

**T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞAVŞAT YÖRESİ DOĞU KARADENİZ GÖKNARI MEŞCERELERİ İÇİN
GÖVDE ÇAPI VE GÖVDE HACİM MODELLERİNİN KARIŞIK ETKİLİ
MODELLEME TEKNİĞİ İLE GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zuhal Tuğçe YAZICI

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Aydın KAHRİMAN**

Artvin-2019

TEZ BEYANNAMESİ

Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak hazırladığım “Şavşat Yöresi Doğu Karadeniz Göknarı Meşcereleri İçin Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modellerinin Karışık Etkili Modelleme Tekniğı İle Geliştirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar Dr. Öğr. Üyesi Aydın KAHRİMAN’ın danışmanlığında tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili programlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim 19/11/2019

Zuhal Tuğçe YAZICI

T.C.
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞAVŞAT YÖRESİ DOĞU KARADENİZ DOĞU KARADENİZ GÖKNARI
MEŞCERELERİ İÇİN GÖVDE ÇAPI VE GÖVDE HACİM MODELLERİNİN
KARIŞIK ETKİLİ MODELLEME TEKNİĞİ İLE GELİŞTİRİLMESİ

Zuhal Tuğçe YAZICI

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : .../...../2019

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : .../.../2019

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Aydın KAHRİMAN

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hacı Ahmet YOLASIĞMAZ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Günay ÇAKIR

ONAY:

Bu Doktora Tezi, AÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından .../.../2019 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../2019 tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../2019

Doç. Dr. Hilal TURGUT

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Şavşat Yöresi Doğu Karadeniz Göknaı Meşcereleri İçin Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modellerinin Karışık Etkili Modelleme Tekniği İle Geliştirilmesi” konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan danışmanım sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Aydın KAHRİMAN’a teşekkürlerimi sunarım. Arazi envanteri ve yapılan istatistiksel testlere olan destek ve katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman ŞAHİN’e ve araştırma alanı haritasının oluşturulmasında katkısından dolayı da Arş. Gör. Dr. Durmuş Ali ÇELİK’e teşekkür ederim.

AÇÜ – BAP 2018.F10.02.02 No’lu proje kapsamında hazırlanan tez çalışmamda aldığım destek için Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışma sürecinde arazi çalışmalarında desteklerini gördüğüm başta Artvin Orman Bölge Şube Müdürü Nedim TÜYLÜ ve Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ediyorum.

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi destekleri ile sürekli yanımda olan aileme sonsuz şükranlarımı sunuyorum.

Araştırmanın bilimsel ve teknik açıdan uygulayıcılara faydalı olmasını dilerim.

Zuhal Tuğçe YAZICI

Artvin - 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TEZ BEYANNAMESİ	I
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
TABLolar DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
1. GENEL BİLGİLER	9
1.1. Giriş	9
1.2. Gövde Profili Modelleri	12
1.3. Ağaç Hacim Modelleri	19
1.4. Doğu Karadeniz Göknaarı Hakkında Genel Bilgiler	21
1.4.1. Doğu Karadeniz Göknaarına İlişkin Amenajman Esasları	23
2. MATERYAL ve YÖNTEM	25
2.1. Materyal	25
2.2. Yöntem	35
2.2.1. Gövde Çapı Denklemleri	35
2.2.2. Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modelleme ile Gövde Çapı Modellerinin Geliştirilmesi	39
2.2.3. Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modellerin Kalibrasyon Yanıtlarının Belirlenmesi	41
2.2.4. Gövde Hacminin Belirlenmesi ve Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi	43
3. BULGULAR	47
3.1. Örnek Ağaç Verilerine İlişkin Bulgular	47
3.2. Gövde Çapı Modellerine İlişkin Bulgular	47
3.3. Karışık Etkili Gövde Çapı Denklemine İlişkin Bulgular	48
3.4. Kalibrasyon Yanıtlarına İlişkin Bulgular	50

3.5.	Gövde Çapı Tahminlerinin Değerlendirmesi	50
3.6.	Gövde Hacmine İlişkin Bulgular.....	55
4.	TARTIŞMA	59
4.1.	Gövde Hacim Modellerinin Kıyaslanması.....	59
5.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR		65
EKLER		80
ÖZGEÇMİŞ.....		87



ÖZET

ŞAVŞAT YÖRESİ DOĞU KARADENİZ GÖKNARI MEŞCERELERİ İÇİN GÖVDE ÇAPI VE GÖVDE HACİM MODELLERİNİN KARIŞIK ETKİLİ MODELLEME TEKNİĞİ İLE GELİŞTİRİLMESİ

Bu çalışmada; Artvin Şavşat Yöresine yayılış gösteren saf Doğu Karadeniz Göknaarı (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach. subsp. *nordmanniana*) meşcereleri doğrusal olmayan karışık etkili modelleme teknikleri kullanılarak uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modelleri, ayrıca pratik olarak kullanılabilmesi maksadıyla da ek olarak tek ve çift girişli ağaç hacim modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla 240 adet Doğu Karadeniz Göknaarına ilişkin ölçüm verileri kullanılmıştır. Ölçüm verileri düzenlendikten sonra 7 farklı gövde çapı modeli denenmiş ve en başarılı olarak belirlenen Jiang ve ark. tarafından geliştirilen gövde çapı modeli denkleminin düzeltilmiş belirtme katsayısı (R_{adj}^2) 0.981, tahminin standart hata (SEE) değeri 1.526, ortalama hata (\bar{E}) değeri 0.233 cm ve ortalama mutlak hatası ise ($|\bar{E}|$) 0.996 cm olarak elde edilmiştir. AIC , BIC ve $-2LnL$ hata ölçütleri dikkate alınarak, Jiang ve ark., denkleminin, b_3 sabit etkili parametresinin tesadüfi etkili parametre ile genişletilmesi gerektiği görülmüştür. Tek parametresi tesadüfi etkili 12 kalibrasyon seçeneği için farklı ekstra çap değerleri kullanılarak kalibrasyon sonuçları da araştırılmıştır. Burada da en iyi tahmin sonucu dipten üç adet çap ölçümüne ilişkin kalibrasyon seçeneği ile elde edilmiştir. Son olarak geliştirilen tek ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinde ise belirtme katsayıları 0.977 ile 0.993 ve tahminin standart hata değerleri de 0.171 ile 0.07 olarak bulunmuştur. Yapılan istatistiksel testler sonucunda, çalışma kapsamında üretilen modellerin Şavşat Yöresindeki Doğu Karadeniz Göknaar meşcerelerine uygun olduğu ve güvenle kullanılabilceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelime: Doğu Karadeniz Göknaarı, uyumlu gövde profil modelleri, doğrusal olmayan karışık etkili modeller, gövde hacim modeli, Artvin-Şavşat

SUMMARY

DEVELOPMENT OF COMPATIBLE TAPER AND STEM VOLUME EQUATIONS FOR CAUCASIAN FIR STANDS IN ŞAVŞAT REGION BY USING MIXED-EFFECT MODELING TECHNIQUES

In this study, segmented polynomial taper and stem volume equations have been developed by using non-linear mixed-effect modeling techniques in pure Caucasian Fir stands that spread to Artvin Şavşat region. Besides that single and double entry tree volume equations were developed for practical use in the same region. For this purpose, the measurement data of 240 felled Caucasian Fir sample trees were used. 7 different compatible taper equations tested after regulation of data. The Jiang et al.'s stem profile model produced the best prediction results. The adjusted coefficient of determination (R_{adj}^2) 0.981, Standart Error of Estimate (SEE) 1.526, Bias (\bar{E}) 0.233 cm and Mean Absolute Error ($|\bar{E}|$) 0,996 cm of the model were found for Caucasian fir trees. Considering the AIC , BIC and $-2LnL$ error criteria, it was seen that the constant effect parameter b_3 of the equation of Jiang et al. Calibration results have been investigated using different extra diameter values for single-parameter randomized 12 calibration options. The best estimation result among the options was obtained from the calibration option for three diameter measurements at the bottom. At the last stage, the coefficients of the single and double entry tree volume equations were found to be 0.977 and 0.993, and the standard error values of the estimation were 0.171 and 0.07. As a result of the statistical tests, it has been determined that the models produced within the scope of the study are suitable for the Caucasian fir stands in Şavşat and can be used with confidence.

Key Words: Caucasian fir, segmented polynomial taper equations, nonlinear-mixed effect models, stem volume equations, Artvin-Şavşat

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Gövde profili modellerinin sınıflandırılması	13
Tablo 2. Şavşat Yöresindeki Gökmar meşcerelerinin alanları	27
Tablo 3. Çalışılan sahalarda ağaç türleri itibariyle dağılışı tablosu	27
Tablo 4. Şeflik bazında örnek ağaç sayıları	30
Tablo 5. Örnek ağaçların çap sınıfları ve boy basamaklarına dağılımı.....	32
Tablo 6. Çalışma kapsamında kullanılan gövde çapı modelleri	37
Tablo 7. Çalışma kapsamında kullanılan bazı ağaç hacim modelleri	46
Tablo 8. Gövde çapı modellerinin geliştirilmesi ve test edilmesinde kullanılan verilerin istatistiksel değerleri	47
Tablo 9. Denenen gövde çapı modellerinin çeşitli başarı ölçütleri	48
Tablo 10. Jiang ve ark. (2005) gövde çapı modelinin parametre tahminleri	48
Tablo 11. Gövde çapı modelinin farklı rastgele parametre seçeneklerinin başarı ölçütleri.....	49
Tablo 12. Karışık etkili modelin parametre ve varyans değerine ilişkin tahminler ...	49
Tablo 13. Farklı kalibrasyon seçeneklerine ilişkin tahmin sonuçları.....	50
Tablo 14. Sabit etkili model için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi.....	51
Tablo 15. Karışık etkili model için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi.....	51
Tablo 16. Tek girişli ağaç hacim modellerine ilişkin istatistiksel sonuçlar	55
Tablo 17. Çift girişli ağaç hacim modellerine ilişkin istatistiksel sonuçlar	56
Tablo 18. Gövde hacim modellerinin çeşitli hata değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar	57
Tablo 19. Hacim tablolarının uygunluklarına ilişkin yapılan varyansların eşitliği ve Eşleştirilmiş T-Testi Sonuçları	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Göknar türlerinin ve Doğu Karadeniz Göknarının ülkemizdeki yayılış alanları.....	23
Şekil 2. Çalışma alanı ve örnek alanların dağılım haritası.....	29
Şekil 3. Doğu Karadeniz Göknarı meşceresi çalışma alanında yapılan ölçümlerden genel bir görünüm	31
Şekil 4. Doğu Karadeniz Göknarı meşceresi çalışma alanında yapılan ölçümlerden genel bir görünüm	31
Şekil 5. Kesilen ağaçlar üzerinde gerçekleştirilen çap ölçümleri	32
Şekil 6. Modellerin oluşturulmasında (a) ve denetiminde (b) kullanılan örnek ağaç verilerinin çap-boy ilişkisi	33
Şekil 7. (a) Modellerin verileri ile (b) kontrol verilerinin oransal çap ve oransal boy değerlerine dağılımı.....	34
Şekil 8. Oransal boy sınıfları itibariyle sabit ve karışık etkili modellerin HKOK değerlerinin değişimi.....	52
Şekil 9. Nisbi boylar itibariyle sabit etkili (a) ve karışık etkili (b) modeller için hata varyansı.....	53
Şekil 10. Tesadüfi etkili parametrelere (b3) sahip modeller kullanılarak beş farklı ağaç için gövde şekli eğrileri.....	54
Şekil 11. Doğu Karadeniz Göknarı tek girişli ağaç hacim grafiği	56
Şekil 12. Tek girişli ağaç hacim modellerinin kıyaslanması	59
Şekil 13. Çalışma kapsamında geliştirilen tüm modellerin, diğer çalışmalarla kıyaslanması	60

KISALTMALAR DİZİNİ

H	Ağaç boyu
d1,3 (d, D)	Göğüs çapı
V	Hacim
ha	Hektar
h	İlgili boy
d0,3	Kütük Çapı
log	Logaritma
m	Metre
m ³	Metreküp
NLME	Nonlinear Mixed Effect Models- Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modeller/Modelleme
OBM	Orman Bölge Müdürlüğü
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
OİM	Orman İşletme Müdürlüğü
p	Önem düzeyi (anlamlılık)
cm	Santimetre
t	t değeri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden olan ormanlar, sunduğu ürün çeşitliliği ve fonksiyonlarıyla doğal ekosistemin vazgeçilmez bir parçasıdır (Yavuz, 1992). Ancak, plansızca kullanımlar ile birlikte doğal dengenin bozulmaya başlaması, böcek zararı, yangınlar gibi çeşitli sebeplerle de orman kaynakları azalmaya başlamıştır (Eler, 2003). Bundan dolayı, gün geçtikçe nüfusun ve gereksinimlerin artması sonucunda talepleri karşılayabilmek ve ormanların sürdürülebilirliğini sağlayabilmek amacıyla ormanlardan sağlanan faydalanmanın düzenlenmesi gerekmektedir (Asan, 1984).

Ormanların sürdürülebilir şekilde işletilmesi ve korunmasının yanı sıra geleceğe dönük planlama senaryolarının geliştirilmesinde de, ormanların aktüel durumu ile büyüme ve gelişme özelliklerinin doğru şekilde bilinmesine (Klos ve ark., 2007) ya da diğer bir deyişle, ormanların planlanması yapılırken; ormanlık alanlara ilişkin alan bilgisi, yetişme ortamı, ağaç serveti ve odun dışı orman ürünleri gibi orman envanterine dayanan çeşitli bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır (Eraslan ve Kalıpsız, 1967). Ancak orman envanteri, ormanlara ilişkin bütün planlama senaryolarının temelini kapsamaktadır. Bu yüzden orman envanterine ilişkin bilgilerin doğruluğu ve güvenilirliği arttıkça, ormanlara ilişkin planlama ve işletme faaliyetlerinin güvenilirliği de o derece artacaktır (Fırat, 1973; Eler, 1977).

Ormancılıkta ekonomik açıdan başlıca envanter çeşidinin de, ağaç serveti ve artımın envanteri olduğu düşüncesiyle de, ağaç servetini ortaya koyabileceğimiz meşcere hacminin en doğru şekilde belirlenmesi büyük derece de önem taşımaktadır. Çünkü meşcere hacminin bilinmesiyle, meşcereden üretilecek olan odun ürün çeşitlerinin ve bunların miktarlarının bilinmesi, planlamanın temelini oluşturan orman envanterinin en önemli unsurlarından biridir. Bu sebeple dikili gövde hacmini en doğru ve en güvenilir şekilde tahmin edebilmek, ormancılık faaliyetlerinin ve bilimsel çalışmaların devamlılığı açısından büyük önem taşımaktadır (Barrio-Anta ve ark.,

2007).Yine, Loetsch ve ark. (1973)'un belirttiğine göre de, orman işletmelerinin optimal şekilde devamlılığını sağlamanın en temel unsurlarından birisi de, ormanların sahip olduğu toplam hacmi (ağaç servetini) doğru ve etkin şekilde tahmin etmektir. Dolayısıyla, orman işletmelerine ait planların oluşturulması aşamasında, ilgili ormana ait mevcut ağaç servetinin toplam hacminin ve hatta odun ürün çeşitlerine göre hacim değerlerinin güvenilir bir biçimde saptanması gerekmektedir (Yavuz, 1995).

En önemli büyüme modellerinden biri olan hacim modelleri; bir ağacın toplam hacmini veya ticari yuvarlak odun hacmini doğru tahmini yapabilen, bu yüzden de hem orman envanter çalışmaları ve hem de orman amenajman planları yapımında yaygın olarak kullanılan modellerdir. Hacim tahminleri; tek ağaç, meşcere toplam hacmi ve bu hacim miktarının çeşitli ticari sınıflarına göre doğru şekilde hesaplanması (Dieguez-Aranda ve ark. 2006; Corral-Rivas ve ark., 2007; Crecente-Campo ve ark., 2009); orman amenajman planlarının hazırlanması (de-Miguel ve ark., 2012); orman ürünleri sanayisinin tahminlerinin yapılması (Fang ve ark., 2000; Jiang ve ark., 2005; de-Miguel ve ark., 2012) ve ilgili biyokütle dönüşüm faktörleri kullanılarak meşcere biyokütlesiyle birlikte karbon depolama miktarının hesaplanması (Castedo-Dorado ve ark., 2012; Gomez-Garcia ve ark., 2015; Schröder ve ark., 2015) amacıyla kullanılan kullanılan önemli meşcere parametrelerinden birisidir (Özçelik ve ark., 2017).

Bu derece önem taşıyan meşcere hacminin belirlenmesi için de, en büyük yardımcı kaynak, pratik kullanılmaları sebebiyle ağaç hacim tablolarıdır (Saraçoğlu 1988). Ülkemizde gelişim gösteren ağaç türlerinin hemen hemen hepsi için hazırlanmış olan ağaç hacim modelleri ve tabloları bulunmakta ve meşcere serveti ile ve artım hesabını yapabilmek için de bu modellerden ya da tablolardan yararlanılmaktadır (Şahin, 2015).

Ağaç hacim modelleri, dikili gövde hacmini açıklayabilmelerine rağmen; ağaçlardan üretilebilecek odun ürün çeşitlerinin (sanayi odunu, tomruk, direk gibi) oranları veya miktarları konusunda bir tahmin yapmamaktadırlar. Bu yüzden, ağaç gövdelerinden sağlanabilececek odun ürün çeşitlerine ilişkin ayrıntılı hacim tahminleri yapabilecek

yöntemlere de ayrıca ihtiyaç duyulmaktadır (Yavuz ve Saraçoğlu, 1999; Özçelik ve Alkan, 2011).

Ayrıca, günümüzde ürün çeşitlerinin (odun ve odun kökenli) önemi arttığından dolayı, bunların miktarının ve kalitesinin doğru bir şekilde bilinmesi önem arz etmektedir. Ormanlarımızın 10-20 yıllık geleceklerinin planlandığı Orman Amenajmanı planlarında ürün çeşitliliği daha etkin bir şekilde dikkate alınarak, planların ekonomik planlamaya geçmesine kayda değer bir katkıda bulunacaktır. Özellikle, “ekonomik değerleri ve kullanım alanları önemli derecede farklı olan bu ürünlerin, hektardaki dağılımlarının önceden bilinmesiyle birbirlerinin yerine hesaplanmalarından doğabilecek önemli zararları önlenebilecektir” (Sun ve ark., 1978).

Bu yüzden, ağaç hacim modelleri ve tablolarından ayrı olarak; günümüzde, ağaç hacim tahminleri üzerine en güvenilir yöntemlerden birisinin de gövde çapı modelleri olduğu belirtilmektedir (Fang ve ark., 2000; Rojo ve ark., 2005; Dieguez-Aranda ve ark., 2006; Li ve Weiskittel 2010; Özçelik ve Crecente-Campo, 2016). Gövde çapı modelleri Kozak (2004)'ın ifade ettiği şekilde; “a) ağaç gövdesi üzerindeki herhangi bir yükseklikteki çap değerinin; b) toplam gövde hacminin, c) ticari gövde hacminin ya da gövde üzerindeki herhangi iki yükseklik arasındaki seksiyon hacminin, d) herhangi bir çap değerinin, gövdede hangi yükseklikte olduğunun tahmin edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. De-Miguel ve ark. (2012) tarafından da belirtildiği gibi, gövde çapı modellerinin ormancılık uygulamaları için diğer bir önemi de, büyüme ve hasılat modellerine entegre edilebilir olması, farklı yetişme ortamları ve planlama alternatifleri için elde edilecek ürün sınıflarının ve miktarlarının tahminine imkan sağlamasıdır”.

Bu çalışmada, Artvin Orman Bölge Müdürlüğü (OBM) Şavşat Orman İşletme Müdürlüğünde (OİM) önemli bir oranda yayılış alanına sahip olan saf Doğu Karadeniz Göknarı meşcereleri için ayrıntılı hacim tahminlerine olanak sağlayan gövde çapının yanısıra gövde hacim modellerinin karışık etkili modelleme yaklaşımı ile geliştirilmesi; ayrıca pratik olarak kullanılabilmesi maksadıyla da, ek olarak tüm gövde hacmini veren tek ve çift girişli ağaç hacim modellerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

1.2. Gövde Profili Modelleri

Gövde profili modelleri; gövde çapı ve ağaç boyu değişkenleri ile bu değişkenlerden türetilen diğer yeni değişkenler yardımıyla,

- ✓ Bir ağaç gövdesi üzerindeki herhangi bir yükseklikteki (h) gövde çapını (d),
- ✓ Gövde üzerinde herhangi bir çap değerinin (d), gövdenin yerden ne kadar yükseklikte (h) yer aldığını,
- ✓ Toprak seviyesinden (0 m) belirlenen bir yüksekliğe (h) kadar olan gövde çapına (d) olan kısmının hacmini,
- ✓ Toprak seviyesinden (0 m), gövde üzerinde belirlenen herhangi bir çapa (d) kadar olan kısmın hacmini,
- ✓ Gövde üzerindeki farklı herhangi iki çap değeri (d_i, d_j) ya da farklı uzunluklar (h_i, h_j) arasındaki gövde bölümünün arasında kalan hacmin hesaplanması amacıyla geliştirilen modellerdir (Yavuz 1995, Kozak, 2004).

Newnham (1988)'in belirttiğine göre; “tüm ağaç türleri için gövde formundaki değişimi açıklayabilecek bir teorinin olmayışı ve değişen pazar koşullarına bağlı şekilde değişen odun ürün çeşidi standartlarını dikkate alan bir yöntemin elde edilememesinden dolayı gövde çapı modelleri üzerindeki çalışmalar yüz yılı aşkın süredir devam etmektedir” (Özçelik ve ark., 2017). Ormancılık araştırmalarında 100 yılı aşkınca bir süredir, birçok gövde çapı denklemi, değişik ağaç türlerinde ve değişik gövde formlarında geliştirilmiş (Kozak ve ark., 1969; Demaerschalk, 1972, Max ve Burkhart, 1976; Clark ve ark., 1991; Fang ve ark., 2000; Jordan ve ark., 2005; Kozak 1988; Kozak 2004) olup, bu gövde çapı modellerinin birçoğu sadece tek tür veya birkaç tür için uygulanmıştır. Yani kullanılan gövde çapı modellerinin gövde çapını tahmin etmedeki başarıları, ağaç türlerine göre değişkenlik göstermektedir (Sharma ve Zhang (2004). Ağaç türlerine ait gövde formları üzerinde toprak tipi, meşcerelerin sıklığı, jeolojik ve iklimik etkiler ile o meşcereye uygulanan silvikültürel müdahaleler de etkili olduğu için (Muhairwe ve ark., 1994); farklı ağaç

türlerinde ve farklı yetiştirme ortamlarında, farklı gövde çapı modelinin seçilmesi gerekmektedir (Özçelik ve ark., 2017).

Yapılan literatür taraması sonucu; gövde profili modelleri konusunda, birçok araştırmacı tarafından çok farklı ve birbirine benzemeyen çeşitli sınıflandırmaların yapılmış olduğu görülmüştür. Burada farklı sınıflandırmaların yapılmasının nedeni; her araştırmacının kendi sınıflandırmasını yaparken farklı ölçütleri kullanmasıdır. Bu yüzden, net şekilde bir gövde profili modelleri sınıflandırması verebilmek zordur; ancak Sakıcı (2002) tarafından yapılan literatür çalışması sonucu, ortaya konulan değişik sınıflandırmalara ilişkin örnekler aşağıda verilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Gövde profili modellerinin sınıflandırılması

Yazar	Gövde Profil Modeli
“Reed ve Green (1984)	a) Uyumsuz ve b) Uyumlu Gövde Çapı Modelleri
Thomas ve Parresol (1991)	a) Basit hiperbolik ifadeler, b) Yüksek dereceli polinomiellere ilişkin çoklu regresyon modelleri, c) Karmaşık çoklu üssel fonksiyonlar ve d) Segmented polinomiyal fonksiyonlar
Flewelling ve Raynes (1993)	a) Gövdeyi bütün şekilde inceleyen fonksiyonlar, b) Gövdeyi bölümlere ayırıp inceleyen fonksiyonlar
Muhairwe ve ark.(1994)	a) Basit Gövde Profili, b) Segmented Gövde Profili, c) Değişken şekil ve Değişken exponent Gövde Profili ile d) Doğrusal Modeller ve Kutupsal Koordinatlar gibi yaklaşımlar kullanılarak elde edilen Gövde Profili Fonksiyonları
Williams ve Reich (1997)	a) Basit, b) Segmented ve c) Karmaşık Segmented Fonksiyonlar,
Petersson (1999)	a) Segmented ve b) Sürekli (Continuos) Fonksiyonlar,
Fang ve Bailey (1999)	a) Deneysel (Empirical) yaklaşımla oluşturulan ve b) Geometrik yaklaşımla oluşturulan fonksiyonlar,
Frang ve ark.. (2000)	a) Basit sürekli ve b) Segmented Fonksiyonlar,
Sharma ve Oderwald (2001)	a) Polinomieller, b) Segmented Polinomieller, c) Hacim Oran Fonksiyonları, d) Değişken Şekil Fonksiyonları ve e) Uyumlu Hacim – Çap Fonksiyonları”,

Diğer taraftan; Kozak, 1988 ve Newnham, 1992’te göre de; ormancılıkta değişken şekil çap modelleri (Variable-Exponent Taper Model) ile parçalı-gövde çapı

(Segmented Taper Model) modelleri (ilk olarak Max ve Burkhart, 1976) tarafından geliştirilmiştir) olmak üzere iki tip gövde çapı modeli yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan değişken şekil çap modellerinde, ağaç gövdesinin, en dipten itibaren nayloid, paraboloid ve konik şeklindeki parçalardan oluştuğu düşünülmektedir. Ancak bu modeller; gövdenin sahip olduğu farklı şekillerin, hacim hesaplamaları için birleştirilemiyor olması ve en yüksekteki çap değeri için ticari boyun doğrudan hesaplanamayarak, iterasyonla hesaplanmasının gerekmesi gibi olumsuz yönleri bulundurmaktadırlar. Parçalı-gövde çapı model formu ise ağaç gövdesinin farklı bölümlerindeki çap düşüşlerini farklı denklem yapıları kullanarak tanımlamakta ve ayrıca katılma noktaları kullanarak da bunları birleştirmektedir (Max ve Burkhart, 1976; Clark ve ark., 1991; Fang ve ark., 2000).

Jiang ve ark., (2005)' a göre, "gövde modellerinin, tüm gövde için kullanılanları yerine; farklılıklar gösteren her bir bölüm için ayrı bir polinom oluşturarak, bu polinomları bir modelde birleştiren gövde çapı modelleri, istatistiksel anlamda oldukça başarılı sonuçlar vermiş ve bu model pek çok araştırmacı tarafından da değişik ağaç türlerinde gövde çaplarının tahmin edilmesi amacıyla kullanılmıştır (Demaerschalk ve Kozak, 1977; Cao ve ark., 1980; Green ve Reed, 1985; Byrne ve Reed, 1986; Czaplewski ve McClure, 1988). Farklı araştırmalarda değişik Parçalı Gövde Profili Modeli üretilmiştir (Cao ve ark., 1980; Valenti ve Cao, 1986; Parresol ve ark., 1987; Farrar, 1987; Clark ve ark., 1991; Fang ve ark., 2000; Jiang ve ark., 2005). Bunlardan ayrı olarak; birçok araştırmada da farklı Değişken-Şekil Gövde Çapı Modeli geliştirilmiştir (Kozak, 1988, Perez ve ark., 1990; Newnham, 1992; Riemer, 1995; Muhairwe, 1999; Zakrzewski, 1999; Bi, 2000; Lee ve ark., 2003; Kozak, 2004). Sonuç olarak, bazı çalışmalar parçalı gövde çapı modellerinin; değişken şekil gövde çapı modellerine göre daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur" (Özçelik ve Crecente-Campo, 2016; Özçelik ve ark., 2017).

Ülkemizde günümüze kadar birçok araştırmada, farklı araştırmacılar tarafından çeşitli gövde profil modelleri geliştirilmiştir. Bu araştırmalarda; Yavuz (1995b) tarafından Taşköprü OİŞ'de Sarıçam ve Karaçam için uyumlu gövde çapı, kabuklu ve kabuksuz hacmi ve hacim oranı denklemleri; Yavuz ve Saraçoğlu (1999) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesi Kızılağaç meşcereleri için hem uyumlu ve hem de uyumsuz gövde çapı modelleri; Sakıcı (2002) tarafından Kastamonu yöresi

Uludağ Göknaarı meşcerelerinde gövde profili, hacim ve hacim oranı denklemleri; Meydan-Aktürk (2006) tarafından Artvin OİM'deki Doğu Ladini için trigonometrik gövde profil denklemleri; Brooks ve ark. (2008) tarafından Mut ve Elmalı yörelerinde Kızılcım, Lübnan Sediri ve Toros Göknaarı için Max ve Burkhart tarafından geliştirilmiş Segmented Polinomiyal gövde çapı ile uyumlu gövde hacmi denklemleri; Sakıcı ve ark. (2008) tarafından Kastamonu'daki Uludağ Göknaarı meşcerelerinde basit polinomiyal, parçalı polinomiyal ve değişken-form gövde profili modelleri; Özçelik (2010) tarafından Erzincan'da yayılış gösteren Sarıçam meşcereleri için Jiang (2004) uyumlu gövde çapı ve hacim modeli; Özçelik ve Alkan (2011) tarafından Tarsus-Karabucak Ökaliptus ağaçlandırma sahaları için Max ve Burkhart (1976) ile Thomas ve Parresol (1991)'un denklemlerini kullanarak uyumlu gövde çapı ile hacim modelleri; Özçelik ve ark. (2011) tarafından Bucak OİM'deki Kızılcım, Toros Sediri ile Göknaar türleri için Max ve Burkhart (1976)'ın segmented polinomiyal denklemi ile gövde çapı ile hacim modelleri; Özçelik ve Brooks (2012) tarafından Isparta OBM'deki Kızılcım, Toros Sediri, Toros Göknaarı, Karaçam türleri ile Erzurum OBM'dek Sarıçam meşcereleri için Clark ve ark. (1991) ve Max ve Burkhart (1976)'ın denklemlerinden türetilen uyumlu gövde hacim modelleri; Bal (2012) tarafından Konya-Beyşehir OİM'deki Karaçam meşcereleri için Jiang ve ark. (2005) parçalı gövde çapı ve hacim modeli; Özçelik ve ark. (2012) tarafından Bucak-Uğurlu OİM'deki Kızılcım meşcereleri için Max ve Burkhart (1976) ve Parresol ve ark. (1987) denklemlerinden türetilen uyumlu gövde çapı ve hacim denklemleri; Şahin (2012) tarafından Sütçüler OİM'deki Karaçam meşcereleri için Max ve Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987) ve Clark ve ark. (1991)'ın gövde çapı denklemlerinden türetilen gövde çapı ve hacmi modelleri; Ercanlı ve Kahrıman (2013) tarafından Trabzon ve Giresun ilindeki Doğu Ladini-Sarıçam karışık meşcereleri için parçalı polinomiyal gövde çapı ve gövde hacim denklemi; Özçelik ve Bal (2013) tarafından Konya- Beyşehir OİM'deki Karaçam meşcereleri için Clark ve ark. (1991) ve Jiang ve ark. (2005) parçalı gövde çapı ve hacim modelleri kullanılarak gövde çapı ve gövde hacim modelleri; Atalay (2014) tarafından Sırçalı Orman İşletme Şefliği'nde yayılış gösteren Karaçam ağaçları için Max ve Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987) ve Jiang ve ark. (2005) denklemlerinden türetilen uyumlu gövde çapı ve hacim denklemleri; Ercanlı ve ark. (2014) tarafından Adana-Feke Kızılcım (Pinus brutia Ten.) meşcereleri için gövde çapı ve hacim denklemleri;

Kurt (2014) tarafından Mersin-Tarsus-Buladan ve Cehennemdere OİŞ'lerde yayılış gösteren Anadolu Karaçamları için Max ve Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987) ve Jiang ve ark. (2005) denklemlerinden türetilen ile uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri; Göçeri (2015) ile Özçelik ve Göçeri (2015), Mersin Karabucak OİŞ'deki *Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* plantasyonları için ticari hacim denklemleri; Karaer (2015) ile Özçelik ve Karaer (2016), Eğirdir OİM'nin Yukarı Gökdere ve Merkez OİŞ'lerindeki Kızılçam ve Karaçamlar için, Lee ve ark. (2003), Sharma ve Zhang (2004) ve Kozak (2004)'den türetilen gövde çapı modelleri; Kaya (2015) tarafından Zonguldak Dorukan ve Akcasu OİŞ'lerde doğal yayılış gösteren Sarıçam ve Karaçam karışık meşcereleri için gövde çapı ile hacim denklemleri; Kumaş (2015) ile Kumaş ve Kahrıman (2016), Antalya yöresinde yayılış gösteren Kızılçam meşcereleri için Bruce ve ark. (1968), Demaerschalk (1972), Demaerschalk (1973), Max ve Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987), Cao ve ark. (1980) ve Jiang ve ark. (2005) denklemlerini kullanılarak uyumlu gövde çapı ve hacim denklemleri; Yaşar (2015) ile Özçelik ve Yaşar (2015) tarafından Sinop OBM'deki Kepez OİŞ'deki doğal Uludağ Göknaarı meşcereleri için Max ve Burkhart (1976) modeli kullanarak uyumlu gövde çapı ve hacim modeli; Ercanlı ve Şenyurt (2017), Kızılcahamam'daki Sarıçam meşcereleri için doğrusal olmayan regresyon analizi ve otoregresif modelleme tekniği ile gövde çapı denklemi; Özçelik ve Dirican (2017), Bucak yöresi Sedir-Toros Göknaarı karışık meşcereleri için Biging (1984), Muhairwe (1999), Zakrzewski (1999), Fang ve ark. (2000), Kozak (2004) ve Sharma ve Zhang (2004) denklemlerinden türetilen gövde çapı denklemleri; Çakır (2018) ile Çakır ve Kahrıman (2018) Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşcereleri için, Demaerschalk (1972), Demaerschalk (1973), Bruce ve ark. (1968), Max ve Burkhart (1976), Parresol ve ark. (1987), Jiang ve ark. (2005) ve Cao ve ark., (1980) denklemleri kullanılarak uyumlu gövde çapı ve hacim modelleri geliştirilerek bu denklemlerin başarı durumlarını karşılaştırarak Jiang ve ark. (2005) denkleminde türetilen uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemleri geliştirmişler; Özdemir (2018)'de Karabük'de yayılış gösteren Kayın-Göknaar karışık meşcerelerinde gövde çaplarını yapay sinir ağları ile tahmin etmiş ve Yiğit (2018) de tarafından doğal Toros Göknaarı için karışık-etkili modelleme tekniğiyle gövde çapı denklemleri geliştirmiştir.

Gövde çapı modellerinin geliştirilmesinde genellikle doğrusal olmayan en küçük kareler (EKK/OLS) yöntemi ve model oluşturmada ise aynı ağaç üzerinde, farklı yüksekliklerde yapılan çap verileri oluşturmaktadır. Ancak, aynı gövde üzerinde ardışık ölçümlerle elde edilen bu gövde çapı değerleri birbirleri ile ilişkili bulunmakta (Özçelik ve Yaşar, 2015); bu gibi hiyerarşik veri yapılarında; “seri-korelasyon” ya da “otokorelasyon” problemi olarak adlandırılan verilerin birbirine bağımlılığı söz konusu olabilmektedir (Leites ve Robinson, 2004). Bu ilişki regresyondaki kovaryans matrisinin yansız tahmini için gerekli olan hataların bağımsız olma kuralını ortadan kaldırmaktadır (Özçelik ve ark., 2017). Searle ve ark. (1992) ile İyit ve ark. (2006)’a göre “veriler arasında bu gibi seri-korelasyon sorununun bulunması, gövde çapı ve hacim denklemlerinin parametre tahminlerinde güven aralıklarının sistematik bir hata içermesine ve buna bağlı olarak da model sonuçlarına ilişkin güvenilirliğinin olumsuz şekilde etkilenmesine neden olabilmektedir” (Kurt, 2014). Bu nedenle, son yıllardaki araştırmalarda yeni model formlarının geliştirilmesinin yanı sıra, gövde formundaki ağaçlar arası değişkenliğin hesaplanmasına ilişkin yeni yaklaşımlara da önem verilmiştir (Özçelik ve ark., 2017). Bu amaçla gövde profili modellerinde, “doğrusal olmayan karışık etkili modelleme (NLME) yaklaşımı kullanılmaya başlanmıştır (Gregoire ve Schabenberger, 1996; Valentine ve Gregoire, 2001; Garber ve Maguire, 2003; Leites ve Robinson, 2004; Trincado ve Burkhart, 2006; Calama ve Montero, 2006; Sharma ve Parton, 2009; Lejeune ve ark., 2009; Yang ve ark., 2009a; Yang ve ark., 2009b; Cao ve Wang, 2011; Meng ve ark., 2011; Bueno-Lopez ve Bevilacqua, 2012; de-Miguel ve ark., 2012; Gomez-Garcia ve ark., 2013; Arias-Rodil ve ark., 2015; Gomez-Garcia ve ark., 2016)”. Çünkü NLME teknikleri, seri korelasyon hiyerarşik veri yapılarında varyans ve kovaryans matris yapılarını da modellemektedir (Laird ve Ware, 1982; Keselman ve ark., 1998; Wolfinger ve Chang 1999; Littell ve ark., 2005).

Özçelik ve ark., 2017’nin belirttiğine göre; “NLME yaklaşımı ile çoklu hiyerarşik yapı gösteren veriler arasında, bireylerin kendi içindeki ve diğer bireylerle arasındaki ilişkiler hesaplanabilmekte ve model esnekliği sağlanabilmektedir; ayrıca da, sabit (fixed) ve tesadüfi (random) etkili parametreler eş zamanlı tahmin edebilmektedir. Burada, sabit etkili parametre, toplumdaki (örnek alandaki) her birey (her ağaç) için kullanılan parametreleri; tesadüfi etkili parametre ise, özel olarak toplumdaki (örnek

alandaki) her bir bireye veya örnek alana ait karakteristiklerin hesaplanmasında kullanılan değişkenleri içermektedir. NLME tekniği kullanılarak sabit ve tesadüfi etkili parametrelerin aynı anda tahmin edilebilmesi ve yeni bir birey (ya da örnek) için tahmin yapılması (Kalibrasyon işlemi) gerekli olduğunda ve bu bireye ilişkin ön bilginin bulunması durumunda karışık etkili modelleme tekniğini, diğer modellere göre daha etkili yapmaktadır”. NLME tekniğinin, klasik regresyon yöntemlerinden başka bir üstünlüğü de; klasik regresyon yöntemleri toplum için genel ortalamaları açıklarken, NLME tekniğinin hem toplum ve hem de toplum içindeki bireyler için ayrı ayrı özel nitelikteki bilgileri elde edebilmesidir (Trincado ve Burkhart, 2006; Cao ve Wang, 2011; Özçelik ve ark., 2017).

Yine bu teknik, farklı silvikültürel müdahaleler altında ve farklı bonitetlerde gelişen ağaçlara ilişkin gövde çapı modellerinin kalibrasyonunu da sağlayabilmektedir. Daha önce de özetlendiği gibi, NLME tekniği ile ülkemizde, bazı ağaç türleri için yöresel olarak gövde çapı modelleri geliştirilmiştir (Özçelik ve ark., 2011; Ercanlı ve ark., 2014; Şenyurt ve ark., 2014; Özçelik ve Yaşar, 2015; Gomez-Garcia ve ark., 2016).

Özçelik ve ark., 2017'nin belirttiğine göre; “ülkemizde ve diğer ülkelerde farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda genellikle ilk olarak, farklı tesadüfi etkili ve de karışık etkili parametrenin çeşitli kombinasyonları denenmiş; ayrıca otokorelasyon probleminin sadece NLME tekniğiyle giderilip giderilmediği araştırılmış (Sharma ve Parton 2009; Yang ve ark., 2009; Bueno-Lopez ve Bevilacqua, 2012); kaldırılamadığı durumlarda da otoregresif hata yapısı olan (CAR(x)) kullanılmış (Garber ve Maguire, 2003; Trincado ve Burkhart, 2006; Gomez-Garcia ve ark., 2013; Arias-Rodil ve ark., 2015; Gomez-Garcia ve ark., 2016) ve son olarak da tek ya da daha fazla ekstra çap ölçümlerinin olduğu durumlarda farklı kalibrasyon seçenekleri denenmiştir. Çalışmaların genelinde; tek veya iki ekstra çap verisi kullanılarak yapılan kalibrasyon arasında önemli bir fark görülmemiştir (Lejeune ve ark., 2009; Sharma ve Parton, 2009; Özçelik ve ark., 2017).

1.3. Ağaç Hacim Modelleri

Meşcere hacminin doğru hesaplanabilmesi için tek ağaçlara ilişkin hacimlerin de en doğru şekilde hesaplanması gerekir. Ağaç hacmi ise genellikle ya göğüs çapı ya da göğüs çapı ile birlikte ağaç boyunun fonksiyonu olarak geliştirilen ağaç hacim modelleri vasıtasıyla hesaplanmaktadır (Yavuz ve Saraçoğlu, 1999). Bu şekilde geliştirilen ağaç hacim modelleriyle meşcerelerdeki ağaçların hacimleri tek veya çift girişli olarak hesaplanabilmektedir. Ağaçların gövde formları bilinen geometrik şekillere (silindir, paraboloid, koni veya nayloid şekillerine) tam benzemediği için; direkt olarak bu geometrik şekillerin formülleriyle hesaplanamamaktadırlar. Bu yüzden, ağaçların tahmini mümkün olan en az hatayla tahmin edebilecek çeşitli yöntemler geliştirilmiş olup, bu yöntemlerin en yaygını ise “Ağaç Hacim Tabloları” yöntemidir (Yavuz ve Sakıcı, 2002). Ağaç hacim tabloları, ağaçların göğüs yüksekliğindeki çapı ya da göğüs çapı ile ağaç boyu veya göğüs çapı-ağaç boyu ile birlikte şekil katsayısı gibi değişkenlere göre, ticari hacmini verebilen tablolarıdır.

Ağaç hacim tablolarının oluşturulmasında başlıca amaç; ağaçlara ilişkin kolay ölçülebilen parametreler (göğüs çapı ve boyu gibi) vasıtasıyla ilişkilendirilip ağaç hacminin pratik olarak tahmin edilmesidir. Bu amaç için de; seçilecek örnek ağaçların, elde edilebilecek tüm çaplarda ve boylarda, ayrıca gövde şekil değişkenliğini en iyi yansıtabilecek şekilde ve yeterli sayıda seçilmesi gerekmektedir (Kapucu ve ark., 2002).

Ağaç Hacim Tabloları, geliştirildikleri fonksiyonda kullanılan bağımsız değişken sayısına göre; yalnızca göğüs çapına değişkenine göre düzenlendiklerinde “Tek Girişli Ağaç Hacim Tabloları”, göğüs çapı ve ağaç boyu değişkenlerinin ikisine göre düzenlendiklerinde “Çift Girişli Ağaç Hacim Tabloları” ve göğüs çapı ve ağaç boyunun yanısıra üç veya daha fazla bağımsız değişkene göre (şekil katsayısı, tepe uzunluğu, tepe yüksekliği, tepe uzunluğu-ağaç boyuna oranı ve gövdenin belirli bir yükseklikteki çapı gibi) düzenlendiklerinde “Çok Girişli Ağaç Hacim Tabloları” olarak isimlendirilmektedirler (Loetsch ve ark., 1973; Kalıpsız, 1984; Yavuz, 1997). Bundan ayrı olarak ağaç hacim tabloları, düzenlendikleri alanın büyüklüğüne göre de “Genel Ağaç Hacim Tabloları”; “Bölgesel Ağaç Hacim Tabloları” veya “Yöresel (Lokal) Ağaç Hacim Tabloları” olarak üç gruba ayrılmaktadır (Loetsch ve ark., 1973; Kalıpsız, 1984; Laar ve Akça, 1997; Kapucu ve ark., 2002).

Ülkemizde ilk olarak, “Erkin (1956) tarafından Bolu’nun Sarıçam meşcereleri için yöresel ağaç hacim tabloları düzenlenmiştir. Sonraki yıllarda ise ülkemizde Kızılcım (Alemdağ, 1962; Sun ve ark.,1978); Sarıçam (Alemdağ, 1967; Sun ve ark., 1978); Karaçam (Gülen, 1959; Sun ve ark., 1978); Gökmar (Sun ve ark., 1978); Batı Karadeniz Gökmar (Saraçoğlu, Ö., 1988); Doğu Ladini (Akalp, 1978a); Sedir (Evcimen, 1963; Sun ve ark., 1978); Ardiç (Aykın, 1978), Doğu Kayını (Kalıpsız, 1962; Sun ve ark., 1978; Carus, 1998); Melez Kavağı (Birler, 1983); Dişbudak (Şentürk, 1997); Okalıptus (Özkurt, 2000); Kestane (Kapucu ve ark., 2002) ve Titrek Kavak (Bayburtlu, 2007) türleri için Genel Ağaç Hacim Tabloları düzenlenmiştir.

Bunlardan başka bölgesel olarak, Kızılcım için Alemdağ (1962) tarafından Güney Anadolu Bölgesinde ve Çatal (2009) tarafından da Batı Akdeniz Bölgesinde; Sarıçam için Yavuz ve ark. (2010), Pehlivan (2010) tarafından Kuzey Anadolu Bölgesinde ve Şenyurt (2011) tarafından da Batı Karadeniz Bölgesinde; Karaçam için Sun ve ark. (1978) tarafından Batı-Güney Anadolu Bölgesinde; Doğu Karadeniz Gökmar için Miraboğlu (1955) tarafından Kuzey Anadolu Bölgesinde ve Saraçoğlu, Ö., (1988) tarafından Batı Karadeniz Bölgesinde; Meşe için Eraslan (1954) tarafından Trakya Bölgesinde; Kızılağaç için Saraçoğlu, N., (1988) tarafından Doğu Karadeniz Bölgesinde; Okalıptus için Birler ve ark. (1995) tarafından Adana-Mersin Bölgesinde; Kestane için Özcan (1997) için Batı Karadeniz Bölgesinde; Toros Gökmar için Bozkuş ve Carus (1997) tarafından Akdeniz Bölgesinde ve Sedir için de; yine Bozkuş ve Carus (1997) tarafından Akdeniz Bölgesinde Bölgesel Hacim Tabloları düzenlenmiştir.

Ayrıca; Antalya Bük’deki Kızılcım için çift girişli ağaç hacim tablosu Uğurlu ve Özer (1977) tarafından; yine Antalya-Korkuteli’ndeki Kızılcım ağaçlandırmaları için Carus ve Su (2014) tarafından; Bolu’da Sarıçam için Erkin (1956) tarafından, Taşköprü’de Yavuz (1995) tarafından ve Kuzey Anadolu’da yine Yavuz ve ark. (2010) tarafından; Taşköprü’de Karaçam için Yavuz (1995) tarafından ve Mudurnu-Sırçalı’da Baynazoğlu (2014) tarafından; Sinop’ta Sahilçamı için Ercanlı ve ark. (2008) tarafından; Balıkesir’de Gökmar için Asan (1984) tarafından; Tarsus’ta Okalıptus için Fırat ve Kalıpsız (1963) tarafından; Isparta-Gölcük’te Yalancı Akasya için Çatal ve ark. (2005) tarafından; Kastamonu-Çatalzeytin’de Doğu Çınarı için

Uludağ (2006) tarafından; Kaş'daki Sedir meşcereleri için Özçelik ve Çevlik (2017) tarafından; Antalya Titrek Kavak ormanları için Çatal ve Güneş (2018) tarafından ve Kastamonu OBM'deki Karaçam meşcereleri için de Sakıcı ve ark. (2018) tarafından "Yöresel Ağaç Hacim Tabloları" düzenlenmiştir.

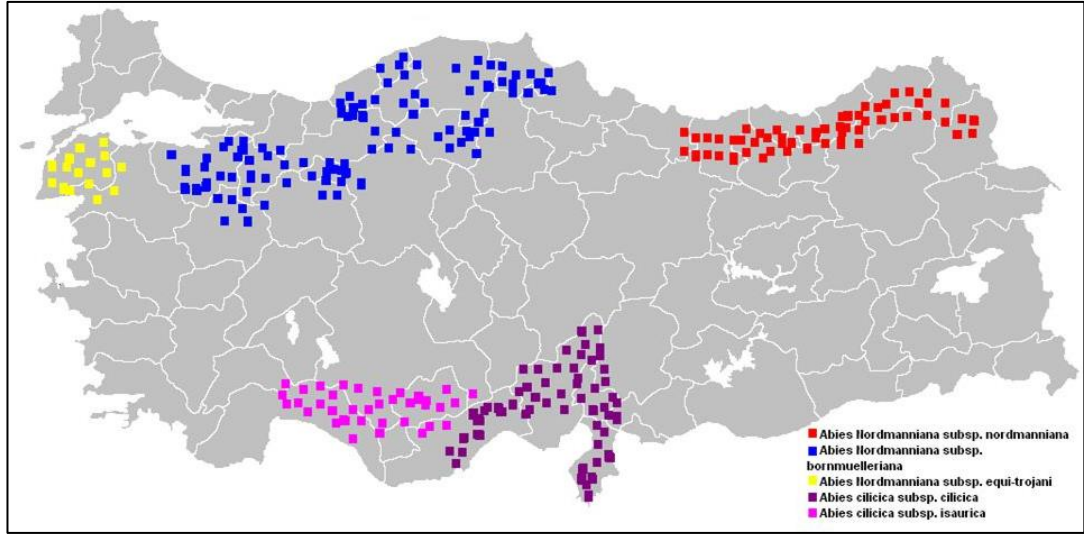
Açıklamalardan da anlaşılacağı gibi ülkemiz asli ağaç türlerimizin neredeyse hepsi için çeşitli ağaç hacim tabloları bulunmaktadır. Ancak, Loetsch ve ark. (1973) ile Şentürk (1997) tarafından; yetişme ortamının ve meşcere sıklık koşullarının değiştiği alanlarda ayrı hacim tabloları geliştirilmesi önerilmektedir.

1.4. Doğu Karadeniz Göknaarı Hakkında Genel Bilgiler

Doğu Karadeniz Göknaarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) spach. subsp. *nordmanniana*), 40–50 m boylara kadar ulaşabilen, geniş piramidal şekilde tepe gelişimi (1.5-2 m ve bazen daha fazla çapa ulaşabilen) yapan, dolgun ve düzgün gövdeli, sivri tepeli ve sık şekilde dallanma yapan gri, kahverengi ve yaşlandıkça hafif çatlaklı kabuğa sahip bir ağaçtır. Göknaarda alt dallar yana doğru yatay şekilde yönelmekte ve hafif aşağıya sarkmakta yan sürgünler ise uçlarında genellikle reçinesiz 4 adet tomurcuk bulundurmaktadırlar. Genç sürgünleri yeşile yakın sarı renkte olup üzerleri kısa, esmer ve sık tüylerle örtülmüş şekildedir. Göknaarların iğne yaprakları genellikle 2-3,5 cm uzunluğunda, koyu yeşil renkte parlak olup alt yüzlerinde belirgin şekilde çift stoma bandı bulunmaktadır. Göknaar kozalaklarının dış karpelleri, iç karpellerinden daha uzun olup çok fazla miktarda reçineli ve dal üzerinde dik şekilde durmaktadırlar. Doğu Karadeniz Göknaarının erkek çiçekleri, uzun bir eksen üzerinde sarmal şekilde dizilmiş etaminlerden oluşmuş tek bir çiçek şeklindedir. Erkek çiçekteki etaminler ikişer adet çiçek tozu torbası taşımakta ve ilkbaharda olgunlaşarak açılan çiçek tozları ile başta pullar üzerine dökülüp daha sonra rüzgârla dağılmaktadır. Dişi çiçekler ise eksen üzerine sarmal dizilmiş çok sayıda puldan oluşan kozalak biçimindedir. Her 4 dişi çiçek dıştan içe brahte ve karpellerden oluşmakta; çiçek evresinde ise iç puldan daha büyük olan dış pul daha erken dökülmekte ve dölllenme olduktan sonra da iç pul gelişip asıl kozalak pullarını meydana getirmektedir. Dişi çiçekler polenleri aldıktan sonra hızla büyüyerek ve aynı yıl olgunlaşmaktadır. Göknaar için zengin tohum yılı genellikle iki yılda bir olmaktadır (Saatçioğlu, 1971; Anşin ve Özkan, 1997).

Doğu Karadeniz Göknaarı, Kafkasya'da ve Kuzeydoğu Anadolu'nun dağlık bölgelerinde yayılış göstermekte olup Kafkasya'da daha geniş yayılış alanına sahiptir. Ülkemizin önemli asli ağaç türlerinden olan Doğu Karadeniz Göknaarı, Ordu ilinin Melet ırmağı ile Gürcistan sınırimız arasındaki adını da aldığı Doğu Karadeniz Dağlarının denize bakan ana yamaçlarında Doğu Ladini ile karışık meşcereler oluşturmaktadır. Artvin'in batısında ve Ardaneu'un doğusunda, Şavşat-Meydancık yörelerinde, Yusufeli'nin doğusunda Kaçkar dağlarının eteklerinde; Yusufeli'nin kuzeyinde ise Sarıgöl Kasabasının kuzeydoğusunda; ayrıca Gümüşhane ilinin kuzey ve güneyinde, Şehinkarahisar'ın kuzeydoğusunda 800-1950 m rakımlar arasında yayılış göstermektedir. Atay (1982)'in belirttiğine göre; "Doğu Karadeniz Göknaarı, bol yağışlı ve yağış rejiminin düzgün olduğu; serin deniz iklimine sahip olan Doğu Karadeniz Bölgesinde ise 1500-2200 m yüksekliklerinde ve oldukça yüksek hacimlere sahip olan meşcereler oluşturmaktadır (Atay, 1982).Doğu Karadeniz Göknaarının yayılış alanları, 1000 m'den yüksek kesimlerde nispeten karasal ve soğuk yörelerde yetişmektedir". Diğer Göknaar türleri gibi, Doğu Karadeniz Göknaarı da, kazık kök sistemine sahip olup yan köklerin bazıları ise sığ kök sistemi şeklinde yayılabilmekte; ayrıca Göknaarlar derin toprakları sevmekte; ancak granit, gnays veya ana kayanın mermer olduğu, sığ topraklı yerlerde de olağanüstü büyüme yapabilen Göknaarlara rastlanabilmektedir (Saatçioğlu, 1976).

Artvin, Giresun ve Trabzon OBM'lerde normal koru olarak 11.661 ha, bozuk koru olarak ise 6.905 ha olmak üzere, toplam 18.566 ha alanda yayılış gösterir. Doğu Karadeniz Göknaarı, yayılış gösterdiği alanlarda genellikle Kayın, Sarıçam ve Doğu Ladini gibi türlerle karışık ormanlar şeklinde de bulunmaktadır. (Kayacık 1965; Anonim 1980; Atalay 1983; Anşin ve Özkan 1997). Göknaar, ülkemizde iki ana tür (*A. nordmanniana*, *A. cilicica*) ve beş alt tür (D.Karadeniz Göknaarı, Uludağ Göknaarı, Kazdağı Göknaarı; Toros Göknaarları (*A.c. subsp. cilicica* ve *A.c. subsp. isaurica*) olarak yayılış göstermektedir (Anşin ve Özkan 1997). Ülkemizde doğal olarak yayılış gösteren tüm Göknaar türlerini yayılış alanları Şekil 1'de verilmiştir (URL-1).



Şekil 1. Gökmar türlerinin ve Doğu Karadeniz Gökmarının ülkemizdeki yayılış alanları

1.4.1. Doğu Karadeniz Gökmarına İlişkin Amenajman Esasları

Işık isteği bakımından gölge ağacı niteliğinde olan Doğu Karadeniz Gökmarı, gençlikte çok yavaş büyüme göstermekte ve genellikle değişik yaşlı (seçme) meşcere kuruluşları oluşturmaktadır. Ülkemizde OGM tarafından Gökmar meşceleri için uygulanan idare süreleri, 1941 yılı yönetmeliğinde 120 yıl; 1955 yılı yönetmeliğinde 120-150 yıl arası, 1973 yılından sonraki orman amenajman planlarında 80 yıl ve 1978 tarihli OGM olurluna göre de 100 yıl olarak belirlenmiştir (Asan, 1998).

Ülkemizde Gökmarla ilgili ilk hasılat çalışması Miraboğlu (1955) tarafından yapılmıştır. Miraboğlu bu çalışmada, Gökmar türlerinden Doğu Karadeniz Gökmarı-Uludağ Gökmarı-Toros Gökmarı türlerinin her biri için ayrı ayrı ağaç hacim tabloları düzenlenmiştir. Ardından, Sun ve ark. (1978) tarafından da tüm Gökmar türleri için genel ağaç hacim tabloları (tek ve çift girişli) ve odun ürün çeşitleri tabloları düzenlenmiştir. Daha sonra Şahin ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada Doğu Karadeniz Gökmarı için geliştirilmiş olan bu ağaç hacim tablolarının, Artvin Yöresinde uygunluklarını denetlemişler ve bu iki tablo ve modelden yalnızca Miraboğlu (1955)'nin geliştirdiği çift girişli ağaç hacim tablosunun bu yöre için uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca bu çalışma kapsamında, genel ve yöresel ağaç hacim tabloları kıyaslanmış ve yöresel ağaç hacim tablolarının, genel hacim

tablolarına göre daha az hata içerdikleri ve daha güvenle kullanılacaklarını bularak, yöresel ağaç hacim tablolarının önemini ve önemli türlerimiz için yöresel bazda düzenlenmelerinin gerekliliğini vurgulamışlardır(Şahin ve ark. 2018).

Bunlardan ayrı olarak ülkemizdeki diğer Gökmar türlerini içeren çeşitli çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalarda Asan (1984) Kazdağı Gökmarı için normal hasılat tablosu; Saraçoğlu (1986) Batı Karadeniz Gökmarı için sıklığa bağlı hasılat tablosu üretmişlerdir. Ayrıca, Mİraboğlu (1955) ile Sun ve ark. (1978)'nın D.Karadeniz Gökmarı için geliştirdikleri hacim denklemlerinden farklı olarak; Asan (1984), Balıkesir-Çanakkale yöresindeki Kazdağı Gökmarları için; Saraçoğlu (1988), Batı Karadeniz Gökmarı için; Brooks ve ark. (2008), Mut OİM'deki Toros Gökmarı için; Bozkuş ve Carus (1997) Akdeniz Bölgesindeki Toros Gökmarı hacim tabloları ve yine Sun ve ark. (1978)'nin ürettiklerinden farklı olarak Asan (1984) tarafından Kazdağı Gökmarı için odun ürün çeşidi tablosu ile polimorfik yöntem kullanılarak bonitet endeks tabloları oluşturulmuştur. Yine, Karabürk (2011) tarafından Kazdağı Gökmarı için biyokütle tablosu düzenlenmiş ve Yızdızbakan ve Saraçoğlu (2004) tarafından Akdeniz yöresi Toros Gökmarı meşcerelerinin bazı artım ve büyüme ilişkileri araştırılmıştır.

Tüm bunların dışında Kapucu (1978), Doğu Ladini-Sarıçam-Doğu Karadeniz Gökmarı-Kayın karışık meşcerelerinde; Çalışkan (1989), Büyükdüz Araştırma Ormanı (Karabük)' ndaki Sarıçam-Uludağ Gökmarı-Kayın karışık meşcerelerinde; Tosun (1992), Batı Karadeniz Bölgesindeki Sarıçam-Kayın-Uludağ Gökmarı karışık meşcerelerinde ve Durkaya (2004) ise Zonguldak'daki Sarıçam-Gökmar-Kayın karışık meşcerelerinde silvikültürel durumlar ile büyüme ilişkileri üzerine çeşitli çalışmalar yapmışlardır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1 Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak “Saf Doğu Karadeniz Göknarı Meşcereleri İçin Uyumlu Gövde Çapı Ve Gövde Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi” adlı ve “AÇÜ – BAP 2018.F10.02.02” nolu Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi verileri kullanılmıştır.

Şavşat, Dünya üzerindeki 34 sıcak noktadan birisi olan Kafkaslar Ekolojik Bölgesinin güneybatı kesiminde yer almaktadır (DKM, 2011). Şavşat, Karadeniz ardı, yani karasal iklimle deniz ikliminin geçiş zonunda bulunmaktadır. Dolayısıyla kışlar sert ve yağışlı; İlkbahar ve Sonbahar dönemleri ise daha yumuşak ve yağışlıdır. Yaz aylarında ise yağış miktarı azdır (URL-2). Şavşat'taki hava sıcaklığı aylık ortalama -3,6 °C ile 19,4°C (yıllık ortalama 8,6°C) arasında değişmekte; aylara ait en düşük sıcaklıklar -7,8°C ile 12,9°C arasında seyretmekte iken en yüksek sıcaklık ise 26°C'ye ulaşmaktadır. Ortalama yıllık toplam yağış 653 mm iken, yıllık ortalama bağıl nem % 60-70 arasında değişmektedir (Anonim, 2016). Şavşat'ta soğuk ve ılıman bir iklim ve belirgin miktarda da yağış görülmektedir. En kurak aylarda dahi yağış miktarı oldukça fazladır. Şavşat'ın en kurak olan Mart ayında yağış miktarı ortalama 37 mm olup en fazla yağış olan Haziran ayında ise 78 mm dolayındadır. Şavşat'ın yıllık toplam yağış miktarı ise 653 mm'dir (URL-2).

Şavşat OİM, 1961 yılına kadar Artvin OİM'ye bağlı olan Şavşat ve Meydancık OİŞ'ler olarak hizmet vermekteydi. 1961 yılında iki bölge şefliği daha kurularak OİM haline getirilerek ve Trabzon OBM'ye bağlanmıştır. 1968 yılında ise Artvin OİM; Orman Bölge Müdürlüğü haline getirilince Şavşat OİM'de Artvin OBM'ye bağlanmıştır. Şavşat OİM'nin kuzeyinde Gürcistan, doğusunda Erzurum OBM, batısında Borçka ve Artvin OİM'ler ile güneyinde Ardanoç OİM bulunmaktadır. Şavşat OİM'ye 6 adet OİŞ bulunmaktayken, Bakanlık Makamınının 06/12/2007 tarihli 53 sayılı olurlarıyla Yayla OİŞ kapatılmış ve Şavşattaki OİŞ sayısı 5'e düşürülmüştür. Orman Bakanlığınının 2011 yılında yeniden yapılanması sonucunda Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Genel Müdürlüğünün kapatılmasıyla birlikte

Şavşat OİM bünyesinde Fidanlık ile Ağaçlandırma ve Toprak Muhafaza Şefliği oluşturulmuştur (URL-3).

Şavşat OİM'nin genel alanı; orman amenajman plan verilerine göre; 130.627,1 ha olup (bu alana Karagöl-Sahara Millipark alanı dâhil edildiğinde toplam 133.965,6 ha dır.), bunun 66.841,90 (%52'si) ha'ı ormanlık alan ve 63.785,20 (%48'i) ha'ı ise açık alandır. Ormanlık alanların da 39.179,60 (%59'u) ha'ı verimli (normal kapalı) ormanlardan; 27.662,30 (%41) ha'ı ise verimsiz (boşluklu kapalı) ormanlardan oluşmaktadır. Şavşat ormanlarının yüksek rakımlarında, daha çok kuzey ve kuzeybatı yamaçlarda Gökmar meşcereleri bulunmakta; diğer kısımlarda ise Gökmar-Ladinin karışım yaptığı meşcereler bulunmaktadır. Alanın Kuzey ve Kuzeydoğu yamaçlarında karışık ormanlara geniş yapraklı türler (başta Kayın ve Meşe olmak üzere; Kayacık, Dişbudak, Kestane, İhlamur, Akçağaç ve Gürge) de katılmaktadır. Düşük yükseltilerde Ladin türü hâkim konuma geçmekte olup, Ladin-Gökmar ve bazı bölgelerde de Ladin-Gökmar-Sarıçam karışık meşcerelerine rastlanmaktadır. Saf Gökmar meşcereleriyle, Gökmar'ın hâkim olduğu ormanlarda seçme işletmesi; Ladin ve Ladin'in hâkim olduğu meşcerelerin genelinde ise yaş sınıfları metoduyla işletme yapılmaktadır (URL-3).

Şavşat bölgesinin arazileri engebeli yapıya sahip olup arazinin genel görünümü girintili çıkıntılı bir morfoloji kazanmıştır. MTA'nın hazırlamış olduğu Jeoloji haritasına göre, 2. zamanın üstkratese devrine ait olan anakaya alankarı volkaniktir ve bundan dolayı toprak tam ayrışmamış olup derinliği iyidir. Geri kalan kısımlar ise 3. zamana aittir ve anakayalar Andezit, Bazalt, Spilit, Portirit, ve Dobrit'ten oluşmaktadır ve toprağı sığdır (URL-3).

Şavşat OİM'nin bağlı olduğu Artvin OBM'nin kapladığı 710.973 ha alanın yaklaşık % 56.8'i (403.695 ha) ormanlık ve % 43.2'si (307.278 ha) ormansız alanlardan oluşmaktadır. Sahip olduğu ormanlık alan bakımından Artvin, ülkemizde en çok ormanlık alana sahip 8'inci il durumundadır. Artvin ormanlarının ise yaklaşık % 54.9'u (221.532 ha) verimli koru ve % 45.1'i de (182.163 ha) boşluklu kapalı orman statüsündedir. Şavşat OİM ise 133965,6 ha'lık alana sahip olup, bu alanın da %50,9'u (68.203,9 ha) ormanlık (39.917,10 ha verimli ve 28.286,8 ha boşluklu kapalı orman) ve 49,1'i (65.761,7 ha) de ormansız alanlardan oluşmaktadır

(Anonim, 2015). Ayrıca Şavşat Yöresi'nin gövde formu bakımından düzgün ve boylu ve karışık gelişim çağlarında ve yeterince fazla miktarda değişik yaşlı Gökmar meşcerelerinden oluşuyor olması sebebiyle taşıdığı önem bakımından hazırlanan tez çalışmasına konu edilmiştir. Artvin'in sahip olduğu ormanlık alanların ise yaklaşık 44.001,3 ha'lık kısmını saf Doğu Karadeniz Gökmar meşcereleri oluşturmaktadır (Anonim, 2015). Araştırma alanı olan Şavşat OİM'nin de sahip olduğu 5 OİŞ'indeki Doğu Karadeniz ormanlık alanlarının dağılımı aşağıda verilmiştir (Tablo 2, veriler Şavşat OİM'den temin edilen sayısal altlıklar kullanılarak hesaplanmıştır). Araştırma alanının denizden yüksekliği 1500 ile 2310 m arasında; eğimi ise %80 ile %90 arasında değişmektedir.

Tablo 2. Şavşat Yöresindeki Gökmar meşcerelerinin alanları

OİŞ	Saf G (ha)	Boşluklu kapalı G (ha)	G hakimiyetinde karışık (ha)
Veliköy	680,14	442,52	2.029,02
Tepebaşı	881,66	1.464,02	2.278,56
Şavşat	28,13	0	1.140,02
Meydancık	3.263,46	1.492,75	1.712,54
Akdamla	839,47	1.546,28	3.742,41
TOPLAM	5.692,86	4.945,57	10.902,55

Tablo 2 incelendiğinde Şavşat OİŞ içerisinde fazla bir oranda saf Gökmar meşceresi bulunmadığı anlaşılmaktadır. Bu suretle çalışma alanı, Şavşat OİM bünyesindeki 4 OİŞ'yi kapsamaktadır (Şekil 2). Doğu Karadeniz Gökmar için araştırma yapılan sahaların ağaç türleri itibariyle dağılım tabloları şeflik bazında tablolarda verilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Çalışılan sahaların ağaç türleri itibariyle dağılım tablosu

OİŞ	AĞAÇ TÜRLERİ								İbrelili Arası (ha)	Yapraklı Ara. Kar.(ha)	İbr+Yap Karışım (ha)	Genel Toplam (Ha)
	Çs (ha)	G (ha)	L (ha)	Kn (ha)	M (ha)	Gn (ha)	Kz (ha)	Kv (ha)				
Tepebaşı	187,6	2346,1	1058,8	40,2	512,7	11,7	-	-	4397,0	7492,4	1454,1	17500,6
	%1,1	%13,4	%6,1	%0,2	%2,9	%0,1			%100,0	%100,0	%100,0	%100,0
Veliköy	622,5	1008,3	2095,8	-	802,3	-	28,8	202,3	3709,0	1297,3	746,6	10512,9
	%5,9	%9,6	%19,9		%7,6		%0,3	%1,9	%35,3	%12,3	%7,1	%100,0

Akdamlı	87,3	2386,4	352,7		5,3				4668,5	3719,6	533,5	11753,3
	%0,7	%20,3	%3,0	-	%0,0	-	-	-	%39,7	%31,6	%4,5	%100,0
Meydancık	311,1	4755,5	622,2	408,7					2176,0	3799,4	321,7	12394,6
	%2,5	%38,4	%5,0	%3,3	-	-	-	-	%17,6	%30,6	%2,6	%100,0



Doğu Karadeniz Gökarnı örnek ağaçlarından veri elde edilmesi için; arazi çalışmaları esnasında kullanılan materyal çeşitleri aşağıdaki gibidir:

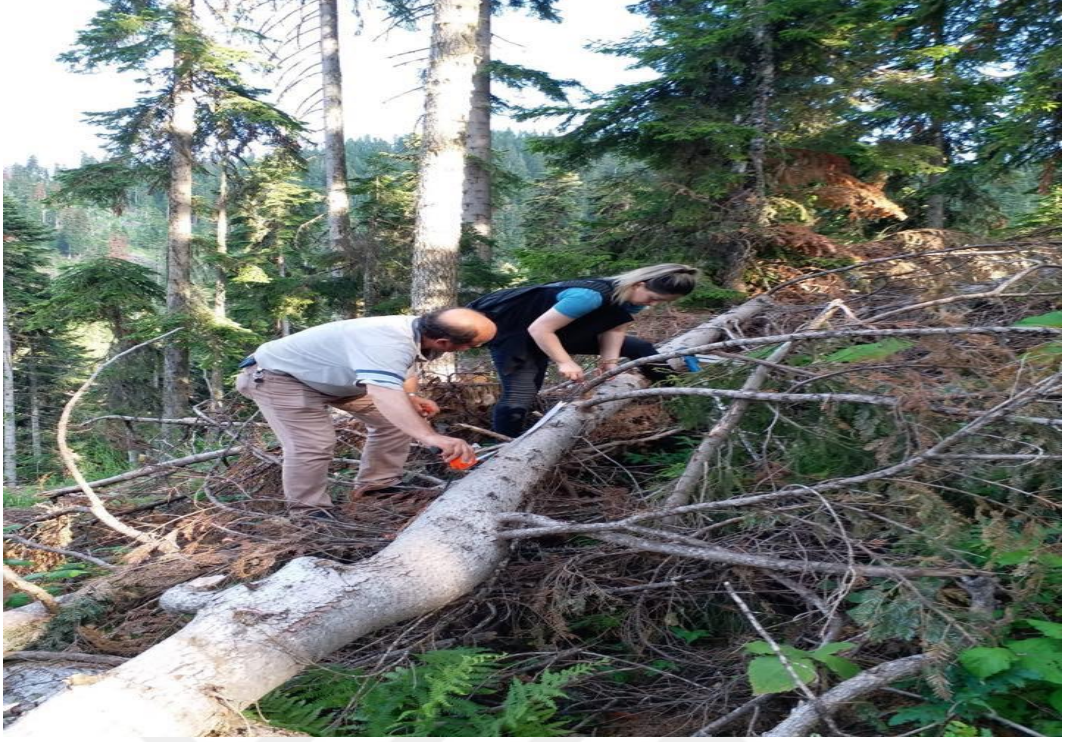
- ✓ Çalışma bölgesine ait koordinat temininde Şavşat OİM sayısal altlıkları,
- ✓ El GPS 'i,
- ✓ Pusula,
- ✓ Eğim ölçer,
- ✓ Çap Ölçer,
- ✓ Çelik şeritmetre,
- ✓ Cetvel,

Tez amaçları doğrultusunda; değişik çap sınıfları ve boy basamaklarına mümkün olduğunca eşit ve dengeli bir biçimde dağıtılarak, ayrıca hacim değişkenliğini iyi bir şekilde yansıtabilecek şekilde; farklı gövde formlarına sahip bulunan; sağlam tepeli ve tek gövdeli Doğu Karadeniz Gökarnından 240 adet örnek ağaçları seçilmiştir. Seçilen bu örnek ağaçlar; silvikültürel işlemlerin yapıldığı üretim sahalarının içerisinde kesilen farklı özelliklerdeki ağaçlardan OİŞ'lere göre dağılımı Tablo 4'de; çap sınıfları ve boy basamaklarına dağılımı ise Tablo 5'de verilmiştir.

Arazi aşamasında kesilen örnek ağaçların, öncelikle dip kütük yüksekliğindeki çapı (0,3 m), sonra göğüs yüksekliğindeki çapı (1,30) ve daha sonra da sırasıyla 1'er metre aralıklarla düzenli bir şekilde 2,3; 3,3; 4,3, ve devamındaki metrelerdeki çapları, mm hassasiyetinde ve bu ağaçların boyları da çelik şerit metre ile cm hassasiyetinde ölçülmüştür. Gövde çapları ölçülürken birbirine dik olarak şekilde iki yönlü ölçüm yapılarak ortalaması hesaplanmış ve kayıt altına alınmıştır. Arazi aşamalarında ölçümü yapılan ağaçların alındığı meşcerelere ve ağaç üzerinde yapılan ölçümlere ilişkin genel görünüm Şekil 3-5'te verilmiştir. Arazi aşaması tamamlandıktan sonra ölçüm verilerin değerlendirilmesinde kullanılan yazılımlar ise Microsoft Office 2013, SAS 9.0 (SAS Institute, 2004)., SPSS 19.0 (SPSS Institute Inc., 2010)'dan oluşmaktadır.

Tablo 4. Şeflik bazında örnek ağaç sayıları

Orman İşletme Şefliği	Doğu Karadeniz Gökarnı
Meydancık	65
Akdamla	68
Tepebaşı	79
Veliköy	28
TOPLAM	240



Şekil 3. Doğu Karadeniz Göknarı meşçeresi çalışma alanında yapılan ölçümlerden genel bir görünüm



Şekil 4. Doğu Karadeniz Göknarı meşçeresi çalışma alanında yapılan ölçümlerden genel bir görünüm



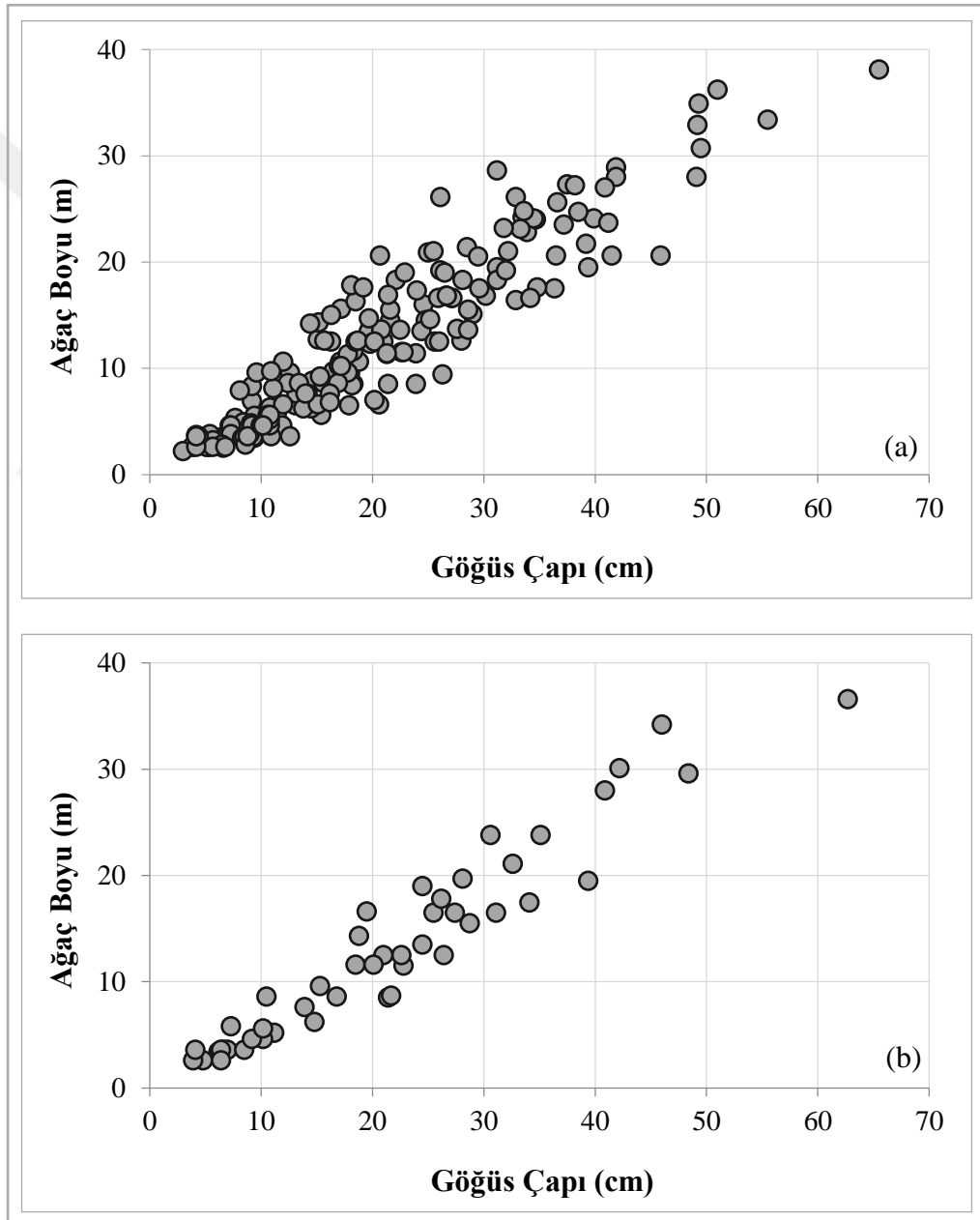
Şekil 5. Kesilen ağaçlar üzerinde gerçekleştirilen çap ölçümleri

Tablo 5. Örnek ağaçların çap sınıfları ve boy basamaklarına dağılımı

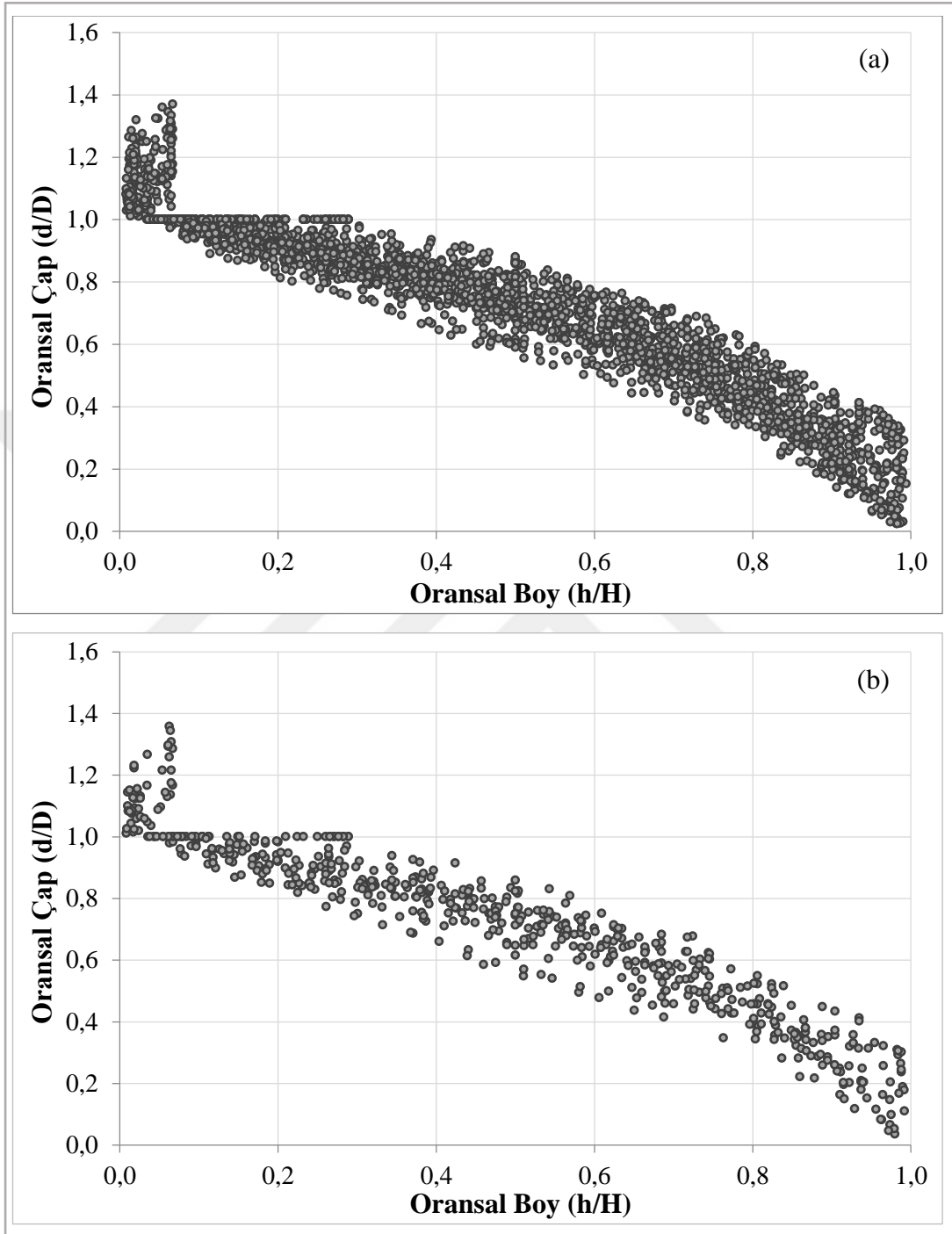
Çap Bas. (cm)	Boy Basamakları (m)																	Top.		
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34		36	38
4	5 (1)	8 (2)																		16
8	6 (2)	13 (5)	7 (2)	3	1															39
12		6 (1)	9 (2)	7 (2)	3															30
16			4 (1)	6 (1)	6 (1)	5 (1)	2	2												28
20			1	4 (1)	2	8 (3)	4 (2)	3 (1)	2	1										32
24				1		4 (1)	4 (2)	2 (1)	2	2 (1)	1									21
28					1	2 (1)	2	6 (2)	2 (1)	3 (1)	1		1							23
32								2 (1)	1	2	2 (1)	4 (1)	1	1						16
36								1	2 (1)	1		3 (1)	1	1						11
40										2 (1)	1	3		4 (1)						12
44										1					(1)					2
48														1	1 (1)	1	1 (1)			6
52																		1		1
56																	1			1
64																		(1)	1	2
Top.	14	35	25	25	14	25	16	21	11	15	6	12	3	8	3	1	3	2	1	240

*parantez içindeki değerler, modellerin denetiminde kullanılan verilerdir.

Bu çalışma kapsamında 240 adet örnek ağaçta toplam 3047 adet gövde çapı ölçümü yapılmıştır. Bu ölçülen ağaçlar içerisinde, toplam ölçümün % 80'ini oluşturan 192 ağaç ve 2427 gövde çapı ölçümü, modellerin geliştirilmesinde ve toplam ölçümün %20'sini oluşturan 48 ağaç ve 620 adet gövde çapı ölçümü ise geliştirilen modellerin kontrol edilmesinde kullanılmıştır (tablo 5). Şekil 6'da, örnek ağaçlardan, gövde çapı modellerinin oluşturulmasında ve ayrıca denetlenmesinde kullanılan verilerin göğüs çapı-boy ilişkisi verilmiştir. Ayrıca Şekil 7'de ise model verileri ile kontrol verilerinin için oransal çapların oransal boy değerlerine göre dağılımı verilmiştir.



Şekil 6. Modellerin oluşturulmasında (a) ve denetiminde (b) kullanılan örnek ağaç verilerinin çap-boy ilişkisi



Şekil 7. (a) Modellerin verileri ile (b) kontrol verilerinin oransal çap ve oransal boy değerlerine dağılımı

2.2. Yöntem

2.2.1. Gövde Çapı Denklemleri

Reed ve Green (1984), Gövde Profili Modellerini; “hacim denklemlerine uygun olup olmadıklarına göre Uyumlu (Compatible) ve Uyumsuz Gövde Profili Modelleri (Noncompatible Stem Profile Models)” olmak üzere ikiye ayırmaktadır. Uyumlu gövde profili modelleriyle hem gövde çapları tahmin edilip hem de tahminlenen bu gövde çapı değerleri vasıtasıyla hacim hesapları da yapılabilmektedir; yani bu denklemlerde “gövde profili modelinin dipten uç noktaya kadar integrali alınarak elde edilen hacim miktarının, ağaç hacim kullanılarak hesaplanan gövde hacmine eşit olmaktadır (Yavuz 1995a).

Günümüze kadar çeşitli formlarda birçok gövde çapı denklemi geliştirilmiştir. Diéguez – Aranda ve ark., (2006)’ya göre bunlar; “**basit gövde profili denklemleri**” (Kozak ve ark., 1969; Demaerschalk, 1972; Demaerschalk, 1973; Ormerod, 1973; Goulding ve Murray, 1976), “**değişken formlu gövde profili denklemleri**” (Kozak, 1988; Newnham, 1992; Bi, 2000; Lee ve ark., 2003; Kozak, 2004) ve de “**parçalı gövde çapı denklemleri**” (Max ve Burkhart, 1976; Parresol ve ark., 1987; Fang ve ark., 2000; Jiang ve ark., 2005) olmak üzere üçe ayrılmaktadırlar.

Bahsedilen bu gövde denklemlerinin başarıları; çalışılan ağaç türüne, veri setinin kalitesine ve de seçilen denklem formuna göre değişmektedir (Sakıcı ve ark. 2008; Özçelik ve ark., 2011; Şenyurt ve ark., 2017). Bennet ve Swindel (1972)’in belirttiğine göre “ilk gruptaki modeller, göğüs çapı ile ağaç boyunun fonksiyonu olarak belirli yüksekliklerdeki gövde çaplarını tahmin etmeye yarayan modellerdir ve tüm gövde için de, ortalama bir şekil katsayısı vermektedirler” (Kozak, 1988; Newnham, 1992). Newnham (1988)’ın belirttiğine göre de “ikinci grup modellerin yapısında, ağaç gövdesinin dipten uca doğru nayloid, paraboloid ve konik şekilli parçalardan oluştuğu kabul edilmektedir” (Kozak, 1988; Perez ve ark., 1990; Kozak 2004). Son gruptaki denklemler ise ağaç gövdesini parçalara ayırmaları ve tüm parçaları ayrı olarak tanımlamaları sayesinde, bütün ağaç gövdesini de gerçeğe en yakın şekilde tahmin edebilmekte (Demaerschalk ve Kozak, 1977; Cao ve ark., 1980; Green ve Reed, 1985; Byrne ve Reed, 1986; Czaplowski ve McClure, 1988); ayrıca

bu denklemler, hacim denklemlerine dönüştürülebilmekte ve toplam ağaç hacmini sağlama olanağı da sağlamaktadırlar (Fang ve ark., 2000).

Bu çalışma kapsamında, yaygın olarak kullanım gören yedi adet gövde çapı ve gövde hacim modeli (Demaerschalk, 1972; Demaerschalk, 1973; Max ve Burkhart, 1976; Cao ve ark., 1980; Parresol ve ark., 1987; Fang ve ark., 2000; Jiang ve ark., 2005 (model 1-7)) kullanılmıştır. Bu modellerden 1 ve 2 nolu modeller, Basit Gövde Profili Modelleri ve 3-7 arasındaki modeller ise Parçalı Gövde Profili Modelleridir (Tablo 6). Bu denklemler içerisinde, Jiang ve ark. (2005) modeli, daha önce Clark ve ark. (1991) tarafından önerilen Segmented Polinomial Gövde Profil Denkleminin çeşitli dönüşümler yapılarak daha az parametrelili şekilde geliştirilmiş formudur. Jiang ve ark. (2005) denklemi kullanılırken $d_{5,30}$ (5,30 m yükseklikteki gövde çapı) değerine ihtiyaç duyulduğu için, çalışma kapsamında bu denklem denenirken; ölçüm verileri içinde 5,30 m yüksekliğe ulaşmamış olan ağaç örnekleri modelin dışında bırakılmıştır. Bu suretle de Jiang ve ark. (2005) denklemi daha az örnek ağaç verisi kullanılarak denenmiştir (model oluşturmada 149 ağaç, kontrol grubunda ise 34 ağaç).

Aşağıda denklem yapıları verilen gövde profil denklemlerinin geliştirilmesi ve istatistiksel başarı ölçüt değerlerinin elde edilmesinde, SAS İstatistik Programında PROC MODEL yöntemi kullanılmıştır (SAS Institute Inc. 2004). Bu çalışma kapsamında en başarılı olarak seçilen gövde çapı modeline ilişkin tahminlerin doğruluğu, kontrol veri grubuyla (toplam verinin %20'lik kısmı) denetlenmiştir. Kontrol verisi olarak kullanılacak olan ağaçlar seçilirken de yine farklı çap sınıfları ve boy basamaklarına dağılacak şekilde olmalarına dikkat edilecek hacim değişkenliği sağlanmış olacaktır. Bahsedilen kontrol grubunda ayrılan 48 ağaca ilişkin gövde çapı ölçümleri ve tahmin edilen çap değerleri kullanılarak geliştirilen denklemin uygunluğu “t testi” ile analiz edilmiştir.

Tablo 6. Çalışma kapsamında kullanılan gövde çapı modelleri

Model Adı	Model İfadesi	No
Demaerschalk, 1972	$d = b_1 D^{b_2} (H - h)^{b_3} H^{b_4}$	(1)
Demaerschalk, 1973	$d = \{b_1 D^2 [(H - h)^{b_2} / (b_3 H^{b_2+1} + b_4 H^{b_2})]\}^{0,5}$	(2)
Max ve Burkhart, 1976	$d = D [b_1 (Z - 1) + b_2 ((Z)^2 - 1) + b_3 (a_1 - Z)^2 I_1 + b_4 (a_2 - Z)^2 I_2]^{0,5}$ $I_i = \begin{cases} 1, & \text{Şayet } Z \leq a_i \\ 0, & \text{Şayet } Z \geq a_i \end{cases}$ $Z = \frac{h}{H}$	(3)
Cao ve ark., 1980	$d = D \left[\frac{c_0}{k} [2Z + b_1 (3Z^2 - 2Z) + b_2 (Z - \alpha_1)^2 I_1 + b_3 (Z - \alpha_2)^2 I_2] \right]^{0,5}$ $I = \begin{cases} 1, & \text{Şayet } Z_i \geq a_i \\ 0, & \text{Şayet } Z_i < a_i \end{cases}$ $Z = \frac{H-h}{H}$	(4)
Parresol ve ark., 1987	$d = D [Z_i^2 (b_1 - b_2 z_1) + (z_i - a)^2 [b_3 + b_4 (z_i + 2a)]]^{0,5}$ $I = \begin{cases} 1, & \text{Şayet } Z \geq a_i \\ 0, & \text{Şayet } Z < a_i \end{cases}$ $Z = \frac{H-h}{H}$	(5)
Fang ve ark., 2000	$d = c_1 [H^{(k-b_1)/b_1} (1 - Z)^{(k-\beta)/\beta} \alpha_1^{I_1+I_2} \alpha_2^{I_2}]^{0,5}$ $Z = \frac{h}{H}$ $p_1 = \frac{h_1}{H}$ $p_2 = \frac{h_2}{H}$ $I_1 = 1, \text{ eğer } p_1 \leq q \leq p_2; 0 \text{ aksi takdirde}$ $I_1 = 1, \text{ eğer } p_1 \leq q \leq p_2; 0 \text{ aksi takdirde}$ $c_1 = \sqrt{\frac{\alpha_1 D \alpha_2 H^{\alpha_3 - k/b_3}}{b_1 (r_0 - r_1) + b_2 (r_1 - \alpha_1 r_2) + b_3 (\alpha_1 r_2)}}}$ $\beta = b_1^{1-(I_1+I_2)} b_2^{I_1} b_3^{I_2}$ $\alpha_1 = (1 - p_1)^{(b_2 - b_1)k/b_1 b_2}$ $\alpha_2 = (1 - p_2)^{(b_3 - b_2)k/b_2 b_3}$ $r_0 = ((1 - h_{st})/H)^{k/b_1}$ $r_1 = (1 - p_1)^{k/b_1}$ $r_2 = (1 - p_2)^{k/b_2}$	(6)
Jiang ve ark., 2005	$d = \left\{ \begin{aligned} & I_S \left[D^2 \left(1 + \frac{\left(1 - \frac{h}{H}\right)^{b_1} - \left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_1}}{1 - \left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_1}} \right) \right] \\ & + I_B \left[D^2 - \frac{(D^2 - F^2) \left(\left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_2} - \left(1 - \frac{h}{H}\right)^{b_2} \right)}{\left(1 - \frac{1,30}{H}\right)^{b_2} - \left(1 - \frac{5,30}{H}\right)^{b_2}} \right] \\ & + I_T \left[F^2 \left(\left(\frac{h - 5,30}{H - 5,30} - 1 \right)^2 + I_M \left(\frac{1 - b_4}{b_3^2} \right) \left(b_3 - \frac{h - 5,30}{H - 5,30} \right)^2 \right) \right] \end{aligned} \right\}^{0,5}$ $I_S = \begin{cases} 1, & h < 1,30 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases}$ $I_B = \begin{cases} 1, & 1,30 \leq h < 5,30 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases}$ $I_T = \begin{cases} 1, & h < 5,30 \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases}$ $I_M = \begin{cases} 1, & h < (5,30 + b_3(H - 5,30)) \\ 0, & \text{Diğer} \end{cases}$	(7)

Bu denklemlerde;

d:	“h yüksekliğindeki kabuklu göğüs çapı (cm)”
D:	“Kabuklu göğüs çapı (cm)”
h:	“Ölçüm noktasının yerden yüksekliği (m)”
H:	“Toplam ağaç boyu (m)”
a ₁ , a ₂ :	“Max ve Burkhart (1976) denklemi için örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktaları”
a:	“Parresol ve ark. (1987) denklemi için örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktası”
F:	“5,30 m deki kabuklu ağaç çapı (Girard’ın form class boyutu)”
h ₁ , h ₂ :	“Fang ve ark. (2000) denklemi için örnek ağaçlardan tahmin edilen katılma noktaları”
k:	“Çapın kesit yüzeyine çevrilmesi için kullanılan sabit bir katsayısı (π/40000: 0,0000785)”
h _{st} :	“Ağaçların kütük yüksekliği (m)”
a ₁ -a ₃ ; b ₁ -b ₄ ; p ₁ -p ₂ :	“Regresyon katsayıları” şeklindedir.

Doğu Karadeniz Göknarı için geliştirilecek gövde çapı ve gövde hacmi modellerinin başarı performanslarının değerlendirilmesi amacıyla; Kozak ve Smith (1993) tarafından önerilen ve “Byrne ve Reed, (1986); Muhairwe, (1999); Jiang ve ark., (2005); Diéguez–Aranda ve ark.,(2006); Brooks ve ark., (2007); Sakıcı ve ark., (2008); Özçelik ve Brooks, (2012); Hjelm, (2013); Atalay, (2014)” gibi çeşitli araştırmacılar tarafından da kullanılan Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R^2_{adj}), Hata Kareler Ortalamasının Karekökü ($RMSE$), Ortalama Hata (\bar{D}), Ortalama Mutlak Hata ($|\bar{D}|$), Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi ($\%OMH$) ve Toplam Hata Yüzdesi ($\%TH$) ölçütleri kullanılmıştır. Bu ölçüt değerlerinden hata kriterleri değerlerinin en küçük, belirtme katsayısı değerlerinin ise mümkün olduğunda 1’e yakın olması istenmektedir (Castedo-Dorado ve ark., 2006). Bu aşamada hesaplanan başarı ölçütlerinin formülleri aşağıda verilmiştir (8-13):

$$R^2_{adj}$$

$$\text{Belirtme Katsayısı} = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \hat{V}_i)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V}_i)^2 (n-p)} \right) \quad (8)$$

$$\text{Tahminin Standart Hatası} \quad (RMSE) S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)^2}{n-p}} \quad (9)$$

$$\text{Ortalama Hata} \quad \bar{D} = \frac{(\sum D)}{n} = \frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)}{n} \quad (10)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata} \quad |\bar{D}| = \frac{(\sum |D|)}{n} = \frac{\sum |V_i - \hat{V}_i|}{n} \quad (11)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata} \quad \%OMH|\% \bar{D}| = \left(\frac{\sum |V_i - \hat{V}_i|}{\sum V_i} \right) \times 100 \quad (12)$$

Yüzdesi

$$\text{Toplam Hata Yüzdesi} \quad \%TH = \frac{\sum (V_i - \hat{V}_i)}{\sum V_i} \times 100 \quad (13)$$

Burada, n : veri sayısını, p : parametre sayısını, V_i : ölçülen hacim değerini \bar{V}_i : ölçülen hacim değerlerinin aritmetik ortalamasını ve \hat{V}_i : model ile tahmin edilen hacim değerini göstermektedir.

2.2.2. Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modelleme ile Gövde Çapı Modellerinin Geliştirilmesi

Ağaçların gövde üzerinde boy arttıkça olan çap düşüşlerinin modellenmesinde kullanılan 7 farklı gövde çapı denkleminde en başarılı olarak belirlenen denklemin parametreleri ve varyans bileşenleri, Karışık Etkili Modelleme tekniği ile de tahmin edilmiştir. Karışık etkili modelleme, denklem yapısı içindeki parametreleri, sabit (fixed effect) etkili ve rastgele (random effect) etkili parametre olarak sınıflamaktadır. Burada sabit etkili parametre, denklemin geliştirmede kullanılan tüm bireylerin genel ilişkilerini ifade eden ve örnekten örneğe değişmediği düşünülen parametre olup rastgele etkili parametre ise, örnekten örneğe göre rastgele olarak değiştiği kabul edilip, örnekleme üniteleri arasındaki farklılığı temsil eden parametredir (Calama ve Montero 2004, Castedo Dorado *ve ark.* 2006, Crecente-Campo *ve ark.* 2010). Bu tür modellerin “Karışık Etkili Modelleme” ismiyle adlandırılması da, bu iki farklı özellikteki parametreyi içeren denklem yapısından kaynaklanmaktadır.

Karışık etkili modellerin denklem yapısı;

$$Y_{ij} = f(\Phi_i X_{ij}) + \varepsilon_{ij} \quad (14)$$

şeklinde dir. Burada; “ Y_{ij} ”: i . örnek ağaçtaki j . ölçüme ilişkin ölçülen bağımlı değişken değerini, X_{ij} : i . örnek ağaçtaki j . ölçüme ilişkin ölçülen bağımsız değişken değerini, Φ_i : modele ilişkin parametre değerlerini, ε_{ij} : model hatalarını göstermektedir (Calama ve Montero 2004, Castedo Dorado *ve ark.* 2006, Crecente-Campo *ve ark.*

2010)”. Karışık etkili modellerin, model parametrelerini iki sınıfta (sabit etkili ve rastgele etkili parametre olarak) değerlendirmesi ise

$$\Phi_i = A_{ij}\beta + B_{ij}b_i \quad (15)$$

formülü ile gösterilebilir. Bu gösterimde, β : sabit etkilidir ve popülasyonun tamamı için hesaplanmaktadır, b_i ise rastgele etkilere ilişkin parametredir ve örnek ağaçlar arasındaki farklılığı göstermektedir (Castedo Dorado *ve ark.* 2006, Crecente-Campo *ve ark.* 2010). Karışık etkili modellerde, rastgele etkilere ilişkin parametreye ait model hataları için temel varsayım ise;

$$b_i \sim N(0, D) \quad (16)$$

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, R) \quad (17)$$

biçiminde gösterilmektedir. Burada da; “ b_i rastgele etkilere ilişkin parametrenin, aritmetik ortalaması 0 ve varyansı D; model hatası olan; ε_{ij} : ise aritmetik ortalaması 0 olup varyansı R olan normal dağılıma sahip olduğu şeklinde açıklanabilmektedir (Calama ve Montero 2004, Castedo Dorado *ve ark.* 2006). Bu varsayımlarda ifade edilen D ve R matrislerinin tahmin edilmesi, karışık etkili modellerin önemli bir yönünü kapsamaktadır (Lappi 1997). D matrisi pozitif tanımlı varyans-kovaryans matrisi olup, örnek ağaçlar arasındaki değişkenliği ifade etmekten, R matrisi ise örnek ağaçlar üzerinde ölçülen veriler arasındaki değişkenliği (ağaç içi değişkenlik) tanımlayan varyans-kovaryans matrisini oluşturmaktadır”. Özellikle gerek örnek ağaçlar gerekse örnek ağaçlarda ölçülen veriler arasındaki değişkenliği tanımlayıp modelleyen D ve R varyans-kovaryans matrislerinin formülleri de aşağıdaki eşitliklerle gösterilmiştir (19).

$$D = \begin{bmatrix} \sigma_u^2 & \sigma_{uv}^2 \\ \sigma_{uv}^2 & \sigma_v^2 \end{bmatrix} \quad (18)$$

$$R = \sigma^2 I_i \quad (19)$$

Bu eşitliklerde, σ_u^2 ; u rastgele etkili parametresinin varyansını, σ_v^2 ; v rastgele etkili parametresinin varyansını, σ_{uv} ; rastgele etkili parametreler arasındaki kovaryansı, σ^2 ; modele ilişkin hata değerlerinin karesini, I_i ; “satır-sütun sayısı karışık etkili

modelin uygulanacağı örnek ağaç için kullanılacak veri sayısına denk gelen ve sabit olmayan varyansı açıklayan diagonal matris değeridir” (Castedo Dorado ve ark. 2006, Trincado ve ark. 2007).

Karışık etkili modellemede en başarılı denklemin, gövde çapı denklemine uygulanmasında, gövde çapı modelinin farklı tüm parametreleri için sabit ve rastgele etkili parametre ayırımına gidilerek; farklı şekilde seçilen sabit ve rastgele etkili parametreleri içerecek tahminler elde edilmiştir. Farklı sabit ve rastgele etkili parametrelere göre karışık etkili modelleme seçeneklerinin tahmin başarıları ise; karışık etkili modellerin tahmin başarılarını karşılaştırmak amacıyla yaygın şekilde kullanılan, *AIC* (Akaike Bilgi Ölçütü (Akaike’s Information Criterion)) ve *BIC* (Bayesian Bilgi Ölçütü) kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu başarı ölçütlerinin denklemleri ise aşağıdaki gibidir:

$$AIC = -2 \ln(L) + 2k \quad (20)$$

$$BIC = -2 \ln(L) + k \cdot \ln(n) \quad (21)$$

Bu eşitliklerde, L : Logaritmik Likelihood fonksiyonun maksimum değeri, φ : tahmin edilen sabit etkili ve rastgele etkili varyans bileşeni sayısı, N ; örnek sayısı şeklindedir. Burada, Özellikle *AIC* ve *BIC* kriter değerlerinin düşük değerlere inmesi; model tahmin başarının arttığını ve bu sayede doğru tahminlerin yapıldığını göstermektedir.

2.2.3. Doğrusal Olmayan Karışık Etkili Modellerin Kalibrasyon Yanıtlarının Belirlenmesi

Karışık etkili modelleme yönteminde, “Kalibrasyon Yanıtlarının” da ortaya konulması gerekmektedir. Çünkü, kalibre edilmiş olan modeller daha tutarlı, doğru, ve güvenilir tahminler yapmaktadırlar (Castedo-Dorado ve ark. 2006; Calama ve Montero, 2006; Trincado ve Burkhart, 2006; Yang ve ark. 2009a; Crecente-Campo ve ark. 2010; Cao ve Wang, 2011). Özçelik ve Yaşar (2015)’in belirttiğine göre “Karışık etkili modellerde, örnek alanlardan yeni elde edilen gözlem değerlerinin kullanılmasıyla rastgele parametreler hesaplanarak popülasyonun tamamında geçerli olan sabit etkili parametre değerlerine, bu rasgele parametre eklenip (veya rastgele

parametre negatif ise; çıkarılarak), söz konusu örnek alan için geçerli parametre değerleri hesaplanabilmektedir”. Ormancılıkta Lappi (1991)’nin kullandığı ve Henderson eşitlikleri olarak da bilinen “En İyi Doğrusal Yansız Ön Kestirici (Best Linear Unbiased Predictor, BLUP) Yöntemi” ormancılıkta kullanılan karışık modellerin kalibre edilmesinde kullanılmaktadır.

En iyi Doğrusal Yansız Ön kestirici (BLUP) yönteminin uygulanması için, rastgele etkili parametrenin belirlenmesinde kalibre edilecek yeni ölçüm verilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Crecente-Campo ve ark. 2010). Örnek alanlarda veya ağaçlarda hangi ağaçların (En ince, orta çapa yakın ya da en kalın çaplı ağaçlar) veya hangi çapların (en dip bölümdeki, orta bölümdeki veya en üst bölümdeki çaplar) ölçüleceğinin belirlenmesi, karışık etkili modellerin “Kalibrasyon Yanıtı” (Calibration response) olarak isimlendirilmektedir. “Bu amaçla, örnek alanlarda, farklı sayıda ve özelliklerdeki ağaçlar kullanılarak, rastgele parametreler hesaplanmakta, sonrasında da yapılan tahminlerin hata değerleri analiz edilmektedir” (Özçelik ve Yaşar, 2015). Bu yöntem ile rastgele etkili parametreleri ise, şu şekilde belirlenmektedir (22).

$$\hat{b} \approx DZ_i'(R + Z_iDZ_i')^{-1}(Y_i - A_{ij}\beta) \quad (22)$$

Burada, “D ve R bileşenleri daha önce tanımlanmış varyans-kovaryans matrisleri; Z_i bileşeni rasgele etkili parametreler için dizayn matrisi; Z_i' : Z_i matrisinin tersi şeklinde olup $(Y_i - A_{ij}\beta)$ bileşeni ise, karışık modelde sadece sabit etkili parametrelerin kullanılmasıyla yapılacak tahminin, gözlem değerinden çıkarılması sonucu hesaplanmaktadır” (Schmidt ve ark. 2010).

Bu çalışmada en başarılı olarak belirlenen Jiang ve ark. (2005) modelinin kalibrasyon yanıtlarının ortaya konulmuştur. Bu amaçla parametre tahminlerinde kullanılan 34 adet kontrol verisi kullanılarak ile Jiang ve ark. (2005) modeli kalibre edilmiştir.

Çalışma kapsamında, karışık etkili modellerin kalibrasyon yanıtlarının belirlenmesi amacıyla; Garber ve Maguire (2003), Trincado ve Burkhart (2006), Yang ve ark. (2009a ve 2009b), Sharma ve Parton (2009), Özçelik ve ark. (2011), Cao ve Wang (2011), Subedi ve Sharma (2011), Gómez-García ve ark. (2013 ve 2016) ve Şenyurt

ve ark. (2017)'un çalışmalarında önerdiği farklı seçenekler de dikkate alınarak değerlendirilen kalibrasyon yanıt seçenekleri şunlardır:

- i) “Ağaçlarda dibe en yakın 3 adet çap değeri”,
- ii) “Ağaçlarda dibe en yakın 4 adet çap değeri”,
- iii) “Ağaçlarda dibe en yakın 5 adet çap değeri”,
- iv) “Ağaçların orta kısmındaki ölçülmüş 3 adet çap değeri”,
- v) “Ağaçların orta kısmındaki ölçülmüş 4 adet çap değeri”,
- vi) “Ağaçların orta kısmındaki ölçülmüş 5 adet çap değeri”,
- vii) “Ağaçların uç kısma en yakın olan 3 adet çap değeri”,
- viii) “Ağaçların uç kısma en yakın olan 4 adet çap değeri”,
- ix) “Ağaçların uç kısma en yakın olan 5 adet çap değeri”,
- x) “Ağaçlarda 0,30-1,30 ve 5,30 m’lerindeki 3 adet çap”,
- xi) “Ağaçlarda 0,30-1,30 ve 5,30 m’leri ile uç kısma en yakın çapdan oluşan 4 adet çap değeri”,
- xii) “Ağaçlarda 0,30-1,30 ve 5,30 m’leri, gövdeyi iki eşit parçaya bölen ortadaki 1 çap ($d_{h/2}$) ve de uç kısma en yakın 1 çapdan (d_{top}) oluşan 5 adet çap değeri”

Karışık etkili modelleme ilişkin en iyi kalibrasyon seçeneğinin belirlenmesinde de; Hata Kareler Toplamı (HKT/SSE : Sum of Squared Errors), Hata Kareler Ortalaması (HKO/MSE : Mean Squared error) ve Tahminin Standart Hatası (TSE/SEE : Sum of Squared Errors) (Eşitlik 2) değerleri kullanılmıştır (Castedo-Dorado ve ark., 2006).

$$\text{Hata Kareler Toplamı} \quad SSE (HKT) = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (23)$$

$$\text{Hata Kareler Ortalaması} \quad MSE = \frac{HKT}{n} = \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \quad (24)$$

$$\text{Tahminin Standart Hatası} \quad SEE (TSH) = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (25)$$

2.2.4. Gövde Hacminin Belirlenmesi ve Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi

Çalışma kapsamında kullanılan 7 farklı gövde çapı modeli arasından sadece en başarılı olan Jiang ve ark. (2005) modeli kullanılarak ağaçlara ilişkin hacim tahminleri hesaplanmıştır. Jiang ve ark. (2005) uyumlu bir gövde çapı modeli olduğu

için, bu gövde çapı modelinin hacim denklemi kullanılarak ağaçlardaki çeşitli yükseklikler arasındaki hacim değerleri ve toplam ağaç hacmi hesaplanabilmektedir.

Jiang ve ark. (2005) Gövde Hacim Modeli;

$$V = k \left[I_1 D^2 \left[(1 - GW_1)(U_1 - L_1) + \frac{W_1 \left(\left(1 - \frac{L_1}{H}\right)^{b_1} (H - L_1) - \left(1 - \frac{U_1}{H}\right)^{b_1} (H - U_1) \right)}{(b_1 + 1)} \right] + I_2 I_3 \left[T(U_2 - L_2) - \frac{Z \left(\left(1 - \frac{L_2}{H}\right)^{b_2} (H - L_2) - \left(1 - \frac{U_2}{H}\right)^{b_2} (H - U_2) \right)}{\left(1 + \frac{1.30}{H}\right)^{b_2} - \left(1 - \frac{5.30}{H}\right)^{b_2}} \right] + I_4 F^2 \left[\frac{b_3(U_3 - L_3) - \frac{b_2((U_2 - 5.30)^2 - (L_2 - 5.30)^2)}{(H - 5.30)}}{\left(\frac{b_2}{3}\right) \frac{((U_2 - 5.30)^2 - (L_2 - 5.30)^2)}{(H - 5.30)}} + \frac{I_5 \left(\frac{1}{3}\right) \left(\frac{(1 - b_2)}{b_4^2}\right) (b_4(H - 5.30) - (U_2 - 5.30))^2}{(H - 5.30)^2} + \frac{I_6 \left(\frac{1}{3}\right) \left(\frac{(1 - b_2)}{b_4^2}\right) (b_4(H - 5.30) - (U_2 - 5.30))^2}{(H - 5.30)^2} \right] \right] \quad (26)$$

$$L_1 = \max(L, 0.30)$$

$$L_2 = \max(L, 1.30)$$

$$L_3 = \max(L, 5.30)$$

$$U_1 = \min(L, 1.30)$$

$$U_2 = \min(L, 5.30)$$

$$U_3 = \min(L, H)$$

$$I_1 = \begin{cases} 1 & L < 1.30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_2 = \begin{cases} 1 & L < 5.30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_3 = \begin{cases} 1 & U > 1.30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_4 = \begin{cases} 1 & U > 5.30 \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_5 = \begin{cases} 1 & (L_3 - 5.30) < b_3(H - 5.30) \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$I_6 = \begin{cases} 1 & (U_3 - 5.30) < b_3(H - 5.30) \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$$

$$G = \left(1 - \frac{1.30}{H}\right)^{b_1}$$

$$W_1 = \frac{1}{1 - G}$$

$$X = \left(1 - \frac{1.30}{H}\right)^{b_4}$$

$$Y = \left(1 - \frac{5.30}{H}\right)^{b_4}$$

$$T = D^2 ZX$$

$$Y = \left(\frac{D^2 - F^2}{X - Y}\right)$$

$$F_{d_{5.3}} = \left(b_1 + \frac{5.27}{H}\right)^2$$

Burada;

b_1 : “Gövdenin 1,30 m den daha aşağı kısmına ilişkin regresyon katsayısını”,

b_2 : “Gövdenin 1,30-5,30 m leri arasına ilişkin regresyon katsayısını”,

b_3 ve b_4 : “Gövdenin 5,30 m’den sonraki kısmına ilişkin için regresyon katsayısını”,

F : “5,30 m yükseklikteki kabuklu gövde çapını (Girard’ın form class boyutu)”,

k : “0,0000785 katsayısını” göstermektedir.

Burada bahsedilen gövde hacim modelinden ayrı olarak; gövde hacminin belirlenmesi için en yaygın şekilde ve pratik kullanım imkânı bulan tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri de çalışma kapsamında ayrıca geliştirilmiştir.

Çalışmanın bu aşamasında, arazide dipten itibaren 1 m aralıklarla ölçülen örnek ağaçların hacimlendirilmesi amacıyla ağaç gövdeleri üç bölüm olarak değerlendirilmiştir. Örnek ağaçların ortada kalan bölümlerindeki seksiyonlar Smalian (uçlardaki yüzeyler ortalaması) formülü (Denklem 26) kullanılarak; ağaçların dip kısmında kalan kütük hacimleri silindir formülü (Denklem 27) kullanılarak ve ağaçların uçta kalan parçaları da koni formülü (Denklem 28) kullanılarak hacimlendirilmişlerdir. Daha sonra ayrı ayrı hesaplanan bu üç bölümün hacimleri toplanarak ağaçların toplam hacimleri bulunmuştur. Elde edilen bu hacim değerleri kullanılarak da tek girişli, çift girişli ağaç hacim denklemleri geliştirilmiştir.

$$V_{(seksiyon)} = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_0^2 + d_n^2}{2} \right) l \quad (27)$$

$$V_{kütük} = \frac{\pi}{4} d_{0,3}^2 l \quad (28)$$

$$V_{uç} = \frac{1}{3} \frac{\pi}{4} d_n^2 l \quad (29)$$

Bu denklemlerde V : hacmi, $d_{0,5}$: seksiyonun orta çapını, d_n : seksiyonun uç çapını, $d_{0,3}$: kütük çapını, l : seksiyon ya da parça uzunluğunu ifade etmektedir. Çaplar, cm; hacim ise m^3 olarak kullanılmıştır.

Literatürde çok sayıda ağaç hacim denklemleri olmakla birlikte benzer çalışmalarda en çok kullanılan ve genel itibariyle başarılı olan ağaç hacim denklemleri tercih edilmiştir. Bu denklemlerde model oluşturma için kullanılan (örnek ağaçların %80'i) 192 ağaca ait göğüs çapı veya göğüs çapı ve ağaç boyu değerleri, hesaplanan ağaç hacimleriyle ilişkiye getirilmiş; doğrusal ya da doğrusal olmayan regresyon analizleri ise SPSS (SPSS 19.0 Institute Inc., 2010) adlı istatistik programı yardımıyla yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında tercih edilen tek girişli ve çift girişli ağaç hacim denklemleri ise Tablo 7'de verilmiştir (Loetsch ve ark, 1973; Çatal ve Güneş, 2018; Sakıcı ve ark., 2018).

Tablo 7. Çalışma kapsamında kullanılan bazı ağaç hacim modelleri

Bağımsız Değişken	Yazar	Model	Model No
D Tek Girişli	Kopezky-Gehrhardt	$V = b_0 + b_1D^2$	30
	Dissescu-Meyer	$V = b_1D + b_2D^2$	31
	Hohenadl-Krenn	$V = b_0 + b_1D + b_2D^2$	32
	Berkhout	$V = b_0D^{b_1}$	33
	Yöresel Hacim T. (Husch,1963)	$\log V = b_0 + b_1\log D$	34
	Brenac	$\log V = b_0 + b_1\log D + b_2(1/D)$	35
		$\log V = b_0 + b_1\log D + b_2(\log D)^4$	36
D, H Çift Girişli	Schumacher-Hall	$V = b_0D^{b_1} H^{b_2}$	37
	Ogaya	$V = D^2(b_0 + b_1H)$	38
	Schumacher-Hall	$V = b_0 + b_1D^{b_2} H^{b_3}$	39
		$\log V = b_0 + b_1\log D + b_2(\log H)^2$	40
		$\log V = b_0 + b_1\log D + b_2(\log H)^4$	41
		$\log V = b_0 + b_1(\log D)^2 + b_2H$	42
		$\log V = b_0 + b_1(\log D)^2 + b_2\log H$	43
		$\log V = b_0 + b_1\log D + b_2\log H + b_3d^2H$	44
		$\log V = b_0 + b_1\log D + b_2\log H + b_3H^2$	45
		Orman Araştırma Enstitüsü Baden-Wuerttemberg-Düzelme	$\log V = b_0 + b_1\log D^2 + b_2\log H + b_3\log H^2$

Çalışma kapsamında geliştirilen tek girişli ve çift girişli ağaç hacim denklemleri arasından büyüme yasalarıyla uyumlu özellikleri taşıyan; ayrıca düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R^2_{adj.}$) değeri yüksek olup standart hata ($RMSE$), ortalama hata (\bar{E}) ve ortalama mutlak hata ($|\bar{E}|$), ortalama hata yüzdesi ($\%OMHY$) ve toplam hata yüzdesi ($\%THY$) en düşük model seçilmiştir (Kalıpsız, 1984).

Ormancılık uygulamalarında geliştirilmiş olan tek ağaç büyüme modellerinin; ilk olarak büyüme yasalarına uygunlukları kontrol edilmelidir (Vanclay, 1994; Vanclay ve Skovsgaard, 1997). Bahsedilen modellerin kontrolü de; model geliştirmede kullanılan veri grubundan bağımsız, ayrı kontrol veri grubunun kullanılmasıyla yapılmaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilen tek ağaç modellerinin uygunluklarının denetlenmesinde; grup varyanslarının homojen olması durumunda “Eşleştirilmiş Örneklem T-Testi”yle (*Paired Samples T-Test*)” vasıtasıyla tahmin edilen değerler ile ölçülen değerleri karşılaştırılmıştır (Kalıpsız, 1988; Batu, 1995).

3. BULGULAR

3.1. Örnek Ağaç Verilerine İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında ölçülen 240 örnek ağaca ilişkin göğüs çapı, boy, hacim, ilgili yüksekliklerdeki çap ve kesit yükseklikleri özelliklerinin çeşitli istatistiksel bilgileri Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Gövde çapı modellerinin geliştirilmesi ve test edilmesinde kullanılan verilerin istatistiksel değerleri

Veri Tipi	Özellik	N	Minimum	Ortalama	Maksimum	Standart Sapma
Model Veri	d _{1,30}	192	3,0	20,4	65,5	12,1
	Boy	192	2,2	12,6	38,1	8,2
	Hacim	192	0,002	0,484	6,44	0,818
	Çap	2427	0,9	19,2	70,8	11,3
	KesitY	2427	0,3	8,7	37,3	7,1
Kontrol veri	d _{1,30}	48	3,9	21,3	62,7	13,4
	Boy	48	2,6	12,9	36,6	8,9
	Hacim	48	0,003	0,577	5,87	1,027
	Çap	620	0,7	20,7	63,4	12,2
	KesitY	620	0,3	9,3	36,3	7,7

3.2. Gövde Çapı Modellerine İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında geliştirilen gövde çapı modellerine ait çeşitli model başarı ölçütleri, Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9’in incelendiğinde, modellerin başarı ölçütlerine göre yapılan sıralama sonucunda; en iyi sonucu veren model, gövde çapı tahminlerindeki varyansın %98,1’ini açıklayabilen Jiang ve ark. (2005) modeli’nin olduğu görülmektedir.

Burada, Tablo 9’a göre en başarılı olarak seçilen Jiang ve ark., (2005) gövde çapı modelinin parametre tahminleri ve standart hata, t-hesap değerleri ile önem düzeyleri de Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 9. Denenen gövde çapı modellerinin çeşitli başarı ölçütleri

Modeller	$R^2_{adj.}$	SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $	Rölatif Sıra
Demaerschalk, 1972	0,9772 -2-	1,7063 -2-	0,067 -1-	1,263 -3-	-8-
Demaerschalk, 1973	0,9769 -3-	1,7163 -3-	0,124 -2-	1,258 -2-	-10-
Max ve Burkhart, 1976	0,9759 -4-	1,7534 -5-	0,297 -5-	1,355 -5-	-19-
Cao ve ark., 1980	0,9050 -6-	2,4776 -7-	1,0067 -7-	1,7640 -7-	-27-
Parresol ve ark., 1987	0,9645 -5-	2,1305 -6-	0,693 -6-	1,597 -6-	-23-
Fang ve ark., 2000	0,9769 -3-	1,7169 -4-	0,133 -3-	1,303 -4-	-14-
Jiang ve ark., 2005	0,9812 -1-	1,5257 -1-	0,233 -4-	0,996 -1-	-7-

Tablo 10. Jiang ve ark. (2005) gövde çapı modelinin parametre tahminleri

Parametre	Tahmin	Standart Hata	t değeri	p
b_1	123,3582	4,6153	26,73	<0.0001
b_2	1,678231	0,1698	9,89	<0.0001
b_3	0,922537	0,00432	213,77	<0.0001
b_4	6,717851	0,3108	21,61	<0.0001

Ayrıca ölçümü zor olan ağaç gövdesi üzerindeki 5,30 metredeki çağ değeri de, yine Jiang ve ark. (2005) denklemi kullanılarak ilgili ağacın göğüs çapı ($d_{1,30}$) ve boyu (H) kullanılarak tahmin edilebilmektedir. Bu yüzden, Jiang ve ark. (2005) denkleminin kullanılmasıyla elde edilen 5,30 m yüksekliğindeki gövde çapı değerinin tahmin denklemi aşağıda verilmiştir (47).

$$F_{d_{5,30}} = d_{1,30} \left(0,882 \left(-0,0000047 \frac{5,27}{H} \right)^2 \right) \quad (47)$$

Bu denklemde her iki parametre de, $p < 0.001$ önem düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Ayrıca; modelin düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R^2_{adj.}$), 0.961, tahminin standart hatası (SEE) 2,416 cm, ortalama hataları (\bar{E}) -0,618 cm, ortalama mutlak hataları ($|\bar{E}|$) 1,81 cm şeklinde bulunmuştur.

3.3. Karışık Etkili Gövde Çapı Denklemine İlişkin Bulgular

Bu aşamada, en başarılı bulunan Jiang ve ark., (2005) gövde çapı modelinin b_1 , b_2 , b_3 ve b_4 , parametreleri; tek, iki, üç ve dördü tesadüfi etkili parametre kombinasyonları

şeklinde test edilerek karışık etkili modellemeyle tahmin edilmiştir. Bunun için 12 farklı parametre kombinasyonu denenmiştir. En uygun tesadüfi etkili parametre kombinasyonunun belirlenmesi aşamasında *AIC*, *BIC* ve $-2LnL$ hata kriterleri hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Gövde çapı modelinin farklı rastgele parametre seçeneklerinin başarı ölçütleri

Ratgele Parametreler	$-2LnL$	<i>AIC</i>	<i>BIC</i>
b ₁	5041,5	5055,5	5064,5
b ₂	4871,1	4885,1	4894,5
b₃	4522,6	4536,6	4546,1
b ₄	4474,3	4488,3	4497,7
b ₁ , b ₂	5144,8	5162,8	5174,6
b ₁ , b ₃	4981,9	4999,9	5011,5
b ₁ , b ₄	4941,6	4959,6	4971,2
b ₂ , b ₃	4560,4	4578,4	4590,6
b ₂ , b ₄	4513,3	4531,3	4543,5
b ₃ , b ₄	5471,7	5489,7	5500,6
b ₁ , b ₂ , b ₃	4965,4	4979,4	4988,6
b ₁ , b ₂ , b ₄	-	-	-
b ₁ , b ₃ , b ₄	5139,9	5153,9	5162,1
b ₂ , b ₃ , b ₄	5064,7	5078,7	5088,1
b ₁ , b ₂ , b ₃ , b ₄	4560,9	4574,9	4584,3

Castedo-Dorado ve ark. (2006)’na göre; karışık etkili doğrusl olmayan modellerde; *AIC*, *BIC* ve $-2LnL$ başarı ölçütleri en düşük model daha başarılı olarak seçilebilmektedir. Buna göre, b₃ parametresi en başarılı olan tesadüfi etkili parametre olarak belirlenmiştir (Tablo 11). En başarılı bulunan rastgele etkili b₃parametresinin tahmin değerleri de Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Karışık etkili modelin parametre ve varyans değerine ilişkin tahminler

Parametreler	Tahmin	Standart Hata	t değeri	p	
Parametre Değerleri	b ₁	123,36	4,7480	25,98	<0,0001
	b ₂	1,6782	0,1496	11,22	<0,0001
	b ₃	0,9232	0,004323	213,54	<0,0001
	b ₄	7,0751	0,3142	22,52	<0,0001
Rastgele Etkili Parametre Varyansı	σ_u^2	0,000437	0,000086	5,06	<0,0001
Model Hatası	σ^2	1,7467	0,05357	32,61	<0,0001

3.4. Kalibrasyon Yanıtlarına İlişkin Bulgular

Çalışmanın bu aşamasında, geliştirilen Jiang ve ark. (2005) modelinin kalibrasyonu için kontrol veri grubunu oluşturan 34 adet örnek ağaç verisi kullanılmıştır. En iyi Doğrusal Yansız Ön kestirici (BLUP) yöntemini içeren 22 numaralı eşitlik kullanılarak tesadufi etkili parametre olan b_3 parametresi, kontrol veri grubunu oluşturan örnek ağaçlar için hesaplanmıştır. Bu işlem yapılırken; kullanılan SAS kodu ise Trincado ve ark. (2007)'nden temin edilmiştir. 12 farklı kombinasyonda hesaplanan rastgele etkili parametreler (u ve v parametreleri); b_3 parametresine eklenerek, her farklı ağaçta b_4 parametre değerinin değişmesi sağlanmış ve böylece farklı ağaçlar için farklı gövde çapı denklemleri elde edilmiştir. Elde edilen bu farklı gövde çapı denklemleri kullanılarak da 34 kontrol ağacı için gövde üzerinde ölçülen çap değerleri için tahminler yapılmıştır.

Bu örnek ağaçlarda yapılagövde çapı tahminlerine ilişkin Hata Kareler Toplamı (SSE), Hata Kareler Ortalaması (MSE) ve Tahminin Standart Hatası (SEE) kriterleri hesaplanarak, denenmiş olan farklı kalibrasyon seçenekleri arasında en iyi tahmin değerlerini, en dipten üç adet çap ölçümüne ilişkin kalibrasyon seçeneğinin verdiği tespit edilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. Farklı kalibrasyon seçeneklerine ilişkin tahmin sonuçları

Kalibrasyon Seçenekleri	SSE	MSE	SEE
i) En dipten 3 çap	1400,48	2,4484	1,5647
ii) En dipten 4 çap	1404,90	2,4561	1,5672
iii) En dipten 5 çap	1434,07	2,5071	1,5834
iv) Ortadaki 3 çap	1406,33	2,4586	1,5680
v) Ortadaki 4 çap	1420,94	2,4842	1,5761
vi) Ortadaki 5 çap	1408,01	2,4616	1,5689
vii) Uçtan 3 çap	1400,74	2,4488	1,5649
viii) Uçtan 4 çap	1401,26	2,4497	1,5652
ix) Uçtan 5 çap	1596,80	2,7916	1,6708
x) $d_{0,30}, d_{1,30}, d_{5,30}$	1804,83	3,1553	1,7763
xi) $d_{0,30}, d_{1,30}, d_{5,30}, d_{uç}$	1510,97	2,6416	1,6253
xii) $d_{0,30}, d_{1,30}, d_{5,30}, d_{h/2}, d_{uç}$	1405,21	2,4567	1,5674

3.5. Gövde Çapı Tahminlerinin Değerlendirmesi

Bu aşamada da, geliştirilen gövde çapı modellerinin etkinliğinin daha ayrıntılı araştırılması amaçlanarak, geliştirilen sabit etkili ve karışık etkili gövde çapı

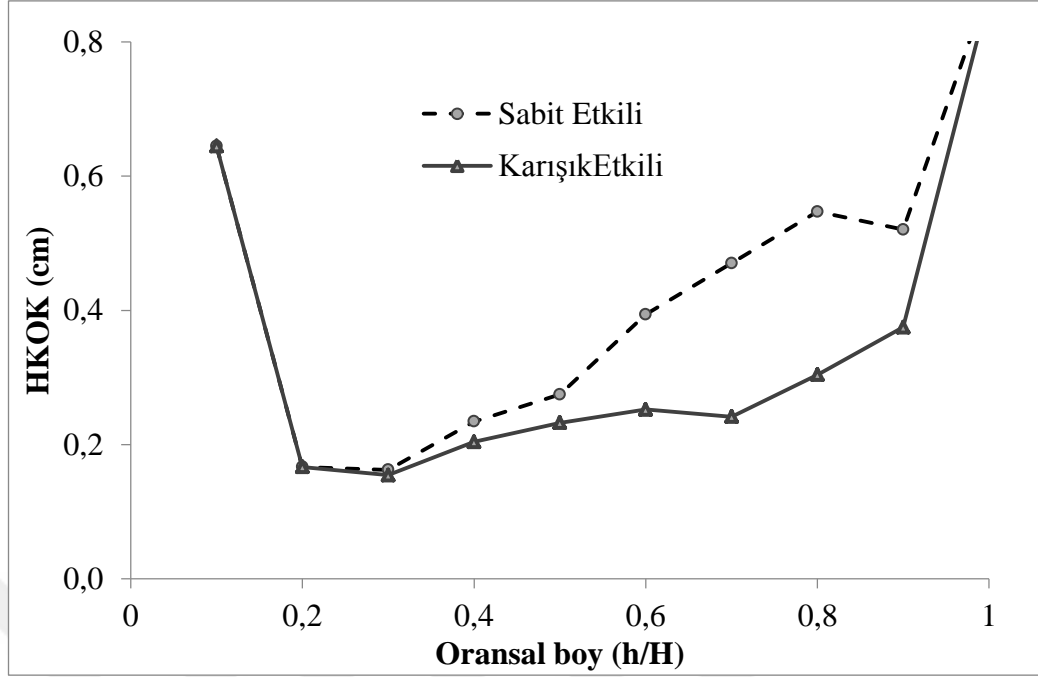
modellerinin tahmin performansları, oransal boy değerlerine göre değerlendirilmiştir. Bu amaçla, farklı oransal boy değerleri için tahminin standart hatası (SEE), ortalama hatası (\bar{E}) ve ortalama mutlak hatası ($|\bar{E}|$) hesaplanmıştır (Tablo 13-14); bunun yanısıra, tahmin hata değerlerinin toplam (SEE) değerlerinin oransal boylara göre değişim grafiği de oluşturulmuştur (Şekil, 8).

Tablo 14. Sabit etkili model için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi

Oransal Boy	n	SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $
0.0-0.1	254	0,645	0,064	0,134
0.11-0.2	227	0,167	-0,011	0,033
0.21-0.3	214	0,162	0,000	0,034
0.31-0.4	230	0,234	0,004	0,050
0.41-0.5	211	0,275	0,020	0,062
0.51-0.6	244	0,394	0,024	0,101
0.61-0.7	222	0,470	0,027	0,117
0.71-0.8	215	0,547	0,001	0,133
0.81-0.9	214	0,520	-0,022	0,122
0.91-1.0	206	0,884	0,126	0,209

Tablo 15. Karışık etkili model için oransal boy değerlerine göre çeşitli hata değerlerinin değişimi

Oransal Boy	n	SEE	\bar{E}	$ \bar{E} $
0.0-0.1	254	0,645	0,064	0,134
0.11-0.2	227	0,167	-0,011	0,033
0.21-0.3	214	0,155	0,002	0,033
0.31-0.4	230	0,204	0,008	0,043
0.41-0.5	211	0,233	0,019	0,048
0.51-0.6	244	0,252	0,020	0,058
0.61-0.7	222	0,242	0,016	0,054
0.71-0.8	215	0,304	-0,006	0,065
0.81-0.9	214	0,375	-0,032	0,081
0.91-1.0	206	0,871	0,115	0,205



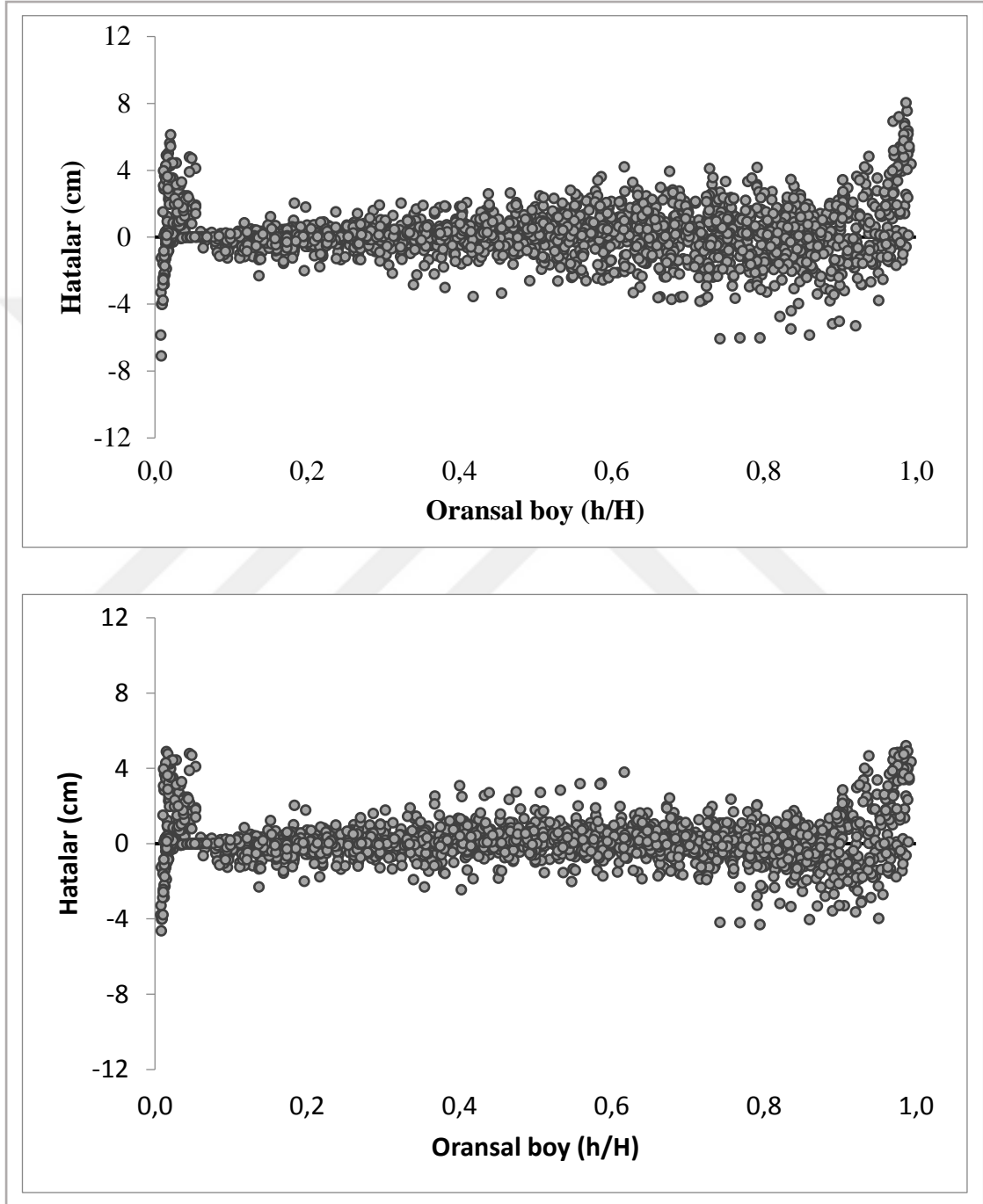
Şekil 8. Oransal boy sınıfları itibariyle sabit ve karışık etkili modellerin HKOK değerlerinin değişimi

Tablo 14 ile 15 ve Şekil 8’de görülmektedir ki, Jiang ve ark. (2005) gövde çapı modelinin, en düşük hata değerlerini 0,21-0,3 oransal boy değerlerinde verdiği; hatta tablolar incelendiğinde; model hatasının (*SEE*), doğrusal olmayan regresyon modelinde göre 0,162 iken; karışık etkili modelde 0,155 olduğu; yani biraz daha düşürüldüğü görülmektedir.

Yine Şekil 8’den de anlaşılacağı gibi Doğu Karadeniz Gökarnında, dallanmaların genellikle ağaç boyunun yaklaşık %70-80’ine denk gelen yüksekliklerde başladığı düşünülmekte ve bu bölümlerde oluşan gövde şişkinlikleri nedeniyle gövde çaplarını tahmin başarıları azalmaktadır. Farklı ağaç türlerinde farklı boy oranlarında benzer sonuçlar bulunmakta (Kızılcım ağaç türü için Jiang ve ark. (2005); Özçelik ve Brooks (2012) ve Karaer (2014)); ayrıca bu sonuçlar, Çakır (2018) ile Çakır ve Kahrıman (2018)’ın Ardanuç Yöresindeki Doğu Karadeniz Gökarnı-Doğu Ladini karışık meşcereleri için hazırlamış oldukları araştırmalarla da örtüşmektedir.

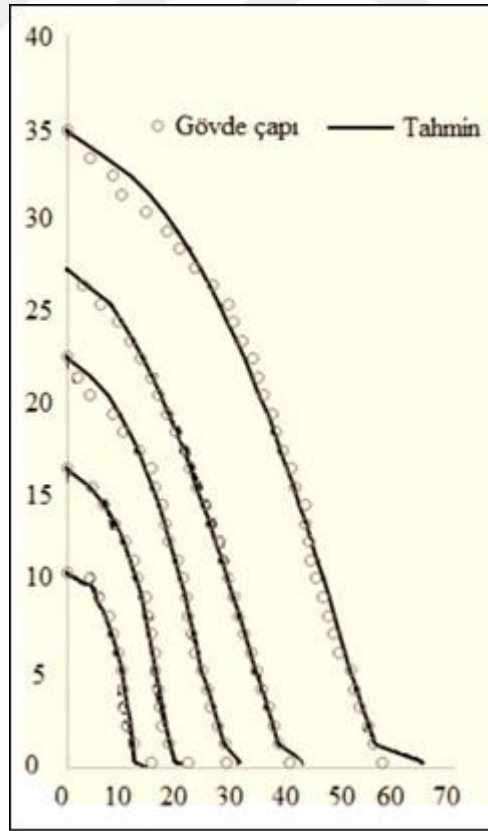
Doğrusal olmayan karışık etkili modellerin oransal boylara göre hata dağılımları, Şekil 9’da verilmiştir. Şekil detaylı olarak incelendiğinde, tesadüfi etkili parametrelere sahip modelin, tüm oransal boylarda; doğrusal olmayan modelden daha homojen bir hata değişkenliğine sahip olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 9). Bu

sonuç da, yine daha önce hazırlanan çalışmaların sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir (Trincado ve Burkhart 2006; Yang ve ark. 2009; Sharma ve Parton 2009; Özçelik ve ark. 2011; Özçelik ve Yaşar 2015; Şenyurt ve ark. 2017; Çakır, 2018; Çakır ve Kahrıman (2018).



Şekil 9. Nisbi boylar itibariyle sabit etkili (a) ve karışık etkili (b) modeller için hata varyansı

Şekil 9'daki sonuçlar da, daha önce yapılmış olan; Trincado ve Burkhart (2006), Sharma ve Parton (2009), Gomez-Garcia ve ark. (2013), Özçelik ve Yaşar (2015), Ercanlı (2015), Şenyurt ve ark. (2017); Zhang ve ark. (2017) Çakır, 2018; Çakır ve Kahrıman (2018) gibi çeşitli sonuçlarıyla örtüşmektedir. Ayrıca geliştirilen Jiang ve ark. (2005) uyumlu gövde çapı modelinin doğrusal olmayan karışık etkili (tesadüfi) parametrelerin kullanılmasıyla inceden kalına doğru çeşitli çap ve boy değerlerinde beş adet ağaç üzerindeki (seçilen ağaçların göğüs çapları sırasıyla 12, 18,5, 28,5, 38,2 ve 55,5; boyları da sırasıyla 10,6, 16,3, 22,4, 27,2 ve 34,8 m şeklindedir) gövde çapı tahminleri grafik olarak verilmiştir (Şekil 10). Trincado ve Burkhart 2006; Yang ve ark. 2009; Sharma ve Parton 2009; Li ve Weiskittel 2010; Subedi ve Sharma 2011; Gomez-Garcia ve ark. 2013; Chiu ve ark. 2015; Özçelik ve Yaşar 2015; Şenyurt ve ark. 2017; Çakır, 2018; Çakır ve Kahrıman (2018) gibi araştırmacılar yapılan çeşitli araştırmalarla da benzer bulunan bu sonuçlarda, karışık etkili modelin, Doğu Karadeniz Gökmarlarının gövde şeklini tanımlamakta başarılı olduğu görülmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Tesadüfi etkili parametrelere (b₃) sahip modeller kullanılarak beş farklı ağaç için gövde şekli eğrileri

3.6. Gövde Hacmine İlişkin Bulgular

Çalışma kapsamında geliştirilen Jiang ve ark. (2005) gövde çapı modelinden geliştirilen gövde hacim modelinin standart hatası 0,194 m³; ortalama hatası -0,056 m³ ve ortalama mutlak hatası ise 0,114 m³ şeklinde hesaplanmıştır.

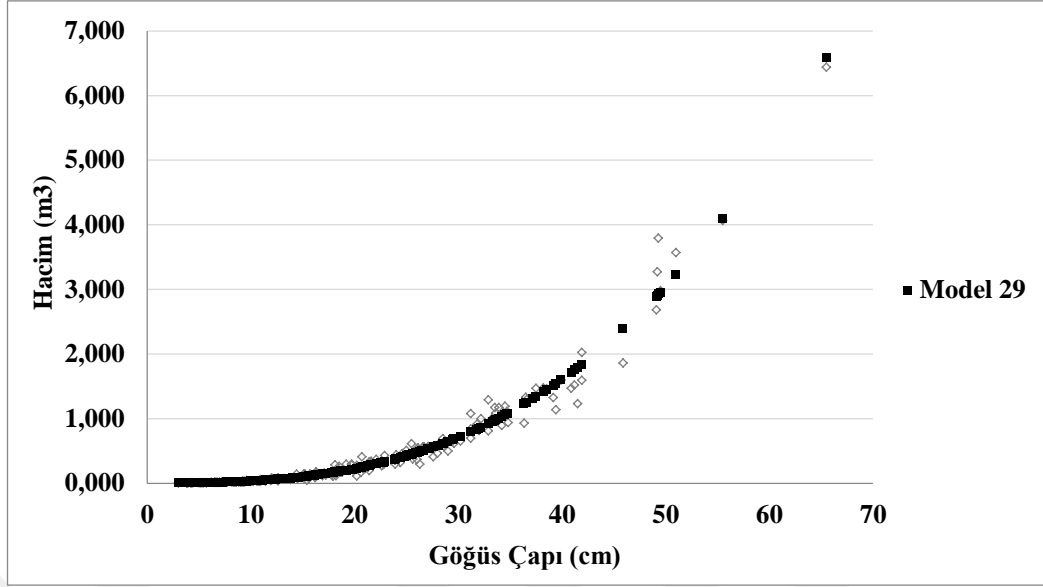
Çalışma kapsamında, Doğu Karadeniz Gökürarı için türetilen gövde hacim modelinden ayrı olarak, denenen tek girişli ve çift girişli ağaç hacim denklemlerinin çeşitli başarı istatistikleri aşağıda verilmiştir (tablo 16-17). Bu aşamada, tek ve çift girişli ağaç hacim tablosu üretmek için, yine arazide ölçülen 240 örnek ağaç verisinden, %80'i (192'si) kullanılmıştır. Bu aşamada, test edilen 7 farklı tek girişli ve 10 farklı çift girişli ağaç hacim modellerinden en uygun olanlarına karar verebilmek için belirtme katsayıları (R_{adj}^2), tahminin standart hataları ($RMSE-S_{yx}$), ortalama mutlak hataları ($|\bar{D}|$), ortalama hataları (\bar{D}), ortalama mutlak hata yüzdeleri ($OMHY\%$) ve toplam hata yüzdeleri ($THY\%$) hesaplanmıştır.

Tablo 16. Tek girişli ağaç hacim modellerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Model No	R_{adj}^2	$RMSE$	$OH(\bar{D})$	$OMH \bar{D} $	$OMHY\%$	$THY\%$
30	0,930	0,217	-9,6E-14	0,147	30,484	0,000
31	0,959	0,166	0,027	0,112	23,064	5,492
32	0,970	0,142	-6,8E-14	0,086	17,702	0,000
33	0,977	0,124	0,001	0,062	12,781	0,208
34	0,974	0,132	0,012	0,066	13,561	2,408
35	0,968	0,147	-0,017	0,069	14,225	-3,431
36	0,956	0,171	-0,018	0,073	15,004	-3,637

Tablo 16 incelendiğinde; R_{adj}^2 'si en yüksek ve hata değerleri en düşük olarak görülen en iyi tek girişli ağaç hacim denklemi Berkhout tarafından geliştirilen 29 nolu üssel modelin en başarı bulunduğu görülmüş ve bu denklem parametre değerleriyle birlikte aşağıda verilerek (Model 48); grafiği de Şekil 11'de gösterilmiştir.

$$V = 0,0000424688d^{2,85763} \quad (48)$$



Şekil 11. Doğu Karadeniz Göknarı tek girişli ağaç hacim grafiği

Daha sonra, tahmin gücü daha yüksek ve hata oranı daha düşük olan “Çift girişli ağaç hacim modeli” geliştirmek için; çeşitli çift girişli denklemler denenmiş (Model 37-46; Tablo 7), bu denklemlerde kabuklu gövde hacimlerinin bağımlı ve kabuklu göğüs çapları ile ağaç boylarının da bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Burada da test edilen modellerden en uygun olanına karar verebilmek için yine tek girişli modellerde kullanılan başarı ölçütleri (R_{adj}^2), ($RMSE-S_{yx}$ ($|\bar{D}|$), (\bar{D}), ($OMHY\%$) ve ($THY\%$)) hesaplanarak Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Çift girişli ağaç hacim modellerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Model No	R_{adj}^2	$RMSE$	$OH (\bar{D})$	$OMH \bar{D} $	$OMY\%$	$THY\%$
37	0,993	0,070	0,006	0,034	6,940	1,157
38	0,993	0,070	0,002	0,032	6,561	0,418
39	0,993	0,070	0,000	0,034	7,020	0,000
40	0,978	0,120	-0,021	0,046	9,547	-4,349
41	0,870	0,294	-0,051	0,084	17,272	-10,561
42	0,976	0,871	-0,157	0,200	41,347	-32,574
43	0,843	0,325	-0,064	0,090	18,587	-13,324
44	0,988	0,090	-0,001	0,035	7,309	-0,280
45	0,992	0,074	-0,002	0,034	6,979	-0,379
46	0,991	0,725	0,343	0,343	70,981	70,981

Tablo 17'ye bakıldığında; R_{adj}^2 'si (belirtme katsayısı) en yüksek ve hata kritikleri bakımından Şavşat Yöresi Doğu Karadeniz meşcereleri için, ağaç boyu ile göğüs çapı ve boyu arasındaki ilişkiyi en iyi açıkladığı belirlenen çift girişli ağaç hacim modeli olarak 34 nolu model seçilmiştir. Seçilen bu denkleme ilişkin parametre değerlerini içeren model aşağıda verilmiştir (Model 49).

$$V = d^2(0,000086534 + 0,0000367103h) \quad (49)$$

Doğu Karadeniz Göknarı için uygun gövde hacim modelleri belirlendikten sonra, bu modellerin denetimleri ve kontrolleri yapılmıştır. Bu aşamada da, tek ve çift girişli ağaç hacim modelleri için kontrol veri grubunu oluşturarak 48 örnek ağaç verisi kullanılırken; Jiang ve ark. (2005) modelinin uygunluğunun denetiminde ise 5,30 boya sahip olmayan ağaçlar hariç olmak üzere 34 örnek ağaç verisi kullanılmıştır.

Belirlenmiş olan gövde hacim modelleri ile Doğu Karadeniz Göknarı üzerine yapılmış olan çalışmalarda belirlenen model ve tabloların hacim hesaplamadaki çeşitli hata değerlerine ilişkin sonuçlar Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18. Gövde hacim modellerinin çeşitli hata değerlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Modeller	$RMSE$ SEE	$OH (\bar{D})$	$OMH \bar{D} $	$OMY\%$	$THY\%$
Jiang ve ark. (2005)-Geliştirilen	0,195	-0,002	0,108	15,927	3,566
Tek Girişli-Geliştirilen	0,124	0,001	0,062	12,781	0,208
Çift Girişli-Geliştirilen	0,070	0,002	0,032	6,561	0,418
Çakır (2018)-Tek Girişli	0,186	0,483	0,083	16,458	-4,371
Çakır (2018)-Çift Girişli	0,098	0,482	0,047	9,272	-4,213
Miraboğlu, 1955	1,328	1,420	0,310	12,050	-44,826
Sun ve ark. (1978)-Tek Girişli	0,273	0,484	0,155	30,731	-3,870
Sun ve ark. (1978)-Çift Girişli	0,324	0,651	0,147	29,216	29,113

Üretilen Jiang ve ark. 2005 kullanılarak türetilmiş olan 25 nolu modelle birlikte, tek girişli 29 molu model ve çift girişli 34 nolu modeller kullanılmadan önce test edilmişlerdir. Bu aşamada, daha önce de açıklandığı gibi, model üretimine dahil edilmemiş olan kontrol ağaçlarına ilişkin verileri kullanılmıştır. Öncelikle kontrol veri grubunda varyansların homojenliğine bakılmış ve ardından modellerin

uygunluklarının denetimi için "Eşleştirilmiş Örneklem T-Testi" yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir (Tablo 19).

Tablo 19. Hacim tablolarının uygunluklarına ilişkin yapılan varyansların eşitliği ve Eşleştirilmiş T-Testi Sonuçları

Hacim Tablosu	Varyansların Homojenliği		t-testi sonuçları	
	Levene istatistiği	p	t	p
Jiang ve ark. (2005)-Geliştirilen	0,026	0,872	-0,806	0,426
Tek Girişli-Geliştirilen	0,009	0,925	0,168	0,868
Çift Girişli-Geliştirilen	0,000	0,990	0,392	0,697

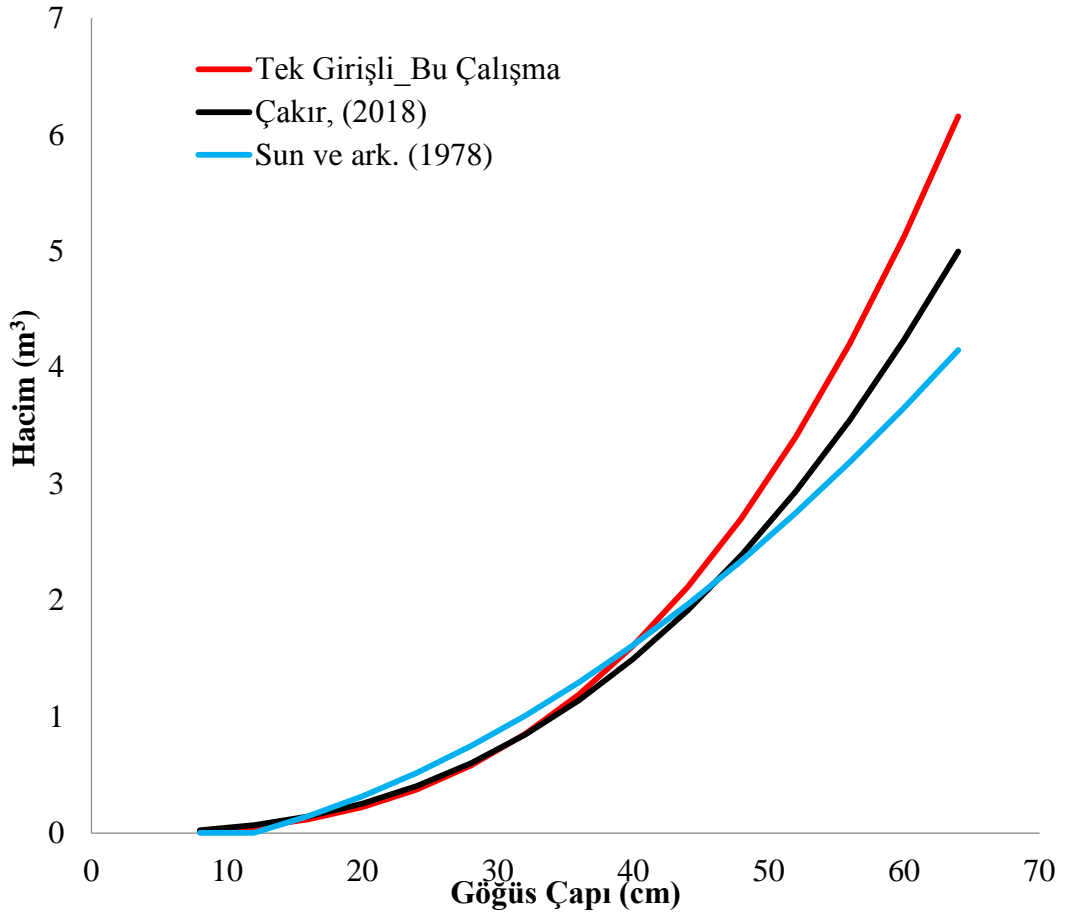
Varyansların eşitliğinin denetlenmesi sonucu Levene test istatistiği değeri $p > 0,05$ olarak hesaplandığı için varyansların eşit olduğu kanaatine varılmıştır. Modellerin uygunluğunun denetlenmesi için yapılan "Eşleştirilmiş Örneklem T-Testi" sonuçlarına göre de anlamlılık düzeyleri %5'ten büyük ($p > 0,05$) çıkmıştır. Böylece, çalışma kapsamında türetilen tüm gövde hacim modellerinin (Jiang et. al, (2005)'ten türetilen 25 nolu model; ayrıca tek girişli 29 ve çift girişli 34 nolu modeller) %95 güven düzeyinde kullanılabileceğini göstermektedir.

Üretilen tek girişli ve çift girişli ağaç hacim modelinin kontrolü yapıldıktan sonra; Şavşat Yöresi Doğu Karadeniz Gökmarları için düzenlenen "Tek Girişli Ağaç Hacim Tablosu" ve "Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosu" Ek Tablo 1'de verilmiştir.

4. TARTIŞMA

4.1. Gövde Hacim Modellerinin Kıyaslanması

Öncelikle, çalışma kapsamında Doğu Karadeniz Göknaarı için elde edilen “tek girişli ağaç hacim modeli”; Çakır (2018) tarafından, “Artvin Yöresi Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini meşcereleri için ve ayrıca da Sun ve ark. (1978) tarafından tüm ülkemiz için geliştirilen “genel hacim modeli” ile kıyaslanmıştır (Şekil 12).

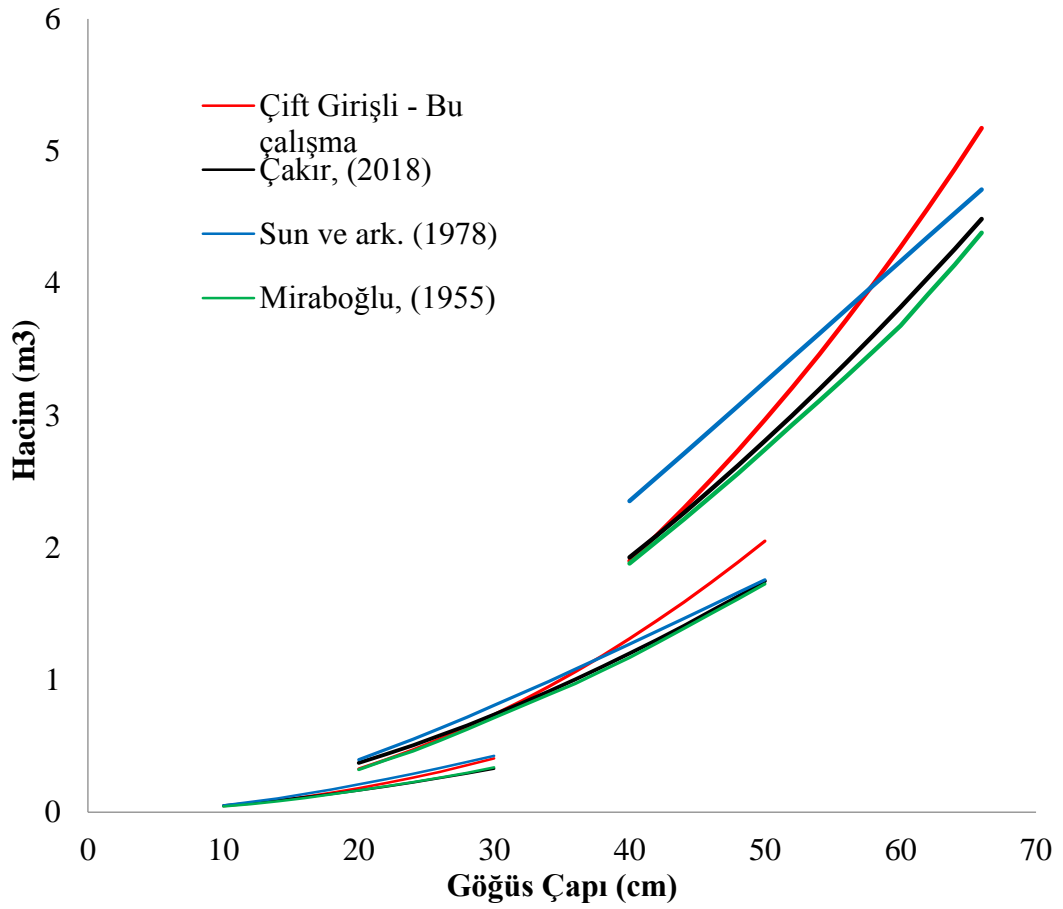


Şekil 12. Doğu Karadeniz Göknaarı tek girişli hacim eğrilerinin karşılaştırılması

Şekil 12 incelendiğinde; çalışma kapsamında geliştirilen tek girişli ağaç hacim modeli; Çakır (2018) tarafından geliştirilen tek girişli modelle kıyaslandığında 30’lu çaplara kadar küçük, ancak 30 cm çapından daha büyük değerlerde ise daha yüksek ve giderek de artan hacim değerleri vermekte; Sun ve ark. (1978) tarafından yapılan çalışma ile kıyaslandığında ise genel itibariyle daha yüksek sonuçlar vermekte yalnızca 5-39 cm çaplar arasında düşük kalmaktadır. Çalışma kapsamında geliştirilen modelin genel itibariyle daha yüksek hacim değerleri veriyor olması; çalışma alanı

olan Şavşat Yöresinde, Doğu Karadeniz Gökmarının optimuma yakın gelişme gösterdiği düşüncesini desteklemektedir.

Bu kıyaslamadan ardından; çalışma kapsamında tüm gövde hacim modellerinin (“ve Jiang ve ark. (2005)’ten türetilen model, tek girişli ve çift girişli modeller”); Doğu Karadeniz Gökmarı için üretilmiş diğer modellerle kıyaslanması da yapılmıştır (Şekil 13)



Şekil 13. Doğu Karadeniz Gökmarı çift girişli hacim eğrilerinin karşılaştırılması

Şekil 13 incelendiğinde; çalışma kapsamında geliştirilen Jiang ve ark. (2005) modelinin diğer tüm çalışmalardan yüksek hacim değerleri verdiği, ancak Sun ve ark. (1978)’in çift girişli modeline çok yakın değerler verdiği (60 çapına kadar); çalışma kapsamında geliştirilen tek ve çift girişli modellerin birbirine çok uzak sonuçlar vermeyip; diğer çalışmalardan (“Çakır, 2018) çift girişli”, “Sun ve ark. (1978) çift girişli”; “Miraboğlu (1955) çift girişli ağaç hacim tablosu” çalışmaları) daha yüksek hacimler verdiği görülmektedir.



5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yüksek Lisans tez çalışmasında, Şavşat Yöresinde bulunan doğal, değişik yaşlı ve saf Doğu Karadeniz Göknaarı (*Abies nordmanniana* (Steven) Spach. subsp. *nordmanniana*) meşcereleri için karışık etkili modelleme tekniğiyle uyumlu gövde çapı modeli geliştirilmiştir. Bu amaçla; daha önceden geliştirilmiş olan yedi farklı uyumlu gövde çapı modeli (“Demaerschalk (1972)”, “Demaerschalk (1973)”, “Max ve Burkhart (1976)”, “Cao ve ark., (1980)”; “Parresol ve ark. (1987)”, “Fang ve ark. (2000)” ve “Jiang ve ark. (2005)”) denenmiştir.

Modelin “düzeltilmiş belirtme katsayısı (R_{adj}^2)”, 0,981 ve “standart hatası (*SEE*)” da 1,5257 cm, şeklinde bulunmuş olup (Tablo 9) ülkemizdeki diğer çalışmalarla (“Özçelik ve Bal (2013) 0,981 ve 1,3848 cm, Atalay (2014) 0,944 ve 2,2029 cm, Kurt (2014) 0,984 ve 0,843 cm, Kumaş ve Kahrıman (2015) 0,977 ve 1,6302 cm, Şenyurt ve ark. (2017) %97.6 ve 1.4755 cm, Çakır (2018) ile Çakır ve Kahrıman (2018) 0,987 ve 1,7 cm” şeklindedir) benzerlik göstermektedir.

Çalışma kapsamında veri grubunu oluşturan ölçümler, aynı gövde üzerinde yapıldıkları için birbirleriyle ilişkili bulunmakta ve bu da konumsal otokorelasyona neden olmaktadır. Bu sorunun giderilemediği modellerde hata varyansları dağılımı heterojen yapı göstermektedir. Ancak “*karışık etkili modelleme tekniğiyle*” bu otokorelasyon sorunu giderilebilmekte ve böylece hata varyanslarının dağılımı daha homojen olmakta; modellerin açıklayıcılığı da daha artmaktadır. Otokorelasyon sorununun giderilmesi amacıyla çalışma kapsamında “karışık etkili modelleme yaklaşımıyla” modelleme de yapılmıştır. Böylece daha önce türetilmiş olan Jiang ve ark. (2005) modeline en uygun tesadüfi değişken eklenerek otokorelasyon sorununun giderildiği ve hata varyans dağılımının daha homojen hale geldiği görülmektedir (Şekil, 9).

Kalibre edilmiş modellerin daha güvenilir ve tutarlı tahminler elde edebileceği düşüncesiyle de türetilen “karışık etkili uyumlu gövde modeli”, 12 farklı kalibrasyon seçeneği denenerek kalibre edilmiştir. Burada denenmiş olan kalibrasyon seçenekleri içerisinde en iyi seçenek olarak; dipteki üç çap ölçümüne ilişkin kalibrasyon seçeneği olarak bulunmuştur (Tablo 13).

Yapılan bu değerlendirmelere göre, karışık etkili modellemeyle, Jiang ve ark. (2005)'ten türetilen “uyumlu gövde çapı modelinin” Şavşat Yöresindeki değişik yaşlı ve saf Doğu Karadeniz meşcerelerinde başarılı ve doğru şekilde gövde çapı tahmini yapabileceği saptanmıştır. Ayrıca türetilen bu denklemin integrali alınarak (Denklem 26) da gövde hacim modeli oluşturulmuştur. Bu denklem kullanılarak 0,194 m³ hatayla hacim tahminleri yapılabilmektedir.

Ormancılık uygulamalarında ağaç hacminin tahmini önem taşıdığından; geliştirilen gövde hacim modelinin kullanımının çok pratik olmaması sebebiyle; ayrıca yöresel olarak tek ve çift girişli ağaç hacim modelleri (Denklem 48-49) ve tabloları da (Ek Tablo 1-2) geliştirilmiştir. Zira, Şahin ve ark., 2018'in de belirttiği gibi “yöresel ağaç hacim tabloları, genel ağaç hacim tablolarına göre daha güvenilir bulunmakta ve yöresel olarak önem arz eden türlerde geliştirilmeleri önerilmektedir”.

Bu aşamada 7 farklı tek girişli model ile 10 farklı çift girişli model denenmiştir (Tablo 7). Denenen modeller içerisinde en başarılı olan tek girişli model “Üssel (Power)” olurken (Tablo 16); en iyi çift girişli model ise “Ogaya modeli” olmuştur (Tablo 17). Geliştirilen tek girişli ağaç hacim modelinin “düzeltilmiş belirtme katsayısı (R_{adj}^2)”, 0,977 ve “hata ortalamalarının karekökü ise ($RMSE$)” da 0,124 cm; çift girişli ağaç hacim modelinin “düzeltilmiş belirtme katsayısı (R_{adj}^2)”, 0,993 ve “hata ortalamalarının karekökü ise ($RMSE$)” da 0,070 cm şeklinde bulunmuştur. Geliştirilen bu modellerin uygunluk denetim testleri de başarılı bulunmuş tablo 19) ve “Şavşat Yöresi Doğu Karadeniz Göknarı” ağaçlarının hacimlendirilmelerinde güvenle kullanılacakları kanaatine varılmıştır.

Çalışma sonuçlarında sağlanacak kazanımlar özetlenecek olursa “Şavşat Yöresi Doğu Karadeniz Göknarı için:

- Geliştirilen “karışık etkili uyumlu gövde çapı modelleriyle”; çeşitli yüksekliklerdeki gövde çapı tahminleri güvenilir şekilde yapılabilecek,
- Yine geliştirilen Jiang ve ark. (2005) gövde hacim modeliyle tüm gövde hacmi veya gövdenin çeşitli yükseklikler arasındaki hacim kolaylıkla tahmin edilebilecek,

- Sadece tek bağımsız değişken ölçmeyi gerektirmesi sebebiyle kullanım kolaylığı sağlayan, geliştirilmiş tek girişli ağaç hacim modeliyle %97,7 açıklayıcılığa sahip şekilde hacim tahminleri yapılabilecek,
- Daha da az hata içeren ve daha doğru sonuçlar veren, geliştirilmiş çift girişli ağaç hacim modeliyle de %99,3 açıklayıcılıkla hacim tahminleri yapılabilecektir.

Çalışma kapsamında üretilen modellerin büyüme kanuniyetleriyle uyumluluk gösterdiği görülmüş; ayrıca Şavşat Yöresinde güvenle kullanılacakları ortaya konulmuştur. Çalışma kapsamında geliştirilen modellerin farklı yörelerde kullanılmasında farklılık içerebileceği; bunun için kullanılmadan önce uygunluklarının kontrol edilmesi gerekliliği ve 3-65 cm çap aralığındaki Doğu Karadeniz Göknarlarında geçerli oldukları da unutulmamalıdır.

Çalışma kapsamında geliştirilen gövde çapı ve gövde hacim modelleri ile üretilen tabloların kullanılması; Doğu Karadeniz Göknarının optimuma yakın gelişim gösterdiği düşünülen Şavşat OİM'nin ormancılık çalışmalarına pratiklik sağlayabilecek ve hacim hesaplamalarındaki hataları minimize edebilecek niteliktedir. Bu tür çalışmaların, önem arz eden diğer ağaç türlerimizde de yapılması gerekli görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akalp, T., 1978. Türkiye'deki Doğu Ladini (*Picea orientalis* Lk. Carr) Ormanlarında Hasılat Araştırmaları. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akgür, N., 1982. Gövde Hacminin Tayininde Kullanılan Formüllerin İrdelenmesi. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, 32 (2), 301-365 s.
- Alemdağ, İ.Ş., 1967. Türkiye'deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No: 20, Ankara, 160s.
- Anonim, 2015. Türkiye Orman Varlığı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Ankara.
- Anonim, 2016. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler, Artvin.
- Anşin, R. ve Özkan, Z.C., 1997. Tohumlu Bitkiler (Spermatophyta) Odunsu Taksonlar. KTÜ Orman Fakültesi Yayın No 167/19, Trabzon, 512 s.
- Arias-Rodil, M., Castedo-Dorado, F., Cámara-Obregón, A. ve Diéguez-Aranda, U., 2015a. Fitting and Calibrating a Multilevel Mixed-Effects Stem Taper Model for Maritime Pine in NW Spain. PLoS ONE 10 (12): e0143521.
- Arias-Rodil, M., Diéguez-Aranda, U., Puerta, F. R., López-Sánchez, C. A., Libano, E. C., Obregón, A. C., ve Castedo-Dorado, F., 2015b. Modelling and 67 localizing a stem taper function for *Pinus radiata* in Spain, Can. J. For. Res. 45: 647–658.
- Asan, Ü., 1984. Kazdağı Göknaarı (*Abies equi-trojani* Aschers Et Sinten) Ormanlarının Hasılat ve Amenajman Esasları Üzerine Araştırmalar. İÜ Orman Fakültesi, 3205/365, İstanbul. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, B Serisi, Cilt 43, Sayı 1-2, s. 31-44, İstanbul.
- Asan, Ü., 1998. Fonksiyonel Planlamada İdare Süreleri ve Amaç Çapları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 48(1-2-3-4): 23-40.
- Atalay, F., 2014. Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] Meşcereleri için Gövde Profil Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Atay, İ., 1982. Doğal Gençleştirme Yöntemleri I (Doğal Gençleştirmenin Başarısını Etkileyen Önemli Hususlar), İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 2876/306, İstanbul.
- Aykın, R. 1978. Ardıç Çift Girişli Kabuklu Gövde Hacim Tablosu, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, Sayı: 1, Ankara.

- Bal, C., 2012. Karaçam İçin Gövde Çapı ve Gövde Hacmi Denklemlerinin Geliştirilmesinde Tepe Tacı Değişkenlerinin Kullanılması, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 61s.
- Barrio-Anta, M, Diéguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, F., Álvarez-González, J. G. ve Von Gadow, K. 2007. Merchantable volume system for pedunculate oak in northwestern Spain. *Annals of Forest Science*, 64(5), 511-520.
- Batu, F., 1995. Uygulamalı İstatistiksel Yöntemler. K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No: 179/22, Trabzon, 312 s.
- Bayburtlu, Ş., 2007. Titrek Kavak (*Populus tremula* L.) Hacim ve Bonitet Endeks Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 52 s.
- Baynazoğlu, F., 2014. Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı, 55 s.
- Bennet, F. A. ve Swindel, B. F. 1972, Taper curves for planted slash pine. USDA Forest Service Research Note SE-179, 4 s.
- Bi, H. 2000. Trigonometric variable-form taper equations for Australian eucalypts. *Forest Science*, 46(3), 397-407.
- Biging, G. S., 1984. Taper equations for second-growth mixed conifers of northern California. *Forest Science*, 30, 1103-1117.
- Birler, A. S., Usta, H. Z. ve Yüksel Y. 1983. Karakavaklar İçin Hacim Tablosu. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Yıllık Bülten No: 19, s. 153-168, İzmit.
- Bozkuş. H.F. ve Carus. S., 1997. Toros Göknarı (*Abies cilicica* Carr.) ve Sedir (*Cedrus libani* Link.)'in Çift Girişli Gövde Hacim Tabloları ve Mevcut Tablolarla Karşılaştırılması. İÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, 47, 1, 51-70.
- Brooks, J. R., Jiang, L. ve 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.
- Bruce D., Curtis R ve Vandeveering C., 1968. Development of system of taper and volume tables for red alder. *forest science*, 14, 339-3350.
- Bryne, J. ve Reed, D.D., 1986. Complex compatible taper and volume estimation system for red and loblolly pine. *forest science*, 32, 2, 423-443.
- Bueno, S.W., ve Bevilacqua, E., 2012. Nonlinear mixed model approaches to estimating merchantable bole volume for *Pinus occidentalis*. *iForest*, 5: 247-254.

- Calama, R. ve Montero, G., 2004. Multilevel Linear Mixed Model for Tree Diameter Increment in Stone Pine (*Pinus pinea*): A Calibrating Approach. *Silva Fennica*, 39(1): 37-54.
- Calama, R. ve Montero, G., 2006. Stand and tree-level variability on the stem form and tree volume in *Pinus pinea* L.: A multilevel random components approach. *Forest Systems*, 15, 24-41.
- Cao, Q. V., Burkhart, H. E. ve Max, T. A., 1980. Evaluation of two methods for cubic volume prediction of loblolly pine to any merchantable limit. *For. Sci.* 26, 71–80.
- Cao, Q.V. ve Wang, J., 2011. Calibrating fixed- and mixed-effects taper equations. *Forest Ecology and Management*, 262, 671-673.
- Carus, S. ve Su, Y., 2014. Antalya–Korkuteli Yöresi Kızılcım Ağaçlandırmaları İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosunun Düzenlenmesi ve Mevcut 69 Tablolar ile Kıyaslanması. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Bildiriler Kitabı, Isparta, s. 574-584.
- Castedo-Dorado, F., Diéguez-Aranda, U., Barrio, M., Sánchez, M. ve von Gadow, K., 2006. A generalized height-diameter model including random components for radiata pine plantations in northeastern Spain . *For. Ecol.Manage.* 229:202-213.
- Castedo-Dorado, F., Gomez-Garcia, E., Dieguez-Aranda, U., Barrio-Anta ve M., Crecente-Campo, F., 2012. Aboveground stand-level biomass estimation: a comparison of two methods for major forest species in northwest Spain. *Annals of Forest Science* 69: 735-746.
- Chiu, C. M., Chien, C. T. ve Nigh, G., 2015. A comparison of three taper equation formulations and an analysis of the slenderness coefficient for Taiwan incense cedar (*Calocedrus formosana*), *Australian Forestry*, 78 (3): 159–168.
- Clark, A., Souter, R. A. ve Schlaegel, B. E. 1991. Stem profile equations for southern tree species. USDA Forest Service, Research Paper, SE-282.
- Corral-Rivas, J. J., Diéguez-Aranda, U., Rivas, S. C. ve Dorado, F. C. 2007. A merchantable volume system for major pine species in El Salto, Durango (Mexico). *Forest Ecology and Management*, 238(1-3), 118–129.
- Crecente-Campo, F., Alboreca, A. R. ve Diéguez-Aranda, U. 2009. A merchantable volume system for *Pinus sylvestris* L. in the major mountain ranges of Spain. *Annals of Forest Science*, 66(8), 808.
- Crecente-Campo, F., Soares, P., Toméb, M. ve Diéguez-Aranda, U., 2010. Modelling Annual Individual-Tree Growth and Mortality of Scots Pine with Data Obtained at Irregular Measurement Intervals and Containing Missing Observations, *Forest Ecology and Management* 260, 1965–1974.

- Cruz-Cobos, F., Santos-Posadas, H. M., ve Valdez-Lazalde, J. R., 2008. Compatible Taper-Volume System For *Pinus Cooperi* Blanco In Durango, México, *Agrociencia* 42: 473-485.
- Czaplewski, R. L. ve McClure, J. P., 1988, Conditioning A Segmented Stem Profile Model for Two Diameter Measurement, *Forest Science*, 34, 2, 512-522.
- Çakır, C.Y., 2018. Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini Karışık Meşcereleri İçin Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin, 88 s.
- Çakır, C.Y. ve 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(5), 6815-6833.
- Çalışkan, A., 1989. Karabük Büyükdüz Araştırma Ormanında Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) - Göknar (*Abies bornmüliana* Matff.) - Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) Karışık Meşcerelerinde Büyüme İlişkileri ve Gerekli Silvikültürel İlişkiler. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çatal, Y., 2009. Batı Akdeniz Bölgesi Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde Artım ve Büyüme, (Doktora Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Isparta.
- Çatal, Y., Gürlevik, N., Karatepe, Y. ve Carus, S., 2005. Isparta-Gölcük Yöresi Yalancı Akasya (*Robinia pseudoacacia* L.) Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Tablosu. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 78-90.
- Demaerschalk, J. P., 1972. Converting volume equations to compatible taper equations. *Forest Science*, 18, 241-245.
- Demaerschalk, J. P. 1973. Integrated systems for the estimation of tree taper and volume. *Canadian Journal of Forest Research*, 3, 9094.
- Demaerschalk, J. P., Kozak, A., 1977. The whole-bole system: a conditioned dualequation system for precise prediction of tree profiles. *Can. J. For. Res.* 7, 488-497.
- De-Miguel, S., Mehtatalo, L., Shater, Z., Kraid, B. ve Pukkala, T. 2012. Evaluating marginal and conditional predictions of taper models in the absence of calibration data. *Canadian Journal of Forest Research*, 42(7), 1383-1394.
- Diéguez-Aranda, U., Castedo-Dorado, F. ve Álvarez-González, J. G. ve Rojo, A. 2006. Compatible taper function for Scots pine Plantations in northwestern Spain. *Canadian Journal of Forest Research*, 36(5), 1190-1205.
- Dirican, O., 2017. Bucak yöresi doğal Sedir (*Cedrus libani* A. Rich.) ve Toros göknarı (*Abies cilicica* Carr.) karışık meşcereleri için ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Isparta.

- Doğa Koruma Merkezi, 2011. Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü Amenajman Planlarına Biyolojik Çeşitliliğin Entegrasyonu: Hızlı Biyolojik Çeşitlilik Değerlendirme Çalışması. Doğa Koruma Merkezi (DKM), 204 s. Aralık 2011. Ankara.
- Durkaya, B., 2004. Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)- Uludağ Göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) - Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Karışık Meşcerelerinde Artım-Büyüme İlişkileri. Doktora tezi, Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 226 s.
- Eler, Ü. 1977. Ağaç serveti envanteri yapılması amacıyla meşcere tipi ayrımı üzerine araştırmalar. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi. İstanbul.
- Eler, Ü., 2003. Dendrometri. Süleyman Demirel Üniversitesi orman Fakültesi Yayın no: 30, s. 233.
- Eraslan, İ. ve Kalıpsız, A. 1967. Belgrad Ormanlarının amenajmanında uygulanan envanter metotları. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Ercanlı, İ. ve Kahriman, A., 2013. Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcereleri için gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin karışık etkili modelleme yaklaşımı ile geliştirilmesi. Ormancılıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.613-621.
- Ercanlı, İ., Kurt, A.K., ve Bolat, F., 2014. Adana-Feke Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Meşcereleri İçin Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemlerinin Karışık Etkili Modelleme ile Geliştirilmesinde Bazı Varyans Yapılarının Karşılaştırılması, 11. Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta.
- Erkin, K., 1956. Seben mıntıkası sarıçamları hacim eğrisine ait tamamlayıcı etütler. İstanbul Orman Fakültesi Dergisi, A, 6, 2, 243-263.
- Evcimen, B.S., 1963. Türkiye Sedir Ormanlarının Ekonomik Önemi, Hasılat ve Amenajman Esasları. T.C. Tarım Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Yayını, No: 355/16, İstanbul, 199 s.
- Fang, Z. ve Bailey R. L., 1999. Compatible volume and taper models with coefficients for tropical species on Hainan Island in Southern China. For. Sci. 45: 85-100.
- Fang, Z., Borders, B.E. ve Bailey, R.L. 2000. Compatible Volume Taper Models for Loblolly and Slash Pine Based on System with Segmented-Stem Form Factors. For. Sci. 46:1-12.
- Farrar, R. M. 1987. Stem profile functions for predicting multiple product volumes in natural longleaf pines. Southern Journal of Applied Forestry, 11(3), 161-167.
- Fırat, F., 1973. Dendrometri. İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 1800/193, Kurtuluş Matbaası, İstanbul, 359 s.

- Fırat, F. ve Kalıpsız, A., 1963. Tarsus-Karabucak Ormanları İçin *Eucalyptus camaldulensis* Ağaç Hacim Tablosu. İÜ Orman Fakültesi Dergisi A-18 (1), 11 – 22.
- Figueiredo-Filho, A. F. ve Schaff, L. B., 1999. Comparison between Predicted Volumes Estimated by Taper Equations and True Volumes Obtained by The Water Displacement Technique, Canadian Journal of Forest Research, 29, 451-461.
- Flewelling, J.W. ve Raynes, L.M., 1993. Variable-Shape Stem-Profile Predictions for Western Hemlock. Part I. Predictions from DBH and Total Height. Canadian Journal of Forest Research, 23,520-536.
- Fonweban, J., Gardiner, B., Macdonald, E., ve Auty, D., 2011. Taper functions for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Northern Britain, Forestry, 84(1):1-12.
- Fonweban, J., Gardiner, B., ve Auty, D., 2012. Variable-top merchantable volume equations for Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Northern Britain, Forestry, 85(2):1-17.
- Fortin, M., Schneider, R., ve Saucier, J.P., 2013. Volume and Error Variance Estimation Using Integrated Stem Taper Models, Forest Science, 59(3):1-14.
- Garber, S.M. ve Maguire, D.A., 2003. Modeling stem taper of three central Oregon species using nonlinear mixed effects models and autoregressive error structures, Forest Ecology and Management, 179, 507-507.
- Gómez-García, E., Crecente-Campo, F., Barrio-Anta, M. ve Diéguez-Aranda, U., 2015. A disaggregated dynamic model for predicting volume, biomass and carbon stocks in even-aged pedunculate oak stands in Galicia (NW Spain). European Journal of Forest research, 134: 569- 583.
- Gómez-García, E., Crecente-Campo, F., ve Diéguez-Aranda, U., 2013. Selection of mixed-effects parameters in a variable–exponent taper equation for birch trees in northwestern Spain, Annals of Forest Science, 70:707–715.
- Goulding, C. J. ve Murray, J. (1976). Polynomial taper equations that are compatible with tree volume equations. New Zealand Journal of Forest Science, 5, 313322.
- Göçeri, M.F., 2015. Okaliptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn ve *E. grandis* W. Hill ex Maiden) Ağaçlandırmaları için Uyumlu Çap ve Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 63s.
- Gray, H. R., 1956. The form and taper of forest-tree stems. Oxford Univ., Imp. For. Inst. Pap. 32, 1–74.
- Green, E. J. ve Reed, D. D., 1985. Compatible Tree Volume and Taper Functions for Pitch Pine, Northern Journal of Application Forestry, 2, 14-16.

- Gregoire, T.G., Schabenberger, O., 1996. A Non-Linear Mixed-Effects Model to Predict Cumulative Bole Volume of Standing Trees. *Journal of Applied Statistics*, 23: 257-271.
- Guangyi, M., Yujun, S., Hao, X., de-Miguel, S., 2015. A Mixed-Effects Model with Different Strategies for Modeling Volume in *Cunninghamia lanceolata* Plantations. *PLoS ONE* 10(10): e0140095.
- Gülen, İ., 1959. Karaçam Hacim Tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A-9 (1), 97-112.
- Hjelm, B., 2013. Stem taper equations for poplars growing on farmland in Sweden, *Journal of Forestry Research*, 24(1): 15–22.
- İyit, N., Genç, A. ve Arslan, F. 2006. Analysis of repeated measures for continuous response data using general linear model and mixed models. *Proceedings of the International Conference on Modeling and Simulation*, Konya, Turkey, 937-942.
- Jiang, L. 2004. Compatible Taper and Volume Equations for Yellow-Poplar in West Virginia. MS Thesis. West Virginia University. Morgantown. WV. 75pp.
- Jiang, L., Brooks, J. R. ve Wang, J. 2005. Compatible taper and volume equations for yellow-poplar in west Virginia. *Forest Ecology and Management*, 213(1-3), 399-409.
- Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No:3194/354, İstanbul. 406 s.
- Kapucu, F., 1978. Doğu Karadeniz Bölgesindeki Doğu Ladini, Sarıçam, Doğu Karadeniz Göknaarı ve Doğu Kayını Karışık Meşcerelerinin Kuruluşları-Amenajman Yönünden Değerlendirilmesi Üzerine Araştırmalar. Doçentlik Tezi. Trabzon. 178 s.
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A.U. ve Mısır, N., 2002. Kestane Meşcerelerinin Hasılat ve Amenajman Esasları. TOGTAG 2229 nolu TÜBİTAK Projesi, 118 s., Ankara.
- Karabürk, T. 2011. Bartın İli Göknaar Meşcerelerinin Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 173 s.
- Karaer, K., 2015. Eğirdir Yöresi Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) Meşcereleri İçin Gövde Çapı Modellerinin Geliştirilmesi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 71s.
- Kaya, B., 2015. Devrek yöresi sarıçam ve karaçam karışık meşcereleri için gövde çapı ve gövde hacmi denklemlerinin geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Isparta.

- Keselman, H.J., Algina, J., Kowalchuk, R.K. ve Wolfinger, R.D. 1998. A comparison of two approaches for selecting covariance structures in the analysis of repeated measures. *Communications in Statistics–Computation and Simulation*, 27 (3); 591–604.
- Klos, R. J., Wang, G. G., Dang, Q. L. ve East, E. W. 2007. Taper equations for five major commercial tree species in Manitoba, Canada. *Western Journal of Applied Forestry*, 22(3), 163-170.
- Kozak, A. 2004. My last words on taper equations. *The Forestry Chronicle*, 80(4), 507–515.
- Kozak, A., 1988. A Variable Exponent Taper Equation, *Canadian Journal of Forest Research*, 18, 1363-1368.
- Kozak, A., Munro, D.O. ve Smith, J.H.G., 1969. Taper functions and their application in forest inventory. *Forest Chronicle* 45: 278-283.
- Kozak, A., Smith, J.H.G. 1993. Standards for evaluating taper estimating systems. *For. Chron.* 69: 438-444.
- Kublin, E., Breidenbach, J., ve Kändler, G., 2013. A flexible stem taper and volume prediction method based on mixed-effects B-spline regression, *European Journal of Forest Research*, 132:983–997.
- Kumaş, G. 2015. Antalya Orman Bölge Müdürlüğünde Yayılış Gösteren Kızılçam Meşcereleri İçin Uyumlu Gövde Profili Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin, 73 s.
- Kumaş, G., ve Kahrıman, A., 2016. Antalya Orman Bölge Müdürlüğü'nde Yayılış Gösteren Kızılçam Meşcereleri için Uyumlu Gövde Profili Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt: 17, Sayı:1, Sayfa:21-31.
- Kurt, A.K., 2014. Tarsus Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren anadolu karaçamı [*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim denklemlerinin karışık etkili modelleme yaklaşımı ile geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Laar A.V. ve Akça A., 2007. Forest mensuration: in *Managing Forest Ecosystems*, Dordrecht, The Netherlands: Springer. 383 s.
- Laird, N.M. ve Ware, J.H. 1982. Random-Effects Models for Longitudinal Data. *Biometrics*, 38, 963-974.
- Lappi, J., 1997. A longitudinal analysis of height–diameter curves. *Forest Science*. 43:555-570.

- Lee, W.K., Seo, J.H., Son, Y.M., Lee, K.H. ve Von Gadow, K., 2003. Modeling stem profiles for *Pinus densiflora* in Korea. *Forest Ecology and Management*, 172, 69-77.
- Leites, L.P. ve Robinson, A.P., 2004. Improving taper equations of loblolly pine with crown dimensions in a mixed-effects modeling framework, *Forest Science*, 50, 204-212.
- Lejeune, G., Ung, C.H., Fortin, M., Guo, X.J., Lambert, M.C., ve Ruel, J.C., 2009. A simple stem taper model with mixed effects for boreal black spruce. *European Journal of Forest Research*, 128(5): 505-513.
- Li, R. ve Weiskittel, A.R., 2010. Comparison of model forms for estimating stem taper and volume in the primary conifer species of the North American Acadian Region, *Annals of Forest Science* 67(302):1-16.
- Littell, R.C., Miliken, G.A., Stroup, W.W. ve Wolfinger, R.D. 2005. SAS system for mixed models. SAS Institute Inc., Cary,, NC, USA.
- Loetsch, F., Zöhrer, F. ve Haller, K. (1973). Forest inventory. Volume 2. München: BLV Verlagsgesellschaft.
- Max, T. A. ve Burkhart, H. E., 1976. Segmented Polynomial Regression Applied to Taper Equations, *Forest Science*, 22, 3, 283-289.
- Meng, S.X., Huang, S., Vanderschaaf, C.L., Yang, Y. ve Trincado, G., 2011. Accounting for Serial Correlation and Its Impact on Forecasting Ability of a Fixed and Mixed-Effects Basal Area Model: a Case Study. *European Journal of Forest Research*, 131(3): 541-552.
- Meydan-Aktürk, 2006. Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) için trigonometrik gövde profili denkleminin oluşturulması / Construction of trigonometric variable- taper equations for spruce (*Picea orientalis* (L.) Link) trees, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Miraboğlu, M., 1955. Gökarda Şekil ve Hacim Araştırmaları, Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 103 s. İstanbul.
- Muhairwe, C. K. 1999. Taper equations for *Eucalyptus pilularis* and *Eucalyptus grandis* for the north coast in New South Wales, Australia. *Forest Ecology and Management*, 113, 251-269.
- Muhairwe, C. K., 1994, Tree Form and Taper Formation Over Time for Interior Lodgepole Pine, *Canadian Journal of Forest Research*, 24, 1904-1913.
- Newnham, R. M. 1988, A Variable Form Taper Function, Canada Forest Service, Petawawa Natl. For. Ins. Inf. Rep. PI-X-83.
- Newnham, R. M., 1992. variable-form taper function four Alberta tree species. *Can. J. For. Res.* 22: 210-223.

- Ormerod, D. 1973. A simple bole model. *The Forestry Chronicle*, 49, 136138.
- Özcan, M., 1997. Batı Karadeniz Bölgesi İçin Kestane Hacim Tablosunun Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon (yayımlanmamış).
- Özçelik, R., 2010. Sarıçam için uyumlu gövde çapı ve gövde hacim modeli. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Artvin, Bildiriler Kitabı, 358-366.
- Özçelik, R. ve Alkan, H., 2011. Okaliptüs Ağaçlandırmaları için Uyumlu Gövde Çapı ve Gövde Hacim Modellerinin Geliştirilmesi. I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Kahramanmaraş, Bildiriler Kitabı, 720-730.
- Özçelik, R. ve Brooks, J. R., 2012. Compatible volume and taper models for economically important tree species of Turkey, *Annals of Forest Science*, 69, 105-118.
- Özçelik, R., Yavuz, H., Karatepe, Y., Gürlevik, N. ve Kiriş, R., 2012. Burdur Yöresi Kızıldağ Meşcereleri için Gövde Çapı ve Gövde Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 85-91.
- Özçelik, R. ve Bal, C., 2013. Effects of adding crown variables in stem taper and volume predictions for black pine, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, (2013) 37: 231-242.
- Özçelik, R. ve Göçeri, M.F., 2015a. Compatible merchantable stem volume and taper equations for eucalyptus plantations in the Eastern Mediterranean Region of Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39: 851-863.
- Özçelik, R. ve Yaşar, Ü., 2015b. Sinop Yöresi Uludağ Göknaarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) subsp. *bornmülleriana* (Mattf.)) Meşcereleri İçin Gövde Çapı Modelinin Karışık Etkili Modelleme Tekniği ile Geliştirilmesi, *Turkish Journal of Forestry*, 16(2): 86-95.
- Özçelik, R. ve Karaer, K., 2016. Eğirdir Yöresi doğal kızılçam ve karaçam meşcereleri için ticari hacim denklemlerinin geliştirilmesi, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 2016, 66(1): 59-74.
- Özçelik, R., ve Crecente-Campo, F. 2016. Stem taper equations for estimating merchantable volume of Lebanon cedar trees in the Taurus Mountains, Southern Turkey. *Forest Science*, 62(1), 78-91.
- Özçelik, R., ve Çevlik, M., 2017. Batı Akdeniz Yöresi doğal sedir meşcereleri için hacim denklemleri, *Turkish Journal of Forestry*, 18(1): 37-48.
- Özçelik, R. ve Dirican, O., 2017. Individual taper models for natural cedar and Taurus fir mixed stands of Bucak Region, Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 67(2): 243-261.
- Özer, E. ve Uğurlu, S., 1977. Aynalı Relaskop Fh/d Değerlerinden Elde Edilen ya da Çift Girişli Hacim tablolarına Göre Elde Edilen Hacimlerin Seksiyondan

Hesaplanan Hacimlerle Karşılaştırması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No 99. Ankara.

- Özçelik, R., Sarıtaş, A. ve Arias- Rodil, M., 2017. Doğu ladini için gövde çapı modelinin karışık etkili yaklaşım ile geliştirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 18(2): 110-118.
- Özkurt, A., 2000. Okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden) için hacim tablosu. DOA Dergisi, s.87-105.
- Parresol, B.R., Hotvedt, J.E., Cao ve Q.V. 1987. A Volume and Taper Prediction System for Bald Cypress. Can. J. For. Res. 17: 250-259.
- Pehlivan, S., 2010. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 53 s.
- Perez, D. N., Burkhart, H. E. ve Stiff, C. T. 1990. A variable-form taper function for *Pinus oocarpa* Schiede in central Honduras. Forest Science, 36(1), 186-191.
- Petersson, H., 1999. A Segmented Stem Profile Model for *Pinus sylvestris*, Forest Ecology and Management, 124, 13-26.
- Reed, D. D. ve Green, E. J., 1984. Compatible Stem Taper and Ratio Equations, Forest Science, 30, 4, 977-990.
- Riemer T, Gadow K von ve Slodoba B., 1995. Ein Modell zur Beschreibung von Baumschaften. Allg Forst Jagdztg 166(7):144–147.
- Rojo, A., Perales, X., Sánchez-Rodríguez, F., Álvarez-González, J. G. ve Von Gadow, K. 2005. Stem taper functions for maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) in Galicia (Northwestern Spain). European Journal of Forest Research, 124(3), 177–186.
- Saatçioğlu, F., 1971. Orman Bakımı (Meşcere Yetiştirilmesine Ait Tedbirler), İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 1936/160, Dördüncü Baskı, İstanbul, 303s.
- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri. İÜ Orman Fakültesi Yayın No:2187/222, İstanbul, s 423.
- Sakıcı, O., 2002. Kastamonu Yöresi Uludağ Göknarı Meşcerelerinde Gövde Profili, Hacim, Hacim Oran Sistemlerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sakıcı, O.E., Mısır N., Yavuz H. ve Mısır M., 2008. Stem taper functions for *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* in Turkey. Scandinavian Journal of Forest Research 23: 522-533.
- Sakıcı, O.E., Sağlam, F., ve 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 Gökmar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme, Doktora Tezi, İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Hasılatı ve Biyometri Bilim Dalı, İstanbul, 369 s.
- Saraçoğlu, Ö. 1988. Karadeniz Yöresi Gökmar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. O.G.M. Yayınları, No: 25, 312.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/ETS 9.1 User's Guide. Cary, NC, SAS Institute Inc.
- Schmidt, M., Kiviste, A. ve Von Gadow, K.A. 2010. Spatially explicit height-diameter model for Scots pine in Estonia. European Journal of Forest Research, 130 (2); 303-315.
- Schröder, T., Costa, E.A., Valério, A.F., ve Lisboa, G.S., 2015. Taper Equations for *Pinus elliottii* Engelm. In Southern Paraná, Brazil, For. Sci. 61(2):311-319.
- Searle, S.R., Casella, G. ve Mc Culloch, C.E., 1992. Variance components. John Wiley and Sons Inc., USA.
- Sharma, M. ve Oderwald, R.G., 2001. Dimensionally compatible volume and taper equations. Can. J. For. Res. 31, 797-803.
- Sharma, M. ve Zhang, S.Y., 2004. Variable-exponent taper equations for jack pine, black spruce and balsam fir in eastern Canada. Forest Ecology and Management 198, 39-53.
- Sharma, M., ve Parton J., 2009. Modeling stand density effects on taper for Jack pine black spruce plantations Using Dimensional Analysis. Forest Science, 55 (3); 268-282.
- SPSS Institute Inc. 2010. IBM SPSS Statistics 19 Core System User's Guide, SPSS Programming and Data Management, 426 pp.
- Subedi, N., ve Sharma, M., 2011. Applying wavelet-based functional approach in modelling tree taper, Annals of Forest Science, 68:1039-1048.
- Sun, O., Eren, M. E. ve Orpak, M., 1978. Temel Ağaç Türlerimizde Tek Ağaç Ve Birim Alandaki Odun Çeşidi Oranlarının Saptanması. (TÜBİTAK, proje no: TOAG-288), Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Yayını.
- Şahin, A., 2015. Mersin Yöresi Saf Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde Hasılat Araştırmaları. AÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 331s.
- Şahin, A., Kahriman, A. ve Yüksel, Y.B., 2018. Artvin Yöresindeki Doğu Karadeniz Gökmarlarının Ağaç Hacmini Tahmin Etmek İçin Mevcut Denklemlerin Karşılaştırılması. Uluslararası Artvin Sempozyumu, (IAS, 2018), 18-20 Ekim 2018, Artvin. Bildiriler Kitabı, s. 671-684.
- Şahin, D., 2012. Karaçam meşcereleri için uyumlu gövde çapı ve gövde hacmi denklem sistemlerinin geliştirilmesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 64s.

- Şentürk, N., 1997. Dişbudak (*Fraxinus angustifolia* Wahl. subps. *oxycarpa* (Bieb. Ex Willd.) Franco & Rocha Afonso) Gövde Hacim ve Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 97 s.
- Şenyurt, M., Ercanli, İ. ve Bolat, F. 2017. Taper equations based on nonlinear mixed effect modeling approach for *Pinus nigra* in Çankırı forests, *Bosque*, 38(3): 545-554.
- Tasissa, G., ve Burkhart, H. E. 1998. An application of mixed effects analysis to modeling thinning effects on stem profile of loblolly pine. *Forest Ecology and Management*, 103(1), 87-101.
- Thomas, C.E. ve Parresol, B.R., 1991. Simple, flexible, trigonometric taper equations. *Can. J. For. Res.* 21: 1132-1137.
- Tosun, S., 1992. Batı Karadeniz Bölgesindeki Doğu Kayını (*Fagus orientalis*)-Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve Uludağ Gökarnı (*Abies bornmülleriana*) Gençliklerinde Yaş- Boy İlişkisi. OAE Teknik Raporlar Seri No:50, 15 Ref, 38: 75, 59-77, Ankara.
- Trincado, G. ve Burkhart, H.E. 2006. A generalized approach for modeling and localizing stem profile curve. *Forest Science*, 52 (6); 670-682.
- Trincado, G., Vander-Schaaf, C.L. ve Burkhart, H.E., 2007. Regional mixed-effects height-diameter models for loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations. *European Journal Forest Research*, 126:253-262.
- Uludağ, M., 2006. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Çatalzeytin Orman İşletme Müdürlüğü Çınar (*Platanus orientalis* L.) Gövde Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Z.K.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 68 s.
- URL-1 https://tr.wikipedia.org/wiki/Do%C4%9Fu_Karadeniz_g%C3%B6knar%C4%B1, Erişim Tarihi: 24.03.2019.
- URL-2 <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/artvin/savsat-8538/>, Erişim tarihi: 4.4.2019.
- URL-3 <https://artvinobm.ogm.gov.tr/SavsatOIM/Sayfalar/default.aspx>, Erişim tarihi: 4.4.2019.
- Valenti M. ve Cao Q., 1986. Use of crown ratio to improve loblolly pine taper equations. *Can J For Res* 16: 1141–1145.
- Valentine, H.T., ve Gregoire, T.G. 2001. A switching model of bole taper. *Can J For Res* 31: 1400–1409.
- Vanclay , J.K. ve Skovsgaard, J.P., 1997. Evaluating Forest Growth Models. *Ecological Modelling*, 98, 1-12.

- Vanclay, J.K., 1994. Modelling Forest Growth: Applications To Mixed Tropical Forests, CAB International, Department of Economics and Natural Resource. Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark, Wallingford, UK, 312 s.
- Westfall, J.A., ve Scott, C.T., 2010. Taper Models for Commercial Tree Species in the Northeastern United States, *Forest Science*, 56(6):1-14.
- Williams, M.S. ve Reich, R.M. 1997. Exploring the Error Structure of Taper Equations. *For. Sci.* 43:378–386.
- Wolfinger, R. ve Chang, M. 1999. Comparing the SAS glm and mixed procedures for repeated measures. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Yang, Y., Huang, S. ve Meng, S.X., 2009a. Development of a Tree-Specific Stem Profile Model for White spruce: A Nonlinear Mixed Model Approach with a Generalized Covariance Structure. *Forestry* 82(5):541-555.
- Yang, Y., Huang, S., Trincado, G. ve Meng, S.X. 2009b. Nonlinear mixed effects modelling of variable exponent taper equations for Lodgepole pine in Alberta, Canada. *European Journal of Forest Research*, 128 (4); 415-429.
- Yaşar, Ü., 2015. Sinop Yöresi Uludağ Göknaarı (*Abies nordmanniana* (Stev.) Subsp. *bornmülleriana* (Mattf.)) Meşcereleri İçin Gövde Çapı Modelinin Karışık Etkili Modelleme Tekniği Kullanılarak Geliştirilmesi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, 68s.
- Yavuz, H. 1995a. Uyumlu ve uyumsuz gövde çapı modelleri. K.T.Ü. Orman Fakültesi Bahar Yarıyılı Seminerleri, Trabzon.
- Yavuz, H., 1995b. Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi, KTU Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, Basılmamış Doçentlik Tezi, 101s.
- Yavuz, H. ve Saraçoğlu, N., 1999. Kızılağaç İçin Uyumlu ve Uyumsuz Gövde Çapı Modelleri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 1257-1282.
- Yavuz, H. ve Saraçoğlu, N., 1999. Kızılağaç için Uyumlu ve Uyumsuz Gövde Çapı Modelleri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, Ek Sayı 5, 1275-1282
- Yavuz, H., 1992. Değişik Yaşlı Meşcerelerde Büyümenin Markov Zincirleri Yöntemi İle Analiz Edilmesi. KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 230s.
- Yıldızbakan, A., ve Saraçoğlu, Ö., 2004. Toros Göknaarı (*Abies cilicica* Carr.) Meşcerelerinde Bazı Artım ve Büyüme İlişkileri. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi (DOA Dergisi), Tarsus.

Yiğit, E., 2018. Toros göknarı (*Abies cilicica* Carr.) için gövde çapı modelinin karışık etkili modelleme tekniği kullanılarak geliştirilmesi, (Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Zakrzewski, W. T., 1999. A mathematically tractable stem profile model for jack pine in Ontario. Northern Journal of Applied Forestry, 16, 138-143.

Zhao, D., ve Kane, M., 2017. New Variable-Top Merchantable Volume and Weight Equations Derived Directly from Cumulative Relative Profiles for Loblolly Pine, For. Sci. 63(3):261–269.



EKLER

Ek Tablo 1. Şavşat Yöresi Doğu Karadeniz Göknarı Tek Girişli Kabuklu Gövde Hacmi Tablosu

Göğüs Çapı (cm)	Hacim (m ³)	Göğüs Çapı (cm)	Hacim (m ³)	Göğüs Çapı (cm)	Hacim (m ³)
3	0,001	24	0,373	45	2,251
4	0,002	25	0,420	46	2,397
5	0,004	26	0,469	47	2,549
6	0,007	27	0,523	48	2,707
7	0,011	28	0,580	49	2,871
8	0,016	29	0,641	50	3,042
9	0,023	30	0,707	51	3,219
10	0,031	31	0,776	52	3,402
11	0,040	32	0,850	53	3,593
12	0,052	33	0,928	54	3,790
13	0,065	34	1,010	55	3,994
14	0,080	35	1,098	56	4,205
15	0,097	36	1,190	57	4,423
16	0,117	37	1,287	58	4,648
17	0,139	38	1,388	59	4,881
18	0,164	39	1,495	60	5,121
19	0,192	40	1,608	61	5,369
20	0,222	41	1,725	62	5,624
21	0,255	42	1,848	63	5,887
22	0,291	43	1,977	64	6,158
23	0,331	44	2,111	65	6,437

Ek Tablo 2. Şavşat Yöresi Doğu Karadeniz Gökmarı Çift Girişli Kabuklu Gövde Hacmi Tablosu (m³)

Gögüs Çapı (cm)	Boy (m)															
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	0,002	0,002	0,002													
4	0,003	0,004	0,004	0,005												
5	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009											
6	0,007	0,008	0,010	0,011	0,012	0,014	0,015									
7	0,010	0,011	0,013	0,015	0,017	0,019	0,020	0,022								
8	0,013	0,015	0,017	0,020	0,022	0,024	0,027	0,029	0,031	0,034	0,036	0,038	0,041	0,043	0,045	0,048
9	0,016	0,019	0,022	0,025	0,028	0,031	0,034	0,037	0,040	0,043	0,046	0,049	0,052	0,055	0,058	0,061
10	0,020	0,023	0,027	0,031	0,034	0,038	0,042	0,045	0,049	0,053	0,056	0,060	0,064	0,067	0,071	0,075
11	0,024	0,028	0,033	0,037	0,042	0,046	0,050	0,055	0,059	0,064	0,068	0,073	0,077	0,082	0,086	0,090
12	0,028	0,034	0,039	0,044	0,049	0,055	0,060	0,065	0,071	0,076	0,081	0,086	0,092	0,097	0,102	0,108
13	0,033	0,039	0,046	0,052	0,058	0,064	0,070	0,077	0,083	0,089	0,095	0,101	0,108	0,114	0,120	0,126
14	0,039	0,046	0,053	0,060	0,067	0,075	0,082	0,089	0,096	0,103	0,110	0,118	0,125	0,132	0,139	0,146
15	0,044	0,053	0,061	0,069	0,077	0,086	0,094	0,102	0,110	0,119	0,127	0,135	0,143	0,152	0,160	0,168
16	0,050	0,060	0,069	0,079	0,088	0,097	0,107	0,116	0,126	0,135	0,144	0,154	0,163	0,173	0,182	0,191
17	0,057	0,067	0,078	0,089	0,099	0,110	0,120	0,131	0,142	0,152	0,163	0,174	0,184	0,195	0,205	0,216
18	0,064	0,076	0,088	0,099	0,111	0,123	0,135	0,147	0,159	0,171	0,183	0,195	0,206	0,218	0,230	0,242
19	0,071	0,084	0,098	0,111	0,124	0,137	0,151	0,164	0,177	0,190	0,204	0,217	0,230	0,243	0,257	0,270
20	0,079	0,093	0,108	0,123	0,137	0,152	0,167	0,181	0,196	0,211	0,226	0,240	0,255	0,270	0,284	0,299
21	0,087	0,103	0,119	0,135	0,151	0,168	0,184	0,200	0,216	0,232	0,249	0,265	0,281	0,297	0,313	0,330
22	0,095	0,113	0,131	0,148	0,166	0,184	0,202	0,220	0,237	0,255	0,273	0,291	0,308	0,326	0,344	0,362
23	0,104	0,123	0,143	0,162	0,182	0,201	0,221	0,240	0,259	0,279	0,298	0,318	0,337	0,356	0,376	0,395
24	0,113	0,134	0,156	0,177	0,198	0,219	0,240	0,261	0,282	0,304	0,325	0,346	0,367	0,388	0,409	0,430
25	0,123	0,146	0,169	0,192	0,215	0,238	0,261	0,284	0,306	0,329	0,352	0,375	0,398	0,421	0,444	0,467
26	0,133	0,158	0,183	0,207	0,232	0,257	0,282	0,307	0,331	0,356	0,381	0,406	0,431	0,456	0,480	0,505

Ek Tablo 2'nin devamı.

Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)															
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
28	0,154	0,183	0,212	0,241	0,269	0,298	0,327	0,356	0,384	0,413	0,442	0,471	0,500	0,528	0,557	0,586
29	0,165	0,196	0,227	0,258	0,289	0,320	0,351	0,382	0,412	0,443	0,474	0,505	0,536	0,567	0,598	0,628
30	0,177	0,210	0,243	0,276	0,309	0,342	0,375	0,408	0,441	0,474	0,507	0,540	0,573	0,607	0,640	0,673
31	0,189	0,224	0,260	0,295	0,330	0,365	0,401	0,436	0,471	0,507	0,542	0,577	0,612	0,648	0,683	0,718
32	0,201	0,239	0,277	0,314	0,352	0,389	0,427	0,465	0,502	0,540	0,577	0,615	0,652	0,690	0,728	0,765
33	0,214	0,254	0,294	0,334	0,374	0,414	0,454	0,494	0,534	0,574	0,614	0,654	0,694	0,734	0,774	0,814
34	0,227	0,270	0,312	0,355	0,397	0,440	0,482	0,524	0,567	0,609	0,652	0,694	0,737	0,779	0,821	0,864
35	0,241	0,286	0,331	0,376	0,421	0,466	0,511	0,556	0,601	0,646	0,691	0,736	0,781	0,826	0,870	0,915
36	0,255	0,302	0,350	0,398	0,445	0,493	0,540	0,588	0,635	0,683	0,731	0,778	0,826	0,873	0,921	0,969
37	0,269	0,319	0,370	0,420	0,470	0,521	0,571	0,621	0,671	0,722	0,772	0,822	0,872	0,923	0,973	1,023
38	0,284	0,337	0,390	0,443	0,496	0,549	0,602	0,655	0,708	0,761	0,814	0,867	0,920	0,973	1,026	1,079
39	0,299	0,355	0,411	0,467	0,522	0,578	0,634	0,690	0,746	0,802	0,857	0,913	0,969	1,025	1,081	1,137
40	0,315	0,373	0,432	0,491	0,550	0,608	0,667	0,726	0,785	0,843	0,902	0,961	1,020	1,078	1,137	1,196
41		0,392	0,454	0,516	0,577	0,639	0,701	0,763	0,824	0,886	0,948	1,009	1,071	1,133	1,195	1,256
42		0,412	0,476	0,541	0,606	0,671	0,735	0,800	0,865	0,930	0,994	1,059	1,124	1,189	1,254	1,318
43		0,432	0,499	0,567	0,635	0,703	0,771	0,839	0,907	0,975	1,042	1,110	1,178	1,246	1,314	1,382
44			0,523	0,594	0,665	0,736	0,807	0,878	0,949	1,020	1,091	1,163	1,234	1,305	1,376	1,447
45			0,547	0,621	0,696	0,770	0,844	0,919	0,993	1,067	1,142	1,216	1,290	1,365	1,439	1,513
46				0,649	0,727	0,805	0,882	0,960	1,038	1,115	1,193	1,271	1,348	1,426	1,504	1,581
47				0,678	0,759	0,840	0,921	1,002	1,083	1,164	1,245	1,326	1,408	1,489	1,570	1,651
48					0,791	0,876	0,961	1,045	1,130	1,214	1,299	1,384	1,468	1,553	1,637	1,722
49						0,913	1,001	1,089	1,177	1,265	1,354	1,442	1,530	1,618	1,706	1,794
50							1,042	1,134	1,226	1,318	1,409	1,501	1,593	1,685	1,777	1,868
51								1,180	1,275	1,371	1,466	1,562	1,657	1,753	1,848	1,944

Ek Tablo 2'nin devamı

Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
52	1,227	1,326	1,425	1,524	1,624	1,723	1,822	1,921	2,021
53	1,274	1,377	1,481	1,584	1,687	1,790	1,893	1,996	2,099
54	1,323	1,430	1,537	1,644	1,751	1,858	1,965	2,072	2,179
55	1,372	1,483	1,594	1,705	1,816	1,927	2,039	2,150	2,261
56		1,538	1,653	1,768	1,883	1,998	2,113	2,228	2,344
57		1,593	1,712	1,832	1,951	2,070	2,189	2,309	2,428
58		1,650	1,773	1,897	2,020	2,144	2,267	2,390	2,514
59		1,707	1,835	1,962	2,090	2,218	2,346	2,474	2,601
60		1,765	1,897	2,030	2,162	2,294	2,426	2,558	2,690
61			1,961	2,098	2,234	2,371	2,508	2,644	2,781
62			2,026	2,167	2,308	2,449	2,590	2,732	2,873
63				2,238	2,383	2,529	2,675	2,820	2,966
64				2,309	2,460	2,610	2,760	2,911	3,061
65				2,382	2,537	2,692	2,847	3,002	3,157
66				2,456	2,616	2,776	2,936	3,095	3,255

Ek Tablo 2'nin devamı

Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)															
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
8	0,050	0,053	0,055													
9	0,064	0,066	0,069	0,072												
10	0,078	0,082	0,086	0,089	0,093											
11	0,095	0,099	0,104	0,108	0,113	0,117										
12	0,113	0,118	0,123	0,129	0,134	0,139	0,145									
13	0,133	0,139	0,145	0,151	0,157	0,164	0,170	0,176								
14	0,154	0,161	0,168	0,175	0,182	0,190	0,197	0,204	0,211							
15	0,176	0,185	0,193	0,201	0,209	0,218	0,226	0,234	0,242	0,251						
16	0,201	0,210	0,220	0,229	0,238	0,248	0,257	0,266	0,276	0,285	0,295					
17	0,227	0,237	0,248	0,258	0,269	0,280	0,290	0,301	0,311	0,322	0,333	0,343				
18	0,254	0,266	0,278	0,290	0,302	0,313	0,325	0,337	0,349	0,361	0,373	0,385	0,397			
19	0,283	0,296	0,310	0,323	0,336	0,349	0,363	0,376	0,389	0,402	0,416	0,429	0,442	0,455		
20	0,314	0,328	0,343	0,358	0,372	0,387	0,402	0,416	0,431	0,446	0,460	0,475	0,490	0,505	0,519	
21	0,346	0,362	0,378	0,394	0,411	0,427	0,443	0,459	0,475	0,491	0,508	0,524	0,540	0,556	0,572	0,589
22	0,379	0,397	0,415	0,433	0,451	0,468	0,486	0,504	0,522	0,539	0,557	0,575	0,593	0,610	0,628	0,646
23	0,415	0,434	0,454	0,473	0,492	0,512	0,531	0,551	0,570	0,590	0,609	0,628	0,648	0,667	0,687	0,706
24	0,452	0,473	0,494	0,515	0,536	0,557	0,578	0,600	0,621	0,642	0,663	0,684	0,705	0,726	0,748	0,769
25	0,490	0,513	0,536	0,559	0,582	0,605	0,628	0,651	0,674	0,697	0,719	0,742	0,765	0,788	0,811	0,834
26	0,530	0,555	0,580	0,604	0,629	0,654	0,679	0,704	0,729	0,753	0,778	0,803	0,828	0,853	0,877	0,902

Ek Tablo 2'nin devamı

Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)															
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
28	0,572	0,598	0,625	0,652	0,679	0,705	0,732	0,759	0,786	0,812	0,839	0,866	0,893	0,919	0,946	0,973
29	0,615	0,643	0,672	0,701	0,730	0,759	0,787	0,816	0,845	0,874	0,902	0,931	0,960	0,989	1,018	1,046
30	0,659	0,690	0,721	0,752	0,783	0,814	0,845	0,875	0,906	0,937	0,968	0,999	1,030	1,061	1,092	1,122
31	0,706	0,739	0,772	0,805	0,838	0,871	0,904	0,937	0,970	1,003	1,036	1,069	1,102	1,135	1,168	1,201
32	0,753	0,789	0,824	0,859	0,895	0,930	0,965	1,000	1,036	1,071	1,106	1,142	1,177	1,212	1,247	1,283
33	0,803	0,840	0,878	0,916	0,953	0,991	1,028	1,066	1,104	1,141	1,179	1,216	1,254	1,292	1,329	1,367
34	0,854	0,894	0,934	0,974	1,014	1,054	1,094	1,134	1,174	1,214	1,254	1,294	1,334	1,374	1,413	1,453
35	0,906	0,949	0,991	1,034	1,076	1,119	1,161	1,203	1,246	1,288	1,331	1,373	1,416	1,458	1,500	1,543
36	0,960	1,005	1,050	1,095	1,140	1,185	1,230	1,275	1,320	1,365	1,410	1,455	1,500	1,545	1,590	1,635
37	1,016	1,064	1,111	1,159	1,206	1,254	1,302	1,349	1,397	1,444	1,492	1,539	1,587	1,635	1,682	1,730
38	1,073	1,124	1,174	1,224	1,274	1,325	1,375	1,425	1,475	1,526	1,576	1,626	1,676	1,727	1,777	1,827
39	1,132	1,185	1,238	1,291	1,344	1,397	1,450	1,503	1,556	1,609	1,662	1,715	1,768	1,821	1,874	1,927
40	1,193	1,248	1,304	1,360	1,416	1,472	1,528	1,583	1,639	1,695	1,751	1,807	1,863	1,918	1,974	2,030
41	1,254	1,313	1,372	1,431	1,489	1,548	1,607	1,666	1,724	1,783	1,842	1,901	1,959	2,018	2,077	2,135
42	1,318	1,380	1,441	1,503	1,565	1,627	1,688	1,750	1,812	1,873	1,935	1,997	2,058	2,120	2,182	2,244
43	1,383	1,448	1,513	1,577	1,642	1,707	1,772	1,836	1,901	1,966	2,031	2,095	2,160	2,225	2,290	2,354
44	1,450	1,518	1,585	1,653	1,721	1,789	1,857	1,925	1,993	2,061	2,128	2,196	2,264	2,332	2,400	2,468
45	1,518	1,589	1,660	1,731	1,802	1,873	1,944	2,015	2,086	2,158	2,229	2,300	2,371	2,442	2,513	2,584
46	1,588	1,662	1,736	1,811	1,885	1,959	2,034	2,108	2,182	2,257	2,331	2,405	2,480	2,554	2,628	2,703
47	1,659	1,737	1,814	1,892	1,970	2,047	2,125	2,203	2,280	2,358	2,436	2,513	2,591	2,669	2,747	2,824
48	1,732	1,813	1,894	1,975	2,056	2,137	2,218	2,300	2,381	2,462	2,543	2,624	2,705	2,786	2,867	2,948
49	1,806	1,891	1,976	2,060	2,145	2,229	2,314	2,398	2,483	2,568	2,652	2,737	2,821	2,906	2,991	3,075
50	1,882	1,971	2,059	2,147	2,235	2,323	2,411	2,499	2,588	2,676	2,764	2,852	2,940	3,028	3,116	3,205
51	1,960	2,052	2,144	2,235	2,327	2,419	2,511	2,603	2,694	2,786	2,878	2,970	3,061	3,153	3,245	3,337

Ek Tablo 2'nin devamı

Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)															
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
52	2,120	2,219	2,319	2,418	2,517	2,616	2,716	2,815	2,914	3,013	3,113	3,212	3,311	3,410	3,510	3,609
53	2,202	2,305	2,409	2,512	2,615	2,718	2,821	2,924	3,027	3,130	3,234	3,337	3,440	3,543	3,646	3,749
54	2,286	2,393	2,500	2,607	2,714	2,821	2,929	3,036	3,143	3,250	3,357	3,464	3,571	3,678	3,785	3,892
55	2,372	2,483	2,594	2,705	2,816	2,927	3,038	3,149	3,260	3,371	3,482	3,593	3,704	3,815	3,926	4,037
56	2,459	2,574	2,689	2,804	2,919	3,034	3,149	3,265	3,380	3,495	3,610	3,725	3,840	3,955	4,070	4,186
57	2,547	2,667	2,786	2,905	3,024	3,144	3,263	3,382	3,501	3,621	3,740	3,859	3,979	4,098	4,217	4,336
58	2,637	2,761	2,884	3,008	3,131	3,255	3,378	3,502	3,625	3,749	3,872	3,996	4,119	4,243	4,366	4,490
59	2,729	2,857	2,985	3,113	3,240	3,368	3,496	3,624	3,752	3,879	4,007	4,135	4,263	4,390	4,518	4,646
60	2,823	2,955	3,087	3,219	3,351	3,483	3,615	3,748	3,880	4,012	4,144	4,276	4,408	4,541	4,673	4,805
61	2,917	3,054	3,191	3,327	3,464	3,600	3,737	3,874	4,010	4,147	4,283	4,420	4,557	4,693	4,830	4,966
62	3,014	3,155	3,296	3,437	3,578	3,719	3,860	4,002	4,143	4,284	4,425	4,566	4,707	4,848	4,989	5,131
63	3,112	3,258	3,403	3,549	3,695	3,840	3,986	4,132	4,277	4,423	4,569	4,715	4,860	5,006	5,152	5,297
64	3,211	3,362	3,512	3,662	3,813	3,963	4,114	4,264	4,414	4,565	4,715	4,865	5,016	5,166	5,317	5,467
65	3,313	3,468	3,623	3,778	3,933	4,088	4,243	4,398	4,553	4,708	4,864	5,019	5,174	5,329	5,484	5,639
66	3,415	3,575	3,735	3,895	4,055	4,215	4,375	4,535	4,695	4,854	5,014	5,174	5,334	5,494	5,654	5,814

Ek Tablo 2'nin devamı

Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)				Göğüs Çapı (cm)	Boy (m)			
	35	36	37	38		35	36	37	38
37	1,777	1,825	1,872	1,920	52	3,708	3,808	3,907	4,006
38	1,877	1,928	1,978	2,028	53	3,852	3,955	4,058	4,162
39	1,980	2,033	2,086	2,139	54	3,999	4,106	4,213	4,320
40	2,086	2,142	2,198	2,253	55	4,148	4,260	4,371	4,482
41	2,194	2,253	2,312	2,370	56	4,301	4,416	4,531	4,646
42	2,305	2,367	2,429	2,490	57	4,456	4,575	4,694	4,813
43	2,419	2,484	2,549	2,613	58	4,613	4,737	4,860	4,984
44	2,536	2,604	2,671	2,739	59	4,774	4,902	5,029	5,157
45	2,655	2,726	2,797	2,868	60	4,937	5,069	5,201	5,333
46	2,777	2,851	2,926	3,000	61	5,103	5,240	5,376	5,513
47	2,902	2,980	3,057	3,135	62	5,272	5,413	5,554	5,695
48	3,029	3,111	3,192	3,273	63	5,443	5,589	5,734	5,880
49	3,160	3,244	3,329	3,413	64	5,617	5,768	5,918	6,068
50	3,293	3,381	3,469	3,557	65	5,794	5,949	6,104	6,259
51	3,428	3,520	3,612	3,704	66	5,974	6,134	6,294	6,454

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : YAZICI, Zuhale Tuğçe
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 25/04/1990 - Rize
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 507 236 48 16
e-mail : zuhal.tugce.dag@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	AÇÜ/Fen Bilimleri Enstitüsü	
Lisans	AKÜ/Fen Edebiyat Fakóltesi/İstatistik Böl.	2013
Lise	Artvin Lisesi/Artvin	2008

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-Halen	Artvin Valiliği - İl Planlama ve Koor. Md	Büro Personeli
2014-2017	Artvin Valiliği - Özel Kalem Md.	Büro Personeli
2013-2014	Seta Danışmanlık Merkezi	Veri Hazırlama ve Analiz

Yabancı Dil

İngilizce