amaçla bu çalışmada; Max ve Burkhart (1976), Parresol vd. (1987) ve Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modelleri kullanılarak karaçam ağaç türü için gövde çapı ve gövde hacmi modelleri geliştirilecektir. Bu modeller pek çok çalışmada diğer gövde çapı modellerinden daha güvenilir sonuçlar vermiştir (Martin, 1981; Clark vd., 1991; Figueiredo-Filho vd., 1996; Jiang vd., 2005).

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi; Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen form-class parçalı gövde çapı modeli Güney Appalachian Bölgesi yapraklı ve iğne yapraklı türleri için güvenilir sonuçlar vermiştir. Jiang vd., (2005) Clark vd. (1991) tarafından ağaç gövdesi üzerinde üç katılım noktası kullanılarak geliştirilen parçalı gövde çapı modelinin, gövde profilinin tanımlanması için daha doğru olduğunu belirtmektedir.

Bu çalışma kapsamında gövde çapı ve gövde hacmi modellerinin geliştirilmesi amacıyla Max ve Burkhart (1976), Parresol vd. (1987), Clark vd., (1991) ve Jiang vd., (2005) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı (*Segmented Polynomial Taper Equations*) ve gövde hacmi modelleri değerlendirilecektir.

Model 1 (Max ve Burkhart, 1976)

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

Bu denklemin formu;

$$\frac{d^2}{D^2} = b_1(Z - l) + b_2(Z^2 - l) + b_3(a_1 - Z)^2 I_1 + b_4(a_2 - Z)^2 I_2 \quad (3.1)$$

Burada:

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

- h = ölçüm noktasının yerden yüksekliği (m),
 H = toplam ağaç boyu (m),
 D = kabuklu göğüs çapı (cm),
 d = h yüksekliğindeki kabuklu göğüs çapı (cm) ,
 a_i = örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktaları. $i = 1, 2$,
 b_i = regresyon katsayıları, $i = 1..4$.

Gövde hacim modeli ise;

$$V = KD^2H \left\{ \begin{array}{l} \frac{b_2}{3}(Z_u^3 - Z_l^3) + \frac{b_1}{2}(Z_u^2 - Z_l^2) - (b_1 + b_2)(Z_u - Z_l) \\ - \frac{b_3}{3}[(a_1 - Z_u)^3 J_1 - (a_1 - Z_l)^3 K_1] \\ - \frac{b_4}{3}[(a_2 - Z_u)^3 J_2 - (a_2 - Z_l)^3 K_2] \end{array} \right\} \quad (3.2)$$

Burada:

$$K = 0.0000785,$$

$$Z_l = \frac{h_l}{H},$$

$$Z_u = \frac{h_u}{H},$$

h_l = ilgilenilen en düşük boy (m),

h_u = ilgilenilen en yüksek boy (m),

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

Model 2 (Parresol vd., 1987)

$$d^2 = D^2 [z^2 (b_1 + b_2 z) + (z - a)^2 [b_3 + b_4 (z + 2a)] I] \quad (3.3)$$

Burada;

$$I_i = \begin{cases} 1 & \text{\textit{\textless}} \text{ayet } Z \leq a_i \\ 0 & \text{\textit{\textless}} \text{ayet } Z > a_i \end{cases} \quad i = 1, 2$$

$$z = (H - h) / H$$

Gövde hacim modeli ise;

$$V = KD^2 H \left\{ \begin{array}{l} (b_1/3)(z_l^3 - z_u^3) + (b_2/4)(z_l^4 - z_u^4) + (b_3/3)[(z_l - a)^3 I_l - (z_u - a)^3 I_u] \\ + (b_4/4)[(z_l^4 - 6a^2 z_l^2 + 8a^3 z_l) I_l - (z_u^4 - 6a^2 z_u^2 + 8a^3 z_u) I_u] \end{array} \right\} \quad (3.4)$$

Burada:

$$I_i = \begin{cases} 1 & \text{\textit{\textless}} \text{ayet } Z_l \geq a \\ 0 & \text{\textit{\textless}} \text{ayet } Z_l > a_i \end{cases} \quad i = l, u$$

Model 3 (Clark vd., 1991)

Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modeli ise Max ve Burkhart (1976) ve Schlaegel (1983) tarafından geliştirilen gövde çapı modellerinin en uygun biçimde birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Bu model ağaç gövdesini dört parçaya ayırmıştır.

- (1) Göğüs yüksekliği ile dip kütük arasındaki gövde bölümü 0.30 m. ile 1.30 m.
- (2) Alt gövde bölümü 1.30 ile 5.30 m.
- (3) Orta gövde bölümü 5.30 m ile toplam ağaç boyunun yüzde 40-70'lik bölümü
- (4) Üst gövde bölümü ağaç boyunun yüzde 40-70 ile ağacın en üst kısmı arasındaki bölümü.

Bu gövde çapı modeli ile yukarıda bahsedilen gövdenin ilk üç parçası için tahmin edilen çap ile gövde çapındaki değişimin sırasıyla %90, %97-99 ve %93-99'nun açıklanabildiği belirtilmektedir.

$$d = \left\{ \begin{array}{l} I_s \left[D^2 \left(1 + \frac{(b_2 + b_3 / D^3)((1 - h/H)^{b_1} - (1 - 1.30/H)^{b_1})}{1 - (1 - 1.30/H)^{b_1}} \right) \right] + \\ I_B \left[D^2 - \frac{(D^2 - F^2)((1 - 1.30/H)^{b_4} - (1 - h/H)^{b_4})}{(1 - 1.30/H)^{b_4} - (1 - 5.30/H)^{b_4}} \right] \\ + I_T \left[F^2 \left(b_6 \left(\frac{h - 5.30}{H - 5.30} - 1 \right)^2 + I_M \left(\frac{1 - b_6}{b_5^2} \right) \left(b_5 - \frac{h - 5.30}{H - 5.30} \right)^2 \right) \right] \end{array} \right\}^{0.5} \quad (3.5)$$

Burada:

b_1, b_2, b_3 = gövdenin 1.30 m den daha aşağı kısmı için regresyon katsayıları.

b_4 = gövdenin 1.30 m ile 5.30 m leri arası için regresyon katsayısı.

b_5, b_6 = 5.30 m den daha yüksek ağaç boyu için regresyon katsayıları.

F = 5.30 m deki kabuklu ağaç çapı (Girard'ın form class boyutu)

Gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinde kullanılması gereken 5.30 m yüksekliğindeki kabuklu gövde çapının hesaplanması için Clark vd. (1991) tarafından aşağıdaki tahmin denklemi geliştirilmiştir.

$$F_{dob5.3} = D(b_1 + b_2(\frac{5.30}{H})^2) \quad (3.6)$$

Gövde çapı modeli için gerekli dört gösterge değişken aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$I_S = \begin{cases} 1 & h < 1.30 \\ 0 & otherwise \end{cases}, \quad I_B = \begin{cases} 1 & 1.30 \leq h < 5.30 \\ 0 & otherwise \end{cases}, \quad I_T = \begin{cases} 1 & h > 5.30 \\ 0 & otherwise \end{cases},$$

$$I_M = \begin{cases} 1 & h < (5.30 + b_5(H - 5.30)) \\ 0 & otherwise \end{cases},$$

Gövde hacim modeli ise;

$$V = k \left\{ \begin{aligned} & I_1 D^2 \left[(1 - GW)(U_1 - L_1) + \frac{W((1 - L_1/H)^{b_1}(H - L_1) - (1 - U_1/H)^{b_1}(H - U_1))}{(b_1 + 1)} \right] \\ & + I_2 I_3 \left[T(U_2 - L_2) + \frac{Z((1 - L_2/H)^{b_4}(H - L_2) - (1 - U_2/H)^{b_4}(H - U_2))}{(b_4 + 1)} \right] \\ & + I_4 F^2 \left[\begin{aligned} & b_6(U_3 - L_3) - \frac{b_6((U_3 - 5.30)^2 - (L_3 - 5.30)^2)}{(H - 5.30)} \\ & + \frac{b_6/3((U_3 - 5.30)^3 - (L_3 - 5.30)^3)}{(H - 5.30)^2} \\ & + \frac{I_5(1/3)(1 - b_6/b_5^2)(b_5(H - 5.30) - (L_3 - 5.30))^3}{(H - 5.30)^2} \\ & - \frac{I_6(1/3)(1 - b_6/b_5^2)(b_5(H - 5.30) - (U_3 - 5.30))^3}{(H - 5.30)^2} \end{aligned} \right] \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

Burada;

$$G = \left(1 - \frac{1.30}{H}\right)^{b_1}, W = (b_2 + b_3/D^3)/(1-G), x = (1 - 1.30/H)^{b_4}, y = (1 - 5.30/H)^{b_4},$$

$$T = D^2 - ZX, z = (D^2 - F^2)/(x - y), L_1 = \max(L, 0.30), L_2 = \max(L, 1.30),$$

$$L_3 = \max(L, 5.30), U_1 = \min(U, 1.30), U_2 = \min(U, 5.30), U_3 = \min(U, H),$$

$$I_1 = \begin{cases} 1 & L < 1.30 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}, I_2 = \begin{cases} 1 & L < 5.30 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}, I_3 = \begin{cases} 1 & U > 1.30 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}, I_4 = \begin{cases} 1 & U > 5.30 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases},$$

$$I_5 = \begin{cases} 1 & (L_3 - 5.30) < b_5(H - 5.30) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}, I_6 = \begin{cases} 1 & (U_3 - 5.30) < b_5(H - 5.30) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases},$$

$$k = 0.0000785$$

Model 4 (Jiang vd., 2005)

Jiang vd. (2005) tarafından Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelinde bazı değişiklikler yapılarak elde edilmiştir. Böylece model orijinal halinden daha az parametreye sahip olarak elde edilebilmiştir.

$$d = \left\{ \begin{aligned} & I_S \left[D^2 \left(1 + \frac{(1 - h/H)^{B_1} - (1 - 1.30/H)^{B_1}}{1 - (1 - 1.30/H)^{B_1}} \right) \right] \\ & + I_B \left[D^2 - \frac{(D^2 - F^2)((1 - 1.30/H)^{B_2} - (1 - h/H)^{B_2})}{(1 - 1.30/H)^{B_2} - (1 - 5.30/H)^{B_2}} \right] \\ & + I_T \left[F^2 (B_3) \left(\frac{h - 5.30}{H - 5.30} - 1 \right)^2 + I_M \left(\frac{1 - B_3}{B_4^2} \right) \left(B_4 - \frac{h - 5.30}{H - 5.30} \right)^2 \right] \end{aligned} \right\}^{0.5} \quad (3.8)$$

Gövde Hacmi Modeli

$$V = k \left\{ \begin{array}{l} I_1 D^2 \left[(1 - GW_1)(U_1 - L_1) + \frac{W_1((1 - L_1/H)^{B_1}(H - L_1) - (1 - U_1/H)^{B_1}(H - U_1))}{(B_1 + 1)} \right] \\ I_2 I_3 \left[T(U_2 - L_2) + \frac{Z((1 - L_2/H)^{B_2}(H - L_2) - (1 - U_2/H)^{B_2} - (1 - h/H)^{B_2})}{(1 + 1.37/H)^{B_2} - (1 - 5.30/H)^{B_2}} \right] \\ I_4 F^2 \left[\begin{array}{l} B_3(U_3 - L_3) - \frac{B_3((U_3 - 5.30)^2 - (L_3 - 5.30)^2)}{(H - 5.30)} + \\ \frac{B_3/3((U_3 - 5.30)^2 - (L_3 - 5.30)^2)}{(H - 5.30)} + \\ \frac{I_5(1/3)((1 - B_3)/B_4)(B_4(H - 5.30) - (L_3 - 5.30))^3}{(H - 5.30)^2} - \\ \frac{I_6(1/3)((1 - B_3)/B_4)(B_4(H - 5.30) - (U_3 - 5.30))^3}{(H - 5.30)^2} \end{array} \right] \end{array} \right\} \quad (3.9)$$

Bu modelde yer alan tüm değişkenler bir önceki modelde açıklandığından dolayı tekrar açıklanmamıştır.

Model Değerlendirme Kriterleri:

En uygun hacim ve gövde çapı denkleminin seçiminde; gerçek hacim ve çap değerleri ile tahmin edilen hacim ve çap değerleri arasındaki farklara dayanan üç farklı ölçüt kullanılacaktır. Bunlar;

$$1- \text{Ortalama hata (O.H.)} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)}{n}$$

Burada Y_i ölçülen değer, \hat{Y}_i ise tahmin edilen değer ve n ölçüm sayısıdır.

$$2- \text{Tahminin standart hatası (S.E.E)} = S.E.E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - k}}$$

Burada k tahmin edilen parametre sayısıdır.

$$3- \text{Uyum Katsayısı (FI)} = 1 - \frac{RSS}{TSS}$$

Burada Belirtme katsayısı değeri (FI) bağımlı değişkendeki varyasyonun ne kadarının bağımsız değişkenlerle açıklanabildiğini göstermektedir. Doğrusal olmayan regresyon denklemleri için (FI) değeri daima 0 ile 1 arasında olmayabilir, bazen negatif değerde olabilir.

Burada;

$$RSS = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \text{ (hata için farkların kareleri toplamı) ve}$$

$$TSS = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \text{ (bağımlı değişken için toplam kareler toplamı ve } \bar{Y} \text{ ölçülen}$$

değerlerin ortalamasıdır.

En iyi modelin belirlenmesinde; en yüksek uyum indeksi (FI) değerine sahip ancak, en düşük ortalama hata ve standart hata değerine sahip olma özelliklerine göre karar verilecektir.

İstatistiksel analiz

Gövde çapı ve hacim modellerinin doğrusal olmayan eş zamanlı çözümü için SAS istatistiksel analiz programında SYSNLIN prosedürü kullanılmıştır. Gövde çapı ve gövde hacmi modellerindeki parametre tahminleri için SUR (seemingly unrelated regression) metodu seçilmiştir. Bu metodun parametre tahminleri için kullanılabilmesi başlangıç değerleri gerektirmektedir. Bu çalışma için gerekli başlangıç değerleri Brooks vd. (2008) den alınmıştır.

Uyumlu gövde çapı ve gövde hacmi denklem sistemleri iki denklemden oluşmaktadır. Bu denklemlerden ilki gövde çapı denklemi ikincisi ise gövde hacmi denklemdir. SUR model hem gövde çapı hem de hacim tahminlerinde hata miktarını en aza indirerek denklem parametrelerini tahmin edebilmektedir. Bütün parametreler iki denkleme paylaştırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Gövde apı Modellerine İlişkin Bulgular

Yapılan istatistiksel değerlendirmeler sonucunda; karaçam ağaç türü için analizi yapılan bütün gövde çapı modelleri için bütün parametre tahminleri 0.0001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Denen 4 farklı parçalı gövde çapı ve hacim modeline ilişkin parametre tahminleri izelge 4.1’de verilmiştir.

Bu gövde çapı ve hacim modelleri için elde edilen yukarıda sözü edilen üç ayrı ölçüt değerine göre gövde çapı ve gövde hacmi tahminlerinden elde edilen sonuçlarda izelge 4.2’de verilmiştir. Geliştirilen dört farklı gövde çapı modeli de; gövde çapı tahminlerindeki varyasyonun %96’dan daha fazlasını açıklayabilmektedir. Ortalama ap tahminlerindeki hata 2.1 cm’den daha az bulunmuştur. Ancak Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen gövde çapı modelleri ile elde edilen gövde çapı tahminleri birbirine oldukça yakın, ancak diğer iki modelden daha iyidir. ap tahminlerindeki ortalama hata 1.7 cm’den daha azdır.

Çizelge 4.1. Karaçam ağaç türü için geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modellerine ilişkin parametre tahminleri.

Parametre	Max ve Burkhart (1976)	Parresol vd. (1987)	Clark vd. (1991)	Jiang vd. (2005)
b_1	-6.56591	4.46280	1.54148	77.73649
b_2	3.216121	-3.33920	0.33094	
b_3	-3.77828	-10.47760	1368.179	
b_4	11.39663	7.169313	6.989889	6.994739
b_5			0.78413	0.78493
b_6			3.375966	3.38052
a_1	0.815963	0.244606		
a_2	0.197571			

Tablo 4.2. Karaçam için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri için ölçüt değerleri.

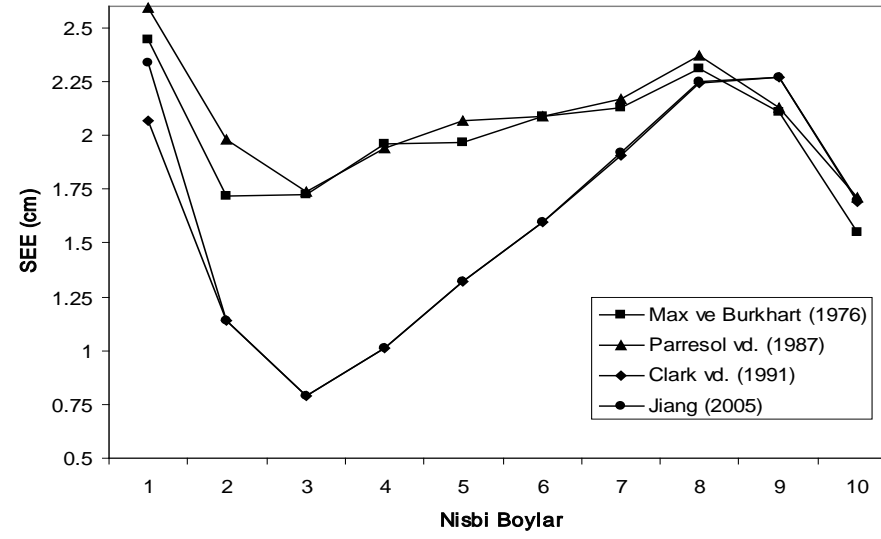
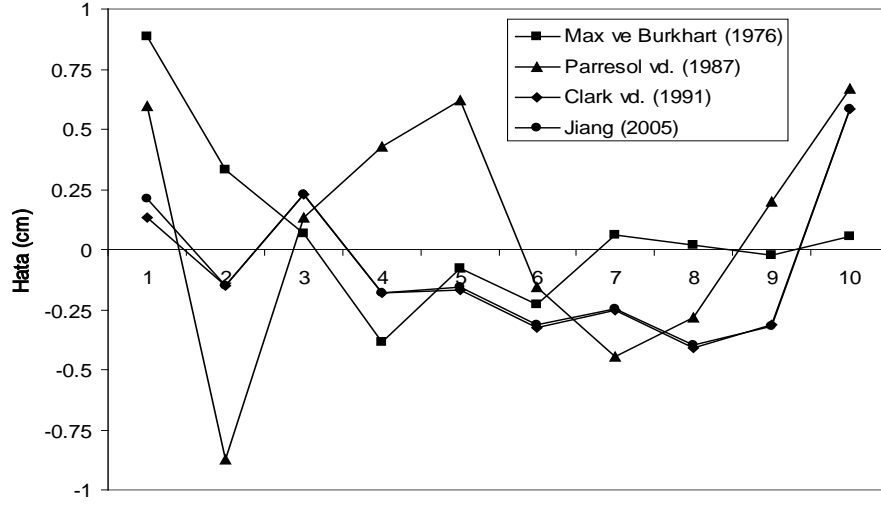
Modeller	Ortalama Hata	SEE	FI
Max ve Burkhart (1976)			
Gövde Çapı (cm)	0.1632	2.0015	0.9707
Hacim (m ³)	0.0009	0.0077	0.9748
Parresol vd.(1987)			
Gövde Çapı (cm)	0.0826	2.0878	0.9686
Hacim (m ³)	-0.0021	0.0141	0.9153
Clark vd. (1991)			
Gövde Çapı (cm)	0.0981	1.6705	0.9799
Hacim (m ³)	-0.0002	0.0056	0.9865
Jiang vd. (2005)			
Gövde Çapı (cm)	-0.0852	1.6703	0.9828
Hacim (m ³)	0.0003	0.0060	0.9847

Dört farklı parçalı gövde çapı ve gövde hacim modelinin çap tahminlerindeki başarı durumları incelendiğinde; gövde çapı tahminlerinde en yüksek uyumluluk katsayısına sahip modelin Jiang vd. (2005) tarafından değiştirilmiş modelle elde edildiği görülmüştür. Ancak ortalama hata değerleri incelendiğinde en düşük ortalama hata değerinin Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen modelle elde edildiği görülmektedir. Ancak en küçük ortalama hata değeri bir modelin başarı ve başarısızlığının belirlenmesinde güvenilir bir ölçü değildir. Çünkü zaman zaman değişik tahminler sonucu elde edilen pozitif veya negatif hata değerleri birbirini nötrleye bilmektedir. Bu nedenle eğer tek bir ölçüt kullanılacaksa tahminlerin standart hatası (SEE) değeri, ortalama hatadan daha açıklayıcı olmaktadır (Kozak ve Smith, 1993; Kozak ve Kozak, 2003;Kozak, 1997; Berhe ve Arnoldsson, 2008). Her üç ölçüt değeri de dikkate alındığında en yüksek uyum katsayısı ve en düşük tahminlerin standart hatasına sahip Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen gövde

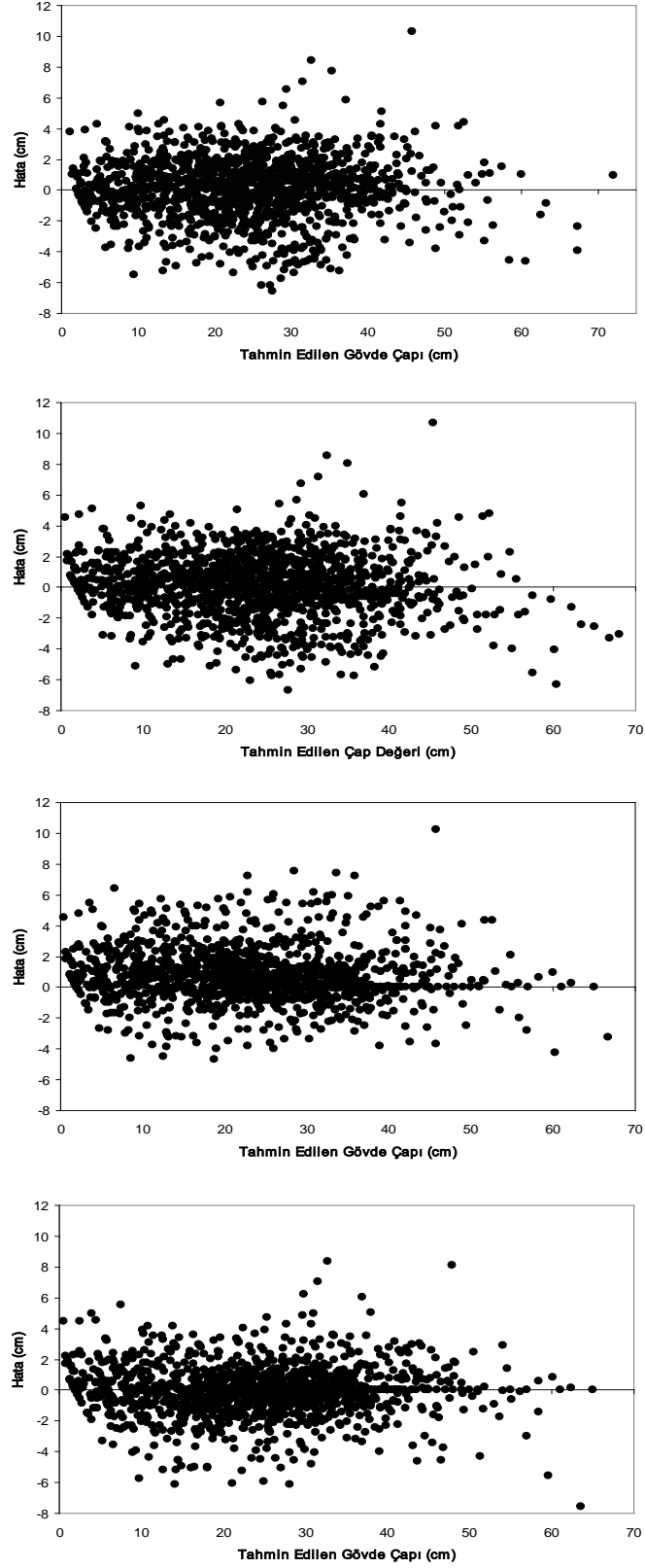
çapının diğer üç modelden daha başarılı olduğunu söyleyebiliriz. Bu modeli sırasıyla Clark vd. (1991), Max ve Burkhart (1976) ve Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modelleri izlemektedir. Şekil 4.1’de dört farklı parçalı gövde çapı modeli için farklı gövde çapı değerleri için elde edilen tahmin hataları gösterilmiştir. Şekil 4.1’den de görüleceği gibi Jiang vd. (1995) tarafından geliştirilen model yardımı ile yapılan çap tahminleri için hata miktarları sıfıra oldukça yakın değerler arasında bulunmuştur. Çap tahminlerinde yapılan hata miktarı incelendiğinde en yüksek hata miktarı Max ve Burkhart (1976) ve Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen modellerle elde edilmiştir. Ancak Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen modeldeki hata dağılımı Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen model ile elde edilenden daha homojen olduğunu söyleyebiliriz. Şekil 4.1 incelendiğinde Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli dışındaki diğer üç gövde çapı modeli tüm gövde bölümlerinde benzer eğilimler göstermiştir. Parresol vd. (1987) dışındaki gövde çapı modelleri için toplam ağaç boyunun %20 den daha üstünde ortalama hata değeri -0.40 ile 0.30 cm arasında değişmektedir. Bu çalışmada denenen dört model içinde tahminlerin standart hata değerleri benzer bir eğilim göstermiştir. Ancak Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen modelleri için gövde boyunca değişik bölümler için elde edilen tahmin değerleri daha düşüktür (Şekil 4.1). Şekil 4.2’de ise dört farklı gövde çapı modeli ile elde edilen çap değerlerine karşılık elde edilen hata miktarları verilmiştir. Şekil 4.2’den de görülebileceği gibi denenen tüm modeller için hata değerleri sıfır (0) civarında kümelenmiştir. Bu durum kullanılan gövde çapı modelleri ile elde edilen sonuçların tarafsız olduğunu ve hata varyansının ağaç çapının artması ile artmadığını göstermektedir. Bununla birlikte Şekil 4.2’deki sonuçlar incelendiğinde en başarılı sonuçların Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen modeller ile elde edildiği görülmektedir.

Gövde çapı ve gövde hacim tahminlerinin gövdenin farklı kısımlarındaki başarı durumunu da görmek amacıyla, nispi boy değerleri içinde değerlendirmeler yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.3 ve 4.4’de verilmiştir. Tablo 4.3 ve 4.4’ün incelenmesinden de görüleceği gibi bu çalışmada denenen dört modelin de kullanılması ile gövde üzerinde farklı noktalar için elde edilen çap ve hacim değerlerinde büyük bir

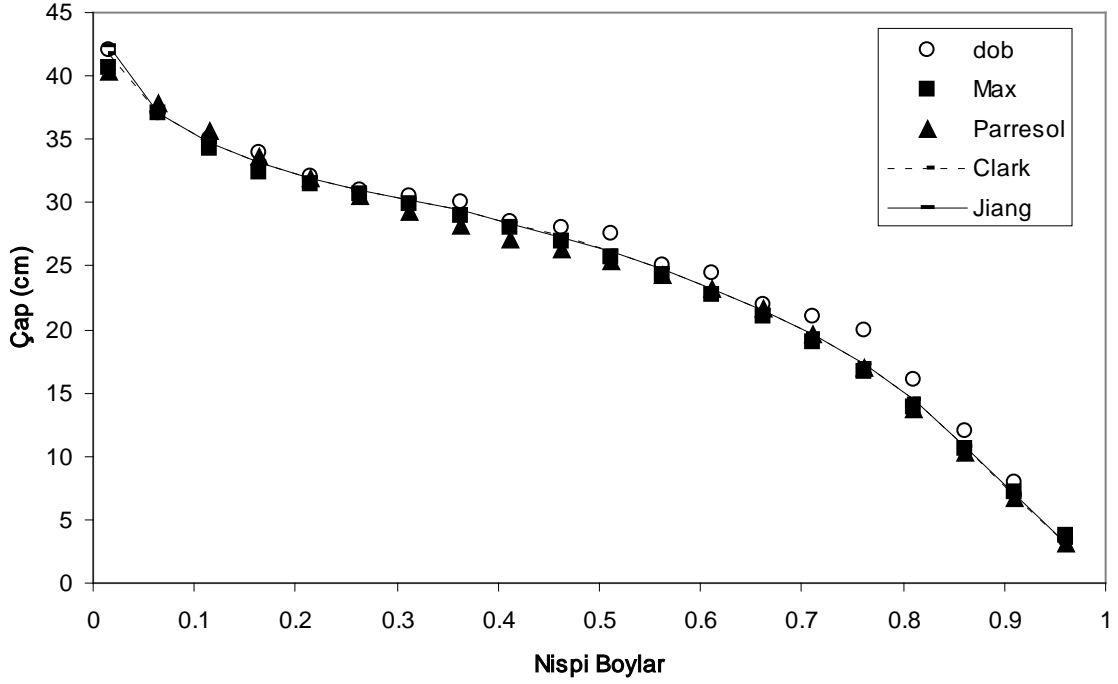
varyasyonun olmadığı görülmektedir. Dört gövde çapı ve gövde hacim modeli ile de; çap ve boy tahminlerinde oldukça tutarlı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak kullanılan gövde profili modelleri karşılaştırıldığında; Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen modelin daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. En başarılı modeller olarak ortaya çıkan Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) modelleri için çap tahminlerindeki en yüksek hata değerleri ağaç boyunun yaklaşık %60-70'lerinde sonra daha yüksek olduğu görülmektedir. İlgili ağaç türünde ve genel olarak ağaç türlerinde boyun %60-70'inden sonra tepe tacının başladığı; dallanmanın yoğun olduğu bölgeler olduğu ve bu nedenle bu bölgelerde çap tahminlerinde daha yüksek hata değerlerinin ortaya çıktığı bazı araştırmacılar tarafından da dile getirilmektedir (Jiang vd., 2005).



Şekil 4.1. Nispi boy değerleri itibariyle gövde çapı tahminleri için ortalama hata ve tahminlerin standart hata değerleri



Şekil 4.2. Max ve Burkhart (1976), (b) Parresol vd. (1987), (c) Clark vd. (1991) ve (d) Jiang vd. (2005) için hata dağılımları



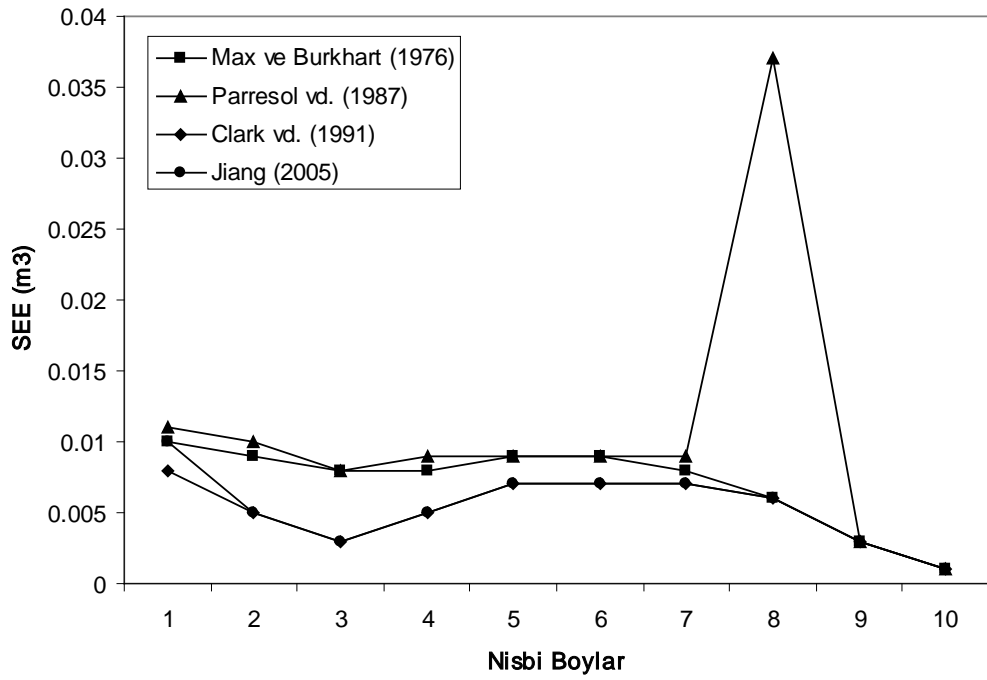
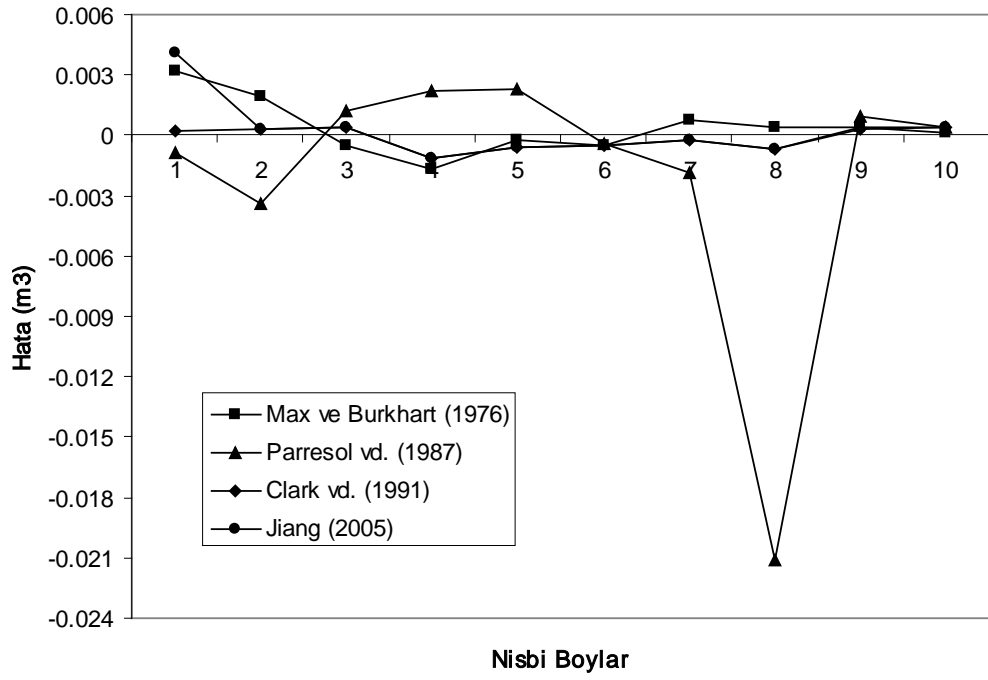
Şekil 4.3. Max ve Burkhart (1976), (b) Parresol vd. (1987), (c) Clark vd. (1991) ve (d) Jiang vd. (2005) gövde çapı modellerinin değişik çap tahminleri için karşılaştırılması

Şekil 4.3'de bu çalışmada kullanılan dört farklı gövde çapı modeli ile; bir karaçam ağacı için dipten uç tomurcuğa kadar olan gövde üzerindeki değişik noktadaki çap tahminleri verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi; dört gövde çapı modeli ile de, gövde üzerindeki değişik çap tahminleri için tutarlı ve benzer sonuçlar elde edilmesine karşın; Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli özellikle gövdenin dip ve uç kısımları için daha güvenilir sonuçlar vermiştir. Gövdenin bu bölümlerindeki çap tahminlerinin daha zor olduğu düşünülürse, bu modelin karaçam ağaç türü için çap tahminlerinde kullanılması ile daha doğru sonuçların alınabileceği söylenebilir.

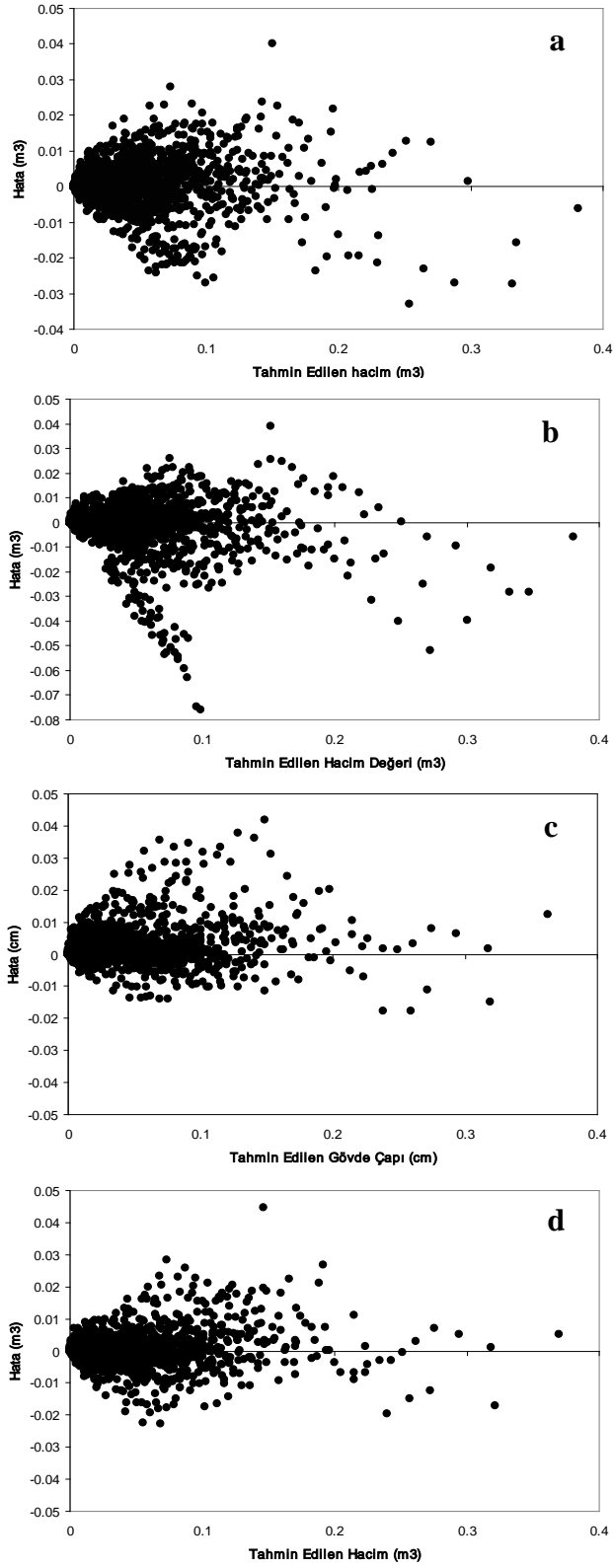
4.2. Gövde Hacim Modellerine İlişkin Bulgular

Gövde hacim tahminlerine ilişkin parametre tahminleri Çizelge 4.1'de; istatistiki değerler Çizelge 4.2'de verilmiştir. Max ve Burkhart (1976), Parresol vd. (1987), Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen gövde çapı modelleri

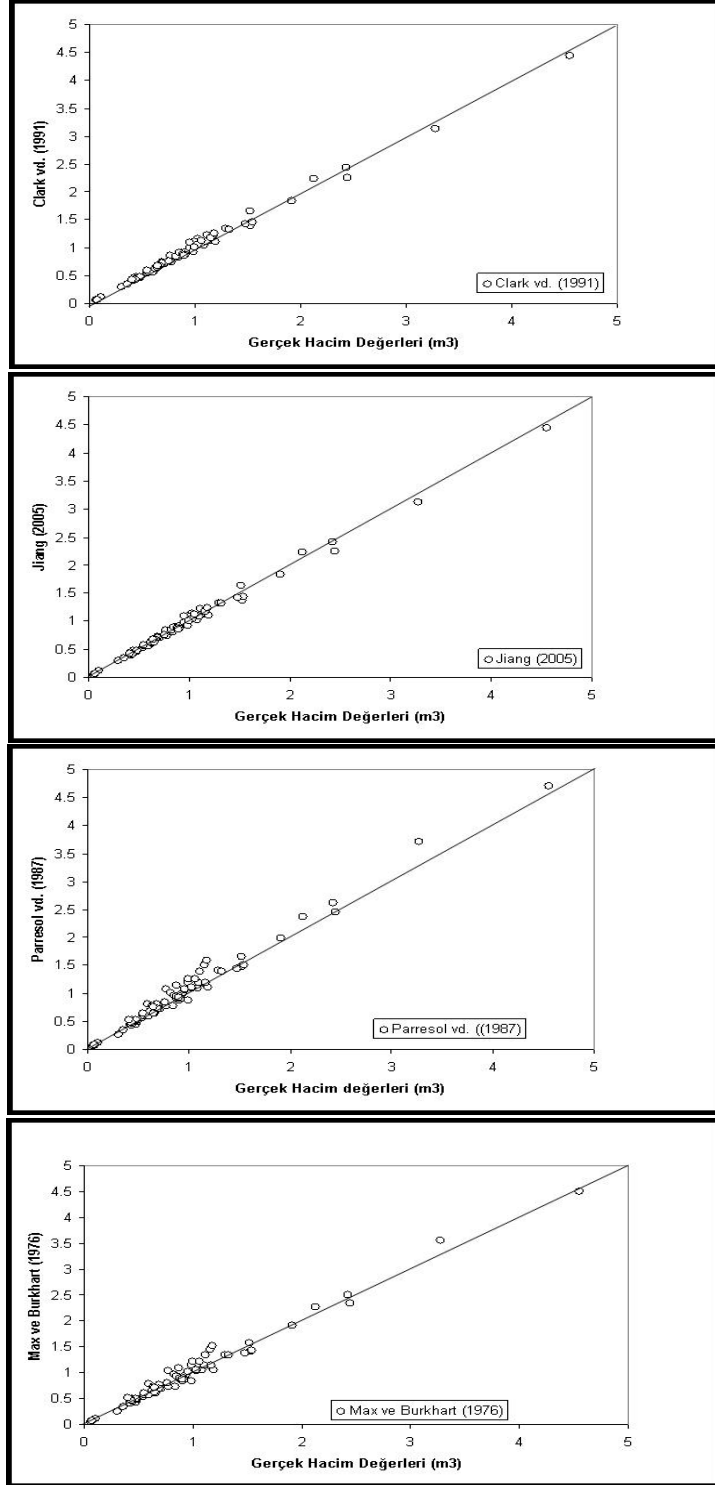
sırasıyla hacim tahminlerindeki varyasyonun %97, %91, %98 ve %98'ini açıklamışlardır. Dört model için ortalama hata 0.01 m^3 'den daha az bulunmuştur. Bütün modeller gerçek hacim değerlerinin daha altında hacim tahmini sağlamıştır. Tahminlerin standart hatası değerleri Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) modelleri için diğer modellerden oldukça düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar göstermektedir ki; gövde çapı tahminlerinde başarılı olan modeller hacim tahminlerinde de daha başarılı olmuşlardır. Şekil 4.3 incelendiğinde Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen gövde çapı modeli dışındaki diğer üç gövde çapı modeli tüm gövde bölümlerinde benzer eğilimler göstermiştir. Parresol vd. (1987) dışındaki gövde çapı modelleri için toplam ağaç boyunun %20 den daha üstünde ortalama hata değeri -0.003 ile 0.003 m^3 arasında değişmektedir. Bu çalışmada denenen dört model içinde tahminlerin standart hata değerleri Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen model dışında benzer bir eğilim göstermiştir. Bu model özellikle gövdenin %70-90'lık kısmında yüksek hata ve SEE (tahminlerin standart hatası) değeri vermiştir. Diğer nisbi boy değerleri için diğer gövde hacim modellerine benzer bir eğilim göstermektedir. Bu durumun nedeni; örnek ağaçlar üzerinde yapılan ölçümler incelendiğinde; bu nispi gövde bölümünün ağaçların tepe başlama noktası olduğu görülmektedir. Bu nedenle gövde hacim tahminleri bu bölüm için daha yüksek hata ve SEE' ye sebep olduğu söylenebilir. Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen modelleri için gövde boyunca değişik bölümler için elde edilen tahmin değerleri daha düşüktür (Şekil 4.5). Her bir modelin gövde hacmi tahminlerindeki hata miktarları da Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Şekil 4.5'in incelenmesinden de görüleceği gibi denenen dört gövde çapı ve gövde hacim modeli içinde farklı gövde çapı değerleri için elde edilen hacim değerlerinin farkları (artıklar) sıfır değerine oldukça yakın bulunmuştur. Bu durum modellerin tarafsız (unbiased) olduğunu ve hata varyansının ağaç çapının artması ile artmadığını göstermektedir. Ancak; dört model için elde edilen grafikler incelendiğinde; gövdenin değişik kısımları için en iyi hacim tahminlerinin Clark vd. (1997) ve Jiang vd. (2005) tarafından elde edildiği görülmektedir. Son olarak da ağaçların gerçek hacim değerleri ile dört gövde hacim modeli kullanılarak elde edilen değerlerin dağılımı Şekil 4.6'da verilmiştir. Şekil 4.6'dan da görülebileceği gibi gerçek hacim değerlerine en yakın tahminler Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen modellerle elde edilmiştir.



Şekil 4.4. Nisbi boy değerleri itibariyle gövde hacim tahminleri için ortalama hata ve tahminlerin standart hata değerleri



Şekil 4.5. Max ve Burkhardt (1976), (b) Parresol vd. (1987), (c) Clark vd. (1991) ve (d) Jiang vd. (2005) İçin Hata Dağılımları



Şekil 4.6. Clark vd. (1991), Jiang vd. (2005), Parresol vd. (1987) ve Max ve Burkhart (1976) modelleri için hata dağılımları

4.3. Nisbi Boy Sınıfları İçin Geliştirilen Modellerin Değerlendirilmesi

Karaçam ağaç türü için geliştirilen 4 farklı gövde çapı ve gövde hacim modelinin çap ve hacim tahminlerindeki başarı performansı oluşturulan nispi boy sınıfları içinde ayrıca değerlendirilmiştir. Bu amaçla ağaç boyu 10 nisbi boy sınıfına ayrılmış ve iki farklı ölçüt değeri yardımı ile farklı gövde yüksekliklerindeki çap ve hacim tahminleri değerlendirilmiştir. Daha önceki çap ve hacim tahmini değerlendirmelerinde olduğu gibi burada da kullanılan ölçüt değerleri sırasıyla ortalama hata ve tahminlerin standart hatası değerleridir. Çizelge 4.3’de gövde çapı tahminlerine ilişkin sonuçlar; Çizelge 4.4’de ise hacim tahminleri için elde edilen sonuçlar verilmiştir. Çizelge 4.3’de gövde çapı tahminleri için elde edilen sonuçlar incelendiğinde; tüm gövde çapı modellerinin farklı nisbi boylar için tutarlı sonuçlar verdiği görülmektedir. Dört model birlikte değerlendirildiği zaman genel olarak en yüksek tahminlerin standart hatası değerlerinin gövdenin % 60–80 lik kısımlarında elde edildiği görülmektedir. Bu kısım karaçam ağaç türü için tepe ya da dallanmanın başladığı kısaca tepe tacının bulunduğu kısmı oluşturmaktadır. Buralarda daha yüksek hata değerlerinin elde edilmesinde bu durumun etkili olabileceği söylenebilir. Gövde çapı tahminleri için dört model içinde bir değerlendirme yapılacak olursa; farklı nisbi boy değerleri için en güvenilir ve tutarlı sonuçların Jiang vd (2005) tarafından geliştirilen model ile elde edildiği söylenebilir. Çizelge 4.4’de hacim tahminleri için elde edilen sonuçlar incelendiğinde en yüksek tahminlerin standart hatası değerlerinin dört gövde çapı ve hacim modeli için de daha çok gövdenin % 10–30 luk kısımlarında ortaya çıktığı görülmektedir. Karaçam ağaç türü için bu kısım ağaç gövdesinin dip kısmını oluşturduğu için gövdenin diğer bölümlerine göre çap düşüşü daha düzensiz ve gövde şişkinliğinin daha fazla olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçların gövdenin bu bölümü için daha yüksek standart hata değerine sahip olması bu şekilde açıklanabilir. Bununla birlikte; geliştirilen dört farklı gövde hacim modeli ile de gövde üzerindeki farklı nisbi boy değerleri için elde edilen ortalama hata ve tahminlerin standart hatası değerlerinin çok fazla değişken olmadığı ve tutarlı sonuçlar elde edildiği söylenebilir. Ancak dört gövde çapı modeli içinde farklı nisbi boy değerleri için en güvenilir ve tutarlı sonuçlar Jiang vd (2005) tarafından geliştirilen model ile elde edildiği söylenebilir.

Çizelge 4.3. Beş model için nispi boylar (rh) itibariyle gövde çapının ortalama hata ve tahminin standart hatası .

Nisbi Boy	<i>Max ve Burkhardt</i> (1976)			<i>Parresol vd.</i> (1987)			<i>Clark vd. (1991)</i>			<i>Jiang vd. (2005)</i>		
	n	Ortalama Hata (cm)	SEE (cm)	n	Ortalama Hata (cm)	SEE (cm)	n	Ortalama Hata (cm)	SEE (cm)	n	Ortalama Hata (cm)	SEE (cm)
0.0-0.1	150	0.8839	2.4464	150	0.5961	2.5899	150	0.1307	2.0703	150	0.2097	2.3496
0.1-0.2	132	0.3336	1.7172	132	-0.8719	1.9825	132	-0.1528	1.1421	132	-0.1519	1.1418
0.2-0.3	128	0.0689	1.7233	128	0.1357	1.7457	128	0.2309	0.7929	128	0.2319	0.7933
0.3-0.4	139	-0.3862	1.9616	139	0.4250	1.9389	139	-0.1829	1.0144	139	-0.1786	1.0127
0.4-0.5	128	-0.0787	1.9718	128	0.6190	2.0691	128	-0.1678	1.3253	128	-0.1582	1.3246
0.5-0.6	133	-0.2270	2.0954	133	-0.1543	2.0958	133	-0.3234	1.6015	133	-0.3115	1.5999
0.6-0.7	131	0.0613	2.1334	131	-0.4485	2.1685	131	-0.2556	1.9176	131	-0.2440	1.9168
0.7-0.8	132	0.0155	2.3149	132	-0.2861	2.3677	132	-0.4068	2.2484	132	-0.4004	2.2469
0.8-0.9	131	-0.0234	2.1143	131	0.1992	2.1251	131	-0.3135	2.2676	131	-0.3182	2.2677
0.9-1.0	104	0.0561	1.5506	104	0.6681	1.7051	104	0.5846	1.6969	104	0.5815	1.6961
Tüm	1308	0.1632	2.0015	1308	0.0826	2.0878	1308	0.0981	1.6705	1308	0.0003	1.7103
		FI	0.9707		FI	0.9686		FI	0.9799		FI	0.9789

Çizelge 4.4. Beş model için nispi boylar (rh) itibariyle gövde hacim değerleri için ortalama hata ve tahminin standart hatası .

Nisbi Boy	<i>Max ve Burkhardt</i> (1976)			<i>Parresol vd.</i> (1987)			<i>Clark vd. (1991)</i>			<i>Jiang vd. (2005)</i>		
	n	Ortalama Hata (cm)	SEE (cm)	n	Ortalama Hata (cm)	SEE (cm)	n	Ortalama Hata (cm)	SEE (cm)	n	Ortalama Hata (cm)	SEE (cm)
0.0-0.1	150	0.0032	0.0101	150	-0.0009	0.0113	150	0.0002	0.0078	150	0.0040	0.0099
0.1-0.2	132	0.0019	0.0090	132	-0.0034	0.0102	132	0.0003	0.0049	132	0.0003	0.0049
0.2-0.3	128	-0.0006	0.0083	128	0.0012	0.0084	128	0.0004	0.0031	128	0.0004	0.0030
0.3-0.4	139	-0.0017	0.0089	139	0.0022	0.0092	139	-0.0011	0.0048	139	-0.0011	0.0048
0.4-0.5	128	-0.0002	0.0085	128	0.0023	0.0086	128	-0.0006	0.0066	128	-0.0006	0.0066
0.5-0.6	133	-0.0001	0.0085	133	-0.0004	0.0086	133	-0.0005	0.0069	133	-0.0005	0.0069
0.6-0.7	131	0.0075	0.0076	131	-0.0019	0.0368	131	-0.0002	0.0074	131	-0.0002	0.0074
0.7-0.8	132	0.0004	0.0057	132	-0.0211	0.0037	132	-0.0007	0.0058	132	-0.0007	0.0058
0.8-0.9	131	0.0004	0.0032	131	0.0009	0.0033	131	0.0003	0.0034	131	0.0003	0.0033
0.9-1.0	104	0.0001	0.0009	104	0.0004	0.0011	104	0.0004	0.0011	104	0.0004	0.0011
Tüm	1308	0.0009	0.0077	1308	-0.0021	0.0141	1308	-0.0002	0.0056	1308	0.0003	0.0060
		FI	0.9748		FI	0.9153		FI	0.9865		FI	0.9847

4.4. Gövde Hacim Modelleri İle Elde Edilen Sonuçların Hacim Tablosu Değerleri İle Karşılaştırılması

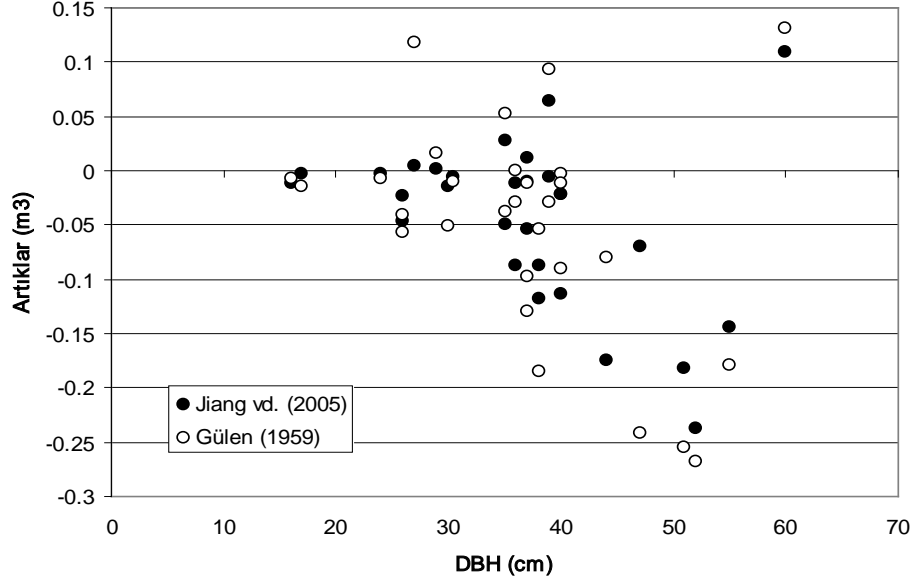
Karaçam ağaç türü için dört farklı gövde çapı modelinden geliştirilen gövde hacim modelleri ile karaçam ağaç türü için Gülen (1953) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim tablosu verileri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5’de verilmiştir. Geliştirilen dört gövde hacim modelinin de; ortalama hata ve hataların standart hatası ölçütlerine göre, hacim tablosu tahminlerine göre daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çizelge 4.5. Toplam gövde hacmi için önerilen gövde hacmi modeli ile bu ağaç türü için Gülen (1959) tarafından geliştirilen çift girişli hacim tablosunun karşılaştırılması.

Modeller	Ortalama Hata(m ³)	SEE (m ³)
Model 1		
Max ve Burkhart (1976)	-0.0008	0.0903
Parresol vd. (1987)	-0.0496	0.1052
Clark vd. (1991)	-0.0507	0.0934
Jiang vd (2005)	-0.0423	0.0886
Hacim Tablosu	-0.0510	0.1113

Şekil 4.7’de Jiang vd. (2005) tarafından önerilen gövde hacim modeli ile Gülen (1959) tarafından karaçam ağaç türü için geliştirilen çift girişli hacim tablosu toplam gövde hacim tahminleri için karşılaştırılmıştır. Şeklin incelenmesinden de görüleceği gibi Gülen (1959) tarafından geliştirilen hacim tablosu, Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen gövde hacim modeline göre daha yüksek hata değerleri vermiştir. Her iki model için de hacim tahminlerindeki hata miktarları ağaç çapındaki artışa bağlı olarak artmaktadır. Ancak Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen gövde hacim modelindeki hata miktarı 40-45 cm ye kadar çok büyük varyasyonlar göstermemiştir.

Ülkemizde karaçam ağaç türü ve idare süresi sonunda ulaştığı ortalama çap değerleri düşünüldüğünde Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen gövde hacim modelinin karaçam ağaç türü için gövde hacmi tahminlerinde kullanılabilir olduğu söylenebilir.



Şekil 4.7. Jiang vd. (2005) tarafından önerilen gövde hacim modeli ile Gülen (1959) tarafından önerilen karaçam hacim tablosunun toplam gövde hacmi tahminleri için karşılaştırılması

5. SONUÇ

Bu çalışmada, karaçam ağaç türü için dört farklı gövde çapı ve gövde hacim modeli geliştirilmiştir. Parametre tutarlılığını sağlamak için gövde çapı ve gövde hacim modelleri eş zamanlı olarak çözülmüştür. Bütün parametreler gövde çapı ve gövde hacim modellerine paylaştırılmıştır. Modelleri karşılaştırmak için üç farklı ölçüt kullanılmıştır. Ortalama hata, tahminlerin standart hatası ve Uyum indeksi olmak üzere üç ölçüt kullanılmıştır. Buna ilaveten geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modellerinin gövdenin farklı bölümlerindeki başarısını ortaya koymak amacıyla ortalama hata ve tahminlerin standart hatası değerleri karşılaştırılmıştır. Geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modellerinin halen kullanılmakta olan ve Gülen (1953) tarafından geliştirilmiş olan çift girişli hacim tablosu sonuçları ile de karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda da ortalama hata ve tahminlerin standart hatası ölçütleri kullanılmıştır.

Bu değerlendirmeler sonucunda;

1- Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı modellerinin gerek gövde çapı ve gerekse gövde hacim tahminlerinde Max ve Burkhart (1976) ve Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modellerine göre başarılı oldukları söylenebilir. Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen gövde çapı modelleri ile elde edilen sonuçlar arasında çok büyük farklılıklar bulunmamıştır. Bunun en önemli nedeni de; Jiang vd (2005) tarafından geliştirilen gövde çapı modelinin aslında Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen modelde yapılan küçük değişikliklerle elde edilmiş olmasıdır. Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modeli 6 parametrelidir, Jiang vd. (2005) tarafından değiştirilen model 4 parametrelidir. Ancak Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen modelin Clark vd. (1991) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modeline göre daha tercih edilebilir olduğu söylenebilir. Zaman zaman geliştirilen çok parametrelili regresyon modelleri çoklu bağıntıya sebep olabilmektedir.

2- Geliştirilen dört model arasından en başarısız sonuçlar Parresol vd. (1987) tarafından geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modeli ile elde edilmiştir.

3- Geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelleri ağaç gövdesi üzerindeki farklı yükseklerdeki çap ve hacim tahminleri amacıyla da karşılaştırılmış; bu amaçla gövde 10 parçaya ayrılmış ve bu on parça için elde edilen sonuçlar ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen modeller gövdenin değişik bölümleri içinde en iyi sonuçları vermiştir. Bu modeller gövde üzerindeki farklı bölümler içinde tutarlı sonuçlar vermiştir. Her iki gövde çapı modeli de özellikle gövdenin %60 lık kısmından sonra daha yüksek ortalama hata değerleri vermiştir. Benzer bulgular Jiang vd. (2005) tarafından da elde edilmiştir. Karaçamda özellikle toplam ağaç boyunun %60-65 lik kısmından sonra dallanma başlamaktadır. Bu durum gövde çapı tahminlerinde zaman zaman hata miktarının artmasına neden olabilmektedir.

4- Geliştirilen gövde hacim modelleri ile Gülen (1953) tarafından geliştirilen gövde hacim modeli ile de karşılaştırılmıştır. Karaçam için geliştirilen dört farklı gövde hacim modeli de ağaç hacim tablosuna göre daha doğru hacim tahminleri ortaya koymuştur. Bu modeller kullanılarak geliştirilecek çift girişli gövde hacim tabloları ile karaçam ağaç türü için ilgili araştırma bölgesi için daha doğru hacim tahminlerinin yapılabilmesi mümkün görülmektedir.

5- Modellerin karşılaştırılması için yapılan analizler grafiksel olarak da gösterilmiştir. Gerek gövde çapı tahminleri gerekse hacim tahminleri için Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen modeller daha başarılı sonuçlar vermiştir.

6- Clark vd. (1991) ve Jiang vd. (2005) tarafından geliştirilen her iki gövde çapı ve gövde hacim modeli de ağacın 5.30 m yüksekliğindeki çap değerini bilmeyi gerekli kılmaktadır. Ancak dikili haldeki ağaçlarda bunu ölçmek oldukça zordur. Ancak; 6 nolu eşitlik yardımı ile arazide bu değer ölçülmeden de bulunabilmektedir. Yapılan çalışmalar Jiang vd. (2005) ve Özçelik ve Brooks (2011) bu eşitlikten elde

edilen F değeri ile arazide direkt olarak elde edilen F değerinin kullanımı arasında çok önemli farklılıklar olmadığını göstermiştir.

7- Bu alışma ile elde edilen sonuçlar Isparta Orman Bölge Müdürlüğü Sütçüler Orman İşletmesi karaçam ormanlık alanları için geçerlidir. Bilindiği üzere gövde şekli ve buna bağlı olarak gövde hacmi, yetişme ortamı, meşcere kapalılığı, sıklığı, meşcerelerin bugüne kadar maruz kaldığı 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 yre için geliştirilmesi uygun olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 261. 145 s.
- Alegria, C., Tome, M., 2011. A Set of Models for Individual Tree merchantable Volume Prediction for *Pinus pinaster* Aiton in Central Inland of Portugal. Eur. J. Forest Res. 130: 871-879.
- Alemdağ, Ş., 1967, Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:20
- Allel, P. J.,1993, Average Stem Profile Comparisons for Three Size Classes of Caribbean Pine, Canadian Journal of Forest Research, 23, 2594-2598.
- Anonymous, 2006. Forest Resources. The General Directorate of Forests, Ankara, 159 pp.
- Aykın, R., 1978. Ardıç Çift Girişli Kabuklu Gövde Hacım Tablosu, Pressler Yöntemi ve Relaskopla Gövde Hacmı, Blume-Leiss ve Relaskopla Ağaç Boyu Ölçmelerinin Sağlık Düzeyi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi. Sayı: 1. 65-140 s.
- Bailey, R. L., 1994. A Compatible Volume-Taper Model Based on The Schumacher and Hall Generalized Constant Form Factor Volume Equation, Forest Science, 40, 2, 303-313.
- Bailey R. L., 1995. Upper stem volumes from stem analysis data: an overlapping bolts method. Can. J. For. Res. 26: 170-173.
- Bairri-Anta, M., Dieguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., Gadow, K., 2007. Merchantable Volume System for Pedunculate Oak in Northwestern Spain. Ann. For. Sci. 64:511-520.
- Behre, L., Arnoldsson, G., 2009. Tree taper models for *Cupressus lusitanica* plantations in Ethiopia. Southern forests 70 (3): 193-203.
- Benner, F. A., Swindel, B. F., 1972, Taper Curves for Planted Slash Pine, USDA Forest Servis Research Note SE-179, 4 s.
- Bi H. and Hamilton F., 1998. Stem volume equations for native tree species in southern New South Wales and Victoria. Australian Forestry 61: 275-286.
- Bi, H., 1999, Predicting Stem Volume to Any Height Limit for Native Tree Species in Southern New South Wales and Victoria, New Zealand Journal of Forestry Science, 29, 2, 318-331.

- Bi, H., 2000, Trigonometric Variable-Form Taper Equations for Australian Eucalyptus, *Forest Science*, 46, 3, 397-407.
- Bi H., 2000. Trigonometric variable-form taper equations for Australian eucalyptus. *For. Sci.* 46: 397-409.
- Bi, H., Long, Y., 2001, Flexible Taper Equation for Site-Specific Management of *Pinus radiata* in New South Wales, Australia, *Forest Ecology and Management*, 148, 79-91.
- Biging, G. S., 1988, Estimating The Accuracy of Volume Equations Using Taper Equations of Stem Profile, *Canadian Journal of Forest Science*, 41, 1, 157,-167.
- Birler, A. S. 1983. "I. 214" Melez Kavağı Plantasyonlarında Hasılat Araştırmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü. İzmit. Teknik Bülten No: 19.
- Birler, A. S., H. Z. Usta ve Y. Yüksel. 1984. Kara Kavaklar için Hacım Tablosu. Basılmamıştır.
- Brooks J. R., Jiang L. and Ozcelik R., 2008. Compatible stem volume and taper equations for Brutian pine, Cedar of Lebanon, and Cilicica fir in Turkey. *For. Ecol. Manage.* 256: 147-151.
- Bruce, D., Curtis, R. O., Vandevering, C., 1968, Development of Taper and Volume Tables for Red Alper, *Forest Science*, 14, 339-350.
- Burhart, H. E., 1977, Cubic-Foot Volume of Loblolly Pine to Any Merchantable Top Limit, *Southern Journal of Applied Forestry*, 1, 7-9 s.
- Burkhart, H. E., R. C. Parker ve S. R. Miller. 1971. A Technique for Predicting Proportion of Tree Volume by Log Position. *Journal of Forestry* 69: 580-583 s.
- Cao, Q. V., Burkhart, H. E., Max, T. A., 1980. Evaluation of two methods for cubic volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit. *For. Sci.* 26, 71-80.
- Clark III A., Souter R. A. and Schlaegel B. E., 1991. Stem profile equations for southern tree species. *USDA For. Serv. Res. Pap. SE-282.*
- Coble, D. W., Wiant, H. V. Jr., 2000, Centroid Method: Comparison of Simple and Complex Proxy Tree Taper Functions, *Forest Science*, 46, 4, 473-477.
- Coble, D.W., Hilpp, K., 2006. Compatible Cubic-Foot Stem Volume and Upper-Stem Diameter Equations for Semi-intensive Plantation Grown Loblolly pine Trees in East Texas. *South. J. Appl. For.* 30:132-141.

- Crecente-Campo, F., Alboreca, A. R., Dieguez – Aranda, U., 2009. A Merchantable volume system for *Pinus sylvestris* L. In the major mountain ranges of Spain. *Ann For. Sci.* 66-808.
- 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 RM-286,15 p.
- Czaplewski, R. L., Brown, A. S., Walker, R. C., 1989, Profile Models for Estimating Log and Diameters in The Rocky Mountain Region, USDA Forest Research Service Paper RM-284,9 p.
- Czaplewski, R. L., McClure, J. P., 1988, Conditioning A Segmented Stem Profile Model for Two Diameter Measurement, *Forest Science*, 34, 2, 512-522.
- Demaerschalk, J. P., 1972. Converting volume equations to compatible taper equations. *For. Sci.* 18: 241-245.
- Demaerschalk, J. P., Kozak, A., 1977. The whole-bole system: a conditioned dualequation system for precise prediction of tree profiles. *Can. J. For. Res.* 7, 488–497.
- Dieguez – Aranda, U., Castedo- Dorado, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., and Rojo A., 2006. Compatible Taper Function For Scots Pine Plantations In Northwestern Spain. *Can. J. For. Res.* 36: 1190–1205.
- Eerikainen, K., 2001, Stem Volume Models with Random Coefficients for *Pinus kesia* in Tanzania, Zambia and Zimbabwe, *Canadian Journal of Forest Research*, 31, 879-888.
- Eler, Ü., 2001. Orman Amenajmanı, SDÜ Yayın No:17, Isparta, 199s.
- Evcimen, B. S., 1963. The Economical Value, Yield, and Management Basis of Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) Forests in Turkey. General Directorate of Forest Publications, Publication No. 355/16, 199 pp.
- Fang, Z. and Bailey R. L., 1999. Compatible volume and taper models with coefficients for tropical species on Hainan Island in Southern China. *For. Sci.* 45: 85-100.
- Fang, Z., Borders B. E. and Bailey R. L., 2000. Compatible volume taper models for loblolly and slash pine based on system with segmented-stem form factors. *For. Sci.* 46: 1-12.
- Farar, R. M., Murphy, P. A., 1988, A Versatile Volume-Defining Function for Natural Loblolly Pine Trees, USDA Forest Research Service Paper SO-243, 9 p.

- Figueiredo-Filho, A., Borders, B.E., Hitch, K.L. 1996. Taper Equations for Pinus Taeda Plantations in Southern Brazil. For. Ecol. Manage. 83:39-46
- Figueiredo-Filho, A. F., Schaff, L. B., 1999, Comparison between Predicted Volumes Estimated by Taper Equations and True Volumes Obtained by The Water Displacement Technique, Canadian Journal of Forest Research, 29, 451-461.
- Fırat, F., 1973, Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No: 1800, O. F. Yayın No: 193, Kurtuluş Matbaası, İstanbul, 359 s.
- Flewelling, J form and taper of forest-tree stems. Oxford Univ., Imp. For. Inst. Pap. 32, 1-74.
- Genç, M., Karaçam (*Pinus nigra* Arnold. Subsp. *pallasiana*) Öncü Gençliklerinde Gelişme Özellikleri. Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 18:487-493.
- Genç, M., 2001. Orman Bakımı (Asli Orman Ağacı Türlerimizin Saf ve Karışık Meşcerelerinin Bakımı). SDÜ Yayını No:14, Isparta, 244s.
- Gray, H. R., 1956. The form and taper of forest-tree stems. Oxford Univ., Imp. For. Inst. Pap. 32, 1-74.
- Green, E. J., Reed, D. D., 1985, Compatible Tree Volume and Taper Functions for Pitch Pine, Northern Journal of Application Forestry, 2, 14-16.
- Gulen I., 1959. Black pine (*P. Nigra*, Arnold.) volume table. Review of Faculty of Forestry, University of Istanbul, 9: 97-113.
- 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 s.
- Huang, S., Titus, S., Price, D., Morgan, D., 1999, Validation of Eco region-Based Taper Equations for White Spruce in Alberta, The forestry Chronicle, 75, 2, 281-292.
- Jiang L., Brooks J. R. and Wang J., 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in West Virginia. For. Ecol. Manage. 213: 399-409.
- Kalıpsız, A., 1984, Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ. Ü. Yayın No: 3194, O. F. Yayın No: 354, İstanbul, 407 s.
- Kayacık, H., 1980. Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematığı, I. Cilt, Gymnospermae. İÜ Orman Fak. Yayın No:60, 384s.
- Kozak, A. 1997. Effects of Multicollinearity and Autocorrelation on the Variable-Exponent Taper Functions. Can. J. For. Res. 27:619-629

- Kozak, A. 1988. A Variable-Exponent Taper Equation. *Can. J. For. Res.* 18:1363-1368.
- Kozak, A., Munro, D. O., Smith, J.H.G. 1969. Taper Functions and Their Application in Forest Inventory. *For. Chron.* 45:278-283.
- Kozak, A., Smith, J.H.G. 1993. Standards for evaluating taper estimating systems. *For. Chron.* 69: 438-444.
- Kozak, A., Kozak, R. A., 2003. Does Cross Validation Provide Additional Information in The Evaluation of Regression Models? *Can. J. For. Res.* 33:976-987.
- Kozak, A., 2004. My last words on taper equations. *For. Chron.* 80, 507–515.
- Lee, W. K., Seo J.H., Son Y.M., Lee K.H. and von Gadow K., 2003. Modeling stem profiles for *Pinus densiflora* in Korea. *For. Ecol. Manage.* 172: 69-77.
- Martin A.J., 1981. Taper and volume equations for selected Appalachian hardwood species. USDA For. Serv. Res. Pap. NE-490.
- Max, T. A., Burkhart, H. E. 1976. Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations. *For. Sci.* 22:283-289.
- McClure, J. P. Ve R. L. Czaplewski. 1986. Compatible Taper Equation for Loblolly Pine. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Co, U. S.A. *Canadian Journal of Forest Research*, Volume 16: 1272-1277 s.
- Meydan-Aktürk, G., 2006. Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) İçin Trigonometrik Gövde Profili Denkleminin Oluşturulması, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, 120s.
- Monserud, R. A., 1981, Estimating Truncated Tree Volumes with The Behre Hyperboloid and Existing Total Volume Equations, *Forest Science*, 27, 2, 253-265.
- Muhairwe, C. K., 1999, Taper Equations for *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus grandis* for The North Coast in New South Wales, Australia, *Forest Ecology and Management*, 113, 251-269.
- Newberry, J. D., Burkhart, H. E., Amateis, R. L., 1989, Individual Tree Merchantable Volume to Total Volume Ratios Based on Geometric Solids, *Canadian Journal of Forest Research*, 19, 679-683.
- Newnham, R. M. 1988. A Variable form Taper Function. Information Report PI-X-83. Forestry. Canada. 33 pp.

- Newnham, R. M., 1992. A variable-form taper function four Alberta tree species. Can. J. For. Res. 22: 210-223.
- Ozcelik, R., 2010. Sarıçam İçin Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modeli. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Bildiriler Kitabı s.358-366, Artvin.
- Ozcelik, R., Alkan, H., 2011. Okaliptüs Ağaçlandırmaları için Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modellerinin Geliştirilmesi.I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s.720-730.Kahramanmaraş.
- Parresol, B. R., Hotvedt, J. E., Cao, Q. V., 1987, A Volume and Taper Prediction System for Bald Cypress, Canadian Journal of Forest Research, 17, 250-259.
- Perez, D. N., Burkhart, H.E., Stiff, C.T. 1990. A Variable-Form Taper Function for *Pinus Oocarpa* Schiede in Central Honduras. For. Sci. 36: 186-191.
- Petersson, H., 1999, A Segmented Stem Profile Model for *Pinus sylvestris*, Forest Ecology and Management, 124, 13-26.
- Reed, D. D., Byrne, J. C., 1985, A Simple, Variable Form Volume Estimation System, The Forestry Chronicle, 61, 87-90.
- Reed, D. D., Green, E. J., 1984, Compatible Stem Taper and Ratio Equations, Forest Science, 30, 4, 977-990.
- Rojo, A., Perales, X., Sanchez-Rodriguez, F., Alvarez-Gonzalez, J.G., von Gadow, K., 2005. Stem Taper Functions for Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Galicia (Northwestern Spain), Eur. J For Res. 124:177-186.
- Rustagi, K. P., Loveless, R. S. Jr., 1991, Compatible Variable-Form Volume and Stem-Profile Equations for Douglas-Fir, Canadian Journal of Forest Research, 21, 143-151.
- Saatçioğlu, F., 1976, Silvikültür I Silvikültürün Biyolojik , Esasları ve Prensipleri, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü Yayın No:2187, O.F. Yayın No: 222, İstanbul, 423 s.
- Sakıcı, O. E., Mısır N., Yavuz H. and Mısır M., 2008. Stem taper functions for *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* in Turkey. Scand. J. For. Res. 23: 522-533.
- Schlaegel, B. E., 1983. Development of a form class taper model for Willow Oak. Ph.D. Thesis. University of Georgia, Athens, GA., 69 p.
- Sharma, M., Oderwald, R.G., 2001. Dimensionally compatible volume and taper equations. Can. J. For. Res. 31, 797-803.

- Solomon, D. S., Droessler, T. D., Lemin, R. C. Jr., 1989, Segmented Quadratic Taper Equations for Spruce and Fir in The Northeast, Northern Journal of Applied Forestry, 6, 123-126.
- Sun, O., Eren, M. E., Orpak, M., 1978, Temel Ağaç Türlerimizde Tek Ağaç ve Birim Alandaki Odun Çeşidi Oranlarının Saptanması, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Tarım ve Ormancılık Grubu, Proje No: TOAG-288, 119 s.
- Thomas, C.E., Parresol, B.R. 1991. Simple, flexible, trigonometric taper equations. Can. J. For. Res. 21:1132-1137.
- Wiant, H. V. Jr, Spangler, M. L. & Baumgras, J. E., 2002, Comparison of estimates of hardwood bole volume using importance sampling, the centroid method, and some taper equations. North. J. Appl. For. 19, 141-142.
- Williams, M.S., Reich, R.M. 1997. Exploring the Error Structure of Taper Equations. For. Sci. 43:378–386.
- Yavuz, H., (1995), Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, KTÜ Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Basılmamış Doçentlik Tezi, 101s.
- Yavuz, H. and Saraçoğlu N., 1999. Compatible and non-compatible stem taper equations for Alder. Tr. J. of Agric. and For. 23: 1275-1282.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Doğan ŞAHİN

Doğum Yeri ve Yılı: GölŐehir 29.06.1987

Medeni Hali: Bekâr

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu:

Lise: GölŐehir Lisesi (2001–2004)

Lisans: Sölleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakóltesi Orman Mühendisliği Bölümü (2005–2009).

Yüksek Lisans: Sölleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2009- Devam Ediyor).

Çalıştığı Kurum ve Yıl:

Emniyet Genel Müdürlüğü (2010- Devam Ediyor)

