



## Sarıçam ağaçları (*Pinus sylvestris* L.) için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi: Bozalan ve çubuk yöresi rneği

Kadir lmez<sup>1</sup>, Muammer şenyurt<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, 18200, Çankırı, Türkiye

<sup>2</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18200, Çankırı, Türkiye

### MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi:24/03/2022

Kabul Tarihi: 27/05/2022

<https://doi.org/10.53516/ajfr.1111290>

\* Sorumlu yazar:

[muammer1907@gmail.com](mailto:muammer1907@gmail.com)

### Z

### Araştırma Makalesi

Bu alışmada Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Kızılcahamam Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Bozalan Orman İşletme şefliği ile Ankara Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı ubuk Orman İşletme şefliği sınırları içerisinde yer alan sarıçam meşcerelerindeki ağaçların hacim denklemleri modellemek üzere tek girişli ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Tek girişli hacim denklemleri için 6 ve çift girişli ağaç hacim denklemleri için ise 27 farklı fonksiyon, tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri ve belirtme katsayısı olmak üzere farklı 6 adet başarı ltne göre karşılaştırılmıştır. En başarılı olarak belirlenen tek girişli ağaç hacim denklemi %86,04, çift girişli ağaç hacim denklemi ise %96,63'lk model açıklayıcılığına sahiptir. En başarılı denklem olarak belirlenen tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin çalışmaya konu bölgedeki sarıçam ağaçları için uygunluğu bağımsız bir veri grubu ile test edilerek  $p < 0,05$  önem düzeyi ile uygun olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağaç hacim tablosu, Bozalan, ubuk, regresyon modelleri

## Developing single and double tree volume equations for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees: A case study in Bozalan and çubuk forests

### ABSTRACT

In this study, the single and double entry volume equations were developed for Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) trees located in Bozalan Planning Unit, Kızılcahamam Forest Enterprise, and Cubuk Planning Unit, Ankara Forest Enterprise, Ankara Forest District Directorate. The six functions for single entry volume equations and twenty-seven functions for double entry volume equations were compared by using six fitting performance criteria, i. e. standard deviation of residuals, average residuals or bias, average absolute residuals, total error percentage, absolute mean error percentage and the coefficient of determination. In comparisons including some statistical indices, single entry volume equation with 86.04 % of the coefficient of determination and double-entry volume equation with 96.63 % of the coefficient of determination were found to produce the most satisfactory fits than other equations. The best predictive single and double entry volume equations were decided to be appropriate at 0.05 significant levels for the studied Scots pine trees by testing independent data.

**Key Words:** Tree volume table, Bozalan, ubuk, regression models

*Bu makaleye atıf:*

lmez, K., şenyurt, M., 2022. Sarıçam ağaları (*Pinus sylvestris* L.) için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi (Bozalan ve çubuk yöresi rneği). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 8(1), 73-82.



This article is licensed under CC BY-NC 4.0

## 1. Giriş

Ormanların planlanmasında ve işletilmesinde, ilk aşama orman envanterinin gerçekleştirilmesi ve ormanlar hakkında sayısal bilgilerin elde edilmesidir. Orman envanteri, belirli bir zaman kesitinde üretim sürecine katılan faktörlerin ve oluşan ürün miktarının sayım, ölçüm ve değerlendirme yolu ile saptanması işlemi olarak tanımlanmaktadır (Kalıpsız, 1999). En önemli doğal kaynaklarımızdan biri olan ormanlardan devamlı ve optimal bir şekilde yararlanmanın temel koşulu ormanların planlanması ve planlamanın da ilk koşulu orman envanterinin gerçekleştirilmesidir (Asan, 2000).

Ormanların envanterinde, en önemli bileşenlerden birisi de ormanların ekonomik yönünü oluşturan ağaç serveti tahminidir. Çünkü orman işletmelerinin gelirinin büyük bir kısmını ağaçlardan elde edilen odun ürünlerinin satışı oluşturmaktadır. Bu bakımdan, bir ormanda mevcut ağaç servetinin tahmini, orman işletmesi, orman amenajman planlarının hazırlanması ve üretimin planlanmasında temel bilgi altlıklarından birisidir (Fırat, 1973; Kalıpsız, 1999).

Ağaç serveti, ormancılık bakımından bu önemi ile birçok farklı çalışmaya konu olmuş ve tüm bu çalışmalarda geliştirilen çok farklı yöntemler ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Farklı birçok yöntem ve yaklaşımın geliştirilmesinin temel nedeni ise; ağaç gövdelerinin silindirik, paraboloid, koni ve nayloid gibi bilinen geometrik şekillerde olmaması ile standart yöntemlerle ağaç hacmini doğrudan hesaplanmanın mümkün olmamasıdır (Yavuz ve Sakıcı, 2002). Tüm farklı yöntemler içinde uygulamada ağaç hacim denklemleri ve tabloları; pratik açıdan daha elverişli olduklarından tercih edilmektedir (Kalıpsız, 1999).

Ağaç hacim denklemleri, aralarında istatistiksel ilişkiler olan değişkenler arasındaki ilişkinin denklemini, çeşitli katsayılar hesaplayarak tahmin eden bir istatistik analiz yöntemidir (Kalıpsız, 1988). Ağaç hacim denklemleri, ölçümü zor olan hacim değişkeninin, ölçümü nispeten daha kolay olan çap ve boy gibi değişkenler yardımıyla tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Bu bakımdan, ağaçların hacimleri, sadece ağaçların çapları ya da çapları ile birlikte boyları ölçülerek ağaç hacim denklemleri yardımıyla pratik bir biçimde tahmin edilebilmektedir.

Ağaç hacim denklemleri istatistik biliminin bir konusu olan regresyon analizi yöntemi ile elde edilmektedirler. Ağaç hacim denklemleri, içerdikleri bağımsız değişken sayısına göre; yalnız göğüs çapına göre düzenlendiklerinde “Tek Girişli Ağaç Hacim Denklemleri”, göğüs çapı ve ağaç boyuna göre düzenlendiklerinde “Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri” olarak isimlendirilmektedir. Genellikle bilimsel çalışmalarda olmak üzere; göğüs çapı ve ağaç boyuna ek olarak ağaç boyunun belirli bir oranına (örneğin %30) karşılık gelen yükseklikteki gövde çapı ya da yerden 7 metre yüksekliğindeki gövde çapı gibi üç ya da daha çok değişkene göre düzenlendiklerinde ise “Çok Girişli Ağaç Hacim Denklemleri” olarak tanımlanmaktadır. Geçerli oldukları alanın büyüklüğüne göre de “Yöresel (Lokal) Ağaç Hacim Denklemleri”, “Bölgesel Ağaç Hacim Denklemleri” ve “Genel Ağaç Hacim Denklemleri” olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Kapucu ve ark., 2002). Ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi için seçilen örnek ağaçlar, ilgilenilen meşcerelerdeki tüm çap ve boy ile gövde şekli farklılıklarını yansıtabilecek özellikte ve yeterli sayıda

olmalıdır. Örnek ağaç sayısı toplumun büyüklüğüne, öngörülen hata miktarına ve güven düzeyine göre değişiklik göstermektedir. Genelde, yöresel hacim tabloları için 50-100, bölgesel hacim tabloları için 100-500 ve genel hacim tabloları için 1000-5000 adet örnek ağacın seçilmesi yeterli görülmektedir (Kapucu ve ark., 2002; Günel, 1981). Meşcerelerdeki hacim gelişimini temsil etmek üzere elde edilen veriler kullanılarak ağaç hacim denklemlerinin düzenlenmesinde; ağaçların hacimlerin, göğüs çapı ya da boyuna göre modellenmesi söz konusu olup, bunun için ‘Grafik Yöntem’ ya da istatistiksel bir yöntem olan ‘Regresyon Analizi’ yöntemlerinden yararlanılmaktadır (Yavuz, 1995; Şentürk, 1997).

Ağaç hacim denklemlerinin ormancılık uygulamalarındaki bu önemleri ve yoğun kullanımları nedeniyle, ülkemizde, her bir planlama birimi ve genellikle asli ağaç türleri için tek girişli ağaç hacim tabloları düzenlenmiş ve ilgili amenajman planlarında bu tablolar verilmiştir. Ayrıca Meşe (Eraslan, 1954), Anadolu karaçamı (Gülen, 1959), Doğu kayını (Kalıpsız, 1962), Toros sediri (Evcimen, 1963), Okaliptus (Fırat ve Kalıpsız, 1963) hacim tablolarının oluşturulmasında grafik metotlar kullanılmıştır. Gökmar (Miraboğlu, 1955), Sarıçam (Erkin, 1956), Kızılcım (Alemdağ, 1962), Ökaliptus (Fırat ve Kalıpsız, 1963), Sarıçam (Alemdağ, 1967), Doğu ladini (Akalp, 1978), Karakavak (Birlir ve Yüksel, 1983), Kazdağı göknarı (Asan, 1984), Gökmar (Saraçoğlu, 1988), Sarıçam ve Anadolu karaçamı (Yavuz, 1995), Kızılağaç (Saraçoğlu, 1998), Dişbudak (Şentürk, 1997), Ökaliptus (Özkurt, 2000), Gökmar (Sakıcı ve Yavuz, 2003), Sarıçam-Uludağ göknarı-Doğu kayını değişik yaşlı karışık meşcereleri (Durkaya, 2004), Titrekavak (Bayburtlu, 2007), Sahil Çamı (Ercanlı ve ark., 2008), Sarıçam (Pehlivan, 2010), Sarıçam (Şenyurt, 2011), Kızılcım (Kahriman ve ark., 2017), Sedir (Özçelik ve Çevlik, 2017), Karaçam (Sakıcı ve ark., 2018), için istatistiksel bir analiz olan regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı; Ankara Orman İşletme Müdürlüğü’ne bağlı Çubuk Orman İşletme Şefliği ile Kızılcıhamam Orman İşletme Müdürlüğü’ne bağlı Bozalan Orman İşletme Şefliğinde yayılış gösteren Sarıçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin ve tablolarının geliştirilmesi ve bu bakımdan da başta orman envanteri olmak üzere çeşitli ormancılık çalışmalarına katkı sağlanmasıdır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1 Materyal

Bu çalışmada, çalışma materyali Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Ankara Orman İşletme Müdürlüğü’ne bağlı Çubuk Orman İşletme Şefliği ve Kızılcıhamam Orman İşletme Müdürlüğü’ne bağlı Bozalan Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan Sarıçam meşcerelerinden alınan 111 adet örnek ağaçtan elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışma alanı; 32651745K-40478937D (Bozalan Orman İşletme Şefliği), 33028485K- 40228036D (Çubuk Orman İşletme Şefliği) koordinatları arasında yer almaktadır.

Çalışma alanından elde edilen 111 adet ağacın, çalışma alanında gözlemlenen hacim gelişimindeki değişkenliği en iyi şekilde temsil edecek farklı çap ve boylarda olmasına dikkat edilmiştir. Özellikle, örnek ağaçların; bozuk tepeli kusurlu

(tepesi kırık, çatallı, kurumuş gibi) olmamasına, böcek tahribatına uğramamış, mantar zararı ve özellikle çeşitli nedenlerle yaralanıp dip çürüklüğü olmayan bir özellik taşımasına özen gösterilmiştir. Bunun yanında örnek ağaçlar; değişik çap ve boy kademelerine de mümkün olduğunca eşit ve dengeli bir biçimde dağıtılarak seçilmiştir.

Çalışma kapsamındaki örnek ağaçlar dip kütük yüksekliğinden (0,3 m) kesilerek 0,3 m, 1,3 m, 3,3 m gibi, 2'şer metre ara ile gövde çapları ölçülmüştür. Özellikle gövde boyunca, ilk kesilen kısım olan 0,3 metrede gövde çap ölçülmüş sonra, şerit metre yardımıyla 1 metre çekilerek 1,30 metrede çap ölçülüp, daha sonra 2 metre çekilip 3,30 metrede çap ölçülerek ve bu noktadan itibaren 5,3-7,3-9,3-11,3- ... metrelerde mümkün olduğunca düzenli çap ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Özellikle ağacın kalan son kısmına doğru eğer 2 metreden daha kısa bir mesafe kalmış ise, çap ölçülememiş; kalan uç parçanın uzunluğu şerit metre ile ölçülmüştür (boyu 14,2 metre olan bir ağaçta, son ölçüm 13,3 metrede yapılacak ve uç parça uzunluğu ise 0,9 metre olarak elde edilecektir). Çizelge 1'de, örnek ağaçlarla ilgili istatistiksel bilgiler verilmiştir.

**Çizelge 1.** Örnek ağaçlara ilişkin istatistiksel bilgiler

	Göğüs çapı (cm)	Boy (m)	Hacim (m <sup>3</sup> )
Minimum	11,5	8,6	0,050
Maksimum	45,6	24,3	1,610
Ortalama	25,6	15,5	0,410
Standart Sapma	6,9	4,2	0,310

Çalışmada kullanılan veriler, ağaç hacim fonksiyonlarının parametrelerinin tahmininde ve bu fonksiyonların meşcereye uygunluğunun denetiminde kullanılan veriler olmak üzere veriler rastgele iki gruba ayrılmıştır. I. grupta, toplam verinin yaklaşık %85'i (n=93), II. grupta ise yaklaşık %15'u (n=18) bulunmaktadır (Şekil 1).

## 2.2 Yöntem

### 2.2.1 Ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi

Bu çalışmada, tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin düzenlenmesinde çalışma alanı olan Bozalan Orman İşletme Şefliği ve Çubuk Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan sarıçam meşcerelerinden değişik çap ve boy basamaklarında seçilen toplam 111 adet örnek ağaç kesilerek, gövde boyunca farklı yüksekliklerden ölçülen çap verileri kullanılmıştır. Bu verilerden yararlanarak her bir örnek ağaç; dip kütük, seksiyonlar ve uç parça olmak üzere üç ayrı bölümde hacimlendirilmiş ve bunların toplanması ile toplam gövde hacmi hesaplanmıştır. Dip kütüğün silindir, uç parçanın ise koni biçiminde olduğu varsayılmıştır. Her bir seksiyonun hacimlendirilmesinde, seksiyon uzunlukları eşit olduğundan "Huber" formülü kullanılmıştır. Ağaç hacimlerinin hesaplanmasında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir;

$$\text{Dip kısım için; } V_{dip} = \frac{\pi}{4} d_{0,3}^2 l \quad (1)$$

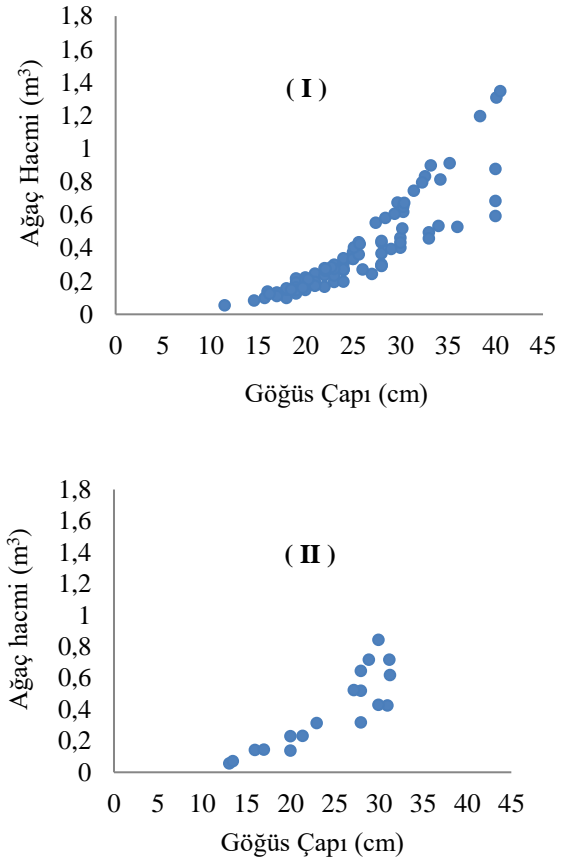
$$\text{Uç kısmı için; } V_{uç} = \frac{1}{3} \frac{\pi}{4} d_{uç}^2 h_{uç} \quad (2)$$

Seksiyon hacimleri için Huber formülü;

$$V_{seksiyon} = \frac{\pi}{4} (d_0^2 + \dots + d_n^2) l \quad (3)$$

Ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesinde diğer bir aşama ise; tek ağaçların hacimlerini ağaç çapına (tek girişli ağaç hacim denklemleri) ya da çap ile birlikte boy (Çift girişli ağaç hacim denklemleri) göre tahmin eden regresyon denklemlerinin geliştirilmesidir. Regresyon denklemlerinin geliştirilmesinde regresyon analizi adı verilen istatistik analiz yöntemi kullanılır. Bu bakımdan, ağaç hacim denklemleri; regresyon analizleri ile üretilen regresyon modelleri olup, bu modellerde; hacim değişkeni (Dendrometrik formüller ile belirlenen değerler) bağımlı değişken iken, çap ve boy ise bağımsız.

Ormancılık literatüründe tek ve çift girişli pek çok hacim fonksiyonu bulunmaktadır. Bu çalışmada çeşitli kaynaklardan (Yavuz ve Şentürk, 1997) sağlanan tek girişli hacim fonksiyonları için 6 (4-9'nolu denklemler) ve çift girişli ağaç hacim fonksiyonları için 27 (10-36'nolu denklemler) farklı hacim fonksiyonu kullanılmıştır. Bu denklemlere ilişkin katsayılar, katsayıların önemlilik düzeyleri ve diğer istatistiklerin hesaplanmasında SPSS 15.0 adlı paket programı kullanılmıştır (SPSS 15.0 Inc., 2006).



**Şekil 1.** Ağaç hacim denkleminin oluşturulmasında (I) ve denetiminde (II) kullanılan veri gruplarına ilişkin göğüs çapı-hacim ilişkisi

Tek girişli ağaç hacim fonksiyonları;  $V = f(d)$

$$V = b_0 + b_1 d^2 \quad (4)$$

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 \quad (5)$$

$$V = b_0 + b_1 d^2 + b_2/d \quad (6)$$

$$\log V = \log b_0 + \log b_1 \log d \quad (7)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 d^{-1} \quad (8)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 (\log d)^4 \quad (9)$$

Çift girişli ağaç hacim fonksiyonları;  $V = f(d, h)$

$$V = b_1 d^2 h \quad (10)$$

$$V = b_0 + b_1 d^2 h \quad (11)$$

$$V = b_0 + b_1 d^2 + b_2 h + b_3 d^2 h \quad (12)$$

$$V = d^2 (b_1 + b_2 h) \quad (13)$$

$$V = b_1 d^2 + (b_2 h + b_3 d h + b_4 d^2) h \quad (14)$$

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + (b_3 + b_4 d + b_5 d^2) h \quad (15)$$

$$V = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + (b_3 d + b_4 d^2) h \quad (16)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 (\log d)^2 + b_3 \log h + b_4 (\log h)^2 \quad (17)$$

$$V = b_0 + b_1 d^2 + b_2 h^2 + b_3 d h^2 + b_4 d^2 h \quad (18)$$

$$V = b_1 d + b_2 d^2 + b_3 h + b_4 d h + b_5 d^2 h \quad (19)$$

$$V = b_1 d + b_2 d^2 + b_3 d h + b_4 d^2 h \quad (20)$$

$$V = b_1 d^2 + b_2 h^2 + b_3 d h^2 + b_4 d^2 h^2 \quad (21)$$

$$V = b_1 d h + b_2 d^2 h \quad (22)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (1/d) \quad (23)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (\log d)^4 \quad (24)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 (\log d)^4 + b_3 \log h + b_4 (\log h)^4 \quad (25)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 d^2 + b_3 \log h \quad (26)$$

$$\log V = b_0 + b_1 d + b_2 h + b_3 d^2 + b_4 h^2 + b_5 d h^2 + b_6 d^2 h \quad (27)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log(d^2 h) \quad (28)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h \quad (29)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (\log h)^2 \quad (30)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (\log h)^4 \quad (31)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 (1/h) \quad (32)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 d^2 \quad (33)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 d^2 h \quad (34)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 h^2 \quad (35)$$

$$\log V = b_0 + b_1 \log d + b_2 \log h + b_3 d h^2 \quad (36)$$

Bu eşitliklerde;

V : gövde hacmi (m<sup>3</sup>)

d : göğüs çapı (cm)

h : ağaç boyu (m)

b<sub>i</sub> : denklem katsayılarını göstermektedir.

En iyi sonucu veren fonksiyonun belirlenmesinde, aşağıdaki formüllerle ifade edilen altı adet uygunluk ölçütü kullanılmıştır (Yavuz ve Şentürk, 1997). Bu ölçüt değerlerinden, tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri küçük, belirtme katsayısı değerlerinin ise büyük olması istenmektedir. Tüm başarı ölçütlerini kapsayacak şekilde bir başarı sıralaması yapılmıştır. Bu amaçla, tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerlerine göre en küçüğüne, belirtme katsayısı değerlerinin en büyüğüne 1 sıra numarası verilerek giderek artan bir biçimde her ölçüt değerine göre hacim fonksiyonlarına sıra numarası verilmiş ve daha sonra sıra numaraları toplamı, ilgili hacim fonksiyonu için başarı derecesi olarak kabul edilmiştir.

En küçük toplam sıra numarasına sahip fonksiyon, en iyi sonucu veren hacim fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

Belirtme Katsayısı

$$R^2 = 1 - \left( \frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)^2}{\sum (V_i - V_{ort})^2} \right) \quad (37)$$

Tahminin Standart Hatası

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)^2}{N - p}} \quad (38)$$

Ortalama Hata

$$OH = \frac{(\sum D)}{N} \quad (39)$$

Ortalama Mutlak Hata

$$OMH = \frac{(\sum |D|)}{N} \quad (40)$$

Hata Yüzdesi

$$THY = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \hat{V}_i - \sum_{i=1}^n V_i}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (41)$$

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi

$$OMHY = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{V}_i - V_i|}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad (42)$$

Burada, N: veri sayısını, p: parametre sayısını, D:  $\hat{V}_i - V_i$ ,  $\hat{V}_i$ : hacim fonksiyonu ile tahmin edilen hacim değeri,  $V_i$ : ölçülen hacim değeri,  $V_{ort}$ : ölçülen ortalama ağaç hacmi değerlerini göstermektedir.

Çalışmada kullanılan hacim denklemlerinden, yukarıda sözü edilen altı adet ölçüte göre en iyi sonucu veren hacim denklemleri belirlendikten sonra, bu hacim fonksiyonlarının çalışma alanındaki Sarıçam meşcerelerine uygun olup olmadığının denetimi, tesadüfi olarak seçilen ve toplam verinin yaklaşık %15'sini oluşturan örnek ağaçlar (18 adet) yardımıyla yapılmıştır. Seçilen hacim fonksiyonunun denetiminde kullanılan ağaçların (18 adet) bölümlene yöntemi ile hesaplanan ( $V_i$ ) ve oluşturulan hacim denklemi ile tahmin edilen hacim değerleri ( $\hat{V}_i$ ), veri sayısının 30'dan az olması nedeniyle "Wilcoxon testi" kullanılarak karşılaştırılmıştır (Kalıpsız, 1988; Batu, 1995). İki farklı şekilde elde edilen bu hacim değerleri arasında, istatistiksel olarak bir farklılık olmaması durumunda ( $p > 0.05$ ) bu hacim denkleminin çalışma alanı için uygun olduğu sonucuna varılır. Bununla birlikte hacim değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olması durumunda ise ( $p < 0.05$ ) hacim fonksiyonunun, çalışma alanı için uygun olmadığı sonucuna varılabilir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

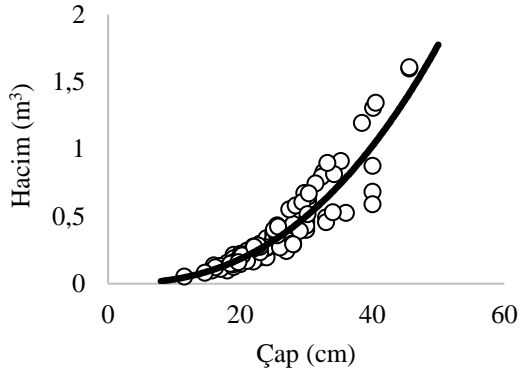
Bu çalışmada test edilen tek ve çift girişli hacim fonksiyonlarına ilişkin parametrelerin tahmin değerleri, Çizelge 2'de, ölçüt değerleri ise Çizelge 3'te verilmiştir. Test edilen tüm tek ve çift girişli hacim fonksiyonları;  $p < 0,05$  önem düzeyi ile anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte, elde edilen bu fonksiyonların bazı parametreleri  $p < 0.05$  önem düzeyi ile anlamlı iken, bazıları ise anlamsız olarak elde edilmiştir.

Çizelge 3'te verilen uygunluk ölçütleri birlikte dikkate alındığında, en küçük sıra numaraları toplamına (6 başarı sıra toplamı) sahip olması nedeniyle tek girişli hacim fonksiyonlarından 5 no'lu denklem hacim tahminlerinde başarılı sonuçlar vermesine karşın,  $p < 0,05$  önem düzeyi ile anlamsız

parametre içermektedir. Daha sonraki başarı sıralarına göre 6,8,9,4 no'lu denklemler başarılı tahminler sunmalarına karşın, bu denklemler de anlamsız parametreler içermektedirler. Böylece tüm parametre değerleri anlamlı olan 7 no'lu denklem hacim tahminlerinde en başarılı tek girişli ağaç hacim denklemi olarak belirlenmiştir. En başarılı olarak belirlenen tek girişli ağaç hacim denklemi aşağıda verilmiştir.

$$\log V = -3,959299 + 2,477183 \log (d)$$

En başarılı tek girişli hacim fonksiyonuna ilişkin uygunluk ölçütleri,  $OH = -0,0126 \text{ m}^3$ ,  $OMH = 0,08125 \text{ m}^3$ ,  $R^2 = 0,8604$ ,



Şekil 2. Tek girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen hacim tahminleri ve arazide gözlemlenen hacim gelişimi

Çizelge 2. Geliştirilen tek ve çift girişli denklemlere ilişkin parametre tahminleri

Model No	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>	df
4	-0,117 <sup>ns</sup>	0,000729 <sup>***</sup>						
5	0,1767 <sup>*</sup>	0,0011 <sup>***</sup>	-0,02179 <sup>ns</sup>					
6	-0,350 <sup>*</sup>	0,0008 <sup>***</sup>	3,9463 <sup>ns</sup>					
7	-3,959 <sup>***</sup>	2,4771 <sup>***</sup>						1,0392
8	-4,364 <sup>***</sup>	2,698 <sup>***</sup>	2,316 <sup>ns</sup>					1,0390
9	-3,743 <sup>***</sup>	2,270 <sup>***</sup>	0,019 <sup>ns</sup>					1,0392
10		3,38x10 <sup>-5***</sup>						
11	-0,002 <sup>ns</sup>	3,39x10 <sup>-5***</sup>						
12	0,169 <sup>***</sup>	0,00018 <sup>***</sup>	-0,012 <sup>*</sup>	4,58x10 <sup>-5***</sup>				
13		-1,6x10 <sup>-5***</sup>	3,47x10 <sup>-5***</sup>					
14		0,00034 <sup>***</sup>	0,001 <sup>**</sup>	-6,4x10 <sup>-5ns</sup>	7,28x10 <sup>-5***</sup>			
15	0,903 <sup>**</sup>	0,069 <sup>*</sup>	0,001 <sup>**</sup>	-0,081 <sup>ns</sup>	-0,006 <sup>ns</sup>	0,000138 <sup>***</sup>		
16	0,158 <sup>**</sup>	-0,003 <sup>ns</sup>	-7,8x10 <sup>-5***</sup>	-0,001 <sup>**</sup>	5,19x10 <sup>-5***</sup>			
17	-2,969 <sup>***</sup>	1,359 <sup>***</sup>	0,884 <sup>***</sup>	-0,577 <sup>ns</sup>	0,643 <sup>ns</sup>			1,0131
18	0,072 <sup>*</sup>	0,00043 <sup>**</sup>	-0,00039 <sup>ns</sup>	-4,78x10 <sup>-5***</sup>	7,35x10 <sup>-5***</sup>			
19		0,004 <sup>**</sup>	0,00016 <sup>***</sup>	-0,018 <sup>*</sup>	-0,002 <sup>**</sup>	6,56x10 <sup>-5***</sup>		
20		0,014 <sup>*</sup>	0,00043 <sup>***</sup>	-0,001 <sup>**</sup>	6,31x10 <sup>-5***</sup>			
21		0,00026 <sup>***</sup>	0,002 <sup>**</sup>	-0,00010 <sup>***</sup>	2,76x10 <sup>-6***</sup>			

$S_{y,x} = 0,12040 \text{ m}^3$ ,  $THY = \% -3,1357$ ,  $OMHY = \%20,170$  olarak hesaplanmıştır.

Çift girişli ağaç hacim fonksiyonunun elde edilmesinde, regresyon analizi ile üretilen denklemlerden en başarılı denklem; 15 numaralı denklem olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, Çizelge 2'den de görüleceği üzere; bu denklemin birçok parametreleri  $p < 0,05$  önem düzeyi ile anlamsız olarak bulunmuştur. Bu bakımdan, tüm parametreleri anlamlı olan ve başarılı tahmin sonuçları sunan 34 numaralı denklem, en başarılı çift girişli hacim denklemi olarak seçilmiştir. Bu çalışmada belirlenen en başarılı çift girişli ağaç hacim denklemi, parametreleri ile birlikte aşağıda verilmiştir.

$$\log V = -3,844323 + 1,6621853 \log (d) + 0,832874 \log (h) + 0,00000394(d^2 h)$$

En başarılı fonksiyon olarak seçilen denkleme ilişkin başarı ölçütleri ise;  $OH = -0,00303 \text{ m}^3$ ,  $OMH = 0,03555 \text{ m}^3$ ,  $R^2 = 0,9663$ ,  $S_{y,x} = 0,05985 \text{ m}^3$ ,  $THY = \%0,7522$ ,  $OMHY = \%8,824$  olarak hesaplanmıştır.

Şekil 2'de, en başarılı olarak belirlenen tek girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen hacim tahminlerinin, çapa göre değişimleri görülmektedir. Bu şekil değerlendirildiğinde, genel olarak arazide ölçülen meşcere hacmindeki değişimi temsil ettiği görülmektedir.

Çizelge 2. Devamı,

Model No	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>	df
22		-8,4x10 <sup>-5***</sup>	3,84x10 <sup>-5***</sup>					
23	-4,534***	2,044***	0,941***	1,840***				1,0136
24	-3,834***	1,502***	0,945***	0,033*				1,0121
25	-3,524***	1,626***	0,022*	0,445***	0,074 <sup>ns</sup>			1,0126
26	-3,938***	1,628***	7,18x10 <sup>-5***</sup>	0,951***				1,0107
27	-2,131***	0,087***	-0,011**	-0,002 <sup>ns</sup>	0,003**	0,0001***	7,13x10 <sup>-5***</sup>	1,0099
28	-4,212***	0,936***						1,0145
29	-4,868***	1,868***	0,941***					1,0146
30	-3,229***	1,868***	-0,736*	0,710***				1,0141
31	-3,710***	1,868***	0,369***	0,085**				1,0142
32	-5,195***	1,867***	1,550***	3,914***				1,0140
33	-3,938***	1,628***	0,951***	7,18x10 <sup>-5***</sup>				1,0107
34	-3,844***	1,662***	0,833***	3,94x10 <sup>-5***</sup>				1,0095
35	-3,907***	1,869***	0,622***	0,000271***				1,0143
36	-3,842***	1,768***	0,702***	7,08x10 <sup>-6***</sup>				1,0120

ns: Anlamsız parametre, anlamsız parametre, p>0,05, \*:p<0,05, \*\*:p<0,01, \*\*\*:p<0,001

Çizelge 3. Denklemlere ilişkin başarı ölçütleri

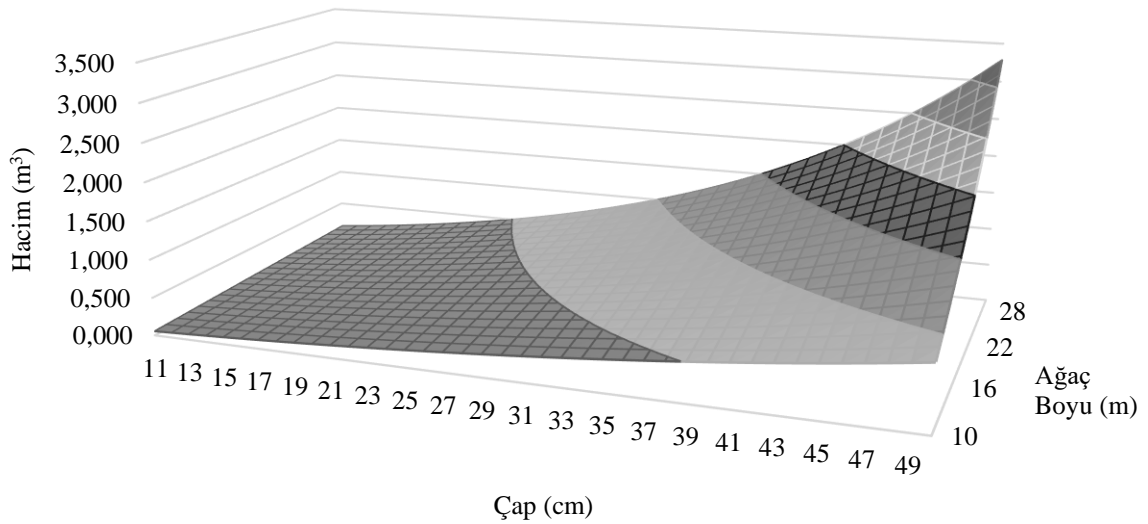
Denklemler No	R <sup>2</sup>	Sıra	Syx	Sıra	OH	Sıra	OMH	OMHY	Sıra	THY	Sıra	Toplam Sıra	
4	0,8581	6	0,12138	6	-2,15*10 <sup>-7</sup>	2,5	0,08387	6	20,820	6	-5,3*10 <sup>-5</sup>	2,5	29
5	0,8640	1	0,11949	1	-1,08*10 <sup>-7</sup>	1	0,07911	1	19,638	1	-2,7*10 <sup>-5</sup>	1	6
6	0,8628	2	0,12001	2	-2,15*10 <sup>-7</sup>	2,5	0,08004	2	19,869	2	-5,3*10 <sup>-5</sup>	2,5	13
7	0,8604	5	0,12040	5	-1,26*10 <sup>-2</sup>	6	0,08125	5	20,170	5	-3,1357	6	32
8	0,8624	3	0,12019	3	-1,00*10 <sup>-2</sup>	4	0,08057	3,5	19,999	3,5	-2,4951	4	21
9	0,8620	4	0,12039	4	-1,06*10 <sup>-2</sup>	5	0,08057	3,5	19,999	3,5	-2,6553	5	25
10	0,9590	15,5	0,06491	14	6,16*10 <sup>-4</sup>	8	0,03932	16	9,761	16	1,53*10 <sup>-1</sup>	8	77,5
11	0,9590	15,5	0,06526	16	4,30*10 <sup>-7</sup>	5	0,03963	17	9,837	17	1,07*10 <sup>-4</sup>	5	75,5
12	0,9627	10	0,06295	10	2,15*10 <sup>-7</sup>	2	0,03981	21	9,882	21	5,34*10 <sup>-5</sup>	2	66
13	0,9591	14	0,06521	15	-6,37*10 <sup>-4</sup>	9	0,03971	20	9,857	20	-1,58*10 <sup>-1</sup>	9	87
14	0,9641	8	0,06171	8	-2,28*10 <sup>-3</sup>	11	0,03963	18	9,837	18	-5,67*10 <sup>-1</sup>	11	74
15	0,9686	1	0,05836	1	-2,15*10 <sup>-7</sup>	2	0,03785	4	9,395	4	-5,34*10 <sup>-5</sup>	2	14
16	0,9648	7	0,06151	7	2,15*10 <sup>-7</sup>	2	0,03984	22	9,889	22	5,34*10 <sup>-5</sup>	2	62
17	0,9543	20	0,07006	20	-4,63*10 <sup>-3</sup>	19	0,03864	9	9,593	9	-1,1503	19	96
18	0,9658	5	0,06063	5	-3,23*10 <sup>-7</sup>	4	0,03854	8	9,567	8	-8,01*10 <sup>-5</sup>	4	34
19	0,9661	3,5	0,06035	3	2,88*10 <sup>-4</sup>	6	0,03929	15	9,754	15	7,15*10 <sup>-2</sup>	6	48,5
20	0,9639	9	0,06194	9	-5,80*10 <sup>-4</sup>	7	0,03985	23	9,893	23	-1,44*10 <sup>1</sup>	7	78
21	0,9655	6	0,06052	4	1,28*10 <sup>-3</sup>	10	0,04100	26	10,178	26	3,18*10 <sup>-1</sup>	10	82
22	0,9597	13	0,06468	13	-4,17*10 <sup>-3</sup>	15	0,04149	27	10,300	27	-1,0341	15	110
23	0,9521	21	0,07129	21	-5,86*10 <sup>-3</sup>	25	0,03970	19	9,855	19	-1,4550	25	130
24	0,9572	18	0,06742	18	-5,11*10 <sup>-3</sup>	20	0,03892	10	9,661	10	-1,2690	20	96

Çizelge 3. Devamı,

Denklemler No	R <sup>2</sup>	Sıra	Syx	Sıra	OH	Sıra	OMH	Sıra	Sıra	OMHY	Sıra	THY	Sıra	Toplam Sıra
25	0,9561	19	0,06870	19	-4,37*10 <sup>-3</sup>	16	0,03836	7		9,523	7	-1,0849	16	84
26	0,9620	11,5	0,06350	11,5	-4,48*10 <sup>-3</sup>	17,5	0,03793	5,5		9,415	5,5	-1,1130	17,5	69
27	0,9661	3,5	0,06105	6	-2,86*10 <sup>-3</sup>	12	0,03724	3		9,244	3	-7,11*10 <sup>-1</sup>	12	39,5
28	0,9479	26	0,07359	26	-6,64*10 <sup>-3</sup>	27	0,04024	25		9,989	25	-1,6493	27	156
29	0,9478	27	0,07406	27	-6,64*10 <sup>-3</sup>	26	0,04020	24		9,979	24	-1,6487	26	154
30	0,9503	23	0,07266	23	-5,21*10 <sup>-3</sup>	23	0,03916	12		9,720	12	-1,2936	23	116
31	0,9501	24	0,07282	24	-5,19*10 <sup>-3</sup>	21	0,03917	13		9,723	13	-1,2890	21	116
32	0,9505	22	0,07250	22	-5,26*10 <sup>-3</sup>	24	0,03914	11		9,715	11	-1,3047	24	114
33	0,9620	11,5	0,06350	11,5	-4,48*10 <sup>-3</sup>	17,5	0,03793	5,5		9,415	5,5	-1,1130	17,5	69
34	0,9663	2	0,05985	2	-3,03*10 <sup>-3</sup>	13	0,03555	1		8,824	1	-0,7522	13	32
35	0,9496	25	0,07316	25	-5,20*10 <sup>-3</sup>	22	0,03920	14		9,731	14	-1,2900	22	122
36	0,9577	17	0,06700	17	-3,63*10 <sup>-3</sup>	14	0,03699	2		9,183	2	-0,9010	14	66

Şekil 3'te, en başarılı olarak belirlenen çift girişli ağaç hacim denkleminin çap ve boya göre değişimi gösterilmektedir. Özellikle bu şekil değerlendirildiğinde, hacim gelişimdeki

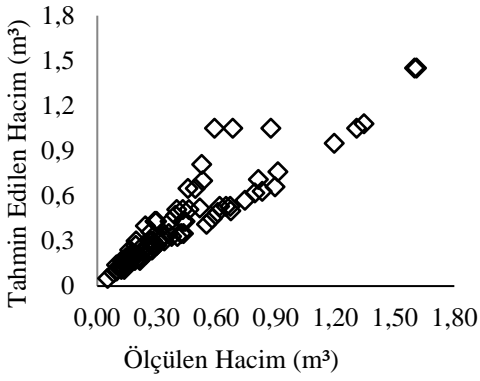
değişimin üzerinde boy özelliğinin önemli derecede etkili olduğu görülmektedir.



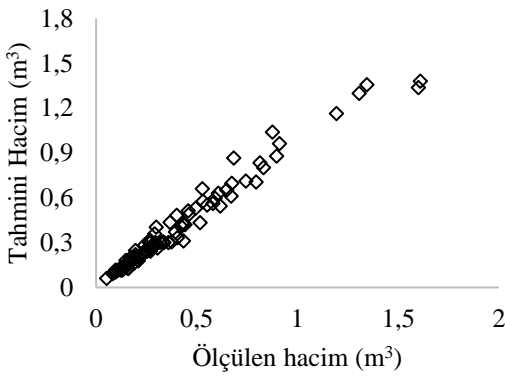
Şekil 3. Çift girişli ağaç hacim denklemleri ile elde edilen hacim tahminlerinin değişimi

Şekil 4 ve Şekil 5'te, örnek ağaçları için hesaplanan hacim değerlerine göre tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri ile elde edilen tahmin değerlerinin değişimi verilmiştir. Bu şekiller

değerlendirildiğinde, geliştirilen bu denklemler ile belirli bir tahmin gücüne sahip sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4. Tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin tahmin değerleri ile ölçülen hacim değerleri arasındaki ilişki

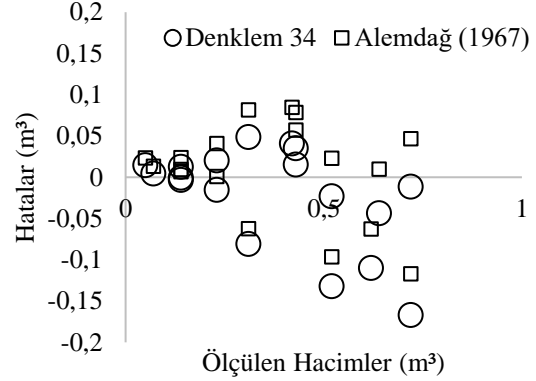


Şekil 5. Çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin tahmin değerleri ile ölçülen hacim değerleri arasındaki ilişki

Bu çalışmada kullanılan hacim denklemlerinden, yukarıda sözü edilen altı adet ölçüte göre en iyi sonucu veren hacim denklemleri belirlendikten sonra, bu hacim fonksiyonlarının Çubuk ve Bozalan yörelerinde sarıçam meşcereleri için uygun olup olmadığının denetimi, tesadüfî olarak seçilen ve toplam verinin yaklaşık %15'ini oluşturan veriler (n=18) yardımıyla yapılmıştır. Seçilen tek ve çift girişli ağaç hacim fonksiyonlarının denetiminde kullanılan ağaçların (18 adet) bölümlene yöntemi ile hesaplanan ve geliştirilen hacim denklemleri ile tahmin edilen hacim değerleri, "Wilcoxon testi" kullanılarak karşılaştırılmıştır (Kalıpsız, 1988, Batu, 1995). Yapılan bu karşılaştırma ile tek girişli hacim fonksiyonu için; Z istatistiği; -1.459 olarak hesaplanmış olup, bu istatistiğe ilişkin önem düzeyi  $p=0,145$ , çift girişli hacim fonksiyonu için ise Z istatistiği; -0.806 ve önem düzeyi  $p=0,420$  olarak belirlenmiştir. Böylece bu çalışmada düzenlenen en uygun tek ve çift girişli hacim fonksiyonlarının, örnek ağaçların alındığı Çubuk ve Bozalan yöresindeki Sarıçam meşcereleri için istatistiksel olarak uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemleri ile tahmin edilen tahmin değerleri, ülkemizde sarıçam meşcereleri için daha önce Alemdağ (1967) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemleri ile elde edilen tahmin değerleri ile hacim denklemlerinin denetiminde kullanılan 18 adet ağaç verisi kullanılarak karşılaştırılmıştır. "Wilcoxon" kullanılarak karşılaştırılmada, Z istatistiği=-3,724 olarak hesaplanmış olup, bu istatistiğe ilişkin önem düzeyi  $p=0,000$  olup, Alemdağ (1967)

tarafından daha önce geliştirilen denklem ile çalışmamızda geliştirilen denklem tahminleri arasında  $p<0,05$  önem düzeyi ile önemli bir fark belirlenmiştir. Şekil 6'da, Alemdağ (1967) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemleri ile çalışmamızda geliştirilen çift girişli hacim denklemlerinin hata değerlerinin, gözlem değerlerine göre değişimleri verilmiştir.



Şekil 6. Alemdağ (1967) tarafından geliştirilen çift girişli denkleme ilişkin hata değerleri ile çalışmada geliştirilen denkleme ilişkin hata değerlerinin bağımsız veri grubundaki gözlem değerlerine göre değişimleri

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, Ankara Orman Bölge Müdürlüğü, Kızılcahamam Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Bozalan Orman İşletme Şefliği ve Ankara Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Çubuk Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan Sarıçam meşcerelerinden elde edilen verilere bağlı olarak tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla, çalışma kapsamına konu Bozalan Orman İşletme Şefliği ve Çubuk Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan Sarıçam meşcerelerinde farklı çap ve boylarda 111 adet ağaç kesilerek, gövde boyunca çaplar ölçülmüştür. Bu ölçülen çap değerleri kullanılarak bölümlene yöntemiyle ağaçların gövde hacimleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yardımıyla tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri üretilmiştir. Üretilen hacim denklemleri tek girişlide sadece çap, çift girişlide boy ve çap olarak Regresyon analizi ile ilişkilendirilip çeşitli modeller üretilmiştir.

Tek girişli ağaç hacim denklemleri için 6 adet, çift girişli ağaç hacim denklemleri için 27 adet denklem; belirtme katsayısı, tahminin standart hatası, ortalama hata, ortalama mutlak hata, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerlerine göre karşılaştırılmış ve en başarılı hacim denklemleri belirlenmiştir. Ayrıca geliştirilen ağaç hacim denklemlerinin verilerin alındığı meşcerelere uygunluğu denetlenmiş ve geliştirilen tek ve çift girişli ağaç denklemlerinin Bozalan ve Çubuk Orman İşletme Şefliklerindeki sarıçam meşcerelerine uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

En başarılı olarak belirlenen tek girişli ağaç hacim denklemlerine başarı ölçütleri;  $OH = -0,0126 \text{ m}^3$ ,  $OMH = 0,08125 \text{ m}^3$ ,  $R^2 = 0,8604$ ,  $S_{y,x} = 0,12040 \text{ m}^3$ ,  $THY = \% -3,1357$ ,  $OMHY = \%20,170$  olarak hesaplanmış olup, özellikle tek ağaçların hacim gelişimindeki değişimin %86,04'sı, geliştirilen bu tek girişli ağaç hacim denklemleri ile tahmin edilmektedir.



Hacim denkleminin tek bir ağaçta kullanılması durumunda oluşacak hata yüzdesini ifade eden Ortalama mutlak hata yüzdesi değeri; %20,170 olarak elde edilmiştir. Bununla birlikte, hacim denkleminin çok sayıda ağaçta hacim tahmininde kullanılması durumundaki hata yüzdesini ifade eden toplam hata yüzdesi değeri ise % -3,1357 olarak hesaplanmıştır.

En başarılı olarak belirlenen çift girişli ağaç hacim denklemi ve bu denkleme ilişkin başarı ölçütleri ise;  $OH = -0,00303$   $m^3$ ,  $OMH = 0,03555$   $m^3$ ,  $R^2 = 0,9663$ ,  $S_{y,x} = 0,05985$   $m^3$ ,  $THY = \%0,7522$   $OMHY = \%8,824$  olarak hesaplanmıştır.

Geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi ile tek ağaçların hacim gelişimdeki değişkenliğinin %96,63'i açıklanmakta ve geliştirilen bu denklemin tek ağaçların hacim tahminlerinde ise %8,824'lik bir ortalama hata ve çok sayıda ağaçta yapılacak hacim tahminlerinde ise %0,7522 hata yapılacağı öngörülmektedir. Toplam Hata Yüzdesinin, -%1 ile +%1 arasında ve Ortalama Hata Yüzdesi değerinin ise %10 ve daha küçük olması önerilmektedir (Kalıpsız, 1999). Çalışmamızda oluşturulan çift girişli hacim denkleminin THY değeri %-1 ile %1 arasında iken tek girişli hacim denkleminin THY değeri %-1 in altındadır. Çift girişli ve tek girişli hacim denklemleri için OMH değeri %10'un altındadır. Bu çalışmada olduğu gibi özellikle tek girişli hacim tablolarında önerilen ortalama mutlak hata yüzdesinin sağlanması oldukça zordur. Çünkü göğüs çapları eşit olan ağaçlarda, boy ve gövde şekli farklılıkları hacim üzerinde önemli değişimlere neden olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin başarı durumları değerlendirildiğinde, tek girişli ağaç hacim denklemi ile hacimdeki değişimin %86,04'sı açıklanabilirken, çift girişli denklem ile %96,63 açıklanmakta ve böylece çift girişli ağaç denkleminin kullanımı ile yaklaşık %10,59'luk bir tahmin başarısında artış elde edilmiştir. Toplam hata yüzdesi bakımından geliştirilen iki hacim denkleminin durumları değerlendirildiğinde; iki denklemin de 0'a yakın toplam hatalar verdiği belirlenmiştir. Tek ağaçların hacim tahminlerindeki ortalama hata durumları değerlendirildiğinde ise; tek girişli ağaç hacim denklemi %20,170'lik bir hata yaparken, çift girişli ağaç hacim denklemi ise %8,824'lik ortalama tahmin hatasına sahip olup, çift girişli ağaç hacim denklemi ile ortalama hatada %11,346'lık azalış elde edilmektedir. Çift girişli ağaç hacim denklemleri tek girişli ağaç hacim denklemlerine oranla daha başarılı sonuçların elde edilmesi, özellikle ağaçların hacim gelişimini ağaç göğüs çapına ilaveten ağaç boyu ile daha iyi modellenenilmesi ile açıklanabilmektedir. Bu bakımdan, ağaç hacim denklemlerinde, ağaçların çaplarıyla birlikte boylarının da bir bağımsız değişken olarak eklenmesi; tahmin başarılarını artmasına ve hesaplanan tahmin güçlerinin daha da artmasına neden olmaktadır. Çift girişli ağaç hacim denklemleri ile daha başarılı hacim tahminleri ise, ortalama mutlak hata yüzdesinin daha düşük elde edilmesini sağlamaktadır. Tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin toplam hata yüzdesinin sıfır olması, iki hacim fonksiyonun hatasız olduğu anlamına gelmeyip; yalnız hacim değerleri toplamı ile hacim fonksiyonlarına ilişkin hesaplanan hacimler toplamı arasında bir farklılık bulunmadığı anlamını taşımaktadır. Bu iki hacim fonksiyonunun toplam hata bakımından bir farklılık göstermemesi nedeniyle, pek çok ağaca ilişkin toplam hacim hesaplanması durumunda, özellikle uygulamada tek girişli hacim fonksiyonları pratik olmasıyla, çift

girişli hacim fonksiyonlarına göre tercih edilebilir (Yavuz,1999).

Bu çalışmada geliştirilen çift girişli hacim denkleminin ilişkin tahmin değerleri Alemdağ (1967) tarafından geliştirilmiş olan çift girişli ağaç hacim denklemi ile elde edilen tahmin değerleri ile karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak iki denklemin birbirinden farklı tahminler verdiği belirlenmiştir. Ayrıca Alemdağ (1967) tarafından geliştirilmiş olan çift girişli ağaç hacim denkleminin, Bozalan Orman İşletme Şefliği ve Çubuk Orman İşletme Şefliğindeki sarıçam meşcereleri için uygun olmadığı ve hatalı tahminler verdiği belirlenmiştir. Bu bakımdan, çalışmamızda geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi ile çalışmaya konu sarıçam meşcerelerinin hacim gelişimlerinin daha iyi temsil edilmiş ve modellenenmiştir.

Tek ağaç hacim denklemleri ve ağaç hacim tablolarının kullanımında sadece gövde çapına ihtiyaç varken, çift girişli ağaç hacim denklemlerinde gövde çapına ek olarak ağaç boyunun da ölçülmesi gerekmektedir. Dolayısıyla çift girişli ağaç hacim tablolarından yararlanmak için tek girişli ağaç denklemleri ve hacim tablolarına göre daha çok vakit harcamak gerekmektedir. Ancak, %10,59'luk bir başarı artışı azımsanmayacak kadar fazla olduğundan, çift girişli hacim denklemleri ve hacim tablolarını kullanmak daha uygun olacaktır.

#### Teşekkür

Bu çalışma, Ölmez (2018)'in "Sarıçam Ağaçları (*Pinus sylvestris* L.) İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi (Bozalan ve Çubuk Yöresi Örneği)" isimli yüksek lisans çalışmasının özetidir. Yardım ve katkılarından dolayı Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) ormanlarında hasılat araştırmaları. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul.
- Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki kızılçam ormanlarının gelişimi, hasılat ve amenajman esasları. Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No, 11, Ankara, 160 s.
- Alemdağ, Ş., 1967. Türkiye'deki sarıçam ormanlarının kuruluşu, verim gücü ve bu ormanların işletilmesinde takip edilecek esaslar. Ormanlık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No, 20, Ankara, 160 s.
- Asan, Ü., 1984. Kazdağı Göknarı (*Abies equi-trojani* aschers, et sinten.) ormanlarının hasılat ve amenajman esasları üzerine araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No, 3205, O.F. Yayın No, 365, Taş Matbaası, İstanbul, 207 s
- Asan, Ü., 2000. Ulusal orman envanteri kavramı ve Türkiye'deki durumu. T.C. Orman Bakanlığı, Teknik Bülten, Yıl,1, Sayı,2, 2000.
- Batu, F., 1995. Uygulamalı istatistik yöntemler, 22. Cilt, Karadeniz Teknik Üniversitesi yayını, Trabzon, 312 sayfa
- Bayburtlu, Ş., 2007. Titrek kavak (*Populus tremula* L.) hacim ve bonitet endeks tablolarının düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Birler, A.S., Yüksel, Y., 1983. Sahil çamı ağaçlandırma meşcerelerinde hasılat araştırması. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayınları, No,25.
- Durkaya, B., 2004. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)- uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.)-doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerinde artım-büyüme ilişkileri. Doktora Tezi, Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın
- Eraslan, İ., 1954. Trakya ve Bilhassa Demirköy mıntıkası meşe ormanlarının amenajman esasları hakkında araştırmalar, Orman Genel Müdürlüğü Yayın No 132, 250s. İstanbul.
- Ercanlı, İ., Güvendi, E., Güney, D., Günlü, A., Altun, L., 2008. Sinop yöresi Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) ağaçlandırmalarına ilişkin tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. K.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 8(1), 14-25.
- Erkin, K., 1956. Seben mıntıkası sarıçamları hacim eğrisine ait tamamlayıcı etütler. İstanbul Orman Fakültesi Dergisi, A, 6(2), 243-263
- Evcimen, B. S., 1963. Türkiye sedir ormanlarının ekonomik önemi, hasılatı ve amenajman esasları. O.G.M. Yayınları, 355, 16, Ankara.
- Fırat, F., Kalıpsız A. 1963. Tarsus-Karabucak ormanları için *Eucalyptus camaldulensis* ağaç hacim tablosu. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 18, Sayı 1, İstanbul.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri. IV. Baskı, İ.Ü. Orman Fakültesi, İ. Ü Yayın No, 1800, O. Yayın No, 193, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam Hacim Tablosu, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, A-9(1), 97- 112.
- Günel, H.A., 1981. Orman Hasılat Bilgisi, Roto Baskı, 16-24.
- Kahrıman, A. Sönmez, T., Şahin, A. 2017. Antalya ve Mersin Yöresi kızılçam meşcereleri için ağaç hacim tabloları. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(1), 9-22.
- Kalıpsız, A., 1962. Değişikyaşlı doğu kayınında artım ve büyüme araştırmaları, Orman Genel Müdürlüğü Yayın No 339/7, 112s. İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1988. Orman hasılat bilgisi. İ.Ü. Yayın No, 3516, Orman Fakültesi Yayın No, 397, 349 s., İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1999. Dendrometri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No,3194/354, İstanbul.
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A.U., Mısır, N., 2002. Kestane meşcerelerinin hasılatı ve amenajman esasları. TÜBİTAK TOGTAG-TARP 2229 nolu Proje, Sonuç Raporu.
- Miraboğlu, M., 1955. Göknarlarda şekil ve hacim araştırmaları. T.C. Ziraat Vekaleti, Orman Umum Müdürlüğü, Neşriyat Sıra No,188, Seri No, 5, Yenilik Basımevi, İstanbul, 103 s
- Özçelik, R., Çevlik, M., 2017. Batı Akdeniz yöresi doğal sedir meşcereleri için hacim denklemleri. Turkish Journal of Forestry, 18(1), 37-48.
- Özkurt, A., (2000). Okalptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) için hacim tablosu. *Doğu Akdeniz* Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 6, 87-105.
- Pehlivan, S., 2010. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Yüksek lisans tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 48 s.
- Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2003. Ilgaz Dağı Göknar Meşcereleri İçin Hacim Fonksiyonları. Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:3, No:2, s.219-232.
- Sakıcı, O. E., Sağlam, F., Seki, M., 2018. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri. Turkish Journal of Forestry, 19(1), 20-29.
- Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz yöresi göknar meşcerelerinde artım ve büyüme, Doktora Tezi İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın, İstanbul.
- Saraçoğlu, N., 1998. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) gövde hacim tablosu, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22, 215-225
- SPSS Institute Inc., 2006. SPSS Base 12.0User's Guide, 680 s.
- Şentürk, N. 1997. Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Wahl. subsp. *Oxycarpa* (Bieb. ExWilld.) Franco&RochaAfonso) gövde hacim ve ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Şenyurt, M., 2011. Batı Karadeniz yöresi Sarıçam meşcerelerinde artım ve büyüme, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 210s., İstanbul.
- Ölmez, K., 2018. Sarıçam Ağaçları (*Pinus sylvestris* L.) için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi (Bozalan ve Çubuk Yöresi Örneği). Yüksek Lisans Tezi, ÇAKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Yavuz, H., 1995. Uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri. KTÜ Orman Fakültesi Bahar Yarıyılı Seminerleri, Fakülte Yayın No, 49, 101-106.
- Yavuz, H., Şentürk, N., 1997. Dişbudak ağaç hacim tablosunun düzenlenmesi, İ.Ü. Orman Fakültesi Cumhuriyetimizin 75. Yılında Ormancılığımız Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Yayın No 4187/458, s.413-424, İstanbul.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü yöresinde karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(Ek Sayı5), 1181-1188.
- Yavuz, H., Sakıcı, O.E., 2002. Gövde profili modellerinin bilimsel ve pratik açıdan irdelenmesi. Orman Amenajmanı'nda Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19.