

Safranbolu Yöresi Kazdağı Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) meşcereleri için ağaç hacim tabloları

Samet Baytaş^a , Mehmet Seki^{a,*} 

Özet: Bu çalışma kapsamında, Safranbolu Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren Kazdağı Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) meşcereleri için kabuklu ve kabuksuz olmak üzere tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Çalışma materyali olarak, farklı meşcere yapılarından alınan 153 adet örnek ağaç ilişkin kabuklu ve kabuksuz gövde hacim değerlerinden faydalanılmıştır. Kabuklu ve kabuksuz ağaç hacim tahminleri için 5 adet tek girişli ve 5 adet çift girişli olmak üzere 10 farklı ağaç hacim denkleminin geliştirildiği çalışmada en başarılı denklemlerin belirlenmesi için düzeltilmiş belirtme katsayısı, ortalama hata, ortalama mutlak hata ve hata kareler ortalamasının karekökü olmak üzere 4 farklı uygunluk ölçütü kullanılmıştır. En başarılı ağaç hacim denklemlerinin yöreye uygunlukları bağımsız veri seti üzerinden Wilcoxon testi ile denetlenmiş ve çalışma alanı için uygun oldukları ($p>0.05$) sonucuna varılmıştır. Yöre için en başarılı bulunan ağaç hacim denklemlerinin tamamı %95'in üzerinde açıklayıcılığa sahiptir. Bunun yanında, yöre için en başarılı bulunan modellerin ortalama hataları tek ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri için sırasıyla -0.0211 m^3 ve -0.0122 m^3 , tek ve çift girişli kabuksuz ağaç hacim denklemleri için ise sırasıyla -0.0201 m^3 ve 0.0045 m^3 olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen başarılı denklemler kullanılarak kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için tek ve çift girişli ağaç hacim tabloları düzenlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çift-girişli ağaç hacim denklemleri, Kabuklu gövde hacmi, Kabuksuz gövde hacmi, Orman envanteri, Regresyon analizi

Tree volume tables for Kazdağı Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) stands in Safranbolu Region

Abstract: In this study, single and double entry over- and under-bark tree volume equations have been developed for Kazdağı Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) stands within the boundaries of Safranbolu Forest Enterprise. The over- and under-bark volume values of 153 sample trees taken from different stand structures were used as the study material. Ten tree volume equations, five single- and five double-entry, were developed for over- and under-bark tree volume estimations. Four goodness-of-fit criteria, including adjusted coefficient of determination, bias, mean absolute error, and root mean square error, were used to determine the most successful models. The suitability of the equations developed for the region was checked with an independent data set as well as Wilcoxon test, and it was concluded that the equations were suitable for the study area ($p>0.05$). All tree volume equations proposed for the region had a coefficient of determination value over 0.95. In addition, the mean bias of the single- and double-entry models found to be the most successful for the region were calculated as -0.0211 m^3 and -0.0122 m^3 for the over-bark volume estimations, and -0.0201 m^3 and 0.0045 m^3 for the under-bark volume estimations, respectively. Single- and double-entry tree volume tables were prepared for over- and under-bark volume estimations by using the successful equations obtained as a result of the study.

Keywords: Double-entry volume equation, Over-bark stem volume, Under-bark stem volume, Forest inventory, Regression analysis

1. Giriş

Bir ağaca ilişkin gövde hacminin belirlenmesi orman envanteri ve planlama çalışmalarının en temel unsurlarından birisidir. Ağaç ve meşcere hacmi, silvikültürel işlemlerin planlanmasında, dikili satış uygulamalarında, ormanların biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesinde, artım ve büyüme potansiyellerinin ortaya konulmasında oldukça önemli parametrelerdendir (Mısır ve Mısır, 2004; Çatal vd., 2005; Özçelik ve Kalkanlı, 2018). Bu sebeplerle, gerçeğe yakın hacim tahminlerinin elde edilmesi başta planlama olmak üzere birçok ormancılık çalışması açısından

büyük önem taşımaktadır (Yavuz, 1999; Özçankaya vd., 2021).

Bir ağacın gövde hacmi (v) o ağacın göğüs çapı (d), boyu (h) ve gövde formunun (f) bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir (Akindele ve LeMay, 2006). Gövde hacmi; ağacın kesilmesi ve ardından bölümlenme yönteminin uygulanmasıyla, dikili halde oran değerleri kullanılarak ve ağaç hacim tabloları yardımıyla bulunmaktadır (Kalıpsız, 1993). Ormancılık uygulamalarında dikili ağaç hacimlerinin belirlenebilmesi için ağaç hacim denklemleri veya bu denklemler kullanılarak hazırlanan ağaç hacim tabloları tercih edilmektedir. Ağaç hacim denklemleri gövde hacmini; i) yalnızca göğüs çapının bir fonksiyonu olarak tahmin eden

✉ ^a Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): mehmetseki@karabuk.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.03.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 11.04.2023



Citation (Atıf): Baytaş, S., Seki, M., 2023. Safranbolu Yöresi Kazdağı Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) meşcereleri için ağaç hacim tabloları. Turkish Journal of Forestry, 24(2): 61-68.
DOI: [10.18182/tjf.1261343](https://doi.org/10.18182/tjf.1261343)

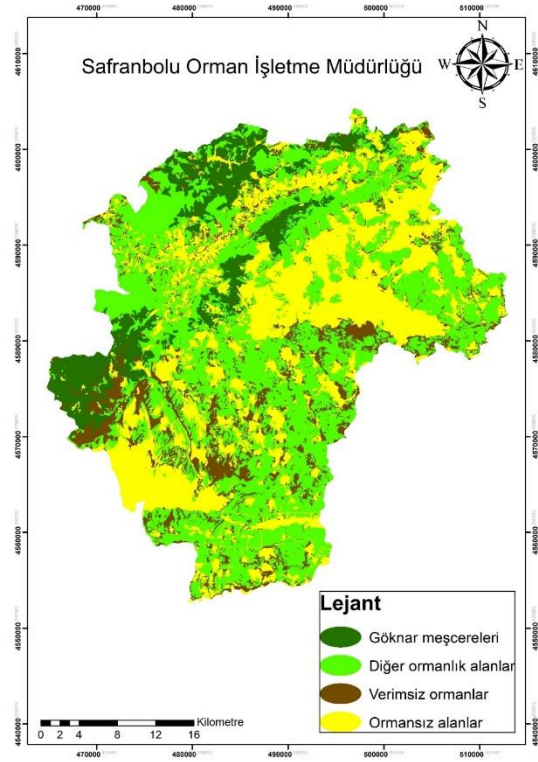
tek girişli, ii) göğüs çapı ve ağaç boyunun bir fonksiyonu olarak tahmin eden çift girişli ve iii) göğüs çapı ve ağaç boyuna ek olarak gövde formunu da bağımsız değişkenler olarak içeren çok girişli ağaç hacim denklemleri olarak üçe ayrılmaktadır (Kalıpsız, 1993; Carus vd., 2016). Ağaç hacim denklemleri geçerlilik alanlarına göre i) yöresel, ii) bölgesel ve iii) genel ağaç hacim denklemleri olarak üçe ayrılmaktadır (Kalıpsız, 1993). Bu üç grup arasında, yöresel denklemlerin güvenilirliği en yüksek ve genel denklemlerin güvenilirliği en düşüktür (Eler, 2013; Çatal ve Güneş, 2018).

Türkiye’de günümüze kadar birçok asli ağaç türü için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri/tablolari geliştirilmiştir. Örneğin, Karaçam (Gülen, 1959; Carus vd., 2016; Sakıcı vd., 2018), Sarıçam (Alemdağ, 1967; Çalışkan ve Yeşil, 1996; Ölmez ve Şenyurt, 2022), Kızılcım (Alemdağ, 1962; Kahriman vd., 2017; Özçelik, 2010; Özçelik ve Karaer, 2016; Şenyurt ve Ümit, 2019; Seki, 2022), Gökmar (Bozkuş ve Carus, 1997; Sakıcı ve Yavuz, 2003; Durkaya ve Durkaya, 2006), Sedir (Bozkuş ve Carus, 1997; Özçelik, 2010; Özçelik ve Çevlik, 2017), Meşe (Eraslan, 1954; Sönmez vd., 2023) ve Kayın (Durkaya ve Durkaya, 2006) ağaç türleri için hacim denklemleri/tablolari oluşturulmuştur. Geliştirilen bu denklemlerin birçoğu yöreseldir ve çalışma alanları dışında farklı alanlarda hacim tahminleri için kullanılmaları uygun değildir. Bu sebeplerle, ülkemizde birçok ağaç türüne ilişkin başarılı gövde hacim tahminlerinde kullanılacak yöresel denklemlere/tablolara gereksinim devam etmektedir. Bunun yanında, Türkiye ekolojik özellikler dikkate alındığında çok çeşitli alt bölgelere ayrılmaktadır (Atalay, 2014). Bu bölgelerde yayılış yapan ormanların gelişim özellikleri de farklılık göstermektedir. Yetiştirme ortamı farklılıklarını göz önünde bulundurmadan geniş coğrafyalar için kullanılacak olan hacim denklemleri yüksek tahmin hatalarına sebep olabilmektedir (Özçelik ve Kalkanlı, 2018). Bu sebeplerle, kendine has ekolojik özelliklere sahip bölgeler için geliştirilecek olan yöresel hacim denklemlerinin önemi ön plana çıkmaktadır (Brooks ve Wiant, 2008).

Kazdağı Gökmarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) Türkiye’ye özgü endemik bir türdür ve birinci sınıf orman ağacıdır. Yaklaşık 30-40 m civarında boyolanma yapabilen Kazdağı Gökmarı ekonomik açıdan oldukça önemlidir (Anşın, 2001; Sakıcı ve Özdemir, 2018). Bu çalışma kapsamında Safranbolu yöresinde yayılış gösteren Kazdağı Gökmarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) için kabuklu ve kabuksuz olmak üzere tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen denklemler yardımıyla ormancılık uygulamalarında kullanılmak üzere tek ve çift girişli gövde hacim tablolari da düzenlenmesi çalışma amaçları arasındadır. Bununla birlikte söz konusu çalışmada farklı hacim modellerinin karşılaştırılması ve en başarılı modellerin çalışma alanına uygunluğunun denetlenmesi de çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır.

2. Materyal ve yöntem

Çalışma alanı olarak seçilen Safranbolu Orman İşletme Müdürlüğü (OİM), Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü bünyesinde yer almaktadır. Safranbolu OİM’nin yaklaşık %67.6’sı ormanlarla kaplıdır ve bu ormanlık alanların yaklaşık %15’ini Gökmar meşcereleri (saf ve karışık) oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu ve orman örtüsü

Bu çalışmada kullanılan veriler, Safranbolu OİM bünyesinde yayılış yapan Gökmar meşcerelerinden alınan 153 adet örnek ağaçtan elde edilmiştir. Örnek ağaçların çalışma alanı içerisinde farklı çap ve boy basamaklarından alınmasına özen gösterilmiştir. Bununla birlikte, örnek ağaçların düzgün ve tek gövdeli, sağlıklı ve tepe yapısının sağlam olmasına dikkat edilmiştir.

Örnek ağaç olarak seçilen ağaçların öncelikle göğüs yüksekliği çapları ($d_{1.30}$) ölçülmüş ve ölçüm noktası işaretlenmiştir. Ardından, örnek ağaçlar dip kütük yüksekliğinden (0.30 m) kesilmiş ve toplam ağaç boyları (h) şerit metre yardımıyla 0.1 m hassasiyetle ölçülmüştür. Bununla birlikte, kesilen ağaçların 0.30 m, 3.30 m ve gövde boyunca her 2 m’de gövde çapı (d_i) ölçümleri 0.1 cm hassasiyetle yapılmıştır. Gövde boyunca çap ölçümü yapılan noktalarda aynı zamanda çift kabuk kalınlığı ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Gövde üzerinde çap ve kabuk kalınlığı ölçümleri yapılan örnek ağaçlara ilişkin kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri bölümlene (seksiyon) yöntemine göre hesaplanmıştır. Bu yöntemle göre ağaçlar i) dip kütük, ii) seksiyonlar ve iii) uç parça olmak üzere üç farklı bölümde değerlendirilmiş ve bu hacimlerin toplamları alınarak toplam gövde hacimleri belirlenmiştir. Bu hesaplamalarda; dip kütüğün silindir ve uç parçanın koni biçiminde olduğu varsayılmıştır. Bununla birlikte, dip kütük ile uç parça arasında kalan seksiyonların hacim hesaplarında Orta Yüzey (Huber) formülü kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında elde edilen veriler model geliştirme (%80 \cong 121 adet) ve geliştirilen modellerin uygunluğunun denetiminde (%20 \cong 32 adet) kullanılmak üzere rastgele iki gruba ayrılmıştır. Model geliştirme ve model kontrol veri gruplarına ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir. Bunun yanında, her iki gruba düşen örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek ağaçlara ilişkin tanımlayıcı istatistikler

| | Model Geliştirme Verileri (n=121) | | | | Model Kontrol Verileri (n=32) | | | |
|--|-----------------------------------|----------|----------|----------------|-------------------------------|----------|----------|----------------|
| | Minimum | Maksimum | Ortalama | Standart Sapma | Minimum | Maksimum | Ortalama | Standart Sapma |
| Göğüs çapı (cm) | 9.2 | 76.5 | 44.2 | 13.7 | 9.5 | 71.5 | 42.4 | 15.1 |
| Ağaç boyu (m) | 5.0 | 30.5 | 19.9 | 5.2 | 6.0 | 28.5 | 19.3 | 5.4 |
| Kabuklu gövde hacmi (m ³) | 0.0222 | 7.1317 | 1.8086 | 1.2961 | 0.0277 | 5.2333 | 1.7367 | 1.4417 |
| Kabuksuz gövde hacmi (m ³) | 0.0181 | 6.1026 | 1.5565 | 1.1239 | 0.0230 | 4.7923 | 1.5017 | 1.2642 |

Çizelge 2. Örnek ağaçların çap ve boy basamaklarına dağılımı

| Göğüs çapı (cm) | Boy (m) | | | | | | | Σ |
|-----------------|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|
| | 4.0 – 7.9 | 8.0 – 11.9 | 12.0 – 15.9 | 16.0 – 19.9 | 20.0 – 23.9 | 24.0 – 27.9 | 28.0 – 31.9 | |
| 8.0 - 11.9 | 3 (1) | 1 | | | | | | 4 (1) |
| 12.0 - 15.9 | | 2 (1) | | | | | | 2 (1) |
| 16.0 - 19.9 | | 1 (1) | 1 | | | | | 2 (1) |
| 20.0 - 23.9 | | | | | | | | - |
| 24.0 - 27.9 | | | 2 (1) | 3 (2) | | | | 5 (3) |
| 28.0 - 31.9 | | | 3 (1) | 2 (1) | 1 | | | 6 (2) |
| 32.0 - 35.9 | | | 2 (1) | 5 (1) | 2 | | | 9 (2) |
| 36.0 - 39.9 | | | | 6 (2) | 6 (1) | | | 12 (3) |
| 40.0 - 43.9 | | | 2 | 7 (2) | 4 (1) | 1 | | 14 (3) |
| 44.0 - 47.9 | | | 3 | 9 (2) | 8 (2) | 3 (1) | | 23 (5) |
| 48.0 - 51.9 | | | | 3 (1) | 8 (2) | 2 | | 13 (3) |
| 52.0 - 55.9 | | | | 1 | 2 (1) | 3 (1) | 1 | 7 (2) |
| 56.0 - 59.9 | | | | | 1 | 6 (2) | 2 | 9 (2) |
| 60.0 - 63.9 | | | | | 2 | 3 (1) | | 5 (1) |
| 64.0 - 67.9 | | | | | 1 | 2 (1) | 1 | 4 (1) |
| 68.0 - 71.9 | | | | | | 3 (1) | 1 (1) | 4 (2) |
| 72.0 - 75.9 | | | | | | | 1 | 1 |
| 76.0 - 79.9 | | | | | | | 1 | 1 |
| Σ | 3 (1) | 4 (2) | 13 (3) | 36 (11) | 35 (7) | 23 (7) | 7 (1) | 121 (32) |

*Parantez içerisinde verilen rakamlar model kontrolü için kullanılan veri sayısını ifade etmektedir.

Ormancılık literatüründe günümüze kadar birçok ağaç hacim denklemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, sıklıkla tercih edilen 5 adet tek girişli ve 5 adet de çift girişli olmak üzere toplam 10 adet ağaç hacim denklemine ilişkin parametre tahminleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan ağaç hacim denklemleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Tek ve çift girişli hacim denklemleri

| Model No | Tek girişli ağaç hacim denklemleri | |
|-------------------------------------|------------------------------------|------|
| M1 | $v = b_0 + b_1 d^2$ | (1) |
| M2 | $v = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$ | (2) |
| M3 | $v = b_1 d + b_2 d^2$ | (3) |
| M4 | $v = (b_1 + b_2 d)^2$ | (4) |
| M5 | $\log v = b_0 + b_1 \log d$ | (5) |
| Çift girişli ağaç hacim denklemleri | | |
| M6 | $v = b_1 d^2 h$ | (6) |
| M7 | $v = b_0 + b_1 d^2 h$ | (7) |
| M8 | $v = b_0 + b_1 d^2 + b_2 h^2$ | (8) |
| M9 | $v = b_1 d^{b_2} h^{b_3}$ | (9) |
| M10 | $\log(v) = b_0 + b_1 \log d^2 h$ | (10) |

Bu eşitliklerde: v gövde hacmini (m³); $d_{1,30}$ göğüs çapını (cm); h ağaç boyunu (m); b_1 , b_2 ve b_3 ise denklem katsayılarını ifade etmektedir.

En uygun ağaç hacim denkleminin belirlenmesinde; düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R_{düz}^2$), ortalama hata (OH), ortalama mutlak hata (OMH) ve hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK) olmak üzere 4 farklı istatistiksel ölçüt kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan istatistiksel ölçütler aşağıda verilmiştir.

$$R_{düz}^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v}_i)^2 (n-p)} \quad (11)$$

$$OH = \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)}{n} \quad (12)$$

$$OMH = \frac{\sum_{i=1}^n |v_i - \hat{v}_i|}{n} \quad (13)$$

$$HKOK = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)^2}{n-p}} \quad (14)$$

Bu eşitliklerde; v_i , \hat{v}_i , \bar{v}_i sırasıyla ölçülen, tahmin edilen ve ortalama hacim değerlerini, n model geliştirmek için kullanılan veri sayısını ve p denklemin parametre sayısını ifade etmektedir.

Logaritmik formdaki denklemler ile elde edilen tahminlerin aritmetik forma dönüştürülmeleri sırasında meydana gelecek olan sistematik hatanın giderilmesi için Baskerville (1972) ve Sprugel (1983) tarafından önerilen düzeltme faktörü (df) kullanılmıştır. Geliştirilen ve tüm parametreleri anlamlı bulunan ağaç hacim denklemlerinin istatistiksel ölçütlere göre karşılaştırılmasında ise Poudel ve Cao (2013) tarafından önerilen nisbi sıralama tekniğinden yararlanılmıştır. Her bir istatistik ölçüte göre ağaç hacim denklemlerinin nisbi sıralamaları ayrı ayrı hesaplanmış ve hesaplanan sıralamalar toplanarak denklemlere ait toplam nisbi sıralama ve genel sıralama değerleri belirlenmiştir. Tek

girişli ağaç hacim denklemleri ile çift girişli ağaç hacim denklemlerinin nisbi sıralamaları kendi içerisinde yapılmış ve her bir grup için en başarılı denklem ayrıca belirlenmiştir. Son olarak, çalışma kapsamında geliştirilen ve başarılı bulunan gövde hacim denklemlerinin Safranbolu yöresi göknar meşcereleri için uygunluğu, kontrol veri grubunda yer alan örnek ağaçlara (32 ağaç) ilişkin gerçek hacim değerleri ile tahmin edilen hacim değerleri karşılaştırılarak yapılmıştır. Verilerin parametrik test varsayımlarını sağlamamasından dolayı parametrik olmayan testlerden *Wilcoxon İşaret Testi* yardımıyla gerekli karşılaştırma yapılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

Tek ve çift girişli kabuklu gövde hacim denklemlerine ilişkin parametre tahminleri ve istatistiksel ölçüt değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere, tek girişli M2 denklemi hariç diğer denklemlerin tüm parametreleri anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Tüm parametreleri anlamlı olan tek ve çift girişli denklemlere kendi aralarında nisbi sıralama uygulanmıştır. Nisbi sıralama sonucu elde edilen genel sıralama değerleri incelendiğinde tek girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri arasından M5 ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri arasından ise M9 en başarılı denklem olarak belirlenmiştir. En başarılı olarak belirlenen tek girişli M5 denkleminin ilişkin uygunluk ölçütleri; $R_{düz}^2=0.954$, $OH=-0.0211$ m³, $OMH=0.3013$ m³ ve $HKOK=0.4224$ m³'tür. En başarılı olarak belirlenen çift girişli M9 denkleminin ilişkin uygunluk ölçütleri ise; $R_{düz}^2=0.958$, $OH=-0.0122$ m³, $OMH=0.1711$ m³ ve $HKOK=0.2644$ m³'tür.

Kabuksuz gövde hacim tahminleri için geliştirilen tek ve çift girişli denklemlere ilişkin parametre tahminleri ve istatistiksel ölçüt değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. M2 denkleminin b_0 parametresi hariç tüm denklem parametreleri anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Her bir istatistiksel uygunluk ölçütü için hesaplanan nisbi sıralama ve sonuç olarak elde edilen genel sıralama değerleri dikkate alındığında, tek girişli kabuksuz ağaç hacim denklemleri arasından M5 ve çift girişli kabuksuz ağaç hacim denklemleri arasından ise M9 en başarılı denklemler olarak belirlenmiştir. En başarılı olarak belirlenen tek girişli M5 denkleminin ilişkin uygunluk ölçütleri; $R_{düz}^2=0.952$, $OH=-0.0201$ m³, $OMH=0.2663$ m³ ve $HKOK=0.3687$ m³ olarak hesaplanmıştır. En başarılı olarak belirlenen çift girişli M9 denkleminin ilişkin uygunluk ölçütleri ise; $R_{düz}^2=0.956$, $OH=0.0045$ m³, $OMH=0.1531$ m³ ve $HKOK=0.2352$ m³ olarak hesaplanmıştır.

Yukarıda açıklanan istatistiksel ölçütlere göre en başarılı bulunan tek ve çift girişli kabuklu ve kabuksuz gövde hacim denklemlerine ilişkin tahmin-gözlem grafikleri Şekil 2'de verilmiştir. Şekil incelendiğinde tahmin edilen hacim değerlerinin artması ile birlikte tahmin hatalarının da arttığı görülmektedir. Bunun haricinde, hacim tahminlerinde herhangi bir yanlı sonuç görülmemektedir.

En başarılı denklemlerin belirlenmesinde 4 farklı istatistiksel ölçüt ve nisbi sıralama yöntemi kullanılmıştır. Bu sonuçlara göre çift girişli ağaç hacim denklemleri arasından kabuklu ve kabuksuz hacim tahminleri için M9 modeli en başarılı olarak belirlenmiştir. Ancak, genel sıralama değerleri incelendiğinde M7 modelinin de oldukça başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu kapsamda M7 modeli de başarılı bulunan alternatif bir çift girişli ağaç hacim denklemi olarak düşünülebilir.

Çizelge 4. Kabuklu gövde hacmi tahminlerine ilişkin model parametre tahminleri ve istatistik ölçüt değerleri

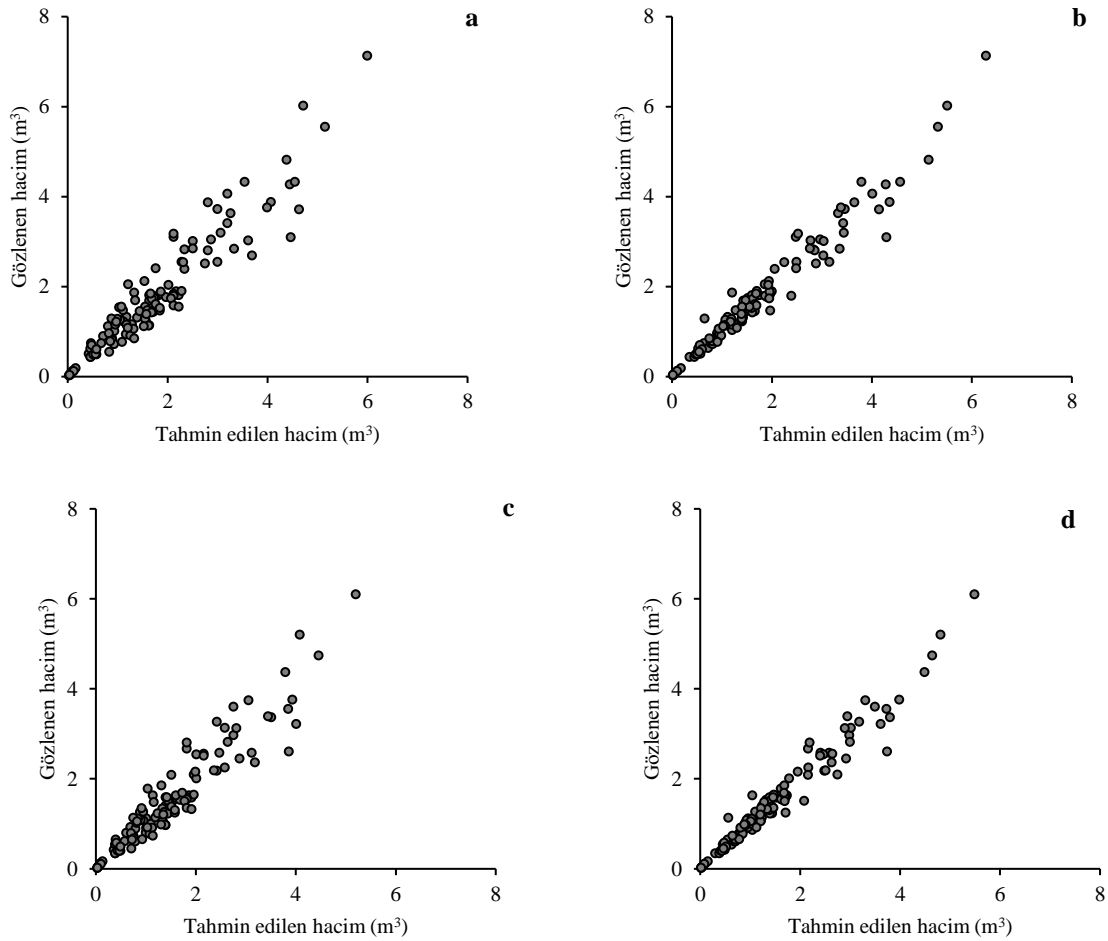
| Model no | $R_{düz}^2$ | OH | OMH | HKOK | Genel sıralama | Parametre | Tahmin |
|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|---|
| Tek girişli ağaç hacim denklemleri | | | | | | | |
| M1 | 0.881 (4.00) | -0.0485 (4.00) | 0.3336 (4.00) | 0.4466 (4.00) | 16.00 (4.00) | b_0 b_1 | -0.3810*** 0.0010*** |
| M2 | 0.891 | 0.0001 | 0.3104 | 0.4274 | - | b_0 b_1 b_2 | 0.4805 ^{ns} -0.0426*** 0.0015*** |
| M3 | 0.889 (3.67) | 0.0463 (3.80) | 0.3300 (3.67) | 0.4316 (2.14) | 13.28 (3.31) | b_1 b_2 | -0.0210*** 0.0013*** |
| M4 | 0.891 (3.60) | -0.0162 (1.00) | 0.3128 (2.07) | 0.4285 (1.76) | 8.43 (2.10) | b_0 b_1 | -0.3910*** 0.0369*** |
| M5 | 0.954 (1.00) | -0.0211 (1.05) | 0.3013 (1.00) | 0.4224 (1.00) | 4.05 (1.00) | b_0 b_1 | -3.9355*** 2.5023*** |
| Çift girişli ağaç hacim denklemleri | | | | | | | |
| M6 | 0.952 (1.21) | -0.0529 (2.54) | 0.1894 (1.22) | 0.2841 (1.13) | 6.10 (1.45) | b_1 | 3.7x10 ⁻⁵ *** |
| M7 | 0.954 (1.14) | -0.0002 (1.00) | 0.1920 (1.26) | 0.2789 (1.10) | 4.50 (1.04) | b_0 b_1 | 0.1002* 3.6x10 ⁻⁵ *** |
| M8 | 0.929 (2.02) | 0.0094 (1.27) | 0.2412 (1.86) | 0.3454 (1.54) | 6.69 (1.60) | b_0 b_1 b_2 | -0.6916*** 0.0007*** 0.0024*** |
| M9 | 0.958 (1.00) | -0.0122 (1.35) | 0.1711 (1.00) | 0.2644 (1.00) | 4.35 (1.00) | b_1 b_2 b_3 | 6.1x10⁻⁵*** 1.6073*** 1.3442*** |
| M10 | 0.844 (5.00) | 0.1367 (5.00) | 0.4979 (5.00) | 0.8688 (5.00) | 20.00 (5.00) | b_0 b_1 | -1.1302*** 0.0189*** |

^{ns}: $p > 0.05$, istatistiksel olarak anlamsız parametre, ns: non-significant, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$, ilgili istatistiksel ölçüte ilişkin nisbi sıralama değeri her bir model için parantez içerisinde verilmiştir. Kalın yazı karakteri en başarılı modeli ifade etmektedir. $R_{düz}^2$: Düzeltilmiş belirtme katsayısı, OH: Ortalama hata, OMH: Ortalama mutlak hata, HKOK: Hata kareler ortalamasının karekökü.

Çizelge 5. Kabuksuz gövde hacmi tahminlerine ilişkin model parametre tahminleri ve istatistik ölçüt değerleri

| Model No | $R_{düz}^2$ | OH | OMH | $HKOK$ | Genel Sıralama | Parametre | Tahmin |
|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------|---|
| Tek girişli ağaç hacim denklemleri | | | | | | | |
| M1 | 0.879 (4.00) | 0.0310 (4.00) | 0.3053 (4.00) | 0.3912 (4.00) | 16.00 (4.00) | b_0 | -0.3395*** |
| | | | | | | b_1 | 0.0009*** |
| M2 | 0.889 | -0.0047 | 0.2744 | 0.3729 | - | b_0 | 0.4132 ^{ns} |
| | | | | | | b_1 | -0.0372*** |
| | | | | | | b_2 | 0.0013*** |
| M3 | 0.887 (3.68) | -0.0281 (3.60) | 0.2815 (2.17) | 0.3771 (2.12) | 11.57 (2.73) | b_1 | -0.0187*** |
| | | | | | | b_2 | 0.0011*** |
| M4 | 0.889 (3.60) | -0.0092 (1.00) | 0.2771 (1.83) | 0.3737 (1.67) | 8.10 (1.74) | b_0 | -0.3740*** |
| | | | | | | b_1 | 0.0345*** |
| M5 | 0.952 (1.00) | -0.0201 (2.50) | 0.2663 (1.00) | 0.3687 (1.00) | 5.50 (1.00) | b_0 | -4.0396*** |
| | | | | | | b_1 | 2.5247*** |
| Çift girişli ağaç hacim denklemleri | | | | | | | |
| M6 | 0.950 (1.31) | -0.0381 (2.15) | 0.1636 (1.15) | 0.2510 (1.12) | 5.73 (1.43) | b_1 | 3.2×10^{-5} *** |
| M7 | 0.951 (1.26) | -0.0084 (1.14) | 0.1697 (1.23) | 0.2477 (1.09) | 4.72 (1.18) | b_0 | 0.0771* |
| | | | | | | b_1 | 3.1×10^{-5} *** |
| M8 | 0.926 (2.56) | 0.0042 (1.00) | 0.2143 (1.85) | 0.3037 (1.52) | 6.93 (1.73) | b_0 | -0.6084*** |
| | | | | | | b_1 | 0.0006*** |
| | | | | | | b_2 | 0.0021*** |
| M9 | 0.956 (1.00) | 0.0045 (1.01) | 0.1531 (1.00) | 0.2352 (1.00) | 4.01 (1.00) | b_1 | 5.0×10^{-5}*** |
| | | | | | | b_2 | 1.6127*** |
| | | | | | | b_3 | 1.3561*** |
| M10 | 0.845 (5.00) | 0.1226 (5.00) | 0.4410 (5.00) | 0.7675 (5.00) | 20.00 (5.00) | b_0 | -1.2109*** |
| | | | | | | b_1 | 0.0191*** |

^{ns}: $p > 0.05$, istatistiksel olarak anlamsız parametre, ns: non-significant, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$, ilgili istatistiksel ölçüte ilişkin nisbi sıralama değeri her bir model için parantez içerisinde verilmiştir. Kalın yazı karakteri en başarılı modeli ifade etmektedir. $R_{düz}^2$: Düzeltilmiş belirtme katsayısı, OH : Ortalama hata, OMH : Ortalama mutlak hata, $HKOK$: Hata kareler ortalamasının karekökü.



Şekil 2. Gözlenen ve tahmin edilen hacim değerleri. a: tek girişli ve b: çift girişli kabuklu hacim denklemleri, c: tek girişli ve d: çift girişli kabuksuz hacim denklemleri

En başarılı bulunan tek ve çift girişli kabuklu ağaç hacim denklemleri aşağıdaki gibidir:

Tek girişli (M5):

$$\log v = -3.9355 + 2.5023 \log d \quad (df = 1.0107) \quad (15)$$

Çift girişli (M9):

$$v = 0.000061 d^{1.6073} h^{1.3442} \quad (16)$$

En başarılı bulunan tek ve çift girişli kabuksuz ağaç hacim denklemlerinin son hali aşağıdaki gibidir:

Tek girişli (M5):

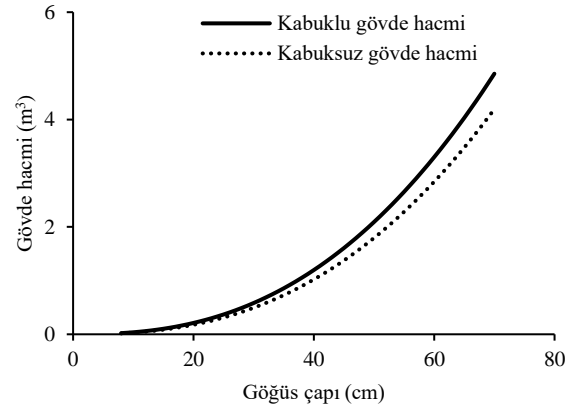
$$\log v = -4.0396 + 2.5247 \log d \quad (df = 1.0093) \quad (17)$$

Çift girişli (M9):

$$v = 0.000050 d^{1.6127} h^{1.3561} \quad (18)$$

Çalışma kapsamında geliştirilen denklemlerin çalışma alanı için uygunluğu 32 adet örnek ağaca ilişkin verileri içeren bağımsız veri grubu ve Wilcoxon işaret testi kullanılarak denetlenmiştir. Kabuklu ağaç hacim tahminlerinde Wilcoxon işaret testi ile tek ve çift girişli hacim denklemleri için z istatistiği -0.112 ($p=0.911$) ve -0.542 ($p=0.588$) olarak hesaplanmıştır. Kabuksuz ağaç hacim tahminlerinde ise Wilcoxon işaret testi ile tek ve çift girişli denklemler için z istatistiği -0.131 ($p=0.896$) ve -1.300 ($p=0.194$) olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, çalışma kapsamında geliştirilen ağaç hacim denklemlerinin Safranbolu OİM Kazdağı Göknarı meşcerelerinde kullanımının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için geliştirilen tek ve çift girişli denklemlere ilişkin eğriler Şekil 3'te verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere çap artışı ile birlikte kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri arasındaki fark da artmaktadır. Bunun yanında, uygulamalara kolaylık sağlaması bakımından kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için tek girişli ağaç hacim tabloları geliştirilmiştir (Çizelge 6). Kabuklu gövde hacim tahminleri için Çizelge 7'de ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için ise Çizelge 8'de çift girişli gövde hacim tabloları da verilmiştir.



Şekil 3. Kabuklu ve kabuksuz gövde hacimleri arasındaki ilişki

Çizelge 6. Tek girişli kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tablosu

| Çap (cm) | Kabuklu gövde hacmi (m ³) | Kabuksuz gövde hacmi (m ³) | Çap (cm) | Kabuklu gövde hacmi (m ³) | Kabuksuz gövde hacmi (m ³) | Çap (cm) | Kabuklu gövde hacmi (m ³) | Kabuksuz gövde hacmi (m ³) |
|----------|---------------------------------------|--|----------|---------------------------------------|--|----------|---------------------------------------|--|
| 8 | 0.0213 | 0.0176 | 28 | 0.4902 | 0.4150 | 48 | 1.8884 | 1.6183 |
| 10 | 0.0373 | 0.0308 | 30 | 0.5825 | 0.4940 | 50 | 2.0915 | 1.7939 |
| 12 | 0.0588 | 0.0489 | 32 | 0.6846 | 0.5814 | 52 | 2.3072 | 1.9807 |
| 14 | 0.0865 | 0.0721 | 34 | 0.7968 | 0.6776 | 54 | 2.5357 | 2.1787 |
| 16 | 0.1208 | 0.1010 | 36 | 0.9193 | 0.7827 | 56 | 2.7772 | 2.3882 |
| 18 | 0.1623 | 0.1360 | 38 | 1.0525 | 0.8972 | 58 | 3.0321 | 2.6094 |
| 20 | 0.2112 | 0.1775 | 40 | 1.1966 | 1.0213 | 60 | 3.3006 | 2.8426 |
| 22 | 0.2681 | 0.2258 | 42 | 1.3520 | 1.1551 | 62 | 3.5828 | 3.0880 |
| 24 | 0.3333 | 0.2812 | 44 | 1.5189 | 1.2991 | 64 | 3.8791 | 3.3457 |
| 26 | 0.4072 | 0.3442 | 46 | 1.6976 | 1.4534 | 66 | 4.1895 | 3.6160 |

Çizelge 7. Çift girişli kabuklu gövde hacim tablosu

| Göğüs çapı (cm) | Ağaç boyu (m) | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 |
| 12 | 0.0368 | 0.0542 | 0.0731 | 0.0934 | 0.1150 | 0.1376 | | | | | | | | |
| 16 | 0.0584 | 0.0860 | 0.1161 | 0.1484 | 0.1825 | 0.2184 | 0.2559 | | | | | | | |
| 20 | 0.0837 | 0.1231 | 0.1662 | 0.2124 | 0.2613 | 0.3126 | 0.3663 | 0.4220 | | | | | | |
| 24 | 0.1121 | 0.1651 | 0.2228 | 0.2847 | 0.3502 | 0.4191 | 0.4910 | 0.5657 | 0.6430 | | | | | |
| 28 | 0.1437 | 0.2115 | 0.2855 | 0.3647 | 0.4487 | 0.5369 | 0.6290 | 0.7248 | 0.8238 | 0.9260 | | | | |
| 32 | 0.1781 | 0.2621 | 0.3538 | 0.4521 | 0.5561 | 0.6655 | 0.7796 | 0.8983 | 1.0210 | 1.1477 | 1.2781 | | | |
| 36 | 0.2152 | 0.3167 | 0.4275 | 0.5463 | 0.6720 | 0.8042 | 0.9421 | 1.0855 | 1.2338 | 1.3869 | 1.5445 | 1.7063 | | |
| 40 | 0.2549 | 0.3752 | 0.5064 | 0.6471 | 0.7961 | 0.9526 | 1.1160 | 1.2858 | 1.4615 | 1.6429 | 1.8295 | 2.0211 | 2.2175 | |
| 44 | 0.2971 | 0.4373 | 0.5903 | 0.7542 | 0.9278 | 1.1103 | 1.3007 | 1.4986 | 1.7035 | 1.9148 | 2.1324 | 2.3557 | 2.5846 | 2.8189 |
| 48 | 0.3416 | 0.5029 | 0.6789 | 0.8674 | 1.0671 | 1.2769 | 1.4960 | 1.7236 | 1.9592 | 2.2023 | 2.4524 | 2.7093 | 2.9726 | 3.2420 |
| 52 | | 0.5720 | 0.7721 | 0.9865 | 1.2136 | 1.4522 | 1.7014 | 1.9602 | 2.2282 | 2.5046 | 2.7891 | 3.0813 | 3.3807 | 3.6871 |
| 56 | | | 0.8697 | 1.1113 | 1.3672 | 1.6360 | 1.9166 | 2.2082 | 2.5100 | 2.8215 | 3.1420 | 3.4711 | 3.8084 | 4.1535 |
| 60 | | | | 1.2416 | 1.5275 | 1.8278 | 2.1414 | 2.4672 | 2.8044 | 3.1523 | 3.5104 | 3.8781 | 4.2550 | 4.6406 |
| 64 | | | | | 1.6944 | 2.0276 | 2.3754 | 2.7368 | 3.1109 | 3.4969 | 3.8941 | 4.3020 | 4.7201 | 5.1478 |
| 68 | | | | | | 2.2351 | 2.6185 | 3.0169 | 3.4293 | 3.8548 | 4.2927 | 4.7423 | 5.2032 | 5.6747 |

Çizelge 8. Çift girişli kabuksuz gövde hacim tablosu

| Göğüs çapı (cm) | Ağaç boyu (m) | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 |
| | Kabuklu gövde hacmi (m ³) | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 0.0312 | 0.0461 | 0.0624 | 0.0800 | 0.0985 | 0.1181 | | | | | | | | |
| 16 | 0.0497 | 0.0734 | 0.0993 | 0.1272 | 0.1567 | 0.1878 | 0.2204 | | | | | | | |
| 20 | 0.0712 | 0.1052 | 0.1423 | 0.1822 | 0.2246 | 0.2692 | 0.3158 | 0.3643 | | | | | | |
| 24 | 0.0955 | 0.1411 | 0.1910 | 0.2445 | 0.3014 | 0.3612 | 0.4238 | 0.4888 | 0.5563 | | | | | |
| 28 | 0.1225 | 0.1809 | 0.2449 | 0.3135 | 0.3864 | 0.4631 | 0.5433 | 0.6268 | 0.7133 | 0.8026 | | | | |
| 32 | 0.1519 | 0.2244 | 0.3037 | 0.3889 | 0.4793 | 0.5744 | 0.6739 | 0.7774 | 0.8847 | 0.9955 | 1.1096 | | | |
| 36 | 0.1837 | 0.2713 | 0.3672 | 0.4702 | 0.5795 | 0.6946 | 0.8149 | 0.9400 | 1.0697 | 1.2037 | 1.3417 | 1.4836 | | |
| 40 | 0.2177 | 0.3216 | 0.4352 | 0.5573 | 0.6869 | 0.8232 | 0.9658 | 1.1141 | 1.2679 | 1.4266 | 1.5902 | 1.7583 | 1.9308 | |
| 44 | 0.2539 | 0.3750 | 0.5075 | 0.6499 | 0.8010 | 0.9600 | 1.1263 | 1.2993 | 1.4785 | 1.6637 | 1.8544 | 2.0505 | 2.2516 | 2.4575 |
| 48 | 0.2921 | 0.4315 | 0.5840 | 0.7478 | 0.9217 | 1.1046 | 1.2959 | 1.4950 | 1.7012 | 1.9143 | 2.1338 | 2.3594 | 2.5908 | 2.8278 |
| 52 | | 0.4910 | 0.6645 | 0.8508 | 1.0487 | 1.2568 | 1.4745 | 1.7010 | 1.9357 | 2.1781 | 2.4278 | 2.6845 | 2.9478 | 3.2174 |
| 56 | | | 0.7488 | 0.9588 | 1.1818 | 1.4164 | 1.6617 | 1.9169 | 2.1814 | 2.4546 | 2.7360 | 3.0253 | 3.3220 | 3.6258 |
| 60 | | | | 1.0717 | 1.3209 | 1.5831 | 1.8572 | 2.1425 | 2.4381 | 2.7435 | 3.0580 | 3.3813 | 3.7129 | 4.0526 |
| 64 | | | | | 1.4658 | 1.7567 | 2.0610 | 2.3775 | 2.7056 | 3.0444 | 3.3935 | 3.7522 | 4.1202 | 4.4971 |
| 68 | | | | | | 1.9372 | 2.2726 | 2.6217 | 2.9834 | 3.3571 | 3.7420 | 4.1376 | 4.5434 | 4.9590 |

Bir gövde hacim denklemi/tablosu yalnızca örneklenen toplumda yer alan ağaçlar için geçerlidir ve geliştirildiği bölge dışında veya farklı ağaç türlerine ilişkin hacim tahminlerinde kullanılması uygun değildir (Kalıpsız, 1981). Bu çalışma kapsamında geliştirilen ağaç hacim denklemleri Safranbolu OİM sınırları içerisinde yayılış gösteren Kazdağı Gökarnı meşcerelerinde hacim tahminleri yapabilmek için geçerlidir. Bu denklemlerin farklı alanlarda yetişen Kazdağı Gökarnı hacim tahminleri için kullanım zorunluluğunun olduğu durumlarda ise yöre için uygunluklarının ayrıca denetlenmesi gerekmektedir.

4. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışma kapsamında, Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Safranbolu Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren Kazdağı Gökarnı meşcereleri için kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminlerinin yapılabilmesi için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir. Kabuklu ve kabuksuz hacim tahminleri için beşer adet tek ve beşer adet çift girişli olmak üzere, toplam 20 adet denkleme ilişkin parametre tahminleri yapılmıştır. Tüm parametreleri anlamlı bulunan denklemlere uygulanan nisbi sıralamalar sonucunda en başarılı denklemler belirlenmiştir. Kabuklu ve kabuksuz gövde hacim tahminleri için tek girişli M5 ve çift girişli M9 denklemleri en başarılı denklemler olarak seçilmiştir. Bu denklemlerin tümü gövde hacmindeki toplam varyansın %95'ten fazlasını açıklayabilmektedir. Söz konusu denklemlerin geçerlilikleri 32 adet örnek ağaçtan oluşan bağımsız veri grubuyla test edilmiş ve Safranbolu OİM Kazdağı Gökarnı meşcereleri için kullanılabilir oldukları sonucuna varılmıştır.

Amenajman planlarından alınan bilgilere göre çalışma alanında örneklenen Gökarnı meşcerelerinin yetişme ortamı verim gücü değerleri birbirlerine yakındır. Bu sebeple, tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin başarıları birbirlerinden çok uzak değildir. Yine de, özellikle *OMH* ve *HKOK* değerleri çift girişli denklemler için daha düşük hesaplanmıştır. Hassas hacim tahminleri gerektiren bilimsel çalışmalar için çift girişli ağaç hacim denklemleri önerilirken, zaman ve maliyetin büyük önem taşıdığı pratik uygulamalar için tek girişli ağaç hacim denklemlerinin kullanılabilmesi görülmektedir.

Aynı göğüs çapına sahip tüm ağaçlar için aynı gövde hacim tahmini sunan tek girişli ağaç hacim denklemlerinin/tablolarnın tercih edildiği bölgelerde yetişme ortamı farklılıklarının fazla olmaması gerekmektedir. Çünkü boy gelişiminin en önemli

göstergelerinden birisi olan yetişme ortamı verim gücü (bonitet) farklılıkları aynı çapa sahip ağaçlarda boy ve dolayısıyla hacim varyasyonunu da arttıracaktır. Bu nedenle, yetişme ortamı verim gücü varyasyonunun yüksek olduğu bölgelerde çift girişli ağaç hacim denklemlerinin kullanılması daha uygun olacaktır. Çift girişli ağaç hacim denklemlerinin uygulamada kullanılmasının zor olduğu bölgelerde her bir bonitet sınıfı için geliştirilecek tek girişli ağaç hacim denklemleri/tablolarnı ile uygulamacıya kolaylık sağlanabilecektir.

Açıklama

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen 1919B012113793 başvuru nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiş olup, katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Ayrıca, arazi çalışmalarındaki desteklerinden dolayı Safranbolu Orman İşletme Müdürlüğü idari ve teknik personeline teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akindele, S.O., LeMay, V.M., 2006. Development of tree volume equations for common timber species in the tropical rain forest area of Nigeria. *Forest Ecology and Management*, 226(1-3): 41-48.
- 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.
- Anşin, R., 2001. Tohumlu Bitkiler: Gymnospermae (Açık Tohumlular). I. Cilt, III. Baskı. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, Trabzon.
- Atalay İ., 2014. Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri. Meta Basım, İzmir, Türkiye.
- Baskerville, G.L., 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research*, 2: 49-53.
- Bozkuş, H.F., Carus, S., 1997. Toros gökarnı (*Abies cilicica* Carr.) ve Sedir (*Cedrus libani* Link.)'in karşılaştırmalı çift girişli ağaç hacim tabloları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A Serisi, 47(1): 51-70
- Brooks, J.R., Wiant, H.V., 2008. Ecoregion based local volume equations for Appalachian hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry*, 25(2): 87-92.
- Carus, S., Memiş, İ., Kündü, K., Alem, Ö., 2016. Şehit Ali İhsan Kalmaz Ormanı karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ağaçlandırması için tek ve çift girişli ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 17(1): 37-42.

- Çalışkan, A., Yeşil, A., 1996. Büyükdüz Araştırma Ormanı sarıçam-gökknar-kayın karışık meşcerelerinde bulunan sarıçam için tek ve çift girişli hacim tablosu. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 46(1): 39-50.
- Çatal, Y., Güneş, A., 2018. Antalya yöresi ormanları için titrek kavak ağaç hacim tablolarının düzenlenmesi. Türkiye Ormancılık Dergisi, 19(1): 30-39.
- Çatal, Y., Gürlevik, N., Karatepe, Y., Carus, S., 2005. Isparta-Gölcük yöresi yalancı akasya (*Robinia Pseudoacacia* L.) meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu. Turkish Journal of Forestry, 6(2): 78-90.
- Durkaya, B., Durkaya, A., 2006. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Uludağ göknarı (*Abies Bormmülleriana* Matff.), sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky.) karışık meşcereleri için hacim tabloları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 8(10): 10-19.
- Eler, Ü., 2013. Dendrometri. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, SDÜ Basımevi, Isparta.
- Eraslan, İ., 1954. Trakya Ve Bilhassa Demirköy Mıntıkası Meşe Ormanlarının Amenajman Esasları Hakkında Araştırmalar. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, OGM Basımevi, İstanbul.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam hacim tablosu. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A-9(1): 97-112.
- Kahriman, 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., 1981. İstatistik Yöntemler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İÜ Basımevi, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1993. Dendrometri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İÜ Basımevi, İstanbul.
- Mısır, N., Mısır, M., 2004. Developing double-entry tree volume table for Ash in Turkey. Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 3(4): 135-144.
- Ölmez, K., Şenyurt, M., 2022. Sarıçam ağaçları (*Pinus sylvestris* L.) için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi (Bozalan ve Çubuk yöresi örneği). Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 8(1): 73-82.
- Özçankaya, N., Batur, M., Kiracioğlu, Ö., 2021. İzmir Orman Bölge Müdürlüğü fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcereleri için gövde hacim tablolarının düzenlenmesi. Ormancılık Araştırma Dergisi, 8(2): 125-145.
- Özçelik, R., 2010. Bucak yöresi kızılçam, sedir ve Toros Göknaarı türleri için hacim denklemleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A(2): 1-15.
- Özçelik, R., Çevlik, M., 2017. Batı Akdeniz Yöresi doğal sedir meşcereleri için hacim denklemleri. Turkish Journal of Forestry, 18(1): 37-48.
- Özçelik, R., Kalkanlı, Ş., 2018. Kaş Yöresi doğal kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcereleri için ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 9-19.
- Özçelik, R., Karaer, K., 2016. Eğirdir Yöresi doğal kızılçam ve karaçam meşcereleri için ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 66(1): 59-74.
- 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., Özdemir, G., 2018. Stem taper estimations with artificial neural networks for mixed Oriental beech and Kazdağı fir stands in Karabük region, Turkey. Cerne, 24: 439-451.
- Sakıcı, O.E., Yavuz, H., 2003. Ilgaz Dağı göknar meşcereleri için hacim fonksiyonları. Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi, 3(2): 219-232.
- Sakıcı, O.E., Sağlam, F., Seki, M., 2018. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri. Turkish Journal of Forestry, 19(1): 20-29.
- Seki, M., 2022. Developing single and double entry tree volume equations for Calabrian pine trees in Bergama Forest Enterprise. 2. International Congress on Environment, Disaster and Forest, 02-03 December, Adana, Türkiye, pp. 105.
- Sönmez, T., Gencal, B., Çankaya, E.Ç., 2023. Single- and double-entry volume equations for Turkey oak (*Quercus cerris* L.) stands in Bursa Regional Directorate of Forestry. Forestist, 73(1): 51-62.
- Sprugel, D.G., 1983. Correcting for bias in log-transformed allometric equations. Ecology, 64: 209-210.
- Şenyurt, M., Ümit, M., 2019. Asarkaya kızılçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin geliştirilmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 5(2): 108-116.
- Yavuz, H., 1999. Taşköprü yöresinde karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(5): 1181-1188.