

**ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ASAR ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ (ANTALYA) KIZILÇAM MEŞÇERELERİ  
İÇİN GÖVDE ÇAPI DENKLEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**Mustafa ÜMİT**

**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ÇANKIRI**  
**2019**

**Her hakkı saklıdır**

## TEZ ONAYI

Mustafa ÜMİT tarafından hazırlanan “Asar Orman İşletme Şefliği (Antalya) Kızılçam Meşçereleri İçin Gövde Çapı Denklemlerinin Geliştirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Muammer ŞENYURT

### Jüri Üyeleri :

Başkan : Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Muammer ŞENYURT

Üye : Doç Dr. Alkan GÜNLÜ

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Tamer KEÇELİ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ASAR ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ(ANTALYA) KIZILÇAM MEŞÇERELERİ İÇİN GÖVDE ÇAPI DENKLEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Mustafa ÜMİT

Çankırı Karatekin Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Muammer ŞENYURT

Bu çalışmada Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Antalya Orman İşletme Müdürlüğü, Asar İşletme Şefliği sınırları içinde yayılış gösteren Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaç türü için Max and Burkhart (1976), Kozak (1988)'ın denkleminde elde edilen 3 farklı denklem ve Jiang *et al.* (2005) denklemleri kullanılarak uyumlu gövde çapı denklemlerinin başarı durumları karşılaştırılmıştır. Başarı ölçütlerine göre yapılan karşılaştırmada, Jiang *et al.* (2005) denklemi %95.95'lik model açıklayıcılığı ile ağaçların gövde çapı gelişimlerini modellemede daha başarılı olmuştur. Jiang *et al.* (2005) denkleminin uygunluğu bağımsız bir veri grubu ile test edilerek  $p<0.05$  önem düzeyinde uygun olduğu belirlenmiştir. Bu bakımdan, Kızılçamın yayılış gösterdiği alanlar için ormancılığımız için daha doğru ve tutarlı gövde çapları tahminlerinin elde edilmesine imkan sağlayabileceği söylenebilmektedir.

**2019, 34 Sayfa**

**ANAHTAR KELİMELER:** Kızılçam, gövde çapı, Asar Orman İşletme Şefliği

## ABSTRACT

M.S. Thesis

Developing Compatible Stem Taper Equations for *Pinus Brutia* Stands in Asar  
Forest District Enterprise

Mustafa ÜMİT

Çankırı Karatekin University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Forest Engineering

Supervisors: Dr. Lecturer Muammer ŞENYURT

In this study, Red Pine [*Pinus brutia* Ten. *subsp. brutia*] tree species Max and Burkhart (1976) , Kozak (1988) and Jiang et al. (2005) by using the equations of body diameter equations were developed and success of these equations were compared. In the comparison with various statistical success criteria, Jiang et al. (2005) equation 95.95% of the model with the explanatory model of tree trunk diameter development No. 2 Jiang et al. (2005) the suitability of the equation to the pine trees in the study area was tested with an independent data group was found to be appropriate at  $p < 0.05$  significance level. In this study, Jiang et al. (2005) was found to be the most successful equation. In this respect, it can be said that it can provide more accurate and consistent taper estimations for our forestry for areas where red pine is distributed.

**2019, 34 pages**

**Key Words:** *Pinus Brutia*, stem diameter, Asar Forest District Enterprise

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

"Asar Orman İşletme Şefliği (Antalya) Kızılçam Meşcereleri İçin Gövde Çapı Denklemlerinin Geliştirilmesi" adlı bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tez çalışması olarak hazırlanmıştır.

İlk olarak çalışma konusunun seçiminden, çalışmanın sonlandırılmasına kadar her aşamada desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesinden sıkça yararlandığım danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Muammer ŞENYURT'a, Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI'ya ve Doç. Dr. Alkan GÜNLÜ'ye çok teşekkür ederim. Sevgili arkadaşlarımla birlikte, Antalya Orman İşletme Müdürlüğü Asar Orman İşletme Şefi Yasemin KORKMAZ YÜCEL'e ve Yüksek Lisans'a başlamamda ve bitirmemde büyük katkılar ve destekler sağlayan Orman Mühendisi Kubilay YATMAN'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Son olarak bütün hayatım boyunca beni hem maddi hem de manevi olarak destekleyen ve her durumda yanımda olduklarını bildiğim aileme ve can eşim Hatice ÜMİT'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Mustafa ÜMİT

Çankırı, Kasım 2019

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
1.GİRİŞ .....	1
1.2. Kızılçam ( <i>Pinus brutia</i> ) Türüne Ait Genel Bilgiler .....	5
1.2.1. Kızılçamın doğal yayılışına ilişkin bilgiler .....	5
1.2.2. Botanik özellikleri .....	7
1.2.3. Silvikültürel ve ekolojik özellikleri .....	8
1.2.4. Odun kullanım alanları .....	9
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
2.1. Materyal.....	11
2.2. Yöntem.....	14
3. BULGULAR.....	18
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	28
KAYNAKLAR .....	31
ÖZGEÇMİŞ.....	34

## KISALTMALAR

<b>Ha</b>	: Hektar Alanı
<b>OGM</b>	: Orman Genel Müdürlüğü
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>m</b>	: Metre
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metre Kare
<b>m<sup>3</sup></b>	: Metre Küp



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kızılcamın Türkiye'deki doğal yayılışı .....	7
Şekil 2.1. Çalışma alanının coğrafik konumu.....	12
Şekil 2.3. Modellerin oluşturulmasında kullanılan verilerin çap-boy ilişkisi .....	13
Şekil 2.4. Denetimde kullanılan verilerin çap-boy ilişkisi .....	14
Şekil 3.1. Model 1 (Max-Burkhart (1976)) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerini arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi .....	21
Şekil 3.2. Model 2 (Jiang et al. (2005)) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerini arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi .....	21
Şekil 3.3. Model 3'ün oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerini arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi .....	22
Şekil 3.4. Model 4'ün oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerini arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi .....	22
Şekil 3.5. Model 5'in oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerini arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi .....	23
Şekil 3.6. Model 2 (Jiang et al. (2005)) Bağımsız veri grubuna ilişkin model tahmin değerlerinin arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi .....	23
Şekil 3.7. Model 1 (Max-Burkhart (1976)) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerlerine göre değişimi .....	24
Şekil 3.8. Model 2 (Jiang et al. (2005)) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerlerine göre değişimi.....	25
Şekil 3.9. Model 3'ün oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerlerine göre değişimi .....	25
Şekil 3.10. Model 4'ün oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerlerine göre değişimi .....	26
Şekil 3.11. Model 5'in oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerlerine göre değişimi .....	26
Şekil 3.12. Model 2 (Jiang et al. (2005)) Bağımsız veri grubuna ilişkin model hatalarının tahmin değerlerine göre değişimi .....	27



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Örnek ağaçlara ilişkin bilgiler .....	12
Çizelge 2.2. Modellerin oluşturulmasında ve denetiminde kullanılan verilerin çap ve boy sınıflarına dağılımı .....	13
Çizelge 3.1. Geliştirilen farklı gövde çapı denklemlerinin parametre değerleri ile çeşitli model başarı ölçütleri .....	20



## 1.GİRİŞ

Küresel çapta sistemin en değerli parçalarından birisi olan ormanlar ülkemizde ekonomik ve ekolojik yönden değerli paya sahipken, ülkemizde önemli ağaç türlerinin başında gelen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarımız en etkin roldedir. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ülkemizde orman ürünlerinin endüstrisinde en önemli hammadde kaynaklarından biridir (Özçelik vd., 2012). Son yapılan çalışmalarda, kızılçamın kapladığı alan ülkemizde yaklaşık 5,9 milyon hektar % 27'si ve bu alan üzerinde dikili ağaç servetiye yaklaşık 301 milyon metreküptür (OGM 2015).

İnsanoğlu talepleri ile orman kaynaklarının durumu arasındaki denge göz önüne alındığında, ormanlardan optimal ve sürekli bir faydalanma için mevcut orman alanlarını planlayarak kullanılması gerektiği görülmektedir. Gelecek kuşakların orman ürün ve hizmetlerine olan gereksinimlerini ormanlardan odun üretimiyle birlikte birçok fonksiyondan devamlı ve optimal olarak yararlanabilmek için, orman ekosistemlerinin sürekliliğini göz ardı etmeyecek şekilde yapılacak tüm planlar ve uygulanacak tüm müdahaleler bu ölçütlere göre dikkat edilerek oluşturulmalıdır. (Yavuz ve Sakıcı 2002).

Bir ağacın yerden herhangi bir yükseklikteki çapının veya bir çapın yerden ne kadar yüksekte olduğu gövde çapı denklemleri ile regresyon analizi yoluyla tahmin edilebilmektedir.

Gövde profil modelinin integrali alınmak suretiyle, gövde üzerinde belirli mesafeler arasında bulunan kısmın hacmi doğru bir şekilde hesaplanabilmektedir. Şayet gövde profili fonksiyonun integrali alınmıyorsa, bu denklemler sayesinde sık aralılarla gövde çapları tahmin edilebilmekte ve bu çaplar sayesinde istenilen kısma ait hacim, Huber ve Smalian gibi bazı hacim formülleri ile tahmin edilebilmektedir. Son zamanlarda bir ağaçtan temin edilebilecek odun çeşitleri ve hacim miktarları karmaşık yapılarına rağmen gövde profili modelleri ile doğru ve güvenilir olarak belirlenebilmektedir (Yavuz ve Sakıcı, 2002). Özellikle gövde çapı modellerinin ormancılıkta önemli bilgiler sağlamaları ile yüzyılı aşkın bir süredir, basitten çok karmaşığa kadar, pek çok ağaç türü

için gövde çapı modelleri geliştirilmiştir (Max and Burkhart 1976, Hilt 1980, Kozak 1988, Clark *et al.* 1991, Newnham 1992, Fang *et al.* 2000).

Odun kaynaklarını sürdürülebilir yönetim açısından dikili gövde hacminin doğru tahmini, hem pratik ormancılık çalışmalarında hem de bilimsel araştırmalar için gerekli ve yararlı olduğu söylenebilir (Barrio-Anta *et al.* 2007).

Orman işletmelerinin odun satışında dikili satış yöntemini yoğun olarak kullanmaları, doğru ve güvenilir hacim tahminlerinin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bundan dolayı, değişik ticari standartların gereksinimlerini karşılayacak esnek ve güvenilir bir ağaç hacmi tahmin sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Farklı araştırmacılar tarafından bu doğrultuda kullanılacak en uygun yaklaşımlardan birisi olarak uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri söylenebilir (Jiang *et al.* 2005; Barrio-Anta *et al.* 2007, Özçelik and Brooks 2012). Ülkemizde pek çok ağaç türünün ve bunların farklı yetiştirme ortamlarına göre gövde çapı denklemleri ile ilgili son zamanlarda çok çalışmalar yapılmıştır.

Amenajman planlarının hazırlık aşamasında, yalnızca çap ölçümü ile ağaç hacim tahmini çok kolay değildir, buna istinaden tek girişli ağaç hacim denklemleri tercih edilmektedir. Tek girişli hacim denklemleri; ağaçların tek tek toplam gövde hacimleri yardımıyla 1 hektarlık alana veya tamamına ilişkin hacim toplamının tahmin edilmesinde kullanılmakta olup, ağaçlardan elde edilebilecek tomruk, maden direği ve sanayi odunu gibi odun çeşitlerinin miktarları konusunda herhangi bir tahmin olanağı vermemektedir (Sakıcı 2002, Aktürk 2006, Özçelik vd. 2012). Bu nedenle, odun çeşitlerine göre ağaçlardan elde edilebilecek tahminler yapabilecek ve böylelikle dikili satışın yoğun olarak kullanılması ve değişen pazar koşullarının gerektirdiği ağaç gövde hacmine ait hassas hacim tahminlerine imkân sağlayabilecek yöntemlere gereksinim vardır (Yavuz ve Saraçoğlu 1999, Yavuz ve Sakıcı 2002, Özçelik ve Alkan 2011).

Ormancılıkta, ağaç gövdesi toplam hacmine ek olarak, gövdeden üretilebilecek odun çeşitlerinin hacminin ve değerinin tahmin edilmesinde; uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri öne çıkmaktadır (Jiang *et al.* 2005, Özçelik and Brooks 2011, Kozak 2004).

Gövde çap denklemleriyle, ağaçların göğüs çapı ve boyu ile bunlardan türetilen bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak aşağıdaki özelliklerin tahmin edilebileceğini ifade etmektedir (Özçelik 2010);

- (1) Herhangi bir yükseklikteki gövde çapı,
- (2) Herhangi bir gövde çapının hangi yükseklikte olduğu,
- (3) Ticari (satılabilir) gövde hacmi,
- (4) Toplam gövde hacmi,
- (5) Bir gövdeden elde edilebilecek tüm odun çeşitlerinin hacmi,
- (6) Gövde üzerinde herhangi iki yükseklik arasındaki gövde bölümünün hacmi,
- (7) Gövde üzerinde herhangi iki çap arasındaki gövde bölümünün hacmi

Yüzyıldan uzun zamandır, kolaydan karmaşığa kadar, çok sayıda ağaç türü için gövde çapı modelleri geliştirilmiştir (Max and Burkhart 1976, Hilt 1980, Kozak 1988, Clark et al. 1991, Newnham 1992, Fang et al. 2000). Newnham (1988)'e göre gövde çapı denklemleri üzerindeki çalışmaların yaygınlaşmasının iki ana nedeni bulunmaktadır. İlki; tüm ağaç çeşitleri için gövde formundaki varyasyonu tam olarak açıklayabilen bir teorinin olmaması, diğeri; her zaman değişen pazar şartlarına bağlı olarak çeşitli odun standartlarını dikkate alan bir metodun temin edilememesidir (Yavuz ve Sakıcı 2002, Özçelik vd, 2012).

Ağaç gövdesinin ticari kısımlarına ilişkin hacim değerlerini kapsayan hacim oran modelleri yardımıyla, istatistiki olarak ilk gövde profil modeller 1960'lı yılların sonlarına doğru geliştirilmeye başlanmıştır (Honer 1967, Burkhart 1977, Cao *et al.* 1980, Clutter 1980, Newnham 1992). Bu modellere yönelik, göğüs çapı ( $d_{1.3}$ ) ve ağaç boyunun ( $h$ ) fonksiyonu olarak yerden belirli bir yükseklikteki ( $h_i$ ) gövde çaplarını ( $d_i$ ) belirlemeye yarayan denklemler biçiminde olup, gövdenin tamamı için ortalama bir şekil katsayısı değeri vermektedirler (Bruce *et al.* 1968, Bennet and Swindel 1972). Bu gövde çapı modellerinin öteki gövde çap modellerine göre önemli bir üstünlüğü, hacim hesaplamalarında kolay bir şekilde hacim denklemlerine dönüştürülebilir olmasıdır. Segmented polinomial modeller kullanılmıştır (Fang *et al.* 2000). Ağaç göğüs çapı ve boyu ile gövde eğrisinin değişiklik gösterdiği oransal boy değeri ve bunlardan üretilen çok sayıda bağımsız değişkenin fonksiyonu olarak oluşturulan ve

“Değişken-Şekil Gövde Çapı Modeli (Variable Exponent Stem Profile Equation)” denilen çok karmaşık ve üssel formda regresyon modelleri kullanılmaya başlanmıştır (Kozak 1988, Newnham 1988, Perez *et al.* 1990). Ancak değişken-şekil gövde çapı modelleri, gövdedeki değişik şekillerin hacim hesaplamalarında birleştirilememesi ve en yüksekteki çap değeri için ticari boyun doğrudan hesaplanmaması yerine tekrarlamaya gerek duyulması gibi birkaç olumsuzluğa sahiptir (Özçelik ve Alkan 2011, Özçelik vd. 2012). Gövde profilinin modellenmesi için yukarıda verilenlere ek olarak daha birçok yöntem kullanılmıştır. Denkleştirilmiş (spline) fonksiyonlar (Liu 1980); Champman-Richards fonksiyonu (Biging 1984, Matney *et al.* 1985), Polinomial Entropolasyon Yaklaşımı (Therien and Chamire 1986), Asal Bileşenler Analizi (Real *et al.* 1989), Asal Bileşenler Regresyonu (Tatsuo 1988) ve parametrik olmayan yöntemler (M’herit and Postaire 1985), gövde profilinin modellenmesinde kullanılan diğer yöntemlerdir (Yavuz ve Sakıcı 2002).

Son zamanlarda odun satışlarında dikili satış yöntemi yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu durum, doğru ve güvenilir hacim tahminlerinin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bilindiği gibi ağaç gövdesinden tomruk, maden direği, tel direği ve sanayi odunu gibi odun çeşitleri elde edilmekte ve m<sup>3</sup> fiyatları bakımından da oldukça farklılık göstermektedir (Yavuz ve Sakıcı 2002, Özçelik vd. 2012). Bu nedenle gövde çapı modelleri büyük önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada; Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Antalya Orman İşletme Müdürlüğü, Asar Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yayılış gösteren kızılçam meşcereleri için gövde çapı denklemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## 1.2. Kızılçam (*Pinus brutia*) Türüne Ait Genel Bilgiler

### 1.2.1. Kızılçamın doğal yayılışına ilişkin bilgiler

Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), bazı botanikçilere göre Halep çamının ayrı bir varyetesi olarak benimsenmesine rağmen bazı anatomik ve morfolojik özellikleriyle halep çamından kesin olarak ayrılır. Ancak genel görünüşleri ile Halep çamına (*Pinus halepensis*) çok benzer. Kızılçam genç yaşlarında piramit, ileri yaşlarında yayvan görünümde, genç sürgünler kalın ve koyu kırmızı renkte, 15-20 metre boylarında, kalın dallı, dalları gövdeye dik açıyla birleşerek uçlarında kısa sürgünler bulunan bir türdür (Anşın 1994). Kızılçam adını koyu kırmızı renginden dolayı almıştır. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Akdeniz iklimine ait asli bir türdür.

Türkiye’de genel coğrafi yayılışını Ege ve Akdeniz’de yapmaktadır. En geniş yayılışını Dünya üzerinde Türkiye’de yapmaktadır. Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgesi’nde geniş kesimlerde yayılmakta, ayrıca Karadeniz sahilleri boyunca örneğin, Sinop Çamgölü yöresinde küçük adacıklar halinde bulunmaktadır. Yine Karadeniz sahillerinden içe doğru gidildikçe, özellikle Kızılırmak boylarında, Sinop Durağan, Boyabat ve Kargı yörelerinde, Isırganlı ormanlarında izlenmektedir. Kızılçam bu geniş yayılış alanı içinde dikey yönde iki kademe oluşturur.

Kızılçam kuzey yarıkürede 15’-45’ doğu boylamları ile 32’-45’ kuzey enlem dereceleri içinde yer alan geniş bir alanda doğal olarak yayılış göstermektedir. En batıda Kalabriya Yarımadası, en doğuda ise Irak’ın kuzeyindeki Zavita Atrush Bölgesindedir. Kuzey Kırım’a kadar çıkabilen kızılçam güneyde Lübnan ve Filistin’e kadar yayılış gösterebilmektedir. En fazla yayılışını Akdeniz çukurunun doğusunda ve hatta Anadolu’da yaptığından Doğu Akdeniz’in gösterge türü olarak kabul edilmektedir.

Akdeniz bölgesinde, Akdeniz’e bakan yamaçlarda kızılçam Akdeniz çalı örtüsünü de içine alan bir kuşak oluşturmakta ve genel sınır bakımından, kıyıda başlayarak 1300 m’ye kadar olan yükseltilerde orman kurabilmektedir. Bu bölgede tek ağaç olarak 1400-1500 m’ye kadar çıkabilmektedir. Örneğin, Pozantı-Fındıklıhan’da 1400 m ve

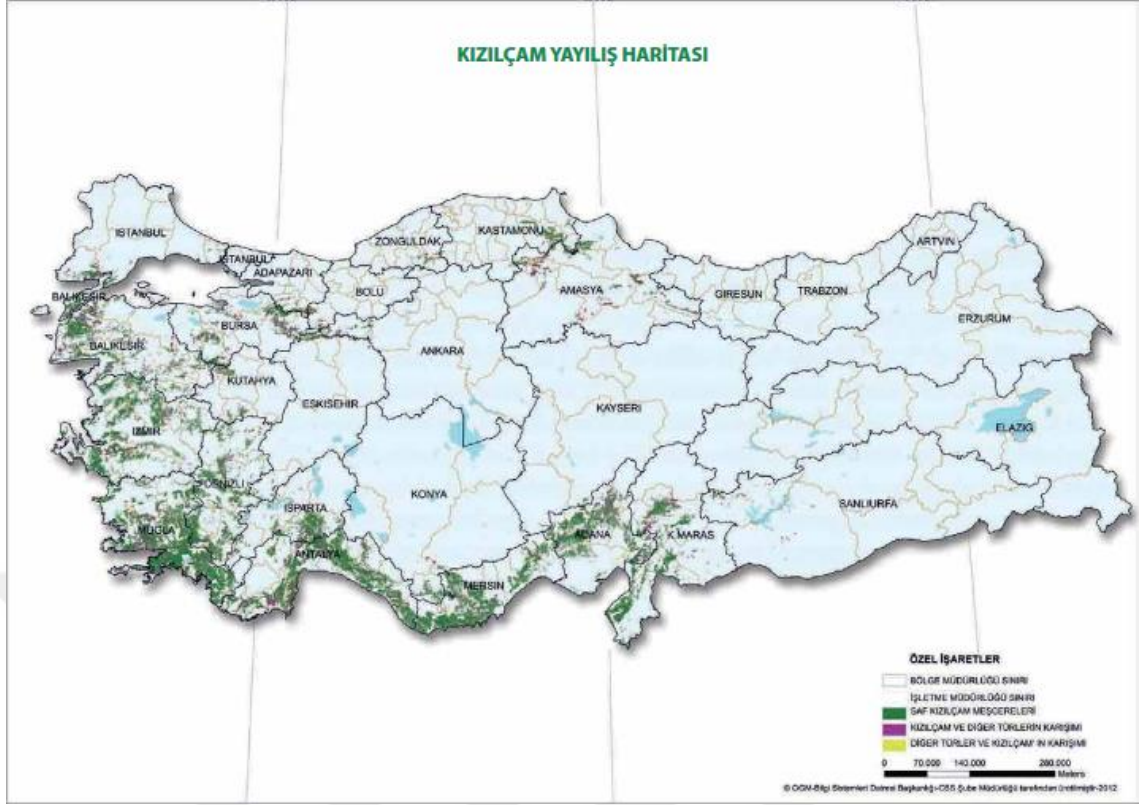
Kurudağ'da 1450-1500 m'de tek ağaç olarak bulunmaktadır. Ege'de ise Akdeniz Bölgesinin tam aksine, dağ silsilelerinin kıyı şeridinde dik uzanması nedeniyle, kızılçam oldukça içerilere kadar sokulabilmektedir. Örneğin, Gediz Vadisinde kıyıda 300 km içerilere gidebilmiştir. Bu bölgede kızılçamın doğu yayılış sınırı kabaca 31 doğu boylamı olarak kabul edilebilir. Marmara'da Kızılçam alanlarının takriben %10'u bu sınırları içinde yer almaktadır. Trakya'da Kuru Dağın Saros Körfezi'ne yamaçları ile Gelibolu Yarımadası'nın güneyinde fazla sayıda vardır. Karadeniz'de ise, batı kıyılarında seyrek olarak görülmektedir. Kıyı bitki örtüsü içinde olabileceği gibi, akarsu vadileri sayesinde, iç kısımlara kadar gidebilmektedir. Ayancık, Sinop-Boyabat yol üstünde ufak meşcereler şeklinde, Kızılırmak ve onun kolları Dervez ve Gökırmak vadilerinde küçük orman artıkları veya tek ağaç şeklinde bulunabilmektedir. Bununla birlikte Zonguldak ve Yenice'de de meşcereler kurmaktadır. Buralarda en doğu uç denizden 70 km kadar iç kısımdadır.

Alçak yükseltilerde genellikle kısa boylu, dağınık tepeli bireyler halinde bulunmakla birlikte, yükseklerde genellikle sivri tepeli, düzgün gövdeli ve ince dallı bireyler bulunmaktadır. Ülkemizde bulunan alt varyeteleri;

1. *Pinus brutia* Ten. var. *agrophiotii* Papaj. (Dipten çok dallı ve yuvarlak tepeli)
2. *Pinus brutia* Ten. var. *densifolia* Yalt. ve Boydak (Yoğun iğne yapraklıdır ve Yaygındır)
3. *Pinus brutia* Ten. var. *pendulifolia* Frankis (Uzun iğne yapraklıdır, Muğla civarında görülür)
4. *Pinus brutia* Ten. var. *pyramidalis* Selik (Piramidal tepelidir)

gibi çeşitli alt türleri bulunmaktadır (Boydak vd. 2006).

Ülkemizin çam türleri arasında en fazla yayılışı yapan Kızılçam, 5,854,673 hektar (OGM 2015) alan kaplamaktadır. Bu alanın 3.207.914 ha'ı normal kapalı meşceresi ve 2.646.759 ha'ı ise boşluklu kapalı kızılçam meşceresi olup, toplam ormanlık alanlar içinde kızılçam ormanlarının oranı %27'dir.



**Şekil 1.1.** Kızıldağın Türkiye'deki doğal yayılışı (OGM 2015)

### 1.2.2. Botanik özellikleri

Genellikle 20-25 m boya ulaşabilen ve 60 cm'ye kadar çap yapabilen orman ağaçlarıdır. Çoğu düzgün olmayan gövdeye sahip ve kalın dallı önemli bir oran ağacıken, bazı bireyleri boylu ve düzgün gövdesiyle diğer ağaçlardan ayırt edilir derecede göze hitap edebilir. Bu çam türünde genç sürgünler tüysüz ve çoğunlukla önceleri kırmızımsı sonrasında ise yeşilimsi-kahverengi bazı bireylerde ise olgunlaştıkça kurşuni-boz renkleri görülebilmektedir. Bu tür, ismini taze sürgünlerinin kırmızı renginden almaktadır. Yaşlandıkça kabuk kalınlaşır ve derin çatlaklar oluşur, üstlere doğru renk kıızıla çalar. Halep çamına göre dallar daha kalındır. Gen sürgünler kısa ve dik bir açıyla çıkarlar (Öktem 1987).

Tomurcuklar, genel olarak yumurta biçiminde ve 15-20 mm uzunlukta olup tomurcuk pulları aşağıya doğru bakmakta, kenarları kirpiklidir. İğne yapraklar 10-18 cm ve daha yukarı boyutlara ulaşabilmekte ve yumuşak yapıda, açık yeşil renkte ve kenarları ince işli şeklindedir. Çok kısa saplı kozalaklara ve ince uzun biçimde kahverengi rengini



almaktadır (Öktem, 1987). Kozalak 6-11 cm boyunda, parlak açık kahverengi ve topaç biçimindedir. Çok kısa saplı veya sapsız kozalak sürgünlere dik oturur ya da yan durumlu olarak çoğunlukla 2-6 adedi bir arada çevrel halde bulunur. Apofiz yan pervazlı, göbek büyük, içe doğru hafifçe basıktır (Yaltırık, 1993).

### **1.2.3. Silvikültürel ve ekolojik özellikleri**

Gençlik bakımı, gençlik çağında uygulanan silvikültürel işlemlerdir. Amacı, gençliğin gelişme şartlarını iyileştirmek, genç fidanların daha ilk yaşlarından itibaren zarar görmeyen büyümelerini ve işletme amacına uygun nitelikteki bir genç meşçerenin yetişmesini sağlamaktır. Yüksek kıymette ormanlar yetiştirmek, ancak maksada uygun gençlik bakımı ile mümkündür. Gençlik bakımı işlemleri zamanında yapılmalıdır. Gecikmeler hem arzu edilen faydayı sağlamaz hem de bakım masrafları artar. Bakım işlemlerinde, yetiştirmiş kaliteli işçiler çalıştırılmalıdır. Gençliğin zararlılardan korunması için, korumanın yapılmadığı yerlerde gençleştirme çalışmalarında başarılı olunamayacağı gibi büyük emek ve para sarf edilerek getirilen kızılçam gençliği her türlü zararlılardan korunmalıdır. Çeşitli böcek ve mantarlar gençlikler üzerinde zarar gösterebilmektedirler. Bunlarla zamanında ve etkin bir şekilde mücadele edilerek aynı zamanda otlatmaya karşı tel örgü ve bekçi ile bir koruma sağlanmalıdır. Otlak hayvanlarının ve bilhassa keçilerin dolaştığı gençliklerden herhangi bir istikbal beklenmesi düşünülemez.

Kızılçam sıcak ve nemli iklimlerde yetişmesine karşın, kış soğuklarına büyük ölçüde dayanıklı bir türdür, sıcaklık isteği bakımından Karaçama oranla daha toleranslıdır. Kızılçam ışık ağacı olup bu niteliği optimum alanlarda yarı ışık ağacı karakterine kadar gidebilmektedir.

Kızılçam gençlikte hızlı büyümesi ve özellikle çabuk boylanması nedeniyle, iklimin elverişli olduğu yerlerde ışık ağaçlarından Meşe ile karışıma girmektedir. Ancak, azman yapma eğiliminde olduğu için saf ve sık meşcerelerde daha kaliteli gövdeler ve dar tepeler meydana getirir. Elverişli toprak nemi ve ılıman hava koşullarında kızılçamın ana büyüme dönemi kış sonu ile ilkbahar sonu veya yaz başlangıcıdır. Elverişsiz toprak

özelliklerine sahip yörelerde bile ilk 5-15 yılda, yıllık 5-20 cm büyüme gösterdiği belirlenmiştir (Thanos *et al.* 2000, Spanos 2000).

#### 1.2.4. Odun kullanım alanları

Kızılçam, odununun yapısal olarak diri odunu, geniş ve kırmızımsı beyaz renkli olup enine kesitte gövde yarıçapının 2/3'ü kadardır. Kızılçam, bünyesi değiştirilmeden tel, 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 inşaatında iç dekorasyonda, mobilya ve talaş levhaları imalinde özellikle kullanılabilir. Kızılçam odunu kereste, inşaat malzemesi, ambalaj sandığı, tel direği, maden direği, çit kazığı, döşeme, travers, tarım aletleri, mobilya yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca, kontrplak ve selüloz sanayinde önemli bir ham madde ve kabukları tanen üretiminde değerlendirilmektedir (Erten ve Taskın 1985, Taş 2017). Ayrıca, odunu sülfat yöntemiyle selülozik madde elde edilmesinde gerek lif morfolojisi gerekse kimyasal bileşim ve fiziksel dayanım özellikleri bakımından elverişli bir hammadde olduğu saptanmıştır (Göksel 1984).

Ercanlı ve Şenyurt (2017), yaptıkları çalışmada Bozalan ve Çubuk Yöresi sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaçları için gövde çapı denklemlerinin farklı otoregresif modelleme yaklaşımları ile geliştirilmesi inceleyerek doğrusal olmayan regresyon analizi ile Jiang *et al.* (2005)'in gövde çapı denklemi geliştirilmesi amaçlanarak, farklı çap ve boylarda olmak üzere 117 ağaçta gövde boyunca çaplar ölçülmüştür. Geliştirilen bu denkleme ait Durbin-Watson katsayısını bulmuşlardır. Gövde çapı tahminlerinde belirgin olan otokorelasyon problemini gidermek üzere; Jiang *et al.* (2005) denklemlerinin parametreleri ayrıca, AR(1), AR(2), AR(3), MA(1), MA(2) ve MA(3) gibi çeşitli otoregresif parametre tahmin yöntemleri ile de tahmin edilmiş ve başarı durumları karşılaştırılmış ve denklemin sahip olduğu karmaşık ve farklı gövde şekillerine göre düzenlenebilen yapısı ile gövde gelişimindeki farklı formdaki değişkenliği başarılı bir şekilde yansıtabildiğini açıklamışlardır.

Sönmez (2009), *Picea orientalis* L türü için yaptığı çalışmada bireysel çap tahmini ve diğer meşcere parametrelerinin tahmini için kullanılan çeşitli temel modellerin

karşılaştırılmasını amaçlayarak, çalışmada kullanılan veriler Artvin yöresi aynı yaşlı, saf doğu ladini meşcerelerinden 440 adet ağaç yardımıyla yapılmıştır. Toplanan verilerden 406 tanesi modelin oluşturulması için kullanılırken kalan veriler modelin doğrulanması için ayrılmıştır. 406 ağaç ile toplamda 17 doğrusal olmayan model geliştirilmiş ve model 8'in en iyi sonuçları verdiğini bulmuştur.

Brooks *et al.* (2008), Mut ve Elmalı yörelerinde Kızılçam, Lübnan Sediri ve Toros Göknaarı için toplam 359 adet örnek ağaç kullanılarak Max and Burkhart (1976) tarafından geliştirilmiş Segmented Polinomiyal gövde çapı denklemleri ile uyumlu gövde hacmi ve gövde çapı denklemleri geliştirmiştir.

Özçelik vd. (2011), Bucak Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içinde 138 Kızılçam, 129 Toros Sediri ve 204 Göknaar 471 ağaçta Max and Burkhart (1976), tarafından geliştirilen segmented polinimiyal denklemleri ile gövde çapı ve gövde hacim modelleri geliştirmiştir.

Özçelik ve Brooks (2011), Isparta Orman Bölge Müdürlüğü'nden elde ettiği 248 adet Kızılçam, 124 adet Toros Sedir, 196 adet Toros Sediri ve 162 adet Karaçam ağacı ve Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü'nden elde ettiği 95 adet Sarıçam ağacı olmak üzere toplam 825 örnek ağaç için Clark *et al.* (1991)' in segmented gövde çapı denklemleri kullanarak uyumlu gövde hacim modeli geliştirmiştir.

Özçelik ve diğerleri (2012), Bucak-Uğurlu işletme Şefliğinden elde ettiği 100 adet Kızılçam örnek ağacı verisini kullanarak Max and Burkhart (1976) ve Parresol *et al.* (1987) denklemleri ile uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri geliştirmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

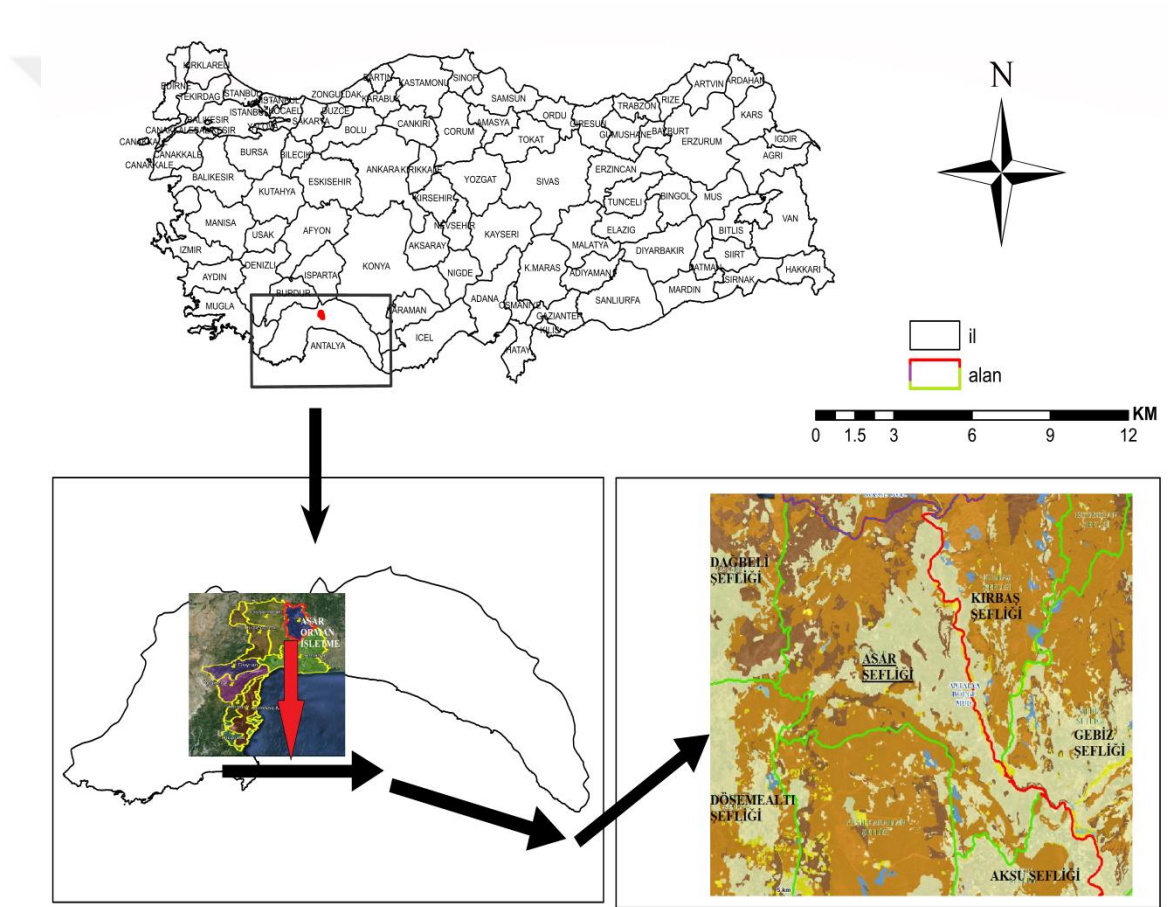
### 2.1. Materyal

Bu çalışma, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Antalya Orman İşletme Müdürlüğü, Asar Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yayılış gösteren Kızılçam (*Pinus brutia*.) meşcerelerindeki ağaçlara ilişkin gövde çapı denklem modelleri geliştirilmiştir. Çalışma alanı olan Asar orman işletme şefliği sınırları içerisinde yayılış gösteren kızılçam meşcerelerinden farklı çaplarda ve boylarda 206 adet örnek ağaçtan veriler elde edilmiştir. Daha doğru bir çalışma olabilmesi için çalışma alanından elde edilen örnek ağaçların, gözlemlenen gövde çapı gelişimindeki değişkenliğini en iyi biçimde temsil edecek özelliklere sahip olmasına özen gösterecek şekilde yapılmıştır. Ağaçların; bozuk tepeli, kusurlu olmamasına, böcek tahribatına uğramamış, mantar zararı ve özellikle çeşitli sebeplerden yaralanıp dip çürüklüğü olmayan bir özellik taşımaya dikkat edilmiştir. Ağaçlar, farklı çap ve boy kademelerine mümkün olduğunca dengeli olarak seçilmiştir. Örnek ağaçların alındığı yere ait harita Şekil 2.1’de verilmiştir.

Özellikle farklı çap ve boylarda ağaçlar seçilerek dip kütük yüksekliğinden (0.3 m) kestirilerek mümkün olduğunca düzenli bir şekilde (0.3 m, 1.3 m, 3.3 m gibi, 2’şer metre ara ile) gövde çapları ölçülmüştür. Gövde boyunca, ilk olarak kesilen kısım olan 0.3 metrede çap ölçülür sonra, şerit metre 1 metre çekilerek 1.3 metrede çap ölçülüp, daha sonra şerit metre ile 2 metre çekilerek 3.3, 5.3, 7.3, 9.3... metre yüksekliklerden ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler yapılırken, eğer ağaç gövdesi bozuk şekilli ise; gövde kesimine dik iki yönde çap ölçümü alınıp, iki ölçümün ortalaması alınmıştır. Özellikle ağacının son kısmına doğru eğer 2 metreden daha kısa bir mesafe kalmış ise, çap ölçülemediğinde ise kalan uç parçanın uzunluğu şerit metre ile ölçülmüştür. Örnek ağaçlara ait temel istatistik değerleri verilmiştir (Çizelge 2.1).

**Çizelge 2.1.** Örnek ağaçlara ilişkin temel istatistiksel bilgiler

	Göğüs çapı (cm)	Boy (m)
Minimum	12.0	7.0
Maksimum	56.0	23.1
Ortalama	31.64	14.26
Standart sapma	9.89	3.77



**Şekil 2.1.** Çalışma alanının coğrafik konumu

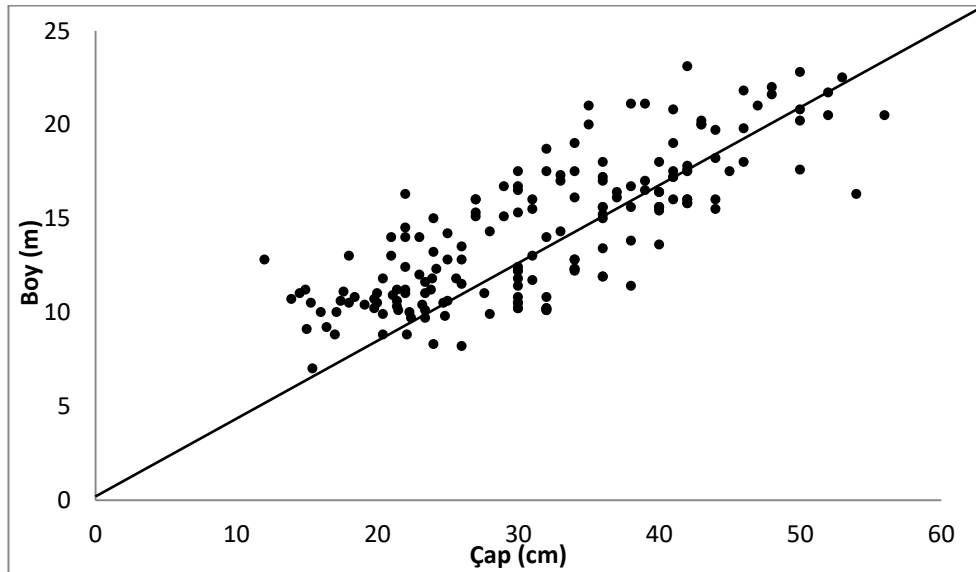
Çalışmada kullanılan veriler; gövde çapı denklemlerinin parametrelerinin tahmininde ve meşcereye uygunluğunun denetiminde kullanılan veriler olarak rastgele bir şekilde 2 gruba ayrılmıştır. İlk grupta, toplam verinin yaklaşık %85'i (n=175), II. grupta ise yaklaşık %15'i (n=31) bulunmaktadır.

Çizelge 2.2.'de, I. ve II. grupta bulunan verilerin, dörder cm'lik çap ve ikişer m'lik boy basamaklarına dağılımı verilmiştir. Şekil 2.3. ve Şekil 2.4. 'te, gövde çapı denkleminin oluşturulmasında (I.) ve denetiminde (II.) kullanılan veri gruplarına ilişkin göğüs çapı-boy ilişkisi verilmiştir.

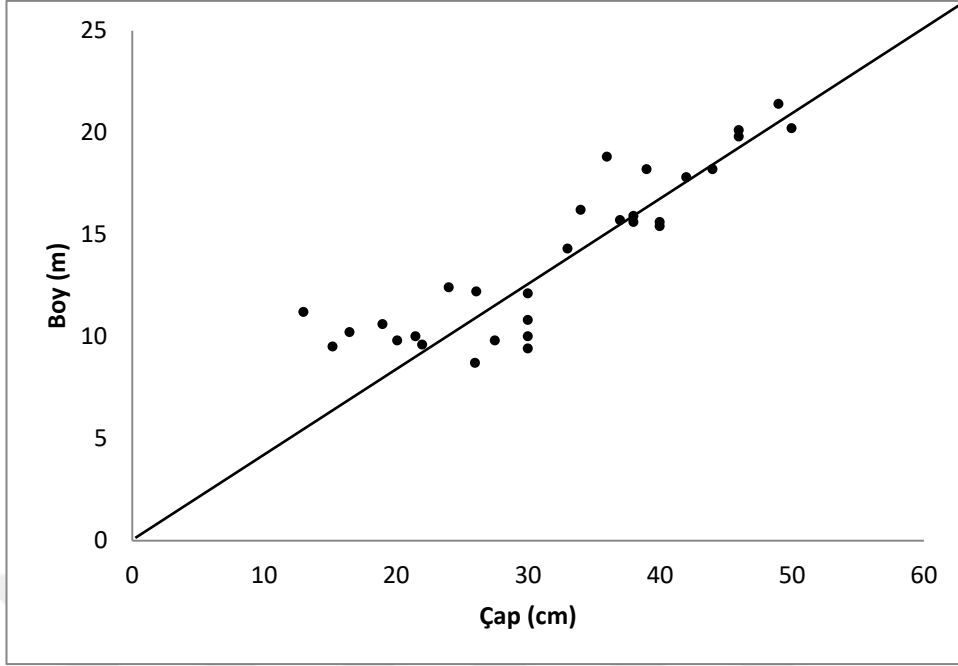
**Çizelge 2.2.** Modellerin oluşturulmasında ve denetiminde kullanılan verilerin çap ve boy sınıflarına dağılımı

BOY BASAMAK DEĞERLERİ (m)	ÇAP BASAMAK DEĞERLERİ (cm)												Σ
	14	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	58	
7	1												1
9	1 (1) *	2	5 (2)	3 (2)	1 (1)								12 (6)
11	4 (1)	9 (2)	17 (1)	5	8 (2)	5	3						51 (6)
13	1	1	3	5 (2)	4 (1)	5	2	1					22 (3)
15			4	4	4	2 (1)	5 (3)	6 (2)	1				26 (6)
17			1	2	5	4 (2)	7	11 (1)	2	1	1		34 (3)
19						2	1 (2)	2	4 (2)				9 (4)
21						2	2	4	2 (1)	3 (2)	2	1	16 (3)
23								1		2	1		4
Σ	7 (2)	12 (2)	30 (3)	19 (4)	22 (4)	20 (3)	20 (5)	25 (3)	9 (3)	6 (2)	4	1	175 (31)

\*parantez içindeki değerler, modellerin denetiminde kullanılan verilerdir



**Şekil 2.3.** Modellerin oluşturulmasında kullanılan verilerin çap-boy ilişkisi



Şekil 2.4. Denetimde kullanılan verilerin çap-boy ilişkisi

## 2.2. Yöntem

Örnek ağaçlarda 0,3 m.'den başlayıp, 1.30 m ve devamındaki 2'şer m. ara ile çaplar ölçülmüştür. Böylelikle gövde boyunca çap düşüşü elde edilmiştir. Gövdenin dibinden uca doğru sürekli azalış gösteren ve çap düşüşü de denilen ağaç çapındaki değişimin modellenmesinde, gövde çapı denklemleri kullanılmaktadır. Ağaçların gövde şekli üzerine çalışmalar takriben 100 yıldır devam etmekte olup (Claughton-Wallin and McVicker 1920, Behre 1923), özellikle gövdenin ticari kısımlarının hacim değerlerini veren hacim oran denklemleri ile istatistiksel anlamda ilk gövde profili modelleri 1960'lı yıllardan sonra geliştirilmeye başlanmıştır (Honer 1967, Burkhart 1977, Cao *et al.* 1980, Clutter 1980, Newnham 1992). İlk yıllarda geliştirilen basit gövde çapı denklemleri, gövde boyunca çap değişimini tek bir denklem ile temsil etmeye çalışırken, gövde modellerinin tamamı yerine, şekil farklılıkları gösteren her bir bölüm için ayrı bir polinom oluşturarak, bu polinomları bir modelde birleştirip "Segmented Polinomiyal Gövde Profili Modeli" olarak isimlendirilen gövde çapı modeli ilk olarak Max and Burkhart (1976) tarafından geliştirilmiştir. 1 no.lu Max and Burkhart (1976) modeli;

MODEL 1:

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

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

biçiminde olup, bu 1 no.lu denklemde;

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

D = Kabuklu göğüs çapı (cm),

h = Ölçüm noktasının yerden olan yüksekliği (m),

H = Toplam ağaç boyu (m),

a<sub>i</sub> = Örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktaları, i=1,2

b<sub>i</sub> = regresyon katsayıları, i=1,4, göstermektedir.

Clark *et. al* (1991), Max and Burkhart (1976) tarafından geliştirilen model yapısından farklı bir formda segmented polinomiyal gövde profili modeli geliştirmiştir. Jiang *et al.* (2005) ise, Clark *et. al.* (1991)'in önerdiği segmented polinomiyal gövde profil denklemini esas alarak, çeşitli dönüşümler ile daha az parametreye sahip yeni bir denklem formu geliştirmiştir. 2 no.lu Jiang *et al.* (2005)'in denklem yapısı aşağıda verilmiştir.

MODEL 2:

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

Bu 2 no.lu denklemde;

d= Gövde boyunca herhangi bir yükseklikte ölçülen çap değeri (cm),

D = Kabuklu göğüs çapı (cm),

h = Ölçüm noktasının yerden olan yüksekliği (m),

H = Toplam ağaç boyu (m),

F= 5.30 metre yüksekliğindeki gövde çapını (cm) göstermektedir.



$$I_S = \begin{cases} 1 & h < 1.30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} \quad I_B = \begin{cases} 1 & 1.30 \leq h < 5.30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_T = \begin{cases} 1 & h > 5.30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases} \quad I_S = \begin{cases} 1 & h < (5.30 + b_3(H - 5.30)) \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

Kozak (1988)'in denklemini esas alarak geliştirilmiş 3 farklı modele ilişkin parametre tahminleri de elde edilmiştir.

MODEL 3:

$$dib = a_0 D^{a_1} X^{b_0 + b_1 z^2 + b_2 z^{1/3} + b_3 \sqrt{z} + b_4 \exp(z) + b_5 (D/H)} + \epsilon$$

$$X = \frac{1 - z^{1/2}}{1 - p^{1/2}}$$

MODEL 4:

$$dib = a_0 D^{a_1} X^{b_0 + b_1 z^{1/4} + b_2 z^{1/3} + b_3 z^{1/2} + b_4 \arcsin(Q) + b_5 (D/H)} + \epsilon$$

$$X = \frac{1 - z^{1/2}}{1 - p^{1/2}}, \quad Q = 1 - z^{1/2}$$

MODEL 5:

$$dib = a_0 D^{a_1} H^{a_2} X^{b_0 + b_1 z^4 + b_2 [1/\exp(D/H)] + b_3 X^{0.1} + b_4 (1/D) + b_5 H^Q + b_6 X} + \epsilon$$

$$X = \frac{1 - z^{1/3}}{1 - p^{1/3}}, \quad Q = 1 - z^{1/3}, \quad p = \frac{1.3}{H}$$

Geliştirilen bu 5 farklı gövde çapı modeli arasından, gövde çapını modellemede en başarılı olan denklemi belirlemek üzere çeşitli istatistiksel başarı ölçütleri kullanılmıştır. Kullanılan başarı ölçütleri; Hata kareler toplamı (HKT), Hata Kareler Ortalaması (HKO), Hata Kareler Ortalamasının karekökü (HKOK) ve Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı ( $R^2$ ) değerleridir. Bu ölçüt değerlerinden, HKT, HKO ve HKOK değerlerinin küçük, Belirtme Katsayısı değerlerinin ise olabildiğince 1'e yakın olması istenilmektedir. Bu istatistiki değerlere ilişkin formüller aşağıda verilmiştir;

$$\text{Hata Kareler Ortalaması (HKO)} = \sum_{i=1}^n \frac{(d_i - \bar{d}_i)^2}{n} \quad (5)$$

$$\text{Hata kareler Ortlamasının Karekökü (HKOK)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \hat{d}_i)^2}{n-p}} \quad (6)$$

$$\text{Hata Kareler Toplamı(HKT)} = \sum_{i=1}^n (d_i - \hat{d}_i)^2 \quad (7)$$

$$\text{Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R}_{\text{düz.}}^2) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \hat{d}_i)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d}_i)^2 (n-p)} \quad (8)$$

Yukarıdaki formüllerdeki,  $d_i$ ; belirli bir h yüksekliğinde ölçülen çap değeri,  $\hat{d}_i$ : geliştirilen gövde çapı modeli ile tahmin edilen çap değerini, n: veri sayısını ve p: modeldeki parametre sayısını ifade etmektedir.

Denklemin yapısı verilen gövde profil denkleminin tahminleri ile çeşitli istatistiksel başarı ölçüt değerlerinin elde edilmesinde, SAS İstatistik Paket Programındaki PROC MODEL prosedürü kullanılmıştır (SAS Institute Inc. 2004).

En başarılı olarak tespit edilen denkleme ait tahminlerin doğruluğu ve tutarlılığı, ikinci grup olarak ayrılan ve model geliştirilmesinde kullanılmayan bağımsız veriler ile denetlenmiştir. Özellikle denklemlerin oluşturulmasında kullanılmamış olan 31 adet ağaca ilişkin arazide ölçülen çap değerleri ile denklem kullanılarak tahmin edilen çap değerleri hem grafiksel olarak karşılaştırılmış hem de geliştirilen denklemin istatistiksel olarak uygunluğu “Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired t test)” ile analiz edilmiştir.

### 3. BULGULAR

Bu çalışmada kullanılan 5 farklı denklem modeline ilişkin parametre tahminleri, standart hata değerleri, t-hesap değerleri ile önem düzeyleri ve çeşitli model başarı ölçüt değerleri, Çizelge 3.1’de verilmiştir. Bu 5 farklı denklem modeline (Model 1-5) ait gözlem çap değerleri- tahmini çap değerleri (Şekil 3.1- Şekil 3.6) ile tahmini çap- hata grafikleri (Şekil 3.7 - Şekil 3.12) ayrı ayrı çizilmiştir.

Max and Burkhart (1976) (Model 1) denkleminde HKT = 15896.8, HKO = 11.3382, HKOK = 3.3672 elde edilirken  $R^2_{adj} = 0.9288$  elde edilmiştir. Bu denklemin bazı parametrelerinin  $p < 0.05$  önem düzeyi ile anlamlı olmadığı görülmektedir. Kozak (1988)’ın denklemini esas alarak geliştirilmiş olan Model 3, Model 4 ve Model 5 denklemleri incelendiğinde; Model 3’te HKT = 10965.5, HKO = 7.8775, HKOK = 2.8067 elde edilirken  $R^2_{adj} = 0.9505$  elde edilmiştir. Bu denklemde bazı parametrelerin anlamlı olduğu görülürken bazı parametrelerin anlamsız olduğu görülmektedir. Model 4’te HKT = 10692.2, HKO = 7.6867, HKOK = 2.7725 elde edilirken  $R^2_{adj} = 0.9517$  elde edilmiştir. Bu denklemde, bazı parametrelerin anlamsız olduğu görülmektedir. Model 5’te HKT = 10072.8, HKO = 7.2518, HKOK = 2.6929 elde edilirken  $R^2_{adj} = 0.9540$  elde edilmiştir. Bu denklemde bazı parametrelerin anlamsız olduğu görülmektedir. Model 2 olarak adlandırdığımız Jiang *et al.* (2005) denkleminde ise HKT = 8988.3, HKO = 6.4432, HKOK = 2.5384 elde edilirken  $R^2_{adj} = 0.9595$  elde edilmiştir. Denklemdaki tüm parametreler anlamlı olarak elde edilmiştir. HKT, HKO, HKOK ve  $R^2_{adj}$  değerlerinden oluşan başarı ölçütleri değerlendirildiğinde en başarılı denklem olarak 2 numaralı Jiang *et al.* (2005) denklemi (Model 2) olduğu belirlenmiştir. Jiang *et al.* (2005) denkleminde tahmin edilen katsayılar yerine konulursa aşağıda gösterildiği şekilde gövde çapı denklemi elde edilmiş olur;

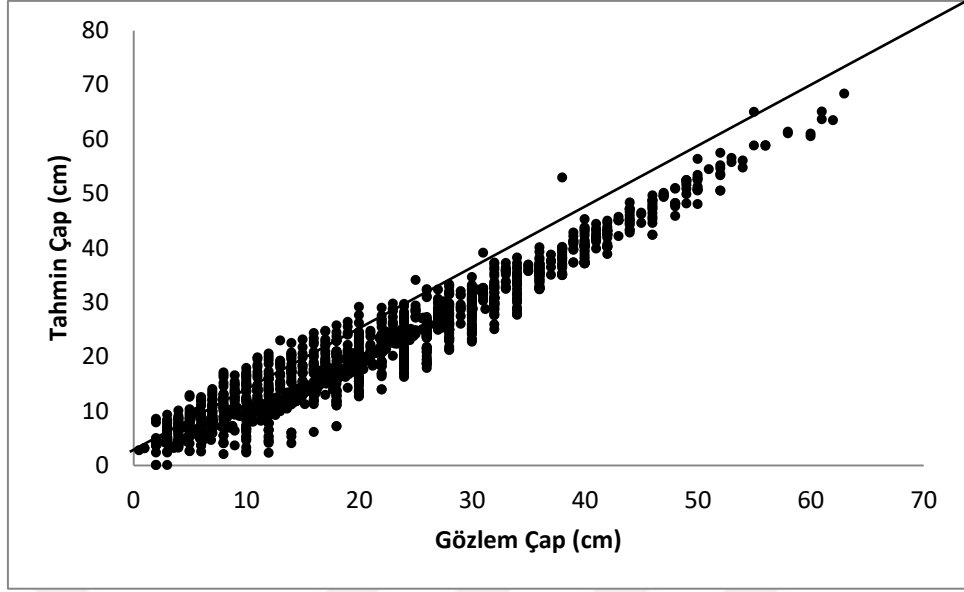
$$d = \left\{ \begin{array}{l} I_S \left[ D^2 \left( 1 + \frac{(1 - h/H)^{44.16112} - (1 - 1.30/H)^{44.16112}}{1 - (1 - 1.30/H)^{44.16112}} \right) \right] \\ + I_B \left[ D^2 - \frac{(D^2 - F^2)((1 - 1.30/H)^{2.170594} - (1 - h/H)^{2.170594})}{(1 - 1.30/H)^{2.170594} - (1 - 5.30/H)^{2.170594}} \right] + \\ + I_T \left[ F^2 \left( 2.970218 \left( \frac{h - 5.30}{H - 5.30} - 1 \right)^2 + I_M \left( \frac{1 - b_4}{0.8822572} \right) \left( 0.882257 - \frac{h - 5.30}{H - 5.30} \right)^2 \right) \right] \end{array} \right\}^{0.5}$$

Ağaçların gövde çapı tahminlerindeki başarı durumları, şekil 3.1 - 3.6'da görülmektedir. Özellikle 45 derecelik köşegenden geçen doğru üzerinde, Jiang (2005)'ın denklemi ile elde edilen tahminlerin daha fazla toplandığı, bu bakımdan, Jiang (2005) denklemi ile daha başarılı tahminler elde edildiği sonucuna varılmaktadır.

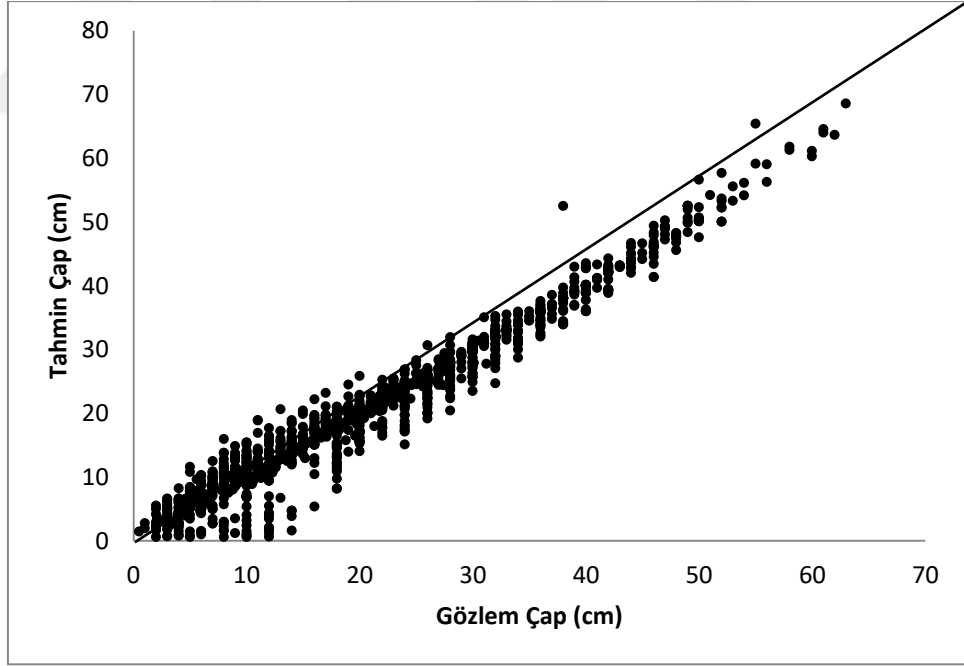
Denklemlerin oluşturulmasında kullanılmamış olan 31 adet ağaca ilişkin arazide ölçülen çap değerleri ile denklem kullanılarak tahmin edilen çap değerleri % 95 güven aralığında "Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired t test)" ile analiz edilmiştir. % 95 güven aralığında sig (2 tailed) değeri 0,148 olarak çıkmıştır. Bu değer 0,05'in üstünde olduğu için gözlem değerleri ile tahmin değerleri arasında önemli derecede fark yoktur kanaatine varılmıştır.

**Çizelge 3.1.** Geliştirilen farklı gövde çapı denklemlerinin parametre değerleri ile çeşitli model başarı ölçütleri

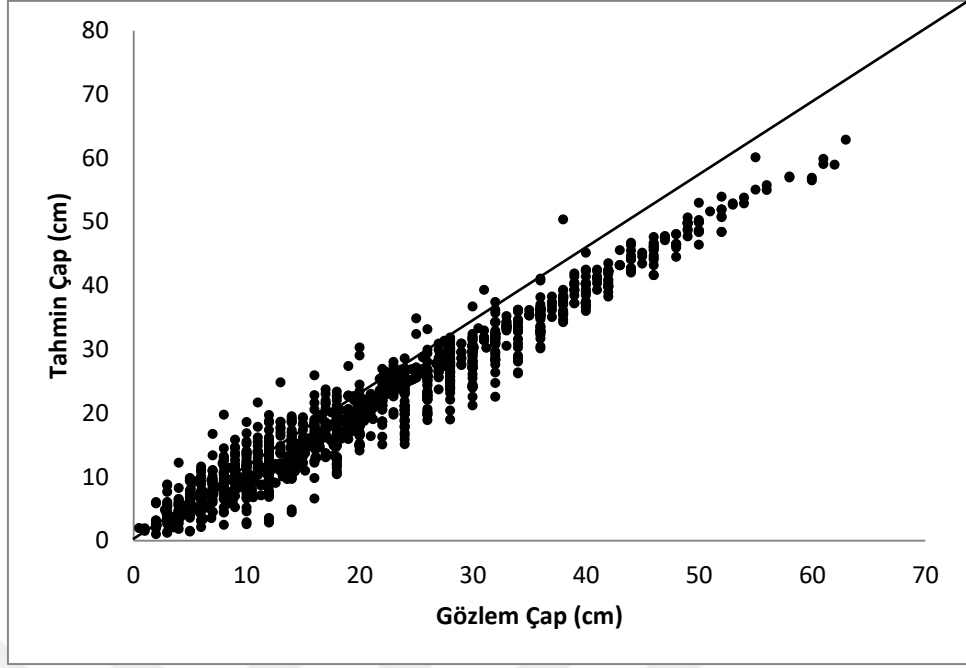
MODEL	HKT	HKO	HKOK	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub>		Tahmin	Standart Hata	t-değeri	P>t
MODEL 1	15897	11,338	3,3672	0,929	b <sub>1</sub>	-1,50444	0,5054	-2,98	0,003
					b <sub>2</sub>	0,493916	0,3066	1,61	0,1074
					b <sub>3</sub>	0,363421	0,3257	1,12	0,2647
					b <sub>4</sub>	48,57662	10,275	4,73	<0.0001
					a <sub>1</sub>	0,635857	0,1787	3,56	0,0004
					a <sub>2</sub>	0,100739	0,00937	10,5	<0.0001
MODEL 2	8988,3	6,4432	2,5384	0,96	b <sub>1</sub>	44,16112	1,8953	23,3	<0.0001
					b <sub>2</sub>	2,170594	0,4615	4,7	<0.0001
					b <sub>3</sub>	0,882257	0,00894	98,74	<0.0001
					b <sub>4</sub>	2,970218	0,122	24,36	<0.0001
MODEL 3	10966	7,8775	2,8067	0,951	a <sub>0</sub>	1,11142	0,0461	24,11	<0.0001
					a <sub>1</sub>	0,971384	0,0116	83,9	<0.0001
					b <sub>0</sub>	-3,79573	1,3229	-2,87	0,0042
					b <sub>1</sub>	-6,44122	1,7096	-3,77	0,0002
					b <sub>2</sub>	-3,631	0,917	-3,96	<0.0001
					b <sub>3</sub>	5,508133	1,4518	3,79	0,0002
MODEL 4	10692	7,6867	2,7725	0,952	a <sub>0</sub>	1,085608	0,0486	22,32	<0.0001
					a <sub>1</sub>	0,974883	0,0125	77,82	<0.0001
					b <sub>0</sub>	-88,0009	26,948	-3,27	0,0011
					b <sub>1</sub>	174,8788	73,6136	2,38	0,0177
					b <sub>2</sub>	-153,859	74,4755	-2,07	0,039
					b <sub>3</sub>	68,00397	27,3746	2,48	0,0131
					b <sub>4</sub>	54,00526	15,0769	3,58	0,0004
					b <sub>5</sub>	-0,22435	0,0116	-19,28	<0.0001
MODEL 5	10073	7,2518	2,6929	0,954	a <sub>0</sub>	1,033477	0,0499	20,71	<0.0001
					a <sub>1</sub>	1,027411	0,0182	56,34	<0.0001
					a <sub>2</sub>	-0,04066	0,0222	-1,83	0,0668
					b <sub>0</sub>	-1,68162	0,2213	-7,6	<0.0001
					b <sub>1</sub>	0,540078	0,0726	7,44	<0.0001
					b <sub>2</sub>	2,457046	0,1501	16,37	<0.0001
					b <sub>3</sub>	2,367465	0,2499	9,47	<0.0001
					b <sub>4</sub>	-5,18538	0,8597	-6,03	<0.0001
					b <sub>5</sub>	-0,00152	0,0117	-0,13	0,8963
b <sub>6</sub>	-0,25963	0,0623	-4,17	<0.0001					



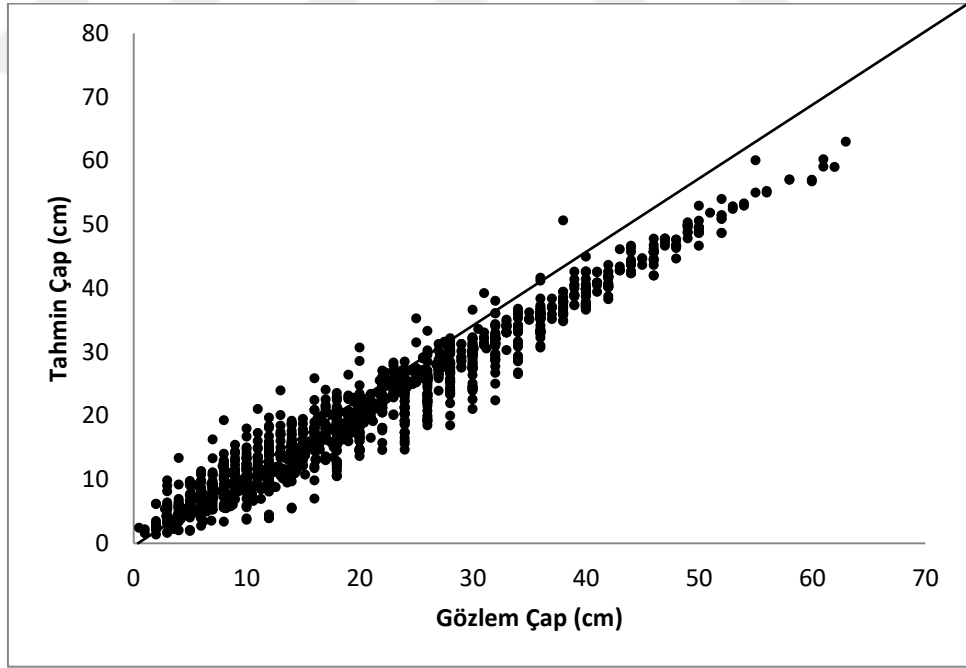
**Şekil 3.1.** Model 1 (Max and Burkhart (1976)) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerinin arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi



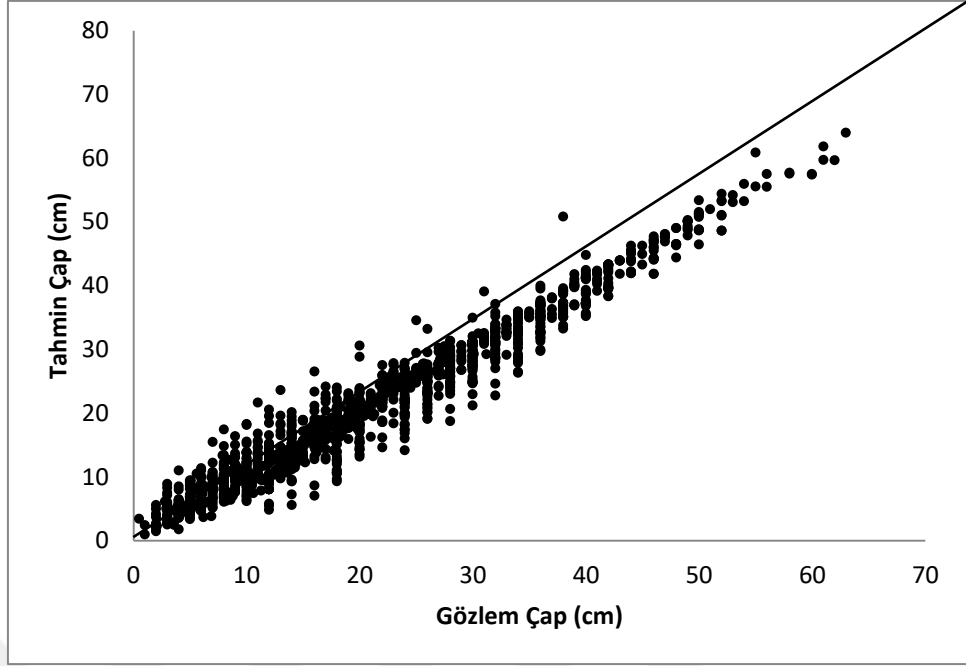
**Şekil 3.2.** Model 2 (Jiang et al. (2005)) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerinin arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi



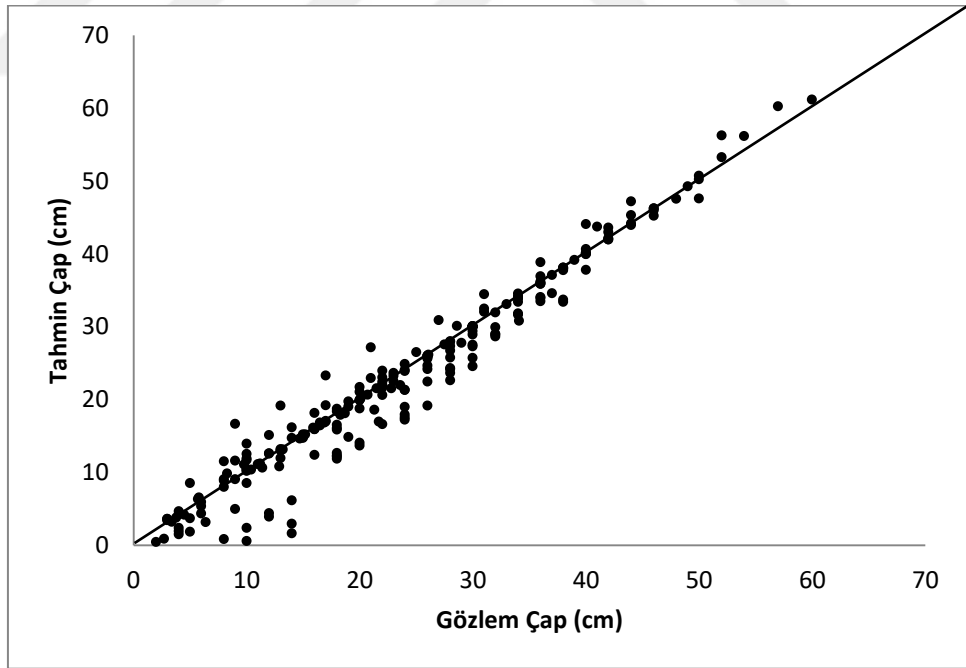
Şekil 3.3. Model 3'ün oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerinin arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi



Şekil 3.4. Model 4'ün oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerinin arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi



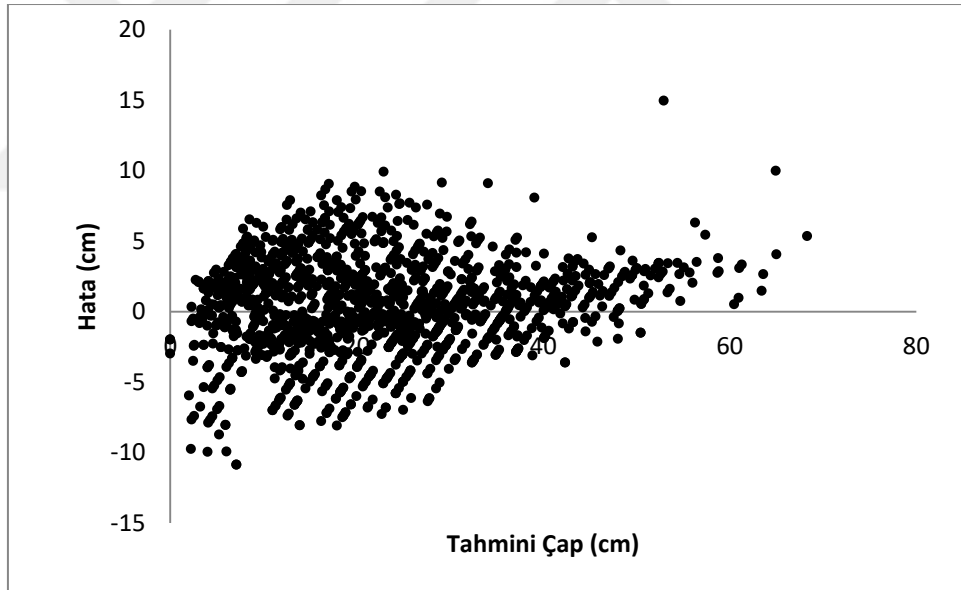
Şekil 3.5. Model 5'in oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen tahmin değerlerinin arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi



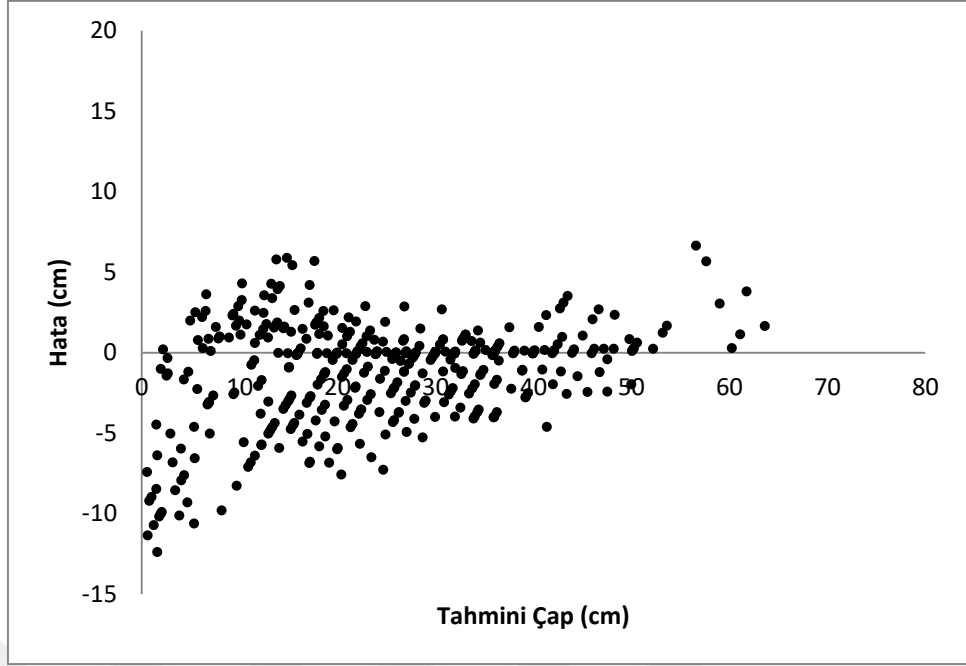
Şekil 3.6. Model 2 (Jiang et al. (2005)) Bağımsız veri grubuna ilişkin model tahmin değerlerinin arazide ölçülen çap değerlerine göre değişimi



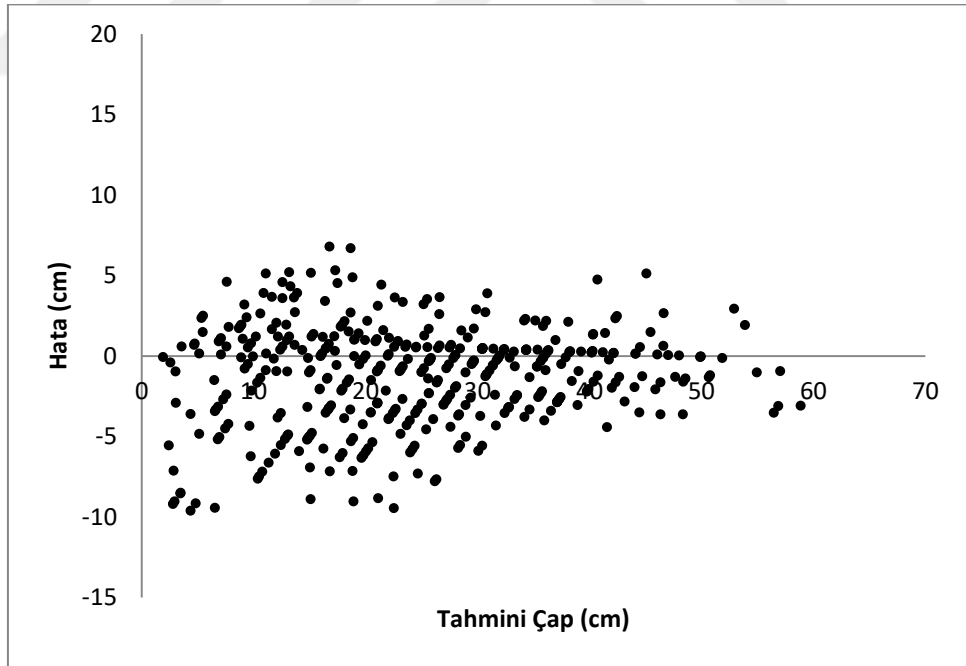
Modellerin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerlerine göre değişimleri de incelenmiş ve grafikleri çizilmiştir. Hatalar incelendiğinde; Model 1’de hata değerlerinin -10,8856 ile 14,9361 arasında değerler aldığı, Model 2’de hata değerlerinin -12,3983 ile 6,3135 arasında değerler aldığı, Model 3’te hata değerlerinin -9,6262 ile 6,7901 arasında değerler aldığı, Model 4’te hata değerlerinin -9,6152 ile 6,7112 arasında değerler aldığı, Model 5’te ise hata değerlerinin -9,8347 ile 8,1146 arasında değerler aldığı görülmüştür. Hata değerleri arasında en az farkın Model 4’te olduğu gözükse de başarı ölçüt durumları ve parametrelerinin anlamlılık durumlarına göre Model 2 (Jiang *et al.* (2005)) modeli daha uygundur. Ayrıca Jiang *et all* (2005) ile elde edilen tahminlere ilişkin hata değerlerinin ortalaması sıfır olup, artı ve eksi yöndeki hataların dağılımının dengeli ve rasgele bir biçimde olduğu görülmektedir.



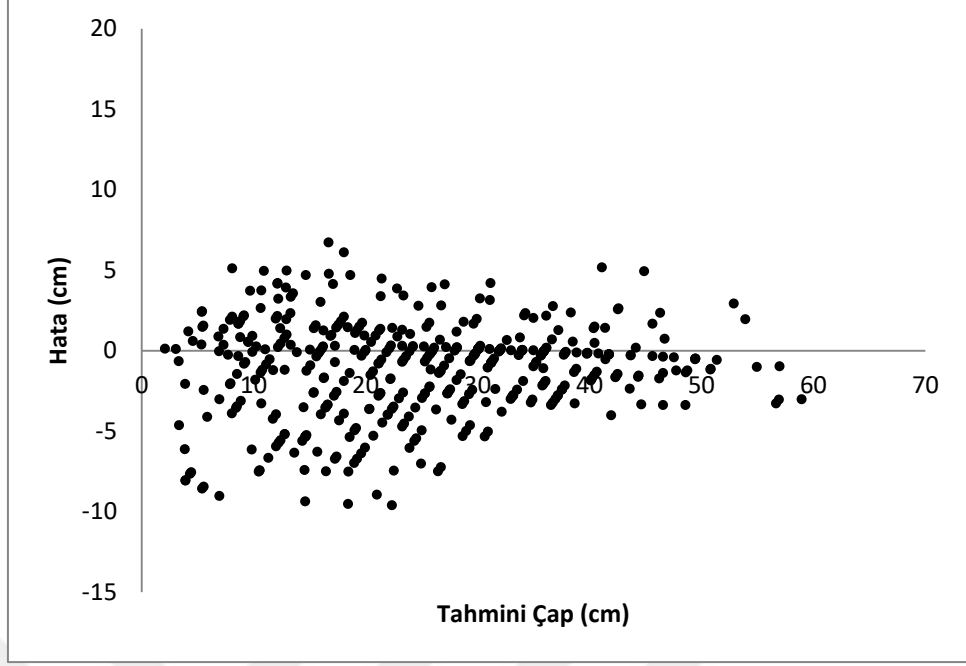
**Şekil 3.7.** Model 1 (Max-Burkhart (1976)) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerlerine göre değişimi



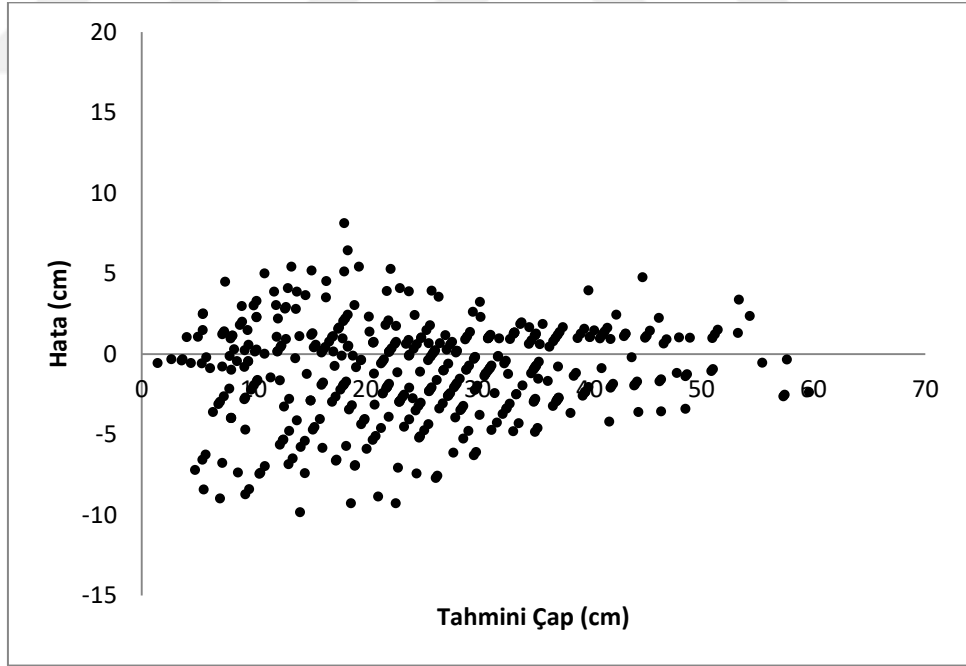
**Şekil 3.8.** Model 2 (Jiang et al. (2005)) modelinin oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerlerine göre değişimi



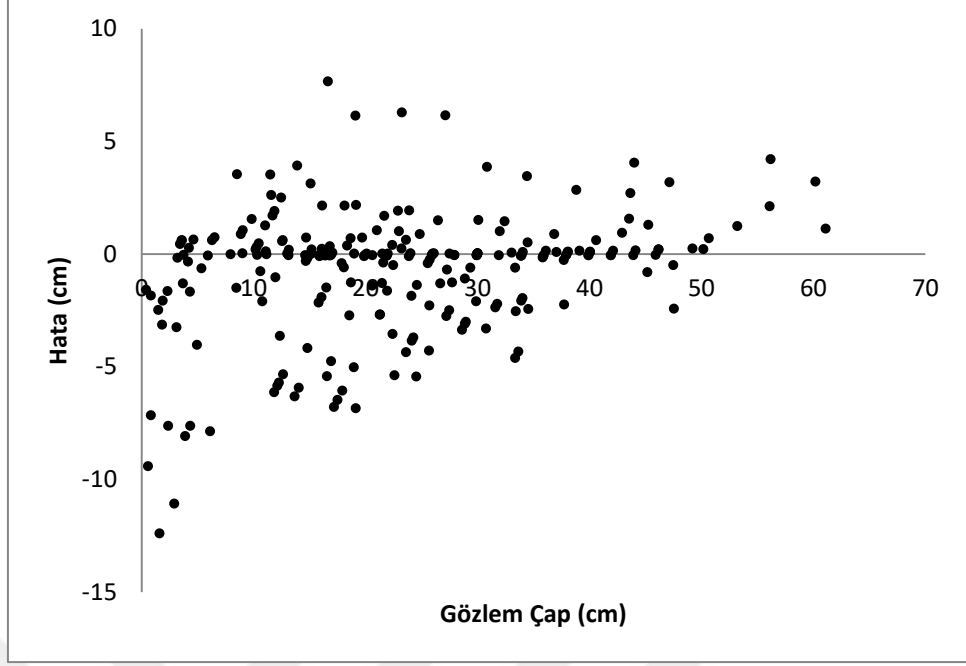
**Şekil 3.9.** Model 3'ün oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerlerine göre değişimi



**Şekil 3.10.** Model 4'ün oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerlerine göre değişimi



**Şekil 3.11.** Model 5'in oluşturulmasında kullanılan veriler için elde edilen model hatalarının tahmin edilen çap değerlerine göre değişimi



Şekil 3.12. Model 2 (Jiang et al. (2005)) Bağımsız veri grubuna ilişkin model hatalarının tahmin değerlerine göre değişimi

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Antalya Orman İşletme Müdürlüğü, Asar Orman İşletme Şefliği sınırları içinde yayılış gösteren Kızılçam (*Pinus brutia*.) meşcerelerindeki ağaçlara ilişkin ayrıntılı gövde çapı denklem modelleri geliştirilmiştir. Çalışma alanı olan Asar orman işletme şefliği sınırları içerisinde yer alan kızılçam meşcerelerinden farklı çaplarda ve boylarda 206 adet örnek ağaçtan veriler elde edilmiştir. Bu amaçla Max and Burkhart (1976), Jiang *et al.* (2005) ve Kozak (1988)'in denklemini esas alarak geliştirilmiş 3 farklı model olmak üzere toplam 5 adet "Segmented Polinomiyal" gövde çapı denklemleri kullanılmıştır. Denklemlerin parametrelerinin tahmininde ve model başarı ölçütleri hesaplamalarında, doğrusal olmayan regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır. Denklemler incelendiğinde Model 1 olarak adlandırdığımız Max and Burkhart (1976) denkleminde HKT = 15896.8, HKO = 11.3382, HKOK = 3.3672 elde edilirken  $R^2_{adj} = 0.9288$  elde edilmiştir. Bazı parametrelerinin  $p < 0.05$  önem düzeyi ile anlamlı olmadığı görülmektedir. Kozak (1988)'in denklemini esas alarak geliştirilmiş olan Model 3, Model 4 ve Model 5 denklemleri incelendiğinde; Model 3'te HKT = 10965.5, HKO = 7.8775, HKOK = 2.8067 elde edilirken  $R^2_{adj} = 0.9505$  elde edilmiştir. Bazı parametrelerin anlamlı olduğu görülürken bazı parametrelerin anlamsız olduğu görülmektedir. Model 4'te HKT = 10692.2, HKO = 7.6867, HKOK = 2.7725 elde edilirken  $R^2_{adj} = 0.9517$  elde edilmiştir. Bazı parametrelerin anlamlı olduğu görülürken bazı parametrelerin anlamsız olduğu görülmektedir. Model 5'te HKT = 10072.8, HKO = 7.2518, HKOK = 2.6929 elde edilirken  $R^2_{adj} = 0.9540$  elde edilmiştir. Bazı parametrelerin anlamlı olduğu görülürken bazı parametrelerin anlamsız olduğu görülmektedir. Model 2 olarak adlandırdığımız Jiang *et al.* (2005) denkleminde ise HKT = 8988.3, HKO = 6.4432, HKOK = 2.5384 elde edilirken  $R^2_{adj} = 0.9595$  elde edilmiştir. Denklemdaki tüm parametreler anlamlı çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en başarılı denklem olarak Model 2 olarak adlandırdığımız Jiang *et al.* (2005) denklemi belirlenmiştir.

Max and Burkhart (1976) tarafından geliştirilen segmented polinamiyal denklemi gövde şeklini üç temel bölüme ayırırken, Jiang *et al.* (2005)'in denklemi gövde şeklini dört farklı bölüme ayırarak modellemekte, bu çalışma da elde edildiği üzere gövde çapının

modellenmesinde birçok çalışmada daha başarılı sonuçları elde edilebilmektedir.

Jiang *et al.* (2005), Özçelik ve Bal (2013), Şahin (2012) ve Atalay (2014) dört parçalı bu segmented polinomial denklem yapısı ile sırasıyla gövde çapının modellenmesinde %98.37'lik %98.59, %98.28 ve %94.44'lük bir açıklayıcılık elde etmiştir. Jiang *et al.* (2005)'in denkleminin daha başarılı tahminler elde etmesinin, gövde gelişimindeki değişkenliği yansıtabilmesi ve karmaşık bir denklem yapısı ile açıklanabilir. Jiang *et al.* (2005) gövde çapı modelinde; ağacın çapı, boyu, 5.30 m yüksekliğindeki çapı ve tahmin edilmek istenilen yükseklik değerleri bağımsız değişken olarak denklemde girilmelidir. Ağacın 5.30 m yüksekliğinin ölçümü zor bir değişken olmasına karşın, 5.30 m yüksekliğindeki çap değerini, ağacın göğüs çapı ve boyu yardımıyla %95.95 açıklayıcılıkla tahmin eden 2 no.lu denklem (Model 2), bu değer tahmin edilmesinde kullanılabilir.

Özçelik vd. (2012) yılında “Burdur Yöresi kızılçam meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin geliştirilmesi” isimli çalışmasında Bucak Orman İşletme Müdürlüğü, Uğurlu Orman İşletme Şefliği kızılçam meşcerelerinden elde ettiği veriler ile Max ve Burkhart (1976) tarafından geliştirilen parçalı gövde çapı ve hacim modeli ile % 96'luk  $R^2$  elde etmiştir.

Sakıcı ve Özdemir (2018), Karabük yöresi Doğu kayını – Kazdağı göknarı karışık meşcerelerinde, gövde çaplarının tahmin edilmesinde yapay sinir ağları ile farklı 4 adet gövde çapı denklemini karşılaştırmıştır. Yapay sinir ağları ile elde ettiği sonuçlarda Doğu kayını için ara katmanda sigmoid fonksiyonu ve çıktı katmanında hiperbolik tanjant fonksiyonunun kullanıldığı 10 nöronlu model, Kazdağı göknarı için ise ara katmanda sigmoid fonksiyonu ve çıktı katmanında doğrusal fonksiyonunun kullanıldığı 10 nöronlu model başarılı olmuştur. Her iki tür için gövde çapı denklemi olarak Kozak (2004) tarafından geliştirilen denklem daha iyi sonuçlar vermiştir.

Çalışma kapsamında geliştirilen Jiang *et al.* (2005) gövde çapı modeli ile elde edilen tahminlerin, ağaçların alındığı Asar Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki Kızılçam meşcereleri için uygun olup olmadığı, toplam verinin %15 olan 31 ağaçtaki veriler ile test edilmiş ve denklemin, kızılçam ağaçlarının çap değerlerini tahmin etmede

kullanılabileceği test sonuçları ile kanaatine varılmıştır. Öte yandan, bu denklemin başka kızılcım meşcerelerin de kullanılıp kullanılmayacağı istatistiksel olarak bir analiz ile ayrıca test edilmelidir.

Son yıllarda değişen pazar koşulları ve dikili satışın yaygınlaşması ile birlikte ayrıntılı ve daha doğru hacim tahminleri önem arz etmektedir. Bunun sonucu olarak gövde çapı denklemlerinin kullanımı büyük gereksinim oluşturmaktadır. Asli ve farklı ağaç türlerimizin farklı yetişme ortamları ve meşcere kuruluşları için gövde profil denklemlerinin geliştirmesi oldukça önemlidir.

Gövde apı denklemleri, ağaçların gövde çaplarının gövde boyunca değişimini, gövde şeklindeki farklılıklarını esas alarak modelleyen ve oldukça karmaşık bir denklem yapısına sahip olup, bu denklemler kullanılarak ayrıntılı gövde hacimlerini tahmin etmede de oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Orman amenajman planları olmak üzere pek çok ormancılık uygulamalarında, pratik olmaları sebebiyle tercih edilen tek girişli ağaç denklemlerine göre özellikle ayrıntılı gövde hacim tahminlerine imkan tanıyan gövde çapı denklemleri, ülkemiz ormancılığı açısından daha doğru ve hassas hacim tahminlerinin elde edilmesine imkan tanıyabilecektir. Ülkemiz ormancılığında, dikili satışın önem kazanması ile ağaç daha kesilmeden ayrıntılı ve daha doğru hacim tahminlerine olan gereksinim artmakta; bu bakımdan da gövde profili çapı denklemlerinin kullanımı daha da önem kazanacaktır. Başta asli ağaç türlerimiz olmak üzere farklı ağaç türlerimizin değişik yetişme ortamları ve meşcere kuruluşları için gövde çapı denklemlerinin geliştirmesi büyük bir öncelik arz etmektedir. Bu bakımdan, ülkemiz ormancılarının temel görevlerinden birisi de bu hacim tahmin sistemlerinin geliştirilmesine ilişkin çalışmalar ağırlık verilmelidir. Ayrıca, Dünya'da gövde çapı denklemlerinin geliştirilmesinde öne çıkan ve birçok uygulamasının olduğu karışık etkili modellemenin kullanımı da sağlanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Aktürk, G.M. 2006. Doğu Ladini için trigonometrik gövde profili denkleminin oluşturulması. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, basılmamış Yüksek lisans tezi, 120 s.
- Anşin, R. 1994. Tohumlu BitkilerGymnospermae (Açık Tohumlular)-I. Cilt-II. Baskı, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 122/15, Trabzon, 262 s.
- Atalay, F.A. 2014. Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliği'nde yayılış gösteren Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* arnold. subsp. *pallasiana* (lamb.) holmboe] meşcereleri için gövde profil denklem sistemlerinin geliştirilmesi. Yüksek lisans tezi, ÇAKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Barrio-Anta, M, Dieguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, F., Alvarez-Gonzalez, J.G. and von Gadow, K. 2007. Merchantable volume system for pedunculate oak in northwestern Spain. *Ann For Sci* 64, 511-520.
- Behre, C.E. 1923. Preliminary Notes on Studies of Tree Form. *Journal of Forestry* 21, 507-511.
- Bennet, F. A. and Swindel, B. F. 1972, Taper curves for planted slash pine. USDA Forest Service Research Note SE-179, 4 s.
- Biging, G.S. 1984, Taper equations for second-growth mixed conifers of northern California. *Forest Science*, 30, 4, 1103-1117.
- Boydak, M., Dirlik, H., ve Çalikoğlu, M. 2006. Kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) Biyolojisi ve Silvi kültürü. OGEM- Vakfı Yayınları, 364, Ankara.
- Brooks, J. R., Jiang, L. and Özçelik, R. 2008. Compatible stem volume and taper equations for Brutian Pine, Cedar of Lebanon, and Cilicica Fir in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 256,147-151.
- Bruce D., Curtis R and Vandevering C 1968, Development of system of taper and volume tables for red alder. *forest science*, 14, 339-3350.
- Burkhart, H. E. 1977. Cubic foot volume of Loblolly pine to any merchantable top limit. *Southern Journal of Applied Forestry*, 1 7-9.
- Cao, Q.V., Burkhart, H.E. and Max. T.A., 1980. Evaluation of the two methods for cubic-volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit. *For. Sci.* 26,71– 80.
- Clark., A., Souther, R.A. and Schlaegel, B.E. 1991. Stem profile equations for southern tree species. USDA For. Serv. Res. Pap. SE-282.
- Claughton-Wallin, H. and F. McVicker. 1920. The Jonson "absolute form quotient" as an expression of taper. *Journal of Forestry* 18,346-357.
- Clutter, J. L. 1980. Development of taper functions from variable-top merchantable volume equations. *For. Sci.* 26,117-120.
- Ercanlı İ., Şenyurt M. 2017. Bozalan ve Çubuk Yöresi Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) Ağaçları İçin Gövde Çapı Denklemlerinin Farklı Otoregresif Modelleme Yaklaşımları İle Geliştirilmesi, *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 3 (1) 50-59.
- Fang, Z., Borders, B. E. and Bailey, R. L. 2000. Compatible volume-taper models for loblolly and slash pine based on a system with segmented-stem form factors. *forest science*, 46, 1, 1-11.
- Fırat, F. 1973. Dendrometri, IV. Baskı, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1800, O.Yayın No: 193, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Göksel, E. 1984. Kızılçamın Lif Morfolojisi ve Odunundan Sülfat Selülozu elde etme olanakları üzerine araştırmalar. İ.Ü Orman Fakültesi Yayın No.364. İstanbul.



- Hilt, D. E., 1980 Taper-based system for estimating stem volumes of upland oaks. USDA Forest Service, Research Paper NE-458, 12 s., 1980.
- 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.
- Jiang, L., Brooks, JR. and Wang, J., 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in West Virginia. Forest Ecology and Management, 213, 399-409.
- Kalipsız, A., 1984, Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3194, O.F. Yayın No: 354, İstanbul, 407 s.
- Kozak, A. 1988, A Variable exponent taper equation. Canadian Journal of Forest Research, 18, 1363-1368.
- Kozak, A., 2004. My last words on taper equations. Forest Chronicle. 80, 507-515.
- Liu, C.J. 1980. Long volume Estimating with spline approximation. Forest Science, 26, 3, 361-369.
- M'Hirit, D. and Postaire, J.G. 1985. A Nonparametric technique for taper function estimation. Canadian Journal of Forest Research, 15, 862-871.
- Matney, T.G., Hodges, J.D., Sullivan, A.D. and Ledbetter, J.R. 1985. Tree profile and volume ratio equations for sweetgum and cherrybark oak trees. Southern Journal of Applied Forestry, 9, 222-226.
- Max, T. A and Burkhart, H. E., 1976. Segmented polynomial regression applied to taper equations. Forest Science, 22, 3, 283-289.
- Newnham, R.M. 1992 Variable-form taper functions for four Alberta tree species. *Can. J. For. Res.* 22, 210 – 223
- Newnham, R. M. 1988, A Variable Form Taper Function, Canada Forest Service, Petawawa Natl. For. Ins. Inf. Rep. PI-X-83.
- OGM, Orman Genel Müdürlüğü, 2019. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Asli%20A%C4%9Fa%C3%A7%20T%C3%BCrleri.pdf>, Erişim tarihi: 01.11.2019
- OGM, 2015. Orman Atlası. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- OGM, 2016. Türkiye Orman Varlığı. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Öktem, E. 1987. Kızılcım. *El Kitabı Dizisi 2, Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 52.
- Özçelik, R. ve Bal, C., 2013. Effects of adding crown variables in stem taper and volume predictions for black pine. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 37, 231-242.
- Özçelik, R., Brooks, J.R. and Jiang, L., 2011. Modeling stem profile of Lebanon cedar, Brutian pine and Cilicica fir in Southern. Turkey using nonlinear mixed-effects models. European Journal of Forest Research, 130, 613-621.
- Özçelik, R. and Brooks, J. R., 2012. Compatible volume and taper models for economically important tree species of Turkey, Annals of Forest Science, 69, 105-118.
- Özçelik, R. ve Alkan, H., 2011. Okaliptüs ağaçlandırmaları için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı, 720-730.
- Özçelik, R., 2010. Sarıçam için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli. III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi Artvin, Bildiriler Kitabı, 358-366.
- Özçelik, R., Yavuz, H., Karatepe, Y., Gürlevik, N. ve Kırış, R., 2012. Burdur yöresi kızılçam meşcereleri için gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin geliştirilmesi. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 85-91.

- Parresol, B.R., Hotveld, J.E. and Cao, Q. V. 1987. A volume and taper prediction system for bald cypress. Canadian Journal of Forest Research, 17, 250-259.
- Perez, D. N. and Burkhart, H. E. Stiff, C. T, 1990, A variable form taper function for pinus ocarpa schiede in central honduras. Forest Science, 36, 1, 186-191.
- Real, p. l., Moore, j. a. and Newberry, J. D., 1989. Principal components analysis of tree stem profile, Canadian Journal of Forest Research, 19, 1538-1542.
- Sakıcı, O., 2002. Kastamonu yöresi Uludağ Göknaarı meşcerelerinde gövde profili, hacim, hacim oran sistemlerinin geliştirilmesi. Yüksek lisans tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sakıcı, O.E. and Özdemir, G. 2018. Stem taper estimations with artificial neural networks for mixed Oriental Beech and Kazdağı fir stands in Karabük Region, Turkey, Cerne, v.24 n.4
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/ETS 9.1 User's Guide. Cary, NC, SAS Institute Inc.
- Şahin, D., 2012. Karaçam meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacmi denklem sistemlerinin geliştirilmesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 64s.
- Spanos, I.A., Dakalakao, E.N., Thanos, C.A., 2000. Postfire natural regeneration of Pinus brutia forests in Thasos island, Greece. Acta Oecol., 21 (1):13-20.
- Sönmez, T., 2009. Generalized height-diameter models for PiceaorientalisL. Journal of Environmental Biology, 30,767-772.
- Taş, M., 2017. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odun ve kraft kâğıt hamurundaki polyozların tespiti (Master's thesis, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü), Yüksek Lisans Tezi, 79 s.
- Tatsuo, S. 1988. A Theoretical taper curve(II), Journal of Japan Forest Society, 70, 199-205.
- Thanos, C.A., Doussi, M.A., 2000. Post-fire regeneration of *Pinus brutia* forests, Ecology Biogeography and Management of Pinus halepensis and P. Brutia forest ecosystems in the Mediterranean Basin. Backhuys publishers, 291- 302 pp.
- Therien, G.and Camire, C. 1986. Use of taper curve solved by an algebraic method in silvicultural research. The Fprestry Chronicle, 62, 259-532.
- Yaltırık, F., 1993. Dendroloji ders kitabı II *Angiospermae* (Kapalı Tohumlular). Bölüm I, 2. Baskı, İstanbul, 46-48 s.
- Yavuz, H. ve Sakıcı, O. E. 2002, Gövde profili modellerinin bilimsel ve pratik açıdan irdelenmesi, orman amenajmanı'nda kavramsal açıklamalar ve yeni hedefler sempozyomu. Bildiriler Kitabı, İstanbul, 233-241.
- Yavuz, H. ve Saraçoğlu, N., 1999. Kızılağaç için uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri. Turkish Journal of Agriculture And Forestry, 23, Ek Sayı 5, 1275-1282.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa ÜMİT  
Doğum Yeri : Antalya  
Doğum Tarihi : 18/11/1993  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
Adres : Ünsal mah. 5107 sk. Sevgigök apt. No 6/8  
Kepez/ANTALYA  
Tel : 0 538 208 12 36  
E-posta : mustafa\_903@hotmail.com  
Eğitim Durumu  
Lise : Antalya Atatürk Anadolu Teknik Lisesi, Bilişim  
Teknolojileri, Web Tasarım Dalı (2007-2011)  
Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman  
Mühendisliği (2012-2016)  
Yüksek Lisans : Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı (2016-2019)  
Çalıştığı Kurumlar ve Yıl  
2016-2018 : Elif Benzet Ormancılık, Orman Mühendisi  
2018-2019 : Antalya Orman Bölge Müdürlüğü, Taşagıl Orman İşletme  
Müdürlüğü, Danışman Orman Mühendisi  
2019- Halen : Mustafa Ümit Ormancılık Bürosu  
Tezden Yapılan Yayınlar : Asarkaya Kızılcım Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli  
Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi, Anadolu  
Orman Araştırmaları Dergisi, (2019 yılı 2. sayısında  
basılacaktır)