

Artvin Ardanuç yöresi Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini karışık meşcereleri için hacim denklemleri

Aydın Kahrıman^{a,*}, Celal Yavuz Çakır^b, Abdurrahman Şahin^a

Özet: Bu çalışmada, Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğünde yayılış gösteren Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini karışık meşcerelerinde gövde hacminin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 107 adedi Gök nar ve 106 adedi ise Ladin olmak üzere toplamda kesilen 213 adet örnek ağaçtan elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu denklemler Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R_{adj}^2), Tahminin Standart Hatası ($S_{y,x}$), Ortalama Hata (\bar{D}), Ortalama Mutlak Hata ($|\bar{D}|$), Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (%OMH) ve Toplam Hata Yüzdesi (%TH) ölçütüne göre rölaf olarak sıralanmış ve en başarılı denklemler belirlenmiştir. Doğu Karadeniz göknarı ve Doğu ladini için tek ve çift girişli gövde hacim denklemlerinin düzeltilmiş belirtme katsayıları sırasıyla 0.982-0.988 ve 0.981-0.992 olarak elde edilmiştir. Her iki ağaç türü için geliştirilen hem tek hem de çift girişli ağaç hacim denklemleri bağımsız veri seti ile "Wilcoxon T Testi" kullanılarak test edildi ve bu denklemlerin verilerin alındığı Ardanuç yöresindeki meşcerelere uygun olduğu 0.05 anlamlılık düzeyinde belirlenmiştir. Çalışma kapsamında bu veriler kullanılarak her iki tür için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemi geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kabuklu gövde hacmi, Ağaç hacim denklemi, Wilcoxon T Testi, Karışık meşcere, Rölaf sıralama

Volume equations for Caucasian fir - Oriental spruce mixed stands in Ardanuç, Artvin

Abstract: The objective of this study is to estimation of stem volume for Caucasian fir - Oriental spruce mixed stands in Artvin-Ardanuç region of Turkey. For this purpose, the data obtained from 213 felled sample trees in total, which are 107 Caucasian fir and 106 Oriental spruce, were used. The fitted equations were ranked according to goodness-of-fit criterias (adjusted coefficient of determination (R_{adj}^2), standard deviation of residuals ($S_{y,x}$), average residuals (\bar{D}), average absolute residuals ($|\bar{D}|$), absolute mean error percentage (OMH%) and total error percentage (TH%)) and the most successful equations were selected based on relative ranks. The R_{adj}^2 values of the most successful single- and double-entry tree volume equations for Caucasian fir and Oriental spruce were 0.982 and 0.988 - 0.981 and 0.992, respectively. The best fitted tree volume equations were tested with independent data set for both tree species using "Wilcoxon T Test" within the border of Ardanuç Forest District Directorates, and concluded that these equations can be used for these stands at the 0.05 significant level. It is proposed to construct both single and double entry tree volume equations for the both tree species.

Keywords: Over-bark stem volume, Tree volume equation, Wilcoxon T Test, Mixed stands, Relative ranking

1. Giriş

Orman Genel Müdürlüğünün 2020 yılındaki orman envanterine göre Türkiye'deki orman alanlarının yaklaşık % 41'i (9.316.249 ha) karışık orman niteliğindedir (OGM 2020). Orman envanter verilerine göre Türkiye toplam ağaç servetinin yaklaşık 707 milyon m³'nü (%55) karışık ormanlar oluşturmaktadır. Dolayısı ile karışık ormanlar ve karışık meşcereler Türkiye ormancılığının önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Doğu Karadeniz göknarı (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach. subsp. *nordmanniana*) ve Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.), yayılış alanları, artım ve büyüme özellikleri, yarattıkları ekonomik değer nedeniyle ülkemizin önemli asli orman ağacı türlerimizdendir. 2020 yılındaki orman envanteri verilerine göre ülkemizin toplam ormanlık alanının 511.703 ha'lık

kısımında Gök nar, 365.845 ha'lık kısmında Doğu ladini ve 57129 ha'lık kısmında ise bu iki ağaç türünün karışım yaptığı karışık meşcereler mevcuttur (OGM 2020).

Orman işletmesinin temel girdisi olan dikili ağaç serveti, orman amenajman planlarının hazırlanması ve üretimin planlanması açısından önem taşımaktadır (Loetsch vd., 1973; Kalıpsız, 1988; Laar ve Akça, 2007). Meşcerelerin ağaç serveti meşcerelerin artım ve büyüme tahminlerinde, ormanların biyokütle ve karbon birikim miktarlarının hesaplanmasında, orman ürünleri üretim ve pazarlama faaliyetlerinin düzenlenmesinde, ormanların ekonomik, ekolojik ve sosyal fonksiyonlarının kararlaştırılmasında kullanılan önemli bir meşcere değişkenidir (Yavuz, 1999; Özçelik, 2010; Kumaş ve Kahrıman, 2016). Özellikle bölgesel hatta daha dar kapsamlı olan yöresel bazda üretilen ağaç hacim denklemleri ve tabloları, bu meşcerelerin yer

✉ ^a Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin

^b Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü, Artvin

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): kaydin61@hotmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 29.08.2019, **Accepted** (Kabul tarihi): 18.01.2023



Citation (Atf): Kahrıman, A., Çakır, C.Y., Şahin, A., 2023. Artvin Ardanuç yöresi Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini karışık meşcereleri için hacim denklemleri. Turkish Journal of Forestry, 24(1): 1-10. DOI: [10.18182/tjf.612822](https://doi.org/10.18182/tjf.612822)

aldığı planlama birimleri için düzenlenecek orman amenajman planlarının daha etkin ve tutarlı olmasına önemli katkılar sağlanacaktır (Sakıcı ve Yavuz, 2003; Özçelik, 2010; Kahriman vd., 2017; Sakıcı vd., 2018).

Ülkemiz yüzölçününün yaklaşık %29.4'ünü kaplayan ormanlık alanlardaki meşcere hacminin ortaya konulması büyük bir önem taşımaktadır. Daha pratik ve daha kolay olması sebebiyle, meşcere hacminin belirlenmesinde genellikle ağaç hacim denklemleri veya tabloları yöntemi daha çok tercih edilmektedir. Ağaç Hacim Denklemleri kullanılan bağımsız değişken sayısına bağlı olarak, Tek Girişli (göğüs çapı), Çift Girişli (göğüs çapı ve boy) ve Çok Girişli (göğüs çapı ve boya ek olarak tepe uzunluğu, tepe yüksekliği, şekil katsayısı, tepe uzunluğunun ağaç boyuna oranı veya gövdenin belirli bir yükseklikteki çap) olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Loetsch vd., 1973; Kalıpsız, 1984). Ağaç hacim tabloları ayrıca, geçerli oldukları alanın meşcerenin büyüklüğüne göre de Genel Ağaç Hacim Tabloları, Bölgesel Ağaç Hacim Tabloları ve Yöresel (Lokal) Ağaç Hacim Tabloları olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Yöresel hacim tabloları için 50-100, bölgesel hacim tabloları için 100-500 ve genel hacim tabloları için 1000-5000 adet örnek ağacın seçilmesi yeterli görülmektedir (Fırat, 1973; Loetsch vd., 1973; Kalıpsız, 1984; Çakır ve Kahriman, 2018).

Ülkemizde bu iki türün saf ve karışık olduğu meşcereler için genel, bölgesel ve yöresel ağaç hacim tabloları düzenlenmiştir. Ülkemizde bu iki tür için genel ağaç hacim tabloları, Sun vd. (1978) tarafından Gökmar için, Akalp (1978) ve Sun vd. (1978) tarafından Doğu ladini için düzenlenmiştir. Bölgesel hacim tabloları Miraboğlu (1955) tarafından Doğu Karadeniz göknarı için Kuzey Anadolu Bölgesi'nde, Saraçoğlu (1986) tarafından Uludağ ve Doğu Karadeniz göknarı için Karadeniz Bölgesi'nde (ince çaplı ağaçlar için, $d_{1.30} < 16$ cm), Bozkuş ve Carus (1997) tarafından Toros Gökmar için Akdeniz Bölgesinde düzenlenmiştir. Yöresel ağaç hacim tabloları ise, Asan (1984) tarafından Kazdağı Gökmar için Çanakkale-Balıkesir yöresinde, Ercanlı (2003) tarafından Doğu ladini için Artvin Orman İşletme Şefliğinde, Sakıcı ve Yavuz (2003) tarafından Uludağ Gökmar için Ilgaz Dağında, Durkaya ve Durkaya (2006) tarafından Uludağ Gökmar için Zonguldak yöresinde ve Giresun Orman Bölge Müdürlüklerinde ve Özçelik (2010) tarafından Toros Gökmar için Bucak yöresinde düzenlenmiştir. Ayrıca Sakıcı (2002) tarafından Kastamonu yöresi Uludağ Gökmar için gövde profili modeli yardımı ile gövde hacimleri hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğünde önemli bir yayılış alanına sahip olan Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini karışık meşcereleri için tüm gövde hacmini veren tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca her iki türün saf meşcerelerinde daha önce üretilen gövde hacim denklemleri ile bu çalışma kapsamında Ardanuç yöresi gibi farklı ekolojik koşullardaki (Yöresel-Lokal) Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini karışık meşcerelerinde elde edilecek gövde hacim denklemleri karşılaştırılacaktır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak "Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini Karışık Meşcereleri için Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi" adlı ve "AÇÜ-BAP:2016.F10.01.02" nolu Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi verileri kullanılmıştır (Çakır, 2018; Kahriman vd., 2018). Bu bağlamda, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğü'ndeki Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini karışık meşcerelerinde 107 adedi Gökmar ve 106 adedi ise ladin olmak üzere toplamda kesilen 213 adet örnek ağaçta ölçülen gövde çapı verileri kullanılmıştır.

Artvin ilinde 40.378 ha'lık Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini karışık meşcereleri mevcutken, bu alanın 6536 ha'lık kısmı çalışma alanı olan Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğü'nde yer almaktadır (OGM 2015). Doğu Karadeniz göknarı-Doğu ladini karışık meşcerelerinin çalışma alanındaki yayılışı Şekil 1'de verilmiştir.

Çalışmaya konu olan Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini karışık meşcerelerin yer aldığı Artvin-Ardanuç yöresinde (40°54'54" - 41°15'31" N, 41°53'47" - 42°22'52" E) hava sıcaklığı aylık ortalama 2.8-21.0°C (yıllık ortalama 12.3°C) arasında değişmekte, en düşük sıcaklık ise +9.5°C ile -16.1°C arasında seyretmekte, en yüksek sıcaklık ise 43°C'ye ulaşmaktadır. Ortalama yıllık toplam yağış 700 mm iken, yıllık ortalama bağıl nem % 60-70 arasında değişmektedir (OGM 2016). Ardanuç'ta yazları sıcak ve kurak, kışları ise normal karasal iklime nazaran kısmen ılık ve daha az yağışlı bir iklim mevcuttur. Akdeniz iklimi ile karasal iklimin bir karışımının burada hakim olması, bu yörenin önemli bir özelliğidir.

Bu çalışma kapsamında araştırma verileri, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğünün sınırları içerisinde yer alan farklı sıklık, yaş ve verim gücündeki doğal Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini karışık meşcerelerinden toplam 213 örnek ağaç üzerinde yapılan ölçümler ile elde edilmiştir. Bu örnek ağaçlar her iki ağaç türü için gövde çapı, boyu ve hacim değişkenliğini temsil edebilecek şekilde belirlenmiştir. Ayrıca, örnek ağaçların farklı çap ve boy basamaklarında, düzgün ve tek gövdeli, tepesi sağlam ve sağlıklı olmasına özen gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanındaki Doğu Karadeniz göknarı-Doğu ladini karışık meşcerelerinin yayılışı

Çalışma kapsamındaki örnek ağaçlar dip kütük yüksekliğinden (0.3 m) kesilerek, ilk olarak dip kütük çapları (0.30) ölçülmüş, sonra göğüs yüksekliği çağı (1.30) ölçülmüş ve daha sonrada sırasıyla 1.3, 2.3, 3.3, ... metrelerde 1'er m ara ile mümkün olduğunca düzenli bir şekilde çap ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ağaçların toplam boy değerleri de çelik şerit metre ile ölçülmüştür. Bu çalışma kapsamında kesilen 213 adet örnek ağaç gövdesi üzerinde 2281 adedi Doğu Karadeniz göknarı ve 2169 adedi Doğu ladini olmak üzere toplamda 4450 adet çap ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümler yapılırken, eğer ağaç gövdesi daire biçimli olmayıp bozuk şekilli ise; gövde kesitine dik iki yönde çap ölçümü alınıp, iki ölçümün ortalaması alınmıştır. 213 örnek ağaca ilişkin bazı özelliklerinin minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma gibi çeşitli istatistiksel bilgileri Çizelge 1'de verilmiştir.

Her iki ağaç türü için de ağaç gövdeleri üzerinde her 1 m'de ölçülen çaplar kullanılarak toplam gövde hacimleri,

Smalian formülü aşağıdaki eşitlik (Eşitlik 1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$V_{smalian} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_0^2 + d_n^2}{2} \right) l \quad (1)$$

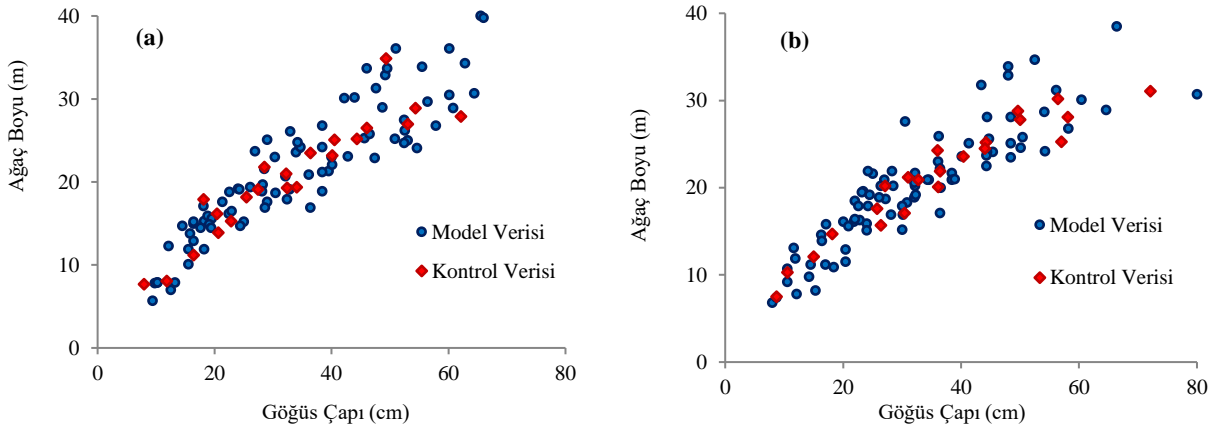
Bu denklemde d_0 seksiyonun kalın uc çapını, d_n seksiyonun ince uç çapını, l seksiyon uzunluğunu ifade etmektedir.

Çalışmada kullanılan veriler ikiye ayrılmıştır: (i) gövde hacim modellerinin parametrelerinin tahmininde kullanılan veriler (I. grup verileri: toplam verinin yaklaşık % 80'i: göknar için 85 ve ladin için 84 ağaç) ve (ii) bu modellerin uygulanışının denetiminde kullanılan veriler (II. grup verileri: Toplam verinin yaklaşık % 20'si: göknar ve ladin için 22'şer ağaç) (Şekil 2).

Çizelge 1. Gövde hacim modellerinin geliştirilmesi ve test edilmesi için kullanılan verilere ilişkin istatistiksel değerler

Ağaç türü	Veri tipi	Özellik	Veri sayısı	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart sapma
Doğu Karadeniz göknarı	Model veri	D (cm)	85	9.4	33.6	66.0	15.5
		H (m)	85	5.7	21.2	39.8	7.5
		t (yıl)	85	36.0	100.5	219.0	35.8
		V (m ³)	85	0.026	1.358	5.861	1.360
	Kontrol veri	D (cm)	22	7.9	35.1	65.5	15.8
		H (m)	22	7.7	21.5	40.0	8.0
		t (yıl)	22	51.0	107.8	201.0	45.0
		V (m ³)	22	0.025	1.478	6.661	1.583
Doğu ladini	Model veri	D (cm)	84	8.0	32.6	80.0	14.9
		H (m)	84	6.8	20.2	38.5	6.7
		t (yıl)	84	22.0	106.9	244.0	44.1
		V (m ³)	84	0.022	1.140	6.212	1.242
	Kontrol veri	D (cm)	22	8.7	36.6	72.1	16.4
		H (m)	22	7.5	21.3	31.1	6.5
		t (yıl)	22	38.0	110.2	213.0	47.0
		V (m ³)	22	0.024	1.418	4.125	1.219

Burada D: göğüs çapını, H: ağaç boyunu, t: ağaç yaşlarını, V: ağaç hacmini göstermektedir.



Şekil 2. Doğu Karadeniz göknarı (a) ve Doğu ladini (b) için modellerin oluşturulmasında ve denetiminde kullanılan verilerin çap-boy ilişkisi

2.2. Yöntem

Bu çalışmada her iki ağaç türü için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Literatürde çok sayıda ağaç hacim denklemleri olmakla birlikte benzer çalışmalarda en çok kullanılan ve genel itibarıyla başarılı olan ağaç hacim denklemleri (Yavuz, 1999; Ercanlı, 2003; Durkaya ve Durkaya, 2006; Özçelik, 2010; Sakıcı ve Yavuz, 2003; Kahriman vd., 2017 ve 2018) tercih edilmiştir. Bu doğrusal olan ve doğrusal olmayan regresyon analizleri SPSS (SPSS Institute Inc., 2010) adlı istatistik yazılım programı yardımıyla yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında tercih edilen tek girişli ağaç hacim denklemleri Çizelge 2’de ve çift girişli ağaç hacim denklemleri ise Çizelge 3’de verilmiştir.

Bu çalışmada; her iki tür için geliştirilen gövde çapı ve gövde hacmi modellerinin tahmin başarılarını değerlendirmek amacıyla, Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı ($R_{düz.}^2$), Tahminin Standart Hatası ($S_{y.x}$), Ortalama Hata (\bar{D}),

Ortalama Mutlak Hata ($|\bar{D}|$), Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (%OMH) ve Toplam Hata Yüzdesi (%TH) ölçütleri kullanılmıştır. Bu ölçüt değerlerinden Tahminin Standart Hatası, Ortalama Hata, Ortalama Mutlak Hata, Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi ve Toplam Hata Yüzdesi değerlerinin küçük, belirtme katsayısı değerlerinin ise olabildiğince büyük ve 1’e yakın olması istenilmektedir (Kalıpsız, 1984; Castedo-Dorado vd., 2006).

Çizelge 2. Çalışma kapsamında kullanılan tek girişli ağaç hacim denklemleri

Model adı	Model	Eşitlik no.
Hohenadl-Krenn	$V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2$	(2)
Kopezky-Gehrhardt	$V = \beta_0 + \beta_1 D^2$	(3)
Dissescu-Meyer	$V = \beta_1 D + \beta_2 D^2$	(4)
Berkhout(üssel)	$V = \beta_0 D^{\beta_1}$	(5)

Çizelge 3. Çalışma kapsamında kullanılan çift girişli ağaç hacim denklemleri

Model adı	Model	Eşitlik no.
Schumacher-Hall	$V = \beta_0 D^{\beta_1} H^{\beta_2}$	(6)
Schumacher-Hall	$V = \beta_0 + \beta_1 D^{\beta_2} H^{\beta_3}$	(7)
Naslund	$V = \beta_0 + \beta_1 D^2 + (\beta_2 H + \beta_3 DH + \beta_4 D^2 H)H$	(8)
Spurr	$V = \beta_0 D^2 H$	(9)
Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 D^2 H$	(10)
Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + (\beta_3 + \beta_4 D + \beta_5 D^2)H$	(11)
Takata	$V = d^2 H / (\beta_0 + \beta_1 D)$	(12)
Prodan	$\log V = \beta_0 + \beta_1 \log D + \beta_2 (\log D)^2 + \beta_3 \log H + \beta_4 (\log H)^2$	(13)
Ogaya	$V = D^2 (\beta_0 + \beta_1 H)$	(14)

İstatistiki değerlere ilişkin formüller aşağıda verilmiştir;

Belirtme katsayısı

$$R_d^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \hat{V}_i)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V}_i)^2 (n-p)} \quad (15)$$

Tahminin standart hatası

$$S_{y.x} = \sqrt{\frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)^2}{n-p}} \quad (16)$$

Ortalama hata

$$\bar{D} = \frac{\sum D}{n} = \frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)}{n} \quad (17)$$

Ortalama mutlak hata

$$|\bar{D}| = \frac{\sum |D|}{n} = \frac{\sum |V_i - \hat{V}_i|}{n} \quad (18)$$

Ortalama mutlak hata yüzdesi

$$\%OMH = \left(\frac{\sum |V_i - \hat{V}_i|}{\sum V_i} \right) \times 100 \quad (19)$$

Toplam hata yüzdesi

$$\%TH = \frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)}{\sum V_i} \times 100 \quad (20)$$

Burada, n: veri sayısını, p: parametre sayısını, y_i : ölçülen değeri, \hat{y}_i : model ile tahmin edilen değeri, V_i : ölçülen hacim değerini, \hat{V}_i : model ile tahmin edilen hacim değerini göstermektedir.

Yukarıda verilen ölçüt değerlerinden $S_{y.x}$, \bar{D} , $|\bar{D}|$, %OMH ve %TH’nın küçük, $R_{düz.}^2$ değerinin ise büyük olması istenilmektedir (Kalıpsız, 1984; Castedo-Dorado vd., 2006).

Bununla birlikte, kullanılan ölçütler birden fazla olduğundan, başarı sıralamasının tüm başarı ölçütlerini kapsayacak şekilde yapılmasına olanak sağlayan ve Poudel ve Cao (2013) tarafından önerilen rölatif sıralama yönteminden yararlanılmıştır. Bunun için aşağıda verilen eşitlik kullanılarak tüm ölçütler için denklemlerin rölatif sıralamaları ayrı ayrı hesaplanmış ve hesaplanan rölatif sıralamalar toplanarak denklemlere ilişkin toplam rölatif sıralama değerleri belirlenmiştir. Eşitliklere ilişkin genel sıralama ise toplam rölatif sıralama değerleri dikkate alınarak yapılan rölatif sıralama ile hesaplanmıştır (Sakıcı vd., 2018).

Rölatif Sıralama

$$R_i = 1 + \frac{(m-1) \cdot (S_i - S_{min})}{(S_{max} - S_{min})} \quad (21)$$

Burada; R_i : i . denklemin rölatif sıralamasını ($i= 1, 2, \dots, m$), S_i : i . denklemin ilgilenilen uygunluk ölçütüne ilişkin değerini, S_{min} : İlgilenilen uygunluk ölçütü için en küçük S_i değerini ve S_{max} : İlgilenilen uygunluk ölçütü için en büyük S_i değerini göstermektedir.

Ağaç hacim denklemlerinin örneklerin alındığı meşcereye uygunluğu, denklemlerin oluşturulmasında kullanılanmayan bağımsız bir veri grubu ile yapılmaktadır (Loetsch vd., 1973; Kalıpsız, 1984; Laar ve Akça, 2007). Bu çalışmada toplam örnek ağaç sayısının %20’sini (her iki ağaç türü için de kontrol ağaç sayısı 22 adet) oluşturan örnek ağaç bu amaçla seçilmiştir. Bu çalışmada, kontrol grupların örnek sayıları 30 adetten düşük olduğu (her iki ağaç türü için de 22 adet) için “Wilcoxon Testi” ile karşılaştırma yapılmıştır (Kalıpsız, 1988; Batu, 1995). İlgili test “SPSS” adlı paket bir program yardımıyla uygulanmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Bu çalışmada her iki ağaç türü için denenen tek girişli (Gökmar için Çizelge 4, Ladin için Çizelge 5) ve çift girişli (Gökmar için Çizelge 6, Ladin için Çizelge 7) ağaç hacim denklemlerinin çeşitli başarı istatistikleri aşağıda verilmiştir.

Geliştirilen ağaç hacim denklemlerine ilişkin uygunluk ölçütleri ve denklemlerin rölatif sıraları bakımından karşılaştırıldığında, her iki ağaç türü için de en iyi tek girişli ağaç hacim denkleminin Berkhout tarafından geliştirilen (Eşitlik 5) üssel modeli olmuştur (Çizelge 4 ve 5). En iyi seçilen denklemlerin belirtme katsayıları incelendiğinde diğerlerine göre daha yüksek oldukları açıkça görülecektir. Ladin için rölatif sıralamaya göre ilk sırayı 2 nolu eşitlik almasına rağmen bu denklemdeki parametrelerden birisinin (b_2) istatistiksel olarak anlamsız olmasından dolayı ikinci sırada olan 5 nolu eşitlik seçilmiştir (Çizelge 4).

Bu çalışmada her iki ağaç türü için en başarılı tek girişli ağaç hacim denklemleri aşağıda verilmiştir:

$$\text{Doğu Karadeniz göknarı} \\ V = 0,000116 D^{2,565811} \quad (22)$$

$$\text{Doğu ladini} \\ V = 0,000143 D^{2,482109} \quad (23)$$

Çizelge 6 ve 7 verilen ağaç hacim denklemlerinin uygunluk ölçütleri ve denklemlerin rölatif sıralaması değerleri dikkate alındığında, her iki ağaç türü için de en başarılı çift girişli ağaç hacim denkleminin Schumacher-Hall tarafından geliştirilen (Eşitlik 6) eşitliktir (Çizelge 6 ve 7). Gökmar için rölatif sıralamaya göre ilk sırayı 13 nolu eşitlik almasına rağmen bu denklemdeki parametrelerden bazılarının (b_2 , b_3 ve b_4) istatistiksel olarak anlamsız olmasından dolayı ikinci sırada olan 6 nolu eşitlik seçilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 4. Doğu Karadeniz göknarı tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin başarı ölçütleri ve parametre tahminleri

No	$R^2_{\text{düz}}$	$S_{v,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	%OMH	%TH	Sıra	b_0	b_1	b_2	F
2	0.940	0.360	-0.000	0.219	15.26	-0.02	1.97	0.369 ^{ns}	-0.042	0.002	661.9
3	0.933	0.382	0.000	0.252	17.62	0.04	4.00	-0.286	-0.0012		1163.2
4	0.939	0.356	0.141	0.234	16.33	0.98	3.56	-0.021	0.0015		1288.1
5	0.982	0.178	0.003	0.211	14.74	0.20	1.00	0.00012	2.566		4661.8

ns: 0.05 önem düzeyinde anlamsız

Çizelge 5. Doğu ladini tek girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin başarı ölçütleri ve parametre tahminleri

No	$R^2_{\text{düz}}$	$S_{v,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	%OMH	%TH	Sıra	b_0	b_1	b_2	F
2	0.951	0.273	0.000	0.156	13.86	0.01	1.00	0.097 ^{ns}	-0.019	0.001	814.4
3	0.949	0.282	-0.001	0.179	15.89	-0.02	3.67	-0.216	0.001		1535.9
4	0.952	0.267	0.004	0.163	14.66	0.38	4.00	0.0012	-0.014		1639.5
5	0.981	0.172	0.005	0.157	13.80	0.37	1.25	0.00014	2.482		4274.8

ns: 0.05 önem düzeyinde anlamsız

Çizelge 6. Doğu Karadeniz göknarı çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin başarı ölçütleri ve parametre tahminleri

No	$R^2_{\text{düz}}$	$S_{v,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	%OMH	%TH	Sıra	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	F
6	0.988	0.164	-0.006	0.101	7.050	-0.424	1.60	7.10⁻⁵	1.687	1.167				4385
7	0.988	0.165	0.006	0.103	7.181	0.418	1.78	-0.033	8.10 ⁻⁵	1.651	1.156			3279
8	0.988	0.165	0.001	0.105	7.335	0.014	1.77	0.007	0.0004	-0.001	6.10 ⁻⁵	-6.10 ⁻⁸		2623
9	0.992	0.186	0.017	0.111	7.764	1.156	3.24	4.10 ⁻⁵						5586
10	0.985	0.179	-0.008	0.110	7.652	-0.537	2.99	0.063	4.10 ⁻⁵					5586
11	0.988	0.166	-0.011	0.101	7.055	-0.749	1.84	0.247	-0.012	-6.10 ⁻⁵	-0.028	0.002	2.10 ⁻⁵	2186
12	0.987	0.168	-0.007	0.100	6.944	-0.469	1.66	21302	107.92					6321
13	0.996	0.170	0.003	0.100	6.684	0.212	1.00	-3.840	1.915	-0.043	0.393	0.264		4699
14	0.985	0.184	0.032	0.110	7.647	2.256	4.00	7.10 ⁻⁵	4.10 ⁻⁸					5199

*Koyu renkli parametreler: 0.05 önem düzeyinde anlamsız

Çizelge 7. Doğu ladini çift girişli ağaç hacim denklemlerine ilişkin başarı ölçütleri ve parametre tahminleri

No	$R^2_{\text{düz}}$	$S_{v,x}$	\bar{D}	$ \bar{D} $	%OMH	%TH	Sıra	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	F
6	0.992	0.110	-0.002	0.069	6.103	-0.014	1.00	5.10⁻⁵	1.781	1.145				6563
7	0.992	0.110	-0.003	0.070	6.249	-0.301	1.14	0.028	4.10 ⁻⁵	1.807	1.168			4922
8	0.992	0.110	-0.002	0.070	6.176	-0.169	1.09	-0.004	0.0004	-0.0002	2.10 ⁻⁵	4.10 ⁻⁷		3938
9	0.990	0.126	0.046	0.090	8.029	4.101	4.00	3.6.10 ⁻⁵						8408
10	0.990	0.123	0.013	0.085	7.505	1.116	2.80	0.066	3.10 ⁻⁵					8408
11	0.993	0.110	0.006	0.072	6.372	0.500	1.16	-0.060	0.019	-0.001	-0.012	0.0003	4.10 ⁻⁵	3282
12	0.992	0.114	0.004	0.072	6.347	0.331	1.36	24341	83.02					9084
13	0.992	0.113	0.006	0.070	6.248	0.522	1.30	-3.839	2.047	-0.076	0.256	0.284		2867
14	0.989	0.131	0.019	0.081	7.207	1.645	3.11	7.10 ⁻⁵	3.10 ⁻⁸					6937

*Koyu renkli parametreler: 0.05 önem düzeyinde anlamsız

Doğu Karadeniz göknarı ve Doğu ladini çift girişli ağaç hacim denklemlerinin belirtme katsayısı 0.988 ve 0.992 olup standart hataları 0.164 ve 0.110 m³, ortalama hataları -0.0077 ve 0.0002 m³ ve ortalama mutlak hataları ise 0.101 ve 0.069 m³'dür. Doğu Karadeniz göknarı ve Doğu ladini için en başarılı çift girişli ağaç hacim denklemlerinin sırasıyla ortalama mutlak hata yüzdeleri sırasıyla, % 7.040 ve % 6.103 olarak elde edilirken, toplam hata yüzdeleri ise % -0.536 ve % -0.014 olarak elde edilmiştir. Elde edilen toplam hata yüzdelerinin % 1'den ve ortalama mutlak hata yüzdelerinin ise %10'dan daha düşük olması önerilmektedir (Chapman ve Meyer, 1949; Loetsch vd., 1973). Bu çalışmada her iki ağaç türü için en başarılı çift girişli ağaç denklemleri aşağıda verilmiştir.

$$\text{Doğu Karadeniz göknarı} \\ V = 0,000072 D^{1,687455} H^{1,167349} \quad (24)$$

$$\text{Doğu ladini} \\ V = 0,000051 D^{1,781451} H^{1,144889} \quad (25)$$

Bu çalışma kapsamında üretilen çift girişli ağaç hacim denklemlerinin toplam hata ve ortalama mutlak hata yüzdelerinin, kabul edilen hata sınırlarını aşmadığı görülmüştür. Bu da bu modellerin kabul edilebilir olduklarını ve çalışma alanlarındaki meşcerelerdeki ağaçların hacimlerinin doğruya yakın tahmin edilebileceklerini göstermektedir. Diğer taraftan Çizelge 4-7'deki başarı ölçütleri irdelendiğinde ($R^2_{düz}$, $S_{y,x}$, \bar{D} , $|\bar{D}|$, %OMH ve %TH) önerilen çift girişli ağaç hacim denklemlerinin tek girişli ağaç hacim denklemlerine göre daha başarılı oldukları tespit edilmiştir.

Hacim denklemlerinin Ardanuç yöresindeki meşcerelere uygunluğu için yapılan Wilcoxon Testi sonuçlarına göre her iki ağaç türü için hem tek girişli ağaç hacim denklemleri (Göknar için $Z=-1.153$, $p>0.05$ ($p=0.249$) ve Ladin için $Z=-0.122$, $p>0.05$ ($p=0.903$)) hem de çift girişli ağaç hacim denklemleri (Göknar için $Z=-0.601$, $p>0.05$ ($p=0.548$) ve Ladin için $Z=-1.102$, $p>0.05$ ($p=0.271$)) ile tahmin edilen hacim değerleri ve arazide ölçülen hacim değerleri arasında $\alpha=0.05$ önem düzeyi ile istatistiksel olarak bir fark olmadığı sonucuna varılmıştır. Her iki ağaç türü için de geliştirilen hem tek girişli hem de çift girişli ağaç hacim denklemlerinin, bu denklemlerin geliştirilmesinde kullanılan verilerin alındığı meşcerelere uygun olduğu söylenebilir.

Ayrıca, bu çalışmada hem Doğu ladini ve hem de Doğu Karadeniz göknarı için daha önce bazı araştırmacılar tarafından geliştirilen denklemlerin (Göknar için Miraboğlu (1955), Sun vd. (1978), Saraçoğlu (1986), Bozkuş ve Carus (1997), Durkaya ve Durkaya (2006), Özçelik (2010) ve Doğu ladini için ise Akalp (1978), Sun vd., (1978), Ercanlı (2003))

hata değerleri hesaplanmış ve Ardanuç yöresi için uygunluğu veya geçerliliği Wilcoxon Testi (kontrol veri sayısı 30'dan az olduğu için; $n=22$) ile test edilmiştir (Çizelge 8). Ağaç hacim denklemlerinin istatistiksel değerleri her iki tür için Çizelge 8'de verilmiştir. Diğer taraftan her iki tür için geliştirilen denklemlerim hacim eğrileri de Şekil 3'de verilmiştir.

Çizelge 8'de da görüleceği üzere hata değerleri dikkate alındığında bu çalışma kapsamında geliştirilen Schumacher-Hall çift girişli ağaç hacim denkleminin hata değerleri en düşük olduğundan hem Doğu Karadeniz göknarı ve hem de Doğu ladini için en başarılı denklem olduğu söylenebilir (Çizelge 8). Bu çalışma kapsamında hem Doğu ladini ve hem de Doğu Karadeniz göknarı için geliştirilen tek ve çift girişli denklemler Ardanuç yöresi için uygun olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan Miraboğlu (1955), Asan (1984), Bozkuş ve Carus (2007) ve Durkaya ve Durkaya (2006) (tek girişli) tarafından Doğu Karadeniz göknarı için ve Akalp (1978) ve Ercanlı (2003) tarafından Doğu ladini için geliştirilen denklemlerin denkleme ilişkin tahminleri ölçülen değerler ile istatistik olarak ($p>0.05$) benzer bulunmuştur (Çizelge 8).

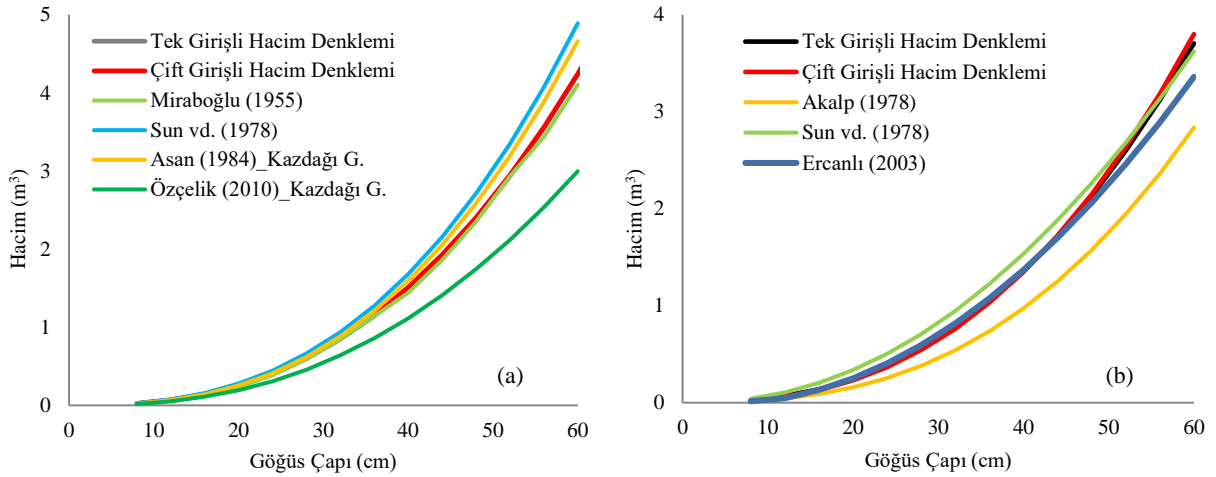
Şekil 3a'da da görüleceği üzere Doğu Karadeniz göknarı için, bu çalışma kapsamında hesaplanan tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri genel itibariyle birbirine benzemektedir. Sun vd., (1978) tarafından geliştirilen denklemin değerleri genel itibariyle diğerlerine göre daha yüksek hacimler vermektedir. Özçelik (2010), tek girişli, çift girişli, Miraboğlu (1955), Asan (1984) ve Sun vd., (1978) denklemlerinin 60 cm göğüs çapı ve 33 m boyundaki bir ağaç için hacim değerleri sırasıyla 3.012, 4.235, 4.243, 4.206, 4.662 ve 4.852 m³ olarak elde edilmiştir. Doğu ladini için, bu çalışma kapsamında hesaplanan çift girişli ağaç hacim denklemleri değerleri tek girişliye göre daha yüksek değerlere sahiptir. Doğu ladini için, 50 cm çapına kadar Sun vd. (1978) ve 50 cm'den sonra ise bu çalışma kapsamında geliştirilen çift girişli denklemi ile elde edilen hacim değerleri genel itibariyle en yüksek, Akalp (1978) denklemi ile elde edilen hacim değerleri ise en düşük hacim değerlerine sahiptir. Tek girişli, çift girişli, Akalp (1978), Sun vd. (1978) ve Ercanlı (2003) denklemlerinin 60 cm göğüs çapı ve 31 m boyundaki bir ağaç için hacim değerleri sırasıyla 3.706, 3.801, 2.839, 3.622 ve 3.361 m³ olarak elde edilmiştir (Şekil 3b). Bu çalışma kapsamında elde edilen hacim değerleri ile karşılaştırma yapılan diğer hacim denklemleri arasındaki farklılıklar, bu denklemlerin geçerli oldukları alanın meşcerenin büyüklüğünden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada Ardanuç yöresi gibi ekolojik özellikleri farklı lokal bir yörede çalışılmıştır.

Bu denklemlere göre Ardanuç yöresi Doğu Karadeniz göknarı ve Doğu ladini ağaç türleri için geçerli olacak şekilde tek girişli ve çift girişli ağaç hacim tablosu Çizelge 9-11'de verilmiştir.

Çizelge 8. Doğu Karadeniz göknarı ve Doğu ladini için hacim tablolarının karşılaştırılması

Ağaç türü	Denklemler	$S_{y,x}$	$ D $	\bar{D}	Z	P
Doğu Karadeniz göknarı	Tek girişli_bu çalışma	0.354	0.211	0.003	-1.153	0.249
	Çift girişli_bu çalışma	0.164	0.101	-0.008	-0.601	0.548
	Miraboğlu (1955)	0.169	0.103	0.030	-1.145	0.149
	Sun vd. (1978)	0.450	0.231	-0.218	-3.750	0.000
	Asan (1984)_KazdağıG	0.252	0.131	-0.110	-1.542	0.123
	Özçelik (2010)_TorosG	0.652	0.398	0.397	-3.799	0.000
	Bozkuş ve Carus (2007)_TorosG	0.390	0.177	-0.122	-0.325	0.745
	Durkaya ve Durkaya (2006)_TG	0.430	0.260	-0.118	-0.860	0.390
Doğu Ladini	Durkaya ve Durkaya (2006)_ÇG (2006)_ÇG	0.443	0.291	-0.288	-3.945	0.000
	Tek girişli_bu çalışma	0.290	0.157	0.005	-0.122	0.903
	Çift girişli_bu çalışma	0.110	0.069	-0.002	-1.102	0.271
	Akalp (1978)	0.172	0.112	0.066	-1.867	0.062
	Sun vd. (1978)	0.218	0.156	-0.092	-2.289	0.022
	Ercanlı (2003)	0.300	0.151	0.046	-0.226	0.821

$S_{y,x}$: Tahminin Standart Hatası, \bar{D} : Ortalama Hata Ortalama, $|D|$: Mutlak Hata



Şekil 3. Doğu Karadeniz göknarı (a) ve Doğu ladini (b) için hacim eğrileri

Çizelge 9. Doğu Karadeniz göknarı ve Doğu ladini türleri içintek girişli kabuklu gövde hacmi tablosu

Doğu Karadeniz göknarı						Doğu ladini					
D (cm)	v (m³)	D (cm)	v (m³)	D (cm)	v (m³)	D (cm)	v (m³)	D (cm)	v (m³)	D (cm)	v (m³)
8	0.024	29	0.656	50	2.653	8	0.025	32	0.779	56	3.123
9	0.033	30	0.715	51	2.791	9	0.033	33	0.840	57	3.263
10	0.043	31	0.778	52	2.934	10	0.043	34	0.905	58	3.407
11	0.055	32	0.844	53	3.081	11	0.055	35	0.972	59	3.555
12	0.068	33	0.913	54	3.232	12	0.068	36	1.043	60	3.706
13	0.084	34	0.986	55	3.388	13	0.083	37	1.116	61	3.861
14	0.101	35	1.062	56	3.548	14	0.100	38	1.193	62	4.020
15	0.121	36	1.142	57	3.713	15	0.119	39	1.272	63	4.183
16	0.143	37	1.225	58	3.882	16	0.139	40	1.355	64	4.350
17	0.167	38	1.312	59	4.056	17	0.162	41	1.440	65	4.520
18	0.193	39	1.402	60	4.235	18	0.187	42	1.529	66	4.695
19	0.222	40	1.496	61	4.419	19	0.213	43	1.621	67	4.874
20	0.253	41	1.594	62	4.607	20	0.242	44	1.716	68	5.056
21	0.286	42	1.696	63	4.800	21	0.274	45	1.815	69	5.243
22	0.323	43	1.801	64	4.998	22	0.307	46	1.916	70	5.433
23	0.362	44	1.911	65	5.201	23	0.343	47	2.021	71	5.628
24	0.403	45	2.024	66	5.408	24	0.381	48	2.130	72	5.827
25	0.448	46	2.142	67	5.621	25	0.422	49	2.242	73	6.030
26	0.495	47	2.263	68	5.839	26	0.465	50	2.357	74	6.237
27	0.546	48	2.389	69	6.062	27	0.511	51	2.476	75	6.448
28	0.599	49	2.519	70	6.290	28	0.559	52	2.598	76	6.664
						29	0.610	53	2.724	77	6.884
						30	0.663	54	2.853	78	7.108
						31	0.720	55	2.986	79	7.336

Çizelge 10. Doğu Karadeniz göknarı için çift girişli kabuklu gövde hacmi tablosu

Göğüs çapları (cm)	Boy (m)																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
	Kabuklu gövde hacmi (m ³)																	
8	0.019	0.027	0.035	0.044	0.052	0.061	0.070											
10	0.028	0.040	0.052	0.064	0.076	0.089	0.102											
12	0.039	0.054	0.070	0.087	0.104	0.121	0.139											
14	0.050	0.070	0.091	0.113	0.135	0.157	0.181	0.204										
16		0.088	0.114	0.141	0.169	0.197	0.226	0.256										
18		0.107	0.139	0.172	0.206	0.241	0.276	0.312	0.349									
20		0.128	0.166	0.205	0.246	0.287	0.330	0.373	0.417	0.461								
22		0.150	0.195	0.241	0.289	0.337	0.387	0.438	0.489	0.542	0.595							
24		0.174	0.226	0.279	0.334	0.391	0.448	0.507	0.567	0.627	0.689							
26			0.258	0.320	0.383	0.447	0.513	0.580	0.649	0.718	0.789	0.860						
28			0.293	0.362	0.434	0.507	0.582	0.658	0.735	0.814	0.894	0.974						
30			0.329	0.407	0.487	0.570	0.654	0.739	0.826	0.914	1.004	1.095	1.186					
32				0.454	0.543	0.635	0.729	0.824	0.921	1.020	1.119	1.221	1.323					
34				0.503	0.602	0.703	0.807	0.913	1.020	1.129	1.240	1.352	1.465	1.580				
36				0.554	0.663	0.775	0.889	1.005	1.124	1.244	1.365	1.489	1.614	1.740				
38					0.726	0.849	0.974	1.101	1.231	1.362	1.496	1.631	1.768	1.906	2.046			
40					0.792	0.925	1.062	1.201	1.342	1.486	1.631	1.779	1.928	2.079	2.231	2.385		
42						1.005	1.153	1.304	1.457	1.613	1.771	1.931	2.093	2.257	2.422	2.590	2.758	
44						1.087	1.247	1.410	1.576	1.745	1.916	2.089	2.264	2.441	2.620	2.801	2.984	3.168
46							1.344	1.520	1.699	1.881	2.065	2.252	2.440	2.631	2.824	3.019	3.216	3.414
48							1.444	1.633	1.826	2.021	2.219	2.419	2.622	2.827	3.035	3.244	3.455	3.669
50							1.547	1.750	1.956	2.165	2.377	2.592	2.809	3.029	3.251	3.475	3.702	3.930
52								1.870	2.090	2.313	2.540	2.769	3.001	3.236	3.474	3.713	3.955	4.199
54								1.993	2.227	2.465	2.707	2.951	3.199	3.449	3.702	3.957	4.215	4.475
56								2.119	2.368	2.621	2.878	3.138	3.401	3.667	3.936	4.208	4.482	4.759
58								2.248	2.513	2.781	3.054	3.329	3.609	3.891	4.176	4.465	4.756	5.049
60								2.380	2.660	2.945	3.233	3.526	3.821	4.120	4.422	4.727	5.035	5.346
62									2.812	3.112	3.417	3.726	4.039	4.355	4.674	4.996	5.322	5.650
64									2.967	3.284	3.605	3.931	4.261	4.594	4.931	5.271	5.615	5.961
66									3.125	3.459	3.798	4.141	4.488	4.839	5.194	5.552	5.914	6.279
68									3.637	3.994	4.355	4.720	5.089	5.462	5.839	6.220	6.603	
70									3.820	4.194	4.573	4.956	5.344	5.736	6.132	6.531	6.935	

Çizelge 11. Doğu ladini için çift girişli kabuklu gövde hacmi tablosu

Göğüs çapları (cm)	Boy (m)																	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
	Kabuklu gövde hacmi (m ³)																	
8	0.016	0.022	0.029	0.036	0.043	0.050	0.057											
10	0.024	0.033	0.043	0.053	0.063	0.074	0.084											
12	0.033	0.046	0.060	0.073	0.088	0.102	0.117	0.132										
14	0.044	0.061	0.078	0.097	0.115	0.134	0.154	0.173										
16		0.077	0.099	0.123	0.146	0.170	0.195	0.220	0.245									
18		0.095	0.123	0.151	0.180	0.210	0.240	0.271	0.302	0.334								
20		0.115	0.148	0.182	0.218	0.253	0.290	0.327	0.365	0.403	0.442							
22		0.136	0.175	0.216	0.258	0.300	0.344	0.388	0.432	0.478	0.524	0.570						
24		0.159	0.205	0.252	0.301	0.351	0.401	0.453	0.505	0.558	0.611	0.666						
26			0.236	0.291	0.347	0.404	0.463	0.522	0.582	0.643	0.705	0.768						
28			0.269	0.332	0.396	0.462	0.528	0.596	0.665	0.734	0.805	0.876	0.948					
30			0.305	0.375	0.448	0.522	0.597	0.674	0.751	0.830	0.910	0.990	1.072					
32				0.421	0.502	0.585	0.670	0.756	0.843	0.931	1.021	1.111	1.202	1.295				
34				0.469	0.560	0.652	0.746	0.842	0.939	1.038	1.137	1.238	1.340	1.442	1.546			
36				0.520	0.620	0.722	0.826	0.932	1.040	1.149	1.259	1.371	1.483	1.597	1.712	1.827		
38					0.682	0.795	0.910	1.027	1.145	1.265	1.386	1.509	1.633	1.758	1.885	2.012		
40					0.748	0.871	0.997	1.125	1.255	1.386	1.519	1.653	1.789	1.927	2.065	2.205		
42						0.950	1.088	1.227	1.368	1.512	1.657	1.804	1.952	2.102	2.253	2.405	2.559	
44						1.032	1.182	1.333	1.487	1.642	1.800	1.959	2.121	2.283	2.447	2.613	2.780	
46							1.279	1.443	1.609	1.778	1.948	2.121	2.295	2.471	2.649	2.828	3.009	
48							1.380	1.557	1.736	1.918	2.102	2.288	2.476	2.666	2.858	3.051	3.246	
50							1.484	1.674	1.867	2.062	2.260	2.461	2.663	2.867	3.073	3.281	3.490	
52								1.795	2.002	2.212	2.424	2.639	2.856	3.075	3.295	3.518	3.743	3.969
54								1.920	2.141	2.366	2.593	2.822	3.054	3.288	3.525	3.763	4.003	4.245
56								2.048	2.285	2.524	2.766	3.011	3.259	3.508	3.761	4.015	4.271	4.530
58								2.181	2.432	2.687	2.945	3.205	3.469	3.735	4.003	4.274	4.547	4.822
60								2.316	2.583	2.854	3.128	3.405	3.685	3.967	4.252	4.540	4.830	5.122
62								2.456	2.739	3.026	3.316	3.610	3.906	4.206	4.508	4.813	5.120	5.430
64								2.599	2.898	3.202	3.509	3.820	4.134	4.451	4.771	5.093	5.418	5.746
66								2.745	3.061	3.382	3.707	4.035	4.367	4.701	5.039	5.380	5.724	6.070
68								2.895	3.229	3.567	3.909	4.255	4.605	4.958	5.315	5.674	6.036	6.401
70									3.400	3.756	4.116	4.481	4.849	5.221	5.596	5.975	6.356	6.741
72									3.575	3.949	4.328	4.711	5.099	5.490	5.884	6.282	6.683	7.088
74									3.754	4.147	4.545	4.947	5.354	5.764	6.179	6.596	7.018	7.442
76									3.936	4.348	4.766	5.188	5.614	6.045	6.479	6.917	7.359	7.804
78									4.123	4.554	4.992	5.433	5.880	6.331	6.786	7.245	7.708	8.174
80									4.313	4.765	5.222	5.684	6.151	6.623	7.099	7.579	8.063	8.551

4. Sonuçlar ve öneriler

Meşcere hacminin tahmin edilmesinde genellikle ağaç hacim denklemleri ve tabloları yöntemi daha çok tercih edilmektedir. Bu çalışma kapsamında hem tek girişli hem de çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda her iki ağaç türü için de en iyi tek girişli ağaç hacim denklemleri üssel (Power) modeli olmuştur (Çizelge 4 ve 5). Doğu Karadeniz göknarı ve Doğu ladini tek girişli ağaç hacim denklemlerinin belirtme katsayıları sırasıyla 0.982 ve 0.981 olarak elde edilmiştir. Her iki ağaç türü için de en başarılı çift girişli ağaç hacim denklemleri Schumacher-Hall denklemleri ile elde edilmiş olup (Çizelge 6 ve 7), Doğu Karadeniz göknarı ve Doğu ladini için belirtme katsayıları sırasıyla 0.988 ve 0.992 olarak elde edilmiştir.

Çalışma sonucunda üretilen çift girişli ağaç hacim denklemlerinin tek girişli ağaç hacim denklemlerine göre daha başarılı oldukları tespit edilmiştir. Her iki ağaç türü için en başarılı çift girişli ağaç hacim denklemlerinin toplam hata yüzdeleri % 1'den (Göknar için % -0.536 ve Ladin için % -0.014) ve ortalama mutlak hata yüzdeleri ise %10'dan daha düşük (Göknar için % 7.040 ve Ladin için % 6.103) olarak elde edilmiştir. Üretilen hacim denklemlerinin toplam hata ve ortalama mutlak hata yüzdelerinin, kabul edilen hata sınırlarını aşmaması, bu modellerin kabul edilebilir olduklarını göstermektedir.

Diğer taraftan çift girişli ağaç hacim denklemlerinin tek girişli ağaç hacim denklemlerine göre daha başarılı oldukları (Hacim değişkenliğini belirlemede Göknar için % 0.6 ve ladin için ise % 1.1'lik bir artış söz konusudur) tespit edilmiştir. Diğer taraftan, her iki ağaç türü için de geliştirilen hem tek girişli hem de çift girişli ağaç hacim denklemlerinin, bu denklemlerin geliştirilmesinde kullanılan verilerin alındığı Ardanuç yöresindeki meşcerelere uygun olduğu söylenebilir.

Ormanlardan ekonomik, ekolojik ve sosyal yönden yararlanma şeklinin değiştiği günümüzde, ormanlarımızın önemli bir kısmını oluşturan karışık meşcerelerin önemi de giderek artmaktadır. Günümüzde karışık meşcerelerin önemindeki artışa paralel olarak bu meşcerelerin planlanmasına olan ihtiyaç da artmaktadır. Karışık meşcerelerde uygulanan silvikültürel müdahalelerin etkilerinin saptanabilmesi ve amenajman planlarının düzenlenmesi için büyüme modellerine olan talep gittikçe önem kazanmaktadır. Bunun içindir ki, Doğu Karadeniz göknarı ve Doğu ladini gibi asli ağaç türlerimizin oluşturduğu karışık meşcerelerdeki ağaçların hacimlerinin pratik ve güvenilir bir biçimde elde edilmesi hem bilimsel açıdan hem de uygulama açısından önemlidir.

Açıklama

Bu çalışma "Artvin BAP - 2016.F10.01.02" nolu proje ile Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünce desteklenmiştir. Bu proje verileri ile ayrıca Doç. Dr. Aydın KAHRİMAN danışmanlığında Orman Yüksek Mühendisi Celal Yavuz ÇAKIR tarafından hazırlanan yüksek lisans tezi yapılmıştır. Ayrıca proje ekibinin tümüne ve Artvin-Ardanuç Orman İşletme Müdürlüğündeki çalışanlara 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.
- Asan, Ü., 1984. Kazdağ göknarı (*Abies equi-trojani* Aschers Et Sinten) ormanlarının hasılat ve amenajman esasları üzerine araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 43(1-2): 31-44.
- Batu, F., 1995. Uygulamalı İstatistiksel Yöntemler. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.
- Bozkuş, H.F., Carus, S., 1997. Toros göknarı (*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.
- Dorado, F.C., Diéguez-Aranda, U., Anta, M.B., Rodríguez, M.S., Von Gadow, K., 2006. A generalized height-diameter model including random components for radiata pine plantations in northwestern Spain. Forest Ecology and Management, 229(1-3): 202-213.
- Chapman, H.H., Meyer, W.H., 1949. Forest Mensuration. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, USA.
- Çakır, C.Y., 2018. Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini karışık meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Çakır, C.Y., Kahrıman, A., 2018. Modeling stem profile of caucasian fir and oriental spruce mixed stands in Turkey using nonlinear mixed-effects models. Applied Ecology and Environmental Research, 16: 6815-6833. DOI: 10.15666/aeer/1605_68156833
- Durkaya, B., Durkaya, A., 2006. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Uludağ göknarı (*Abies Bornmülleriana* Matff.), sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky.) karışık meşcereleri için hacim tabloları. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 8(10): 10-19.
- Ercanlı, İ., 2003. Artvin Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) meşcerelerinde sıklığa bağlı hasılat tablosunun düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Kurtuluş Matbaası, İstanbul.
- 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. Doi: 10.17475/kastorman.295706
- Kahrıman, A., Çakır, C.Y., Şahin, A., 2018. Doğu Karadeniz göknarı - Doğu ladini ve Karışık Meşcereleri İçin Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç Raporu, Proje Numarası: BAP: 2016.F10.01.02, Artvin.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Kurtuluş Matbaası, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1988. Orman Hasılat Bilgisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Kurtuluş Matbaası, İstanbul.
- Kumaş, G., Kahrıman, A., 2016. Development of compatible taper and volume equations for calabrian pine in Antalya Regional Directorate. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(1): 23-31.
- Laar, A.V., Akça, A., 2007. Forest Mensuration. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Loetsch, F., Zöhner, F., Haller, K.E., 1973. Forest Inventory. Volume II. BLV Verlagsgesellschaft München Benn Wien, München.
- Miraboğlu, M., 1955. Göknarda Şekil ve Hacim Araştırmaları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Orman Genel Müdürlüğü Basımevi, İstanbul.

- OGM, 2020. Türkiye Orman Varlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara
- OGM, 2016. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler, Artvin Özçelik, R., 2010. Bucak yöresi kızılçam, sedir ve Toros göknarı türleri için hacim denklemleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A(2): 1-15.
- Poudel, K.P., Cao, Q.V., 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. Forest Science, 59(2): 243-252.
- Sakıcı, O.E., 2002. Kastamonu yöresi Uludağ göknarı meşcerelerinde gövde profili, hacim, hacim oran sistemlerinin geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sakıcı, O.E., 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, Ö., 1986. Karadeniz Yöresi göknar meşcerelerinde artım ve büyüme. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- SPSS Institute Inc., 2010. IBM SPSS Statistics 19 Core System User's Guide. SPSS Programming and Data Management. SPSS Inc., Chicago.
- Sun, O., Eren, M.E., Orpak, M., 1978. Temel Ağaç Türlerimizde Tek Ağaç ve Birim Alandaki Odun Çeşidi Oranlarının Saptanması. TÜBİTAK-TOVAG Ormancılık Araştırma Grubu Yayını, Ankara.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü yöresinde karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23: 1181-118.