




## İzmir Orman Bölge Müdürlüğü fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcereleri için gövde hacim tablolarının düzenlenmesi

Construction of stem volume tables for stone pine (*Pinus pinea* L.) stands in İzmir Regional Directorate of Forestry

Niyazi ÖZÇANKAYA<sup>1</sup>   
Mustafa BATUR<sup>1</sup>   
Özgür KİRACIOĞLU<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü  
Müdürlüğü, İzmir

<sup>2</sup> Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları  
Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir

**Sorumlu yazar** (Corresponding author)

Niyazi ÖZÇANKAYA  
[n\\_ozcankaya@yahoo.com](mailto:n_ozcankaya@yahoo.com)

**Geliş tarihi** (Received)

21.12.2020

**Kabul Tarihi** (Accepted)

16.02.2021

**Sorumlu editör** (Corresponding editor)

Neşat ERKAN  
[nesaterkan@yahoo.com](mailto:nesaterkan@yahoo.com)

**Atıf** (To cite this article): Özçankaya, N , Batur, M , Kiracioğlu, Ö . (2021). İzmir Orman Bölge Müdürlüğü fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcereleri için gövde hacim tablolarının düzenlenmesi . Ormanlık Araştırma Dergisi , 8 (2) , 125-145 . DOI: <https://doi.org/10.17568/ogmoad.813362>

### Öz

Bu çalışmada İzmir Orman Bölge Müdürlüğü (OBM) sınırları içinde kullanılmak üzere, varlığı ve ekonomik değeri ile önemli bir orman ağacı türü olan fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nın tek ve çift girişli dikili kabuklu gövde hacim tabloları düzenlenmiştir. Bu amaçla, İzmir OBM genelinde 275 adet örnek ağaçta ölçüm yapılarak gerekli veri elde edilmiştir. Ağaçların 44'ü kontrol ve 231'i model geliştirme grubu olarak ayrılmıştır. En uygun hacim için modellerin belirlenmesinde Ortalama Hata, Ortalama Mutlak Hata, Hataların Standart Sapması, Açıklanan Varyans Yüzdesi, Toplam Hata Yüzdesi, Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi ve Ortalama (Vasati) Ayrılış Yüzdesi gibi başarı ölçütleri yanında artık değerlerin analizlerinden yararlanılmıştır. Seçilen hacim modellerinin,  $\alpha=0,05$  anlam düzeyinde İzmir OBM fıstıkçamı ormanlarında kullanımlarının uygun olduğu anlaşılmıştır. İzmir OBM tek girişli gövde hacim tabloları " $logV=\beta_0+\beta_1logd+\beta_2*(logd)^4+\beta_3*(1/d)$ ", çift girişli gövde hacim tabloları ise " $logV=\beta_0+\beta_1*log(d^2h)+\beta_2*(1/(h+6))^2+\beta_3*(1/dh)$ " denklemleriyle düzenlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fıstıkçamı, gövde hacim tablosu, hacim modeli, başarı ölçütleri

### Abstract

In this study, single and double entry tree volume tables of stone pine (*Pinus pinea* L.), which is an important forest tree species in terms of existence and economic value, were prepared to be used within the boundaries of İzmir Regional Directorate of Forestry (İzmir RDF). For this purpose, 275 sample trees were taken from the İzmir RDF and necessary data were obtained. 44 of the sample trees were separated as control and 231 as model development group. The models for the most appropriate volume were determined using the criteria of Mean Error, Mean Absolute Error, Standard Deviation of Errors, Percent of Variance Described, Total Failure Percentage, and Average Absolute Failure Percentage and also the analysis of residual values were utilized. It has been determined that the selected volume models are fixed to use in İzmir RDF pine forests at the significance level of  $\alpha<0,05$ . Single and double entry volume tables were produced with the " $logV=\beta_0+\beta_1*logd+\beta_2*(logd)^4+\beta_3*(1/d)$ " and " $logV=\beta_0+\beta_1*log(d^2h)+\beta_2*(1/(h+6))^2+\beta_3*(1/dh)$ " equations, respectively.

**Key words:** Stone pine tree, tree volume table, volume model, success criteria



Creative Commons Atıf -  
Türetilemez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

## 1. Giriş

Orman İşletmelerinin en önemli sermayelerinden birisi meşceredeki dikili tek ağaç hacimlerinin toplamı olan ağaç servetidir (Kalıpsız, 1984; Yavuz, 1999). Sürdürülebilir ve rasyonel orman yönetimi planlama ile mümkündür. Orman amenajman planlarının temel dayanağı meşceredeki hacim ve artım değerleridir. Bu değerlerin doğru ve güvenilir olması uygulanabilir bir plan için önemli bir gerekliliktir.

Tek ağaç ve meşcere hacim değerlerinin analitik yöntemlerle hesaplanması ağaçlar kesilmeden mümkün olmamaktadır (Sakıcı ve ark., 2018). Dikili ağaçların gövde hacim değerlerini saptamak için her safesinde kesim yapılamayacağından, hacim değerleri geliştirilen daha pratik yöntemler ile tahmin edilmektedir (Fırat, 1973; Kalıpsız, 1984; Yavuz, 1999). Tahminler, ağaç türleri için uygun değerler üreten, istatistik yöntemlerle elde edilmiş modeller ile gerçekleştirilir ve en uygun denklemler, birçok denklem arasından uygunluk testleri yardımıyla seçilir (Kalıpsız, 1984; Carus ve Su, 2014).

Ağacın kolay biçimde ölçüm değerlerinin elde edilebileceği kısımlarının (çap, çap ve boy vd.) birer bağımsız değişken olduğu bu denklemlerden dikili kabuklu gövde hacim tabloları (DKGHT) türetilir (Kalıpsız, 1984). Hacim denklemleri kullanılan bağımsız değişken sayısına bağlı olarak tek, çift ve çok girişli olarak (Loetsch ve ark., 1973; Kalıpsız, 1984); bununla beraber kullanıldıkları alanın büyüklüğüne göre de yöresel, bölgesel ve genel olmak üzere üçer farklı biçimde gruplandırılmışlardır (Köhl ve ark., 2006; Sakıcı ve ark., 2018).

Ormanlıkta ağaç serveti envanteri çalışmalarında, örnek alanların hacimlerinin kestirilmesinde genel olarak tek (çap) veya çift (çap-boy) girişli gövde hacim tabloları kullanılmaktadır. Orman amenajman planlarındaki artım ve servet hesaplarının doğru yapılabilmesi için tek ağaçlar için mümkün olduğu ölçüde doğru hacim veren dikili kabuklu gövde hacim tablolarına (DKGHT) ihtiyaç vardır.

İzmir Orman Bölge Müdürlüğü (OBM) kapsamında fıstıkçamı meşcerelerine sahip plan ünitelerinin orman amenajman planlarında fıstıkçamı ağaç türü için tek girişli hacim ve artım tabloları mevcuttur. Ancak geçmiş planlama dönemlerinde grafik yöntemlerle hazırlanmış bu tabloların kökeni belirsizdir ve genel olarak düşük hacim değerleri tahmin etmektedir. Uygulayıcılar tarafından tabloların problemliliği öne sürülerek tekrar düzenlenmelerinin gerekliliği sıklıkla vurgulanmaktadır.

Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) her ne kadar yenilebilir

lezzetli tohumlara sahip olduğu için tüm dünyada değerli kabul edilse de odun özellikleri ile de ekonomik öneme sahip bir ağaç türüdür. Odunu hoş kokulu ve terebentin içeriği yüksektir. Direk, travers, kaplama, ambalaj ve yapı malzemesi, mobilya, doğrama, gemi-tekne yapımı, lif yonga, levha, reçine, selüloz ve kağıt endüstrisinde kullanılmaktadır (Doğu ve ark., 2002).

Türün doğal yayılış alanı Akdeniz Havzası ılıman iklim kuşağıdır. En geniş yayılışını İspanya'da, en büyük yayılışını ise Türkiye, Portekiz, İtalya, Fransa, Yunanistan, Arnavutluk, Suriye, Fas, Tunus ve Cezayir'de yapmaktadır (Fady ve ark., 2004). Ülkemizde ise doğal olarak İzmir-Bergama-Kozak Havzasında, Aydın-Koçarlı-Mazon Bölgesinde ve Muğla-Yatağan-Katranlı Havzası'nda büyük meşcereler halinde bulunmaktadır (Fırat, 1943; Kılıcı ve ark., 2000).

İzmir-Bergama-Kozak havzasında bulunan fıstıkçamı meşcereleri ülkemiz ve İzmir OBM için büyük önem taşımaktadır. Yüksek verimli fıstıkçamı ormanları bu yörede bulunmakta olup, ülkemizdeki doğal fıstıkçamı sahalarının %31,4'üne karşılık gelmektedir (Kılıcı ve ark., 2014). Orman Genel Müdürlüğü (OGM) 2019 Türkiye Orman Varlığı istatistiklerine göre 131.550 ha normal koru, 33.250 ha ise bozuk koru olmak üzere toplam 164.800 ha fıstıkçamı ormanı bulunmaktadır (OGM, 2019). Ancak, devlet ormanı sınırları dışında olan Kozak yöresinde yaklaşık 30.000 ha ve diğer bölgelerdeki özel fıstıkçamı ormanları, amenajman planlarında ziraat rumuzuyla gösterildiğinden bu alana dâhil değildir.

Asli ağaç türlerimizin çoğu için hacim tabloları düzenlenmiştir. Farklı ağaç türleri için grafik (Erkin, 1948; Eraslan, 1954; Gülen, 1959; Kalıpsız, 1962) ve matematik (Miraboğlu, 1955; Alemdağ, 1962; Akalp, 1978; Asan, 1984) yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalar ile genel (Alemdağ, 1967; Sun ve ark., 1978; Bozkuş ve Carus, 1997) ve yöresel/bölgesel (Erdemir, 1974; Erkan, 1997; Saraçoğlu, 1998; Yavuz, 1999; Sakıcı ve Yavuz, 2003; Ercanlı ve ark., 2008; Özçelik, 2010; Kahriman ve ark., 2017) ölçeklerde hacim tabloları üretilmiştir.

Fıstıkçamının planlaması ve hasılatına yönelik araştırmalar ise oldukça kısıtlıdır. "Fıstıkçamı ormanlarımızda meyva ve odun verimi bakımından araştırmalar ve bu ormanların amenajman esasları" isimli ilk çalışma Fırat (1943) tarafından yapılmıştır. Ayrıca Eler (1986)'in Antalya Bölgesi fıstıkçamı ağaçlandırma alanlarındaki fıstık ve odun verimine ilişkin çalışması ile Güler (2010)'in Antalya ağaçlandırma sahaları için Yöresel Fıstıkçamı DKGHT düzenlediği çalışma bulunmaktadır.

Çalışmanın amacı, İzmir OBM genelinde fıstıkçamı ağaç türü için güvenle kullanılabilir tek ve çift girişli dikili kabuklu gövde hacim modellerinin geliştirilmesi ve tablolarının düzenlenmesidir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Araştırma alanı İzmir OBM'dir. Çalışma materyalini fıstıkçamı meşcerelerinden seçilmiş 275 adet

örnek ağaç ve orman amenajman planları oluşturmaktadır. Örnek ağaçların dağılımı kurgulanırken İzmir OBM'ne bağlı Orman İşletme Müdürlüklerinde bulunan fıstıkçamı meşcereleri alanlarının, İzmir OBM fıstıkçamı meşcereleri toplam alanlarına oranları (Bektaş, 2012) dikkate alınmıştır (Tablo 1).

### 2.2. Yöntem

Gövde hacim denklemlerinin üretilmesinde regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır. Alternatif

Tablo 1 Orman İşletme Müdürlüklerinin toplam fıstıkçamı alanları, İzmir OBM fıstıkçamı toplam alanına oranları ve ölçülen örnek ağaç sayıları

Table 1. Total stone pine areas of Forest Management Directorates, their ratio to the total area of Izmir RDF stone pine and the number of sample trees measured

Orman İşletme Müdürlüğü	Fıstıkçamı Sahası (ha)	%	Örnek Ağaç Sayısı
Akhisar	3.216,1	6,6	20
Bayındır	4.032,7	8,3	22
Bergama	20.758,0	42,7	134
Demirci	4.687,2	9,7	12
Gördes	2.395,3	4,9	12
İzmir	2.225,1	4,6	12
Manisa	9.760,1	20,1	49
Menderes	1.526,5	3,1	14
Toplam	48.601,0	100,0	275

denklemler başarı ölçütleri ile değerlendirilmiş, seçilen en uygun denklemlerin ürettiği değerler ile hacim tabloları düzenlenmiştir.

Hacim tablolarının düzenlenmesinde veya hacim denklemlerinin geliştirilmesinde üç önemli aşaması olduğu belirtilmiştir (Yavuz, 1995). Bunlar;

- Yeterli sayıda ve uygun örnek ağaç seçimi,
- Hacim denklemlerinin düzenlenebilmesi için bağımlı (ağaç gövde hacmi) ve bağımsız (göğüs çapı ve ağaç boyu) değişkenlerin ölçümü,
- Model formunun seçimi ve modelin test edilmesiyle en uygun hacim denkleminin seçimidir.

#### 2.2.1. Örnek ağaçların seçimi

Herhangi bir ağaç türü için düzenlenecek hacim tablolarının hazırlanması aşamalarında, öncelikle ilgili türün doğal yayılış gösterdiği meşcerelerden yeterli sayıda ve uygun nitelikte örnek ağaçların seçilmesi gerekmektedir. Örnek ağaçların düzgün gövdeli, sağlıklı, canlı ve sağlam tepeli olmalarına dikkat edilmiş, farklı çap ve boy kademelerine dağılımlarının da yeterli olması gözlemlenmiştir.

#### 2.2.2. Hacim değerlerinin hesaplanması

Çalışmada örnek ağaç gövde hacimlerinin belirlenmesi için seksiyon (bölümleme) yöntemi ve "Smalian Hacim Formülü" uygulanmıştır. Seksiyon uzunluğu kısaldıkça hacmin güvenilirliği artmakta olduğundan bu uzunluk 1,0 metre (m) olarak seçilmiştir.

Örnek ağaçlar toprak seviyesinden kesilmiş, ölçü işlemleri için dalları kesilerek gövde temizlenmiştir. Çap ölçümleri, gövdenin dip kısmından tepe ucuna kadar, mümkün olduğunca düzenli bir şekilde 0,3 m'den başlayarak 1 m aralıklarla (0,3 m, 1,3 m, 2,3 m, 3,3 m ve 4,3 m gibi), birbirine dik şekilde çift taraflı ve 0,1 santimetre (cm) hassasiyetinde yapılmıştır. Dal şişkinliklerine rastlayan ölçüm yerlerinde ise gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Uçta kalan 1 metreden küçük gövde ucunun boyu da ölçülerek kaydedilmiş ve ölçü işlemleri tamamlanmıştır.

Yönteme göre ağaçlar dip kütük ( $V_{DK}$ ), dip kütük ile uç parça arasında kalan n adet 1,0 m'lik seksiyonlar ( $V_{SP}$ ) ve uç parça ( $V_{UP}$ ) olmak üzere üç bölüme ayrılmış, dip kütüğün silindirik ve uç parçasının ise koni biçiminde olduğu varsayılarak her bir bö-

lüm için kabuklu hacimler ayrı ayrı hesaplanmıştır (Denklem 2.1, 2.2 ve 2.3).

$$V_{DK} = \frac{\pi}{4} * d_{0,3}^2 * 0,3 \quad (2.1)$$

$$V_{ST} = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{\pi}{4} * \frac{d_{ai}^2 + d_{üi}^2}{2} * l \right\} \quad (2.2)$$

$$V_{UP} = \frac{1}{3} * \frac{\pi}{4} * d_{ün}^2 * h_{uç} \quad (2.3)$$

Burada,  $d_{0,3}$ : 0,3 m kütük çapını,  $n$ : toplam seksiyon sayısını,  $d_{ai}$ :  $i$ . seksiyon alt yüzeyinin çapını,  $d_{üi}$ :  $i$ . seksiyon üst yüzeyinin çapını,  $l$ : seksiyon uzunluğunu,  $d_{ün}$ :  $n$ . seksiyon üst yüzeyinin çapını ve  $h_{uç}$ : uç parça uzunluğunu ifade etmektedir.

Her bir gövde bölümü ( $V_{DK}$ ,  $V_{ST}$  ve  $V_{UP}$ ) hacimleri toplamı hesaplanarak kabuklu gövde hacimleri

( $V_G$ ) tespit edilmiştir (Denklem 2.4).

$$V_G = V_{DK} + V_{ST} + V_{UP} \quad (2.4)$$

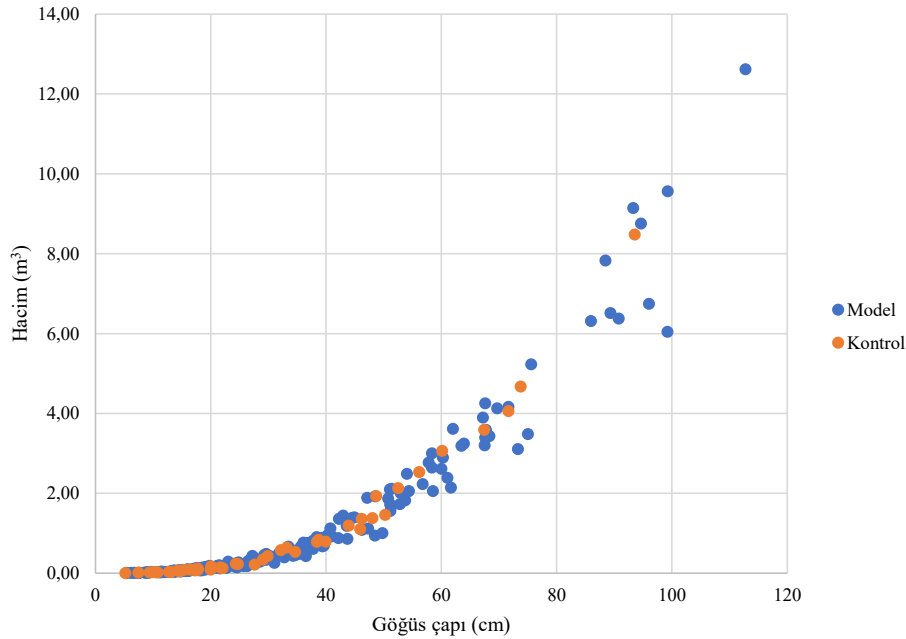
### 2.2.3. İstatistik modellerin belirlenmesi

Çalışma kapsamında, çoğunlukla literatürdeki benzer çalışmalardan derlenmiş, kısmen de dağılıma uygun formlarda düzenlenmiş 25 adet tek (Ek Tablo 1) ve 49 adet çift girişli model (Ek Tablo 2) test edilmiştir.

Kontrol grubu olarak kullanılmak üzere 275 adet ağaçtan rastgele belirlenen %16'sı (44 adedi) ayrıldıktan sonra, regresyon analizi için 231 adet ağaç kullanılmıştır. Model geliştirme ve kontrol için kullanılan ağaç gruplarına ait bazı istatistikler ile göğüs çapı-ağaç hacmi dağılım grafiği Tablo 2 ve Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 2 İzmir OBM model ve kontrol verilerine ait bazı istatistikler  
Table 2. Some statistics of Izmir RDF model and control data

	Model Geliştirme Verileri			Kontrol Verileri		
	Göğüs çapı (cm)	Boy (m)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Göğüs çapı (cm)	Boy (m)	Hacim (m <sup>3</sup> )
Minimum	5,35	2,46	0,005	5,15	2,62	0,007
Maksimum	112,75	26,20	12,625	93,50	24,85	8,487
Ortalama	31,930	11,524	1,010	31,901	11,695	1,002
Standart sapma	21,512	5,882	1,844	20,616	6,084	1,639
Sayı	231	231	231	44	44	44



Şekil 1. İzmir OBM için model ve kontrol verilerinin göğüs çapı-hacim dağılımı grafiği  
Figure 1. Breast diameter-volume distribution graph of model and control data for Izmir RDF

## 2.2.4. En uygun modelin seçimi

En uygun modelin seçimi iki ana aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada en iyi sonuç veren hacim denklemlerinin seçiminde Ortalama Hata ( $\bar{D}$ ), Ortalama Mutlak Hata ( $|\bar{D}|$ ), Hataların Standart Sapması (SD), Açıklanan Varyans Yüzdesi (%PVE), Toplam Hata Yüzdesi (%TH) ve Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (%MH) olmak üzere altı ölçütten oluşan set kullanılmıştır (Denklem 2.5-2.10).

$$\bar{D} = \frac{1}{n} * \left( \sum_{i=1}^n D_i \right) \quad (2.5)$$

$$|\bar{D}| = \frac{1}{n} * \left( \sum_{i=1}^n |D_i| \right) \quad (2.6)$$

$$SD = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^n D_i^2) - ((\sum_{i=1}^n D_i)^2 / n)}{(n-1)}} \quad (2.7)$$

$$\%PVE = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - V_{ort})^2 - \sum_{i=1}^n D_i^2}{\sum_{i=1}^n (V_i - V_{ort})^2} \right\} * 100 \quad (2.8)$$

$$\%TH = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \hat{V}_i)}{\sum_{i=1}^n V_i} \right\} * 100 \quad (2.9)$$

$$\%MH = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \hat{V}_i|}{\sum_{i=1}^n V_i} \right\} * 100 \quad (2.10)$$

Burada;  $D_i = (V_i - \hat{V}_i)$ , ölçülen ve tahmin edilen  $i$ . değerler arasındaki farkı,  $\hat{V}_i$ : denklem ile tahmin edilen  $i$ . ağaç hacmini,  $V_i$ : ölçülen  $i$ . ağaç hacmini,  $V_{ort}$ : ölçülen ağaç hacmi ortalamasını,  $n$ : örnek ağaç adedini ifade etmektedir.

Bağımlı değişkenin logaritmik formulu olduğu denklemler için, sistematik hatayı gidermek üzere kullanılan düzeltme faktörleri ( $f$ ) adı logaritma için Denklem 2.11 ve doğal logaritma için Denklem 2.12 ile hesaplanmıştır (Alemdağ, 1962; Asan, 1984; Çatal, 2005).

$$f = 10^{(1,1513 * SE^2)} \quad (2.11)$$

$$f = e^{(0,5 * SE^2)} \quad (2.12)$$

Burada;  $f$ : düzeltme faktörünü,  $e$ : doğal logaritma tabanını ( $\approx 2,71828182$ ) ve  $SE$ : tahminin standart hatasını ifade etmektedir.

Güvenilir bir hacim fonksiyonunun bu ölçüt değerlerinden ortalama hata, ortalama mutlak hata, hataların standart sapması, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerlerinin sifira en yakın şekilde küçük, açıklanan varyans yüzdesi ve belirtme katsayısı değerinin ise büyük olması arzu edilir. Ancak; bu ölçüt değerlerinden bir ya da birkaçına göre iyi sonuç veren bir hacim fonksiyonu diğer ölçüt değerlerine göre farklı sonuçlar verebilir. Bu durumda; hacim fonksiyonları arasında her

bir ölçüt değerine göre karşılaştırma yapmak yerine, ölçüt değerlerinin tümünü kapsayacak biçimde bir başarı sıralaması yapılması gerekir.

Uygunluk ölçütlerine göre en uygun regresyon modelinin belirlenmesinde; her bir ölçüt ile modellere başarı sıra numarası verilip, sıra numaraları toplamına (rank değeri) bağlı olarak da en uygun modelin belirlenmesi önerilmektedir (Yavuz, 1999). Bu çalışmada da öncelikle aynı yöntem uygulanmıştır. Ortalama hata, ortalama mutlak hata, hataların standart sapması, toplam hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerlerinin sifira en yakın şekilde küçüğüne; açıklanan varyans yüzdesi değerlerine göre ise en büyüğüne 1 (bir) sıra numarası verilmiştir. Daha sonra giderek artan bir biçimde her ölçüt değerine göre hacim fonksiyonlarına sıra numarası verilmiş ve sıra numaraları toplamı, ilgili hacim fonksiyonu için başarı derecesi olarak değerlendirilmiştir. Bu durumda en küçük toplam sıra numarasına sahip fonksiyonun en başarılı hacim fonksiyonu olacağı öngörülmüştür.

İkinci aşamada, öncelikle oluşturulan rank tablosunda toplam hata yüzdesi %1'den, mutlak hata yüzdesi de %10'dan büyük modeller elenerek kalan modeller arasında tekrar bir değerlendirme yapılmıştır. Bu kez ölçüt olarak Ortalama Ayrılış (%OA) (Chapman ve Meyer, 1949; Spurr, 1952; Alemdağ, 1962) kullanılmıştır (Denklem 2.13).

$$\%OA = \left\{ \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \left( \frac{|V_i - \hat{V}_i|}{V_i} \right) \right\} * 100 \quad (2.13)$$

Burada;  $\hat{V}_i$ : denklem ile tahmin edilen  $i$ . ağaç hacmini,  $V_i$ : ölçülen  $i$ . ağaç hacmini,  $n$ : örnek ağaç adedini ifade etmektedir.

Öncelikli olarak değerlendirilen %OA ölçütü yanında, regresyon modellerinin genel olarak çoklu doğrusal regresyon analizi varsayımlarına uygunlukları (normallik, sıfır ortalama, kovaryans matrislerinin eşitliği, doğrusallık, çoklu doğrusal bağıntı varsayımları, artıkların bağımsızlığı ve otokorelasyon) grafik ve testlerle incelenmiştir. Ayrıca, tüm modellerde özellikle küçük değerli boy ve çap bağımsız değişkenleri ile göz ardı edilemeyecek ya da düzenlenemeyecek şekilde doğal kanuniyetlere uygun olmayan hacim değerleri üretenler kontrollerle tespit edilmişlerdir. En uygun modeller ilk aşamadaki modellerin puanları yanında tüm bu incelemeler ve değerlendirmeler sonucu seçilmiştir.

## 2.2.5. Seçilen modellerin uygulanabilirlik testleri

Geliştirilen kabuklu gövde hacim denklemlerinin İzmir OBM fıstıkçamı meşcereleri için kullanım-



larının uygun olup olmadığı, artık değerler için normallik ve homojenlik varsayımları test edildikten sonra “Eşleştirilmiş t Testi” kullanılarak belirlenmiştir. Test için, kontrol grubu ağaçlarının gerçek hacim değerleri ile model tahmin değerleri kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

İzmir OBM kapsamında yapılan çalışmada, çift ve tek girişli gövde hacim denklemlerinin belirlenmesi aşamalarında kullanılan istatistik analizler, doğrusal formulu modeller için regresyon katsayıları olarak ifade edilen regresyon parametreleri, bu katsayıların önemlilik düzeyleri, başarı ölçütlerine ait iki aşamalı puanlama döküm çizelgeleri, kimi artık analizi ile ilgili test çıktıları ve uygunluk testleri

çizelgeler biçiminde hazırlanmıştır.

#### 3.1. Çift girişli DKGHT ilişkin bulgular

Yapılan ön incelemede bazı denklemlerin kısmen eksi değerli, kısmen de çap ya da boy bağımsız değişkenleri artarken, giderek azalan hacim değerleri ürettikleri belirlenmiştir. İzmir OBM genel kullanımı için denenen 28, 32, 33, 35, 42, 46, 47, 53, 71, 72 ve 73 numaralı bu denklemler başarısız kabul edilmişlerdir.

Değerlendirmeye katılan modellere ilişkin regresyon parametreleri, katsayıların önemlilik düzeyleri ve logaritmik denklemler için hesaplanan “Düzeltilme Faktörü ( $f$ )” değerleri Ek Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 3 İzmir OBM çift girişli gövde hacim denklemlerine ilişkin başarı ölçüt değerleri  
Table 3. Success criteria for İzmir RDF double-entry tree volume equations

Model No	$\bar{D}$		$ \bar{D} $		SD		PVE		TH		MH		Puan
	( $m^3$ )	R	( $m^3$ )	R	( $m^3$ )	R	%	R	%	R	%	R	
26*	<0,0000	4	0,0795	7	0,1863	16	98,9797	16	-0,0011	4	7,8724	7	54
27*	<0,0000	2	0,0795	6	0,1863	15	98,9797	15	<0,0000	2	7,8718	6	46
29	-0,0192	23	0,0834	16	0,1805	9	99,0319	9	-1,9022	23	8,2573	16	96
30	0,0241	26	0,1070	24	0,1908	17	98,9133	18	2,3843	26	10,5920	24	135
31	-0,0149	20	0,0875	19	0,1791	7	99,0502	7	-1,4776	20	8,6606	19	92
34*	0,0001	5	0,0795	5	0,1863	14	98,9797	14	0,0070	5	7,8718	5	48
36	-0,0638	29	0,1142	26	0,2955	24	97,3130	24	-6,3174	29	11,3105	26	158
37	-0,0747	31	0,1210	29	0,3285	27	96,6624	28	-7,4018	31	11,9799	29	175
38	0,0110	16	0,0811	12	0,1952	19	98,8766	19	1,0918	16	8,0283	12	94
39	-0,0113	17	0,0830	14	0,1764	4	99,0815	4	-1,1158	17	8,2166	14	70
40	-0,0199	24	0,0859	17	0,1823	11	99,0114	11	-1,9729	24	8,5071	17	104
41	-0,0126	18	0,0870	18	0,1794	8	99,0489	8	-1,2447	18	8,6147	18	88
43	-0,0192	22	0,0834	15	0,1805	10	99,0319	10	-1,9022	22	8,2573	15	94
44	0,1292	33	0,1850	32	0,6580	32	86,7820	32	12,7945	33	18,3195	32	194
45*	<0,0000	1	0,0826	13	0,1786	5	99,0620	5	<0,0000	1	8,1823	13	38
48*	0,0089	14	0,0809	11	0,1754	1	99,0934	1	0,8779	14	8,0124	11	52
49*	0,0051	8	0,0895	20	0,2219	21	98,5519	21	0,5099	8	8,8589	20	98
50	0,2108	34	0,2929	35	1,1675	35	58,6213	35	20,8758	34	29,0109	35	208
51	0,6419	38	0,7577	38	3,3426	38	-240,5928	38	63,5740	38	75,0340	38	228
52	0,0734	30	0,1376	31	0,4627	31	93,5483	31	7,2647	30	13,6302	31	184
54*	-0,0002	6	0,0795	8	0,1863	13	98,9797	13	-0,0225	6	7,8765	8	54
55	-0,0271	27	0,0808	10	0,1956	20	98,8538	20	-2,6831	27	8,0062	10	114
56	0,0480	28	0,1055	22	0,3126	26	97,0599	26	4,7523	28	10,4440	22	152
57*	-0,0057	9	0,0749	1	0,1791	6	99,0561	6	-0,5660	9	7,4189	1	32
58	0,0080	12	0,1184	28	0,3356	28	96,6881	27	0,7895	12	11,7226	28	135
59	0,0084	13	0,1181	27	0,3454	30	96,4910	30	0,8281	13	11,6992	27	140
60	0,0141	19	0,0897	21	0,2345	22	98,3777	22	1,3937	19	8,8850	21	124
61	0,0190	21	0,1128	25	0,3424	29	96,5427	29	1,8831	21	11,1666	25	150
62	0,2156	35	0,2829	34	1,0772	34	64,5181	34	21,3545	35	28,0152	34	206
63	0,5229	37	0,6370	37	2,6860	37	-120,1382	37	51,7813	37	63,0823	37	222
64	0,2945	36	0,4057	36	1,7743	36	4,9062	36	29,1643	36	40,1799	36	216
65	0,0948	32	0,2007	33	0,7618	33	82,6775	33	9,3836	32	19,8785	33	196
66	0,0230	25	0,1060	23	0,3068	25	97,2173	25	2,2807	25	10,4973	23	146
67*	<0,0000	3	0,0786	2	0,1760	3	99,0896	3	<0,0000	3	7,7888	2	16
68	0,0110	15	0,0792	4	0,1833	12	99,0093	12	1,0846	15	7,8450	4	62
69*	-0,0078	11	0,0796	9	0,1757	2	99,0910	2	-0,7734	11	7,8808	9	44
70	-0,0059	10	0,1236	30	0,2737	23	97,7964	23	-0,5886	10	12,2443	30	126
75*	-0,0044	7	0,0789	3	0,1909	18	98,9282	17	-0,4402	7	7,8139	3	55

Tablo başlığındaki  $\bar{D}$ : Ortalama Hata,  $|\bar{D}|$ : Ortalama Mutlak Hata, SD: Hataların Standart Sapması, %PVE: Açıklanan Varyans Yüzdesi, %TH: Toplam Hata Yüzdesi, %MH: Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi, R: İstatistik modellerin her bir başarı ölçütü için aldıkları puan (Rank) ve \*: İlk aşamada başarılı sayılan modelleri ifade eder.

Non-linear modeller için anlamlılık değerleri hesaplanmamıştır.

İlk aşamada, en uygun regresyon denkleminin seçiminde kullanılan altı farklı ölçüt değerleri hesaplanarak elde edilen sonuçlar ile Tablo 3 düzenlenmiştir.

İkinci aşamada değerlendirilen ortalama ayrılış ölçütü ve bazı istatistikleri ile Tablo 4 oluşturulmuştur. Birinci aşamadaki puanlama yöntemi ile

tekrar değerlendirilen modellerin yeni puanları, çizelgenin 1. Aşama Yeni Puanı sütununda yer almaktadır. Tablo 4'te, ilk aşamada başarılı olmuş, yeni puanları ile de ilk iki sırada yer alan model 67 ve model 45'in bazı hacimleri %441 ve %617 gibi yüksek bir hata oranıyla tahmin ettikleri görülmektedir. Numaraları 57 ile 75 olan modeller dışındaki tüm modellerin (yazı tipi rengi gri olan modeller) %8'den daha fazla ortalama ayrılış yüzdesi değerine sahip oldukları gözlenmektedir.

Tablo 4 İzmir OBM çift girişli gövde hacim denklemlerine ilişkin %OA ölçütü ile ilgili bazı istatistikler  
Table 4. Some statistics of % OA criterion for İzmir RDF double-entry tree volume equations

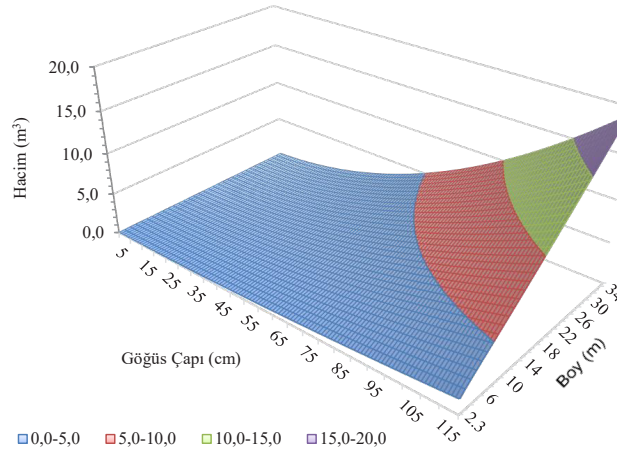
Model No	%OA	Standart Hata	Standart Sapma	Aralık	Min.	Max.	Toplam	Adet	1. Aşama Yeni Puanı
26	12,900	0,751	11,415	75,246	0,207	75,453	2979,835	231	42
27	12,885	0,750	11,393	75,112	0,209	75,321	2976,376	231	34
34	12,890	0,751	11,414	75,214	0,230	75,444	2977,688	231	36
45	25,070	3,662	55,663	617,737	0,060	617,797	5791,134	231	32
48	13,961	0,705	10,708	63,542	0,053	63,596	3224,943	231	42
54	12,972	0,754	11,461	75,478	0,141	75,619	2996,545	231	42
57**	7,547	0,444	6,745	45,043	0,002	45,045	1743,465	231	28
67	19,119	2,582	39,249	441,179	0,019	441,198	4416,426	231	16
68	12,171	0,762	11,580	74,366	0,003	74,368	2811,516	231	42
69	14,321	0,657	9,983	62,190	0,137	62,328	3308,215	231	40
75**	7,551	0,469	7,125	63,828	0,058	63,886	1744,388	231	42

\*\* İkinci aşamada başarılı sayılan modeller

Model 57 her ne kadar birinci aşamadaki puanı ve ortalama ayrılış yüzdesi değeriyle Model 75'ten öncelikli görünse de, küçük değerli çap ve boy değişkenleri için doğal kanuniyetlere aykırı hacim değerleri üretmektedir. Bu durumda tüm inceleme ve değerlendirmeler sonucu 75 numaralı modelin en uygun Fıstıkçamı Çift Girişli Gövde Hacim denklemi olarak seçilmesine karar verilmiştir.

Model 75 için regresyon katsayılarının tamamı  $p < 0,001$  önem düzeyinde sıfırdan farklı bulun-

muştur. Modele ilişkin F değeri 22.326,522 olarak hesaplanmış ve elde edilen hacim denkleminin  $p < 0,001$  önem düzeyinde ( $p = 3,79E-280$ ) verilere uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Denklemin belirtme katsayısı ( $R^2$ ) 0,997 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, en uygun çift girişli gövde hacim modeli için  $\bar{D}$ ,  $|\bar{D}|$ , SD, %PVE, %TH, %MH ve %OA ölçüt değerleri sırasıyla  $-0,0044 \text{ m}^3$ ;  $0,0789 \text{ m}^3$ ;  $0,1909 \text{ m}^3$ ; %98,93; %  $-0,4402$ ; %7,8139 ve %7,551'dir. Denklem grafiği Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. İzmir OBM fıstıkçamı çift girişli gövde hacim denklemi (Model 75) grafiği  
Figure 2. İzmir RDF stone pine double-entry tree volume equation (Model 75) graph

Seçilen hacim denkleminin kullanılabilirliği kontrol grubu verileri ile test edilmiştir. Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk normallik testlerinde farkların normal dağılıma sahip olduğu ( $p=0,200$ ;  $p=0,651$ ) ve Levene testi ile de varyanslarının homojen olduğu ( $p=0,824$ ) belirlenmiştir. Bu durumda uygunluk denetimi için “Eşleştirilmiş t-Testi” yapılmış  $p=0,678$  olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ( $p>0,05$ ) elde edilen çift girişli gövde hacim denkleminin %95 güvenle kullanılabilir olduğunu göstermektedir (Tablo 5).

Tablo 5. “Model 75” için uygulanabilirlik kontrol grubu değerleri

Table 5. Applicability control group values for “Model 75”

Normallik Testleri						
Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
fark	,107	44	,200 <sup>*</sup>	,980	44	,651

\*. This is a lower bound of the true significance.  
a. Lilliefors Significance Correction

Varyansların Homojenliği Testi			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,050	1	86	,824

Eşleştirilmiş t-Testi								
	Paired Differences					t	df	Sig.
	Mean	SD	SE	95%				
				Mean	Lower Upper			
Pair 1 Model_75	-,0028728	,0455328	,0068643	-,0167160	,0109704	-,419	43	,678

### 3.2. Tek girişli DKGHT ilişkin bulgular

Yapılan ön incelemede bazı denklemler kısmen eksi değerli, kısmen de çap değeri artarken, giderek azalan hacim değerleri ürettikleri için başarısız kabul edilmiş ve yarıştırılmamıştır.

Değerlendirmeler sonucunda Model 10 en uygun Fıstıkçamı Tek Girişli Gövde Hacim denklemi olarak seçilmiştir. Hacim denklemindeki regresyon katsayılarının bir tanesi ( $\beta_2$ )  $p<0,05$  önem düzeyinde, diğerleri ise  $p<0,001$  önem düzeyinde sıfırdan farklı bulunmuştur. Bu modele ilişkin F değeri 6.169,505 olarak hesaplanmış ve elde edilen hacim denkleminin  $p<0,001$  önem düzeyinde ( $p=3,47$  E-217) verilere uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu denklemin belirtme katsayısı ( $R^2$ ) 0,988, standart hatası (SD) ise 0,08139054 olarak hesaplanmıştır. En uygun tek girişli gövde hacim modelinin  $\bar{D}$ ,  $|\bar{D}|$ , SD, %PVE, %TH, %MH ve %OA ölçütlerine göre verdiği sonuçlar sırasıyla 0,0110 m<sup>3</sup>; 0,1357

m<sup>3</sup>; 0,3455 m<sup>3</sup>; %96,4984; %1,0862; %13,4423 ve %15,198'dir.

Shapiro-Wilk ve Levene testlerinde, farkların normal dağılıma sahip ( $p=0,126$ ) ve varyanslarının homojen olduğu ( $p=0,775$ ) belirlenmiştir. Uygunluk denetimi için “Eşleştirilmiş t-Testi” yapılmış ve  $p=0,985$  olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ( $p>0,05$ ) elde edilen tek girişli gövde hacim denkleminin %95 güvenle kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

### 3.3. Karşılaştırmalar

İzmir OBM için en uygun seçilen çift ve tek girişli modellerin tahminleri, fıstıkçamı için hazırlanmış diğer bazı hacim değerleri ile grafik ve tablo biçiminde karşılaştırılmıştır.

#### 3.3.1. Çift girişli hacim tabloları için karşılaştırmalar

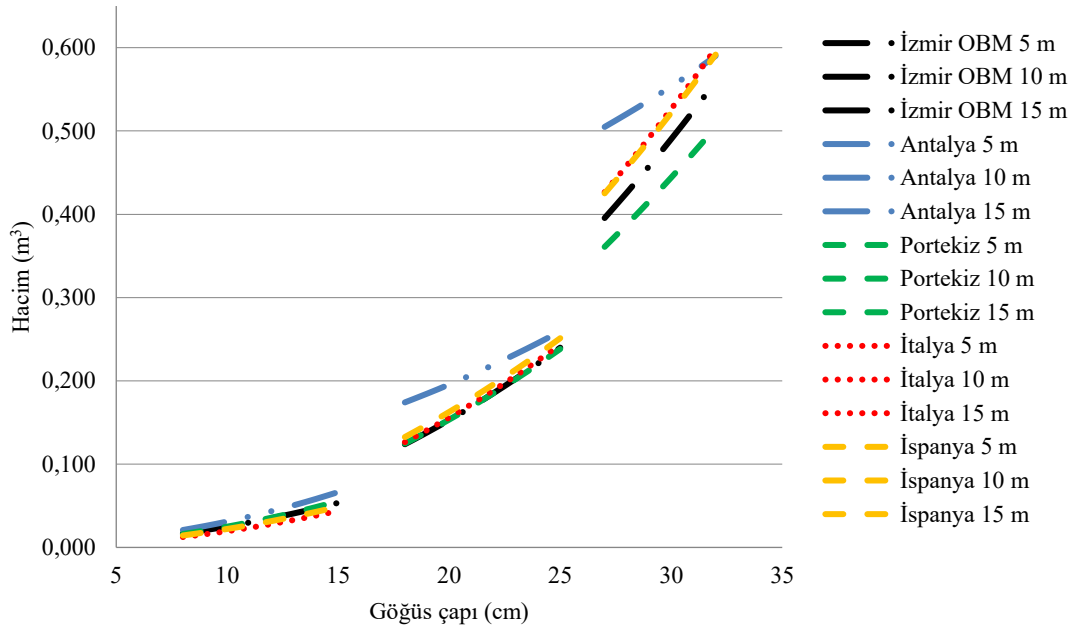
İzmir OBM için geliştirilen fıstıkçamı çift girişli hacim denklemi, ülkemizde Antalya fıstıkçamı ağaçlandırma sahaları için geliştirilen (Güler, 2010) hacim denklemi yanında, İspanya (Millan ve ark., 1993), Portekiz (Correia ve ark., 2010) ve İtalya (Cutini ve ark., 2013) gibi farklı ülkelerde yapılmış çalışmalar sonucu düzenlenmiş fıstıkçamı hacim denklemleri ile karşılaştırılmıştır.

Hacim değeri tahminleri farklı boy kademeleri için Şekil 3 ve Şekil 4'teki gibi düzenlenmiştir. Şekil 3'te görüldüğü üzere, 25 cm göğüs çapına kadar, 5 m, 10 m ve 15 m boy gruplarında Antalya modeli yüksek, diğer model çıktısı hacimler ise hemen hemen yakın değerlerde seyretmektedir. Göğüs çapının 27-32 cm, boyun 15 m olduğu kısımda Antalya modelinin en yüksek, Portekiz modelinin en düşük, İzmir OBM modelinin Portekiz'den sonra ikinci sırada düşük, diğer iki modelin de (İtalya-İspanya) yakın hacim değerleri ürettiği gözlenmektedir. Şekil 4'te ise, 15 m ile 20 m boy gruplarında 49 cm göğüs çapına kadar İtalya, İspanya, İzmir OBM ve Portekiz modelleri en yüksekten düşüğe hacim değerleri ile sıralanmaktadır. Çapın 50 cm'den büyük olduğu 25 m boy grubunda ise en yüksek hacmi sırası ile İtalya, birbiri ile eşit sayılabilecek İspanya ile İzmir OBM ve Portekiz modellerinin ürettiği grafikte okunmaktadır. İspanya ve İzmir OBM değerlerinin birbirlerine oldukça yakın oldukları söylenebilir.

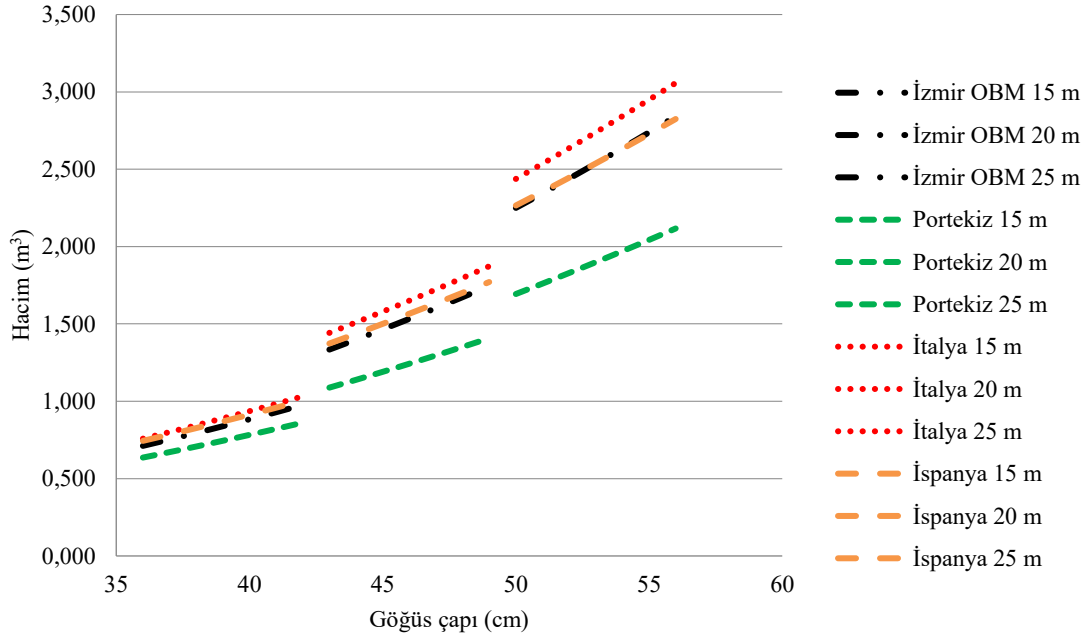
#### 3.3.2. Tek girişli hacim tabloları için karşılaştırmalar

Çalışmada elde edilen model çıktıları (i), Antalya Fıstıkçamı Ağaçlandırma Alanları için düzenlenen (Güler, 2010) değerler (ii), İzmir OBM, Bergama





Şekil 3. Bazı çift girişli hacim denklemlerinin 5 m, 10 m ve 15 m boylarda karşılaştırılmaları grafiği  
Figure 3. Comparison graph of some double-entry volume equations at 5 m, 10 m and 15 m lengths



Şekil 4. Bazı çift girişli hacim denklemlerinin 15 m, 20 m ve 25 m boylarda karşılaştırılmaları grafiği  
Figure 4. Comparison graph of some double-entry volume equations at 15 m, 20 m and 25 m lengths

Orman İşletme Müdürlüğü, Kozak Orman İşletme Şefliği'ne ait orman amenajman planında yer alan fıstıkçami tek girişli gövde hacim tablolarındaki değerler (iii) ve İtalya'da dört kıyı şeridinden alınan toplam 184 adet örnek fıstıkçami verileri kullanarak düzenlenmiş (Cutini ve ark., 2013) model değerleri (iv) ile Tablo 6'da karşılaştırılmıştır.

İzmir OBM değerleri ile Kozak İşletme Şefliği Amenajman Planı hacim değerleri karşılaştırıldığında, genel olarak ve özellikle kalın çaplarda hacimlerin plan tablosunda çok daha düşük tahmin edildiği gözlenmektedir. İtalya değerleri ise her çap kademesi için karşılaştırılan diğer hacim değerlerinden daha yüksektir.

Tablo 6. Bazı fıstıkçamı tek girişli gövde hacim modellerine ilişkin değerlerin karşılaştırılması  
Table 6. Comparison of values for some stone pine single entry stem volume models

Çap kademeleri (cm)	Çap kademeleri ortası (cm)	Hacim (m <sup>3</sup> )			
		Kozak Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı değerleri	İzmir OBM için düzenlenen model tahmin değerleri	Antalya Fıstıkçamı Ağ. Al. için düzenlenen model tahmin değerleri (Güler, 2010)	İtalya'da bir çalışmada (Cutini ve ark., 2013) düzenlenen model tahmin değerleri
8-11,9	10	0,010	0,025	0,034	0,077
12-15,9	14	0,030	0,054	0,068	0,151
16-19,9	18	0,080	0,103	0,113	0,249
20-23,9	22	0,140	0,174	0,169	0,373
24-27,9	26	0,220	0,271	0,236	0,521
28-31,9	30	0,340	0,399	0,315	0,693
32-35,9	34	0,430	0,559	0,417	0,890
36-39,9	38	0,650	0,755	-	1,112
40-43,9	42	0,860	0,990	-	1,358
44-47,9	46	1,140	1,265	-	1,629
48-51,9	50	1,461	1,582	-	1,925
52-55,9	54	1,840	1,943	-	2,245
56-59,9	58	2,260	2,349	-	2,590
60-63,9	62	2,700	2,802	-	2,960
64-67,9	66	3,150	3,302	-	-
68-71,9	70	3,470	3,850	-	-
72-75,9	74	3,790	4,447	-	-
76-79,9	78	4,180	5,094	-	-
80-83,9	82	4,500	5,790	-	-
84-87,9	86	4,820	6,535	-	-
88-91,9	90	5,140	7,331	-	-
92-95,9	94	5,460	8,176	-	-
96-99,9	98	5,780	9,072	-	-
100-103,9	102	6,100	10,017	-	-
104-107,9	106	6,420	11,011	-	-

#### 4. Sonuç ve Öneriler

##### 4.1. Sonuç

Bu çalışmada İzmir Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan fıstıkçamı meşcerelerinde kullanılabilecek kabuklu gövde hacim değerleri tahminleri için tek ve çift girişli gövde hacim denklemleri geliştirilmiştir. Toplam 275 adet örnek ağaçtan elde edilen veriler Regresyon analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir. İstatistik modeller

arasından en uygun olanları Ortalama Hata, Ortalama Mutlak Hata, Hataların Standart Sapması, Açıklanan Varyans Yüzdesi, Toplam Hata Yüzdesi, Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi ve Ortalama Ayrılış Yüzdesi başarı ölçütleri ile seçilmiştir.

Değerlendirmeler sonucu en uygun seçilen denklemler Tablo 7'de verilmiştir. Fıstıkçamı ağaç türü için çift girişli hacim tahmin değerleri Ek Tablo 5a, b, c'de; tek girişli tahmin değerleri ise Ek Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 7. İzmir OBM için en uygun seçilen çift ve tek girişli gövde hacim denklemleri  
Table 7. Double and single-entry tree volume equations selected best for İzmir RDF

• Çift Girişli DKGH denklemi
$V = 1,0049076 * 10^{\left(-4,6348411 + 1,0350721 * \log(d^2h) + 15,8686932 * \left(\frac{1}{h+6}\right)^2 + 5,4137226 * \left(\frac{1}{d * h}\right)\right)}$
• Tek girişli DKGH denklemi
$V = 1,0177162 * 10^{\left(-5,450945 + 3,388001 * \log d - 0,025049 * (\log d)^4 + 4,755827 * \left(\frac{1}{d}\right)\right)}$

Denklemlerin uygunluk denetimleri gerekli varsayımların kontrolü ve devamla “Eşleştirilmiş t-Testi” ile 44 adet örnek ağaçtan oluşan bağımsız bir veri grubu kullanılarak yapılmıştır. İzmir OBM kapsamında her iki denklemin, fıstıkçamı ağaç türü için %95 güvenle kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

#### 4.2. Öneriler

Araştırma sürecinde karşılaşılan problemler doğrultusunda, yapılacak benzer çalışmalarda araştırmacılara yardımcı olabileceği düşünülen yöntemlere ve çalışma sonucunun uygulamada kullanımına ilişkin bazı önerilerde bulunulmuştur.

- Çalışmada, örnek ağaç hacimlerinin hesaplanmasında “Smalian Hacim Formülü” kullanılmıştır. Seksiyon uzunluğunun 1 m olarak seçilmesi genel olarak uygun olsa da, genç örnek ağaçlar için 1 m büyük bir değerdir. Genç örnek ağaçların hacimleri az sayıda seksiyon verisi ile fazla hesaplanmaktadır. Bu nedenle, yeni yapılacak gövde hacim denklemleri düzenlenmesi çalışmalarında ince çaplı örnek ağaçlarda yapılacak ölçüler için seksiyon uzunluğunun 1 metreden daha küçük tutulması önerilir. Genel özellikleri ile bu ağaçları göğüs çapları 8 cm’den ve boyları da 3 m’den küçük fertler şeklinde tanımlamak mümkün olsa da, konu ile ilgili bir çalışma bulunmaması sonucu hangi fertlerde seksiyon uzunluğunun kaç olacağına dair bir rakam vermek pek mümkün değildir. Yine de bu kapsamda bir çalışma yapılana kadar, seksiyon uzunluklarının gövde üzerinde en az 5 ölçme yapılacak şekilde ayarlanmasının uygun olacağı düşünülmektedir.
- Örnek ağaç niteliği taşıyan ve ölçü işlemlerinin hassas yapılabilmesi için kesilerek ölçülmesi gereken ağaçların teminindeki güçlükler, uygulamada kaybedilen zamanla birlikte ciddi şekilde sorun olabilmektedir. Bu gibi problemlerin yaşanabileceği öngörülen çalışmalar için mümkünse veri türetme olanağının olduğu gövde analizi yöntemi tercih edilebilir. Ancak çoklu doğrusal regresyon denkleminin yorumlanması bağımsız değişkenlerin kuvvetli bir şekilde ilişkili olmaması varsayımına bağlıdır. Gövde analizinde tek ağaçtan türetilen örnek ağaç verileri birbiri ile sıkı biçimde ilişkilidir ve bu varsayımı bozabileceği unutulmamalıdır.
- Ortalama Hata, Ortalama Mutlak Hata, Hataların Standart Sapması, Açıklanan Varyans Yüzdesi, Toplam Hata Yüzdesi ve Ortalama Mutlak Hata

Yüzdesinden oluşturulan başarı ölçüt seti gövde hacim modeli düzenlenmesi çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır. Ortalama hata ile ortalama hata yüzdesi, ortalama mutlak hata ile ortalama mutlak hata yüzdesi ve çoğunlukla hataların standart sapması ile açıklanan varyans yüzdesi ölçüt ikilileri her bir model için aynı sıralamayı, yani eşit puanı vermektedir. Model sayısının fazla olduğu durumlarda sıralama oluşturulduktan sonra bile, ilk ona giren modeller tekrar kendi aralarında puanlandıklarında sıralamanın tutarsız bir biçimde değiştiği de gözlenmiştir. En uygun modelin objektif biçimde seçilebilmesi için; regresyon varsayımlarını da içeren güçlü ve sağlam bir algoritma oluşturulması, doğal kanuniyetler şeklinde ifade edilen özelliklerin tanımlanmaları ile her birinin matematik ve istatistik olarak ifade edilmeleri, bu ifadelerin de başarı ölçütleri olarak düzenlenmeleri ve karar verme yöntemlerinin geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Yöresel ve bölgesel hacim tablolarının gerekliliği ile ülkemizde gövde hacim tabloları düzenleme çalışmalarının devam edeceği de göz önüne alınarak, başarı ölçütlerinin seçimi ve kombinasyonlarının optimizasyonu ile ilgili çalışmalar yanında değerlendirme yöntemleri ile ilgili araştırmaların yapılmasının gerekli ve önemli olduğu söylenebilir.

- Türkiye’de, farklı ağaç türleri için düzenlenmiş birçok gövde hacim tablosu mevcuttur. Aynı ağaç türünün aynı çaplı bireyleri arasında bile, bonitet ve meşcere parametrelerine bağlı olarak hacim değeri farklılıklar gösterebilmektedir (Pehlivan, 2010). Aynı ağaca ait hacim tablolarının yetiştirme ortamı farklılıkları dikkate alınmadan geniş coğrafi bölgeler içerisinde kullanıldığı da genel olarak bilinmektedir. Bunun sonucu olarak gövde hacim tahminlerinde hataların ortaya çıkabildiği farklı çalışmalarla ortaya konmuştur (Özçelik, 2008; Brooks ve ark., 2008). Bu nedenlerle gövde hacim tablolarının yöresel veya bölgesel ölççeklerde düzenlenmelerinin ormancılık uygulamaları için daha yararlı olacağı ifade edilebilir. Bununla birlikte, Muğla OBM sınırları içinde fıstıkçamı hacim tablosu değerlerinin sorunlu olduğu plan ünitelerinde, çalışmamıza ait çift girişli gövde hacim modellerinden türetilen tek girişli tabloların kullanımının mümkün olabileceği düşünülmektedir. Ancak, öncelikle istatistiksel olarak uygunlukları test edilmelidir.
- İzmir OBM fıstıkçamı meşcerelerinde servetin gerçeğe en yakın bir şekilde belirlenebilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle, yenilenecek or-

man amenajman planlarında fıstıkçamı ağaç türü için bu çalışmada düzenlenen modellerin kullanılabilirliği uygun olacaktır.

- İzmir OBM sınırları içerisinde yer alan ve fıstıkçamı meşcerelerine sahip her bir plan ünitesi için tek girişli hacim ve artım tablolarının hazırlanması gerekmektedir. Bu tabloların, öncelikle bu çalışma sonucu geliştirilen çift girişli hacim denklemi üzerinden düzenlenmesi önerilmektedir. Ancak bunun mümkün olmadığı durumlarda hazırlanan tek girişli model tabloları kullanılabilir.
- Orman sayılmayan tapulu taşınmazlar üzerindeki fıstıkçamı ağaçlarının hacim değerlerinin belirlenmesi gerektiği durumlarda da üretilen modeller kullanılabilir.

### Teşekkür

Bu çalışma, Orman Genel Müdürlüğü, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü 15.3306/2014-2016-2017-2018 numaralı projesi kapsamında yürütülmüştür. Çalışma sürecindeki yardımları için Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Fakültesi İstatistik Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Neslihan DEMİREL'e, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri Prof. Dr. Serdar CARUS ve Prof. Dr. Yılmaz ÇATAL'a teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr.) ormanlarında hasılat araştırmaları. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılcım Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 11, Ankara.

Alemdağ, Ş., 1967. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 20, Ankara.

Asan, Ü., 1984. Kazdağı Gökarnarı (*Abies equi-trojani* Ashers, et Sinten.) Ormanlarının Hasılat ve Amenajman Esasları Üzerine Araştırmalar. İÜ Orman Fakültesi, İÜ Yayın No: 3205, OF Yayın No: 365, Taş Matbaası, İstanbul.

Bektaş, E., 2012. Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) odun dışı ürün envanterinin yapılması ve hasılat bileşenleri yönünden irdelenmesi. Rapor, İzmir OBM, 17. Orman Amenajman Başmühendisliği. İzmir.

Bozkuş, H.F ve Carus, S., 1997. Toros gökarnarı (*Abies cilicica* Carr.) ve sedir (*Cedrus libani* Link.)'in çift girişli gövde hacim tabloları ve mevcut tablolarla karşılaştırılması.

*İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 47(1): 51-70.

Brooks, J.R., Jiang, L., 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.

Carus, S. ve Su, Y., 2014. Antalya-Korkuteli Yöresi Kızılcım ağaçlandırmaları için tek ve çift girişli ağaç hacim tablosunun düzenlenmesi ve mevcut tablolar ile kıyaslanması. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu "Akdeniz Ormanlarının Geleceği: Sürdürülebilir Toplum ve Çevre", 22-24 Ekim 2014, Isparta.

Chapman, H.H. ve Meyer, W.H., 1949. Forest Mensuration. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.

Correia, A.C., Tomé, M., Pacheco, C.A., Faias, S., Dias, A.C., Freire, J., Carvalho, P.O. and Pereira, J.S., 2010. Biomass allometry and carbon factors for a Mediterranean pine (*Pinus pinea* L.) in Portugal. *Forest Systems* 19(3): 418-433.

Cutini, A., Chianucci, F., Manetti, M.C., 2013. Allometric relationships for volume and biomass for stone pine (*Pinus pinea* L.) in Italian coastal stands. *iForest* 6: 331-337.

Çatal, Y., Gürlevik, N., Karatepe, Y., Carus, S., 2005. Isparta-Gölcük Yöresi Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosu. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* A(2):78-90.

Doğu, D., Koç, K.H., As, N., Atik, C., Aksu, B., Erdinler, S., 2002. Türkiye'de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların temel kimlik bilgileri ve kullanıma yönelik genel değerlendirme. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* B 51(2): 69-84.

Eler, Ü. 1986. Antalya Bölgesi fıstıkçamı ağaçlandırma alanlarında fıstık ve odun verimi. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi* 63(1):113-121.

Eraslan, Ü., 1954. Trakya ve Bilhassa Demirköy Mıntıkası Meşe Ormanlarının Amenajman Esasları Hakkında Araştırmalar. OGM Yayını, Ankara.

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. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 8(1): 14-25.

Erdemir, Ö., 1974. Sarıkamış, Göle ve Oltu Mıntıkaları Saf Sarıçam Meşcerelerinde Hasılat Araştırmaları. OAE Yayınlan, Teknik Bütten. Seri No: 59.

Erkan, N., 1997. Elazığ ve çevresindeki karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) ağaçlandırmaları için hacim tablosu. *Güneydoğu Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi* 1(1):61-72.

Erkin, K., 1948. Seben mıntıkası Sarıçamları üzerinde

- hacim, şekil emsali ve genel olarak hasılat araştırmaları. Basılmamış doktora tezi.
- Fady, B., Fineschi, S., Vendramin, G.G., 2004. Eufrogen Technical Guidelines for Genetic Conservation and Use for Italian Stone Pine (*Pinus pinea* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Fırat, F., 1943. Fıstıkçamı ormanlarımızda meyve ve odun verimi bakımından araştırmalar ve bu ormanların amenajman esasları. Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü, Sayı 141, Ankara.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, İ.Ü. Yayın No: 1800, O.F. Yayın No:193, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) hacim tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri A, 9(1): 97-112.
- Güler, S., 2010. Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nin genel özellikleri ve Antalya Yöresi fıstıkçamı ağaçlandırma alanları için gövde hacim tablosu. *Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Müdürlüğü Dergisi* 10(2): 73-96.
- 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. Doğu Kayınında Artım Büyüme Araştırmaları. Teknik Bülten, OGM Yayını, Ankara.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İÜ Orman Fakültesi, Yayın No: 3149/354, İstanbul.
- Kılıcı, M., Sayman, M., Akbin, G., 2000. Batı Anadolu'da Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nin Gelişmesini Etkileyen Faktörler. Orman Bak. Yayın No: 115, İzmir Orman Toprak Laboratuvar Müdürlüğü Yayın No: 09, İzmir.
- Kılıcı, M., Akbin, G., Sayman, M., 2014. "Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.)'nin Yayılış Alanları". Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.), Editörler: Kılıcı, M., Akbin, G., Sayman, M., Ege Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Çeşitli Yayınlar Serisi, İzmir.
- Köhl, M., Magnussen, S., Marchetti, M., 2006. Sampling Methods, Remote Sensing and GIS Multiresource Forest Inventory. Springer, Berlin.
- Loetsch, F., Zöhrer, F., Haller, K.E., 1973. Forest Inventory, Volume II. BLV Verlagsgesellschaft München Bann Wien, München.
- Millan, J.M., Lazoro, P.A., Doncel, I.G., 1993. Ecuaciones alométricas de tres variables: estimación del volumen, crecimiento. Porcentaje de Corteza de Las Principales Especies Maderables Esponolas. *Invest. Agrar., Sist. Recur. For.* 2(2): 211-226.
- Miraboğlu, M., 1955. Gökknarlarda Şekil ve Hacim Araştırmaları. O.G.M. Yayın No: 188, Seri No: 5, İstanbul.
- OGM, 2019. Orman Genel Müdürlüğü, Ormancılık İstatistikleri.
- Özçelik, R., 2008. Comparison of formulae for estimating tree bole volumes of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23: 412-418.
- Özçelik, R., 2010. Bucak yöresi kızılçam, sedir ve Toros göknarı türleri için hacim denklemleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* Seri A, 2: 1-15.
- Pehlivan, S., 2010. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sakıcı, O.E. ve Yavuz, H., 2003. Ilgaz Dağı göknar meşcereleri için hacim fonksiyonları. *Gazi Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 3(2): 155-168.
- 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, N., 1998. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn. subsp. barbata (C.A. Mey) Yalt.) gövde hacim tablosu. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 22: 215-225.
- Spurr, S.H., 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company, Newyork.
- Sun, O., Eren, M.E., Orpak, M., 1978. Temel ağaç türlerimizde tek ağaç ve birim alandaki odun çeşidi oranlarının saptanması. TÜBİTAK Tarım ve Ormanlık Araştırma Grubu Proje No:288, Ankara.
- Yavuz, H., 1995. Taşköprü Orman İşletmesinde sarıçam ve karaçam için uyumlu gövde çapı, gövde hacmi ve hacim oran denklemlerinin geliştirilmesi. Basılmamış Doçentlik Tezi, KTÜ. Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Trabzon.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23(5): 1181-1188.



Ek Tablo 1. Test edilen tek girişli model formları  
Annex 1. Tested single-entry model forms

$V=\beta_0+\beta_1d^2+\varepsilon$	(01)	$V=\beta_0+\beta_1d^{\beta_2}+\varepsilon$	(13)
$V=\beta_0+\beta_1d+\beta_2d^2+\varepsilon$	(02)	$V=e^{(\beta_0+\beta_1(d/(\beta_2+d)))}+\varepsilon$	(14)
$V=\beta_1d+\beta_2d^2+\varepsilon$	(03)	$V=\beta_0+\beta_1d+\beta_2d^2+\beta_3(1/d)+\varepsilon$	(15)
$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\varepsilon$	(04)	$\ln V=\beta_0+\beta_1(\ln d)^2+\varepsilon$	(16)
$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2(1/d)+\varepsilon$	(05)	$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^2+\varepsilon$	(17)
$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)+\beta_2(\log d)^4+\varepsilon$	(06)	$\ln V=\beta_0+\beta_1(\ln d)^4+\beta_2(1/d)+\varepsilon$	(18)
$\ln V=\beta_0+\beta_1\ln d+\varepsilon$	(07)	$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^4+\beta_2(1/d)+\varepsilon$	(19)
$\ln V=\beta_0+\beta_1\ln d+\beta_2(1/d)+\varepsilon$	(08)	$\ln V=\beta_0+\beta_1(\ln d)^2+\beta_2(\ln d)^4+\varepsilon$	(20)
$\ln V=\beta_0+\beta_1\ln d+\beta_2(\ln d)^4+\varepsilon$	(09)	$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^2+\beta_2(\log d)^4+\varepsilon$	(21)
$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2(\log d)^4+\beta_3(1/d)+\varepsilon$	(10)	$V^{(1/2)}=\beta_0+\beta_1d+\varepsilon$	(22)
$V=\beta_0+d^{\beta_1}+\varepsilon$	(11)	$V=\beta_0+\beta_1d+\beta_2d^2+\beta_3d^3+\varepsilon$	(23)
$V=\beta_1*d^{\beta_2}+\varepsilon$	(12)	$V=\beta_0+\beta_1d+\beta_2d^2+\beta_3d^3+\beta_4d^4+\varepsilon$	(24)
		$V=\beta_0+e^{(\beta_1+\beta_2(d/(\beta_3+d)))}+\varepsilon$	(25)

Ek Tablo 2. Test edilen çift girişli model formları  
Annex 2. Tested double-entry model forms

$V=\beta_1d^2h+\varepsilon$	(26)	$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^4+\beta_2(\log h)^4+\varepsilon$	(51)
$V=\beta_0+\beta_1d^2h+\varepsilon$	(27)	$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^2+\beta_2\log h+\varepsilon$	(52)
$V=\beta_0+\beta_1d^2+\beta_2h+\beta_3d^2h+\varepsilon$	(28)	$\log V=\beta_0+\beta_1d+\beta_2H+\beta_3d^2+\beta_4h^2+\beta_5dh^2+\beta_6d^2h+\varepsilon$	(53)
$V=d^2(\beta_0+\beta_1h^{-1})+\varepsilon$	(29)	$V=\beta_1dh+\beta_2d^2h+\varepsilon$	(54)
$V=d^2(\beta_0+\beta_1h)^{-1}+\varepsilon$	(30)	$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2(\log h)^2+\varepsilon$	(55)
$V=\beta_1d^2+h(\beta_2h+\beta_3dh+\beta_4d^2)+\varepsilon$	(31)	$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2(\log h)^4+\varepsilon$	(56)
$V=\beta_0+\beta_1d+\beta_2d^2+h(\beta_3+\beta_4d+\beta_5d^2)+\varepsilon$	(32)	$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2\log h+\beta_3(1/h)+\varepsilon$	(57)
$V=\beta_0+\beta_1d+\beta_2d^2+h(\beta_3d+\beta_4d^2)+\varepsilon$	(33)	$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2\log h+\beta_3d^2+\varepsilon$	(58)
$V=d^2h(\beta_0+\beta_1d)^{-1}+\varepsilon$	(34)	$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2\log h+\beta_3d^2h+\varepsilon$	(59)
$V=\beta_0+\beta_1d^2+h(\beta_2h+\beta_3dh+\beta_4d^2h)+\varepsilon$	(35)	$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2\log h+\beta_3h^2+\varepsilon$	(60)
$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2\log d+\varepsilon$	(36)	$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2\log h+\beta_3dh^2+\varepsilon$	(61)
$\log V=\beta_0+\beta_1\log(d^2h)+\varepsilon$	(37)	$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^2+\beta_2h+\varepsilon$	(62)
$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2(\log d)^2+\beta_3\log d+\beta_4(\log h)^2+\varepsilon$	(38)	$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^4+\beta_2h+\varepsilon$	(63)
$V=\beta_0d^{\beta_1}h^{\beta_2}+\varepsilon$	(39)	$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^4+\beta_2h+\beta_3(1/h)^2+\varepsilon$	(64)
$V=d^2(\beta_0+\beta_1h)+\varepsilon$	(40)	$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^4+\beta_2h+\beta_3(1/h)^2+\beta_4(1/h)+\beta_5(1/d)^2+\varepsilon$	(65)
$V=\beta_1d^2+\beta_2dh^2+\beta_3d^2h+\varepsilon$	(41)	$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^4+\beta_2h+\beta_3(1/h)^2+\beta_4(1/h)+\beta_5(1/d)^2+\beta_6(1/d)+\varepsilon$	(66)
$V=\beta_0+\beta_1d+\beta_2d^2+\beta_3h+\beta_4dh+\varepsilon$	(42)	$V=\beta_0+\beta_1d^{\beta_2}h^{\beta_3}+\varepsilon$	(67)
$V=d^2/(\beta_0+\beta_1h^{-1})+\varepsilon$	(43)	$V=\beta_0d^{\beta_1}h^{(3-\beta_1)}+\varepsilon$	(68)
$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^2+\beta_2(\log h)^2+\varepsilon$	(44)	$V=\beta_0d^{\beta_1}(h^2/(h-1.3))^{\beta_2}+\varepsilon$	(69)
$V=\beta_0+\beta_1d^2+\beta_2d^2h+\beta_3dh^2+\varepsilon$	(45)	$V^{(1/2)}=\beta_0+\beta_1d^2+\beta_2h+\varepsilon$	(70)
$V=\beta_1d+\beta_2d^2+\beta_3h+\beta_4dh+\beta_5d^2h+\varepsilon$	(46)	$V=\beta_0+\beta_1h+\beta_2(d/h)+\beta_3d+\beta_4dh+\beta_5(1/h)+\varepsilon$	(71)
$V=\beta_1d+\beta_2d^2+\beta_3dh+\beta_4d^2h+\varepsilon$	(47)	$V=\beta_0+\beta_1d+\beta_2(1/d)+\beta_3d^2h+\beta_4d^2h^2+\varepsilon$	(72)
$V=\beta_1d^2+\beta_2dh^2+\beta_3d^2h^2+\varepsilon$	(48)	$\log V=\beta_0+\beta_1d+\beta_2d^{-1}+\beta_3h^{-1}+\beta_4(d/h)+\beta_5d^{-2}+\beta_6\log(d^2h)+\varepsilon$	(73)
$\log V=\beta_0+\beta_1\log d+\beta_2\log h+\beta_3(1/d)+\varepsilon$	(49)	$\log V=\beta_0+\beta_1(1/d)+\beta_2(1/d^2h^2)+\beta_3\log(d^2h)+\varepsilon$	(74)
$\log V=\beta_0+\beta_1(\log d)^4+\beta_2\log h+\varepsilon$	(50)	$\log V=\beta_0+\beta_1\log(d^2h)+\beta_2(1/h+6)^2+\beta_3(1/dh)+\varepsilon$	(75)

Ek Tablo 3. İzmir OBM tek girişli gövde hacim denklemlerine ilişkin regresyon parametre (katsayı) değerleri  
Annex 3. Regression coefficient values for İzmir RDF single-input tree volume equations

Model No	Katsayılar					SE	DF (f)
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$		
01	-0,278033 ***	0,000870 ***					
02	0,231461 ***	-0,029548 ***	0,001163 ***				
03		-0,018312 ***	0,001060 ***				
04	-4,203748 ***	2,577248 ***				0,087966	1,0207248456
05	-4,710408 ***	2,848636 ***	2,593808 ***			0,082142	1,0180477377
06	-3,945083 ***	2,322701 ***	0,020361 ***			0,084860	1,0192734167
07	-9,679488 ***	2,577248 ***				0,202548	1,0207247101
08	-10,846115 ***	2,848636 ***	5,972464 ***			0,189139	1,0180476198
09	-9,083890 ***	2,322701 ***	0,001668 ***			0,195397	1,0192732907
10	-5,450945 ***	3,388001 ***	-0,025049 *	4,755827 ***		0,081391	1,0177162155
11	-4,012508	0,480799					
12		0,000108	2,460254				
13	-0,054938	0,000140	2,404347				
14	-5,376814	10,695028	41,313276				
15	0,403339 *	-0,034528 ***	0,001200 ***	-1,419072 NS			
16	-5,597213 ***	0,390884 ***				0,235538	1,0281273478
17	-2,430839 ***	0,900044 ***				0,102293	1,0281275324
18	-1,699920 ***	0,010294 ***	-21,682721 ***			0,255751	1,0332448425
19	-0,738266 ***	0,125664 ***	-9,416686 ***			0,111071	1,0332450613
20	-6,447681 ***	0,554955 ***	-0,006853 ***			0,186313	1,0175077860
21	-2,800192 ***	1,277831 ***	-0,083666 ***			0,080915	1,0175079003
22	-0,238602 ***	0,030895 ***					
23	0,137614 NS	-0,020474 *	0,000945 ***	0,000001 NS			
24	0,284688 NS	-0,040068 *	0,001714 *	-0,000010 NS	0,00000005 NS		
25	-0,072327	-4,238380	9,906247	53,840795			

Ek Tablo 4. İzmir OBM çift girişli gövde hacim denklemlerine ilişkin regresyon parametre (katsayı) değerleri  
Annex 4. Regression coefficient values for İzmir RDF double-input tree volume equations

Model No	Katsayılar						SE	DF (f)
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$		
26		0,000038 ***						
27	0,000014 NS	0,000038 ***						
28	0,007702 NS	-0,000169 ***	0,005766 NS	0,000044 ***				
29	-182,657765	30832,197						
30	2779,448549	-69,27306						
31		-0,000076	-0,000234	0,000020	0,000036			
32	-0,048860	0,019965	-0,000513	-0,024679	0,000160	0,000052		
33	-0,141151	0,017326	-0,000438	-0,000364	0,000053			
34	26654,91699	0,118193						
35	0,014167	0,000250	-0,000897	0,000042	0,000001			
36	-4,138185 ***	2,024549 ***	0,714720 ***				0,06117	1,009969336
37	-4,108199 ***	0,926614 ***					0,06390	1,010882196
38	-3,415531 ***	1,707028 ***	0,081957 NS	-0,369999 *	0,606765 ***		0,04356	1,005043299
39	0,000026	1,877340	1,292980					
40	-0,000074	0,000041						
41		-0,000099 ***	0,000013 **	0,000038 ***				
42	-0,080591 *	0,021573 ***	-0,000526 ***	-0,021003 **	0,000053 ***			
43	-182,657694	30832,194						
44	-2,408075 ***	0,653233 ***	0,463108 ***				0,06453	1,011100459
45	0,035379 NS	-0,000142 ***	0,000041 ***	0,000010 *				
46		0,017133 ***	-0,000482 ***	-0,028329 **	0,000339 *	0,000050 ***		
47		0,004405 *	-0,000269 ***	0,000042 NS	0,000046 ***			
48		0,000247 ***	0,000016 ***	0,000001 ***				
49	-4,774833 ***	2,324356 ***	0,771624 ***	3,286001 ***			0,04618	1,005669200
50	-2,657666 ***	0,101122 ***	1,592452 ***				0,11379	1,034919598
51	-1,508780 ***	0,112422 ***	0,292133 ***				0,19169	1,102313269
52	-2,834573 ***	0,659047 ***	0,903245 ***				0,05418	1,007810958
53	-2,505145 ***	0,069744 ***	0,070198 ***	-0,000818 ***	-0,001099 NS	-0,000050 ***	0,000027 ***	0,05905 1,009285158
54		-0,000001 NS	0,000038 ***					
55	-3,728928 ***	1,916472 ***	0,433951 ***				0,04717	1,005914561
56	-3,649277 ***	2,029828 ***	0,164446 ***				0,04997	1,006641043
57	-4,947764 ***	1,955487 ***	1,374380 ***	2,128241 ***			0,04272	1,004848965
58	-3,978570 ***	1,844277 ***	0,776803 ***	0,000022 ***			0,05505	1,008065196
59	-4,008922 ***	1,890098 ***	0,753593 ***	0,000001 ***			0,05525	1,008125287

NS= $P > 0.05$ , \*= $0.01 < P < 0.05$ , \*\*= $0.001 < P < 0.01$ , \*\*\*= $P < 0.001$

Ek Tablo 4. İzmir OBM çift girişli gövde hacim denklemlerine ilişkin regresyon parametre (katsayı) değerleri  
Annex 4. Regression coefficient values for İzmir RDF double-input tree volume equations

Model No	Katsayılar							SE	DF (f)
60	-3,874979 ***	1,925071 ***	0,502698 ***	0,000537 ***				0,04813	1,006159728
61	-3,967394 ***	1,884844 ***	0,707860 ***	0,000004 ***				0,05249	1,007329481
62	-2,359783 ***	0,712675 ***	0,027625 ***					0,08372	1,018753749
63	-1,756734 ***	0,098890 ***	0,061177 ***					0,17414	1,083710930
64	-1,384190 ***	0,113984 ***	0,033446 ***	-7,105206 ***				0,12423	1,041759526
65	-0,177089 ***	0,108782 ***	-0,003733 NS	19,684943 ***	-9,668224 ***	-35,24309 ***		0,07072	1,013347181
66	-0,310474 ***	0,066545 ***	0,021134 ***	5,726290 ***	-2,881060 ***	35,675703 ***	-14,97627 ***	0,04626	1,005689951
67	0,024318 ***	0,000022 ***	1,889884 ***	1,318930 ***					
68	0,000042 ***	1,917076 ***							
69	0,000017 ***	1,874668 ***	1,397818 ***						
70	-0,074716 ***	0,000212 ***	0,044163 ***						
71	3,041891 ***	-0,273723 ***	-0,048451 NS	-0,047044 ***	0,007210 ***	-6,278502 ***			
72	-0,331935 ***	0,015340 ***	1,806650 ***	0,000010 ***	0,000001 ***				
73	-4,920604 ***	0,000448 NS	0,968492 NS	1,738356 ***	-0,031043 NS	-1,379439 NS	1,093248 ***	0,04235	1,004764981
75	-4,634841 ***	1,035072 ***	15,868693 ***	5,413722 ***				0,04297	1,004907600

NS= $P > 0.05$ , \*= $0.01 < P < 0.05$ , \*\*= $0.001 < P < 0.01$ , \*\*\*= $P < 0.001$

Ek Tablo 5a. İzmir OBM Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) Çift Girişli DKGHT  
Annex 5a. İzmir RDF Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Double Entry Volume Table

Göğüs çapı (cm)	Ağaç boyu (m)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6		0,0093	0,0097	0,0103	0,0111	0,0119	0,0128	0,0137	0,0146		
8	0,0136	0,0142	0,0154	0,0169	0,0184	0,0201	0,0217	0,0235	0,0252	0,0270	0,0288
10	0,0185	0,0203	0,0226	0,0251	0,0278	0,0304	0,0332	0,0360	0,0388	0,0416	0,0445
12	0,0243	0,0276	0,0313	0,0352	0,0391	0,0431	0,0471	0,0513	0,0554	0,0596	0,0638
14	0,0311	0,0362	0,0415	0,0470	0,0525	0,0581	0,0637	0,0694	0,0751	0,0809	0,0867
16	0,0388	0,0460	0,0533	0,0606	0,0679	0,0753	0,0828	0,0903	0,0979	0,1056	0,1133
18	0,0474	0,0570	0,0665	0,0760	0,0854	0,0949	0,1045	0,1142	0,1239	0,1337	0,1435
20	0,0569	0,0693	0,0813	0,0932	0,1050	0,1169	0,1289	0,1409	0,1530	0,1652	0,1775
22		0,0828	0,0977	0,1122	0,1268	0,1413	0,1559	0,1706	0,1853	0,2002	0,2152
24		0,0976	0,1156	0,1331	0,1506	0,1680	0,1855	0,2032	0,2209	0,2387	0,2566
26			0,1350	0,1559	0,1765	0,1972	0,2179	0,2387	0,2596	0,2807	0,3019
28			0,1561	0,1805	0,2046	0,2288	0,2529	0,2772	0,3017	0,3262	0,3509
30			0,1787	0,2069	0,2349	0,2628	0,2907	0,3187	0,3469	0,3753	0,4038
32				0,2353	0,2673	0,2992	0,3312	0,3632	0,3955	0,4279	0,4605
34				0,2655	0,3019	0,3381	0,3744	0,4108	0,4474	0,4841	0,5211
36				0,2977	0,3387	0,3795	0,4203	0,4613	0,5025	0,5439	0,5856
38					0,3776	0,4233	0,4690	0,5149	0,5610	0,6074	0,6540
40						0,4696	0,5205	0,5716	0,6228	0,6744	0,7262
42						0,5184	0,5748	0,6313	0,6880	0,7451	0,8024
44							0,6318	0,6940	0,7565	0,8194	0,8825
46							0,6916	0,7599	0,8284	0,8973	0,9666
48								0,8288	0,9037	0,9790	1,0546
50								0,9009	0,9824	1,0643	1,1466
52								0,9760	1,0645	1,1533	1,2426
54									1,1499	1,2460	1,3426
56									1,2388	1,3425	1,4466
58									1,3312	1,4426	1,5546
60										1,5465	1,6666
62										1,6541	1,7827
64											1,9028
66											2,0270
68											2,1552
70											
72											
74											
76											
78											
80											
82											
84											
86											
88											
90											
92											
94											
96											
98											
100											
102											
104											



Ek Tablo 5b. İzmir OBM Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) Çift Girişli DKGHT  
Annex 5b. İzmir RDF Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Double Entry Volume Table

Göğüs çapı (cm)	Ağaç boyu (m)										
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
14	0,0926	0,0985	0,1045								
16	0,1211	0,1289	0,1367	0,1446							
18	0,1535	0,1634	0,1735	0,1836	0,1937						
20	0,1898	0,2023	0,2148	0,2273	0,2400	0,2526					
22	0,2302	0,2454	0,2606	0,2759	0,2913	0,3068	0,3223				
24	0,2747	0,2928	0,3111	0,3294	0,3478	0,3664	0,3849	0,4036			
26	0,3232	0,3446	0,3662	0,3878	0,4096	0,4314	0,4534	0,4754	0,4975		
28	0,3758	0,4008	0,4259	0,4512	0,4765	0,5020	0,5276	0,5532	0,5790		
30	0,4325	0,4613	0,4903	0,5195	0,5487	0,5781	0,6076	0,6372	0,6669		
32	0,4933	0,5263	0,5595	0,5928	0,6262	0,6598	0,6935	0,7274	0,7613	0,7954	
34	0,5583	0,5957	0,6333	0,6711	0,7090	0,7471	0,7853	0,8237	0,8622	0,9008	
36	0,6275	0,6696	0,7119	0,7544	0,7971	0,8400	0,8830	0,9262	0,9696	1,0131	
38	0,7008	0,7479	0,7952	0,8428	0,8905	0,9385	0,9866	1,0350	1,0834	1,1321	1,1809
40	0,7783	0,8307	0,8833	0,9362	0,9893	1,0427	1,0962	1,1500	1,2039	1,2580	1,3123
42	0,8601	0,9180	0,9762	1,0348	1,0935	1,1525	1,2118	1,2712	1,3309	1,3907	1,4508
44	0,9460	1,0098	1,0740	1,1384	1,2031	1,2681	1,3333	1,3988	1,4645	1,5304	1,5965
46	1,0362	1,1062	1,1765	1,2472	1,3181	1,3894	1,4609	1,5327	1,6047	1,6770	1,7495
48	1,1307	1,2071	1,2839	1,3611	1,4386	1,5164	1,5945	1,6729	1,7516	1,8305	1,9097
50	1,2294	1,3126	1,3962	1,4801	1,5645	1,6492	1,7342	1,8195	1,9051	1,9910	2,0771
52	1,3324	1,4226	1,5133	1,6044	1,6958	1,7877	1,8799	1,9724	2,0653	2,1584	2,2519
54	1,4397	1,5373	1,6353	1,7338	1,8327	1,9320	2,0317	2,1318	2,2322	2,3329	2,4339
56	1,5513	1,6565	1,7622	1,8684	1,9750	2,0821	2,1896	2,2975	2,4057	2,5143	2,6233
58	1,6672	1,7803	1,8940	2,0082	2,1229	2,2380	2,3536	2,4697	2,5861	2,7029	2,8200
60	1,7874	1,9088	2,0307	2,1532	2,2763	2,3998	2,5238	2,6483	2,7731	2,8984	3,0241
62	1,9120	2,0419	2,1724	2,3035	2,4352	2,5674	2,7001	2,8333	2,9670	3,1010	3,2355
64	2,0409	2,1796	2,3190	2,4590	2,5996	2,7408	2,8826	3,0248	3,1676	3,3108	3,4544
66	2,1741	2,3220	2,4706	2,6198	2,7697	2,9202	3,0712	3,2228	3,3750	3,5276	3,6807
68		2,4690	2,6271	2,7858	2,9453	3,1054	3,2661	3,4273	3,5892	3,7515	3,9143
70		2,6207	2,7886	2,9572	3,1265	3,2965	3,4671	3,6384	3,8102	3,9826	4,1555
72		2,7771	2,9551	3,1338	3,3133	3,4935	3,6743	3,8559	4,0380	4,2208	4,4041
74		2,9382	3,1265	3,3157	3,5056	3,6964	3,8878	4,0800	4,2728	4,4662	4,6602
76			3,3030	3,5029	3,7037	3,9052	4,1075	4,3106	4,5143	4,7187	4,9237
78			3,4845	3,6955	3,9073	4,1200	4,3335	4,5478	4,7628	4,9784	5,1948
80			3,6710	3,8933	4,1166	4,3407	4,5657	4,7915	5,0181	5,2454	5,4733
82			3,8626	4,0966	4,3315	4,5674	4,8042	5,0419	5,2803	5,5195	5,7595
84			4,0592	4,3051	4,5521	4,8001	5,0490	5,2988	5,5494	5,8009	6,0531
86			4,2608	4,5191	4,7784	5,0387	5,3001	5,5623	5,8255	6,0895	6,3543
88				4,7383	5,0103	5,2834	5,5574	5,8325	6,1085	6,3854	6,6631
90				4,9630	5,2479	5,5340	5,8211	6,1093	6,3984	6,6885	6,9794
92				5,1931	5,4912	5,7906	6,0911	6,3927	6,6953	6,9989	7,3034
94				5,4285	5,7403	6,0533	6,3675	6,6828	6,9992	7,3166	7,6349
96					5,9950	6,3220	6,6502	6,9795	7,3100	7,6415	7,9741
98					6,2555	6,5967	6,9392	7,2829	7,6278	7,9738	8,3208
100					6,5217	6,8775	7,2346	7,5930	7,9526	8,3134	8,6753
102					6,7936	7,1643	7,5364	7,9098	8,2845	8,6603	9,0373
104						7,4572	7,8445	8,2333	8,6233	9,0146	9,4070
106						7,7561	8,1591	8,5634	8,9692	9,3762	9,7844
108						8,0612	8,4800	8,9003	9,3221	9,7452	10,169
110						8,3723	8,8073	9,2439	9,6820	10,121	10,562
112						8,6895	9,1411	9,5943	10,049	10,505	10,962

Ek Tablo 5c. İzmir OBM Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) Çift Girişli DKGHT  
Annex 5c. İzmir RDF Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Double Entry Volume Table

Göğüs çapı (cm)	Ağaç boyu (m)										
	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
38	1,1321	1,1809									
40	1,2580	1,3123	1,3667								
42	1,3907	1,4508	1,5110	1,5714							
44	1,5304	1,5965	1,6628	1,7293							
46	1,6770	1,7495	1,8222	1,8951	1,9681						
48	1,8305	1,9097	1,9891	2,0687	2,1485						
50	1,9910	2,0771	2,1635	2,2501	2,3370						
52	2,1584	2,2519	2,3456	2,4395	2,5337						
54	2,3329	2,4339	2,5352	2,6368	2,7387	2,8408					
56	2,5143	2,6233	2,7325	2,8421	2,9519	3,0620					
58	2,7029	2,8200	2,9375	3,0553	3,1734	3,2918					
60	2,8984	3,0241	3,1501	3,2765	3,4031	3,5301					
62	3,1010	3,2355	3,3704	3,5056	3,6412	3,7772					
64	3,3108	3,4544	3,5984	3,7429	3,8877	4,0328	4,1783				
66	3,5276	3,6807	3,8342	3,9881	4,1424	4,2971	4,4522				
68	3,7515	3,9143	4,0776	4,2414	4,4056	4,5701	4,7351				
70	3,9826	4,1555	4,3289	4,5028	4,6771	4,8518	5,0270	5,2025			
72	4,2208	4,4041	4,5879	4,7722	4,9570	5,1422	5,3279	5,5140			
74	4,4662	4,6602	4,8547	5,0498	5,2453	5,4414	5,6379	5,8348			
76	4,7187	4,9237	5,1293	5,3354	5,5421	5,7493	5,9570	6,1651			
78	4,9784	5,1948	5,4117	5,6293	5,8474	6,0660	6,2851	6,5047	6,7248		
80	5,2454	5,4733	5,7020	5,9312	6,1610	6,3914	6,6224	6,8538	7,0857		
82	5,5195	5,7595	6,0001	6,2413	6,4832	6,7257	6,9687	7,2123	7,4564		
84	5,8009	6,0531	6,3060	6,5596	6,8139	7,0688	7,3242	7,5803	7,8368		
86	6,0895	6,3543	6,6199	6,8861	7,1531	7,4207	7,6889	7,9577	8,2271	8,4970	
88	6,3854	6,6631	6,9416	7,2208	7,5008	7,7814	8,0627	8,3446	8,6271	8,9102	
90	6,6885	6,9794	7,2712	7,5637	7,8570	8,1510	8,4457	8,7411	9,0370	9,3336	
92	6,9989	7,3034	7,6087	7,9149	8,2218	8,5295	8,8379	9,1470	9,4567	9,7671	10,078
94	7,3166	7,6349	7,9541	8,2743	8,5952	8,9169	9,2393	9,5625	9,8863	10,210	10,535
96	7,6415	7,9741	8,3075	8,6419	8,9771	9,3132	9,6500	9,9875	10,325	10,664	10,999
98	7,9738	8,3208	8,6689	9,0178	9,3677	9,7183	10,069	10,422	10,775	11,128	11,483
100	8,3134	8,6753	9,0381	9,4020	9,7668	10,132	10,499	10,866	11,234	11,603	11,972
102	8,6603	9,0373	9,4154	9,7945	10,174	10,555	10,937	11,320	11,703	12,087	12,472
104	9,0146	9,4070	9,8006	10,195	10,590	10,987	11,385	11,783	12,182	12,582	12,983
106	9,3762	9,7844	10,193	10,604	11,015	11,428	11,842	12,256	12,671	13,087	13,504
108	9,7452	10,169	10,595	11,021	11,449	11,878	12,308	12,739	13,170	13,603	14,036
110	10,121	10,562	11,004	11,447	11,891	12,337	12,783	13,231	13,679	14,128	14,579
112	10,505	10,962	11,421	11,881	12,342	12,805	13,268	13,733	14,198	14,664	15,132
114	10,896	11,370	11,846	12,324	12,802	13,282	13,762	14,244	14,727	15,211	15,695
116	11,294	11,786	12,280	12,774	13,270	13,768	14,266	14,765	15,266	15,767	16,270
118	11,700	12,210	12,721	13,234	13,748	14,263	14,779	15,296	15,815	16,334	16,855
120	12,113	12,641	13,171	13,701	14,233	14,767	15,301	15,837	16,374	16,912	17,451

Ek Tablo 6. İzmir OBM Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) Tek Girişli DKGHT  
Annex 6. İzmir RDF Stone Pine (*Pinus pinea* L.) Single Entry Volume Table

Göğüs çapı (cm)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Göğüs çapı (cm)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Göğüs çapı (cm)	Hacim (m <sup>3</sup> )
6	0,0095	43	1,0547	80	5,4354
7	0,0122	44	1,1222	81	5,6109
8	0,0156	45	1,1922	82	5,7895
9	0,0198	46	1,2648	83	5,9713
10	0,0248	47	1,3401	84	6,1561
11	0,0307	48	1,4180	85	6,3441
12	0,0376	49	1,4986	86	6,5352
13	0,0455	50	1,5820	87	6,7294
14	0,0545	51	1,6681	88	6,9268
15	0,0646	52	1,7569	89	7,1272
16	0,0760	53	1,8486	90	7,3308
17	0,0887	54	1,9431	91	7,5375
18	0,1027	55	2,0403	92	7,7474
19	0,1181	56	2,1405	93	7,9603
20	0,1351	57	2,2435	94	8,1763
21	0,1536	58	2,3493	95	8,3955
22	0,1736	59	2,4581	96	8,6178
23	0,1954	60	2,5698	97	8,8432
24	0,2188	61	2,6845	98	9,0717
25	0,2440	62	2,8021	99	9,3033
26	0,2711	63	2,9226	100	9,5380
27	0,3000	64	3,0461	101	9,7758
28	0,3309	65	3,1726	102	10,0167
29	0,3637	66	3,3021	103	10,2606
30	0,3985	67	3,4346	104	10,5077
31	0,4354	68	3,5702	105	10,7578
32	0,4744	69	3,7087	106	11,0110
33	0,5156	70	3,8504	107	11,2673
34	0,5590	71	3,9950	108	11,5267
35	0,6046	72	4,1427	109	11,7890
36	0,6525	73	4,2935	110	12,0545
37	0,7027	74	4,4474	111	12,3230
38	0,7553	75	4,6043	112	12,5945
39	0,8103	76	4,7643	113	12,8690
40	0,8677	77	4,9274	114	13,1466
41	0,9275	78	5,0937	115	13,4272
42	0,9899	79	5,2630	116	13,7108