

## BUCAK YÖRESİ KIZILÇAM, SEDİR VE TOROS GÖKNARI TÜRLERİ İÇİN HACİM DENKLEMLERİ

Ramazan ÖZÇELİK

SDÜ Orman Fakültesi, Orm. Müh. Böl., 32260, ISPARTA  
ramazan@orman.sdu.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışma ile Burdur-Bucak Yöresi Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.), Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Gökmar (*Abies cilicica* Carr.) meşcereleri için en uygun hacim denkleminin seçimi; dört farklı uygunluk ölçütü (belirtme katsayısı, ortalama hata, ortalama mutlak hata, mutlak hata yüzdesi) kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Üç ağaç türü için elde edilen en uygun ağaç hacim denkleminin ilgili yörede uygulanabilirliği kontrol verileri kullanılarak test edilmiştir. Üç ağaç türü için belirlenen en uygun hacim denklemleri (Kızılçam için Romancier (1961); Sedir için Spurr (1952) ve Gökmar için Honer (1965)), Bucak yöresinde ağaç hacim tahminleri için güvenle kullanılabilir niteliktedir. Üç ağaç türü birlikte düşünüldüğünde en uygun hacim denklemi 5 nolu model (Logaritmik) görülmektedir. Bu denklem formu kullanılarak yapılacak gövde hacim tahminlerinde, her ağaç türü için ayrı denklem parametrelerinin gerekli olup olmadığı "Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı" yöntemi ile araştırılmış ve her ağaç türü için ayrı model katsayılarının kullanılmasının zorunlu olduğu görülmüştür. Sonuç olarak; ağaç gövde hacimlerinin tahmininde daha güvenilir sonuçlar elde etmek için her ağaç türü için yöresel hacim denklemlerinin geliştirilmesi zorunludur.

**Anahtar Kelimeler:** Kızılçam, Sedir, Gökmar, Ağaç hacim denklemleri, Göğüs çapı, Boy

## VOLUME EQUATIONS FOR BRUTIAN PINE, LEBANON CEDAR AND CILICICA FIR IN BUCAK REGION

### ABSTRACT

In this study, tree volume equations were fitted to individual tree bole volume according to four performance criteria (coefficient of determination, average bias, average absolute residuals, absolute bias percent) for Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.), Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.), and Cilicica fir (*Abies cilicica* Carr.) in Bucak region. All equations were validated on an independent data set. The result indicate that the best volume equations (Romancier (1961) for Brutian pine, Spurr (1952) for Lebanon cedar, and Honer (1965) for Cilicica fir) can be used to more accurately estimate total volume for three tree species in Bucak region. When all tree species together are evaluated, the most suitable model form is logarithmic volume equation. The non-linear extra sum of square method indicated differences in species-specific tree volume equation for logarithmic volume equation. A different volume equation should therefore be used for each tree species. The results reported in this research suggest necessity to construct regional volume equations for more reliable volume results.

**Keywords:** Brutian pine, Lebanon cedar, Cilicica fir, Volume equation, Diameter, Height

## 1. GİRİŞ

Orman işletmelerinde, işletme sermayesinin büyük bir kısmını ağaç serveti oluşturmakta ve orman envanteri çalışmalarında giderlerin önemli bir kısmı bu servetin (hacim ve hacim artımının envanteri) tahmin edilmesine harcanmaktadır. Bu nedenle tek ağaç ve meşcere hacminin doğru tahmini, ormancuların temel görevleri arasındadır (Yavuz, 1995). Orman yöneticileri ve araştırmacılar; dikili ağaçların veya hasat edilmiş ağaçların hacim tahminleri için basit, fakat doğruluğu yüksek metotlara ihtiyaç duymaktadır. Hacim denklemleri veya ağaç hacim tabloları geçmişten günümüze dikili bir ağacın gövde hacmini ya da kalın odun hacmini tahmin etmek için en çok kullanılan yöntemlerden biri olmuştur. Ağaç hacim tabloları, nispeten ölçümü kolay olan ağaç özellikleri (göğüs çapı ve ağaç boyu) yardımı ile doğrudan ölçümü çok zor olan ağaç hacminin belirlenmesinde kullanılan ve çap-boy-hacim ilişkisini gösteren regresyon denklemlerinden türetilen tablolardır (Bozkuş ve Carus, 1997). Bu tablolar sadece göğüs çapına göre düzenlendiklerinde “Tek Girişli Ağaç Hacim Tablosu”, göğüs çapı ve ağaç boyuna göre düzenlendiklerinde “Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosu”, göğüs çapı ve ağaç boyuna ek olarak üç ya da daha fazla değişkene göre (şekil katsayısı, tepe yüksekliği, tepe uzunluğu, tepe uzunluğunun ağaç boyuna oranı, vb.,) düzenlendiklerinde “Çok Girişli Ağaç Hacim Tablosu” olarak isimlendirilmektedir. Ağaç hacim tabloları kullanıldıkları alana göre, “Yöresel, Bölgesel veya Genel Hacim Tabloları” olarak da isimlendirilmektedir. Ülkemizde orman envanteri çalışmalarında genellikle tek ağaç ve meşcere hacminin tahmininde ilgili yöre için düzenlenmiş yöresel ağaç hacim tabloları kullanılmaktadır. Ülkemizde, 2008 yılında yürürlüğe giren “Orman Amenajmanı Yönetmeliği” kapsamında yapılacak ekosistem tabanlı çok amaçlı planlama çalışmalarının başarıyla gerçekleştirilebilmesi, farklı yetişme ortamlarına ve bu yetişme ortamlarındaki tek ağaç ve meşcereler için düzenlenmiş ağaç hacim denklemlerinin bulunmasını zorunlu hale getirmiştir. Ancak, orman amenajman planları incelendiğinde, aynı ağaç hacim tablosunun yetişme ortamı farklılıklarını dikkate almadan geniş coğrafi bölgeler içerisinde kullanıldığı da çoğu zaman göze çarpmaktadır. Bunun sonucu olarak gövde hacim tahminlerinde oldukça büyük hataların ortaya çıkabildiği değişik çalışmalarda ortaya konulmuştur (Özçelik, 2008; Brooks vd., 2008). Pillsbury vd. (1995); aynı ağaç hacim tablosunun farklı yetişme ortamı özelliklerine sahip yörelerde kullanılması ile ortaya çıkacak hacim tahmin hatasının %40’a kadar yükselebileceğini belirtmektedir. Bu nedenle; eldeki olanaklar izin verdiği müddetçe farklı yetişme ortamı özelliklere sahip alanlar için farklı ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Brooks ve Wiant, 2008). Ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde oldukça fazla sayıda model kullanılmış ve bu modellerin önemli bir kısmını karmaşık modeller oluşturmuştur (Yavuz, 1995). Yavuz (1995) ağaç hacim tablolarının düzenlenmesinde veya hacim denklemlerinin geliştirilmesinde üç önemli iş aşaması olduğunu belirtmiştir.

Bunlar;

- a- Yeterli sayıda ve uygun örnek ağaç seçimi,
- b- Hacim denklemlerinin düzenlenebilmesi için bağımlı (ağaç gövde hacmi) ve bağımsız (göğüs çapı ve ağaç boyu) değişkenlerin ölçümü,

c- Model formunun seçimi ve modelin test edilmesiyle en uygun hacim denkleminin seçimidir.

Ağaç hacmi genel olarak; göğüs yüksekliği çapı ( $d$ ), ağaç boyu ( $h$ ) ve Göğüs boyu şekil katsayısının (şekil faktörü veya gövde şekli) ( $f$ ) bir fonksiyonu olarak tahmin edilmektedir. Bu ilişkinin formülü  $v = f(d, h, f)$  şeklinde yazılabilir. Ancak pek çok araştırmacı gövde hacmi ve ağırlık denklemlerinin geliştirilmesinde aşağıda açıklanan nedenlerden dolayı gövde şekil katsayısını bir değişken olarak kullanmamayı tercih etmektedirler (Clutter vd., 1983; Husch vd., 2003).

a- Gövde şeklinin belirlenmesi için gerekli olan gövde üzerindeki değişik yerlerdeki çap ölçümlerinin zaman alıcı ve masraflı olması,

b- Ağaç formundaki değişimin, ağaç çapı ve boyundaki değişime göre ağaç hacmi ve ağırlığı üzerinde daha az etkisinin olması (Clutter vd., 1983). Husch vd., (2003), Behre (1935) ve Smith vd. (1961)'e atfen hacim tahminlerinde; göğüs çapı ve ağaç boyuna ilaveten gövde şeklinin de kullanılması ile elde edilecek kazancın pratik açıdan bir avantaj sağlamadığını belirtmektedir.

c- Bazı ağaç türlerinde, genel olarak gövde şeklinin ağaç boyutlarındaki değişime koşut olarak sabit olması (Clutter vd., 1983; Husch vd., 2003).

d- Pek çok ağaç türünde, göğüs çapı ve ağaç boyu değişkenlerinin, ağaç hacmi ve ağırlığındaki değişimin büyük bir kısmını açıklamaya yeterli olması.

Kızılçam, Sedir ve Toros Göknaarı, Türkiye orman ürünleri endüstrisi için en önemli ticari ağaç türleridir. Bu ağaç türlerinin odunları orman ürünleri endüstrisinin değişik alanları için önemli bir hammadde kaynağıdır. Son yapılan envanter çalışmalarına göre Kızılçam, Sedir ve Toros Göknaarının dikili ağaç serveti miktarı sırasıyla, yaklaşık 270 milyon m<sup>3</sup>, 117.78 milyon m<sup>3</sup> ve 27.4 milyon m<sup>3</sup>'tür (Anonim, 2006). Bu ağaç türleri için çift girişli ağaç hacim tabloları; Kızılçam için (Alemdağ, 1962), Sedir için (Evcimen, 1963) ve Toros Göknaarı için (Bozkuş ve Carus, 1997) tarafından düzenlenmiştir.

Bu çalışmada, Isparta orman Bölge Müdürlüğü, Bucak Orman İşletme Müdürlüğü Kızılçam, Sedir ve Toros Göknaarı ağaç türleri için gövde hacim denklemlerinin geliştirilmesi için bazı alternatif denklem formlarının test edilmesi ve en uygun model formu ile var olan çift girişli ağaç hacim tablolarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan veriler, Isparta orman Bölge Müdürlüğü Bucak Orman İşletme Müdürlüğü Uğurlu Orman İşletme Şefliği saf Kızılçam, Göknaar ve Sedir meşcerelerinden elde edilmiştir. Çalışma sahasının denizden yüksekliği 780–1710 m arasında değişmektedir. Bölgede genel olarak Akdeniz iklim tipi ile İç Anadolu iklim tipi arasında bir geçiş iklimi hâkimdir. Bölgede yıllık ortalama yağış 400–900 mm arasında değişmektedir. Çalışmada, Kızılçam ağaç türü için 216, Sedir ağaç türü için 207 ve Göknaar ağaç türü için 240 adet örnek ağaç üzerinde yapılan göğüs çapı, ağaç boyu ve gövde üzerinde belirli aralıklarla yapılan çap ölçümü değerleri kullanılarak, en uygun ağaç hacim denkleminin belirlenmesine çalışılmıştır. Örnek

ağaçların seçiminde; daha önce benzer konuda yapılan çalışmalarda uygulanan yöntemler esas alınarak (Saraçoğlu, 1998; Yavuz, 1999; Sakıcı ve Yavuz, 2003); olabildiğince örnek ağaçların seçildiği meşcereleri temsil edebilmesine ve her çap basamağından eşit sayıda ağaç alınmasına özen gösterilmiştir. Çalışmada geliştirilen modellerin ilgili yörede uygulanabilir olması için, tepesi kırık, çatal gövdeli ve gövde formu bozuk ağaçların örnek ağaç olarak seçilmemesine özen gösterilmiştir. Ancak bu niteliklere sahip ağaçların göğüs çaplarının ve ağaç boylarının ölçülebilir olması durumunda ağaç türleri için seçilecek en uygun model yardımı ile bu ağaçların gövde hacimlerinin tahmin edilmesi de mümkündür. Toplam 663 örnek ağaca ilişkin verilerin toplanabilmesi için, örnek ağaçlar kesilmiş ve bu örnek ağaçlar üzerinde dip kütük çapı, göğüs yüksekliği çapı, toplam ağaç boyu ve gövde üzerinde 1 m aralıklar ile çap ölçümleri yapılmıştır. Ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi ve elde edilen ağaç hacim denklemlerinin meşcereye uygunluğunun denetlenmesi için, örnek ağaç verileri rasgele yöntemle iki gruba ayrılmıştır. Örnek ağaçların yaklaşık %85'i model geliştirmek, geri kalan %15'lik kısmı da geliştirilen modellerin meşcereye uygunluğunun test edilmesi amacıyla (kontrol grubu) kullanılmıştır (Saraçoğlu, 1998; Fowler, 1997; Yavuz, 1999; Sakıcı ve Yavuz, 2003). Bu gruplardaki örnek ağaçlara ilişkin özet istatistikî bilgiler Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir. Bu çizelgelerde sırasıyla her iki gruptaki örnek ağaçlara ilişkin göğüs çapı, ağaç boyu ve gövde hacmi değerlerine ilişkin açıklayıcı bilgiler verilmiştir.

Çizelge 1. Model geliştirmek amacıyla kullanılan ağaçlara ilişkin istatistikî değerler

<b>Türler</b>	<b>Ortalama</b>	<b>S. Sapma</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
<b><i>Kızılçam (n = 181)</i></b>				
Göğüs çapı (cm)	33.91	14.81	11.00	75.00
Boy (m)	15.79	5.19	5.20	27.20
Hacim (m <sup>3</sup> )	0.8257	0.8447	0.0286	4.2466
<b><i>Sedir (n = 179)</i></b>				
Göğüs çapı (cm)	30.99	8.51	12.00	62.00
Boy (m)	15.99	3.60	8.20	26.40
Hacim (m <sup>3</sup> )	0.5933	0.4127	0.0508	2.9782
<b><i>Toros Gökarnı (n = 194)</i></b>				
Göğüs çapı (cm)	35.76	11.47	16.00	73.00
Boy (m)	16.86	4.07	8.70	27.80
Hacim (m <sup>3</sup> )	0.8331	0.6862	0.0754	3.7825

Çizelge 2. Model uygunluğunun denetiminde kullanılan ağaçlara ait istatistiki değerler

Türler	Ortalama	S. Sapma	Minimum	Maximum
<b>Kızılçam (n = 35)</b>				
Göğüs çapı (cm)	32.63	12.96	13.00	56.00
Boy (m)	15.17	4.50	7.20	24.20
Hacim (m <sup>3</sup> )	0.6808	0.5653	0.0491	2.1023
<b>Sedir (n = 28)</b>				
Göğüs çapı (cm)	29.71	10.30	14.00	53.00
Boy (m)	15.33	4.18	9.00	26.00
Hacim (m <sup>3</sup> )	0.5921	0.5259	0.0694	2.4645
<b>Toros Göknarı (n = 46)</b>				
Göğüs çapı (cm)	33.33	12.18	16.00	69.00
Boy (m)	16.77	4.83	9.00	27.00
Hacim (m <sup>3</sup> )	0.7645	0.7156	0,0810	3.3760

## 2.2. Yöntem

Ormancılık çalışmalarında; 50 yılı aşkın zamandır pek çok ağaç hacim denklemi geliştirilmiş ve kullanılmıştır (Scott, 1981; Clutter vd., 1983; Kelly ve Beltz, 1987; Saraçoğlu, 1998; van Laar ve Akça, 1997; Fowler, 1997; Yavuz, 1999; Sakıcı ve Yavuz, 2003; Teshome 2005; Perez, 2008). Ancak bu modeller genel olarak 6 temel formdan türetilmiştir. Bu model formları ve bu model formlarından geliştirilen bazı modeller temel alınarak bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu model formları Çizelge 3’ de verilmiştir.

Çizelge 3. Hacim denklemlerinin geliştirilmesinde kullanılan modeller

Hacim Denklemi Modelleri		Model No
$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$	(Hohenadl-Krenn Model)	1
$V = \beta_1 d^2 h$	(Spurr 1952)	2
$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 h$	(Spurr 1952)	3
$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \beta_2 h + \beta_3 d^2 h$	(Romancier, 1961)	4
$V = \beta_1 d^{\beta_2} h^{\beta_3}$	(Schumacher-Hall 1933)	5
$V = \beta_0 + \beta_1 d^{\beta_2} h^{\beta_3}$	(Schumacher-Hall 1933)	6
$V = d^2 / \beta_0 + \beta_1 h^{-1}$	(Honer, 1965)	7
$V = \beta_0 + \beta_1 d^{\beta_2} + \beta_3 d^{\beta_4} h^{\beta_5}$	(Scott, 1979)	8
$V = \beta_0 + \beta_1 (h/d)^{\beta_2} d^2 h$	(Newnham, 1967)	9
$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + (\beta_3 + \beta_4 d + \beta_5 d^2) h$	(Spurr, 1952)	10
$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 + (\beta_2 h + \beta_3 dh + \beta_4 d^2 h) h$	(Naslund, 1947)	11

Burada;  $d$ = Göğüs yüksekliği çapını,  $h$ =Ağaç boyunu,  $\beta_i$ =denklem katsayılarını ifade etmektedir.

Bu çalışmada kullanılan model formları; bu çalışmadan önce yapılan bazı çalışmalarda (Saraçoğlu, 1991; Yavuz, 1999; Sakıcı ve Yavuz, 2003) olduğu gibi farklı denklem gruplarına ayrılmamış 1 nolu ağaç hacim modeli (tek girişli ağaç hacim denklemi) hariç, çift girişli ağaç hacim modelleri kullanılmıştır. Yavuz (1999) ve Sakıcı ve Yavuz (2003) yaptıkları çalışmalarda; çift girişli ağaç hacim modellerinin, tek girişli ağaç hacim modellerine göre daha başarılı olduğunu belirtmektedirler. Örnek ağaçların hacim değerlerinin bulunması için; ağaç gövdeleri 1 metrelik seksiyonlara ayrılmış ve her seksiyonun hacmi; Wiant vd. (1992) tarafından önerilen genelleştirilmiş Newton formülü kullanılarak bulunmuş ve seksiyon hacimleri toplanarak da ilgili ağaç gövdesinin hacmi tahmin edilmiştir. Bu değerler; ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesinde gerçek hacim değeri olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada 11 farklı hacim denklemine ilişkin parametreler “en küçük kareler yöntemi” kullanılarak hesaplanmıştır. Parametre tahminleri, SAS istatistiksel programında PROC NLIN yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. En uygun hacim fonksiyonun belirlenmesinde ise; belirtme katsayısı ( $R^2$ ), ortalama hata (OHH), toplam mutlak hata yüzdesi (TMHH%) ve ortalama mutlak hata (OMH) gibi farklı dört uygunluk ölçütü kullanılmıştır. En uygun hacim modelinin seçiminde belirtme katsayısının büyük, ortalama mutlak hata, ortalama hata ve ortalama mutlak sapma değerlerinin küçük olması esas alınmıştır. Hatanın pozitif değeri eksik tahmini, negatif değeri ise fazla tahmini göstermektedir. Farklı uygunluk ölçütleri kullanıldığı zaman, Yavuz (1999) tarafından en uygun regresyon modelinin belirlenmesinde; her bir uygunluk ölçütüne göre regresyon modellerine sıra numarası verilip, sıra numaraları toplamına bağlı olarak en uygun modelin belirlenmesi önerilmektedir. Bu amaçla; ortalama hata, toplam mutlak hata yüzdesi ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerlerine göre en küçüğüne, belirtme katsayısı değerlerine göre en büyüğüne 1 sıra numarası verilecek şekilde, her ölçüt değerine göre hacim denklemlerine sıra numarası verilmiş ve tüm ölçütler için elde edilen sıra numaraları toplanarak ilgili hacim denklemi için başarı derecesi belirlenmiştir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2} \quad (1)$$

$$\text{Ortalama hata (OH)} = \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)}{n} \quad (2)$$

$$\text{Toplam Mutlak Hata Yüzdesi (TMH\%)} = \frac{\sum_{i=1}^n |v_i - \hat{v}_i|}{\sum_{i=1}^n v_i} * 100 \quad (3)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata (OMH)} = \frac{\sum_{i=1}^n |v_i - \hat{v}_i|}{n} \quad (4)$$

Burada  $v_i$ ,  $\hat{v}_i$ , ve  $\bar{v}$  sırasıyla ölçülen ağaç gövde hacmini, denklemden tahmin edilen ağaç gövde hacmini ve ölçülen ortalama ağaç hacim değerlerini göstermektedir.  $n$  ise modellerin geliştirilmesinde kullanılan örnek büyüklüğünü ve  $R^2$  belirtme katsayısını göstermektedir.

Farklı ağaç türleri veya farklı yetiştirme ortamları için geliştirilen aynı hacim denklemleri için model katsayıları bakımından önemli fark olup olmadığını anlamak için “doğrusal olmayan ekstra kareler toplamı” yöntemi kullanılmıştır (Bates ve Watts, 1988; Neter vd., 1996). Bu metodun uygulanabilmesi; tam ve indirgenmiş modellerin test edilmesini gerektirmektedir. Bu model benzer amaçlarla çok sık kullanılmıştır (Pillsbury vd., 1995; Brooks vd., 2008; Brooks ve Wiant, 2008). Bu yöntem, tam model formunda ağaç türlerinin her biri için gösterge değişken kullanmakta iken, azaltılmış model formu, tüm ağaç türleri için aynı denklem parametrelerini kullanmaktadır. Tam model formu 9 parametreye sahip iken, indirgenmiş model formu 3 parametreye sahiptir. Bu yöntemde;  $H_0$  hipotezi gösterge değişkenlerin birbirine ve dolayısıyla sifıra eşit olduğunu;  $H_1$  hipotezi de en az bir değişkenin sifirdan farklı olduğu varsayımına dayanmaktadır.  $H_0$  hipotezinin reddi, ağaç türleri bakımından; gövde hacmi ile göğüs çapı ve ağaç boyu ilişkilerinin aynı olmadığı anlamını taşımaktadır. Tam ve azaltılmış modellerin karşılaştırılmasında  $F$ -testi temel alınmaktadır.

$$F = \frac{(SSE_R - SSE_F)/(df_R - df_F)}{SSE_F/df_F} \quad (5)$$

Burada:  $SSE_R$  = Azaltılmış model için hata kareler toplamı,  
 $SSE_F$  = Tam model için hata kareler toplamı,  
 $df_R$  = Azaltılmış model için serbestlik derecesi,  
 $df_F$  = Tam model için serbestlik derecesi.

$F$ -testi sonuçları farklı ağaç türleri için geliştirilen modeller bakımından önemli fark göstermiyorsa, tüm veriler birlikte değerlendirilerek model katsayıları tekrar belirlenmelidir.  $F$ -testi sonuçları modeller arasında önemli fark ( $P < 0.05$ ) gösteriyor ise, her tür için denklem katsayılarının ayrı ayrı tahmin edilmesi gereklidir.

### 3. BULGULAR

Bu çalışmada kızılçam, sedir ve göknar ağaç türleri için 11 farklı ağaç hacim denklemi için yapılan parametre tahminleri sırasıyla Çizelge 4, 5 ve 6'da verilmiştir. Bu amaçla bir adet tek girişli ve 10 adet çift girişli ağaç hacim denklemi kullanılmıştır.

Çizelge 4. Kızılçam ağaç türü için hacim denklemlerine ait parametre değerleri

Denklem	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$
1	0.1841 <sup>***</sup>	-0.0209 <sup>***</sup>	0.0010 <sup>***</sup>			
2		$3 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>				
3	0.0636 <sup>***</sup>	$3 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>				
4	-0.0762 <sup>***</sup>	$1.1 \times 10^{-4}$ <sup>***</sup>	0.00844 <sup>**</sup>	$23 \times 10^{-6}$ <sup>***</sup>		
5		$7 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>	1.8490 <sup>***</sup>	0.9039 <sup>***</sup>		
6	-0.0079 <sup>NS</sup>	$8 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>	1.8375 <sup>***</sup>	0.8972 <sup>***</sup>		
7	423.0 <sup>***</sup>	23768 <sup>***</sup>				
8	-0.0286 <sup>NS</sup>	0.0004 <sup>***</sup>	1.8766 <sup>***</sup>	$9.8 \times 10^{-6}$ <sup>NS</sup>	1.7178 <sup>***</sup>	1.5731 <sup>***</sup>
9	0.0544 <sup>***</sup>	$3 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>	0.0976 <sup>***</sup>			
10	-0.0021 <sup>NS</sup>	0.00215 <sup>NS</sup>	$11 \times 10^{-6}$ <sup>NS</sup>	-0.0074 <sup>***</sup>	$46 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>	$22 \times 10^{-6}$ <sup>***</sup>
11	-0.0245 <sup>NS</sup>	0.0003 <sup>***</sup>	-0.0002 <sup>NS</sup>	$23 \times 10^{-6}$ <sup>***</sup>	$32 \times 10^{-8}$ <sup>NS</sup>	

\*\*\* P<0.001; NS P>0.05;  $3 \times 10^{-5}=0,00003$

Çizelge 5. Sedir ağaç türü için hacim denklemlerine ilişkin parametre değerleri

Denklem	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$
1	-0.0773 <sup>***</sup>	-0.0021 <sup>NS</sup>	$71 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>			
2		$3 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>				
3	0.0397 <sup>***</sup>	$3 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>				
4	-0.0547 <sup>NS</sup>	$5 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>	0.0068 <sup>***</sup>	$27 \times 10^{-6}$ <sup>***</sup>		
5		$6 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>	1.8379 <sup>***</sup>	0.9937 <sup>***</sup>		
6	-0.0031 <sup>NS</sup>	$6 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>	1.8312 <sup>***</sup>	0.9895 <sup>***</sup>		
7	198.0 <sup>***</sup>	27098 <sup>***</sup>				
8	-0.0228 <sup>NS</sup>	0.00037 <sup>NS</sup>	1.7753 <sup>***</sup>	0.00002 <sup>NS</sup>	1.7942 <sup>***</sup>	1.2982 <sup>***</sup>
9	0.0340 <sup>***</sup>	$33 \times 10^{-6}$ <sup>***</sup>	0.0759 <sup>***</sup>			
10	0.0588 <sup>NS</sup>	-0.0001 <sup>NS</sup>	$12 \times 10^{-7}$ <sup>NS</sup>	-0.0102 <sup>***</sup>	$64 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>	$23 \times 10^{-6}$ <sup>***</sup>
11	-0.0097 <sup>***</sup>	$31 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>	-0.0004 <sup>NS</sup>	$32 \times 10^{-6}$ <sup>NS</sup>	$27 \times 10^{-8}$ <sup>NS</sup>	

\*\*\* P<0.001; NS P>0.05

Her ağaç türü için en uygun ağaç hacim denkleminin belirlenmesi amacıyla, 4 farklı ölçüt değeri kullanılarak yapılan denetimde; ortaya çıkan sıralama değerleri Çizelge 7, 8 ve 9'da verilmiştir. Çizelge 7, 8 ve 9 incelendiği zaman, her üç ağaç türü içinde farklı ağaç hacim denklemlerinin daha uygun olduğu görülmektedir. Kızılçam için 4 nolu denklem en uygun çift girişli ağaç hacim denklemi iken, sedir için 3 nolu ve göknar için de 7 nolu denklem uygun denklemler olmuştur.



BUCAK YÖRESİ KIZILÇAM, SEDİR VE TOROS GÖKNARI TÜRLERİ İÇİN HACİM DENKLEMLERİ

Çizelge 6. Gökmar ağaç türü için hacim denklemlerine ilişkin parametre değerleri

Denklem	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$
1	0.0335 <sup>***</sup>	-0.0110 <sup>NS</sup>	0.0009 <sup>***</sup>			
2		$3 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>				
3	0.0851 <sup>***</sup>	$28 \times 10^{-6}$ <sup>***</sup>				
4	-0.1792 <sup>***</sup>	0.0001 <sup>***</sup>	0.0170 <sup>***</sup>	$21 \times 10^{-6}$ <sup>***</sup>		
5		$8 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>	1.6974 <sup>***</sup>	1.0733 <sup>***</sup>		
6	-0.0333 <sup>NS</sup>	0.0001 <sup>***</sup>	1.6573 <sup>***</sup>	1.0305 <sup>***</sup>		
7	522.0 <sup>***</sup>	22286 <sup>***</sup>				
8	-0.0346 <sup>NS</sup>	$10 \times 10^{-5}$ <sup>NS</sup>	2.3014 <sup>***</sup>	$28 \times 10^{-5}$ <sup>NS</sup>	1.0754 <sup>***</sup>	1.9804 <sup>***</sup>
9	0.0511 <sup>***</sup>	$32 \times 10^{-6}$ <sup>***</sup>	0.2805 <sup>***</sup>			
10	0.2050 <sup>NS</sup>	-0.0143 <sup>NS</sup>	$18 \times 10^{-5}$ <sup>NS</sup>	-0.0182 <sup>***</sup>	0.0015 <sup>***</sup>	$9 \times 10^{-6}$ <sup>NS</sup>
11	-0.0462 <sup>NS</sup>	$32 \times 10^{-5}$ <sup>***</sup>	$-3 \times 10^{-4}$ <sup>NS</sup>	0.00004 <sup>**</sup>	$10 \times 10^{-9}$ <sup>NS</sup>	

\*\*\* P<0.001; NS P>0.05

Çizelge 7. Kızılçam için geliştirilen farklı hacim denklemlerine ilişkin ölçüt değerleri

Model No	$R^2$	OHH	TMHH(%)	OMHH	Sıra
1	0.9110 (11)	-0.0345 (11)	14.02 (11)	0.0954 (11)	44 (11)
2	0.9858 (10)	0.0337 (10)	7.48 (10)	0.0509 (10)	40 (10)
3	0.9905 (7)	-0.0083 (4)	6.76 (8)	0.0460 (8)	27 (8)
<b>4</b>	<b>0.9937 (1)</b>	<b>-0.0016 (1)</b>	<b>4.88 (1)</b>	<b>0.0332 (1)</b>	<b>4 (1)</b>
5	0.9933 (2)	-0.0086 (5)	5.00 (2)	0.0341 (3)	12 (2)
6	0.9926 (5)	-0.0118 (8)	5.06 (4)	0.0344 (5)	22 (5)
7	0.9904 (8)	-0.0041 (2)	5.72 (7)	0.0390 (7)	24 (6)
8	0.9929 (4)	-0.0069 (3)	5.01 (3)	0.0342 (4)	14 (3)
9	0.9897 (9)	-0.0097 (6)	6.78 (9)	0.0461 (9)	33 (9)
10	0.9931 (3)	-0.0099 (7)	5.21 (5)	0.0335 (2)	17 (4)
11	0.9915 (6)	-0.0125 (9)	5.26 (6)	0.0363 (6)	27 (7)

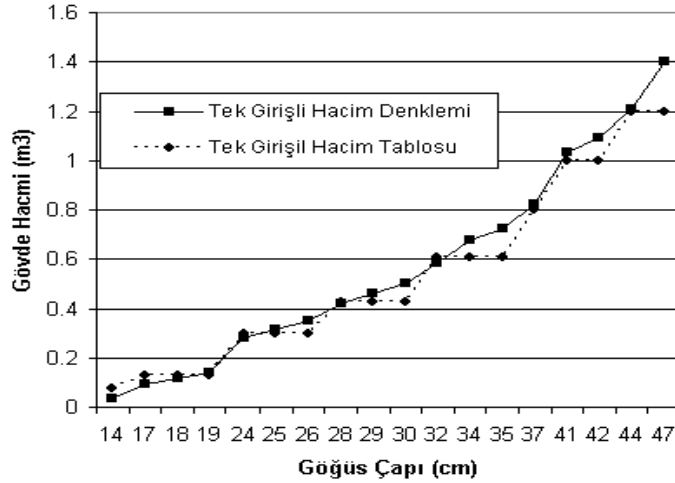
Çizelge 8. Sedir için geliştirilen farklı hacim denklemlerine ilişkin ölçüt değerleri

Model No	$R^2$	OHH	TMHH(%)	OMHH	Sıra
1	0.9369 (11)	0.0303 (11)	9.58 (11)	0.0567 (11)	44 (11)
2	0.9916 (4)	0.0302 (10)	6.40 (10)	0.0379 (10)	35 (9)
<b>3</b>	<b>0.9928 (1)</b>	<b>0.0110 (1)</b>	<b>4.70 (1)</b>	<b>0.0290 (3)</b>	<b>7 (1)</b>
4	0.9869 (9)	0.0267 (9)	6.02 (8)	0.0356 (9)	35 (10)
5	0.9904 (6)	0.0182 (4)	4.87 (2)	0.0288 (2)	14 (3)
6	0.9886 (8)	0.0232 (6)	5.33 (5)	0.0316 (6)	25 (6)
7	0.9913 (5)	0.0244 (8)	4.98 (4)	0.0295 (4)	21 (5)
8	0.9917 (3)	0.0167 (3)	4.72 (2)	0.0279 (1)	9 (2)
9	0.9927 (2)	0.0118 (2)	5.52 (6)	0.0298 (5)	15 (4)
10	0.9860 (10)	0.0234 (7)	6.10 (9)	0.0327 (8)	33 (8)
11	0.9887 (7)	0.0229 (5)	5.53 (7)	0.0325 (7)	26 (7)

Çizelge 9. Gökmar için geliştirilen farklı hacim denklemlerine ilişkin ölçüt değerleri

Model No	$R^2$	OHH	TMHH(%)	OMHH	Sıra
1	0.9784 (11)	0.0360 (11)	9.42 (11)	0.0722 (11)	44 (11)
2	0.9794 (10)	0.0217 (10)	9.15 (10)	0.0701 (10)	40 (10)
3	0.9851 (8)	-0.0137 (8)	8.77 (9)	0.0672 (9)	34 (9)
4	0.9856 (4)	0.0049 (2)	7.92 (7)	0.0607 (7)	20 (6)
5	0.9860 (2)	-0.0108 (7)	7.13 (3)	0.0551 (5)	17 (4)
6	0.9858 (3)	-0.0080 (5)	7.15 (5)	0.0546 (3)	16 (3)
7	<b>0.9880 (1)</b>	<b>0.0141 (9)</b>	6.70 (1)	<b>0.0514 (1)</b>	<b>12 (1)</b>
8	0.9854 (6)	-0.0030 (1)	7.06 (2)	0.0556 (6)	15 (2)
9	0.9839 (9)	-0.0105 (6)	7.14 (4)	0.0631 (8)	27 (8)
10	0.9853 (7)	-0.0070 (4)	8,24 (8)	0.0533 (2)	21 (7)
11	0.9855 (5)	-0.0054 (3)	7.18 (6)	0.0547 (4)	18 (5)

Genel olarak, orman amenajmanı çalışmalarında; zamanı kısaltmak amacıyla ilgili işletme şefliği bazında hazırlanan tek girişli ağaç hacim tabloları kullanılmaktadır. Bu amaçla bu çalışma da ağaç türleri için geliştirilen tek girişli ağaç hacim denklemi ile çalışma alanı için geçerli tek girişli ağaç hacim tablosu verileri karşılaştırılmıştır. Kızılçam dışındaki ağaç türleri için geliştirilen en uygun hacim denklemleri kullanılarak elde edilen hacim değerleri ile tek girişli ağaç hacim tablosu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların ( $p < 0.05$ ) olduğu görülmüştür. Sedir ve gökmar ağaç türleri için; amenajman planlarında bulunan tek girişli ağaç hacim tabloları, bu iki ağaç türü için geliştirilen tek girişli ağaç hacim denklemlerine göre daha düşük hacim değerleri vermektedir.



Şekil 1. Sedir ağaç türü için tek girişli ağaç hacim denklemi ve tek girişli hacim tablosu ile elde edilen sonuçlarının karşılaştırılması

Kızılçam, Sedir ve Gökmar ağaç türleri için elde edilen en uygun çift girişli ağaç hacim denklemlerinin, bölgesel olarak kullanılabilirliğinin denetimi için, kontrol verileri kullanılarak yapılan “Eşlendirilmiş t-testi” sonuçlarına göre, geliştirilen hacim denklemlerinin  $p>0.05$  önem düzeyinde güvenle kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

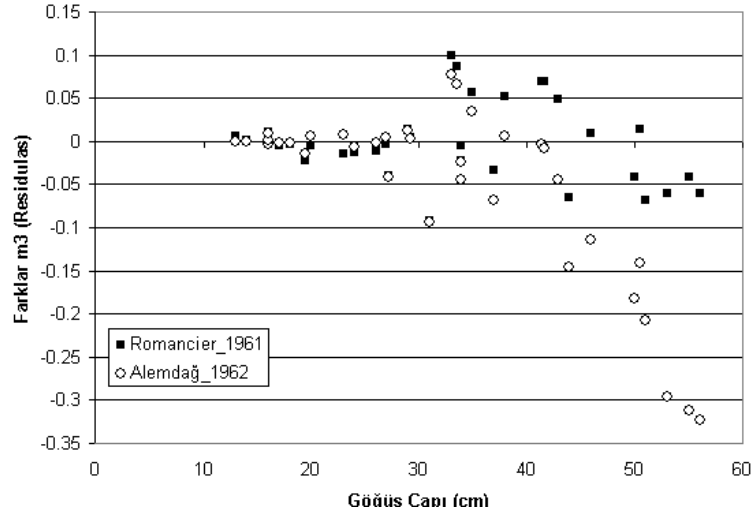
Tüm ağaç hacim denklemleri ve ağaç türleri birlikte değerlendirildiğinde, tüm ağaç türleri için en iyi sonucu ise 5 nolu denklem vermektedir. 5 nolu denklem için ağaç türleri açısından bir değerlendirme yapıldığında acaba her ağaç türü için ayrı denklem katsayıları gerekli midir? Yoksa ortak denklem katsayıları kullanılabilir mi sorusuna da cevap araştırılmıştır. Bu amaçla yukarıda belirtilen “doğrusal olmayan ekstra kareler toplamı” yöntemi kullanılmıştır (Bates ve Watts, 1988; Neter vd., 1996). Bu yöntemle ilişkin sonuçlar Çizelge 10’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre, her ağaç türü için ayrı denklem katsayıları gereklidir. Tek bir ağaç türü için geliştirilen denklemin aynı katsayılar ile geniş alanlarda ya da farklı türler için kullanılması hacim tahminlerinde hatalara yol açacaktır.

Çizelge 10. Model 5 için türler arası farklılıkların F-testi ile ortaya konması

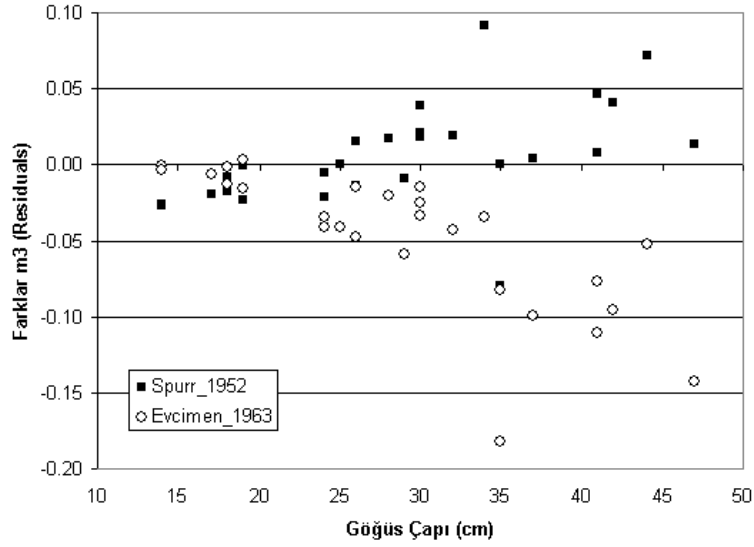
	Türler	N	Tam Model		Azaltılmış Model		F-değeri	P-değeri
			SSE <sub>F</sub>	df <sub>F</sub>	SSE <sub>R</sub>	df <sub>R</sub>		
Model 4	Tüm Türler	663	2.245	545	2.423	551	7.1817	<0.0001
	Kızılçam-Sedir	360	1.195	354	1.241	357	4.4819	0.0041
	Kızılçam-Gökmar	375	1.654	369	1.790	372	10.0926	<0.0001
	Sedir-Gökmar	373	1.621	367	1.704	370	6.234	<0.0001

Modeller Çizelge 2’de gösterilmiştir. Türler Çizelge 1’de tanımlanmıştır. F değerleri denklem 5 e göre hesaplanmıştır. SSE<sub>F</sub> ve df<sub>F</sub> tam modelin hata kareleri toplamı ve serbestlik derecesidir. SSE<sub>R</sub> ve df<sub>R</sub> ise azaltılmış modelin hata kareler toplamı ve serbestlik derecelerdir.

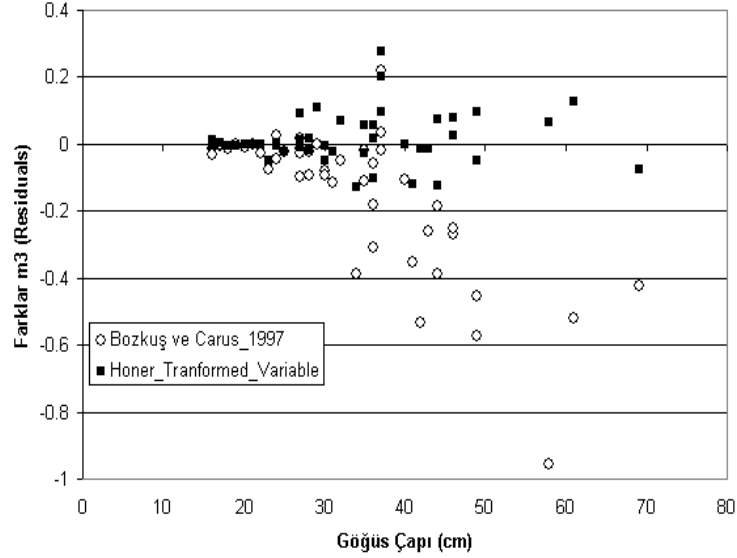
Kızılçam, sedir ve gökmar ağaç türleri için belirlenen en uygun model formları ile bu ağaç türleri için sırasıyla Alemdağ (1962), Evcimen (1963) ve Bozkuş ve Carus (1997) tarafından geliştirilen çift girişli hacim tablolarını karşılaştırmak amacıyla; kontrol grubu verileri kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmaya ilişkin sonuçlar Şekil 2, 3 ve 4’de gösterilmiştir. Bu şekillerden de görüleceği gibi Bucak yöresi için bulunan en uygun ağaç hacim denklemleri, çift girişli ağaç hacim tablolarına göre daha doğru sonuçlar vermiştir. Her üç ağaç türü içinde; özellikle kalın çap sınıflarında çift girişli ağaç hacim tablolarının hata miktarı daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 2. Kızılcām ağaç türü için önerilen hacim denklemi (Romancier 1961 modeline göre) ve çift girişli hacim denklemi ile elde edilen hacimlerin gerçek hacim değerleri ile karşılaştırılması ile oluşan farklar



Şekil 3. Sedir ağaç türü için önerilen hacim denklemi (Spurr 1952 modeline göre) ve çift girişli hacim denklemi ile elde edilen hacimlerin gerçek hacim değerleri ile karşılaştırılması ile oluşan farklar



Şekil 4. Göknar ağaç türü için önerilen hacim denklemi (Honer 1965 modeline göre) ve çift girişli hacim denklemi ile elde edilen hacimlerin gerçek hacim değerleri ile karşılaştırması ile oluşan farklar

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; Bucak Yöresi için Kızılçam, Sedir ve Göknar ağaç türleri için farklı ağaç hacim denklemleri, dört farklı uygunluk ölçütüne bağlı olarak test edilmiştir. Her üç ağaç türü için de farklı hacim denklemleri en iyi sonucu vermiştir. Her ağaç türü için elde edilen en uygun ağaç hacim denkleminin yöresel olarak kullanılabilirliğinin denetimi için kontrol verileri ile gerçekleştirilen denetimler sonucunda bu modellerin ilgili ağaç türleri için gövde hacim tahminlerinde güvenle kullanılabilmesi görülmüştür. Kızılçam, sedir ve göknar ağaç türleri için elde edilen en uygun ağaç hacim denklemlerinin ilgili yörede ağaç hacim tahminlerinde kullanılabilmesi için, ağaç boyunun ve göğüs yüksekliği çapının ölçülmesi yeterli olacaktır. Bu değerler ilgili ağaç hacim denkleminde yerine konularak ağaç gövdesi hacmi  $m^3$  olarak hesaplanabilir. Örneğin 47 cm göğüs çapına ve 19 m boya sahip bir kızılçam ağacının gövde hacmini bulmak isteyelim. Bu amaçla kızılçam ağaç türü için en uygun model olan 4 nolu modelin kullanılması gerekmektedir. Bu denklem ile gövde hacim tahmini için gereken denklem katsayıları Çizelge 4'den alınmalı ve göğüs çapı ve boy değerleri ilgili denklemde yerine konularak gövde hacmi  $m^3$  olarak tahmin edilebilir. Bu amaçla aşağıdaki işlemin yapılması yeterlidir. Bu işlem ile gövde hacmi  $V = -0,076 + 0,00011*(47)^2 + 0,00844*19 + 0,000023*(47)^2*19 = 1.2917 m^3$  olarak bulunur.

Elde edilen modeller arasında bulunan tek girişli ağaç hacim denklemi (1 nolu model) ile her bir ağaç türü için amenajman planlarından elde edilen hacim tablosu

verileri ile karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda, Kızılçam hariç diğer türlere ait ağaç hacim tabloları ile geliştirilen tek girişli ağaç hacim denklemi arasında anlamlı farklılıkların bulunduğu ve amenajman planlarındaki hacim tablolarının daha düşük hacim değerleri verdiği görülmüştür. Yine geliştirilen ağaç hacim denklemleri ile ilgili ağaç türleri için geliştirilen çift girişli ağaç hacim tabloları karşılaştırılmış ve çift girişli ağaç hacim tablolarının daha yüksek hacim hatası verdiği görülmüştür. Özellikle hata miktarı kalın çap sınıflarında daha da yükselmektedir. Sonuç olarak; imkânlar el verdiği ölçüde ve yeterli miktarda örnek ağaç ölçümü yapılabildiği sürece her yöre için ayrı hacim fonksiyonlarının geliştirilmesi yararlı olacaktır. Doğrusal olmayan ekstra kareler yöntemi ve tüm türler için ortak en uygun model olan 4 nolu model kullanılarak, geliştirilen model bakımından türler arasında farklılıklar olup olmadığı araştırılmış ve her ağaç türü için ayrı model parametrelerinin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma sonuçları; ülkemizde özellikle ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama çalışmalarında üretim ormanlarındaki ağaç serveti ve artımının daha doğru tahmin edilmesi içinde oldukça büyük yararlar sağlayacaktır.

#### KAYNAKLAR

- Alemdağ, İ.Ş., 1962. Türkiye'deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayını No: 11, 140s.
- Anonim, 2006. Orman Varlığımız. Orman Genel Müdürlüğü, 160s.
- Bates, D.M., Watts, D.G., 1988. Nonlinear Regression Analysis and Its Application. Wiley, New York.
- 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.
- Brooks, J.R., Wiant, H.V., 2008. Ecoregion Based Local Volume Equations for Appalachian Hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry*, 25(2): 87-92.
- Bozkuş, H.F., Carus, S., 1997. Toros Göknaarı ve Sedir'in Çift Girişli Gövde Hacmi Tabloları ve Mevcut Tablolarla Karşılaştırılması, İ.Ü. Orman Fakültesi dergisi, Sayı:A, Cilt:47, s51-70.
- Clutter, J.L., Fortson, J.C., Pienaar, L.V., Bailey, R.L., 1983. *Timber Management: A Quantitative Approach*. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 33s.
- Evcimen, B.S., 1963. Türkiye Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, 199s.
- Fowler, G.W., 1997. Individual Tree Volume Equations for Red Pine in Michigan. *Northern Journal of Applied Forestry*, 14:53-58.
- Honer, T.G. 1965. A New Total Cubic Foot Volume Function. *Forestry Chronicle* 41:476-493.
- Husch, B., Beers, T.W., Kershaw, T.A., 2003. *Forest Mensuration*, Wiley 4. Basım.
- Kelly, T.F., Beltz, R.C., 1987. A Comparison of Tree Volume Estimation Models for Forest Inventory, USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Research Paper SO-233.
- Naslund, M., 1947. Functions and Tables for Computing the Cubic Volume of Standing Trees: Pine, Spruce and Birch in Southern Sweden and in the Whole of Sweden, Report 36, National Forest Research Institute, Stockholm, Sweden, 81 p.
- Neter, J., Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J., Wasserman, W., 1996. *Applied Linear Statistical Models*. McGraw-Hill, New York, 1048s.
- Newnham, R.M., 1967. A Modification to the Combined Variable Formula for Computing Tree Volume. *Journal of Forestry*, 65(10) 719-710.

## BUCAK YÖRESİ KIZILÇAM, SEDİR VE TOROS GÖKNARI TÜRLERİ İÇİN HACİM DENKLEMLERİ

- Özçelik, R., 2008. Comparison of Formulae for Estimating Tree Bole Volumes of *Pinus sylvestris*. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 23: 412-418.
- Perez, D., 2008. Growth and Volume Equations Developed From Stem Analysis For *Tectora Grandis* in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science*, 20:66-75.
- Pillsbury, N.H., McDonald, P.M. & Simon, V., 1995. Reliability of Tanoak volume equations when applied to different areas. *Western Journal of Applied Forestry*, 10(2), 72-78.
- Romancier, R.M., 1961. Weight and Volume of Plantation-grown Loblolly Pine, USDA Forest Service Research Note:161.
- Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2003. Ilgaz Dağı Gökmar Meşcereleri İçin Hacim Fonksiyonları. *Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt:3, No:2, s.219-232.
- Saraçoğlu, N., 1991. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn subsp. *Barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) Gövde Hacim ve Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt:41, Sayı:1, s.121-139.
- Saraçoğlu, N., 1998. Kızılağaç (*Alnus glutinosa* Gaertn subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) Gövde Hacim Tablosu. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23, 1181–1188.
- Schumacher, F.X., Hall, F.S., 1933. Logarithmic expression of timber-tree volume. *J. Agric. Res.* 47 (9), 719–734.
- Scott, C.T., 1981. Northeastern Forest Survey Revised Cubic-Foot Volume Equations. USDA Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, Research Note NE-304.
- Scott, C.T., 1979. Northeastern forest survey board-foot volume equations. 1979; USDA Forest Service Research Note NE-271. 3 p.
- Spurr, S.H., 1952. *Forest Inventory*. The Ronald Press Company, 476 p., New York
- Teshome, T., 2005. Analysis of Individual Tree Volume Equations for *Cupressus Lusitanica* in Munessa Forest, Ethiopia. *Southern African Forestry Journal*, 203:27-32.
- Van Larr, A., Akça, A., 1997. *Forest Mensuration*. Cuvillier Verlag, Göttingen.417s.
- Wiant, H.V., Wood, G.B., Gregoire, T.G., 1992. Practical Guide for Estimating The Volume of a Standing Sample Tree Using Either importance or Centroid Sampling. *Forest Ecology and Management*, 49:333-339.
- Yavuz, H., 1995. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve karaçam için Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi. *KTÜ Orman Fakültesi 101s.* (Basılmamıştır).
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü Yöresinde Karaçam İçin Hacim Fonksiyonları ve Hacim Tabloları. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23, 1181–1188.