

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



KASTAMONU ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ KARAÇAM
(*Pinus nigra* J.F. Arnold) MEŞCERELERİNE İLİŞKİN
EKOLOJİK TABANLI BÜYÜME MODELLERİ

MEHMET SEKİ

DOKTORA TEZİ

DOÇ. DR. OYTUN EMRE SAKICI

ARALIK - 2020

KASTAMONU

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.



MEHMET SEKİ

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KASTAMONU ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ KARAÇAM (*Pinus nigra* J.F. Arnold) MEŞCERELERİNE İLİŞKİN EKOLOJİK TABANLI BÜYÜME MODELLERİ

MEHMET SEKİ

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. OYTUN EMRE SAKICI

Bu çalışmada, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki eşit yaşlı, saf ve doğal karaçam meşcereleri için ekolojik tabanlı büyüme modelleri geliştirilmiştir. Büyüme modellerinin geliştirilmesinde çalışma alanı içerisinde yer alan üç ekolojik bölgeden alınan toplam 274 örnek alan verisi kullanılmıştır. Ekolojik bölgelere ilişkin farklılıkların tek ağaç ve meşcere gelişimi üzerindeki etkilerini belirleyebilmek için büyüme modellerinin indirgenmiş ve tam model formlarının parametre tahminleri Doğrusal Olmayan Regresyon Analizi ile elde edilmiş ve geliştirilen modellere ilişkin tahminlerin ekolojik bölgelere göre farklılığı ise Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı yöntemi ile test edilmiştir. Ekolojik bölgelere ilişkin farklılıkların gerek tek ağaç ve gerekse meşcere düzeyindeki tahminlerde önemli etkilere sahip olduğu ve her bir ekolojik bölge için farklı parametre setlerini içeren tam model yapılarının kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında Richards büyüme modelinden türetilmiş genelleştirilmiş çap-boy modelinin tam model formuna ilişkin düzeltilmiş belirtme katsayısı ($R_{düz}^2$) 0,931 olarak hesaplanmıştır. Karaçam meşcerelerine ilişkin yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenebilmesi amacıyla Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı ile Bertalanffy-Richards büyüme modelinden türetilen dinamik bonitet endeks modelinin tam model formuna ilişkin $R_{düz}^2$ değeri 0,988 olarak belirlenmiştir. Meşcere büyüme modellerine ilişkin $R_{düz}^2$ değerleri; orta çap için 0,749, orta boy için 0,988, ağaç sayısı için 0,863, göğüs yüzeyi için 0,952 ve hacim için 0,962 olarak elde edilmiştir. Aşamalı Regresyon Analizi yöntemi ile geliştirilen tek ağaç modeli; konu ağacın göğüs çapı, yarışma endeksi, meşcere yaşı, sıklık derecesi ve bonitet endeksi değişkenlerine bağlı olarak son 5 yıllık ortalama çap artım değerini tahmin edecek şekilde düzenlenmiştir. Tek ağaç modelinin tam model formuna ilişkin $R_{düz}^2$ değeri de 0,493 olarak belirlenmiştir. Çap dağılımlarının modellenmesinde ise farklı olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılmış ve tüm ekolojik bölgeler için en başarılı sonuçlar Johnson SB dağılımı ile elde edilmiştir. Geliştirilen büyüme modellerinin hata dağılımları ve büyüme kanuniyetlerine uygunlukları grafik yöntemle incelenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Karaçamın tek ağaç ve meşcere düzeyinde gelişiminin üç ekolojik bölge için önemli farklılıklar gösterdiği Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'nde kullanılmak üzere her bir ekolojik bölge için bonitet endeks ve sıklığa bağlı hasılat tabloları düzenlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Karaçam, ekolojik tabanlı büyüme modeli, dinamik bonitet endeks modeli, sıklığa bağlı hasılat tablosu.

2020, 187 Sayfa

ABSTRACT

PHD THESIS

ECOLOGICALLY-BASED GROWTH MODELS FOR CRIMEAN PINE (*Pinus nigra* J.F. Arnold) STANDS IN KASTAMONU REGIONAL DIRECTORATE OF FORESTRY

MEHMET SEKI

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST ENGINEERING

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. OYTUN EMRE SAKICI

In this study, ecologically-based growth and yield models were developed for even-aged, pure and naturally regenerated Crimean pine stands located in Kastamonu Regional Directorate of Forestry. Data were obtained from 274 sample plots representing three ecoregions of study area. Reduced and full forms of the growth models were fitted using nonlinear regression analysis, and nonlinear extra sum of squares method was employed to investigate the effects of ecological differences on growth for individual-tree and stand level. As a result of test performed, significant ecoregional effects were found, and the full model forms of the growth models including different sets of parameters for each ecoregion were found appropriate for accurate estimations. The best results were obtained with the generalized height-diameter model derived from Richards base equation, accounting for about the %93,1 of the total variance in height-diameter relationships. Dynamic site index model derived from the Bertalanffy-Richards base equation using Generalized Algebraic Difference Approach gave the best performance with R_{adj}^2 value of 0,988. For the whole stand models, R_{adj}^2 values were calculated as 0,749 for mean diameter, 0,988 for mean height, 0,863 for the number of trees, 0,952 for basal area and 0,962 for volume. Individual tree model developed by stepwise regression analysis, includes diameter at breast height, competition index, stand age, density and site index as independent variables, and mean annual diameter increment for last 5 years as a dependet variable. R_{adj}^2 value for individual tree model was calculated as 0,493. Diameter distributions were modelled by utilizing different probability density functions, and Johnson SB function was found the most successful for all ecoregions. It's found by the graphical assessments that estimations of growth models provided biologically realistic curves and homogeneous error distributions. Site index and density-variable yield tables ensuring different estimations for each ecoregion located in Kastamonu Regional Directorate of Forestry were developed.

KEYWORDS: Crimean pine, ecologically-based growth model, dynamic site index model, density-variable yield table

2020, 187 Page

TEŞEKKÜR

“Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold) Meşcerelerine İlişkin Ekolojik Tabanlı Büyüme Modelleri” isimli bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı Lisansüstü Programı kapsamında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle, konu seçiminden çalışmanın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici tutumuyla çalışmalarımı destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Oytun Emre SAKICI'ya şükranlarımı sunarım.

Doktora tez izleme sürecinde fikir ve görüşlerinden yararlandığım, yardımlarını esirgemeyen tez izleme jürisi üyeleri değerli hocalarım Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK ve Doç. Dr. İlker ERCANLI'ya sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca, çalışmanın değerlendirilmesi aşamasında değerli görüşlerini ve katkılarını esirgemeyen Sayın hocalarım Prof. Dr. Hakkı YAVUZ, Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK ve Dr. Öğr. Üyesi Muammer ŞENYURT'a çok teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarına eşlik eden değerli destekçilerim Dr. Durmuş Ali ÇELİK, Arş. Gör. Batın Mehmet YER, Orm. Yük. Müh. Emre GENÇ, Orm. Müh. Aydın YILDIZ, Orm. Müh. Adem SAKARYA, Orm. Müh. Abdullah ÇAĞATAY ve Orm. Müh. Halit ALTUN'a teşekkür ederim. Arazi çalışmalarında sunmuş oldukları imkanlardan dolayı Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü idari ve teknik personeline teşekkürü borç bilirim. Çalışmanın başından sonuna kadar fikir alışverişinde bulunduğum ve görüşlerinden yararlandığım değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Fadime SAĞLAM, Dr. Emre AKTÜRK, Dr. Alper BULUT, Arş. Gör. Hakan AYDOĞAN, Arş. Gör. Ferhat BOLAT ve Orm. Yük. Müh. Davut ATAR'a teşekkür ederim. Çalışmanın yöntem kısmında kıymetli fikir ve görüşlerini esirgemeyen Prof. Dr. İbrahim ATALAY, Prof. Dr. Orhan ŞEN, Doç. Dr. Miraç AYDIN, Prof. Dr. Harold BURKHART, Prof. Dr. Oscar GARCIA, Dr. Gerónimo QUINONEZ-BARRAZA ve Prof. Dr. Jose Javier CORRAL-RIVAS'a teşekkür ederim.

Çalışma süresince her konuda destek ve sabırlarımı benden esirgemeyen eşim Nagihan SEKİ, oğlum Alperen SEKİ, annem Filiz SEKİ, babam Hikmet SEKİ ve merhume ablam Damla SEKİ'ye en içten şükranlarımı sunarım.

Çalışmaya maddi destek sağlayan Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (KÜ-BAP03/2017-38 nolu BAP Projesi) ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışmanın, ülkemiz ormancılığına yararlı olmasını dilerim.

Mehmet SEKİ

Kastamonu, 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
GRAFİKLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Genel Bilgiler	1
1.2 Karaçam Hakkında Genel Bilgiler	5
1.3 Karaçam Türüne İlişkin Literatür Özeti	6
1.4 Büyüme Modelleri.....	6
1.4.1 Meşcere Modelleri	7
1.4.2 Çap Sınıfı Modelleri	9
1.4.3 Tek Ağaç Modelleri	10
1.5 Ekolojik Tabanlı Modelleme	11
2. MATERYAL VE YÖNTEM	13
2.1 Çalışma Alanı	13
2.2 Materyal.....	18
2.3 Yöntem	30
2.3.1 Meşcere Modelleri	30
2.3.1.1 Örnek alan verilerinin değerlendirilmesi	30
2.3.1.1.1 Meşcere orta yaşının belirlenmesi	30
2.3.1.1.2 Meşcere orta çapının belirlenmesi	31
2.3.1.1.3 Çap-boy modellerinin geliştirilmesi	31
2.3.1.1.4 Meşcere orta boyunun belirlenmesi.....	35
2.3.1.1.5 Meşcere üst boyunun belirlenmesi	35
2.3.1.1.6 Meşcere ağaç sayısının belirlenmesi.....	36
2.3.1.1.7 Meşcere göğüs yüzeyinin belirlenmesi.....	36
2.3.1.1.8 Meşcere hacminin belirlenmesi	36
2.3.1.1.9 Meşcere sıklığının belirlenmesi	37
2.3.1.1.10 Yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesi.....	37
2.3.1.2 Kalan meşcere öğelerinin hesaplanması	44
2.3.1.3 Ayrılan meşcere öğelerinin hesaplanması.....	46
2.3.1.4 Hasılat tablosunun diğer öğelerinin hesaplanması.....	47
2.3.2 Çap Dağılım Modelleri	48
2.3.3 Tek Ağaç Modelleri	51
2.3.3.1 Tek ağaca ilişkin büyüme öğelerinin hesaplanması.....	51
2.3.3.2 Tek ağaç büyüme modelinin denetimi ve kontrolü.....	55
2.3.4 Geliştirilen Büyüme Modellerinin Ekolojik Tabanlı Forma Dönüştürülmesi.....	56

2.3.5	Büyüme Modellerinin Değerlendirilmesi	57
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	60
3.1	Meşcere Modellerine İlişkin Bulgular	60
3.1.1	Çap-Boy Modellerine İlişkin Bulgular	60
3.1.2	Yetiştirme Ortamı Verim Gücüne İlişkin Bulgular	67
3.1.3	Kalan Meşcere Öğelerine İlişkin Bulgular	84
3.1.4	Ayrılan Meşcere Öğelerine İlişkin Bulgular.....	118
3.1.5	Sıklığa Bağlı Hasılat Tabloları	118
3.2	Çap Dağılım Modellerine İlişkin Bulgular.....	123
3.3	Tek Ağaca İlişkin Bulgular	138
3.3.1	Tek Ağaç Verilerinin Değerlendirilmesi	138
3.3.2	Tek Ağaç Büyüme Modeline İlişkin Bulgular.....	139
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	147
	KAYNAKLAR.....	157
	EKLER.....	173
EK A	Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcereleri İçin Dinamik Bonitet Endeks Tablosu	174
EK B	Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerine İlişkin Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu.....	177
	ÖZGEÇMİŞ.....	186

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Karaçam'ın Türkiye'deki yayılışı	6
Şekil 2.1 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü bünyesindeki Orman İşletme Müdürlükleri	13
Şekil 2.2 Türkiye'nin ekolojik bölgeleri	15
Şekil 2.3 Karadeniz İklim Bölgesi	16
Şekil 2.4 Saf ve verimli karaçam meşcerelerinin Orman İşletme Müdürlüklerine ve ekorejyonlara dağılımı	17
Şekil 2.5 Örnek alanların çalışma alanına dağılımı	18
Şekil 2.6 Örnek ağaçların kesilmesi ve enine kesitlerin alınması	27
Şekil 2.7 Yaş-boy verilerinin elde edilmesi için yapılan gövde analizi	29

GRAFİKLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Grafik 2.1 Örnek alanların yükselti basamaklarına dağılımı	25
Grafik 2.2 Örnek alanların bakı gruplarına dağılımı.....	25
Grafik 2.3 Örnek alanların eğim gruplarına dağılımı.....	25
Grafik 2.4 Örnek ağaçların boy basamaklarına dağılımı	28
Grafik 2.5 Örnek ağaçların yaş basamaklarına dağılımı	28
Grafik 2.6 Örnek ağaçlara ilişkin yaş-boy dağılımı	29
Grafik 2.7 Çap-boy verilerine ilişkin dağılımlar.....	34
Grafik 3.1 Çap-boy modelinin kontrol grubu üzerindeki 1:1 ve hata grafikleri	66
Grafik 3.2 GCFY-1 modeline ilişkin hata-gecikmeli hata grafikleri	67
Grafik 3.3 Bonitet endeks modellerinin 1:1 ve hata grafikleri.....	71
Grafik 3.4 Yaş sınıflarına bağlı olarak oransal hata yüzdelerinin değişimi	72
Grafik 3.5 GCFY-1 modeli ile Ekorejyon 1, 3 ve 4 için düzenlenen bonitet endeks eğrileri ve genel ortalama boy artımları	74
Grafik 3.6 GCFY-3 modeli ile Ekorejyon 1, 3 ve 4 için düzenlenen bonitet endeks eğrileri ve genel ortalama boy artımları	75
Grafik 3.7 GCFY-4 modeli ile Ekorejyon 1, 3 ve 4 için düzenlenen bonitet endeks eğrileri ve genel ortalama boy artımları	76
Grafik 3.8 Bonitet endeks modelinin ekorejyonlara ilişkin bonitet endeks değerlerinin karşılaştırılması	79
Grafik 3.9 Ekorejyon 1'e ait bonitet endeks değerleri ile literatürdeki bonitet endeks değerlerinin karşılaştırılması	82
Grafik 3.10 Ekorejyon 3'e ait bonitet endeks değerleri ile literatürdeki bonitet endeks değerlerinin karşılaştırılması	82
Grafik 3.11 Ekorejyon 4'e ait bonitet endeks değerleri ile literatürdeki bonitet endeks değerlerinin karşılaştırılması	83
Grafik 3.12 Örnek alanlara ilişkin dağılım grafikleri.....	86
Grafik 3.13 Meşcere büyüme ögelerine ilişkin 1:1 ve hata grafikleri.....	100
Grafik 3.14 Meşcere büyüme ögelerinin sıklık, bonitet ve yaşa göre değişimi (Ekorejyon 1)	102
Grafik 3.15 Meşcere büyüme ögelerinin sıklık, bonitet ve yaşa göre değişimi (Ekorejyon 3)	103
Grafik 3.16 Meşcere büyüme ögelerinin sıklık, bonitet ve yaşa göre değişimi (Ekorejyon 4)	104
Grafik 3.17 İndirgenmiş ve tam modellere ilişkin orta çap tahminlerinin karşılaştırılması.....	108
Grafik 3.18 İndirgenmiş ve tam modellere ilişkin orta boy tahminlerinin karşılaştırılması.....	110
Grafik 3.19 İndirgenmiş ve tam modellere ilişkin ağaç sayısı tahminlerinin karşılaştırılması.....	111
Grafik 3.20 İndirgenmiş ve tam modellere ilişkin göğüs yüzeyi tahminlerinin karşılaştırılması	113
Grafik 3.21 İndirgenmiş ve tam modellere ilişkin hacim tahminlerinin karşılaştırılması.....	114

Grafik 3.22 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin genel ortalama başarı puanları	130
Grafik 3.23 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin genel ortalama başarı puanları (Ekorejyon 1)	132
Grafik 3.24 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin genel ortalama başarı puanları (Ekorejyon 3)	133
Grafik 3.25 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin genel ortalama başarı puanları (Ekorejyon 4)	135
Grafik 3.26 Ekorejyon 1 içerisindeki 59. örnek alana ilişkin Johnson SB dağılımı.....	136
Grafik 3.27 Ekorejyon 3 içerisindeki 125. örnek alana ilişkin Johnson SB dağılımı.....	136
Grafik 3.28 Ekorejyon 4 içerisindeki 204. örnek alana ilişkin Johnson SB dağılımı	137
Grafik 3.29 Tek ağaç modeline ilişkin 1:1 ve hata grafikleri	141
Grafik 3.30 Ekorejyon 1 için tek ağaç çap artım tahminleri	143
Grafik 3.31 Ekorejyon 3 için tek ağaç çap artım tahminleri	144
Grafik 3.32 Ekorejyon 4 için tek ağaç çap artım tahminleri	145

TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 Saf ve verimli karaçam meşcerelerinin ekorejyonlara dağılımı	16
Tablo 2.2 Örnek alanlara ilişkin çeşitli bilgiler.....	19
Tablo 2.3 Örnek ağaçlara ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler	27
Tablo 2.4 Çap-boy modellemesinde kullanılan örnek ağaçlara ilişkin istatistiksel bilgiler.....	32
Tablo 2.5 Çap-boy modellemesi için kullanılan modeller	35
Tablo 2.6 Yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesinde kullanılan model yapıları	42
Tablo 2.7 Meşcere modellerinin geliştirilmesi için kullanılan regresyon denklemleri	46
Tablo 2.8 Çalışmada kullanılan olasılık yoğunluk fonksiyonları	50
Tablo 3.1 Çap-boy denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar	61
Tablo 3.2 Çap-boy denklemlerine ilişkin rölatif sıralamalar	63
Tablo 3.3 Çap-boy denklemlerine ilişkin F-testi sonuçları	63
Tablo 3.4 Çap-boy modeline ilişkin hesaplanan tahmin hataları.....	65
Tablo 3.5 Bonitet endeks modellerine ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	69
Tablo 3.6 Bonitet endeks modellerine ilişkin rölatif sıralamalar.....	70
Tablo 3.7 Bonitet endeks modellerine ilişkin F-testi sonuçları.....	70
Tablo 3.8 Karaçam ağaç türü için düzenlenen bonitet sınıfları	72
Tablo 3.9 Bonitet endeks modeline ilişkin hesaplanan tahmin hataları.....	80
Tablo 3.10 Örnek alanlara ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler.....	85
Tablo 3.11 Meşcere orta çapı denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	88
Tablo 3.12 Meşcere orta boyu denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar	90
Tablo 3.13 Meşcere ağaç sayısı denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar	92
Tablo 3.14 Meşcere göğüs yüzeyi denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar	94
Tablo 3.15 Meşcere hacim denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar.....	96
Tablo 3.16 Meşcere modellerine ilişkin rölatif sıralamalar	98
Tablo 3.17 Meşcere modellerine ilişkin F-testi sonuçları	99
Tablo 3.18 Meşcere modellerine ilişkin hesaplanan tahmin hataları	117
Tablo 3.19 Genel meşcere hacminin meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 1)	119
Tablo 3.20 Genel meşcere hacminin meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 3)	119
Tablo 3.21 Genel meşcere hacminin meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 4)	120
Tablo 3.22 Genel meşcere ortalama artımının meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 1)	121
Tablo 3.23 Genel meşcere ortalama artımının meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 3)	121
Tablo 3.24 Genel meşcere ortalama artımının meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 4)	122
Tablo 3.25 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının başarı sıraları (Ekorejyon 1)	124

Tablo 3.26 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının başarı sıraları (Ekorejyon 3)	125
Tablo 3.27 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının başarı sıraları (Ekorejyon 4)	128
Tablo 3.28 Tek ağaçlarda hesaplanan bazı istatistiksel bilgiler	139
Tablo 3.29 Tek ağaç modellerine ilişkin istatistiksel sonuçlar	140
Tablo 3.30 Tek ağaç modeline ilişkin F-testi sonuçları	141
Tablo A.1 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerine İçin Dinamik Bonitet Endeks Tablosu (Ekorejyon 1)	174
Tablo A.2 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerine İçin Dinamik Bonitet Endeks Tablosu (Ekorejyon 3)	175
Tablo A.3 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerine İçin Dinamik Bonitet Endeks Tablosu (Ekorejyon 4)	176
Tablo B.1 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerine İlişkin Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu (Ekorejyon 1)	177
Tablo B.2 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerine İlişkin Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu (Ekorejyon 3)	180
Tablo B.3 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerine İlişkin Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu (Ekorejyon 4)	183

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

$R_{düz}^2$: Düzeltilmiş belirtme katsayısı
t	: Meşcere yaşı
t_0	: Standart yaş
h_{100}	: Meşcere üst boyu
h_g	: Meşcere orta boyu
d_g	: Meşcere göğüs yüzeyi orta ağacının çapı
N	: Meşceredeki ağaç sayısı
G	: Meşcere göğüs yüzeyi
V	: Meşcere hacmi
%	: Yüzde

Kısaltmalar

AIC	: Akaike bilgi kriteri
BE	: Bonitet endeksi
CAR(x)	: Otoresif hata yapısı
CFY	: Cebirsel Fark Yaklaşımı
ÇKK	: Çift kabuk kalınlığı
DF	: Serbestlik derecesi
DW	: Durbin Watson test istatistiği
GCFY	: Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı
ha	: hektar
OH	: Ortalama hata
OMH	: Ortalama mutlak hata
HKOK	: Hata kareler ortalamasının karekökü
HKT	: Hata kareler toplamı
OİŞ	: Orman İşletme Şefliği
OİM	: Orman İşletme Müdürlüğü
OBM	: Orman Bölge Müdürlüğü
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
SD	: Sıklık derecesi

1. GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

İnsanoğlu var oluşundan günümüze kadar ormanlardan kesintisiz bir şekilde yararlanmakta ve bu yararlanmanın boyutu zamana bağlı olarak gittikçe artmaktadır. İnsan nüfusundaki artış, teknolojinin gelişmesi vb. etkenler ormanlardan yararlanmanın seviyesini artırdığı gibi ormanlar üzerindeki baskıyı da çok büyük boyutlara taşımıştır. Ormanlar üzerinde artan baskı, çevre kirliliği, erozyon, toprak kaybı, biyolojik çeşitliliğin azalması, doğal dengenin bozulması, ormanların sürekliliğinin tehlikeye girmesi gibi birçok problemi de beraberinde getirmiştir. Ormanlarda oluşan tahribat ve orman kaynaklarının nicel ve nitel yönden olumsuz bir seyir izlemesi zamanla insanların dikkatini çekmeye başlamıştır. Ormanlardan bilinçsizce faydalanmanın sonuçlarının anlaşılması ve durumun ciddiyetinin kavranması insanları bu konuda araştırmalar yapmaya yöneltmiştir (Çepel, 1984). Ormanlardan faydalanmanın sürekliliğini esas alan bu araştırmalar öncelikle etkin bir planlama ve bu planlamanın gerekliliği olan bilgi birikimine yönelik olmuştur. En önemli doğal kaynaklardan birisi olan ormanlar diğer doğal kaynaklarla karşılaştırıldığında, çok geniş alanlarda yayılış göstermektedir ve uzun yıllara dayanan bir gelişim sürecine sahiptir. Bu sebeplerle, ormanların planlı olarak işletilmesi oldukça önemlidir (Eraslan ve Şad, 1993; Mısıır ve Yavuz, 2013). Planlı olarak işletilen ormanlarda, meşcerelere ilişkin gelişimleri ortaya koyarak planlamacıya hizmet eden modellere ihtiyaç söz konusudur.

Büyüme modelleri, farklı koşullar altındaki meşcerelere ilişkin artım ve büyüme değerlerini tahmin eden denklem sistemleridir. Araştırmacılara ve planlamacılara birçok yönden yardımcı olan büyüme modelleri, ormanların gelecekteki durumlarına ilişkin tahminlerde bulunarak planlama stratejilerinin ve silvikültürel işlem seçeneklerinin oluşturulmasında kullanılmaktadırlar (Vanclay, 1994). Ormanların planlanması sırasında meşcerelere ilişkin artım ve büyüme değerlerinin tahmini büyüme modelleri kullanılarak yapılmaktadır. Planlamacıya yardımcı olan ve yol gösteren büyüme modelleri planlama aşaması için temel altlık niteliğindedir. Ormanlar

uzun idare süreleri ile işletilmekte ve bu sebeple orman kaynaklarına ilişkin yapılacak olan tahminlerin doğruluğu büyük önem taşımaktadır. Planlama aşamasında etkin bir şekilde faydalanılan büyüme modelleri aynı zamanda farklı silvikültürel işlemlerin belirlenmesinde de kullanılabilir (Mısıır ve Yavuz, 2013). Planlamaya konu olan orman ekosistemlerinin sahip olduğu kaynak değerlerini dikkate alan sürdürülebilir orman yönetimi son yıllarda öne çıkan bir husustur.

Ekosistemde yaşıyan canlılar, yaşamsal faaliyetlerini uygun koşullarda ve ortamlarda sürdürürerek nesillerini devam ettirirler. Ormanların da yayılış gösterdikleri yetişme ortamı koşulları (iklim, topoğrafya, ana materyal vb.) ile arasında son derece sıkı bir denge mevcuttur. Ekolojik koşullar altında değerlendirildiğinde, ülkemiz ormanlarının yaklaşık üçte ikisinin ormanlarla kaplı olması beklenirken, yanlış arazi kullanımı ve tahribatlar neticesinde bu oran OGM (2019) verilerine göre yaklaşık %29 olarak belirlenmiştir. Doğal ortamlardan sürekli faydalanma, o ortama ilişkin özelliklerin ayrıntılı bir şekilde araştırılması ve söz konusu ortamların ekolojik özelliklere göre sınıflandırılması ile mümkün olabilmektedir. Doğal ortamlara ilişkin sınıflandırma su, toprak ve ormancılık gibi doğal kaynaklara ilişkin potansiyellerin ortaya konulması ve bu doğal kaynaklardan düzenli faydalanmanın sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bir başka ifade ile, doğal kaynaklardan sürdürülebilir bir şekilde faydalanma, ekolojik koşulların ayrıntılı bir şekilde tespit edilip incelenmesine ve bu koşullara göre orman, toprak ve arazi sınıflandırılmasının yapılmasına dayanmaktadır (Atalay, 2014).

Ekolojik sınıflandırmalarla ormancılık faaliyetleri rasyonel ölçülerde planlanabilir, ağaçlandırma ve erozyonu önleme çalışmalarındaki başarı artırılabilir (Atalay, 2014). Ekolojik sınıflandırmalara ve bu sınıflandırmalar sonucunda oluşturulan ekolojik bölgelere ilişkin artım ve büyüme çalışmaları büyük önem taşımaktadır (Huang, 1999). Farklı ekolojik bölgelerde yayılış yapan herhangi bir ağaç türüne ilişkin artım ve büyüme tahminlerinin bu farklılığı yansıtabilecek özellikte olması gerekmektedir (Álvarez González vd., 2005; Özçelik vd., 2014b; Özçelik vd., 2016a). Ekolojik farklılıkları dikkate alan ekolojik tabanlı büyüme modelleri daha başarılı tahmin yeteneklerine sahiptirler (Xu, 2004). Örneğin, Pillsbury vd. (1995) tarafından *Lithocarpus densiflorus* türüne ilişkin yapılan çalışmada, bir hacim tablosunun

coğrafi sınırları dikkate almaksızın farklı bir bölgede kullanılmasının %40'lara varan tahmin hatalarına sebep olabileceği belirtilmiştir. Huang vd. (2000a) bir ekolojik bölge için geliştirilen çap-boy modelinin farklı ekolojik bölgelerde kullanılmasının %29'lara varan fazla tahmin (overestimation) ve %21'lere varan düşük tahminlere (underestimation) sebep olabileceğini belirtmiştir.

Ekosistem tabanlı orman yönetim sürecinin en önemli unsurlarından birisi, ekosistemi karakterize eden, farklılaştıran ve etkileyen çeşitli ilişkilerin doğasını araştırmaktır. Ekolojik faktörleri dikkate alan sınıflandırmalar ile oluşturulan ekolojik bölgeler ve bu bölgelere bağlı olarak geliştirilen ekolojik tabanlı büyüme modellerinin geliştirilmesi bu amaca hizmet eden en önemli altlıklardır. Ormanların artım ve büyümeleri genellikle ekolojik bölgeler arasında farklılıklar göstermektedir. Tahmin başarılarını artırabilmek için ekolojik farklılıkları yansıtan ekolojik tabanlı büyüme modellerine ihtiyaç söz konusudur (Huang vd., 2000a; Álvarez González vd., 2005). Son yıllarda, artım ve büyüme elemanları ile ekolojik değişkenler arasındaki ilişkilerin incelendiği çalışmalar ormancılık literatüründe büyük önem kazanmıştır (Pillsbury vd., 1995; Huang vd., 2000a; Álvarez González vd., 2005; Özçelik vd., 2014b). Ekolojik faktörlerin artım ve büyüme üzerinde doğrudan etkili olduğunu gösteren birçok çalışma olması nedeniyle, ekolojik değişkenliği de içeren büyüme modellerine olan ihtiyaç dikkat çekmektedir.

Ülkemiz, 1973 yılında yaklaşık 20,2 milyon ha ormanlık alana sahipken, bu değer 2019 yılında yaklaşık 22,7 milyon ha seviyesine çıkmıştır (OGM, 2019). Bu sonuçlara göre, ormanlık alanlarda son 46 yılda yaklaşık 2,5 milyon ha gibi bir artış söz konusudur. Ülkemiz ormanlarında bu süreçte meydana gelen söz konusu artışın nedenlerinden en önemlisi ağaçlandırma çalışmalarıdır. Örneğin, 2008-2012 yıllarını kapsayan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Seferberliği Eylem Planı uygulamaları sonucunda, Trakya büyüklüğünde bir alanda ormanlaştırma ve rehabilitasyon çalışmaları yapılmıştır (OGM, 2015). Ülkemiz ormancılık faaliyetlerinin en önemli unsurlarından birisini oluşturan ağaçlandırma çalışmalarının başarısının artırılabilmesi için ağaç türlerinin farklı ekolojik bölgelerde yapmış oldukları gelişimlerin ortaya konulması oldukça önem taşımaktadır.

Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü ülkemizdeki bölge müdürlükleri arasında koru ormanlarının varlığı açısından alansal olarak ikinci (yaklaşık 1,2 milyon ha), servet (196,6 milyon m³) ve artım (5,7 milyon m³) bakımından ise ilk sırada yer almaktadır. Ülke genelinde yaklaşık 4,4 milyon ha yayılış alanı ile en önemli asli ağaç türlerimizden birisi olan karaçam, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü içerisinde yayılış yapan ağaç türleri içerisinde de en yaygın olanıdır (OGM, 2019). Gerek ülkemizde ve gerekse çalışma alanı içerisinde oldukça geniş alanlarda yayılış gösteren karaçam farklı ekolojik koşullar altında yetişmektedir. Bu sebeplerle, karaçam için geliştirilecek olan büyüme modellerinin bu ekolojik farklılıkları yansıtacak özellikle olması yapılacak olan büyüme tahminlerinin ve dolayısıyla planlama başarılarının artırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

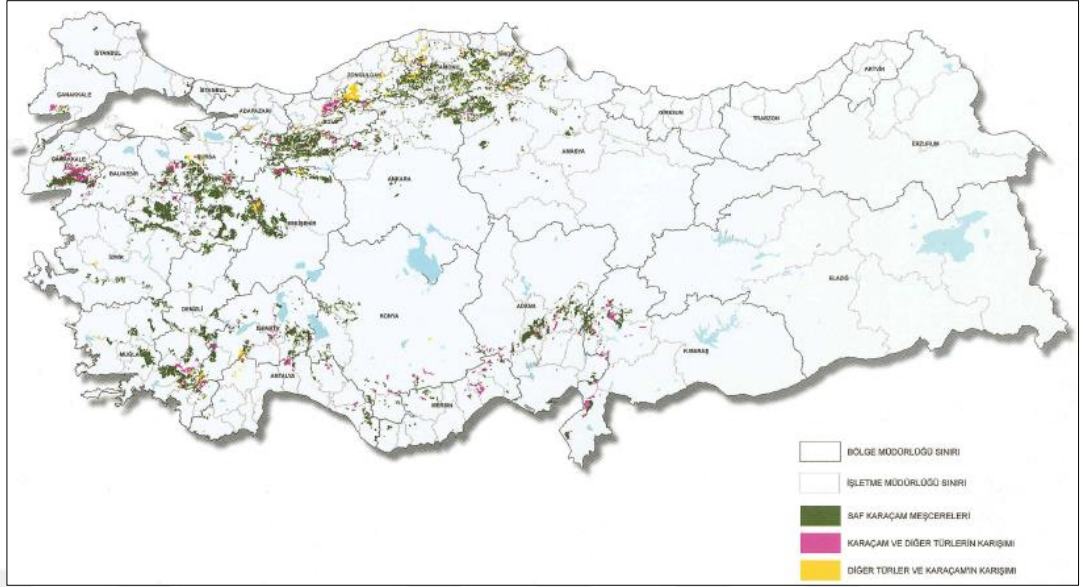
Kalıpsız (1963) tarafından eşit yaşlı, saf ve doğal karaçam meşcereleri ve Mısır (2003) tarafından yapay karaçam meşcereleri için hazırlanan hasılat tabloları, ülkemizde karaçam meşcereleri ile ilgili yapılan temel artım ve büyüme çalışmalarıdır. Orman Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan amenajman planlarında karaçam türüne ilişkin optimal kuruluş hesapları için Kalıpsız (1963) tarafından düzenlenen normal hasılat tablosu kullanılmaktadır. Ancak, ülkemiz ormanlarının büyük kısmı müdahale görmüş ve farklı sıklıktaki meşcerelerden oluşmaktadır ve bu meşcerelerde yapılacak olan tahminlerde sıklığa bağlı hasılat tablolarının kullanılması gerekmektedir (Carus ve Çatal, 2007). Bununla birlikte, Kalıpsız (1963) geliştirmiş olduğu normal hasılat tablosunda kullanılan verilerin Türkiye'deki karaçam sahalarını nispeten temsil ettiğini, ancak Karadeniz ardı ve Orta Anadolu mntıklarını aynı ölçüde temsil etmediğini belirtmiştir. Bahsedilen bölgelerde yapılacak olan tahminlerde hasılat tablosu kullanılırken ihtiyatli davranılması gerektiğinin altı çizilmiştir (Kalıpsız, 1963). Bu sebeplerle, ülkemizin en önemli asli ağaç türlerinden biri olan karaçamın önemli yayılış alanlarından olan Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü içerisinde bulunan meşcereleri için geliştirilecek olan sıklığa bağlı hasılat tablosu oldukça önem taşımaktadır. Bununla birlikte, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde farklı ekolojik bölgelerde yayılışını sürdüren karaçam meşcerelerine ilişkin yapılacak olan tahminlerin söz konusu ekolojik farklılıkları yansıtabilmesi de ayrıca önemlidir.

Bu çalışmada, ülkemizde oldukça geniş bir yayılış alanına sahip karaçam türünün Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış yapan eşityaşlı, saf ve doğal meşcerelerine ilişkin ekolojik tabanlı tek ağaç ve meşcere modelleri geliştirilmiştir. Bunun yanında, çalışma alanındaki karaçam meşcerelerine ilişkin çap dağılımları da incelenmiş ve modellenmiştir.

1.2 Karaçam Hakkında Genel Bilgiler

Uygun yetişme ortamı koşullarında ortalama 40 metreye kadar boy gelişimi yapabilen karaçam (*Pinus nigra* J.F.Arnold) türü herdem yeşil asli ağaç türümüzdür. Genç yaşlarda düzgün ve sivri tepe yapısına sahip olmakla birlikte, ilerleyen yaşlarda tepe formunda değişiklikler söz konusudur (Coode ve Cullen, 1965; Yaltırık, 1988; Farjon, 2010; Akkemik, 2014). Işığı seven bir tür olan karaçam, kış soğuklarına ve yaz sıcaklarına karşı oldukça dayanıklı olmakla birlikte, toprak istekleri bakımından da kanaatkar olup kalker ana kayasının olduğu topraklarda daha iyi gelişim göstermektedir. Rüzgara karşı oldukça dayanıklı olan karaçam rüzgar perdesi olarak da kullanılabilir (Saatçioğlu, 1979).

Avrupa, Balkanlar ve Batı Asya’da doğal olarak yayılış gösteren karaçam türü dünya genelinde 5 alt türe sahiptir. Bu alt türlerden *Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe ülkemizde doğal olarak yayılış yapmaktadır. İç Anadolu’yu üç taraftan çevreler şekilde kuzey, güney ve batıdaki dağlık alanlarda 300-1800 m yüksekliklerde yayılış gösteren karaçam ülkemizde oldukça geniş bir yayılış alanına sahiptir. (Gausson vd., 1964; Coode ve Cullen, 1965; Akman vd., 2003; Mamıkoğlu, 2007). Karaçamın ülkemizde yapmış olduğu yayılış Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1 Karaçam'ın Türkiye'deki yayılışı (OGM, 2013)

1.3 Karaçam Türüne İlişkin Literatür Özeti

Karaçam türüne ilişkin ülkemizde yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde; hacim denklemleri ve tabloları (Gülen, 1959; Sun vd., 1978; Yavuz, 1995, 1999; Baynazoğlu, 2014; Sakıcı vd., 2018a; Şenyurt ve Ercanlı, 2019), gövde profili modelleri (Ercanlı vd., 2015; Şenyurt vd., 2017), çap-boy modelleri (Çatal, 2012), dip çap-göğüs çapı modelleri (Özçelik, 2005; Şenyurt vd., 2020), tepe boyutlarına ilişkin modeller (Sakıcı vd., 2018b), kabuk kalınlığı ve kabuk hacim modelleri (Sakıcı vd., 2018c), çap dağılım modelleri (Sakıcı vd., 2016), bonitet endeks modelleri (Seki ve Sakıcı, 2017; Akbaş ve Şenyurt, 2018), meşcere özelliklerine bağlı olarak yanıcı madde miktarını tahmin eden regresyon modelleri (Küçük vd., 2018), yaprak alan indeksi modelleri (Ercanlı vd., 2018), biyokütle ve uyumlu biyokütle-hacim denklemleri (Sağlam, 2016), biyokütle ve karbon modelleri (Sakıcı vd., 2018d) ile doğal (Kalıpsız, 1963; Carus ve Çatal, 2007) ve yapay meşcereler (Mısır, 2003) için hasılat ve büyüme araştırmaları bulunmaktadır.

1.4 Büyüme Modelleri

Tek ağaç ve meşcere gelişimlerinin modellenmesinde süreç tabanlı, hibrit ve ampirik (deneysel) büyüme modelleri olmak üzere birçok yaklaşım kullanılmaktadır. Ampirik modeller, tek ağaç veya meşcerelere ilişkin gelişimleri yine tek ağaç ve meşcereye

ilişkin değişkenlerle ilişkilendiren modellerdir. Bir başka ifade ile, ampirik modeller tek ağaç ve meşcere gelişimini çevresel ve ekolojik etkenlerle ilişkilendirmemektedirler. Bu durum, söz konusu meşcerelere ilişkin çevresel şartların değişmesi durumunda ampirik modeller ile yapılacak olan tahmin hatalarını beraberinde getirmektedir. Bunun yanında, süreç tabanlı modeller ile yapılan tahminler çevresel ve ekolojik değişkenliği de içermektedir. Süreç tabanlı ve ampirik modelleri birleştiren ve her iki modelleme yaklaşımının olumlu özelliklerini taşıyan model yapıları da hibrit modeller olarak isimlendirilmektedir. Mäkelä vd. (2000) hibrit modelleri, aynı hiyerarşik seviyede hem nedensel hem de deneysel öğeleri içeren bir modelleme yaklaşımı olarak tanımlamaktadır. Süreç tabanlı ve hibrit modellere göre sakıncalara sahip ampirik modeller, arazide kolay ölçülebilen bağımsız değişkenleri içerdikleri için uygulamada daha çok tercih edilmektedirler. Büyüme modelleri, model ünitesine bağlı olarak meşcere modelleri, çap sınıfı modelleri ve tek ağaç modelleri olarak üçe ayrılmaktadır (Vanclay, 1994).

1.4.1 Meşcere Modelleri

Meşcere modelleri, modelleme ünitesi olarak meşcereyi ele alan ve meşcereye ilişkin özellikleri (göğüs yüzeyi, hacim vb.) tahmin eden büyüme modelleridir (Vanclay, 1994). Düzenli ve sürekli olarak işletilen ormanlarda meşcere modellerinin kullanımını kolaylaştırabilmek amacıyla bu modellerin tablolaştırılması düşüncesi benimsenmiş ve bu amaçla geliştirilen yardımcı tablolar da “Hasılat Tablosu” olarak isimlendirilmiştir (Eler ve Carus, 2006). Tarihsel olarak incelendiğinde, ilk hasılat tabloları Paulsen tarafından Kayın ve Meşe türleri için 1789 yılında düzenlenmiş ve bu tarihten itibaren birçok tür için düzenlenmeye devam etmiştir (Fırat, 1972).

Normal sıklıktaki müdahale görmemiş meşcereler için “Normal Hasılat Tabloları” ve müdahale görmüş farklı sıklıktaki meşcereler için “Sıklığa Bağlı Hasılat Tabloları” düzenlenmektedir. Normal hasılat tabloları, meşcere yaşı ve bonitet endeksi değişkenlerine bağlı olarak çeşitli meşcere özelliklerine ilişkin tahminlerde bulunan tablolarıdır (Kalıpsız, 1998). Bununla birlikte, normal hasılat tablolarının müdahale görmüş ve farklı sıklıktaki meşcerelerde kullanılabilmesi göğüs yüzeyi değerlerinden yararlanarak hesaplanan bir düzeltme faktörü yardımı ile olabilmektedir. Ancak, bu

yöntemle tahmin edilen meşcere özelliklerine ilişkin hata değerlerinin yüksek olması durumu söz konusudur (Ercanlı, 2003; Eler ve Carus, 2006; Carus ve Çatal, 2007). Müdahale görmemiş meşcerelerin yok denecek kadar az olması ve normal hasılat tablolarının farklı sıklıktaki meşcerelere ilişkin tahminlerde kullanılmasının problemlere sahip olmasından dolayı, geliştirilecek olan meşcere büyüme modeline sıklık değişkeninin de eklenmesi zorunluluğu oluşmaktadır. Meşcere yaşı, sıklık ve bonitet endeksine bağlı olarak meşcere özelliklerine (meşcere göğüs yüzeyi, hacim vs.) ilişkin tahminde bulunan tablolara “Sıklığa Bağlı Hasılat Tabloları” adı verilmektedir (Mısır, 2003).

Ülkemizde eşit yaşlı ve müdahale görmemiş normal sıklıktaki meşcereler için düzenlenen normal hasılat tabloları incelendiğinde, Kızılçam (Alemdağ, 1962; Erkan, 1996), Karaçam (Kalıpsız, 1963), Sedir (Evcimen, 1963), Sarıçam (Alemdağ, 1967; Battı, 1971; Erdemir, 1974), Meşe (Eraslan, 1954; Eraslan ve Evcimen, 1967), Doğu Ladini (Akalp, 1978a), Kazdağı Göknarı (Asan, 1984), Boylu ardıç (Eler, 1986), Kızılağaç (Batu ve Kapucu, 1995), Dişbudak (Kapucu vd., 1999), Kayın (Carus, 1998), Sahilçamı (Birler ve Yüksel, 1983; Özcan, 2002) meşcereleri için düzenlenen normal hasılat tabloları mevcuttur. Bunun yanında, Kızılçam (Yeşil, 1992), Doğu Ladini (Köse vd., 2001), Kestane (Kapucu vd., 2002), Karaçam ağaçlandırmaları (Mısır, 2003), Doğu Ladini (Ercanlı, 2003), Sarıçam (Ercanlı vd., 2007a; Şenyurt, 2011), Sahilçamı ağaçlandırmaları (Ercanlı vd., 2007b), Doğu Ladini-Sarıçam karışık meşcereleri (Ercanlı, 2010), Sarıçam-Doğu Kayını karışık meşcereleri (Kahrıman, 2011) için düzenlenmiş sıklığa bağlı hasılat tabloları mevcuttur.

Ülkemizde farklı ağaç türleri için düzenlenmiş normal ve sıklığa bağlı hasılat tabloları yukarıda özetlenmeye çalışılmıştır. Bahsedilen normal hasılat tabloları meşcere yaşı ve yetiştirme ortamı verim gücüne, sıklığa bağlı hasılat tabloları ise meşcere yaşı, yetiştirme ortamı verim gücü ve meşcere sıklığına bağlı olarak tahminlerde bulunan tablolarıdır. Ancak bu değişkenlerin yanında, ekolojik farklılıklara duyarlı tahmin yeteneğine sahip hasılat tabloları daha önce ülkemizde düzenlenmemiştir. Ülkemiz genelinde ve Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü içerisinde oldukça geniş coğrafik sınırlarda yayılış gösteren karaçam türüne ilişkin düzenlenecek olan sıklığa bağlı

hasılat tablolarının farklı ekolojik bölgeleri dikkate alan esnek tahminler sunması oldukça önem taşımaktadır.

1.4.2 Çap Sınıfı Modelleri

Temel aldığı modelleme ünitesi bakımından tek ağaç ve meşcere modellerinin arasında yer alan çap sınıfı modelleri, genellikle belirli çap kademeleri (1, 2 veya 4 cm gibi) esas alınarak oluşturulan çap basamaklarındaki ağaç sayılarının modellendiği ve çap basamaklarındaki ağaç sayıları ile ilgili tahmin yapan modellerdir (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999; Dal, 2019). Meşcere modelleri meşcerelere ilişkin genel tahminler sağlarken ayrıntılı bilgiler sunmamaktadır. Meşcere modellerinin kullanımı birçok alanda yeterli görülürken, özellikle orman yönetimi ve planlama yaklaşımında orman hasılatının (hacim ve göğüs yüzeyi gibi) çap sınıflarına dağılımının ve dolayısıyla meşcere içerisindeki ürün çeşitliliğinin bilinmesi önem taşımaktadır (Burkhart ve Tomé, 2012).

Çap sınıfı modelleri, genel olarak meşcere içerisindeki ağaçların çap değerlerine ilişkin frekans oranlarını veren model yapılarıdır. Burada, çalışmanın amacına ve veri yapısına bağlı olarak 1, 2 veya 4 cm genişlikte oluşturulan çap sınıfları içerisinde yer alan ağaçların sayısı ve bu sayının toplam ağaç sayısına oranını ifade eden frekans oranı modellenmektedir (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999). Söz konusu modeller, meşcere içerisindeki ağaçların çap basamaklarına dağılımlarını çeşitli dağılım fonksiyonları yardımıyla tahmin etmek ve meşcere dinamiği hakkında daha ayrıntılı bilgi edinmek amacıyla kullanılmaktadırlar (Loetsch vd., 1973; Gorgoso vd., 2007). Sonuç olarak, geliştirilen modeller yardımıyla meşcere içerisindeki ağaçların sayı, göğüs yüzeyi, hacim, biyokütle, karbon stoğu vb. özellikler bakımından çap basamaklarına dağılımı hakkında ayrıntılı bilgiler elde edilebilmektedir (Kangas ve Maltomo, 2000; Poudel ve Cao, 2013).

Ormancılıkta çap dağılımlarının modellenmesinde olasılık yoğunluk fonksiyonlarından faydalanılmaktadır. Olasılık yoğunluk fonksiyonları, belirli bir çap değerine karşılık gelen birikimli frekans oranını veren istatistiksel fonksiyonlardır (Rennolls vd., 1985). Ormancılıkta çap dağılımını belirlemek amacıyla Beta,

Lognormal, Johnson's SB ve Weibull dağılımları sıklıkla tercih edilmektedir (Carus ve Çatal, 2008; Ercanlı, 2010; Alkan, 2019).

Ülkemizde çap dağılım modelleri konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde; Doğu Kayını (Carus, 1996), Dişbudak (Yavuz vd., 2002), Kızılçam (Carus ve Çatal, 2008; Doğdaş, 2014; Çatal ve Güneş, 2016; Özçelik vd., 2016b), Doğu Ladini-Sarıçam karışık meşcereleri (Ercanlı ve Yavuz, 2010; Ercanlı vd., 2013), Sarıçam-Doğu Kayını karışık meşcereleri (Kahriman ve Yavuz, 2011), Gökmar-Sarıçam karışık meşcereleri (Sakıcı ve Gülsunar, 2012), Doğu Ladini (Sönmez vd., 2010; Sönmez vd., 2015), Karaçam (Carus ve Çatal, 2011; Sakıcı vd., 2016), Kestel Orman İşletme Şefliği içerisinde yer alan meşcereler (Bolat, 2014), Sarıçam (Dal, 2019), Toros Gökmarı (Alkan, 2019) için çap dağılımları modellenmiştir.

1.4.3 Tek Ağaç Modelleri

Modelleme ünitesi olarak tek ağaçları esas alan ve bir meşcereye ilişkin ayrıntılı tahminler elde edilmesini sağlayan büyüme modelleri tek ağaç modelleri olarak isimlendirilmektedir (Mısır, 2003). Tek ağaç modelleri sayesinde meşcere dinamiği ve gelişimi açısından detaylı bilgiler elde edilebilmektedir (Burkhart ve Tomé, 2012). Büyüme modelleri içerisinde en ayrıntılı tahminleri sunan tek ağaç modelleri, meşcere dinamiğini anlamak açısından meşcere ve çap sınıfı modellerine göre daha üstün bilgiler sağlarlar (Gadow ve Hui, 1999).

Tek ağaç modelleri, ağaçların meşcere içerisindeki konumlarının ölçülmesi ile hesaplanan uzaklığa bağlı yarışma endekslerini modele dahil edip etmemesi açısından "uzaklıktan bağımsız modeller" ve "uzaklığa bağlı modeller" olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Vanclay, 1994; Gadow ve Hui, 1999; Pretzsch, 2009; Burkhart ve Tomé, 2012). Uzaklığa bağlı tek ağaç modelleri, ağaçların birbirilerine olan uzaklık ve konumlarını dikkate alarak ilgili ağaçlara ilişkin rekabeti ve dolayısıyla yarışmayı hesaba katmaktadır. Bunun yanında, uzaklıktan bağımsız tek ağaç modelleri yarışma endeksi olarak ağaçların konumlarına ihtiyaç duymayan ve söz konusu ağaçların büyüklüklerinin meşceredeki diğer ağaçların büyüklüklerine olan oranını dikkate alan model yapılarıdır (Yavuz, 1997). Uzaklığa bağlı modellerin geliştirilmesinde ve

kullanımında konu ağaçlara ilişkin konumların bilinmesi gerekliliğinin aksine, uzaklıktan bağımsız modeller için bu bilgilerin gerekmemesi ve pratik açıdan daha uygulanabilir olmaları sebebiyle genel ormancılık uygulamalarında uzaklıktan bağımsız modeller daha çok tercih edilmektedir (Vanclay, 1994; Sterba vd., 2002).

Ülkemizde tek ağaç artım modelleri konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde; Mısır (2003) tarafından yapay Karaçam meşcerelerinde yapılan çalışmada tek ağaca ilişkin çap, göğüs yüzeyi ve hacim artım modelleri geliştirilmiştir. Bununla birlikte, doğal ve yapay Kızılçam ve Karaçam meşcereleri (Carus, 2005) ve yapay Kızılçam meşcerelerinde (Carus ve Gülten, 2014) gerçekleştirilen çalışmalarda tek ağaç çap artım modelleri geliştirilmiştir. Doğu Ladini-Sarıçam karışık meşcerelerinde yapılan çalışmada her iki tür için de uzaklığa bağlı ve uzaklıktan bağımsız tek ağaç artım modelleri geliştirilmiştir (Ercanlı, 2010). Kahrıman ve Yavuz (2012) tarafından Doğu Karadeniz Göknarı-Doğu Ladini karışık meşcerelerinde yapılan çalışmada çeşitli yarışma endekslerinin tek ağaçların çap artımı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çatal vd. (2014) tarafından kızılçam ağaçlandırma sahalarında yapılan çalışmada tek ağaç çap artımı üzerinde meşcere sıklığı ve periyot süresinin etkileri incelenmiştir.

1.5 Ekolojik Tabanlı Modelleme

Ekosistem-tabanlı çok amaçlı planlama ilkelerinin son yıllarda önem kazanması, farklı ekolojik şartlara sahip meşcerelerin kuruluşlarının ve gelişimlerinin farklılık göstermesi gibi sebeplerle amenajman planlarının yetiştirme ortamı farklılıklarını dikkate almadan yapılması birçok sakıncaya sahiptir (Özçelik vd., 2014a). Yetiştirme ortamı farklılıklarını dikkate alarak yapılacak olan planlama yaklaşımı, bu farklılıklara bağlı olarak esnek tahmin yeteneğine sahip büyüme modellerine ihtiyacı beraberinde getirmektedir.

Bir büyüme modelinin uygulamada tercih edilebilmesi için, başarılı tahmin yeteneğinin yanında içerdiği bağımsız değişkenlerin kolay ölçülebilir veya belirlenebilir olması gerekmektedir. Bir başka ifade ile, büyümeyi etkileyen tüm ekolojik faktörleri bağımsız değişken olarak içeren büyüme modellerinin uygulamada kullanılabilmesi için de aynı değişkenlerin ölçümüne ihtiyaç vardır. Ayrıca, büyüme

üzerinde etkili olan ekolojik faktörlerin tek başlarına etkileri olduğu gibi bütünleşik olarak da orman ekosistemi üzerinde karmaşık etkileri söz konusu olabilmektedir. Bu sebeplerle iklim, topoğrafya, ana materyal ve toprak özellikleri gibi temel ekolojik faktörleri dikkate alarak yapılan ekolojik sınıflandırmaların ve bunun sonucunda oluşturulan ekolojik bölgelerin büyüme modelleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalar son yıllarda önem kazanmıştır. Söz konusu yaklaşım ile geliştirilen ekolojik tabanlı büyüme modelleri, ekolojik bölge farklılıklarının artım ve büyüme üzerindeki etkilerini belirleyebilmek amacıyla son yıllarda ormancılık alanında yapılan büyüme modellemesi çalışmalarında tercih edilmektedir (Pillsbury vd., 1995; Huang vd., 2000a; Álvarez González vd., 2005; Özçelik vd., 2014b).

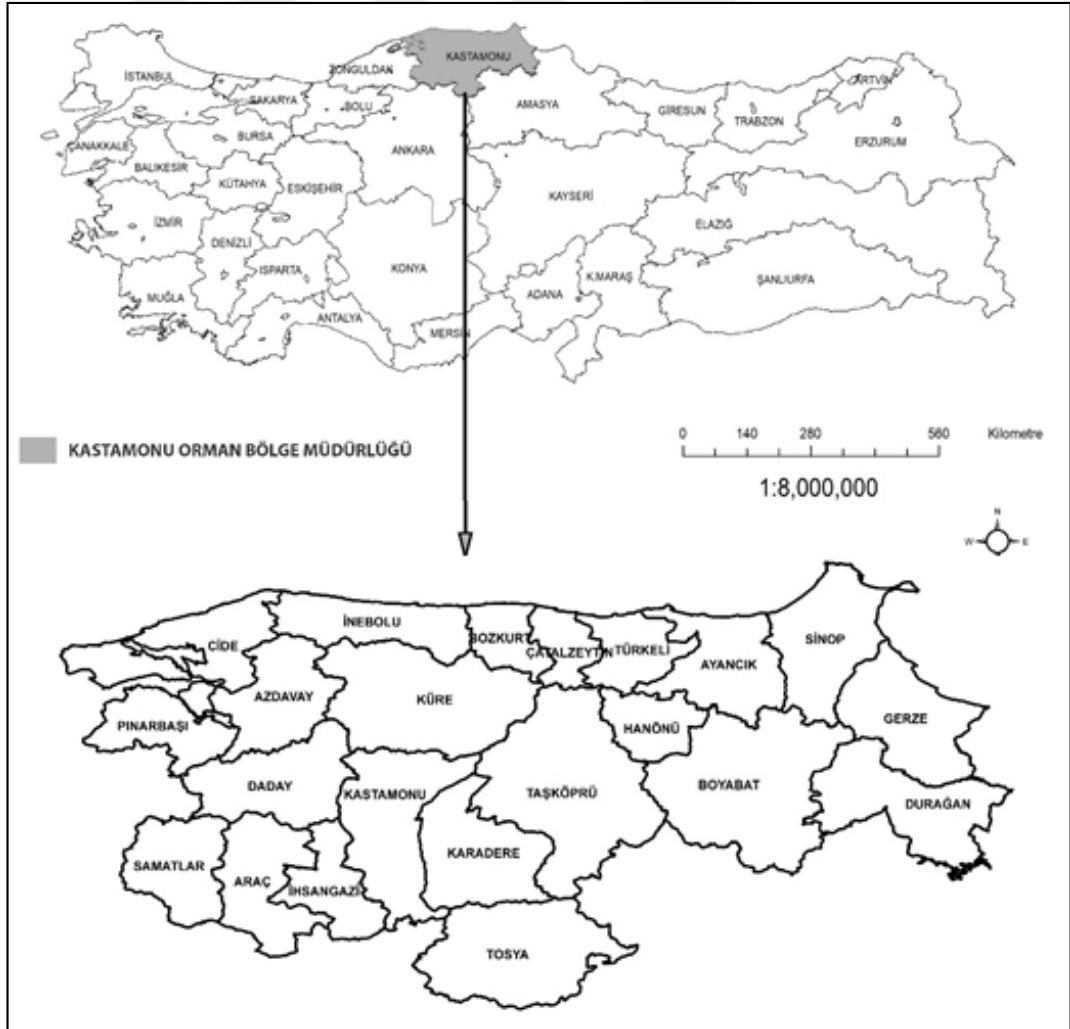
Ekolojik tabanlı büyüme modellerinin geliştirilmesinde genel olarak, konu ağaç türünün gelişimine en uygun büyüme modeli seçilmekte ve ekorejyonlar arasında farklılık gösterip göstermediği araştırılmaktadır. Bir büyüme modelinde yer alan parametrelerden en az bir tanesinin ekolojik bölgeler arasında anlamlı farklılığa sahip olması durumu, söz konusu türün gelişimine ilişkin en az bir özellik bakımından (asimptotlaşma, büyüme hızı vb.) farklılık olduğu sonucunu doğurmaktadır. Bu durumda, karşılaştırılan ekolojik bölgelere ilişkin yapılacak olan tahminlerde farklı parametre setlerini kullanan model yapılarının kullanımı gerekmektedir.

Ekolojik tabanlı büyüme modelleri konusunda uluslararası ve ulusal literatürde sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Pillsbury vd. (1995), Huang vd. (2000b), Brooks ve Wiant (2008), Özçelik vd. (2014a) ve Özçelik vd. (2016a) ekolojik bölge tabanlı gövde profili ve ağaç hacim denklemleri geliştirmişlerdir. Huang (1999), Huang vd. (2000a), Zhang vd. (2002), Calama ve Montero (2004), Peng vd. (2004), Xu (2004), Adame vd. (2008) ve Özçelik vd. (2014b) ekolojik bölge tabanlı çap-boy modelleri geliştirmişlerdir. Calama vd. (2003) ve Álvarez González vd. (2005) ekolojik bölge tabanlı bonitet endeks modelleri geliştirmişlerdir. Bahsedilen çalışmalarda geliştirilen büyüme modellerinin ekolojik bölgeler arası farklılıklarının incelenebilmesi amacıyla kukla değişken yöntemi kullanılmıştır ve ekolojik bölge farklılıklarının büyüme modelleri üzerinde önemli etkilere sahip olduğu belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada kullanılan veriler, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren eşit yaşlı, saf ve doğal karaçam (*Pinus nigra* J.F. Arnold) meşcerelerinden alınan örnek alan ve örnek ağaçlardan elde edilmiştir. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'nün toplam yüzölçümü yaklaşık 1,91 milyon ha olup, ormanlık alanların 1,24 milyon ha yayılış alanı ile genel alana oranı yaklaşık %65'tir (OGM, 2019). Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde 22 adet Orman İşletme Müdürlüğü ve bunlara bağlı 182 adet Orman İşletme Şefliği bulunmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü bünyesindeki Orman İşletme Müdürlükleri

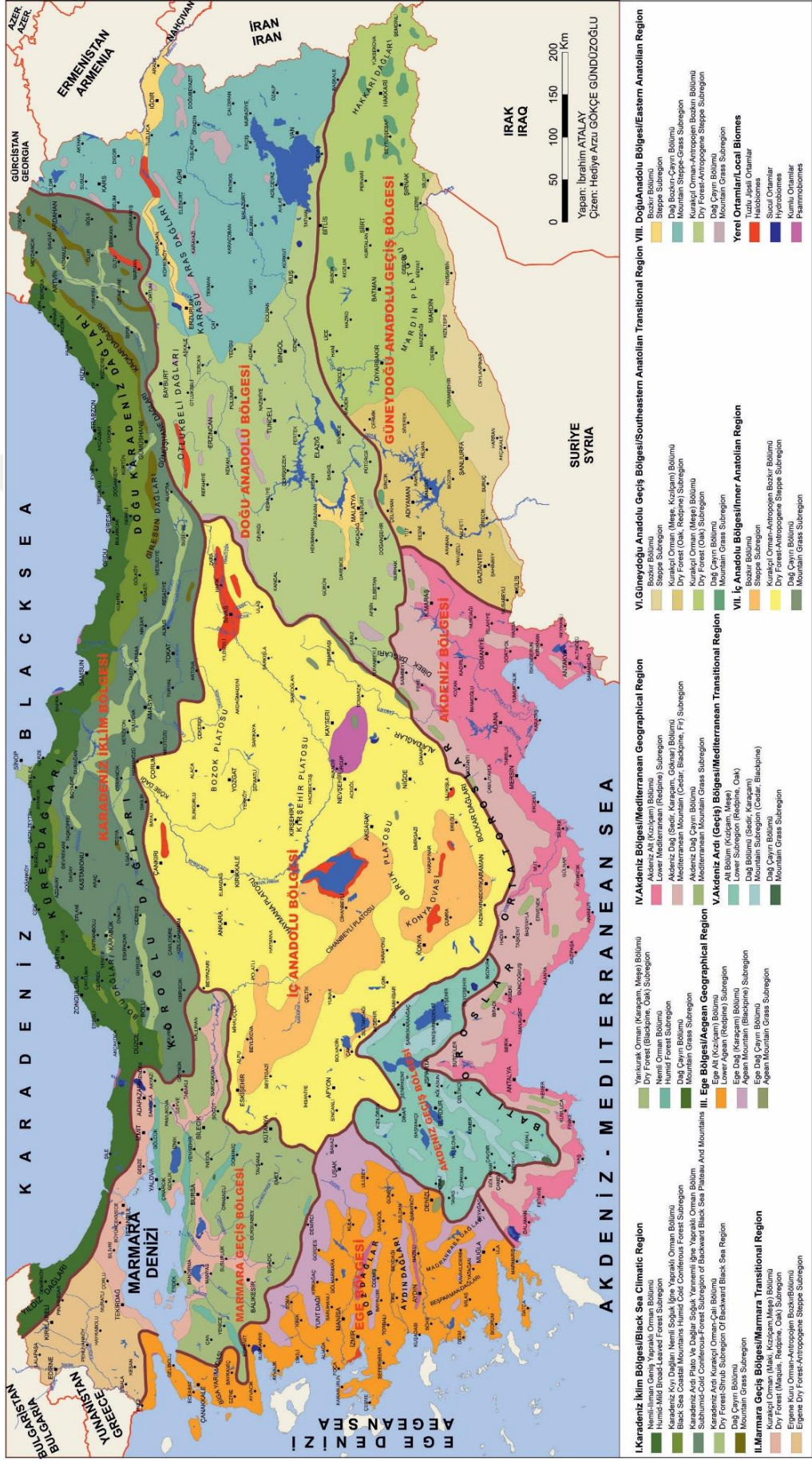
Atalay (2014), iklim, topoğrafya, ana materyal, toprak ve biyotik faktörleri dikkate alarak Türkiye'yi 8 ekolojik bölgeye ve her bir bölgeyi de kendi içerisinde alt bölümlere ayırmıştır (Şekil 2.2):

- I. Karadeniz İklim Bölgesi,
- II. Marmara Geçiş Bölgesi,
- III. Ege Bölgesi,
- IV. Akdeniz Bölgesi,
- V. Akdeniz Ardı (Geçiş) Bölgesi,
- VI. Güneydoğu Anadolu Geçiş Bölgesi,
- VII. İç Anadolu Bölgesi,
- VIII. Doğu Anadolu Bölgesi.

Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü, Atalay (2014)'e göre tümüyle “Karadeniz İklim Bölgesi” sınırları içerisinde yer almaktadır. Karadeniz İklim Bölgesi ise beş farklı ekolojik alt bölüm (ekorejyon) içermektedir (Şekil 2.3):

- Ekorejyon 1. Nemli-Ilıman Geniş Yapraklı Orman Bölümü,
- Ekorejyon 2. Karadeniz Kıyı Dağları Nemli-Soğuk İğne Yapraklı Orman Bölümü,
- Ekorejyon 3. Karadeniz Ardı Plato ve Dağlar Soğuk Yarınemli Orman Bölümü,
- Ekorejyon 4. Karadeniz Ardı Kurakçıl Orman-Çalı Bölümü,
- Ekorejyon 5. Karadeniz Dağ Çayırları Bölümü.

Çalışma kapsamında ekolojik farklılıkların temel göstergesi olarak ekorejyonlar dikkate alınmış ve ekolojik tabanlı büyüme modelleri de ekorejyonlar ölçeğinde geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen ekolojik tabanlı büyüme modelleri için hangi ekorejyonların çalışmaya dahil edileceğinin belirlenebilmesi amacıyla saf ve verimli karaçam meşcerelerinin ekorejyonlar içerisindeki dağılımları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yaklaşık 228 bin ha saf ve verimli karaçam meşceresi bulunmaktadır. Karaçam meşcerelerinin çalışma alanı içerisinde yer alan ve Atalay (2014) tarafından oluşturulan ekorejyonlara dağılımları Tablo 2.1 ve Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.2 Türkiye'nin ekolojik bölgeleri (Atalay, 2014)



I. Karadeniz İklim Bölgesi/Black Sea Climatic Region

- Nemli-Ilıman Geniş Yapraklı Orman Bölümü
Humid-Mild Broad-Leaved Forest Subregion
- Karadeniz Kıyı Dağları Nemli Soğuk İğne Yapraklı Orman Bölümü
Black Sea Coastal Mountains Humid Cold Coniferous Forest Subregion
- Karadeniz Ardı Plato Ve Dağlar Soğuk Yarınemli İğne Yapraklı Orman Bölümü
Subhumid-Cold Coniferous-Forest Subregion of Backward Black Sea Plateau And Mountains
- Karadeniz Ardı Kurakçıl Orman-Çalı Bölümü
Dry Forest-Shrub Subregion Of Backward Black Sea Region
- Dağ Çayırı Bölümü
Mountain Grass Subregion

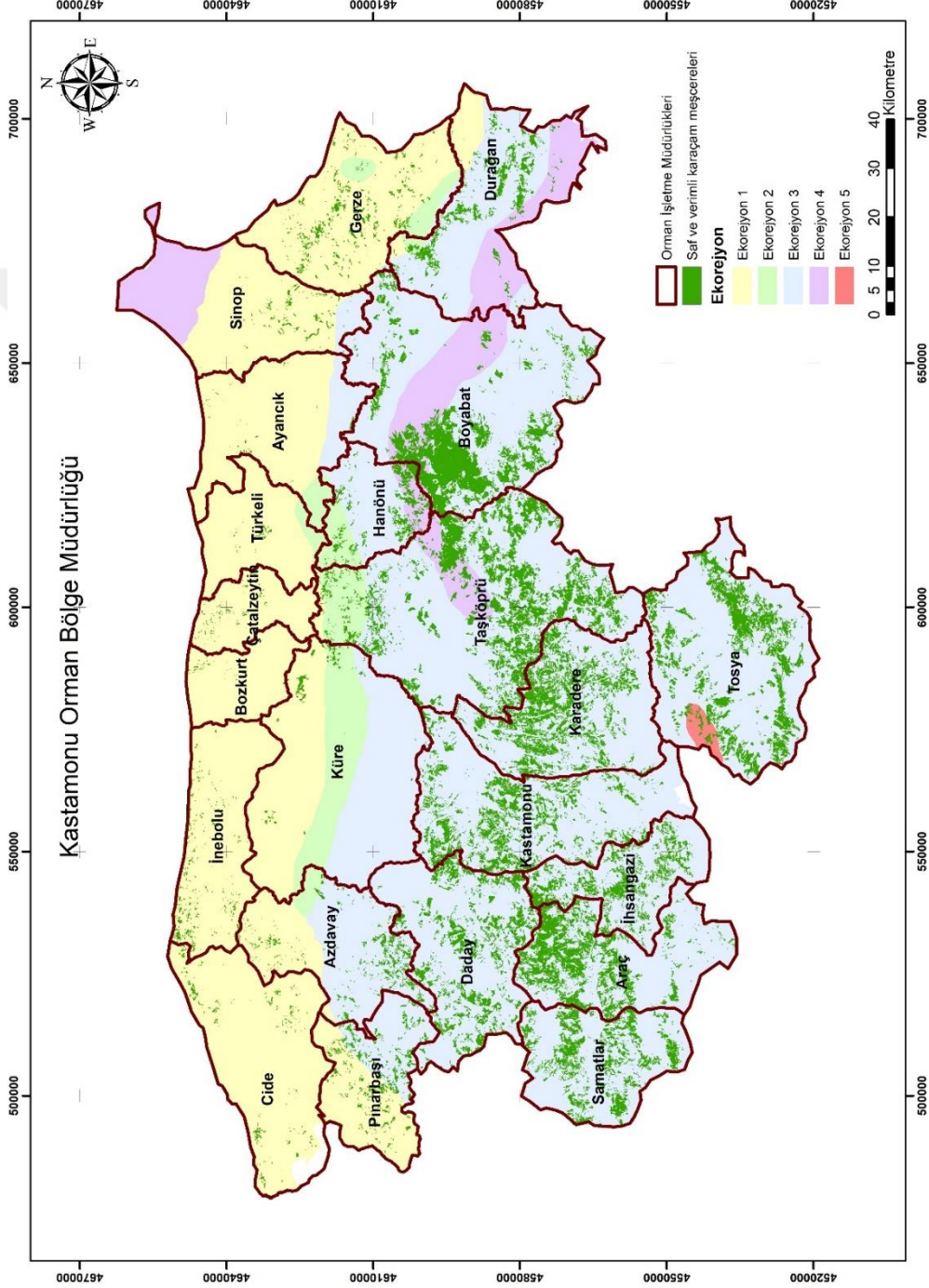
Şekil 2.3 Karadeniz İklim Bölgesi (Atalay, 2014)

Tablo 2.1 Saf ve verimli karaçam meşcerelerinin ekorejyonlara dağılımı

Ekorejyon	Karaçam meşcerelerinin alanları (ha)	Karaçam meşcerelerinin dağılım oranları (%)
Ekorejyon 1	12 179	5,3
Ekorejyon 2	3 190	1,4
Ekorejyon 3	200 620	88,0
Ekorejyon 4	11 297	5,0
Ekorejyon 5	675	0,3
Toplam	227 961	100

Tablo 2.1 incelendiğinde saf ve verimli karaçam meşcerelerinin alansal olarak sırasıyla Ekorejyon 3 (%88,0), Ekorejyon 1 (%5,3) ve Ekorejyon 4'te (%5,0) önemli oranda yayılış yaptığı görülmektedir. Ekorejyon 2 (%1,4) ve Ekorejyon 5'te (%0,3) yayılış

gösteren karaçam meşcerelerinin ise alansal büyüklükleri oldukça azdır. Bu nedenle, çalışma Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 içerisinde yer alan karaçam meşcereleri için yütürülmüş, ancak Ekorejyon 2 ve Ekorejyon 5 çalışmaya dahil edilmemiştir.

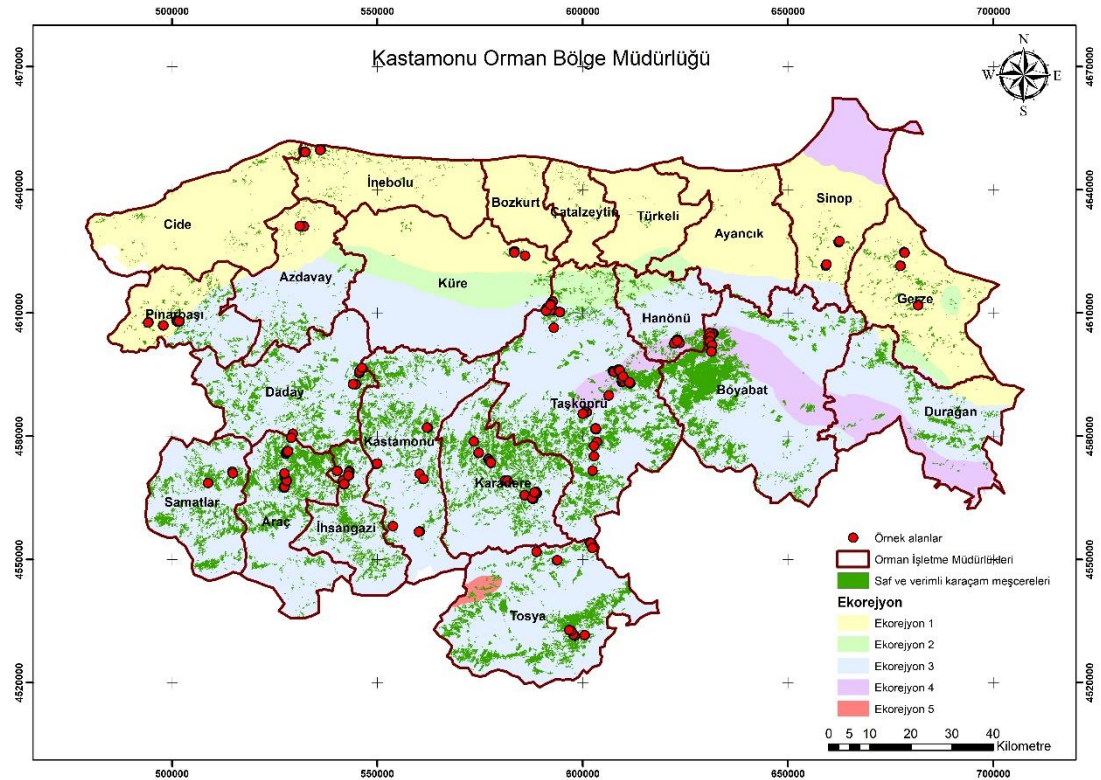


Şekil 2.4 Saf ve verimli karaçam meşcerelerinin Orman İşletme Müdürlüklerine ve ekorejyonlara dağılımları

2.2. Materyal

Bu çalışmada, büyüme modellerinin geliştirilebilmesi amacıyla Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan karaçam meşcerelerinden 274 adet örnek alan alınmıştır. Alınan örnek alanların farklı yaş, verim gücü ve sıklıktaki meşcerelere dağılımının sağlanmasına özen gösterilmiştir. Aynı zamanda, örnek alanlar çalışmaya konu ekorejyonlara (Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4) ve Orman İşletme Müdürlüklerine (OİM) ağırlıklı olarak dağıtılmaya çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında alınan 274 örnek alanın 63'ü Ekorejyon 1'den, 151'i Ekorejyon 3'ten ve 60'ı Ekorejyon 4'ten alınmıştır. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Araç OİM'den 26, Azdavay OİM'den 4, Boyabat OİM'den 20, Daday OİM'den 7, Gerze OİM'den 11, Hanönü OİM'den 16, İhsangazi OİM'den 18, İnebolu OİM'den 13, Karadere OİM'den 33, Kastamonu OİM'den 16, Küre OİM'den 12, Pınarbaşı OİM'den 15, Samatlar OİM'den 4, Sinop OİM'den 8, Taşköprü OİM'den 52 ve Tosya OİM'den 19 adet olmak üzere 274 örnek alanın OİM'lere dağılımı sağlanmıştır (Şekil 2.5, Tablo 2.2).



Şekil 2.5 Örnek alanların çalışma alanına dağılımı

Tablo 2.2 Örnek alanlara ilişkin çeşitli bilgiler

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Ekorejyon	Bakı	Eğim (%)	Yükselti (m)
1	Araç	Araç	3	B	3	940
2	"	"	"	B	8	938
3	"	"	"	GB	9	952
4	"	"	"	GB	9	952
5	"	"	"	KD	9	1015
6	"	"	"	D	9	1020
7	"	"	"	KB	9	1097
8	"	"	"	KD	10	1015
9	"	"	"	K	10	1092
10	"	"	"	GB	11	1231
11	"	"	"	KD	12	1015
12	"	"	"	GB	12	1230
13	"	"	"	GB	13	1243
14	"	"	"	GB	13	1174
15	"	"	"	K	13	1146
16	"	"	"	K	15	1136
17	"	"	"	G	15	862
18	"	"	"	G	16	862
19	"	"	"	G	16	878
20	"	"	"	GD	16	848
21	"	"	"	KB	19	1122
22	"	"	"	KB	21	1145
23	"	"	"	K	20	1102
24	"	"	"	GD	22	825
25	"	"	"	G	22	837
26	"	"	"	GD	23	871
27	Azdavay	Göktaş	1	KB	30	726
28	"	"	"	B	31	703
29	"	"	"	GD	40	710
30	"	"	"	GD	48	740
31	Boyabat	Elekçanı	4	GD	5	1149
32	"	"	"	D	6	1148
33	"	"	"	KB	10	1271
34	"	"	"	KB	8	1252
35	"	"	"	KD	8	1162
36	"	"	"	B	10	1255
37	"	"	"	B	9	1249
38	"	"	"	D	10	1167
39	"	"	"	B	10	1247
40	"	"	"	GB	10	1247
41	"	"	"	B	11	1242
42	"	"	"	KB	12	1252
43	"	"	"	K	16	1079
44	"	"	"	B	16	1156
45	"	"	"	K	20	1055
46	"	"	"	K	19	1060
47	"	"	"	K	18	1064
48	"	"	"	KD	20	1104
49	"	"	"	K	22	1075
50	"	"	"	K	21	1068

Tablo 2.2'nin devamı

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Ekorejyon	Bakı	Eğim (%)	Yükselti (m)
51	Daday	Daday	3	GB	8	1080
52	"	"	"	KB	10	1052
53	"	"	"	KB	8	1034
54	"	"	"	D	10	898
55	"	"	"	GB	12	880
56	"	"	"	B	14	1072
57	"	"	"	G	14	1109
58	Gerze	Gerze	1	GB	18	471
59	"	"	"	D	22	664
60	"	"	"	D	22	667
61	"	"	"	D	23	681
62	"	"	"	GB	25	462
63	"	"	"	B	27	442
64	"	"	"	GB	32	442
65	"	Dikmen	"	GD	29	760
66	"	"	"	G	34	771
67	"	"	"	G	32	767
68	"	"	"	G	35	773
69	Hanönü	Gökırmak	4	B	12	1231
70	"	"	"	B	7	1202
71	"	"	"	KD	7	1201
72	"	"	"	KB	9	1202
73	"	"	"	D	10	1160
74	"	"	"	K	10	1158
75	"	"	"	KD	10	1142
76	"	"	"	K	11	1140
77	"	"	"	K	16	1221
78	"	"	"	KB	16	1193
79	"	"	"	K	17	1209
80	"	"	"	KB	18	1214
81	"	"	"	KB	18	1199
82	"	"	"	KB	18	1214
83	"	"	"	KB	21	1205
84	"	"	"	K	22	1204
85	İhsangazi	İhsangazi	3	KD	1	1167
86	"	"	"	D	6	1156
87	"	"	"	KB	6	1156
88	"	"	"	KD	7	1148
89	"	"	"	D	8	1150
90	"	"	"	KB	8	1033
91	"	"	"	D	9	1165
92	"	"	"	D	9	1151
93	"	"	"	G	10	1147
94	"	"	"	K	10	1167
95	"	"	"	K	11	1153
96	"	"	"	K	12	1169
97	"	"	"	KD	11	1149
98	"	"	"	KB	11	1038
99	"	"	"	GD	13	1150
100	"	"	"	GD	13	1164

Tablo 2.2'nin devamı

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Ekorejyon	Bakı	Eğim (%)	Yükselti (m)
101	İhsangazi	İhsangazi	3	GB	17	1091
102	"	"	"	B	23	1105
103	İnebolu	Doğanyurt	1	KD	5	279
104	"	"	"	KD	5	290
105	"	"	"	GD	8	289
106	"	"	"	GD	8	297
107	"	"	"	K	13	488
108	"	"	"	K	15	290
109	"	"	"	GD	15	488
110	"	"	"	GD	15	458
111	"	"	"	G	16	487
112	"	"	"	GD	25	483
113	"	"	"	GD	23	481
114	"	"	"	G	25	495
115	"	"	"	G	25	289
116	Karadere	Akkaya	3	B	9	1260
117	"	"	"	B	9	1251
118	"	"	"	D	9	1508
119	"	"	"	B	10	1401
120	"	"	"	GB	10	1383
121	"	"	"	KB	12	1495
122	"	"	"	B	15	1473
123	"	"	"	B	15	1460
124	"	"	"	B	13	1451
125	"	"	"	B	13	1437
126	"	"	"	B	14	1459
127	"	"	"	D	14	1508
128	"	"	"	KB	14	1486
129	"	"	"	B	15	1420
130	"	"	"	KB	15	1444
131	"	"	"	B	17	1251
132	"	"	"	GB	18	1459
133	"	"	"	GB	21	1352
134	"	"	"	G	27	1310
135	"	"	"	G	29	1361
136	"	"	"	G	30	1345
137	"	Çaltepe	"	K	6	1048
138	"	"	"	K	8	1054
139	"	"	"	KD	13	1068
140	"	"	"	D	19	1028
141	"	"	"	KD	19	1064
142	"	"	"	D	25	1022
143	"	"	"	G	26	1025
144	"	"	"	GD	35	1009
145	"	"	"	GB	39	1022
146	"	Kaşçılar	"	K	15	838
147	"	"	"	K	19	977
148	"	"	"	KD	20	989
149	Kastamonu	Değirmenciler	"	KD	10	1009
150	"	"	"	KD	15	971

Tablo 2.2'nin devamı

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Ekorejyon	Bakı	Eğim (%)	Yükselti (m)
151	Kastamonu	Değirmenciler	3	KD	19	983
152	"	Kastamonu	"	GD	4	1124
153	"	"	"	B	9	976
154	"	"	"	B	9	1007
155	"	"	"	B	10	981
156	"	"	"	B	12	993
157	"	"	"	B	12	1001
158	"	"	"	B	13	991
159	"	"	"	GD	18	1112
160	"	Kuzyaka	"	B	8	1280
161	"	"	"	B	12	1262
162	"	"	"	B	24	1373
163	"	"	"	B	25	1298
164	"	"	"	B	26	1354
165	Küre	Devrekani	1	GB	28	1264
166	"	"	"	GB	26	1250
167	"	"	"	GB	29	1251
168	"	"	"	GB	27	1245
169	"	"	"	GB	27	1237
170	"	"	"	GB	28	1263
171	"	"	"	GB	30	1304
172	"	"	"	GB	33	1267
173	"	"	"	GB	33	1289
174	"	"	"	GB	33	1223
175	"	"	"	GB	44	1226
176	"	"	"	B	62	1310
177	Pınarbaşı	Çöme	"	D	4	1060
178	"	"	"	GB	7	1056
179	"	"	"	GB	7	1057
180	"	"	"	GB	12	1125
181	"	"	"	G	14	1137
182	"	"	"	G	13	1124
183	"	"	"	G	15	1105
184	"	Kurtgirmez	"	GB	12	1068
185	"	"	"	GB	20	1092
186	"	"	"	GB	19	1089
187	"	"	"	G	25	1025
188	"	"	"	G	26	1047
189	"	"	"	G	28	1056
190	"	"	"	G	30	1026
191	"	"	"	GB	32	1046
192	Samatlar	Aksudere	3	GB	10	860
193	"	"	"	GB	21	1115
194	"	"	"	B	21	1105
195	"	"	"	B	22	1104
196	Sinop	Ahmetyeri	1	G	11	1067
197	"	"	"	G	11	1067
198	"	"	"	KB	28	739
199	"	"	"	GD	29	1107
200	"	"	"	KB	32	757

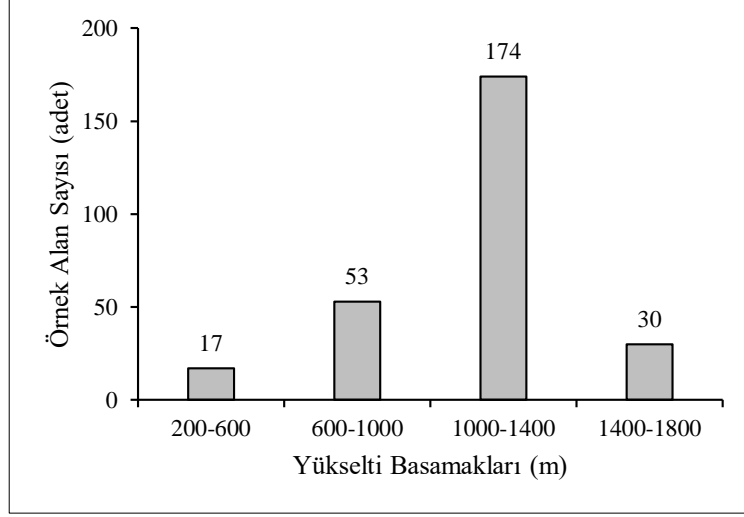
Tablo 2.2'nin devamı

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Ekorejyon	Bakı	Eğim (%)	Yükselti (m)
201	Sinop	Ahmetyeri	1	K	33	721
202	"	"	"	B	34	757
203	"	"	"	K	49	688
204	Taşköprü	Bayam	4	B	13	715
205	"	"	"	KB	13	920
206	"	"	"	KB	14	746
207	"	"	"	KB	16	759
208	"	"	"	K	17	840
209	"	"	"	K	17	857
210	"	"	"	KB	17	730
211	"	"	"	GD	17	1099
212	"	"	"	GD	18	1121
213	"	"	"	GD	20	1060
214	"	"	"	GD	19	1054
215	"	"	"	D	20	1090
216	"	"	"	K	21	876
217	"	"	"	KB	21	1115
218	"	"	"	B	20	1090
219	"	"	"	B	24	1085
220	"	"	"	B	27	1127
221	"	"	"	B	29	1109
222	"	Çiftlik	3	G	17	1326
223	"	"	"	GB	24	1318
224	"	Düzdağ	"	K	15	1273
225	"	"	"	G	23	1463
226	"	"	"	KD	23	1195
227	"	"	"	GD	27	1436
228	"	"	"	KD	27	1209
229	"	"	"	G	28	1147
230	"	"	"	B	28	1244
231	"	"	"	D	33	1271
232	"	"	"	KB	35	1188
233	"	"	"	G	35	1087
234	"	"	"	KB	36	1187
235	"	"	"	K	44	1079
236	"	Karatepe	4	KD	21	908
237	"	"	"	KD	21	908
238	"	"	"	K	27	928
239	"	"	"	KB	27	910
240	"	Kırkçam	3	D	5	1269
241	"	"	"	KD	5	1209
242	"	"	"	D	10	1295
243	"	"	"	D	12	1278
244	"	"	"	KD	12	1347
245	"	"	"	K	14	1072
246	"	"	"	KD	15	1075
247	"	"	"	KD	16	1347
248	"	"	"	KD	16	1065
249	"	"	"	KD	18	1040
250	"	"	"	KD	18	1061

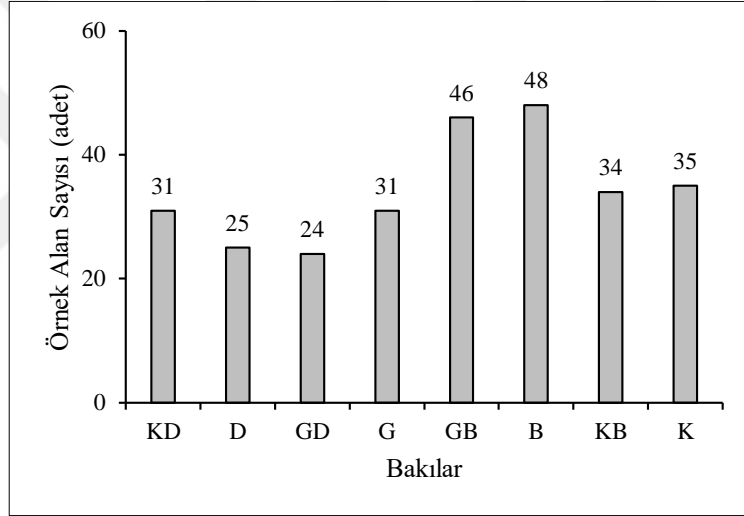
Tablo 2.2'nin devamı

Örnek Alan No	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman İşletme Şefliği	Ekorejyon	Bakı	Eğim (%)	Yükselti (m)
251	Taşköprü	Kırkçam	3	KD	21	1058
252	"	Saraycık	4	B	6	967
253	"	"	"	B	13	961
254	"	Taşköprü	3	GB	7	1375
255	"	"	"	KB	27	1201
256	Tosya	Akseki	"	KD	11	1378
257	"	"	"	D	11	1378
258	"	"	"	D	13	1381
259	"	"	"	D	17	1368
260	"	"	"	G	20	1533
261	"	"	"	GB	21	1567
262	"	"	"	G	26	1533
263	"	"	"	GB	29	1568
264	"	"	"	GB	27	1559
265	"	"	"	GB	33	1509
266	"	"	"	GB	37	1509
267	"	Çiçekli	"	GB	4	1543
268	"	"	"	B	6	1470
269	"	"	"	KB	6	1476
270	"	"	"	GB	9	1536
271	"	"	"	KB	10	1603
272	"	"	"	K	20	1450
273	"	"	"	K	16	1445
274	"	"	"	KB	21	1563

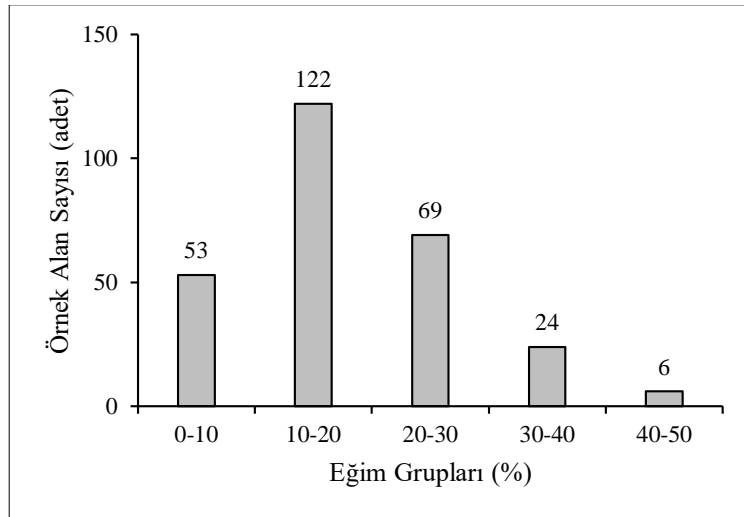
Örnek alanların denizden yükseklikleri incelendiğinde (Grafik 2.1); 274 örnek alandan 17'si (%6,2) 200-600 m, 53'ü (%19,3) 600-1000 m, 174'ü (%63,5) 1000-1400 m ve 30'u (%11,0) 1400-1800 m yükseklikte yer almaktadır. Örnek alanların bakı gruplarına dağılımları incelendiğinde (Grafik 2.2); 35'i (%12,8) Kuzey, 31'i (%11,3) Kuzeydoğu, 34'ü (%12,4) Kuzeybatı ve 25'i (%9,1) Doğu olmak üzere 125'i (%45,6) gölgeli bakılardan ve 31'i (%11,3) Güney, 24'ü (%8,8) Güneydoğu, 46'sı (%16,8) Güneybatı ve 48'i (%17,5) Batı olmak üzere 149'u da (%54,4) güneşli bakılardan alınmıştır. Örnek alan eğimleri incelendiğinde (Grafik 2.3) ise; 53 örnek alan (%19,3) %0-10 eğim grubunda, 122 örnek alan (%44,5) %10-20 eğim grubunda, 69 örnek alan (%25,2) %20-30 eğim grubunda, 24 örnek alan (%8,8) %30-40 eğim grubunda ve 6 örnek alan da (%2,2) %40-50 eğim grubunda yer almıştır.



Grafik 2.1 Örnek alanların yükselti basamaklarına dağılımı



Grafik 2.2 Örnek alanların bakı gruplarına dağılımı



Grafik 2.3 Örnek alanların eğim gruplarına dağılımı

Örnek alanların şekilleri dairesel ve büyüklükleri de meşcere sıklığına bağlı olarak 200 m² ile 1200 m² arasında değişmektedir. Örnek alanların büyüklükleri belirlenirken her bir örnek alan içerisinde en az 30 ağaç bulunması da olabildiğince göz önünde bulundurulmuştur.

Çalışma kapsamında alınan örnek alanlarda sırasıyla aşağıdaki ölçüm ve işlemler yapılmıştır:

- Göğüs çapları ($d_{1,30}$) 8 cm ve daha büyük olan ağaçlar numaralandırılarak göğüs çapları ve çift kabuk kalınlıkları (ÇKK) ölçülmüştür.

- Örnek alan içerisindeki her bir çap basamağından 2-3 ağaçta (örnek alan toplamında 8-12 ağaç) göğüs yüksekliklerinden artım kalemleri alınmıştır. Alınan artım kalemlerinde yıllık halka sayıları belirlenmiş ve son 5 ve son 10 yıllık halka kalınlıkları ölçülmüştür.

- Örnek alanlarda hektarda 100 ağaç hesabına göre en uzun boylu ağaçların boyları ölçülmüştür. Bu boy ölçümlerinin yanında, çap basamaklarına ve her bir çap basamağındaki boy basamaklarına dengeli bir şekilde dağıtılarak boy ölçümleri yapılmıştır. Örnek alan büyüklüğüne, örnek alan içerisindeki ağaçların sayısına, çap ve boy farklılıklarına bağlı olarak boy ölçümü yapılan ağaç sayıları örnek alandan örnek alana değişiklik göstermekle birlikte çalışma genelinde örnek alan başına ortalama 10-12 ağaçta boy ölçümü yapılmıştır.

274 örnek alan içerisinde toplam 2697 ağaçta boy ölçümü yapılmıştır. Çap-boy ölçümü yapılan örnek ağaçların seçiminde farklı çap ve boy basamaklarının temsil edilmesine özen gösterilmiştir. Ayrıca, tepesi kırık, gövde formu bozuk, çatallaşmış ve sağlıklı ağaçlar örnek ağaçlar içerisine dahil edilmemiştir. Örnek ağaçların çapları mm hassasiyetle çap ölçer yardımıyla, boyları ise cm hassasiyetle Vertex Lazer Boyölçer yardımıyla ölçülmüştür. Ölçülen çap ve boy değerlerinin yanında, ilgili örnek alanlara ait özellikler de envanter karnesine not edilmiştir. Tüm örnek alanlar içerisinde toplamda 1748 ağaçta yıllık halka sayısı belirlenmiş, son 5 ve son 10 yıllık halka kalınlıkları ölçülmüştür.

Bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi için, arazi çalışmaları sırasında kesilen 161 adet ağaçta gövde analizi yapılmış ve Seki (2015) tarafından Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü karaçam meşcerelerine ilişkin dinamik bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi amacıyla yapılan çalışmada alınan 132 adet ağaç kullanılmış ve böylece toplam 293 adet örnek ağaçta yapılan gövde analizi verileri kullanılmıştır. Çalışma alanının yetiştirme ortamı verim gücünü en iyi şekilde yansıtılabilmesi amacıyla seçilen örnek ağaçların meşceredeki galip veya müşterek galip ağaçlardan olmasına özen gösterilmiştir. Seçilen örnek ağaçlar, toprak seviyesine en yakın noktadan kesilmiş ve toprak seviyesinden ağacın uç noktasına kadar farklı yüksekliklerden enine kesitler alınmıştır (Şekil 2.6). Örnek ağaçların kesildikleri andaki yaşları, ağaçların kesim yüksekliklerindeki yıllık halka sayılarına ilgili yüksekliklere tahmini ulaşma süreleri eklenerek tespit edilmiştir. Tablo 2.3'te örnek ağaçlara ve örnek ağaçların ekorejyonlara dağılımına ilişkin istatistiksel bilgiler verilmiştir.



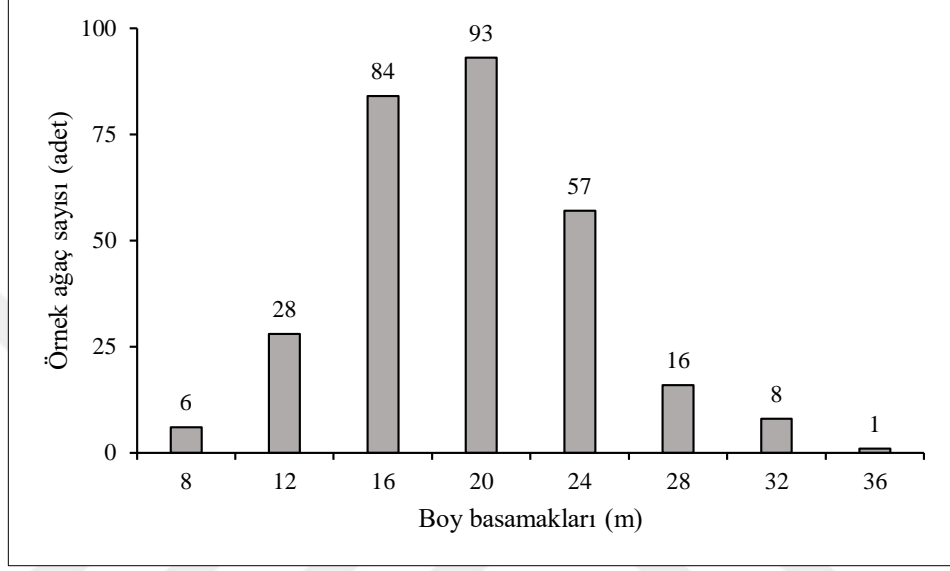
Şekil 2.6 Örnek ağaçların kesilmesi ve enine kesitlerin alınması

Tablo 2.3 Örnek ağaçlara ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler

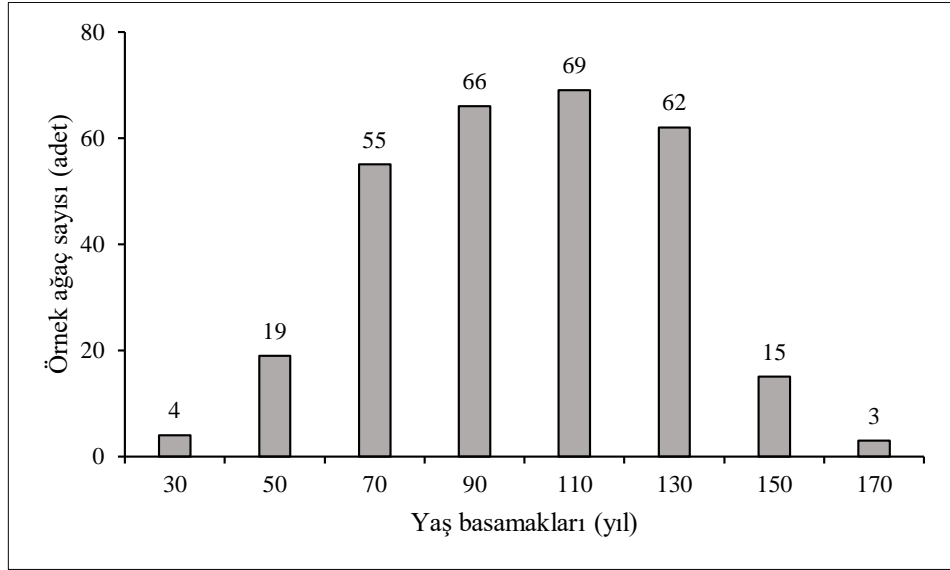
Ekorejyon	Değişken	n	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Ekorejyon 1	Ağaç boyu (m)	44	14,8	32,7	21,7	4,4
	Ağaç yaşı (yıl)	44	49	141	97	27
Ekorejyon 3	Ağaç boyu (m)	207	8,2	34,4	19,3	5,0
	Ağaç yaşı (yıl)	207	27	170	99	29
Ekorejyon 4	Ağaç boyu (m)	42	8,3	31,1	17,9	4,0
	Ağaç yaşı (yıl)	42	42	142	110	28
Toplam	Ağaç boyu (m)	293	8,2	34,4	19,5	4,9
	Ağaç yaşı (yıl)	293	27	170	100	29

Bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi için kullanılan örnek ağaçlara ilişkin boy değerlerinin Ekorejyon 1 için 14,8 m ile 32,7 m arasında, Ekorejyon 3 için 8,2 m ile 34,4 m arasında, Ekorejyon 4 için 8,3 m ile 31,1 m arasında ve çalışma alanı genelinde

ise 8,2 m ile 34,4 m arasında değişmekte olduğu görülmektedir (Tablo 2.3). Örnek ağaçlara ilişkin yaş değerleri ise, Ekorejyon 1 için 49 ile 141, Ekorejyon 3 için 27 ile 170, Ekorejyon 4 için 42 ile 142 arasında, çalışma alanı genelinde ise 27 ile 170 arasında değişmektedir. Örnek ağaçların boy ve yaş basamaklarına dağılımı Grafik 2.4 ve 2.5'te verilmiştir.



Grafik 2.4 Örnek ağaçların boy basamaklarına dağılımı



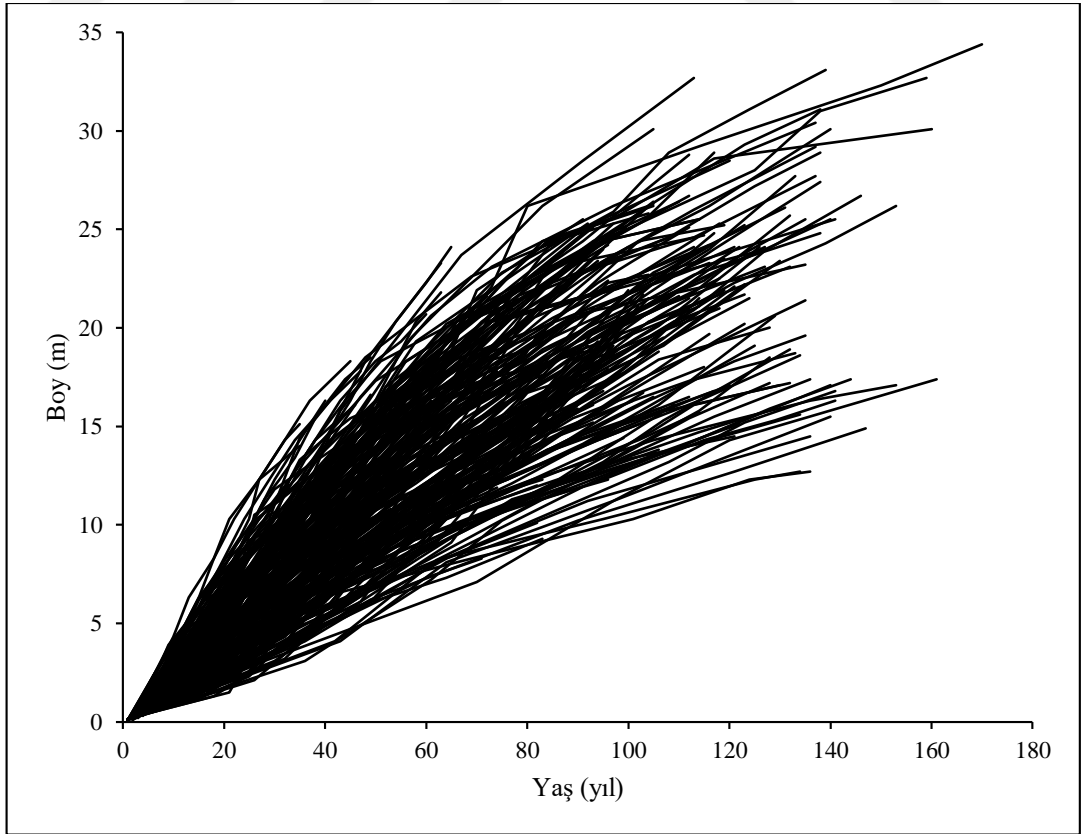
Grafik 2.5 Örnek ağaçların yaş basamaklarına dağılımı

Örnek ağaçlardan alınan enine kesitler üzerinde yıllık halka sayımları yapılmış ve yıllık halka sayıları ağaç yaşından çıkarılarak ilgili kesit yüksekliğine ulaşma süreleri

belirlenmiştir (Şekil 2.7). Bu şekilde, her bir örnek ağaç için farklı yaşlardaki boy değerleri hesaplanmış ve toplamda 2583 adet yaş-boy verisi elde edilmiştir (Grafik 2.6).



Şekil 2.7 Yaş-boy verilerinin elde edilmesi için yapılan gövde analizi



Grafik 2.6 Örnek ağaçlara ilişkin yaş-boy dağılımı

2.3 Yöntem

2.3.1 Meşcere Modelleri

Bu çalışma kapsamında, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü içerisinde eşit yaşlı, saf ve doğal karaçam meşcereleri için meşcere büyüme modelleri geliştirilmiş ve geliştirilen büyüme modellerinin farklı ekorejyonlar arasında anlamlı farklılık gösterip göstermediği araştırılmıştır. Geliştirilen meşcere modelleri ile düzenlenen sıklığa bağlı hasılat tabloları, meşcere yaşı, verim gücü ve sıklık özelliklerinin yanında ekolojik bölge farklılıklarını da yansıtacak tahmin yeteneklerine sahiptirler.

2.3.1.1 Örnek alan verilerinin değerlendirilmesi

Örnek alanlarda yapılan ölçümlerle elde edilen veriler ham veri özelliğindedir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen meşcere ve tek ağaç modellerinde kullanılmak üzere örnek alan verileri ile meşcere özelliklerinin hesaplanması gerekmektedir. Örnek alan verileri kullanılarak meşcerelere ilişkin meşcere yaşı, orta çap, orta boy, üst boy, ağaç sayısı, meşcere göğüs yüzeyi, meşcere hacmi, sıklık ve yetiştirme ortamı verim gücü değerleri hesaplanmıştır.

2.3.1.1.1 Meşcere orta yaşının belirlenmesi

Eşit yaşlı ve doğal meşcerelerde yer alan ağaçlar arasında, ilgili ağaç türünün gençleştirme süresine bağlı olarak yaş farklılıkları bulunabilir. Bu farklılık, kısa idare süreleri ile işletilen ağaç türlerinde 0-10 yıl, uzun idare süreleri ile işletilen ağaç türlerinde ise 0-20 yıl olabilmektedir. Meşcerede bulunan ince ağaçların alana sonradan gelmiş olabileceği, kalın ağaçların ise bir önceki jenerasyondan kalmış olabileceği düşünceleri ile meşcereyi temsil eden orta ağaçlarda yaş ölçümü yapılması gerekmektedir (Eler, 2003). Bu çalışmada, meşcere yaşını belirlemek için her bir örnek alan içerisinde göğüs çapları orta çapa yakın olan yaklaşık 4-5 ağaçta göğüs yüksekliğinden artım kalemleri alınmış ve yıllık halkalar sayılarak ilgili ağaçların göğüs yüksekliği yaşları tespit edilmiştir. Ağaçların 1,30 m boya ulaştıkları tahmini sürelerin göğüs yüksekliği yaşlarına eklenmesi ile ağaçların toplam yaşları belirlenmiştir. Göğüs yüksekliğine ulaşma sürelerinin belirlenebilmesi amacıyla,

örnek alanın alındığı yetiştirme ortamında var olan 1,30 m boydaki fidanlarda sürgün sayımı ile yaş tespiti yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Yaşları belirlenen ağaçların yaşlarının aritmetik ortalaması alınarak meşcere yaşları hesaplanmıştır.

2.3.1.1.2 Meşcere orta çapının belirlenmesi

Meşcere orta çapı; aritmetik orta çap (\bar{d}), Hohenadl orta çapları (d ve d_+), göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (d_g), göğüs yüzeyi merkezi orta ağacının çapı (d_{gm}), hacim orta ağacının çapı (d_v), merkezi hacim orta ağacının çapı (d_{vm}), Weise orta ağacının çapı (d_w) gibi farklı yöntemlerle hesaplanabilmektedir (Kalıpsız, 1984; Eler, 2003). Meşcere göğüs yüzeyinin ağaç sayısına bölünmesi ile elde edilen aritmetik ortalama göğüs yüzeyi değerine ait çap değeri olarak tanımlanan “göğüs yüzeyi orta ağacının çapı” uygulamada en çok tercih edilen orta çap değeridir (Kalıpsız, 1998). Bu çalışmada da orta çap olarak göğüs yüzeyi orta ağacının çapı (d_g) tercih edilmiş ve aşağıdaki Eşitlik 2.1 yardımıyla hesaplanmıştır:

$$d_g = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n}} \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte; d_i örnek alandaki i . ağaca ilişkin göğüs çapını (cm), n örnek alandaki ağaç sayısını (adet) ifade etmektedir.

2.3.1.1.3 Çap-boy modellerinin geliştirilmesi

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmaları sırasında, meşcerede yer alan tüm ağaçların boyları ölçülemedi. Ancak, meşceredeki ağaçların hacim değerlerinin çift girişli ağaç hacim denklemi ile tahmin edilebilmesi ve meşcere orta boy değerlerinin hesaplanabilmesi için meşceredeki tüm ağaçların boy değerlerine ihtiyaç vardır. Bu amaçla, çalışma alanına ilişkin çap-boy denklemlerinin geliştirilmesi ve boy ölçümü yapılamayan ağaçların boy değerlerinin tahmin edilmesi gerekmektedir.

Meşcere içerisindeki ağaçların hacimlerinin tahmin edilmesi ve meşcere hacminin belirlenmesinde çap-boy modelinin başarısı doğrudan etkilidir. Büyüme modellerinin

en önemli bileşenlerinden birisi olan çap-boy modelleri yardımıyla bir ağacın göğüs çapı kullanılarak ilgili ağaca ilişkin boy değeri tahmin edilmektedir. Ancak, çap-boy ilişkisi farklı meşcere yapıları için değişiklik göstermekte ve bu ilişki tek bir büyüme eğrisi ile tam olarak açıklanamamaktadır. Geliştirilen çap-boy modellerinin tüm meşcere yapıları için kullanımına olanak sağlayan model yapıları, boy tahmini yapılacak olan ağacın göğüs çapı ile birlikte ilgili meşcereye ilişkin özellikleri (meşcere üst boyu, bonitet endeksi, yaş, sıklık vb.) de bağımsız birer değişken olarak içeren “Genelleştirilmiş Çap-Boy Modelleri” dir (Mısıır, 2010; Özçelik ve Çapar, 2014). Bu çalışma kapsamında, çalışma alanındaki farklı meşcere yapılarının tümü için kullanılabilir genelleştirilmiş çap-boy modelleri geliştirilmiştir.

Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü geniş bir alanı kapsamakta ve dolayısıyla çalışmaya konu karaçam meşcereleri oldukça farklı yetişme ortamı koşullarında gelişim göstermektedir. Bu sebeple, çap-boy gelişiminin çalışma alanı içerisindeki ekorejyonlar arasında farklılık gösterip göstermediği araştırılmıştır.

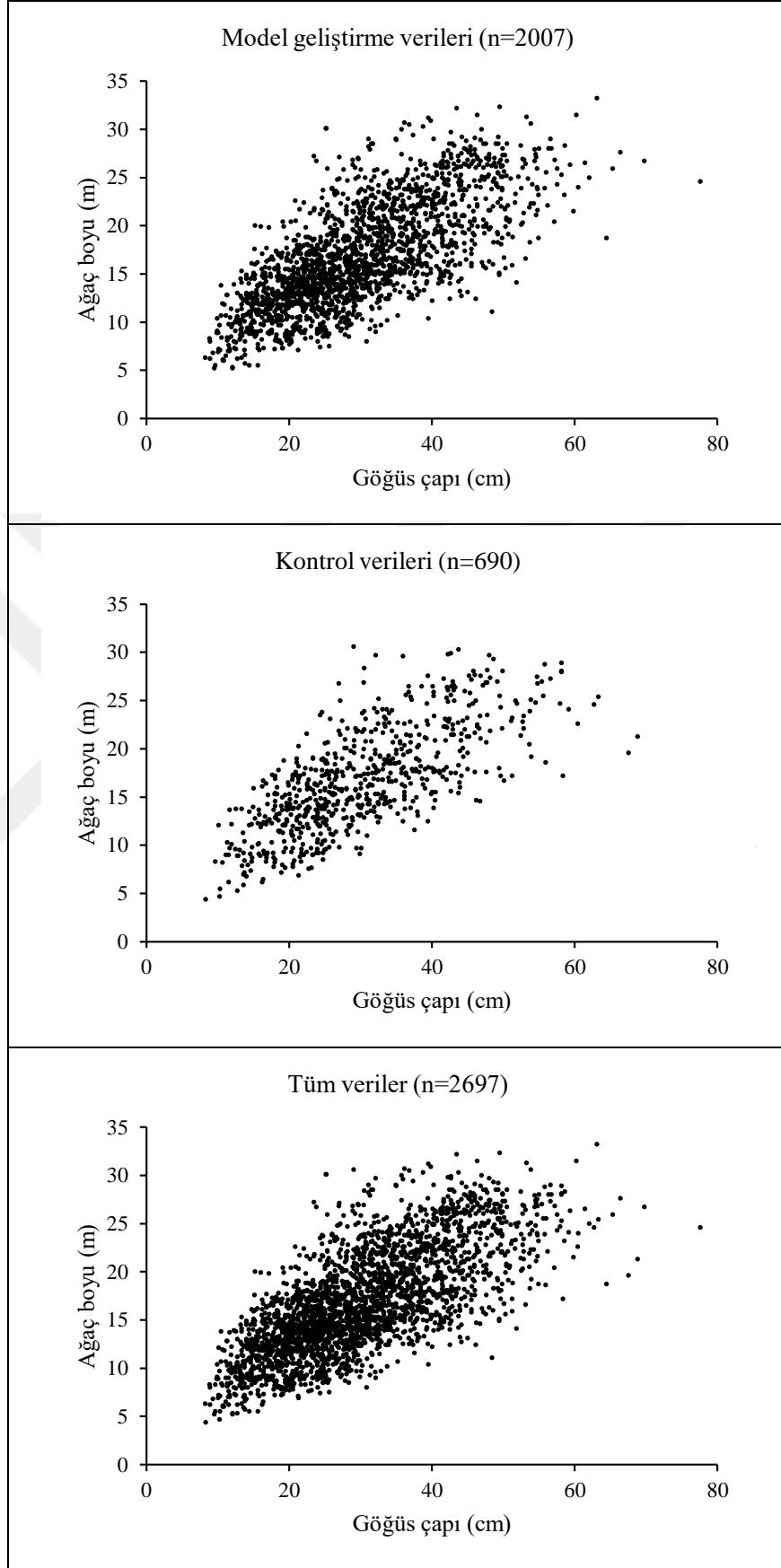
Çap-boy modelinin geliştirilebilmesi ve geliştirilen modelin kontrolü amacıyla tüm çap-boy verileri (2697 adet) tesadüfi olarak model geliştirme (2007 adet, yaklaşık %75) ve kontrol (690 adet, yaklaşık %25) verileri olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Model geliştirme, kontrol ve tüm veri gruplarına ait istatistiksel bilgiler ve örnek ağaçların ekorejyonlara dağılımı Tablo 2.4’te ve örnek ağaçlara ait çap-boy dağılımları ise Grafik 2.7’de verilmiştir.

Tablo 2.4 Çap-boy modellemesinde kullanılan örnek ağaçlara ilişkin istatistiksel bilgiler

Ekorejyon	Değişken	Model geliştirme verileri					Kontrol verileri				
		n	Min	Maks	Ort.	Std. Sapma	n	Min	Maks	Ort.	Std. Sapma
Ekorejyon 1	$d_{1,30}$ (cm)	402	11,5	69,7	34,2	10,16	137	11,3	68,8	34,7	10,41
	h (m)		7,1	33,2	17,1	4,68		5,3	29,8	17,1	4,95
Ekorejyon 3	$d_{1,30}$ (cm)	1170	8,2	77,6	28,8	10,11	393	8,3	67,5	29,2	10,27
	h (m)		5,2	32,2	16,8	5,46		4,4	30,6	16,6	5,19
Ekorejyon 4	$d_{1,30}$ (cm)	435	8,9	66,4	27,9	11,56	160	11,1	60,4	28,8	11,99
	h (m)		5,5	31,5	16,2	5,62		6,2	29,3	16,8	5,92
Toplam	$d_{1,30}$ (cm)	2007	8,2	77,6	29,7	10,69	690	8,3	68,8	30,2	10,94
	h (m)		5,2	33,2	16,7	5,35		4,4	30,6	16,7	5,32

Tablo 2.4 incelendiğinde, model geliştirme veri grubundaki örnek ağaçların çap değerleri Ekorejyon 1’de 11,5-69,7 cm, Ekorejyon 3’te 8,2-77,6 cm, Ekorejyon 4’te 8,9-66,4 cm ve çalışma alanı genelinde 8,2-77,6 cm arasında değişmektedir. Kontrol veri grubundaki çap değerleri ise Ekorejyon 1’de 11,3-68,8 cm, Ekorejyon 3’te 8,3-67,5 cm, Ekorejyon 4’te 11,1-60,4 cm ve çalışma alanı genelinde 8,3-68,8 cm arasında değişmektedir. Örnek ağaçların boy değerleri, model geliştirme veri grubu için Ekorejyon 1’de 7,1-33,2 m, Ekorejyon 3’te 5,2-32,2 m, Ekorejyon 4’te 5,5-31,5 m ve çalışma alanı genelinde 5,2-33,2 m arasında, Kontrol veri grubunda ise Ekorejyon 1’de 5,3-29,8 m, Ekorejyon 3’te 4,4-30,6 m, Ekorejyon 4’te 6,2-29,3 m ve çalışma alanı genelinde 4,4-30,6 m arasında değişiklik göstermektedir.

Bu çalışmada, göğüs çapının yanında ilgili meşcerelere ait özellikleri de bağımsız birer değişken olarak içeren geliştirilmiş çap-boy modelleri geliştirilmiştir. Literatürde birçok araştırmacı tarafından kullanılan ve başarılı sonuçlar elde edilen dokuz adet doğrusal olmayan çap-boy modeli seçilmiş ve ilgili modellere ilişkin parametreler SAS paket programının PROC MODEL prosedürü yardımıyla tahmin edilmiştir (SAS Institute Inc., 2004). Parametre tahmini yapılan çap-boy model yapıları ve yararlanılan kaynaklar Tablo 2.5’te verilmiştir.



Grafik 2.7 Çap-boy verilerine ilişkin dağılımlar

Tablo 2.5 Çap-boy modellemesi için kullanılan modeller

Model	Matematiksel Formu	Kaynak
DH-1	$h = 1,3 + (h_{100} - 1,3) \frac{(1 - \exp(-a d_{1,30}))}{(1 - \exp(-a D_0))}$	Meyer (1940)
DH-2	$h = \left[1,3^b + (h_{100}^b - 1,3^b) \frac{1 - \exp(-a d_{1,30})}{1 - \exp(-a D_0)} \right]^{1/b}$	Schnute (1981)
DH-3	$h = 1,3 + (h_{100} - 1,3) \exp \left(a \left(1 - \frac{d_g}{d_{1,30}} \right) + b \left(\frac{1}{d_g} - \frac{1}{d_{1,30}} \right) \right)$	Gaffrey (1988)
DH-4	$h = \frac{h_{100}}{1 + a \left[1 - \left(\frac{D_0}{d_{1,30}} \right)^b \right]}$	Nilson (1999)
DH-5	$h = a h_{100} \left(1 - \exp \left(\frac{-b d_{1,30}}{d_g} \right) \right)^c$	Pienaar vd. (1991)
DH-6	$h = 1,3 + a h_{100}^b \exp(-c/d_{1,30})$	Wang ve Tang (2002)
DH-7	$h = 1,3 + (a + b h_{100} + c d_g) \exp \left(-\frac{d}{d_{1,30}} \right)$	Mirkovic (1958)
DH-8	$h = 1,3 + (a + b G + c h_{100}) \exp \left(\frac{d}{d_{1,30}} \right)$	Huang vd. (2000a) *Adame vd. (2008) tarafından yeniden düzenlenmiştir.
DH-9	$h = 1,3 + (a h_{100}^b) \left(1 - \exp \left(-c \left(\frac{N}{G} \right)^d d_{1,30} \right) \right)^e$	Richards (1959) *Sharma ve Parton (2007) tarafından yeniden düzenlenmiştir.

a, b, c, d, e model parametrelerini, h toplam ağaç boyunu (m), $d_{1,30}$ göğüs çapını (cm), h_{100} üst boyu (m), D_0 dominant çapı (cm), d_g göğüs yüzeyi orta ağacının çapını (cm), G meşçerenin hektardaki göğüs yüzeyini (m²/ha), N ağaç sayısını (adet/ha) ifade etmektedir.

2.3.1.1.4 Meşçere orta boyunun belirlenmesi

Meşçere orta boyu; aritmetik orta boy (\bar{h}), göğüs yüzeyi orta ağacının boyu (h_g), göğüs yüzeyi merkezi orta ağacının boyu (h_{gm}), hacim orta ağacının boyu (h_v), merkezi hacim orta ağacının boyu (h_{vm}), Weise orta ağacının boyu (h_w) ve Lorey'in meşçere orta boyu (h_L) olmak üzere farklı yöntemlerle hesaplanabilmektedir (Kalıpsız, 1984; Eler, 2003). Bu çalışmada, orta boy değeri olarak göğüs yüzeyi orta ağacının çapının çap-boy denkleminde yerine konulması ile hesaplanan "göğüs yüzeyi orta ağacının boyu (h_g)" tercih edilmiştir.

2.3.1.1.5 Meşçere üst boyunun belirlenmesi

Meşçere üst boyu genel olarak, hektarda 100 ağaç hesabına göre örnek alana düşen en uzun boylu ağaçların boyları ortalaması veya hektarda 100 ağaç hesabına göre örnek

alana düşen en kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeyi orta ağacına karşılık gelen ve meşcere boy eğrisinden elde edilen boy değeri olmak üzere 2 farklı yöntemle hesaplanmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında, hektarda 100 ağaç hesabına göre örnek alana düşen sayıda en uzun boylu ağaçların boylarının aritmetik ortalaması alınarak üst boy hesabı yapılmıştır.

2.3.1.1.6 Meşcere ağaç sayısının belirlenmesi

Meşcere ağaç sayısı, örnek alana düşen ağaç sayısının hektara çevirme katsayısı ile çarpılması ile hesaplanmıştır (Eşitlik 2.2):

$$N = \frac{10000}{a} n \quad (2.2)$$

Bu eşitlikte; N ve n sırasıyla hektardaki (adet/ha) ve örnek alandaki (adet) ağaç sayılarını ve a örnek alan büyüklüğünü (m^2) ifade etmektedir.

2.3.1.1.7 Meşcere göğüs yüzeyinin belirlenmesi

Meşcere göğüs yüzeyi, örnek alandaki ağaçların göğüs yüzeyleri toplamının hektara çevirme katsayısıyla çarpılması ile hesaplanmıştır (Eşitlik 2.3):

$$G = \frac{10000}{a} \frac{\pi}{4} \sum d_i^2 \quad (2.3)$$

Bu eşitlikte; G hektardaki göğüs yüzeyini (m^2/ha), d_i örnek alan içerisindeki i . ağaca ilişkin göğüs çapını (m) ve a örnek alan büyüklüğünü (m^2) ifade etmektedir.

2.3.1.1.8 Meşcere hacminin belirlenmesi

Bu çalışmada alınan örnek alanlardaki ağaçlara ilişkin hacim tahminleri için Sakıcı vd. (2018a) tarafından Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisindeki karaçam meşcereleri için geliştirilmiş olan çift girişli ağaç hacim denklemi kullanılmıştır. Ağaç hacim tahmini için ilgili ağacın göğüs çapını ve boyunu bağımsız değişken olarak içeren denklem aşağıdaki gibidir:

$$v = 0,000037d_{1,30}^2h \quad (2.4)$$

Örnek alanlar içerisindeki tüm ağaçların hacimleri yukarıdaki denklem kullanılarak tahmin edilmiş ve toplanarak örnek alana ilişkin hacim değeri belirlenmiştir. Örnek alanların alındığı meşcerelerin birim alandaki hacim değerleri örnek alanların toplam hacimlerinin hektara çevirme katsayısıyla çarpılması ile hesaplanmıştır (Eşitlik 2.5):

$$V = \frac{10000}{a} \sum v_i \quad (2.5)$$

Bu eşitlikte; V örnek alana ilişkin hacim değerini (m^3/ha), v_i örnek alan içerisindeki i . ağaca ilişkin hacim değerini (m^3) ve a örnek alan büyüklüğünü (m^2) ifade etmektedir.

2.3.1.1.9 Meşcere sıklığının belirlenmesi

Bu çalışmada meşcerelere ilişkin sıklık ölçütü olarak Curtis vd. (1981) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemle göre sıklık derecesi (SD) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Eşitlik 2.6):

$$SD = \frac{G}{\sqrt{d_g}} \quad (2.6)$$

Bu eşitlikte; SD sıklık derecesi, G toplam göğüs yüzeyini (m^2/ha) ve d_g ise göğüs yüzeyi orta ağacının çapını (cm) ifade etmektedir.

2.3.1.1.10 Yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesi

Meşcere hacim ve hacim elemanlarının yaş ve sıklık özelliklerinin yanında yetiştirme ortamı koşullarından da önemli ölçüde etkilenmesinden dolayı, meşcerelere ilişkin yetiştirme ortamı verim gücü değerlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Yavuz, 1988). Ülkemizde amenajman planlarının hazırlanması sırasında planlama birimindeki meşcerelere ilişkin verimliliğin belirlenmesi, planlama birimine ilişkin ortalama bonitet ve optimal kuruluşun hesaplanması, bonitet haritalarının oluşturulması ve karar etalarının belirlenmesi gibi aşamalarda bonitet değerleri

kullanılmaktadır. Planlamaya ilişkin hesap ve karar aşamalarında oldukça etkin bir rolü olan bonitet değerlerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi büyük öneme sahiptir.

Yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesinde kullanılan yöntemler “Doğrudan Yöntemler” ve “Dolaylı Yöntemler” olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Doğrudan yöntemler de (i) Toprak faktörlerinden yararlanan yöntemler, (ii) İklim verilerinden yararlanan yöntemler, (iii) Toprak florasından yararlanan yöntemler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Doğrudan yöntemler incelendiği zaman bu üç yöntemin de tek başına yetiştirme ortamı verim gücünü belirlemede yeterli olmadığı görülmektedir. Çünkü, bir meşcerenin verim gücü tüm ekolojik etmenlerden aynı anda ve karmaşık bir şekilde etkilenmektedir. Oldukça dinamik ve karmaşık bir yapıya sahip olan yetiştirme ortamı için bu etmenler arasındaki ilişkilerin sayısal olarak iyi çözümlenmesi ve ifade edilmesi gerekmektedir ancak bu durum çok zordur. Yetiştirme ortamı bileşenlerinin tek başına olduğu gibi sistem içerisinde karmaşık etkileri de söz konusudur ve bu durum doğrudan yöntemin kullanılabilirliğini güçleştirmektedir. Doğrudan yöntemlerin kullanılabilmesi için, tüm etmenlerin sayısal olarak ayrı ayrı çözümlenmesi gerekmektedir (Kapucu, 2004).

Yetiştirme ortamı verim gücünü etkileyen ekolojik etmen sayısı oldukça fazladır ve bu etmenlerin her biri bağımsız bir değişken olarak istatistiksel modellere dahil edilebilirler. Bu durum büyüme modelinin doğruluğunu arttırdığı gibi ayrı bir tartışma konusu da olmaktadır. Çünkü, bir modelin büyüme ile anlamlı korelasyon gösteren bütün değişkenleri içermesi, o modelin kullanılabilmesi için tüm bu değişkenlerin ölçülmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Büyüme modelinin gerek planlama aşamasında ve gerekse silvikültürel çalışmalarda kullanılabilir olması için model içerisinde yer alan değişkenlerin kolay elde edilebilir olması gerekmektedir (Van Laar ve Akça, 2007).

Eşit yaşlı meşcerelerde kullanılan dolaylı yöntemler ise (i) Anamorfik, (ii) Polimorfik ve (iii) Kombine yöntem olmak üzere üç grupta toplanmaktadır (Günel, 1982). Baur (1881), eşit yaşlı meşcereler için meşcere orta boyu ile birim alandaki hacim değeri arasında bir ilişki olduğunu belirtmiş ve bu ilişki kullanılarak yetiştirme ortamı verimliliğinin tespit edilebileceğini ifade etmiştir. Yetiştirme ortamı verimliliği ile boy

gelişimi arasında doğrudan bir ilişki söz konusu olduğu için, yetişme ortamı verim gücü tahminlerinde boy değişkeni kullanılmaktadır. Meşcere orta boyunun silvikültürel müdahalelerden etkilenmesinden dolayı meşcere üst boyu yetişme ortamı verim gücü tahminlerinde tercih edilmektedir (Clutter vd., 1983; Monserud, 1984). Meşcerenin belirli bir standart yaştaki üst boy değeri olmakla birlikte ormanların verimliliğinin tahmin edilmesinde kullanılan en yaygın ölçütlerden birisi “Bonitet endeksi”dir (Carmean, 1972; Clutter vd., 1983; Carmean ve Lenthall, 1989; Payandeh ve Wang, 1994; Barrio-Anta ve Diéguez-Aranda, 2005).

Yukarıda bahsedilen dolaylı yöntemlerden “Anamorfik” ve “Polimorfik” yöntemler bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptirler. Anamorfik yöntem ile geliştirilen tek bir klavuz eğrinin tüm verim gücü sınıfları için aynı trende sahip olması, her verimlilik sınıfında elde edilen boy artımlarının aynı yaşta maksimum değere ulaşması ve eğrinin sahip olduğu hataların tüm verim gücü sınıflarında görülmesi gibi büyüme kanuniyetlerine uygun olmayan durumlar söz konusudur (Akalp, 1978b; Asan, 1987). Ancak, anamorfik yöntem ile geliştirilen bonitet endeks modelinin kullanılabilmesi için ilgili meşcereye ilişkin yalnızca yaş ve üst boy ölçümlerinin yeterli olması gibi avantajları da söz konusudur.

Polimorfik yöntem ile bonitet endeks modellerinin geliştirilmesi aşamasında, meşcereden seçilen galip ağaçlarda gövde analizi yapılmaktadır. Ancak, meşcereden seçilen tek bir galip ağacın tüm meşcerenin gelişimini temsil etmesi varsayımı polimorfik yöntem için bir sakıncadır. Bunun yanında, farklı verim gücü sınıfları için oluşturulan eğrilerin birbirinden şekil olarak farklılık göstermesi (polimorfizm) ve farklı verim gücü sınıfındaki eğrilerin gelişim trendi olarak birbirinden ayrılması gibi biyolojik olarak daha gerçekçi özelliklere sahip polimorfik yöntem özellikle bilimsel çalışmalarda daha çok tercih edilmektedir. Farklı yetişme ortamları arasındaki gelişim farklılıklarının daha iyi yansıtılması ve tahmin hatalarının daha az olmasından dolayı Bull (1931), Spurr (1952), Brickell (1968) ve Akalp (1978b) polimorfik yöntem ile bonitetleme çalışmaları gerçekleştirmişlerdir.

Dolaylı yöntemlerle bonitetleme çalışmalarında en başta standart bir yaş belirlenmekte ve belirlenen standart yaştaki üst boy (bonitet endeksi) değeri hesaplanmaktadır.

Dolayısıyla, modelleme aşamasında seçilen standart yaş değeri geliştirilen bonitet endeks modellerinin tahminlerinde önemli rol oynamaktadır. Çünkü aynı bonitet endeks modelinin farklı standart yaşlar için geliştirilmesi durumunda farklı tahmin değerleri elde edilmektedir (standart yaşa bağlı değişkenlik) ve bu durum büyüme kanuniyetleri ile uyuşmamaktadır. Bu olumsuzluk, aynı bonitet endeks modeli ile farklı standart yaşlar için aynı tahminleri yapabilen yani standart yaşa bağlı değişmezlik özelliğine sahip bonitet endeks modellerine ihtiyacı doğurmaktadır. “Cebirsel Fark Yaklaşımı (CFY)” ve “Genelleştirilmiş Cebirsel Fark Yaklaşımı (GCFY)” yöntemleri ile geliştirilen bonitet endeks modelleri seçilen standart yaştan etkilenmeyen tahminler sunmaktadırlar (Ercanlı, 2010). Bu yöntemler kullanılarak geliştirilen bonitet endeks modellerine “Dinamik Bonitet Endeks Modelleri” denmektedir ve bu modellerin en önemli özelliği “Standart yaşa bağlı değişmezlik (base-age invariance)” olmaktadır (Cieszewski, 2001).

Bailey ve Clutter (1974) tarafından geliştirilen CFY ile düzenlenen bonitet endeks modelleri ya tek asimptotlu ve polimorfik ya da çok asimptotlu ve anamorfik özelliğe sahip olmaktadır (Ercanlı, 2010). Büyüme kanuniyetleri açısından düşünüldüğünde, bonitet endeks eğrilerinin hem çok asimptotlu hem de polimorfik özelliğe sahip olması gerekmektedir. Bu özelliklere sahip modellerin geliştirilmesine imkan sağlayan GCFY yöntemi Cieszewski ve Bailey (2000) tarafından literatüre kazandırılmıştır. CFY ile geliştirilen büyüme modellerinin bir parametresi cebirsel olarak yeniden düzenlenip model yapısına dahil edilirken, GCFY ile geliştirilen modellerin en az iki parametresi cebirsel işlem görmektedir. Diğer modelleme yaklaşımları ile kıyaslandığında, GCFY ile geliştirilen dinamik bonitet endeks modelleri ile boy büyümesi açısından büyüme kanuniyetleri ile uyumlu daha başarılı tahminler elde edilebilmektedir (Diéguez-Aranda vd., 2006).

GCFY ile geliştirilen dinamik bonitet endeks modelleri standart yaşa bağlı değişmezlik özelliğinin yanında büyüme kanuniyetleri açısından da oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Cieszewski ve Bailey (2000) tarafından söz konusu büyüme kanuniyetleri aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

- Bonitet endeks eğrilerinin orjinden geçmesi ($t=0$ için $h=0$),

- Farklı verim gücüne ait bonitet endeks eğrilerinin şekil olarak farklılık göstermesi (polimorfizm),
- Farklı verim gücüne ait bonitet endeks eğrilerinin maksimum boy değerlerinin farklılık göstermesi (çoklu asimptot),
- Geniş S şeklinde bonitet endeks eğrilerinin oluşması.

Yukarıda bahsedilen büyüme kanuniyetlerine ek olarak çalışma kapsamında incelenecek bir ölçüt de “maksimum boy artımı değerinin verim gücü arttıkça artması ve bu değere ulaşma yaşının verim gücü arttıkça azalması” kanuniyetidir. Ercanlı vd. (2014) ve Seki ve Sakıcı (2017) tarafından yapılan bonitetleme çalışmalarında da geliştirilen bonitet endeks modellerinin bu kanuniyete uygunlukları denetlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesinde GCFY ile elde edilen dinamik bonitet endeks modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla, Bertalanffy-Richards (Von Bertalanffy, 1949, 1957; Richards, 1959), Hossfeld (Hossfeld, 1882), King-Prodan (Prodan, 1951; King, 1966) ve Lundqvist-Korf (Korf, 1939; Lundqvist, 1957) temel büyüme modellerinden Cieszewski (2002), Cieszewski (2004) ve Krumland ve Eng (2005) tarafından GCFY ile düzenlenmiş bonitet endeks modelleri kullanılmıştır (Tablo 2.6). Tabloda Bertalanffy-Richards adıyla verilen temel büyüme modeli bazı kaynaklarda Richards ve bazı kaynaklarda da Chapman-Richards modeli olarak anılmaktadır (Vanclay, 1994; García, 2008) ve esnek tahmin yeteneği sayesinde literatürde en sık kullanılan büyüme modellerinden birisidir.

Tablo 2.6 Yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenmesinde kullanılan model yapıları

Model	Temel Büyüme Modeli	GCFY Modeli
GCFY-1	Bertalanffy-Richards $h = b_0(1 - \exp(-b_1t))^{b_2}$	$h = \exp(X_0)[1 - \exp(-at)]^{(b+1/X_0)}$ $X_0 = \frac{1}{2} \left((\ln h_0 - bL_0) + \sqrt{(\ln h_0 - bL_0)^2 - 4L_0} \right)$ $L_0 = \ln(1 - \exp(-at_0))$
GCFY-2	Hossfeld $h = \frac{b_0}{1 + b_1t^{-b_2}}$	$h = \frac{a + X_0}{1 + (b/X_0)t^{-c}}$ $X_0 = \frac{1}{2} \left[h_0 - a - \sqrt{(h_0 - a)^2 - 4bh_0t_0^{-c}} \right]$
GCFY-3		$h = \frac{a + X_0}{1 + bX_0t^{-c}}$ $X_0 = \frac{h_0 - a}{1 - bh_0t_0^{-c}}$
GCFY-4	King-Prodan $h = \frac{t^{b_0}}{b_1 + b_2t^{b_0}}$	$h = \frac{t^a}{b + cX_0 + X_0t^a}$ $X_0 = \frac{\left(\frac{t_0^a}{h_0}\right) - b}{c + t_0^a}$
GCFY-5	Lundqvist-Korf $h = b_0 \exp(-b_1t^{-b_2})$	$h = \exp(X_0) \exp \left[- \left(b_1 + \frac{b_2}{X_0} \right) t^{-b_3} \right]$ $X_0 = \frac{1}{2} (at_0^{-c} + \ln h_0 + L_0)$ $L_0 = \sqrt{(at_0^{-c} + \ln h_0)^2 + 4bt_0^{-c}}$

b_0, b_1 ve b_2 ; temel büyüme modellerinin parametrelerini, a, b, c ; GCFY ile elde edilen bonitet endeks modellerinin parametrelerini, t ve t_0 ; yaş ve standart yaşı, h ve h_0 ; boy ve üst boyu ifade etmektedir.

Regresyon analizinin varsayımlarından bir tanesi hata terimlerinin ilişkisiz rassal değişkenler olmasıdır. Bonitet endeks modellerinin geliştirilebilmesi amacıyla elde edilen gövde analizi verileri ardışık zaman dilimlerine ait boy değerlerine sahip oldukları için zaman serisi veri özelliğindedirler ve “otokorelasyon” problemine sahiptirler. Zaman serisi verilerinde, hataların birbiri ile ilişkili olması (correlated errors) durumu söz konusudur ve bu durum yukarıda açıklanan regresyon analizi varsayımına aykırıdır (Grégoire vd., 1995; Ercanlı vd., 2014). Bonitet endeks modellemesi çalışmalarında kullanılan gövde analizi verilerinden kaynaklanan otokorelasyon probleminin tahminler üzerindeki etkisinin giderilmesi için “Oto regresif Modelleme” önerilmektedir (Monserud, 1984; Parresol ve Vissage, 1998). Bu çalışmada, gövde analizi verilerinden kaynaklı olası otokorelasyon probleminin model tahminleri üzerindeki etkisinin giderilmesi için sürekli oto regresif hata yapısı ($CAR(x)$) kullanılmıştır. $CAR(x)$ hata yapısı düzensiz aralıklara sahip veri

yapıları (Grégoire vd., 1995; Zimmerman ve Núñez-Antón, 2001) ve özellikle ormancılıkta kullanılan birçok veri yapısı (West vd., 1984) için tavsiye edilmektedir. $CAR(x)$ hata yapısının genel formu aşağıda verilmiştir (Zimmerman ve Núñez-Antón, 2001):

$$e_{ij} = \sum_{n=1}^x d_n p_n^{t_{ij}-t_{i(j-n)}} e_{i(j-n)} + \epsilon_{ij} \quad (2.7)$$

Bu eşitlikte;

e_{ij} ; i 'nci ağacın j 'nci ölçümündeki yaş (t) değerine karşılık gelen boy (h) tahminindeki hatayı,

d_n ; $j > n$ için 1, $j \leq n$ için 0,

p_n ; n 'nci derece otoregresif model parametresini,

$t_{ij} - t_{i(j-n)}$; j 'nci ve $j-n$ 'nci ölçümler arasındaki zaman (yıl) farkını ifade etmektedir.

Bu çalışmada, var olan otokorelasyonun tespiti ve kaçınıcı dereceden $CAR(x)$ hata yapısının kullanılacağına belirlenmesi için "Durbin-Watson" test istatistiği hesaplanmış ve ağaçlara ilişkin hata-gecikmeli hata grafikleri çizilmiştir. Durbin-Watson katsayısının 0'a yakın olması pozitif ve 4'e yakın olması negatif otokorelasyonu işaret ederken, 2'ye yakın olması da otokorelasyon probleminin olmadığını ifade etmektedir (Fox, 1997). Çizilecek olan hata-gecikmeli hata grafiklerinde ise örnek ağaçlardaki herhangi bir gözlemden boy tahminlerine ilişkin hata değerlerinin bir önceki gözlemlere ilişkin hata değerleri ile ilişkisiz olması beklenmektedir.

Çalışma kapsamında geliştirilen dinamik bonitet endeks modellerine ilişkin parametre tahminleri için SAS paket programının PROC MODEL prosedüründen yararlanılmıştır. Modellere ilişkin parametre tahminlerinde ve çeşitli istatistiklerin hesaplanmasında SAS paket programı kullanılmıştır (SAS Institute Inc., 2004).

Geliştirilen bonitet endeks modellerinin büyüme kanuniyetlerine uygunluklarının denetlenebilmesi için model tahminlerine ilişkin yaş-boy ilişkilerinin incelenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, öncelikle uygun bir standart yaş belirlenmeli ve bu standart yaş değeri kullanılarak farklı verim gücü sınıfları için tahminler yapılmalıdır. Bu

çalışmada, farklı standart yaşlara ilişkin oransal hata yüzdesi ($RE\%$) değerleri karşılaştırılmış ve en uygun standart yaş belirlenmiştir. $RE\%$ değerlerinin hesaplanmasında Eşitlik 2.8'den yararlanılmıştır:

$$RE\% = 100 \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2 / (n-p)}}{\bar{h}} \quad (2.8)$$

Burada; h_i , \hat{h}_i ve \bar{h} sırasıyla ölçülen, tahmin edilen ve ortalama boy değerlerini; n veri sayısını ve p modeldeki parametre sayısını ifade etmektedir.

Standart yaş seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlardan bir diğeri de seçilecek standart yaş değerinin ilgili ağaç türüne ait idare süresi değerinden büyük olmaması gerekliliğidir (Goelz ve Burk, 1992). En uygun standart yaşın belirlenmesinden sonra, ilgili standart yaştaki en küçük ve en büyük boy değerlerinin farkı, oluşturulması düşünülen bonitet sınıfı sayısına (bu çalışma için 3 bonitet sınıfı) bölünmüştür. Böylece, çalışma alanındaki karaçam meşcereleri için üç farklı bonitet sınıfı oluşturulmuştur.

2.3.1.2 Kalan meşcere öğelerinin hesaplanması

Meşcere yaşı, bonitet endeksi ve sıklık değerlerini bağımsız birer değişken olarak içeren sıklığa bağlı hasılat tabloları, bu değişkenler kullanılarak farklı meşcere özellikleri (orta çap, d_g ; orta boy, h_g ; ağaç sayısı, N ; göğüs yüzeyi, G ; hacim, V) hakkında tahminde bulunmayı sağlamaktadır. Bununla birlikte, farklı ekorejyonlar için geliştirilecek olan hasılat tabloları, meşcere yaşı, bonitet endeksi ve sıklık değerlerinin değişiminin yanında ekorejyon farklılıklarını da dikkate alan tahminler yapmalıdır.

Ülkemizde daha önce düzenlenen normal ve sıklığa bağlı hasılat tabloları incelendiğinde, meşcere büyüme elemanlarının tahmininde doğrusal modelleme yaklaşımları kullanılmıştır. Bu sebeple, daha önce geliştirilmiş hasılat tablolarındaki kalan meşcere büyüme elemanlarına ilişkin değişimler birbirlerine benzer oranlarda değişiklik göstermektedirler. Ormancılıktaki temel büyüme yasalarına göre, farklı yetişme ortamı verim gücü ve sıklıktaki meşcere yapılarının farklı oranlarda büyüme

seyri göstermesi beklenen bir durumdur. Bununla birlikte, doğrusal olmayan modeller, doğrusal modellere göre daha esnek tahmin yeteneklerine sahiptirler (Yavuz vd., 2010).

Bu çalışmada, düzenlenecek olan hasılat tablosuna ilişkin kalan (asli) meşcere özelliklerini tahmin etmek için bonitet endeksi (BE), meşcere yaşı (t) ve sıklık derecesini (SD) bağımsız değişken olarak içeren doğrusal olmayan regresyon modelleri geliştirilmiştir. Literatürde yer alan bazı büyüme modelleri seçilmiş, bu çalışma kapsamında geliştirilecek olan sıklığa bağlı hasılat tablolarına uygun şekilde yeniden düzenlenerek Tablo 2.7'deki formu almışlardır. Büyüme modellerinin hepsi BE, t ve SD değerlerini bağımsız değişken olarak içermekte ve meşcere özelliklerine ilişkin tahminlerde bulunmaktadır. M-1, M-2 ve M-3 modelleri Schumacher (1939) temel büyüme modeli üzerinden geliştirilmiş olmakla birlikte M-1 modeli Borders vd. (2014), M-2 modeli Coble (2009) ve M-3 modeli Clutter (1963) tarafından geliştirilen büyüme modelleri ile benzer yapıdadırlar (Gallagher vd., 2019). M-4 modeli Pienaar vd. (1990) ve M-5 modeli ise Santiago-García vd. (2013) tarafından geliştirilen temel büyüme modellerinin bu tez çalışmasında kullanılmak için yeniden düzenlenmiş matematiksel formlarıdır.

Bununla birlikte her bir büyüme modeli ile d_g , h_g , N , G ve V meşcere özelliklerini tahmin etmek için ayrı ayrı parametre tahminleri yapılmıştır. Parametre tahminlerinde doğrusal olmayan regresyon analizi yöntemi kullanılmış ve bu amaçla SAS paket programının PROC MODEL prosedüründen yararlanılmıştır (SAS Institute Inc., 2004). Geliştirilen modellerin tahmin başarıları her bir meşcere özelliği için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

Tablo 2.7 Meşçere modellerinin geliştirilmesi için kullanılan regresyon denklemleri

Model	Matematiksel Formu	Kaynak
M-1	$Y = a BE^{(b+c/t)} SD^{(d+e/t)}$	Borders vd. (2014)
M-2	$Y = a BE^{(b+c/t)} SD^{(d+e/t)} \exp(f/t)$	Coble (2009)
M-3	$Y = a BE^b SD^{(c+d/t)}$	Clutter (1963)
M-4	$\ln Y = \exp\left(a + \frac{b}{t} + c \ln SD + d \ln BE\right)$	Pienaar vd. (1990)
M-5	$Y = \exp\left(a + b \frac{BE}{SD}\right) t^c BE$	Santiago-García vd. (2013)

a, b, c, d, e, f model parametrelerini, Y tahmin edilecek meşçere özelliğini, BE bonitet endeksini, SD meşçere sıklığını, t meşçere yaşını ifade etmektedir.

Tablo 2.7'de verilen M-4 numaralı denklem logaritmik formdadır. Logaritmik formdaki denklemler ile elde edilen tahmin değerlerinin aritmetik forma dönüştürülmeleri gerekmektedir. Baskerville (1972) ve Sprugel (1983) logaritmik tahminlerin doğrudan aritmetik forma dönüştürülmesinin sistematik bir hataya sebep olduğunu ve bu dönüşümlerin bir düzeltme faktörü (CF) ile çarpılması gerektiğini belirtmişlerdir. CF denklemi aşağıdaki gibidir:

$$CF = e^{(SE^2/2)} \quad (2.9)$$

Bu eşitlikte; CF düzeltme faktörünü ve SE tahminin standart hatasını ifade etmektedir.

2.3.1.3 Ayrılan meşçere öğelerinin hesaplanması

Genel meşçere veriminin belirlenebilmesi amacıyla, kalan (asli) meşçereye ilişkin hacim ve hacim elemanlarının yanında ayrılan (ara) meşçereye ilişkin hacim ve hacim elemanlarının da bilinmesi gerekmektedir. Çünkü, bir meşçerenin genel verimi o yaştaki hacmi ile o yaşa kadar ayrılan meşçere hacminin toplamı olarak tanımlanmaktadır (Kalıpsız, 1963; Kapucu vd., 2002).

Devamlı örnek alanlarda, meşçerenin yıllar itibari ile takip edilebilmesi sayesinde ayrılan meşçereye ilişkin hacim ve hacim elemanları doğrudan belirlenebilmektedir. Ancak, devamlı örnek alanların bulunmaması durumunda ayrılan meşçereyi ölçmek

veya tespit etmek mümkün olmamaktadır. Geçici örnek alanlar ile gerçekleştirilen hasılat araştırmalarında ayrılan meşcerelere ilişkin hacim ve hacim elemanları kabaca tahmin edilebilmektedir (Kalıpsız, 1963).

Bu tez çalışmasında alınan örnek alanların geçici örnek alan niteliğinde olması sebebiyle, ayrılan meşcereye ilişkin ağaç sayısı aynı bonitet sınıfı ve sıklık derecesi içerisinde bulunan kalan meşcere ağaç sayılarının birbirini izleyen yaş basamaklarındaki farkları alınarak belirlenmiştir. Her bir örnek alandaki dikili kuru ve mağlup ağaçların ayrılan meşcere elemanları olduğu varsayımıyla, bu ağaçlara ilişkin orta boy ve orta çap değerleri hesaplanmıştır. Kalan meşcere orta çap ve orta boyu değerleri ile ayrılan meşcereye ilişkin orta çap ve orta boy değerleri arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile belirlenmiştir. Hasılat tablolarının hazırlanması sırasında ayrılan meşcerelere ilişkin orta çap ve orta boy değerleri geliştirilen bu regresyon denklemleri yardımıyla tahmin edilmiştir. Tahmin edilen orta çap ve orta boy değerleri Sakıcı vd. (2018) tarafından geliştirilen çift girişli hacim denkleminde yerine konularak ayrılan meşcerelere ilişkin orta ağaç hacimleri hesaplanmıştır. Ayrılan meşcereye ilişkin hesaplanan ağaç sayısı ve orta ağaç hacim değerleri çarpılarak da periyodik olarak ayrılan meşcere hacmi belirlenmiştir.

2.3.1.4 Hasılat tablosunun diğer öğelerinin hesaplanması

Kalan ve ayrılan meşcerelere ilişkin hacim ve hacim elemanları hesaplandıktan sonra, hasılat tablolarına ilişkin aşağıdaki öğeler de hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler hasılat tablosundaki ilgili sütünlara yazılmıştır.

Yıllık Cari Hacim Artımı (YCHA):

$$YCHA = \frac{V_s - V_b + V_{pa}}{n} \quad (2.10)$$

Yıllık Cari Hacim Artım Yüzdesi (YCHAY):

$$YCHAY = \frac{YCHA}{\frac{V_s + V_b + V_{pa}}{2}} 100 = \frac{200 YCHA}{V_s + V_b + V_{pa}} \quad (2.11)$$

Genel Hacim Verimi (GHV):

$$GHV = V_t + \sum_{j=1}^k V_{pa} \quad (2.12)$$

Genel Hacim Verimi İçindeki Ara Hasılat Yüzdesi (AHY):

$$AHY = \frac{\sum_{j=1}^k V_{pa}}{GHV} 100 \quad (2.13)$$

Kalan Meşcerenin Ortalama Hacim Artımı (KMOHA):

$$KMOHA = \frac{V_t}{t} \quad (2.14)$$

Genel Ortalama Hacim Artımı (GOHA):

$$GOHA = \frac{GHV}{t} \quad (2.15)$$

Burada; V_b , V_s ve V_t sırasıyla periyot başındaki, periyot sonundaki ve t yaşındaki (yıl) kalan meşcere hacimlerini (m^3), V_{pa} periyot süresince ayrılan meşcere hacmini (m^3), n periyot uzunluğunu ve k periyot sayısını ifade etmektedir.

2.3.2 Çap Dağılım Modelleri

Meşcere içerisindeki ağaçların çap sınıfları içerisindeki dağılımları genellikle olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılarak modellenmektedir (Rennolls vd., 1985; Vanclay, 1994). Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin parametre değerlerinin belirlenebilmesi için “Parametre Tahmin (Parameter Prediction)” ve “Parametre Çözümleme (Parameter Recovery)” olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmaktadır (Gadow ve Hui, 1999). Bir çap dağılım modelinin başarısı ilgili modele ilişkin parametrelerin doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır (Poudel ve Cao, 2013). Parametre tahmin yöntemi; (i) Maksimum olabilirlik yöntemi, (ii) Doğrusal regresyon yöntemi ve (iii) Doğrusal olmayan regresyon yöntemi olmak üzere üç alt gruba ayrılırken, parametre çözümleme yöntemi (i) Momentler yöntemi ve (ii) Yüzdeler

yöntemi olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır (Burkhardt ve Tomé, 2012; Poudel ve Cao, 2013).

Bu çalışmada, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü saf karaçam meşcereleri için çap dağılımlarının modellenmesinde en uygun dağılım fonksiyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, ormancılık literatüründe sıklıkla tercih edilen Weibull, Gamma ve Johnson SB dağılımlarına ilişkin olasılık yoğunluk fonksiyonlarından yararlanılmıştır. Bu fonksiyonlar arasından Gamma ve Weibull dağılımlarının parametre sayısına bağlı olarak ikişer farklı formu dikkate alınmıştır. Sonuç olarak; çalışma kapsamında Johnson SB, iki ve üç parametrelili Gamma (Gamma-2p ve Gamma-3p) ve iki ve üç parametrelili Weibull (Weibull-2p ve Weibull-3p) olmak üzere 5 farklı olasılık yoğunluk fonksiyonu için parametre tahminleri yapılmıştır (Tablo 2.8). Modellerle ilişkin parametre tahminleri Easyfit 5.5 Professional yazılımı yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Mathwave, 2015). Bu yazılım, parametre tahminlerinde “Maksimum Olabilirlik Yöntemi”nden yararlanmaktadır.

Her bir örnek alan için parametre tahminleri yapılan olasılık yoğunluk fonksiyonlarının ilgili örnek alan için uygunluk ve başarılarının belirlenebilmesi amacıyla dört farklı istatistik ölçütten faydalanılmıştır. Bu ölçütler, Kolmogorov-Smirnov (KS), Anderson-Darling (AD), Ki-kare (X^2) ve Hata İndeksi (e) istatistikleridir. Sözü edilen istatistiklerden KS , AD ve X^2 ölçütleri parametre tahminleri için kullanılan yazılımda doğrudan hesaplanırken, Reynolds vd. (1988) tarafından geliştirilen e ölçütü Eşitlik 2.16 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$e = \sum_{j=1}^k |n_t - n| \quad (2.16)$$

Bu eşitlikte;

k : İlgili örnek alandaki çap basamağı sayısını,

n : İlgili örnek alanda j 'inci çap basamağında ölçülen ağaç sayısını (adet),

n_t : İlgili örnek alanda j 'inci çap basamağı için olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tahmin edilen ağaç sayısını (adet) ifade etmektedir.

Tablo 2.8 Çalışmada kullanılan olasılık yoğunluk fonksiyonları

Dağılım	Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu	Açıklama
Gamma-2p (Nelson, 1964)	$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} e^{-\frac{x}{\beta}}$	α, β : Parametreler $\Gamma(\alpha)$: Gamma fonksiyonu $\alpha > 0, \beta > 0$
Gamma-3p (Lawless, 1982)	$f(x) = \frac{(x-\gamma)^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} e^{-\frac{(x-\gamma)}{\beta}}$	α, β, γ : Parametreler $\Gamma(\alpha)$: Gamma fonksiyonu $\alpha > 0, \beta > 0, \gamma \leq x \leq +\infty$
Johnson SB (Johnson, 1949)	$f(x) = \frac{\delta}{\lambda \sqrt{2\pi z(1-z)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{z-1}\right)\right)^2}$	$\delta, \lambda, \gamma, \xi$: Parametreler $z = \frac{x-\xi}{\lambda}$ $\xi \leq x \leq \xi + \lambda, \delta > 0, \gamma > 0$
Weibull-2p (Schreuder ve Swank, 1974)	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$	α, β : Parametreler $\alpha > 0, \beta > 0$
Weibull-3p (Bailey ve Dell, 1973)	$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$	α, β, γ : Parametreler $\alpha > 0, \beta > 0, \gamma \leq x \leq +\infty$

Çalışma kapsamında her bir örnek alan için parametre tahmini yapılan olasılık yoğunluk fonksiyonlarının hesaplanan dört farklı istatistiksel ölçüte göre karşılaştırılmasında Poudel ve Cao (2013) tarafından önerilen rölatif sıralama yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde göre fonksiyonlar söz konusu ölçüte göre en başarılıdan en başarısızına doğru 1 ile m (fonksiyon sayısı) arasında sıralanmakta, en başarılı modelin rölatif sırası 1 olurken en başarısız modelin de rölatif sırası m olmaktadır. Diğer modeller de 1 ile m arasında değişen rölatif değerler alarak sıralamaya dahil olmaktadır. Rölatif sıralamaya ilişkin eşitlik aşağıda verilmiştir:

$$R_i = 1 + \frac{(m-1)(e_i - e_{min})}{(e_{maks} - e_{min})} \quad (2.17)$$

Bu eşitlikte;

R_i : i . fonksiyona ilişkin rölatif sıra,

e_i : i . fonksiyona ilişkin istatistiksel ölçüt değeri,

e_{min} : fonksiyonlar arasındaki en düşük e_i değeri,

e_{maks} : fonksiyonlar arasındaki en yüksek e_i değeri,

m : karşılaştırılan model sayısını ifade etmektedir.

2.3.3 Tek Ağaç Modelleri

Tek ağaç çap artım modelleri bir meşcere içerisindeki tek ağaçlara ilişkin periyodik çap artımlarını tahmin eden modellerdir. Çap artım modellerinde bağımlı değişken olarak çap artımı veya göğüs yüzeyi artımı kullanılabilmesine rağmen genellikle çap artımı tercih edilmektedir (Huang, 1995). Bu çalışmada geliştirilen tek ağaç çap artım modelinde bağımlı değişken olarak son 5 ve son 10 yıllık ortalama çap artım değerleri seçilmiştir. Son 5 ve son 10 yıllık ortalama çap artım değerleri, arazide elde edilen son 5 ve son 10 yıllık halka kalınlıklarının ölçüldükleri yıl sayısına (5 veya 10) bölünmesi ile elde edilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen ve ortalama çap artımını tahmin eden tek ağaç büyüme modeline ilişkin incelenen bağımsız değişkenler genel olarak ağaç boyutları, yarışma endeksi, yetiştirme ortamı koşulları ve meşcere özellikleridir. Tek ağaç boyutları (göğüs çapı ve boy gibi), meşcere özellikleri (yaş, sıklık, bonitet endeksi, göğüs yüzeyi gibi), ağaçlara ilişkin rekabet durumları (yarışma endeksleri) ve bu değişkenler kullanılarak türetilen birçok değişkenin fonksiyonu olarak yıllık ortalama çap artımını tahmin eden çoğul regresyon modelleri IBM SPSS 20 (2011) Paket programı yardımıyla ve “Aşamalı Regresyon” teknikleri kullanılarak geliştirilmiştir. Ayrıca, geliştirilen tek ağaç çap artım modelinin çalışma alanı içerisinde yer alan ekorejyonlar arasında farklılık gösterip göstermediği belirlenmiştir.

2.3.3.1 Tek ağaca ilişkin büyüme öğelerinin hesaplanması

Beş ve on yıl önceki göğüs çaplarının hesaplanması:

Bir ağaca ilişkin beş ve on yıl önceki kabuklu göğüs çapı değerlerinin elde edilebilmesi için ilgili ağaca ilişkin bugünkü kabuklu göğüs çapı değerinin, çift kabuk kalınlığının ve dolayısıyla kabuk faktörünün ve son 5 ve 10 yıllık kabuksuz çap artımlarının bilinmesi gerekmektedir. Çift kabuk kalınlığının (cm) bugünkü kabuklu göğüs çapı (cm) değerinden çıkarılması ile bugünkü kabuksuz göğüs çapı değeri elde edilmektedir. Bugünkü kabuklu göğüs çapı değerinin yine bugünkü kabuksuz göğüs çapı değerine bölünmesi ile de kabuk faktörü değeri hesaplanmaktadır. Bugünkü kabuksuz göğüs çapı değerinden son 5 veya son 10 yıllık artım değerlerinin çıkartılması ve bu değerlerin kabuk faktörü ile çarpılması sonucunda da ilgili ağaca

ilişkin 5 veya 10 yıl önceki kabuklu çap değerleri elde edilmektedir. Söz konusu hesaplamalara ilişkin kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir:

$$d_{k.suz} = d_{k.lu} - \text{ÇKK} \quad (2.18)$$

$$kf = d_{k.lu}/d_{k.suz} \quad (2.19)$$

$$d_{5k.suz} = d_{k.suz} - Id_5 \quad (2.20)$$

$$d_{5k.lu} = kf \cdot d_{5k.suz} \quad (2.21)$$

$$d_{10k.suz} = d_{k.suz} - Id_{10} \quad (2.22)$$

$$d_{10k.lu} = kf \cdot d_{10k.suz} \quad (2.23)$$

Bu denklemlerde: $d_{k.suz}$, $d_{5k.suz}$ ve $d_{10k.suz}$ sırasıyla bugünkü, beş yıl önceki ve on yıl önceki kabuksuz göğüs çapı değerlerini (cm); $d_{k.lu}$, $d_{5k.lu}$ ve $d_{10k.lu}$ sırasıyla bugünkü, beş yıl önceki ve on yıl önceki kabuklu göğüs çapı değerlerini (cm); bugünkü çift kabuk kalınlığını (cm); kf kabuk faktörünü; Id_5 ve Id_{10} sırasıyla son 5 ve son 10 yıllık kabuksuz çap artım değerlerini ifade etmektedir.

Yukarıdaki denklemlerde kabuklu ve kabuksuz göğüs çapları arasındaki ilişkilerde kullanılan kabuk faktörü ilgili ağaca ilişkin bugünkü (dönem sonu), beş ve on yıl önceki (dönem başı) kabuklu göğüs çapı değerlerinin hesaplanmasında sabit alınmış yani değişmediği kabul edilmiştir.

Yarışma endekslerinin hesaplanması:

Meşcere içerisinde yer alan ağaçlar ışık, su, bitki besin elementleri ve yaşam alanı gibi kaynaklar için birbirileri ile rekabet halindedirler. Ağaçlar zamana bağlı olarak gelişimini sürdürdükçe birbirleri ile olan rekabetin çeşidi ve seviyesi de değişmektedir. Dolayısıyla, ağaçlar arasındaki rekabet hem zamana hem de konuma bağlı olmakla birlikte oldukça dinamik bir olgudur (Weiskittel vd., 2011). Meşcere içerisinde yer

alan bir ağacın çevresindeki komşu ağaçlar ile olan rekabetinin sayısal değerine “Yarışma Endeksi (Competition Index)” denmektedir (Yavuz, 1997).

Komşu ağaçlara olan uzaklık değerini hesaplamaya dahil eden yarışma endeksleri “uzaklığa bağlı (distance-dependent veya position-dependent)”, dahil etmeyen yarışma endeksleri de “uzaklıktan bağımsız (distance-independent veya position-independent)” yarışma endeksleri olarak isimlendirilmektedirler (Gadow ve Hui, 1999; Vanclay, 1994; Pretzsch, 2009; Burkhardt ve Tomé, 2012). Uzaklığa bağlı yarışma endeksleri konu ağaç ile birlikte konu ağacın rekabet halinde olduğu komşu ağaçların boyutlarını ve bu ağaçlara olan uzaklıkları hesaba dahil ederken, uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri konu ağacın boyutlarını ve bu ağacın yer aldığı meşcerenin özelliklerini hesaba dahil etmektedir. Yani, uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri konu ağacın boyutlarının meşceredeki diğer ağaçların boyutlarına oranlanması ile hesaplanmaktadır (Yavuz, 1997; Mısır, 2003).

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen tek ağaç modellerinde, ülkemizde çeşitli araştırmacılar (Yavuz, 1997; Mısır, 2003; Ercanlı, 2010; Kahrıman, 2011; Özdemir, 2011) tarafından kullanılan uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında hesaplanacak olan altı adet uzaklıktan bağımsız yarışma endekslerine ilişkin denklem yapıları aşağıda verilmiştir.

1. Konu ağaç göğüs çapının meşcerenin göğüs yüzeyi orta ağacının çapına oranlandığı yaklaşım:

$$YE_1 = \frac{d_i}{d_g} \quad (2.24)$$

2. Konu ağaç göğüs çapının meşcerenin en kalın çaplı ağacının göğüs çapına oranlandığı yaklaşım:

$$YE_2 = \frac{d_i}{d_{maks}} \quad (2.25)$$

3. Konu ağaca ilişkin göğüs yüzeyi değerinin meşcerenin ortalama göğüs yüzeyine oranlandığı yaklaşım:

$$YE_3 = \frac{g_i}{\bar{g}} \quad (2.26)$$

4. Konu ağaca ilişkin göğüs yüzeyi değerinin meşcerenin en kalın çaplı ağacının göğüs yüzeyine oranlandığı yaklaşım:

$$YE_4 = \frac{g_i}{g_{maks}} \quad (2.27)$$

5. Konu ağaçtan daha kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeyleri toplamını yarışma endeksi olarak kabul eden yaklaşım:

$$YE_5 = BAL_i = \sum_1^n g_j \quad g_j > g_i \quad (2.28)$$

6. Meşcere içerisinde, konu ağacın canlı tepesinin %66'sı yüksekliğe sahip ağaçların tepe izdüşüm alanları toplamını yarışma endeksi olarak kabul eden yaklaşım:

$$YE_6 = \sum T\dot{A}_{66i} \quad (2.29)$$

Bu denklemlerde; YE yarışma endeksini, d_i konu ağacın göğüs çapını, d_g meşcereye ilişkin göğüs yüzeyi orta ağacının çapını, d_{maks} meşceredeki en kalın çaplı ağacın göğüs çapını, g_i konu ağacın göğüs yüzeyini, \bar{g} meşcerenin ortalama göğüs yüzeyini, g_{maks} meşceredeki en kalın çaplı ağacın göğüs yüzeyini, g_j konu ağaçtan daha kalın çaplı ağaçların göğüs yüzeylerini, $T\dot{A}_{66i}$ konu ağacın canlı tepesinin %66'sı yüksekliğinde meşceredeki ağaçların tepe izdüşüm alanlarını ifade etmektedir.

YE_6 değerinin hesaplanabilmesi için meşcere içerisindeki ağaçlara ilişkin tepe izdüşüm alanlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, tek ağaçlara ilişkin tepe izdüşüm alanlarının tahmin edilmesinde Sakıcı vd. (2018b) tarafından Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için geliştirilmiş model kullanılmıştır:

$$\text{Tepe İzdüşüm Alanı (T\dot{A})} = e^{4,5680-31,6134/d_{1,30}} \quad (2.30)$$

Yukarıda açıklanan yarışma endeksleri incelendiği zaman, ilk dört yarışma endeksi değerinin artması durumunda konu ağacın meşcere içerisinde gördüğü baskının

azaldığı yani rekabet konusunda üstün duruma geçtiği görülmektedir. Diğer iki yarışma endeksinin (*BAL* ve *YE₆*) artması durumunda ise konu ağacın meşcerede gördüğü baskının arttığı kabul edilmektedir.

2.3.3.2 Tek ağaç büyüme modelinin denetimi ve kontrolü

Bu çalışmada tek ağaç büyüme modellerinin geliştirilmesinde regresyon analizinden yararlanılmıştır ve geliştirilen modelin regresyon analizi varsayımlarını (hataların normal dağılıma sahip olması, hata değerleri arasında bir ilişki (otokorelasyon) olmaması, hata değerlerine ilişkin varyansın sabit olması (değişen varyans sorunu bulunmaması), modele ilişkin bağımsız değişkenler arasında anlamlı ilişkilerin (çoklu-bağlantı sorunu) olmaması gibi) sağlayıp sağlamadığı incelenmiştir. Bu amaçlarla, hata değerleri arasında olası otokorelasyon probleminin incelenmesi amacıyla “Durbin Watson” katsayısı hesaplanmıştır. Regresyon modellerinde bağımsız değişkenler arasında yüksek ilişki olması durumunda bu durum “çoklu-bağlantı” olarak adlandırılmakta ve bu durumun tespiti için de VIF (varyans büyütme faktörü) değeri hesaplanmaktadır (Leech vd., 2005). Bu çalışmada geliştirilen tek ağaç modelinde yer alan bağımsız değişkenlere ilişkin VIF değerleri hesaplanmış, bu değerlerin 5’ten küçük olması durumunda çoklu bağıntı probleminin olmadığı kabul edilmiştir. Tek ağaç modelinin tahminlerine ilişkin hata değerlerinin sabit bir varyansa sahip olup olmadığının ve söz konusu hata değerlerinin herhangi bir trende sahip olup olmadığının belirlenebilmesi için hata değerleri grafik eksene taşınarak incelenmiştir. Bunun yanında, geliştirilen tek ağaç modeline ilişkin tahminlerin büyüme kanuniyetlerine uygun olup olmadığı incelenmiştir. Örneğin; yetişme ortamı verim gücü arttıkça, meşcere sıklığı azaldıkça ve yarışma endeksi değeri konu ağaca ilişkin baskının azalması yönünde değiştikçe çap artım değerlerinin artması gerekmektedir. Bu amaçla, geliştirilen modele ilişkin çap artım tahminlerinin bahsedilen meşcere ve yarışma endeksi değerlerine göre değişimi grafik ekseninde incelenmiştir.

Tek ağaç modelinin geliştirilmesi ve geliştirilen modelin kontrolü amacıyla, Mısır (2003), Ercanlı (2010) ve Kahrıman (2011) tarafından kullanılan yöntem tercih edilmiştir. Bu yöntemde, periyot başındaki çap değeri kullanılarak gelecek 5 yıldaki yıllık ortalama çap artım değeri tahmin edilmiştir. Böylece, tek ağaç modelinin

kontrolü, tahmin edilen ve gerçek artım değerlerinin karşılaştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen tek ağaç modellerinin söz konusu çalışma alanı için geçerliliğinin kontrol edilebilmesi için bağımsız bir veri grubu ile test edilmesi gerekmektedir. Tek ağaç modellerinin geliştirilebilmesi ve geliştirilen modellerin kontrolü amacıyla tüm veriler (1748 adet) tesadüfi olarak model geliştirme (%75 \cong 1303 adet) ve kontrol (%25 \cong 445 adet) verileri olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Model geliştirme grubu içerisinde yer alan verilerle geliştirilen tek ağaç modeli kullanılarak kontrol veri grubundaki ağaçların yıllık ortalama çap artımları tahmin edilmiştir. Söz konusu veri grubundaki ağaçların ölçülen çap artım değerleri ile tahmin edilen çap artım değerleri, normal dağılım ve eş varyanslılık koşullarının sağlanması durumunda “Student’in Eşleştirilmiş t-testi” kullanılarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan iki artım veri seti (ölçülen ve tahmin edilen) arasında %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark çıkmaması durumunda modelin çalışma alanı için uygun, fark çıkması durumunda ise uygun olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

2.3.4 Geliştirilen Büyüme Modellerinin Ekolojik Tabanlı Forma Dönüştürülmesi

Büyüme modellerinin ekorejyonlar arasında farklılık gösterip göstermediğinin belirlenmesi için Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı testi uygulanmıştır. Bu testin uygulanabilmesi için “tam (full)” ve “indirgenmiş (reduced)” model yapılarının geliştirilmesi gerekmektedir. Farklılıkları incelenen tüm ekorejyonlar için aynı parametre setini kullanan model yapısı “indirgenmiş model”, her bir ekorejyon için farklı parametre setlerini içeren model yapısı da “tam model” olarak adlandırılmaktadır (Pillsbury vd., 1995).

Tam model yapısının elde edilebilmesi için her bir model parametresi “ekorejyonlara ilişkin parametre (α_i)” ve “kukla değişken (r_i)” kullanılarak açıklanmaktadır:

$$\alpha + \alpha_1 I_1 + \alpha_2 I_2 \quad (2.31)$$

Burada; α model parametrelerini (a, b, c, d, e, f), α_1 ($a_1, b_1, c_1, d_1, e_1, f_1$) ve α_2 ($a_2, b_2, c_2, d_2, e_2, f_2$) ekorejyonlara ilişkin parametreleri, I_1 ve I_2 kukla değişkenleri ifade

etmektedir. Ayrıca, Ekorejyon 1 için; $I_1=1$ ve $I_2=0$, Ekorejyon 3 için; $I_1=0$ ve $I_2=0$ ve Ekorejyon 4 için; $I_1=0$ ve $I_2=1$ olmaktadır.

Yukarıda açıklanan α parametreleri referans olarak seçilen ekorejyona ilişkin modelin parametrelerini temsil ederken, α_1 ve α_2 parametreleri ise diğer ekorejyonlara ilişkin model parametrelerinin α parametresinden olan farklılığını ifade etmektedir. Dolayısıyla, çalışmada dikkate alınan ekorejyonlardan birisinin referans ekorejyonu olarak tercih edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında değerlendirilen ekorejyonlar arasında karaçam yayılışı bakımından en geniş alana sahip olan Ekorejyon 3 referans ekorejyonu olarak belirlenmiştir. Bu durumda, her iki kukla değişken de Ekorejyon 3 için 0 değerini almakta ve a , b , c , d , e ve f model parametrelerine ilişkin tahmin değerleri de Ekorejyon 3'ü temsil etmektedir.

Büyüme modellerine ilişkin parametrelerin ekorejyonlar arasındaki farklılıklarının belirlenmesinde kullanılacak olan doğrusal olmayan ekstra kareler toplamına ilişkin test istatistiği aşağıdaki gibidir (Pillsbury vd., 1995; Neter vd., 1996):

$$F = \frac{(HKT_I - HKT_T)/(DF_I - DF_T)}{(HKT_T/DF_T)} \quad (2.32)$$

Burada; HKT_I ve HKT_T sırasıyla indirgenmiş ve tam modellerin hata kareler toplamını, DF_I ve DF_T sırasıyla indirgenmiş ve tam modellerin serbestlik derecelerini ifade etmektedir.

F değerinin yorumlanması için F -dağılımı esas alınmıştır. Genel olarak p değerinin 0,05'ten küçük olması durumunda karşılaştırılan ekorejyonlar için ilgili modelin istatistiksel olarak farklı olduğu sonucu çıkarılır (Pillsbury vd., 1995). Bu durumda da indirgenmiş modeller yerine her bir ekorejyon için farklı parametreler içeren tam model formları kullanılmalıdır.

2.3.5 Büyüme Modellerinin Değerlendirilmesi

Büyüme modellerine ilişkin etkin bir değerlendirme basit bir süreç olmamakla birlikte birkaç adımdan oluşmaktadır. Model değerlendirme süreci geliştirilen modele ilişkin

nicel ve nitel incelemeleri aynı anda barındırmalıdır. Nicel değerlendirme istatistiksel testleri kapsarken, nitel değerlendirme modele ilişkin tahminlerin teorik ve biyolojik gerçekliklere uyumluluğunun incelenmesinden oluşmaktadır (Soares vd., 1995; Vanclay ve Skovsgaard, 1997).

Çalışmada geliştirilen büyüme modellerinin başarılarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması da nicel ve nitel olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, parametre tahmini yapılan büyüme modellerine ilişkin belirtme katsayısı ve hata istatistikleri hesaplanmıştır. İkinci aşamada, parametreleri anlamlı bulunan ve başarı istatistikleri açısından başarılı olan modellerle bağımlı değişkenlere ilişkin tahminler yapılarak hata-tahmin grafikleri çizilmiş ve hata değerlerinin dağılımları incelenmiştir. Grafikselleştirilmiş gösterimler ile negatif ve pozitif yönlü sapmalar ile 45 derecelik açıdan sapma miktarları ve varsa sistematik hatalar ortaya koyulmuştur. Bununla birlikte, geliştirilen modellerle yapılan tahminler büyüme kanuniyetlerine uygunlukları açısından da incelenmiştir.

Büyüme modellerinin değerlendirilebilmesi amacıyla genel olarak 5 farklı istatistiksel ölçüt kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan istatistiksel ölçütler aşağıda verilmiştir.

$$\text{Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı } (R_{düz}^2) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 (n-1)}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2 (n-p)} \quad (2.33)$$

$$\text{Ortalama Hata (OH)} = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)}{n} \quad (2.34)$$

$$\text{Ortalama Mutlak Hata (OMH)} = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{y}_i - y_i|}{n} \quad (2.35)$$

$$\text{Hata Kareler Ortalamasının Karekökü (HKOK)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (2.36)$$

$$\text{Akaike Bilgi Kriteri (AIC)} = n \cdot \ln(HKOK) + 2p \quad (2.37)$$

Burada; y_i , \hat{y}_i , \bar{y}_i sırasıyla bağımlı değişkene ait ölçülen, tahmin edilen ve ortalama değerleri, n gözlem sayısını ve p denklemin parametre sayısını ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında geliştirilen büyüme modellerinden başarılı olanın seçilmesinde, yukarıda verilen başarı istatistiklerinden en yüksek açıklayıcılığa ($R_{düz}^2$) ve en düşük

hata değerlerine (*OH*, *OMH*, *HKOK*, *AIC*) sahip olan modeller belirlenmiş ve bu modellerin grafik yöntemlerle hata dağılımları ve biyolojik kanuniyetlere uygunlukları denetlenmiştir. Geliştirilen büyüme modellerinin istatistiksel lutlere göre karşılaştırılmasında Poudel ve Cao (2013) tarafından önerilen rölatif sıralama yöntemi kullanılmıştır. Her bir istatistik lute göre modellerin rölatif sıralamaları ayrı ayrı hesaplanmış ve hesaplanan rölatif sıralamalar toplanarak modellere ilişkin toplam rölatif sıralama değerleri belirlenmiştir. Her bir model için belirlenen toplam rölatif sıralama değerlerine uygulanan rölatif sıralama sonucunda da söz konusu modellere ilişkin genel sıralama değerleri belirlenmiştir.



3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Meşcere Modellerine İlişkin Bulgular

3.1.1 Çap-Boy Modellerine İlişkin Bulgular

Ormancılık literatüründe sıklıkla kullanılan ve tatmin edici sonuçlar elde edilen 9 adet doğrusal olmayan regresyon modeline ilişkin parametre tahminleri tam ve indirgenmiş model yapıları için yapılmıştır. Bahsedilen model yapılarına ilişkin parametre tahminleri ve başarı ölçütleri Tablo 3.1’de verilmiştir. İstatistiksel ölçütler kullanılarak tüm parametreleri anlamlı olan tam model yapılarına ilişkin yapılan rölatif sıralamaya göre (Tablo 3.2) en başarılı çap-boy modeli DH-9 olarak belirlenmiştir. Tablo 3.1 incelendiğinde, en yüksek belirtme katsayısı ($R_{düz}^2$) değerine sahip olan DH-9 modeli birçok hata ölçütü için de (OH , OMH , $HKOK$ ve AIC) en düşük değerlere sahiptir.

İstatistiksel ölçütlere göre en başarılı bulunan DH-9 modelinin ekorejyonlara göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için hesaplanan F-değerleri Tablo 3.3’te verilmiştir. Tablo incelendiğinde, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 arasında çap-boy gelişimi açısından önemli bir farklılık söz konusu değilken ($p>0,05$), Ekorejyon 1 diğer iki ekorejyonla anlamlı farklılıklar göstermektedir ($p<0,05$). Bu sonuçlara göre, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcerelerinde yapılacak boy tahminleri için her bir ekorejyon için farklı parametre setlerini içeren DH-9 model yapısının tam model formu uygun bulunmuştur. Tam model yapısı aynı zamanda aynı modele ilişkin indirgenmiş model yapısına göre daha yüksek belirtme katsayısı ve düşük hata değerlerine sahiptir (Tablo 3.1). Geliştirilen çap boy modeli kullanılarak model kontrolü için ayrılan bağımsız veri grubundaki ağaçlara ilişkin boy tahminleri yapılmıştır. Kontrol grubundaki ağaçların ölçülen ve tahmin edilen boy değerleri “Student’in Eşleştirilmiş t-testi” kullanılarak karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak farksız oldukları ($p>0,05$) sonucu elde edilmiştir.

Tablo 3.1 Çap-boy denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Model	Model formu	$R^2_{\text{düz}}$	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin
DH-1	İndirgenmiş	0,926	-0,01	1,14	1,46	754,91	a	0,0699
	Tam	0,927	-0,01	1,13	1,44	736,03	a a_1 a_2	0,0741 -0,0206 -0,0010
DH-2	İndirgenmiş	0,926	-0,02	1,14	1,45	748,48	a b	0,0499 1,5221
	Tam	0,928	-0,02	1,13	1,44	737,42	a b a_1 b_1 a_2 b_2	0,0599 1,3509 -0,0131 -0,1799 -0,0152 0,3686
DH-3	İndirgenmiş	0,875	1,13	1,47	1,89	1279,38	a b	0,3174 -1,0716*
	Tam	0,876	1,12	1,47	1,88	1281,20	a b a_1 b_1 a_2 b_2	0,3672 -2,8069 -0,1836 7,4093 -0,2401 6,9887
DH-4	İndirgenmiş	0,929	0,08	1,11	1,42	710,88	a b	-0,0732 2,1189
	Tam	0,930	0,07	1,11	1,41	704,86	a b a_1 b_1 a_2 b_2	-0,0614 2,2225 -0,0436 -0,2316 -0,0251 -0,2315
DH-5	İndirgenmiş	0,924	0,05	1,15	1,48	787,80	a b c	1,0000 4,4271 4,0282
	Tam	0,925	0,05	1,14	1,47	784,11	a b c a_1 b_1 c_1 a_2 b_2 c_2	0,9854 5,0906 5,4185 0,0596 -1,6684 -2,5840 0,0265 -1,4662 -2,9548
DH-6	İndirgenmiş	0,919	0,00	1,20	1,52	846,75	a b c	0,9610 1,0452 2,3659
	Tam	0,921	0,01	1,19	1,50	830,56	a b c a_1 b_1 c_1 a_2 b_2 c_2	0,9151 1,0596 2,2248 0,1327 -0,0128 1,4275 0,1524 -0,0549 0,0541

Tablo 3.1'in devamı

Model	Model formu	$R^2_{\text{düz}}$	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin
	İndirgenmiş	0,924	0,00	1,16	1,47	778,22	a	2,5327
							b	1,1906
							c	-0,1087
							d	8,2150
DH-7	Tam	0,927	0,00	1,14	1,45	766,13	a	1,8304
							b	1,1686
							c	-0,0863
							d	7,5531
							a_1	3,2163
							b_1	0,0866
							c_1	-0,0626
							d_1	4,5369
							a_2	0,8348
							b_2	0,0996
							c_2	-0,0797
							d_2	0,4282
	İndirgenmiş	0,919	0,00	1,20	1,52	849,67	a	0,6628
							b	0,0033*
							c	1,0439
							d	-6,5592
DH-8	Tam	0,921	0,00	1,18	1,50	833,21	a	0,4230*
							b	-0,0011*
							c	1,0592
							d	-6,2340
							a_1	0,8353
							b_1	0,0012
							c_1	0,0558
							d_1	-3,7267
							a_2	0,6583
							b_2	0,0219
							c_2	-0,0851
							d_2	-0,0398
	İndirgenmiş	0,929	0,00	1,11	1,42	716,45	a	0,7881
							b	1,0600
							c	0,0546
							d	0,3164
							e	2,9448
							a	0,7662
							b	1,0650
							c	0,0646
							d	0,2845
							e	3,1823
DH-9	Tam	0,931	0,00	1,10	1,41	713,45	a_1	0,1410
							b_1	-0,0401
							c_1	-0,0177
							d_1	0,0388
							e_1	-0,0225
							a_2	0,0576
							b_2	-0,0195
							c_2	-0,0134
							d_2	0,0296
							e_2	-0,8080

* 0,05 önem düzeyinde anlamsız bulunan parametreler

Tablo 3.2 Çap-boy denklemlerine ilişkin rölatif sıralamalar

Model	R _{düz} ²	OH	OMH	HKOK	AIC	Toplam	Genel Sıralama
DH-1	1,51	1,06	1,57	1,45	1,38	6,97	1,38
DH-2	1,38	1,13	1,57	1,45	1,40	6,93	1,37
DH-3	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	40,00	8,00
DH-4	1,13	1,44	1,19	1,00	1,00	5,76	1,13
DH-5	1,76	1,31	1,76	1,89	1,96	8,68	1,72
DH-6	2,27	1,06	2,70	2,34	2,53	10,90	2,16
DH-7	1,51	1,00	1,76	1,60	1,74	7,61	1,50
DH-9	1,00	1,00	1,00	1,00	1,10	5,10	1,00

Tablo 3.3 Çap-boy denklemine ilişkin F-testi sonuçları

Model	Karşılaştırılan Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F-değeri	p
		HKT*	DF*	HKT	DF			
DH-9	1-3-4	4047,7	2002	3935,9	1992	2007	5,66	<0,0001
	1-3	3234,4	1567	3129,2	1562	1572	10,50	<0,0001
	1-4	1617,6	832	1570,4	827	837	4,97	<0,0001
	3-4	3178,7	1600	3172,5	1595	1605	0,62	0.6846**

*HKT: Hata kareler toplamı, DF: Modelin serbestlik derecesi.

** p>0,05

Çap-boy modelinin kontrol veri grubundaki ağaçlara ilişkin tahmin ve hata değerleri grafik eksene taşınarak incelenmiştir (Grafik 3.1). Grafik incelendiğinde, çap-boy modeli ile yapılan tahminlere ilişkin hata değerlerinin her bir ekorejyon için ve çalışma alanı genelinde rastgele bir dağılım gösterdiği ve herhangi bir trende sahip olmadığı görülmektedir.

Geliştirilen çap-boy modeline (DH-9) ilişkin tam model yapısı aşağıda verilmiştir:

$$h = 1,3 + ((0,7662 + 0,1410 I_1 + 0,0576 I_2) h_{100}^{(1,0650-0,0401 I_1-0,0195 I_2)}) \left(1 - \exp \left(-(0,0646 - 0,0177 I_1 - 0,0134 I_2) \left(\frac{N}{G} \right)^{(0,2845+0,0388 I_1+0,0296 I_2)} d_{1,30} \right) \right)^{(3,1823-0,0225 I_1-0,8080 I_2)} \quad (3.1)$$

Bu denklemde;

Ekorejyon 1 için $I_1 = 1$ ve $I_2 = 0$

Ekorejyon 3 için $I_1 = 0$ ve $I_2 = 0$

Ekorejyon 4 için $I_1 = 0$ ve $I_2 = 1$ değerlerini almaktadır.

Yukarıda verilen tam model yapısı kullanılarak her bir ekorejyon için farklı boy tahminleri elde edilebilecektir. Uygulamacıların kullanımında kolaylık sağlaması amacıyla çap-boy modelinin her bir ekorejyon için kullanılabilir formu aşağıda verilmiştir.

Ekorejyon 1 için:

$$h = 1,3 + (0,9072 h_{100}^{1,0249}) \left(1 - \exp \left(-0,0469 \left(\frac{N}{G} \right)^{0,3233} d_{1,30} \right) \right)^{3,1598} \quad (3.2)$$

Ekorejyon 3 için:

$$h = 1,3 + (0,7662 h_{100}^{1,0650}) \left(1 - \exp \left(-0,0646 \left(\frac{N}{G} \right)^{0,2845} d_{1,30} \right) \right)^{3,1823} \quad (3.3)$$

Ekorejyon 4 için:

$$h = 1,3 + (0,8238 h_{100}^{1,0455}) \left(1 - \exp \left(-0,0512 \left(\frac{N}{G} \right)^{0,3141} d_{1,30} \right) \right)^{2,3743} \quad (3.4)$$

Yukarıda her bir ekorejyon için kullanılabilir formu ayrı ayrı verilen ekolojik tabanlı çap-boy modeli kullanılarak her bir ekorejyona ait kontrol veri grubunda tahminler yapılmış ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla tahmin değerlerine ilişkin hata yüzdeleri hesaplanmıştır (Tablo 3.4).

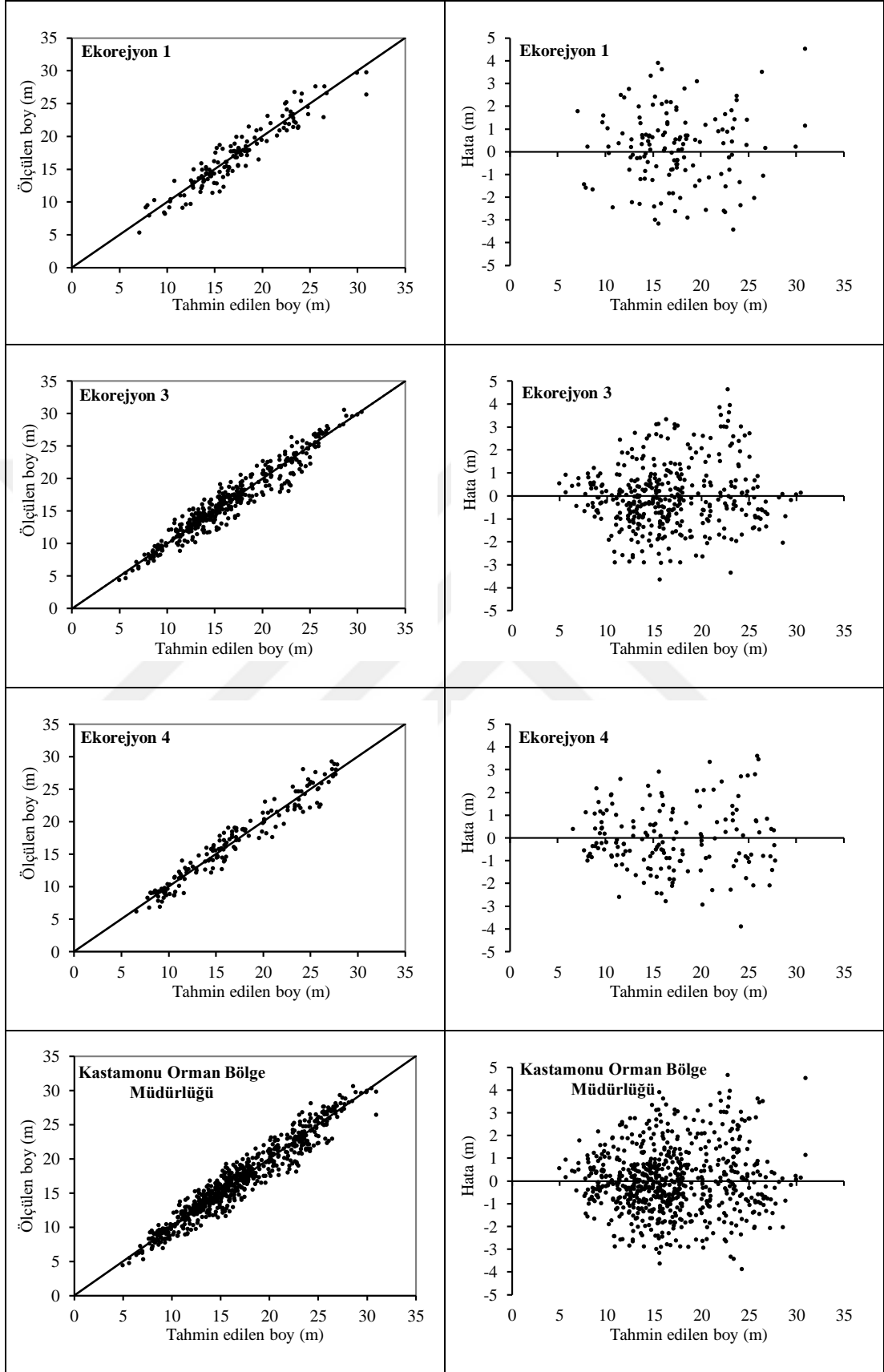
$$Hata (\%) = \frac{\text{Ortalama hata}}{\text{Konu ekorejyona ilişkin ölçülen boy değerleri ortalaması}} 100 \quad (3.5)$$

Tablo 3.4 incelendiğinde, her ekorejyon için ayrı parametre setine sahip tam model yapısının boy tahminlerinde Ekorejyon 1 için yaklaşık %1,1; Ekorejyon 3 için %0,1 ve Ekorejyon 4 için %0,2 hata yüzdesi mutlak değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bir başka ifade ile çap-boy modelinin parametre tahmini yapılan ekorejyonlarda kullanılması durumunda hata yüzdesi mutlak değerleri %0,1 ile %1,1 arasında değişmektedir. Tam model yapısı yerine tüm çalışma alanı için ortak parametre setine sahip (indirgenmiş) çap-boy modelinin kullanılması durumunda bu hata değeri Ekorejyon 1’de yapılan tahminlerde yaklaşık %1,8’e, Ekorejyon 4’te yapılan tahminlerde %0,3’e çıkmakta iken, Ekorejyon 3’te yapılan tahminlerde tam model yapısı ile aynı mutlak hataya sahip olmaktadır.

Ekolojik tabanlı çap-boy modelinin (tam model yapısı) farklı ekorejyonlarda kullanılması halinde tahmin hatalarında artış söz konusudur. Örneğin, Ekorejyon 1'e ilişkin parametresi içeren model ile Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4'te yapılan tahminlerde sırası ile %1,2 ve %1,8 düşük, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4'e ilişkin parametreleri içeren model ile Ekorejyon 1'de yapılan tahminlerde ise yaklaşık %1,8'lik yüksek tahmin değerleri elde edilmektedir. Bunun yanında, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4'e ilişkin parametreleri içeren modellerin söz konusu ekorejyonlarda değiştirilerek kullanılması durumunda hata yüzdesi değerleri değişmemektedir. Bu durum, her iki ekorejyon içerisindeki çap-boy gelişiminin birbirine olan benzerliğini bir kez daha (Tablo 3.3'te olduğu gibi) göstermektedir.

Tablo 3.4 Çap-boy modeline ilişkin hesaplanan tahmin hataları

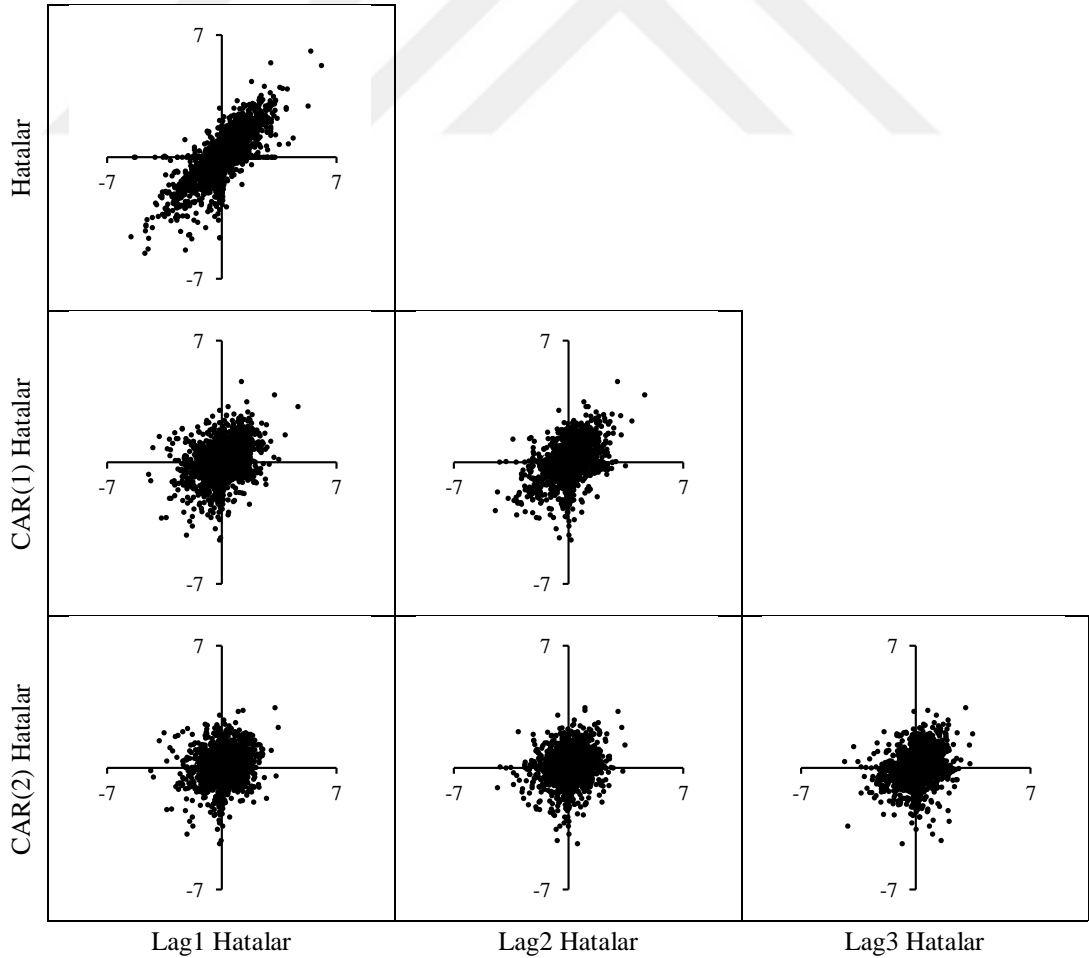
Model yapısı	Tahmin bölgesi	n	Ölçülen boy değerleri ortalaması (m)	Tahmin edilen boy değerleri ortalaması (m)	Ortalama hata (m)	Hata yüzdesi (%)
İndirgenmiş				17,4	0,30	1,75
Tam-E1	E1	137	17,1	17,3	0,18	1,05
Tam-E3				17,4	0,31	1,81
Tam-E4				17,4	0,30	1,75
İndirgenmiş				16,6	-0,01	-0,06
Tam-E1	E3	393	16,6	16,4	-0,20	-1,21
Tam-E3				16,6	-0,01	-0,06
Tam-E4				16,6	0,01	0,06
İndirgenmiş				16,8	-0,05	-0,30
Tam-E1	E4	160	16,8	16,5	-0,30	-1,79
Tam-E3				16,8	-0,03	-0,18
Tam-E4				16,8	-0,03	-0,18
İndirgenmiş				16,8	-0,03	-0,18



Grafik 3.1 Çap-boy modelinin kontrol grubu üzerindeki 1:1 ve hata grafikleri

3.1.2 Yetiştirme Ortamı Verim Gücüne İlişkin Bulgular

Bonitet endeks modellemesinde kullanılan gövde analizi verilerindeki olası otokorelasyon problemini belirlemek ve bu problemin tahminler üzerindeki etkilerinin giderilip giderilmediğini tespit edebilmek için modellere ilişkin otoregresif hata yapısı kullanılmadan, birinci derece otoregresif hata yapısı ($CAR(1)$) ve ikinci derece otoregresif hata yapısı ($CAR(2)$) kullanılarak hata ve gecikmeli hata grafikleri çizilmiştir (Grafik 3.2). Grafik incelendiğinde, otoregresif hata yapısı kullanılmadan önce hata değerleri arasında belirgin bir ilişkinin bulunduğu, $CAR(1)$ hata yapısı kullanılarak bu ilişkinin azaldığı ve $CAR(2)$ hata yapısı kullanılarak söz konusu ilişkinin neredeyse kaybolduğu görülmektedir. Bunun yanında, Tablo 3.5 incelendiğinde $CAR(2)$ hata yapısının kullanıldığı modellerde Durbin-Watson katsayılarının 2'ye yakın değerler aldığı ve var olan otokorelasyon probleminin tahminler üzerindeki etkisinin büyük ölçüde giderildiği görülmektedir.



Grafik 3.2 GCFY-1 modeline ilişkin hata-gecikmeli hata grafikleri

Bertalanffy-Richards, Hossfeld, King-Prodan ve Lundqvist-Korf temel büyüme modellerinden GCFY ile geliştirilmiş olan 5 adet bonitet endeks modeline ilişkin doğrusal olmayan regresyon analizi ve $CAR(2)$ hata yapısı uygulanarak elde edilen parametre tahminleri Tablo 3.5'te verilmiştir. Tabloda görüldüğü üzere, tüm parametreleri anlamlı olan modeller arasından en başarılı sonuçların elde edildiği modeller GCFY-1, GCFY-3 ve GCFY-4 modelleridir.

İstatistiksel ölçütler kullanılarak tüm parametreleri anlamlı olan tam model yapılarına ilişkin yapılan rölatif sıralamaya göre (Tablo 3.6) GCFY-1 ve GCFY-4 aynı genel sıralama değerlerini almışlardır. Bununla birlikte GCFY-3 modelinin de genel sıralama değeri oldukça başarılı ve diğer iki modele yakın hesaplanmıştır. GCFY-2 modeli için hesaplanan genel sıralama değeri ise oldukça yüksek hesaplanmıştır. Bu sebeplerle, istatistiksel ölçütler bakımından birbirine yakın ve oldukça başarılı sonuçlar gösteren GCFY-1, GCFY-3 ve GCFY-4 modellerinin grafiksel olarak incelenmesi ve büyüme kanuniyetlerine olan uygunluklarının karşılaştırılması uygun bulunmuştur.

Farklı ekorejyonlar için hesaplanan F-istatistikleri Tablo 3.7'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, her üç model için de tüm ekorejyonlar için anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Bir başka ifade ile, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcerelerine ilişkin üst boy gelişimi ekolojik farklılıklardan etkilenmektedir. Dolayısıyla, geliştirilen bonitet endeks modelleri için her bir ekorejyona ilişkin farklı parametre setlerini içeren tam model yapılarının kullanılması uygun olmaktadır.

Tablo 3.5 Bonitet endeks modellerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Model	Model formu	$R^2_{düz}$	OH	OMH	HKOK	AIC	Durbin-Watson	Parametreler	Tahmin
GCFY-1	İndirgenmiş	0,988	-0,06	0,54	0,78	-619,58	1,67	a	0,0101
								b	0,9910
	Tam	0,988	-0,06	0,54	0,77	-646,39	1,68	a	0,0107
								b	1,0226
								a_1	0,0002
								b_1	-0,0966
							a_2	-0,0032	
							b_2	-0,0112	
GCFY-2	İndirgenmiş	0,954	-0,33	1,12	1,53	1102,89	1,45	a	35,3906
								b	-67231,1
								c	2,3609
	Tam	0,956	-0,34	1,09	1,50	1069,49	1,48	a	35,6994
								b	-74502,6
								c	2,3844
								a_1	-2,7301
								b_1	30172,9
								c_1	-0,0182
								a_2	-1,4840
b_2	-24332,7								
c_2	-0,0253								
GCFY-3	İndirgenmiş	0,988	-0,06	0,54	0,78	-624,17	1,66	a	111,0237
								b	-7,7830
								c	1,2796
	Tam	0,988	-0,06	0,54	0,78	-617,13	1,73	a	115,1561
								b	-7,5079
								c	1,2840
								a_1	-5,8272
								b_1	1,1397
								c_1	0,0525
								a_2	3024,6
b_2	7,2874								
c_2	0,0563								
GCFY-4	İndirgenmiş	0,988	-0,06	0,54	0,78	-624,17	1,66	a	1,2798
								b	-7,7929
								c	864,7680
	Tam	0,988	-0,06	0,53	0,77	-654,11	1,69	a	1,3064
								b	-6,7196
								c	826,0676
								a_1	-0,0811
								b_1	3,0098
								c_1	-306,4280
								a_2	-0,0943
b_2	16,1377								
c_2	-731,6110								
GCFY-5	İndirgenmiş	0,988	-0,08	0,55	0,80	-567,67	1,68	a	3,6989*
								b	35,8312
								c	0,2985
	Tam	0,988	-0,08	0,54	0,79	-601,30	1,70	a	6,7302
								b	19,1641*
								c	0,3124
								a_1	-11,1653
								b_1	55,6054
								c_1	-0,0023
								a_2	17,2488
b_2	-117,8840								
c_2	-0,1355								

* 0,05 önem düzeyinde anlamsız bulunan parametreler

Tablo 3.6 Bonitet endeks modellerine ilişkin rölatif sıralamalar

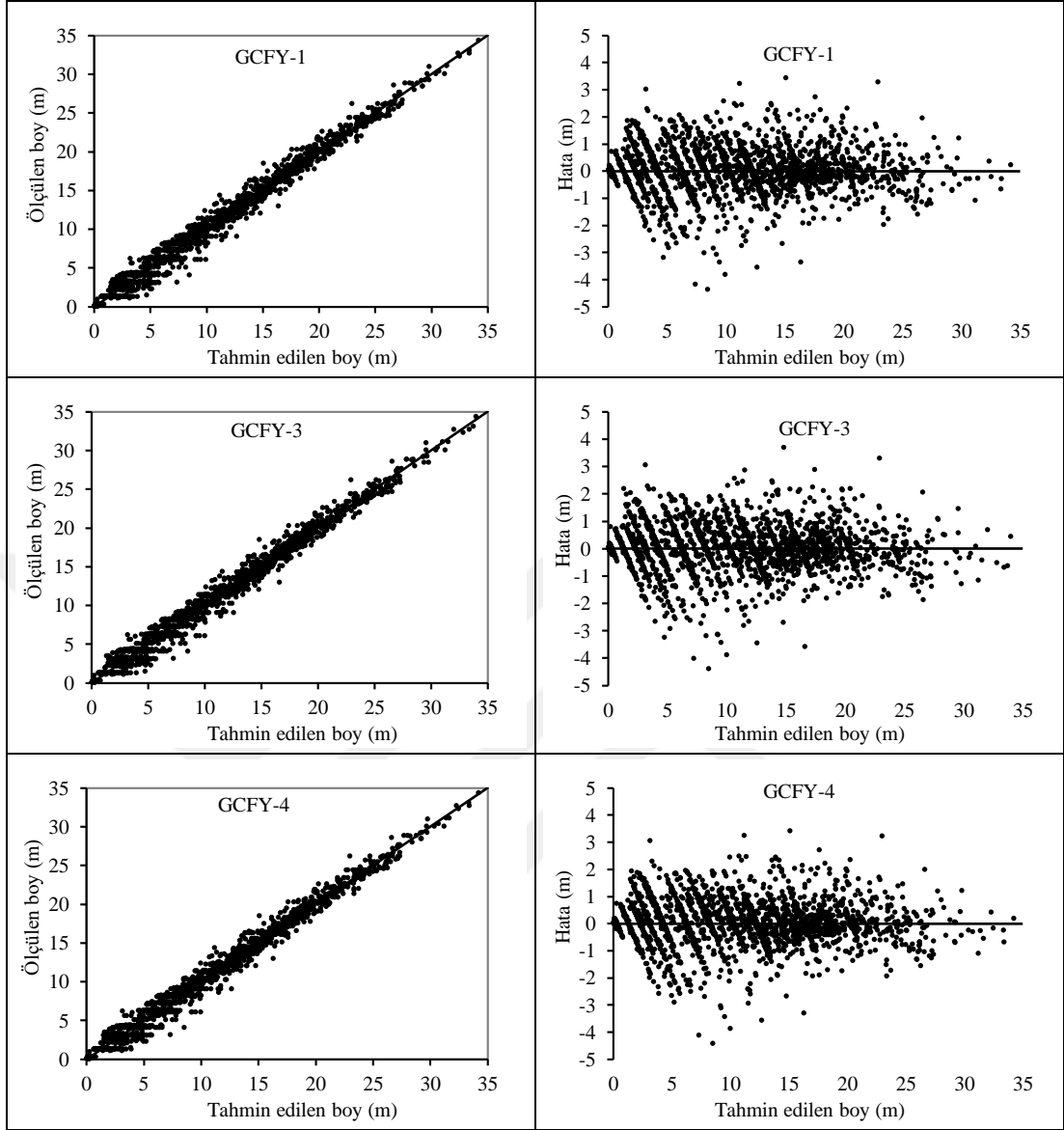
Model	$R_{düz}^2$	OH	OMH	HKOK	AIC	Toplam	Genel Sıralama
GCFY-1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,02	5,02	1,00
GCFY-2	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	20,00	4,00
GCFY-3	1,00	1,00	1,05	1,04	1,00	5,09	1,02
GCFY-4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00

Tablo 3.7 Bonitet endeks modellerine ilişkin F-testi sonuçları

Model	Karşılaştırılan Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F-değeri	p
		HKT*	DF*	HKT	DF			
GCFY-1	1-3-4	1586,3	2579	1541,8	2575	2583	18,5802	<0,0001
	1-3	1305,9	2220	1289,3	2218	2224	14,2786	<0,0001
	1-4	624,3	785	583,9	783	789	27,0879	<0,0001
	3-4	1230,1	2149	1209,4	2147	2153	18,3740	<0,0001
GCFY-3	1-3-4	1577,9	2578	1568,1	2572	2583	2,6790	0,0136
	1-3	1298,9	2219	1285,1	2216	2224	7,9322	<0,0001
	1-4	619,5	784	588,7	781	789	13,6203	<0,0001
	3-4	1225,6	2148	1217,5	2145	2153	4,7569	0,0026
GCFY-4	1-3-4	1577,9	2578	1523,6	2572	2583	15,2774	<0,0001
	1-3	1298,9	2219	1285,1	2216	2224	7,9322	<0,0001
	1-4	619,5	784	570,2	781	789	22,5087	<0,0001
	3-4	1225,6	2148	1191,1	2145	2153	20,7099	<0,0001

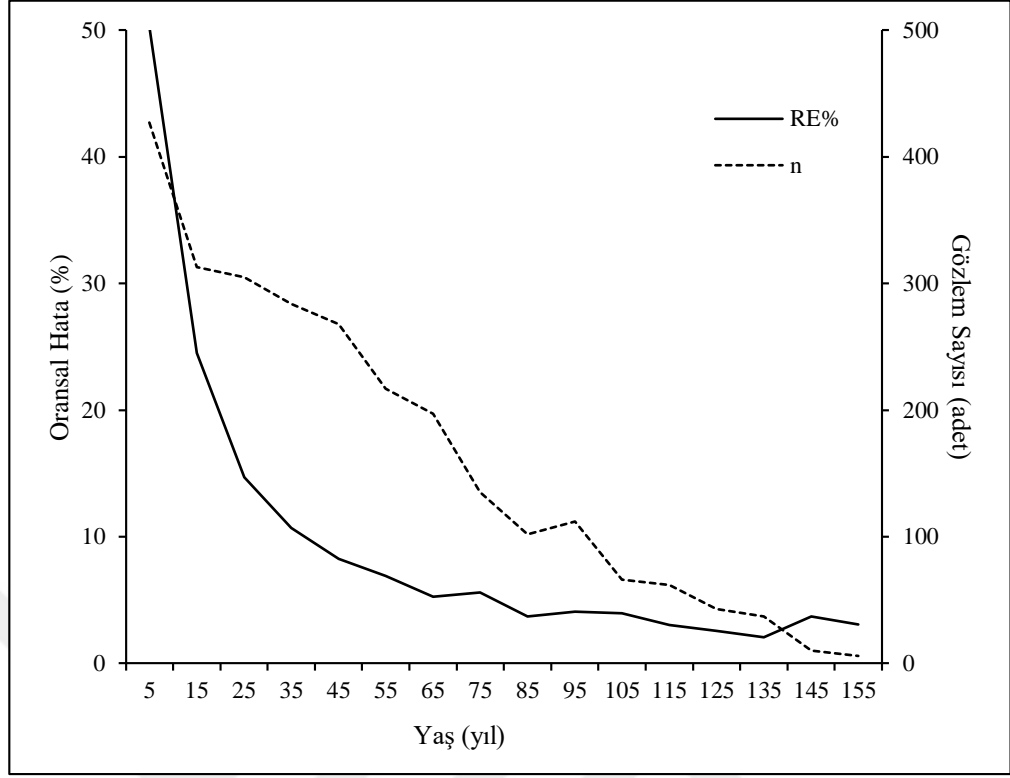
*HKT: Hata kareler toplamı, DF: Modelin serbestlik derecesi.

İstatistiksel ölçütlere göre en başarılı bulunan üç bonitet endeks modeline (GCFY-1, GCFY-3 ve GCFY-4) ilişkin tahmin başarılarının denetlenebilmesi ve modellerin karşılaştırılabilmesi için hata grafikleri çizilmiştir. Grafik 3.3'te bonitet endeks modellerine ilişkin tahmin edilen boy-gerçek boy, tahmin edilen boy-hata değerleri grafik eksene taşınmıştır. Bonitet endeks modellerine ilişkin tam model yapıları kullanılarak elde edilen tahmin ve hata değerleri incelendiğinde, hata değerlerinin her üç model için de rastgele bir dağılım gösterdiği ve hataların herhangi bir trende sahip olmadığı görülmektedir.



Grafik 3.3 Bonitet endeks modellerinin 1:1 ve hata grafikleri

Farklı standart yaşlara ilişkin oransal hata değerleri incelendiğinde (Grafik 3.4), 85 ile 135 yaş arasında en düşük hataların hesaplandığı görülmektedir. Standart yaş seçiminde, bu yaşın ağaç türünün idare süresinden büyük olmaması gerekliliğinden dolayı bu çalışma için en uygun standart yaş değeri 100 yıl olarak belirlenmiştir. Standart yaştaki minimum ve maksimum üst boy değerleri dikkate alınarak, 9 m sınıf genişliği olmak üzere 3 bonitet sınıfı oluşturulmuştur ve bonitet sınıflarının sınıf değerleri Tablo 3.8’de verilmiştir.



Grafik 3.4 Yaş sınıflarına bağlı olarak oransal hata yüzdelерinin değışimi

Tablo 3.8 Karaçam ağaç türü için düzenlenen bonitet sınıfları

Bonitet Sınıfları	Orta Değer (m)	Alt ve Üst Sınır Değerleri (m)
I	32,5	28,01-37,00
II	23,5	19,01-28,00
III	14,5	10,01-19,00

İstatiksel ölçütler ve hata dağılımları bakımından başarılı sonuçlar gösteren GCFY-1, GCFY-3 ve GCFY-4 modellerinin büyüme kanuniyetlerine uygunlukları grafik yöntemlerle incelenmiştir. Bonitet endeks modellerine ilişkin tam model yapıları, her bir ekorejyon için farklı parametre setleri içerdiği için bu modellerin söz konusu kanuniyetlere uygunlukları da ekorejyon bazında ayrı ayrı incelenmiştir.

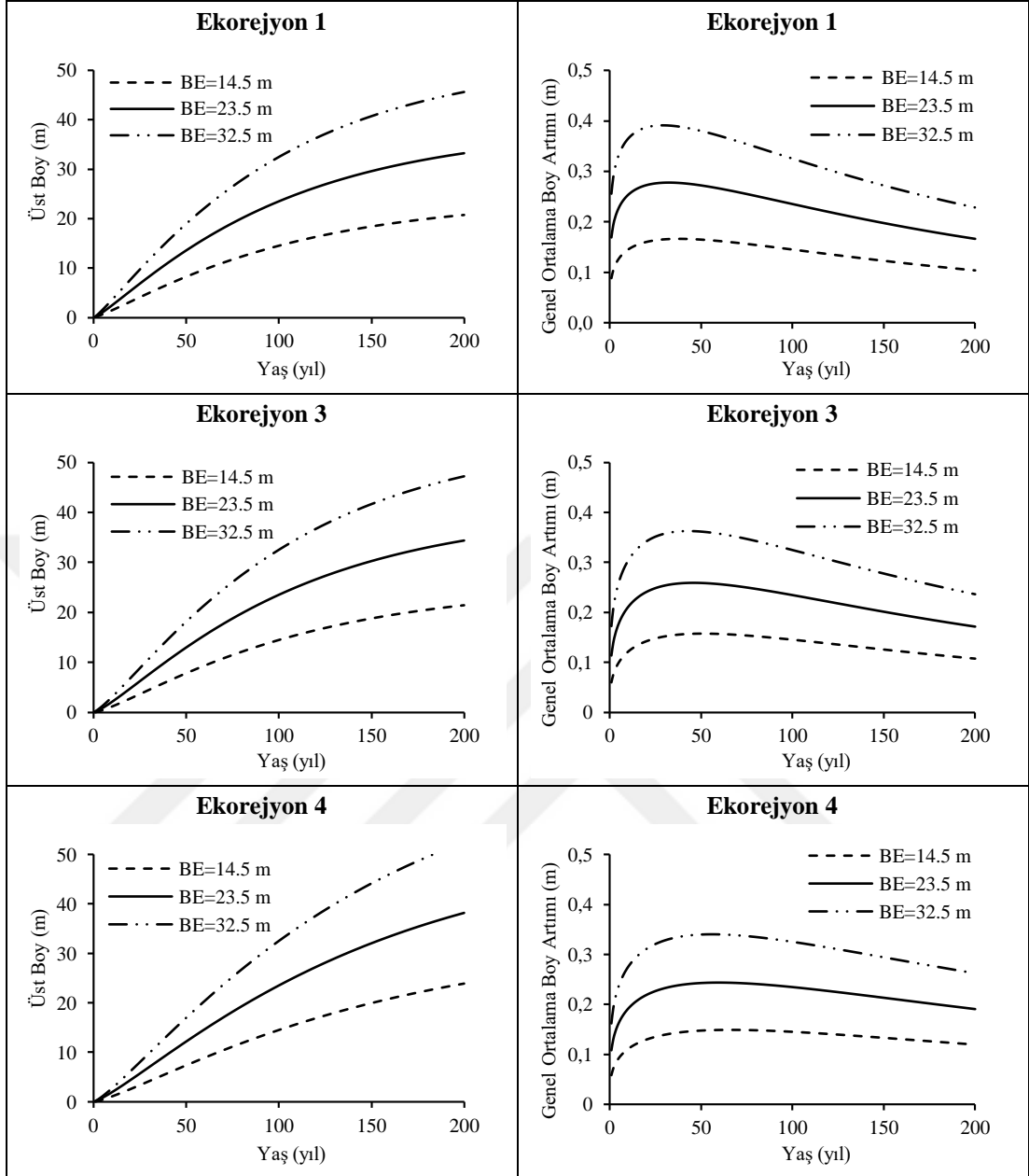
Bonitet endeks modellerine ilişkin tam model yapılarının büyüme kanuniyetlerine uygunluğunun denetlenmesi için, standart yaş 100 yıl alınarak bonitet sınıfı ortalarına karşılık gelen üç bonitet endeks (BE) değeri (32,5 m, 23,5 m ve 14,5 m) için bonitet endeks eğrileri çizilmiştir. Bunun yanında, genel ortalama boy artımlarının bonitet endekslerine (yetiştirme ortamı verim gücüne) göre değışimlerinin incelenmesi

amacıyla GCFY-1, GCFY-3 ve GCFY-4 modellerine ilişkin boy artım değerlerinin 200 yıllık değişimleri de her bir ekorejyon için ayrı ayrı grafik eksene taşınmıştır.

Grafik 3.5, 3.6 ve 3.7 incelendiğinde, GCFY-1 modeline ilişkin bonitet endeks eğrilerinin tüm ekorejyonlar için verim gücüne göre değişen (polimorfizm), çoklu asimptot ve S biçiminde bir trend göstermesi gibi biyolojik olarak gerçekçi özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, GCFY-1 modelinin tüm ekorejyonlar için “yetişme ortamı verim gücü arttıkça maksimum genel ortalama boy artımının değer olarak artması ve bu maksimum değere ulaşma yaşının azalması” kanuniyetini sağladığı görülmektedir.

GCFY-3 modelinin her bir ekorejyon için büyüme kanuniyetleri incelendiğinde bonitet endeks eğrilerinin Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3 için incelenen büyüme kanuniyetlerine uygun olduğu görülmektedir. Ancak, Ekorejyon 4 için geliştirilen bonitet endeks eğrilerinde maksimum genel ortalama boy artımı değerlerinin yetişme ortamı verim gücü arttıkça değer olarak artmasına karşın bu değerlere ulaşma yaşlarının hemen hemen bütün ekorejyonlar için aynı olduğu görülmektedir. GCFY-4 modeli ile geliştirilen bonitet endeks eğrileri incelendiğinde, Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3 için büyüme kanuniyetleri ile uyumlu sonuçlar elde edilirken, Ekorejyon 4 için biyolojik bakımdan uygun olmayan bonitet endeks eğrileri elde edilmiştir.

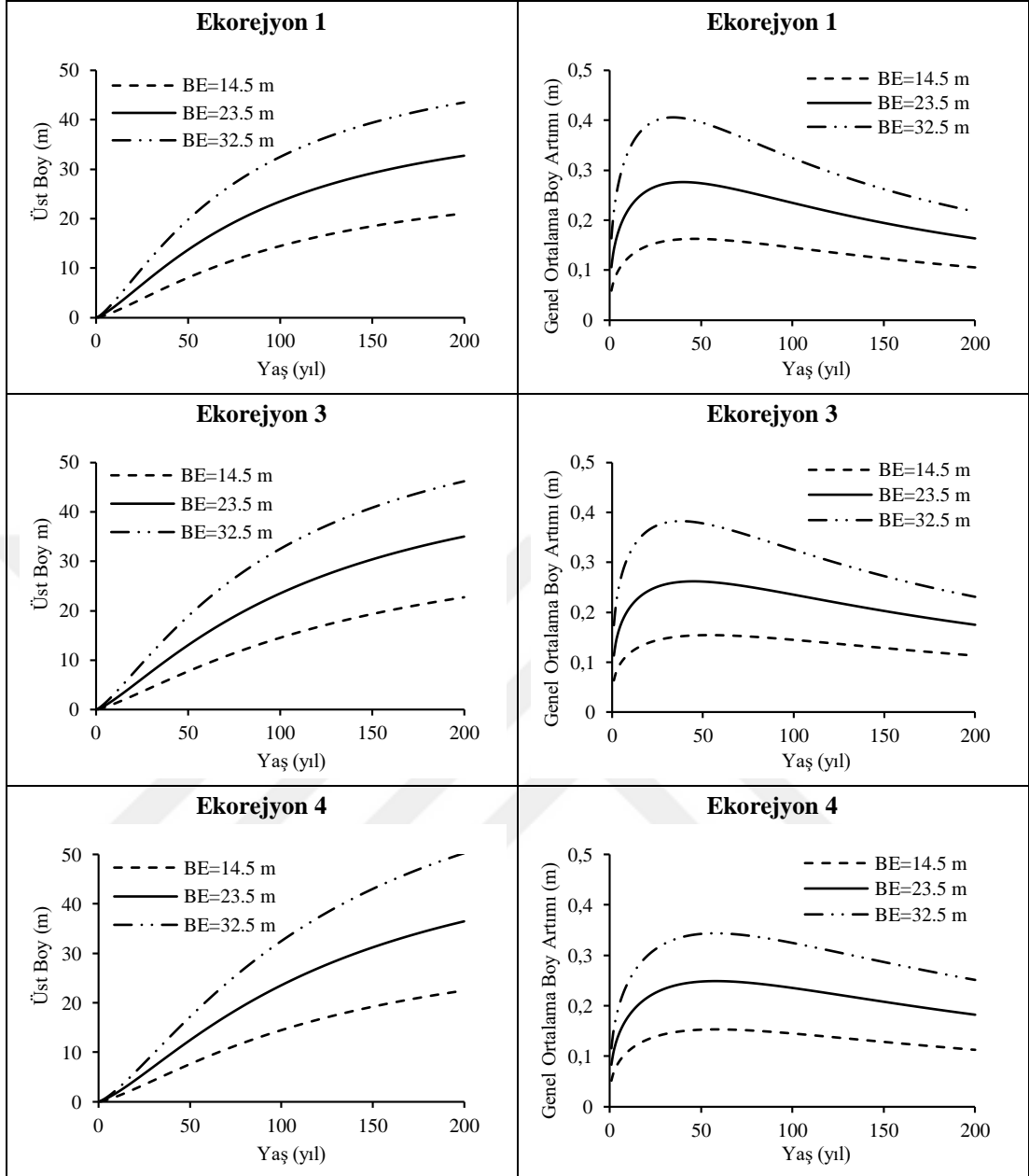
Çalışma kapsamında geliştirilen bonitet endeks modellerinin başarılarının ve uygunluklarının denetlenmesi yukarıda açıklanan üç aşamada (istatistiksel başarı, hata dağılımı ve büyüme kanuniyetlerine uygunluk) gerçekleştirilmiştir. GCFY-1, GCFY-3 ve GCFY-4 modellerinde ilk iki aşama için başarılı sonuçlar elde edilirken, son aşamada yalnızca GCFY-1 modeli biyolojik olarak gerçekçi tahminler sunmuştur. Bu sebeple, çalışma kapsamında yetişme ortamı verim gücü tahmini için en uygun model olarak GCFY-1 dinamik bonitet endeks modeline ilişkin tam model yapısı belirlenmiştir.



Grafik 3.5 GCFY-1 modeli ile Ekorejyon 1, 3 ve 4 için düzenlenen bonitet endeks eğrileri ve genel ortalama boy artımları

GCFY-1 farklı bonitet endeks eğrilerinin genel ortalama boy artımları incelendiğinde:

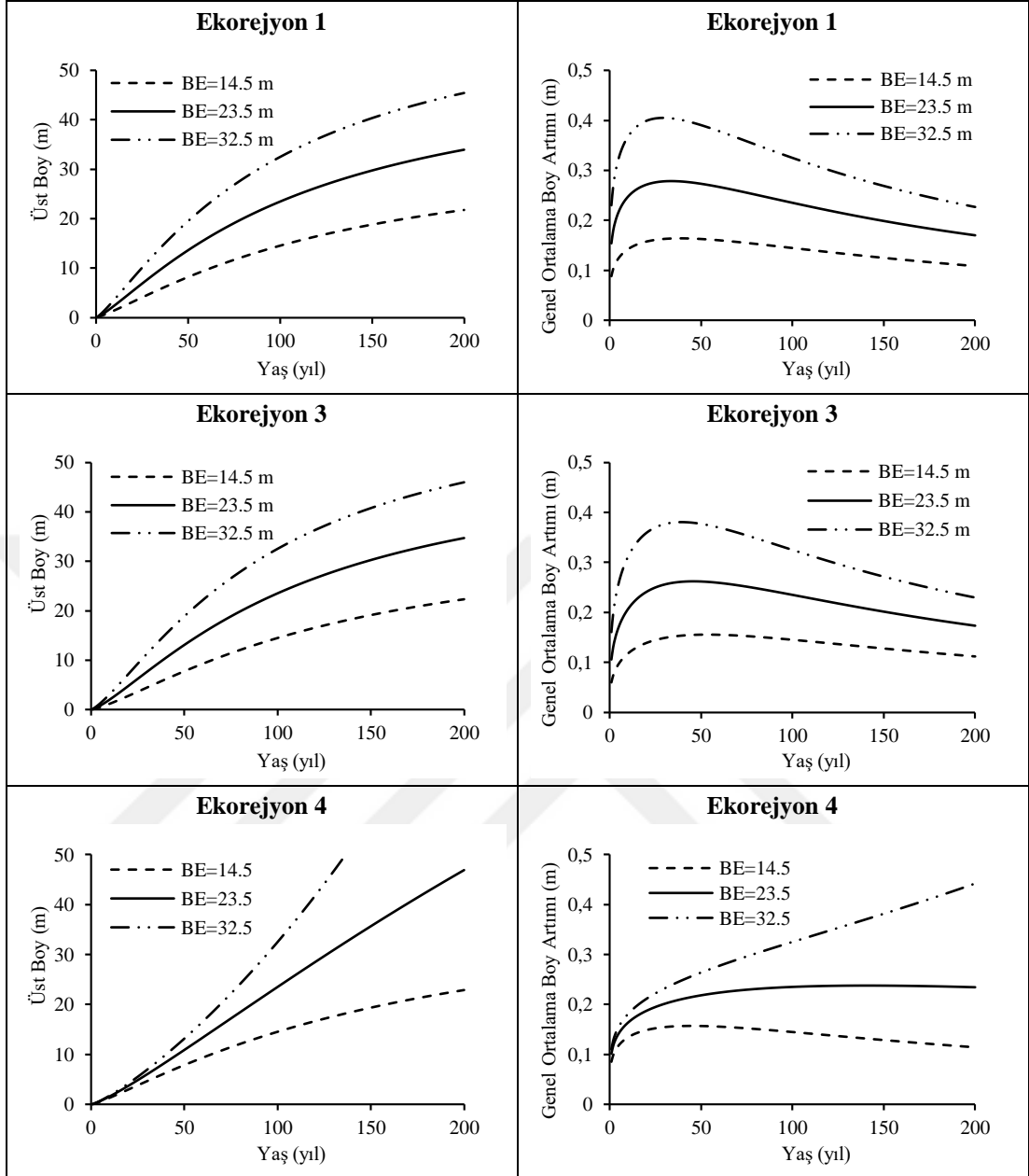
- Ekorejyon 1 için BE=14,5 m için 38 yaşında 0,17 m, BE=23,5 m için 32 yaşında 0,28 m, BE=32,5 m için 29 yaşında 0,39 m maksimum boy artımı,
- Ekorejyon 3 için BE=14,5 m için 51 yaşında 0,16 m, BE=23,5 m için 46 yaşında 0,26 m, BE=32,5 m için 43 yaşında 0,36 m maksimum boy artımı,
- Ekorejyon 4 için BE=14,5 m için 66 yaşında 0,15 m, BE=23,5 m için 60 yaşında 0,24 m, BE=32,5 m için 56 yaşında 0,34 m maksimum boy artımı sağlanmıştır.



Grafik 3.6 GCFY-3 modeli ile Ekorejyon 1, 3 ve 4 için düzenlenen bonitet endeks eğrileri ve genel ortalama boy artımları

GCFY-3 farklı bonitet endeks eğrilerinin genel ortalama boy artımları incelendiğinde:

- Ekorejyon 1 için BE=14,5 m için 47 yaşında 0,16 m, BE=23,5 m için 40 yaşında 0,28 m, BE=32,5 m için 35 yaşında 0,41 m maksimum boy artımı,
- Ekorejyon 3 için BE=14,5 m için 54 yaşında 0,16 m, BE=23,5 m için 45 yaşında 0,26 m, BE=32,5 m için 38 yaşında 0,38 m maksimum boy artımı,
- Ekorejyon 4 için BE=14,5 m için 58 yaşında 0,15 m, BE=23,5 m için 58 yaşında 0,25 m, BE=32,5 m için 58 yaşında 0,34 m maksimum boy artımı sağlanmıştır.



Grafik 3.7 GCFY-4 modeli ile Ekorejyon 1, 3 ve 4 için düzenlenen bonitet endeks eğrileri ve genel ortalama boy artımları

GCFY-1 farklı bonitet endeks eğrilerinin genel ortalama boy artımları incelendiğinde:

- Ekorejyon 1 için BE=14,5 m için 39 yaşında 0,17 m, BE=23,5 m için 34 yaşında 0,28 m, BE=32,5 m için 29 yaşında 0,41 m maksimum boy artımı,
- Ekorejyon 3 için BE=14,5 m için 53 yaşında 0,16 m, BE=23,5 m için 46 yaşında 0,26 m, BE=32,5 m için 39 yaşında 0,38 m maksimum boy artımı,
- Ekorejyon 4 için BE=14,5 m için 45 yaşında 0,16 m, BE=23,5 m için 141 yaşında 0,24 m, BE=32,5 m için >200 yaşında >0,50 m maksimum boy artımı sağlanmıştır.

Geliştirilen bonitet endeks modelleri arasında gerek istatistiksel gerekse grafik yöntemlerle yapılan incelemeler sonucunda Bertalanffy-Richards temel büyüme modelinden GCFY ile geliştirilmiş olan GCFY-1 modelinin tam model formu en başarılı bulunmuştur. En başarılı bulunan dinamik bonitet endeks modeline ilişkin tam model formu aşağıda verilmiştir:

$$h = \exp(X_0)[1 - \exp(-(0,0107 + 0,0002 I_1 - 0,0032 I_2)t)]^{((1,0226 - 0,0966 I_1 - 0,0112 I_2) + 1/X_0)}$$

$$X_0 = \frac{1}{2} \left((\ln h_0 - (1,0226 - 0,0966 I_1 - 0,0112 I_2)L_0) + \sqrt{(\ln h_0 - (1,0226 - 0,0966 I_1 - 0,0112 I_2)L_0)^2 - 4L_0} \right)$$

$$L_0 = \ln(1 - \exp(-(0,0107 + 0,0002 I_1 - 0,0032 I_2)t_0)) \quad (3.6)$$

Bu eşitlikte;

Ekorejyon 1 için $I_1 = 1$ ve $I_2 = 0$

Ekorejyon 3 için $I_1 = 0$ ve $I_2 = 0$

Ekorejyon 4 için $I_1 = 0$ ve $I_2 = 1$ değerlerini almaktadır.

Yukarıda verilen tam model yapısı kullanılarak her bir ekorejyon için farklı üst boy tahminleri elde edilebilecektir. Uygulamacıların kullanımında kolaylık sağlaması amacıyla bonitet endeks modelinin her bir ekorejyon için kullanılabilir formu aşağıda verilmiştir. Bununla birlikte, geliştirilen bonitet endeks modeli kullanılarak her bir ekorejyon için 200 yıllık üst boy tahminleri sunan bonitet endeks tabloları geliştirilmiştir (EK A).

Ekorejyon 1 için:

$$h = \exp(X_0)[1 - \exp(-0,0109 t)]^{(0,9260 + 1/X_0)}$$

$$X_0 = \frac{1}{2} \left((\ln h_0 - 0,9260 L_0) + \sqrt{(\ln h_0 - 0,9260 L_0)^2 - 4L_0} \right)$$

$$L_0 = \ln(1 - \exp(-0,0109 t_0)) \quad (3.7)$$

Ekorejyon 3 için:

$$h = \exp(X_0)[1 - \exp(-0,0107 t)]^{(1,0226+1/X_0)}$$

$$X_0 = \frac{1}{2} \left((\ln h_0 - 1,0226 L_0) + \sqrt{(\ln h_0 - 1,0226 L_0)^2 - 4L_0} \right)$$

$$L_0 = \ln(1 - \exp(-0,0107 t_0)) \quad (3.8)$$

Ekorejyon 4 için:

$$h = \exp(X_0)[1 - \exp(-0,0075 t)]^{(1,0114+1/X_0)}$$

$$X_0 = \frac{1}{2} \left((\ln h_0 - 1,0114 L_0) + \sqrt{(\ln h_0 - 1,0114 L_0)^2 - 4L_0} \right)$$

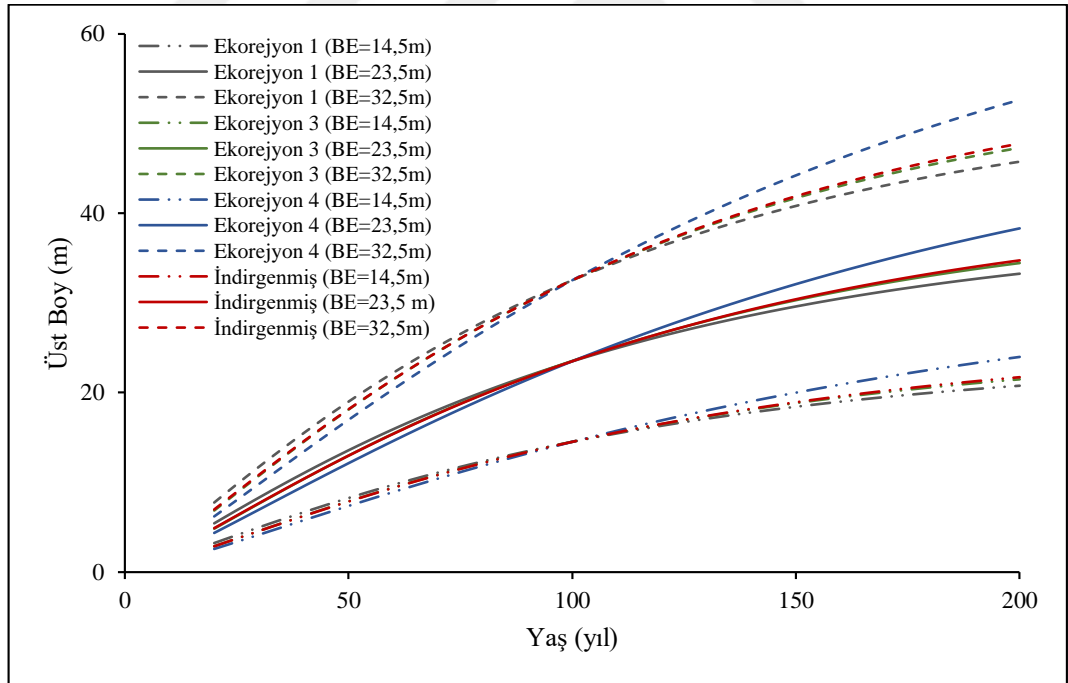
$$L_0 = \ln(1 - \exp(-0,0075 t_0)) \quad (3.9)$$

Çalışma kapsamında geliştirilen ve başarılı bulunan bonitet endeks modeli tüm ekorejyonlar için farklı parametre setlerine sahiptir ve söz konusu model kullanılarak yapılacak olan üst boy tahminleri meşcerenin içerisinde bulunduğu ekorejyona göre farklılık göstermektedir. Üst boy gelişiminin ekorejyonlar arasındaki farklılıklarını grafiksel olarak inceleyebilmek için GCFY-1 bonitet endeks modeli kullanılarak her ekorejyona ilişkin farklı verim gücü değerleri için bonitet endeks eğrileri çizilmiştir. Bunun yanında, çalışma alanı geneli için ortak parametre değerlerine sahip indirgenmiş bonitet endeks modeline ilişkin tahmin değerleri de grafik eksene taşınmıştır (Grafik 3.8). Grafik incelendiğinde, Ekorejyon 4 için yapılan üst boy tahminlerinin 100 yaşına (standart yaş) kadar diğer ekorejyonlar için yapılan üst boy tahminlerinden düşük, 100 yaşından sonra ise yüksek değerler aldığı görülmektedir. Bunun yanında, Ekorejyon 1 için yapılan üst boy tahminlerinin 100 yaşına kadar diğer ekorejyonlar için yapılan üst boy tahminlerinden yüksek, 100 yaşından sonra ise düşük değerler aldığı grafikte görülmektedir. Yani, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü içerisinde yayılış yapan Karaçam meşcerelerinin 100 yaşına kadar yaptıkları üst boy gelişimi en iyiden en kötüye sırası ile Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 iken, 100 yaşından sonra tam tersi bir durum söz konusudur.

Üst boy gelişimi açısından ekorejyonlar arasındaki farklılıklar incelendiğinde (özellikle fena yetiştirme ortamı koşullarında), 100 yaşına kadar aradaki farklılıklar az

iken 100 yaşından sonra bu farklılıklar artmıştır. Özellikle Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3'teki üst boy gelişimi birbirine değer olarak yakinken, Ekorejyon 4'te yayılış gösteren karaçam meşcerelerine ilişkin gelişim diğer ekorejyonlardan oldukça farklılık göstermektedir.

Çalışma alanı geneli için ekolojik farklılıkları dikkate almadan geliştirilen ve tüm ekorejyonlar için ortak parametre setine sahip indirgenmiş tam model yapısı kullanılarak çizilen bonitet endeks eğrileri incelendiğinde tam model yapısı ile Ekorejyon 3 için çizilen eğriler ile oldukça benzerlik göstermektedir. Bir başka ifade, genel bir model kullanılması durumunda yapılan tahminler Ekorejyon 3 özelinde ekolojik tabanlı model ile yakın tahminler sunmaktadır. Bunun yanında, indirgenmiş modelle yapılan üst boy tahminleri 100 yaşına kadar Ekorejyon 1 için düşük, Ekorejyon 4 için yüksek tahmin değerleri sunmakta iken, 100 yaşından sonra tam tersi bir durum söz konusudur.



Grafik 3.8 Bonitet endeks modelinin ekorejyonlara ilişkin bonitet endeks değerlerinin karşılaştırılması

Her bir ekorejyon için kullanılabilir formu ayrı ayrı verilen ekolojik tabanlı bonitet endeks modeli kullanılarak her bir ekorejyona ait veri grubunda tahminler yapılmış ve tahmin hata yüzdeleri hesaplanmıştır (Tablo 3.9). Tablo incelendiğinde, bonitet endeks

modelinin parametre tahmini yapılan ekorejyonlarda doğru kullanılması durumunda yaklaşık %0,9 ile %2,2 arasında değişen mutlak tahmin hataları söz konusudur.

Tam model yapısı yerine tüm çalışma alanı için ortak parametre setine sahip (indirgenmiş) bonitet endeks modelinin kullanılması durumunda Ekorejyon 1’de yapılan tahminlerde yaklaşık %5,3; Ekorejyon 3’te yapılan tahminlerde yaklaşık %0,7 ve Ekorejyon 4’te yapılan tahminlerde yaklaşık %2,6’lık bir mutlak tahmin hatası söz konusu olmaktadır. İndirgenmiş ve tam modeller ile Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4’te yapılan tahminler birbirlerine yakın hata değerlerine sahipken, Ekorejyon 1’de indirgenmiş model yapısı ile yapılan tahminler tam modele göre oldukça yüksek hata yüzdesine (%5,30) olmaktadır.

Geliştirilen ekolojik tabanlı bonitet endeks modelinin konu ekorejyondan farklı bir ekorejyonda kullanılması durumunda %6,4 yüksek tahmin (overestimation) ve %8,8 düşük tahmin (underestimation) değerleri ile karşılaşılmaktadır. En yüksek hata yüzdelерinin elde edildiği durumlar, Ekorejyon 1 için geliştirilen modelin Ekorejyon 4’te ve Ekorejyon 4 için geliştirilen modelin Ekorejyon 1’de kullanılmasıdır. Bu durum, Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 4 içerisindeki üst boy gelişimlerinin birbirlerinden oldukça farklı olduğu sonucunu da doğrulamaktadır.

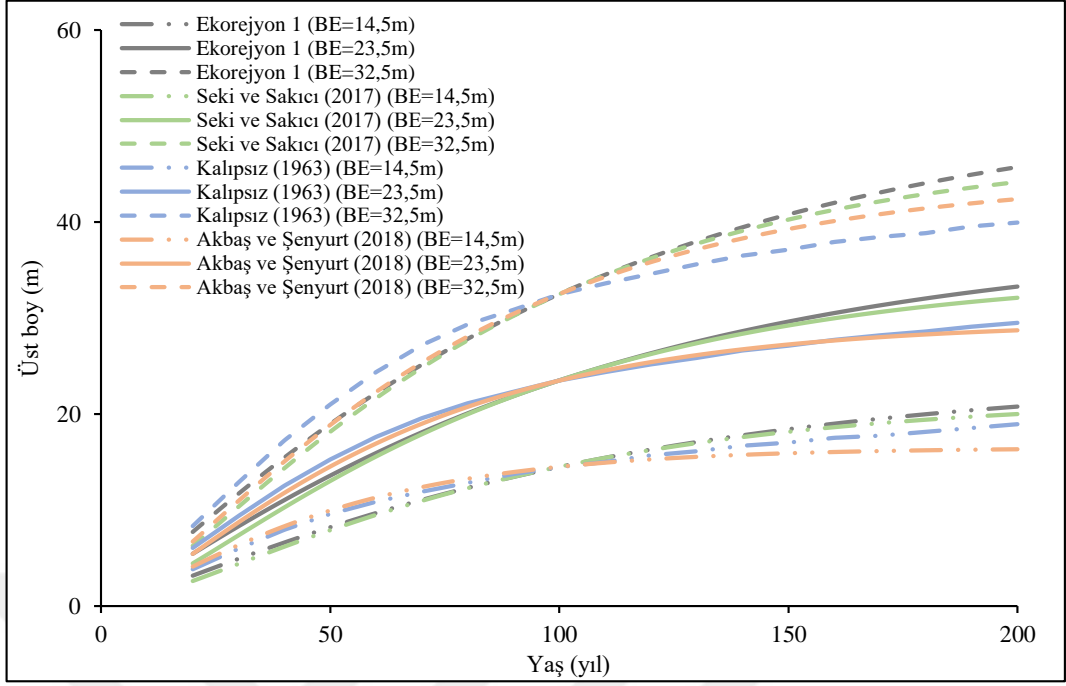
Tablo 3.9 Bonitet endeks modeline ilişkin hesaplanan tahmin hataları

Model yapısı	Tahmin bölgesi	n	Ölçülen üst boy değerleri ortalaması (m)	Tahmin edilen üst boy değerleri ortalaması (m)	Ortalama hata (m)	Hata yüzdesi (%)
İndirgenmiş				11,1	-0,62	-5,30
Tam-E1	E1	430	11,7	11,5	-0,26	-2,22
Tam-E3				11,1	-0,64	-5,47
Tam-E4				10,7	-1,03	-8,80
İndirgenmiş				9,5	-0,07	-0,73
Tam-E1	E3	1794	9,6	9,8	0,26	2,71
Tam-E3				9,5	-0,09	-0,94
Tam-E4				9,1	-0,45	-4,69
İndirgenmiş				8,7	0,22	2,59
Tam-E1	E4	359	8,5	9,0	0,54	6,35
Tam-E3				8,7	0,22	2,59
Tam-E4				8,3	-0,18	-2,12

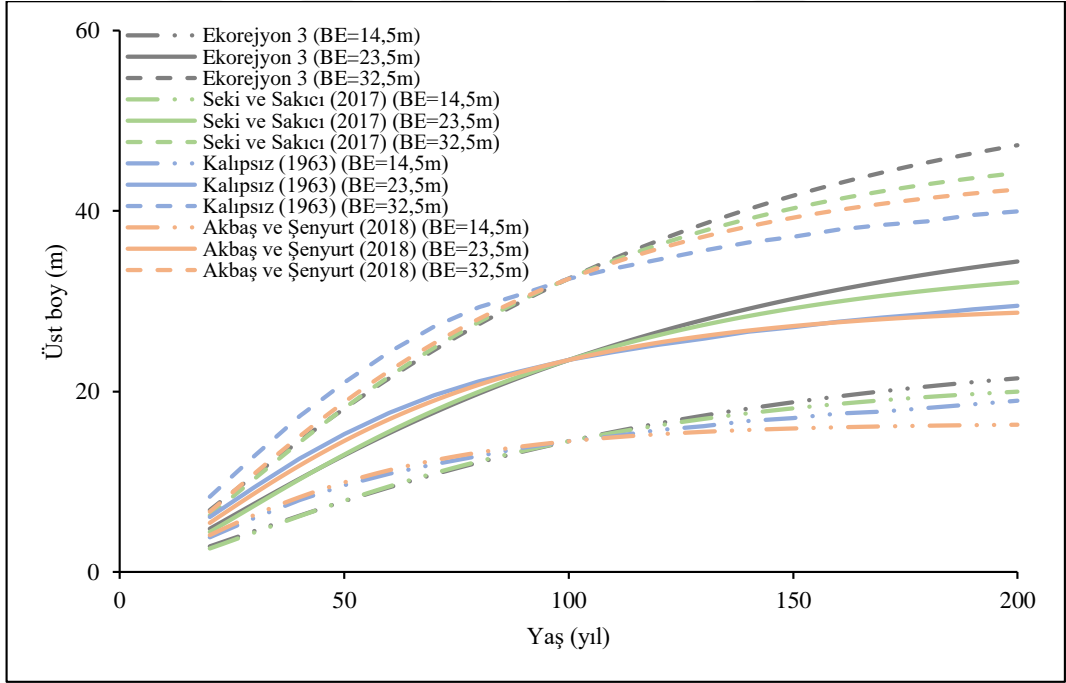
Karaçam türü için ülkemizde yapılmış yetiştirme ortamı verim gücü belirleme çalışmalarına bakıldığında, Kalıpsız (1963) tarafından ülkemiz genelinde yayılış gösteren doğal karaçam meşcereleri için bonitet endeks tablosu, Mısır (2003) tarafından ülkemiz karaçam ağaçlandırmaları için bonitet endeks tablosu, Seki ve Sakıcı (2017) tarafından Kastamonu Taşköprü yöresi doğal karaçam meşcereleri için dinamik bonitet endeks modeli ve Akbaş ve Şenyurt (2018) tarafından da Çankırı Sarıkaya yöresi doğal karaçam meşcereleri için dinamik bonitet endeks modeli geliştirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen bonitet endeks modeli, yukarıda bahsedilen Kalıpsız (1963), Seki ve Sakıcı (2017) ve Akbaş ve Şenyurt (2018) tarafından geliştirilen modeller ile karşılaştırılmıştır. Mısır (2003) tarafından yapılan çalışma yapay karaçam meşcerelerini kapsadığı için bu karşılaştırmaya dahil edilmemişlerdir.

Kalıpsız (1963), Seki ve Sakıcı (2017) ve Akbaş ve Şenyurt (2018) tarafından geliştirilen bonitet endeks eğrileri ile bu tez çalışması kapsamında geliştirilen GCFY-1 bonitet endeks modeli kullanılarak sırasıyla Ekorejyon 1 (Grafik 3.9), Ekorejyon 3 (Grafik 3.10) ve Ekorejyon 4 (Grafik 3.11) için 200 yıllık tahmin edilen bonitet endeks değerleri grafik yöntemle karşılaştırılmıştır. Grafiklerde görüldüğü üzere, GCFY-1 modeli kullanılarak tüm ekorejyonlar için çizilen bonitet endeks eğrileri Seki ve Sakıcı (2017) modeli ile geliştirilen eğriler ile özellikle 100 yaşına kadar benzerlik gösterirken, bu yaştan sonra aralarındaki farklılaşma artmıştır.

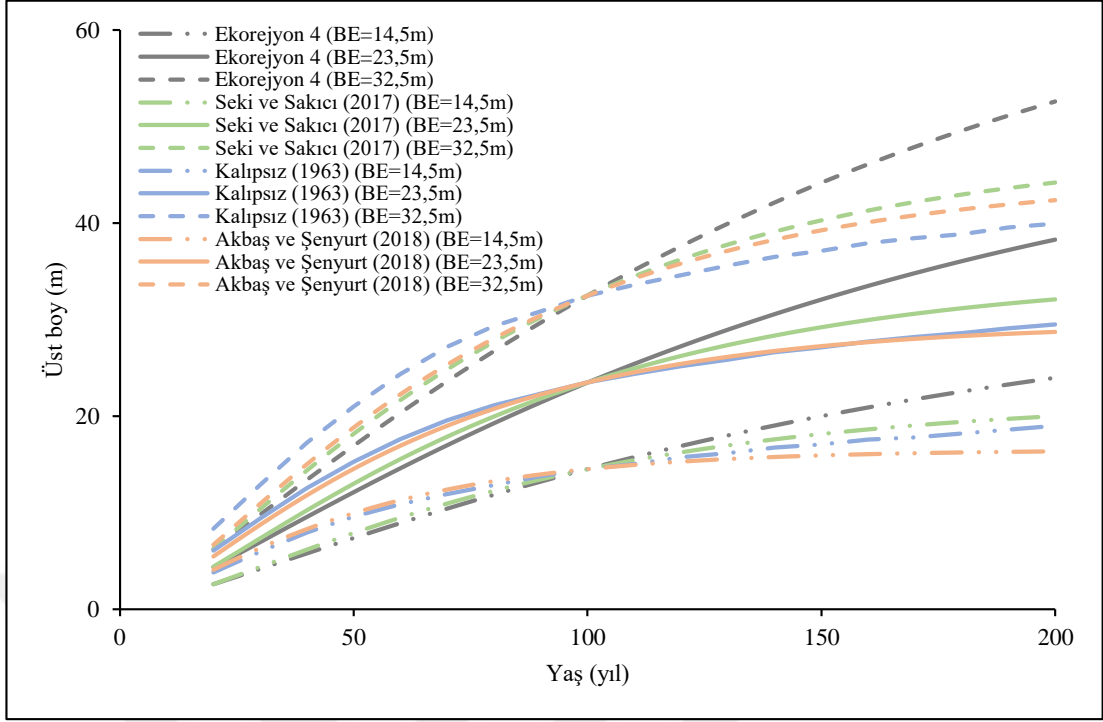
Bu çalışma kapsamında her üç ekorejyon için geliştirilen bonitet endeks değerleri 100 yaşına kadar Kalıpsız (1963) modeline ilişkin değerlerden daha düşük, 100 yaşından sonra ise tüm modellere ilişkin bonitet endeks değerlerinden de yüksek değerler almaktadır. Tüm modellere ilişkin değerler arasındaki farklılıklar fena yetiştirme ortamlarında az iken, verimli sahalarda bu farklılık artmaktadır.



Grafik 3.9 Ekorejyon 1'e ait bonitet endeks değerleri ile literatürdeki bonitet endeks değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 3.10 Ekorejyon 3'e ait bonitet endeks değerleri ile literatürdeki bonitet endeks değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 3.11 Ekorejyon 4'e ait bonitet endeks değerleri ile literatürdeki bonitet endeks değerlerinin karşılaştırılması

Son yıllarda ormancılıkta yapılan yetiştirme ortamı verim gücü belirleme (bonitleme) çalışmalarında gerek ulusal gerekse uluslararası literatürde birçok ağaç türü için dinamik bonitet endeks modelleri geliştirilmiştir. Farklı modellere ilişkin başarıların denetlendiği ve en uygun bonitet endeks modellerinin seçildiği bu çalışmalar ulusal ve uluslararası ölçekte ayrı ayrı aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Ülkemizde geliştirilen dinamik bonitet endeks modelleri incelendiğinde; Karadeniz Bölgesi'nde yapılan çalışmada sarıçam, karaçam, ladin, kayın ve göknar olmak üzere beş farklı tür için GCFY ile türetilmiş dinamik bonitet endeks denklemleri geliştirilmiştir (Yavuz vd., 2010). Bunun yanında, sarıçam (Şenyurt ve Ercanlı, 2013), kayın (Ercanlı vd., 2014), karaçam (Seki ve Sakıcı, 2017) ağaç türlerine ilişkin yapılan bonitleme çalışmalarında *Bertalanffy-Richards* temel büyüme modelinden GCFY ile türetilen dinamik bonitet endeks modeli başarılı bulunmuştur. Ayrıca, karaçam (Akbaş ve Şenyurt, 2018), göknar (Alkan, 2019), sedir (Özçelik vd., 2019) ağaç türleri için yapılan bonitleme çalışmalarında da *Chapman-Richards* temel büyüme modelinden GCFY ile türetilen dinamik bonitet endeks modeli en başarılı model olarak belirlenmiştir. Sarıçam (Ercanlı vd., 2014) ve kızılçam (Kahriman vd., 2018) ağaç türleri için yapılan bonitleme çalışmalarında ise *Hossfeld* temel büyüme modelinden

GCFY ile türetilen dinamik bonitet endeks modeli en başarılı model olarak belirlenmiştir.

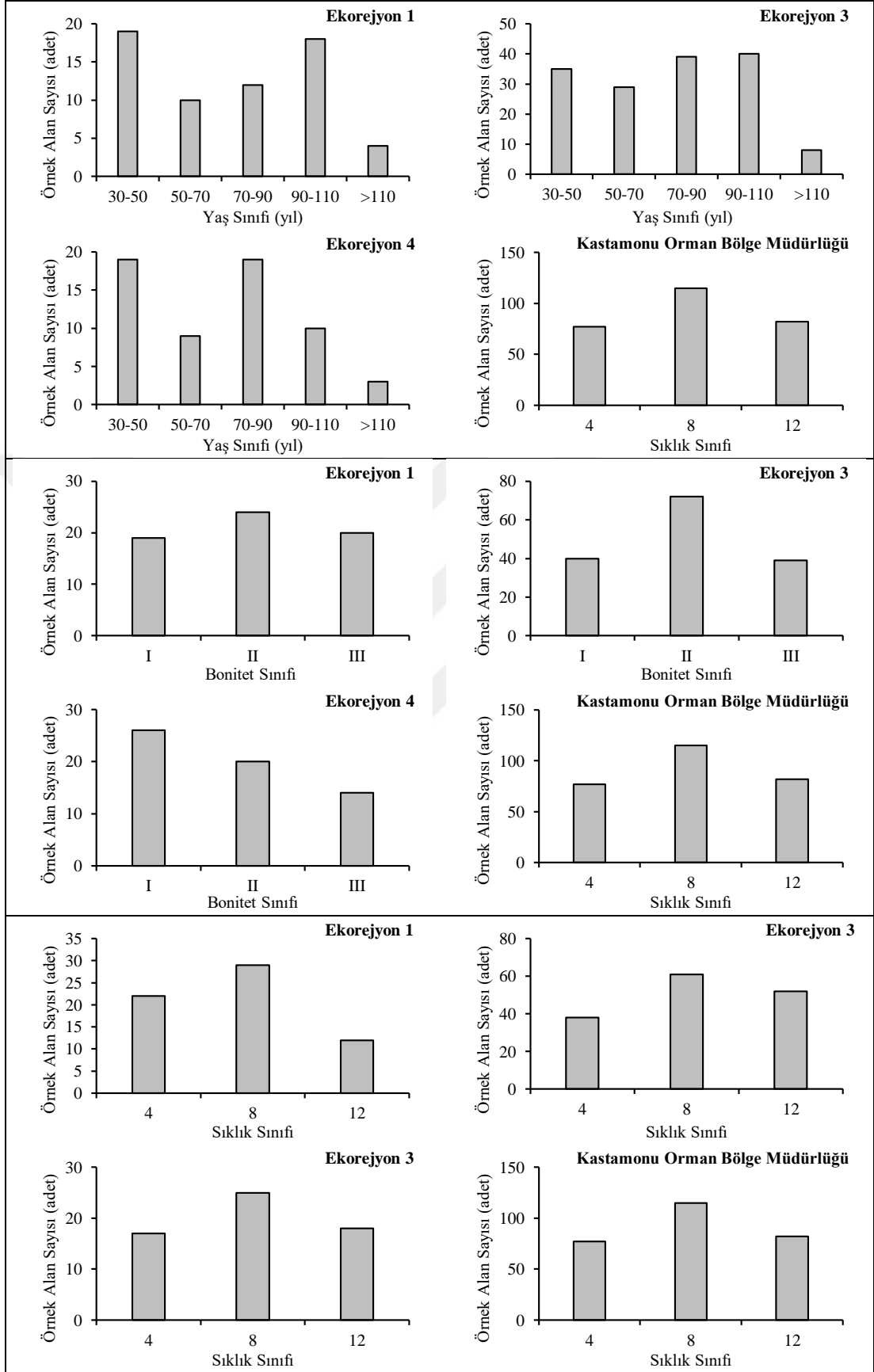
Ülkemizde yapılan ve dinamik bonitet endeks modellerinin geliştirildiği çalışmalarda en başarılı sonuçlar Bertalanffy-Richards, Chapman-Richards ve Hossfeld temel büyüme modellerinden *GCFY* ile geliştirilmiş dinamik bonitet endeks modelleri ile elde edilmiştir. Daha önce de bahsedildiği üzere Bertalanffy-Richards, Chapman-Richards, Richards aynı temel büyüme modeli için farklı kaynaklarda kullanılan isimlerdir. Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen ve gerek istatistiksel olarak gerekse büyüme kanuniyetleri açısından en başarılı sonuçların elde edildiği Bertalanffy-Richards temel büyüme modelinden *GCFY* ile türetilen bonitet endeks modeli uluslararası literatürde de sıklıkla kullanılan ve tavsiye edilen bir modeldir (Álvarez González vd., 2005; Wang vd., 2007; Lopez-Senespleda vd., 2014, Rodríguez-Carrillo vd., 2015; Pyo, 2017; Castillo-López vd., 2018).

3.1.3 Kalan Meşcere Öğelerine İlişkin Bulgular

Arazi çalışmalarında alınan ve ham veri niteliğinde olan örnek alanlarda yapılan ölçümler, çalışma kapsamında geliştirilen çap-boy modeli, bonitet endeks modeli ve “2.3.1.1 Örnek alan verilerinin değerlendirilmesi” başlığı altında verilen eşitlikler yardımıyla meşcere özellikleri hesaplanmıştır. Örnek alanlara ilişkin hesaplanan çeşitli istatistiksel bilgiler Tablo 3.10’da, örnek alanların yaş, sıklık ve bonitet sınıflarına dağılımları Grafik 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.10 Örnek alanlara ilişkin istatistiksel bilgiler

Ekorejyon	Meşcere Özelliği	n	Minimum	Maksimum	Ortalama
Ekorejyon 1	Yaş (yıl)		36	127	75
	Bonitet Endeksi (m)		12,6	37,8	23,7
	Sıklık Derecesi		2,95	12,76	7,31
	Orta Çap (cm)		17,9	47,4	31,8
	Orta Boy (m)	63	9,0	30,0	16,8
	Üst Boy (m)		9,7	31,7	17,7
	Ağaç Sayısı (adet/ha)		133	1275	578
	Göğüs Yüzeyi (m ² /ha)		19,34	66,14	40,64
	Hacim (m ³ /ha)		99,47	868,90	331,73
Ekorejyon 3	Yaş (yıl)		30	137	75
	Bonitet Endeksi (m)		12,9	40,0	24,1
	Sıklık Derecesi		2,07	18,12	8,65
	Orta Çap (cm)		10,2	48,9	28,1
	Orta Boy (m)	151	5,8	29,6	17,0
	Üst Boy (m)		6,5	30,8	18,1
	Ağaç Sayısı (adet/ha)		108	3050	916
	Göğüs Yüzeyi (m ² /ha)		12,31	88,71	44,92
	Hacim (m ³ /ha)		56,80	1206,93	383,27
Ekorejyon 4	Yaş (yıl)		30	137	70
	Bonitet Endeksi (m)		12,2	41,7	26,1
	Sıklık Derecesi		3,70	14,68	8,21
	Orta Çap (cm)		13,4	47,2	26,6
	Orta Boy (m)	60	9,0	27,1	16,3
	Üst Boy (m)		9,5	28,0	17,3
	Ağaç Sayısı (adet/ha)		250	2250	940
	Göğüs Yüzeyi (m ² /ha)		14,00	75,24	41,54
	Hacim (m ³ /ha)		64,51	879,53	337,60
Toplam	Yaş (yıl)		30	137	74
	Bonitet Endeksi (m)		12,2	41,7	24,4
	Sıklık Derecesi		2,07	18,12	8,25
	Orta Çap (cm)		10,2	48,9	28,6
	Orta Boy (m)	274	5,8	30,0	16,8
	Üst Boy (m)		6,5	31,7	17,8
	Ağaç Sayısı (adet/ha)		108	3050	843
	Göğüs Yüzeyi (m ² /ha)		12,31	88,71	43,20
	Hacim (m ³ /ha)		56,80	1206,93	361,42



Grafik 3.12 Örnek alanlara ilişkin dağılım grafikleri

Bu çalışmada, karaçam meşcereleri için düzenlenen sıklığa bağlı hasılat tablolarına ilişkin kalan meşcere öğelerinin (orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim) tahminlerinde kullanılmak üzere doğrusal olmayan regresyon modelleri geliştirilmiştir. Her bir meşcere öğesine ilişkin 5 farklı regresyon modeli için parametre tahminleri yapılmıştır. Meşcere modellerine ilişkin parametre tahmin değerleri ve istatistiksel başarı ölçütleri ($R_{düz}^2$, OH , OMH , $HKOK$ ve AIC) orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim tahminleri için sırasıyla Tablo 3.11, 3.12, 3.13, 3.14 ve 3.15'te verilmiştir.

Orta çap ve ağaç sayısı tahminleri için M-1 ve M-2, göğüs yüzeyi tahmini için M-1, M-2 ve M-5 ve hacim tahmini için M-2 modellerine ilişkin bazı parametre değerleri 0,05 önem düzeyinde anlamsız bulunmuştur. Tüm parametre değerleri anlamlı olan meşcere modellerinin istatistiksel başarı ölçütlerine ilişkin rölatif sıralamalar incelendiğinde (Tablo 3.16), orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim tahminleri için en başarılı genel sıralama değerlerine sahip modeller sırası ile M-4, M-2, M-3, M-3 ve M-1 olarak belirlenmiştir. Ağaç sayısı ve göğüs yüzeyi tahminleri için en başarılı rölatif sıralama değerine sahip M-3 modelinin meşcere gelişimindeki polimorfik özelliği yansıtamaması sebebi ile bu meşcere özelliklerine ilişkin tahminlerde de en yakın başarı sıralamasına sahip olan M-4 modeli seçilmiştir.

İstatistiksel ölçütlere göre başarılı sonuçlar veren ve bilinen büyüme yasaları ile uyumlu eğriler oluşturan modeller orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim tahminleri için sırası ile M-4, M-2, M-4, M-4 ve M-1 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.11 Meşçere orta çapı denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Model	Model formu	R_{aiz}^2	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin	
M-1	İndirgenmiş	0,696	-0,03	3,76	4,70	434,03	a	8,1056	
							b	0,8070	
							c	-16,4728	
							d	-0,2618	
							e	1,0973*	
	Tam	0,745	-0,04	3,40	4,31	430,30	a_1	4,0866	
							b_1	-0,0200	
							c_1	-5,4121	
							d_1	-0,2155	
							e_1	17,1706	
M-2	İndirgenmiş	0,708	-0,04	3,67	4,61	430,73	a	27,2463	
							b	0,4547	
							c	10,5754*	
							d	-0,2874	
							e	3,4809*	
	M-2	Tam	0,761	-0,05	3,17	4,17	427,25	f	-94,9833
								a	19,5561
								b	0,4775
								c	3,5750*
								d	-0,1737*
M-2		Tam	0,761	-0,05	3,17	4,17	427,25	e	-4,5219*
								f	-55,7463*
								a_1	105,2160
								b_1	-0,5838
								c_1	43,2630
M-2	Tam	0,761	-0,05	3,17	4,17	427,25	d_1	-0,0405	
							e_1	4,2521	
							f_1	-135,2580	
							a_2	-9,3299	
							b_2	0,3990	
M-2	Tam	0,761	-0,05	3,17	4,17	427,25	c_2	0,9578	
							d_2	-0,1950	
							e_2	14,2539	
							f_2	-49,6890	

Tablo 3.11'in devamı

Model	Model formu	R_{aiz}^2	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin							
M-3	İndirgenmiş	0,667	-0,04	3,88	4,92	444,57	a	8,7440							
							b	0,5509							
							c	0,1044							
							d	-25,3298							
	Tam	0,722	-0,05	3,51	4,50	436,12	a	10,2999							
							b	0,4897							
							c	0,1061							
							d	-25,2754							
							a_1	2,8188							
							b_1	-0,0468							
							c_1	-0,0786							
							d_1	6,2618							
							a_2	-7,9770							
							b_2	0,4121							
c_2	0,1970														
d_2	-8,4355														
İndirgenmiş	0,694	-0,38	3,61	4,58	424,95	a	1,0172								
						b	-15,6745								
						c	-0,0780								
						d	0,1831								
M-4	İndirgenmiş	0,503	-0,80	4,73	6,01	497,40	a	1,0808							
							b	-16,0002							
							c	-0,0812							
							d	0,1646							
	Tam	0,749	-0,32	3,27	4,14	413,27	a_1	-0,0115							
							b_1	4,6764							
							c_1	0,0243							
							d_1	-0,0218							
							a_2	-0,3240							
							b_2	-3,2919							
							c_2	0,0226							
							d_2	0,0993							
							M-5	İndirgenmiş	0,558	-0,04	3,32	5,67	493,44	a	-4,3055
														b	0,0230
c	1,0254														
a	-4,1356														
Tam	0,558	-0,04	3,32	5,67	493,44	b		0,0224							
						c		0,9794							
						a_1		0,3981							
						b_1		-0,0113							
						c_1		-0,0472							
						a_2		-0,9539							
						b_2		0,0033							
						c_2		0,2159							

* 0,05 önem düzeyinde anlamsız parametre.

Tablo 3.12 Meşçere orta boyu denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Model	Model formu	R_{aiz}^2	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin	
M-1	İndirgenmiş	0,966	0,00	0,74	0,95	-4,05	a	0,7892	
							b	1,1870	
							c	-13,0522	
							d	0,0731	
							e	-7,3145	
	Tam	0,969	0,00	0,70	0,90	1,13	a_1	0,2211	
							b_1	0,0149	
							c_1	-5,4618	
							d_1	-0,1950	
							e_1	12,5500	
M-2	İndirgenmiş	0,981	-0,01	0,53	0,72	-78,01	a	3,1094	
							b	0,7978	
							c	17,2306	
							d	0,0404	
							e	-4,6169	
	M-2	Tam	0,988	-0,02	0,42	0,58	-113,26	f	-108,067
								a	2,7661
								b	0,8275
								c	15,4058
								d	0,0530
e								-5,2244	
f								-101,0560	
a_1								1,6396	
b_1								-0,1349	
c_1								10,1506	
d_1								-0,0532	
e_1								1,5605	
f_1								-29,7699	
a_2								3,2382	
b_2								-0,2103	
c_2	16,9702								
d_2	-0,0147								
e_2	0,0415								
f_2	-62,5300								

Tablo 3.12'nin devamı

Model	Model formu	R_{aiz}^2	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin
M-3	İndirgenmiş	0,950	0,00	0,86	1,16	48,67	a	0,8183
							b	0,9891
							c	0,3615
							d	-27,8432
	Tam	0,954	0,00	0,84	1,11	52,59	a	0,8032
							b	0,9933
							c	0,3628
							d	-27,8656
							a_1	0,1082
							b_1	-0,0113
c_1	-0,0515							
d_1	1,5909							
a_2	-0,1582							
b_2	0,0314							
c_2	0,0672							
d_2	-1,3682							
M-4	İndirgenmiş	0,971	-0,01	0,54	0,71	-85,84	a	0,1896
							b	-21,0981
							c	-0,0113
							d	0,3723
	Tam	0,976	-0,02	0,43	0,55	-139,81	a	0,1787
							b	-21,6181
							c	-0,0102
							d	0,3773
							a_1	0,0581
							b_1	2,7033
c_1	-0,0029							
d_1	-0,0256							
a_2	-0,0346							
b_2	0,0266							
c_2	0,0024							
d_2	0,0060							
M-5	İndirgenmiş	0,985	0,03	0,47	0,63	-120,60	a	-4,2780
							b	0,0042
							c	0,9174
	Tam	0,993	0,02	0,32	0,45	-200,79	a	-4,2480
							b	0,0046
c	0,9108							
a_1	0,3757							
b_1	0,0012							
c_1	-0,0836							
a_2	-0,4229							
b_2	0,0014							
c_2	0,0901							

* 0,05 önem düzeyinde anlamsız parametre.

Tablo 3.13 Meşcere ağaç sayısı denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Model	Model formu	R_{aiz}^2	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin					
M-1	İndirgenmiş	0,805	-3,23	174,83	250,00	1522,88	a	1271,9430					
							b	-1,2525					
							c	6,1387*					
							d	1,0804					
							e	26,9651					
	Tam	0,839	1,43	155,22	227,20	1516,68	a	990,3718					
							b	-1,1314					
							c	5,6922*					
							d	1,0298					
							e	28,0501					
a_1							-485,6770						
b_1							0,2411						
c_1							4,6576						
d_1							0,0529						
e_1							-20,1989						
a_2	1527,4000												
b_2	-0,2838												
c_2	8,0935												
d_2	0,0558												
e_2	-14,6967												
İndirgenmiş	0,809	-3,46	172,25	247,50	1522,13	a	243,2549*						
						b	-0,8286						
						c	-15,9586*						
						d	1,2215						
						e	19,0248						
						f	88,7131						
						Tam	0,846	0,55	146,74	222,60	1517,07	a	237,6042*
												b	-0,7649
												c	-13,8692*
												d	1,1488
e	21,7465												
f	76,7195*												
a_1	-235,6930												
b_1	1,4471												
c_1	-78,0214												
d_1	0,1969												
e_1	-26,4426												
f_1	282,5356												
a_2	1530,5170												
b_2	-0,5543												
c_2	22,0145												
d_2	-0,0464												
e_2	-9,3701												
f_2	-55,4393												

Tablo 3.13'ün devamı

Model	Model formu	R_{aiz}^2	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin
M-3	İndirgenmiş	0,805	-1,95	176,41	250,10	1520,99	a	1315,0480
							b	-1,1483
							c	0,9194
							d	35,8019
	Tam	0,839	2,54	157,06	227,60	1511,16	a	1036,4760
							b	-1,0359
							c	0,8790
							d	36,0517
							a_1	-478,5190
							b_1	0,2761
M-4	İndirgenmiş	0,836	-30,98	177,66	270,20	1542,17	c_1	-0,0513
							d_1	-11,6961
							a_2	1860,9470
							b_2	-0,1636
	Tam	0,863	-22,62	161,30	249,54	1536,38	c_2	-0,1815
							d_2	-1,4528
							a	1,6986
							b	11,4586
							c	0,2206
							d	-0,1436
M-5	İndirgenmiş	0,712	-43,43	207,47	303,70	1572,20	a_1	0,0143
							b_1	-2,1465
							c_1	-0,0152
							d_1	0,0067
	Tam	0,750	-35,53	188,72	283,30	1565,14	a_2	0,2503
							b_2	1,9488
							c_2	-0,0296
							d_2	-0,0658
							a	10,1763
							b	-0,6379
M-5	İndirgenmiş	0,712	-43,43	207,47	303,70	1572,20	c	-1,1379
							a	10,5542
							b	-0,6276
							c	-1,2280
	Tam	0,750	-35,53	188,72	283,30	1565,14	a_1	-3,4634
							b_1	0,1891
							c_1	0,6421
							a_2	-1,4417
							b_2	0,0760
							c_2	0,3107

* 0,05 önem düzeyinde anlamsız parametre.

Tablo 3.14 Meşcere göğüs yüzeyi denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Model	Model formu	R_{aiz}^2	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin
	İndirgenmiş	0,946	0,04	2,79	3,63	363,25	a	2,8117
							b	0,3843
							c	-4,5919
							d	0,8984
							e	-4,6884*
							a	2,9798
							b	0,3646
							c	-4,6137
							d	0,9056
							e	-5,3483*
M-1	Tam	0,956	-0,16	2,54	3,30	357,13	a_1	0,8520
							b_1	-0,1089
							c_1	-0,0628
							d_1	-0,0053
							e_1	5,1624
							a_2	-1,4048
							b_2	0,2118
							c_2	-3,4829
							d_2	-0,0031
							e_2	3,5133
	İndirgenmiş	0,948	0,02	2,76	3,56	359,91	a	5,3240
							b	0,2162
							c	7,8449
							d	0,8636
							e	-2,1330*
							f	-47,6883
							a	4,4270
							b	0,2599
							c	3,2477*
							d	0,8832
							e	-3,7323*
							f	-29,7796*
M-2	Tam	0,959	0,01	2,36	3,17	352,12	a_1	11,4875
							b_1	-0,4233
							c_1	24,9478
							d_1	-0,0043
							e_1	4,6613
							f_1	-81,8497
							a_2	-1,2091
							b_2	0,1282
							c_2	2,2566
							d_2	-0,0040
							e_2	3,8860
							f_2	-22,2189

Tablo 3.14'ün devamı

Model	Model formu	R_{aiz}^2	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin
M-3	İndirgenmiş	0,945	0,05	2,84	3,67	364,25	a	2,8163
							b	0,3160
							c	0,9964
							d	-11,4509
	Tam	0,955	0,04	2,54	3,34	354,44	a	2,9825
							b	0,2969
							c	0,9996
							d	-11,8900
							a_1	0,7251
							b_1	-0,0970
M-4	İndirgenmiş	0,940	-0,04	3,02	3,89	380,20	c_1	0,0054
							d_1	4,4414
							a_2	-1,4803
							b_2	0,1659
	Tam	0,952	-0,07	2,65	3,41	360,12	c_2	0,1045
							d_2	-2,5100
							a	0,6635
							b	-6,9408
							c	0,2339
							d	0,0852
M-5	İndirgenmiş	0,922	0,07	3,47	4,38	410,71	a	0,7021
							b	-6,9393
							c	0,2309
							d	0,0739
	Tam	0,928	0,07	3,33	4,20	411,21	a_1	-0,0191
							b_1	1,7615
							c_1	0,0166
							d_1	-0,0071
							a_2	-0,1890
							b_2	-1,8959
İndirgenmiş	0,922	0,07	3,47	4,38	410,71	c_2	0,0210	
						d_2	0,0534	
						a	-0,1038*	
						b	-0,2792	
						c	0,3695	
						a	-0,1868*	
b	-0,2934							
Tam	0,928	0,07	3,33	4,20	411,21	c	0,3963	
						a_1	0,6542	
						b_1	0,0149	
						c_1	-0,1540	
						a_2	-0,1729	
						b_2	0,0404	
İndirgenmiş	0,922	0,07	3,47	4,38	410,71	c_2	0,0111	
						c_2	0,0111	

* 0,05 önem düzeyinde anlamsız parametre.

Tablo 3.15 Meşcere hacim denklemlerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Model	Model formu	R_{ajuz}^2	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin
M-1	İndirgenmiş	0,956	0,49	33,25	44,61	1050,64	a	1,2354
							b	1,4741
							c	-13,5566
							d	1,0358
							e	-17,9584
	Tam	0,962	0,64	31,36	41,45	1050,51	a_1	0,9547
							b_1	-0,1297
							c_1	-3,4007
							d_1	-0,2029
							e_1	16,7450
M-2	İndirgenmiş	0,965	-0,90	29,57	40,12	1023,57	a	12,3234
							b	0,8892
							c	35,2311
							d	0,8994
							e	-6,3384*
	Tam	0,973	-1,10	25,27	35,32	1012,66	f	-193,4560
							a	10,6506
							b	0,9370
							c	31,3459
							d	0,9049
M-2	İndirgenmiş	0,973	-1,10	25,27	35,32	1012,66	e	-6,6432*
							f	-182,2240
							a_1	27,9543
							b_1	-0,4206
							c_1	21,4315
	Tam	0,973	-1,10	25,27	35,32	1012,66	d_1	-0,0895
							e_1	6,5805
							f_1	-61,5278
							a_2	4,5659
							b_2	0,0114
İndirgenmiş	0,973	-1,10	25,27	35,32	1012,66	c_2	13,8598	
						d_2	-0,1100	
						e_2	10,2505	
						f_2	-81,1606	

Tablo 3.15'in devamı

Model	Model formu	R_{aiz}^2	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin
M-3	İndirgenmiş	0,953	1,33	35,00	46,06	1057,40	a	1,2705
							b	1,2865
							c	1,2948
							d	-37,8638
	Tam	0,959	1,14	32,99	43,38	1056,98	a	1,2954
							b	1,2781
							c	1,3077
							d	-38,9792
							a_1	0,6864
							b_1	-0,1452
M-4	İndirgenmiş	0,952	-5,85	32,94	45,14	1051,88	c_1	-0,0698
							d_1	8,6834
							a_2	-0,6541
							b_2	0,1794
	Tam	0,962	-0,02	31,13	43,49	1057,67	c_2	0,0976
							d_2	-3,3716
							a	0,9294
							b	-14,6088
							c	0,1446
							d	0,2344
M-5	İndirgenmiş	0,779	17,57	79,91	100,30	1268,64	a	0,9540
							b	-14,8019
							c	0,1428
							d	0,2281
	Tam	0,797	16,39	75,82	95,89	1268,32	a_1	0,0113
							b_1	2,3313
							c_1	0,0088
							d_1	-0,0147
							a_2	-0,1578
							b_2	-1,3865
İndirgenmiş	0,779	17,57	79,91	100,30	1268,64	c_2	0,0186	
						d_2	0,0416	
						a	-0,7088	
						b	-0,2001	
						c	0,9595	
						a	-1,1645	
Tam	0,797	16,39	75,82	95,89	1268,32	b	-0,2206	
						c	1,0793	
						a_1	1,9706	
						b_1	0,0488	
						c_1	-0,4961	
						a_2	-0,0295	
İndirgenmiş	0,779	17,57	79,91	100,30	1268,64	b_2	0,0883	
						c_2	-0,0638	
						a	-0,7088	
						b	-0,2001	
						c	0,9595	
						a	-1,1645	

* 0,05 önem düzeyinde anlamsız parametre.

Tablo 3.16 Meşcere modellerine ilişkin rölatif sıralamalar

Meşcere özelliği	Model	R _{dtüz} ²	OH	OMH	HKOK	AIC	Toplam	Genel Sıralama
Orta çap	M-3	1,28	1,07	3,00	1,47	1,57	8,39	1,63
	M-4	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	7,00	1,00
	M-5	3,00	1,00	1,42	3,00	3,00	11,42	3,00
Orta boy	M-1	4,00	1,00	4,23	4,03	1,00	14,26	1,83
	M-2	2,00	5,00	1,77	1,79	2,38	12,94	1,00
	M-3	5,00	1,00	5,00	5,00	3,34	19,34	5,00
	M-4	3,00	5,00	1,85	1,61	1,96	13,41	1,30
	M-5	1,00	5,00	1,00	1,00	5,00	13,00	1,04
Ağaç sayısı	M-3	1,42	1,00	1,00	1,00	1,00	5,42	1,00
	M-4	1,00	2,22	1,27	1,79	1,93	8,21	1,58
	M-5	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	15,00	3,00
Göğüs yüzeyi	M-3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00
	M-4	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	10,00	2,00
Hacim	M-1	1,00	1,11	1,02	1,00	1,00	5,13	1,00
	M-3	1,05	1,21	1,12	1,11	1,09	5,58	1,09
	M-4	1,00	1,00	1,00	1,11	1,10	5,21	1,02
	M-5	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	20,00	4,00

En başarılı bulunan meşcere modellerinin kalan meşcere öğelerinin her biri için geliştirilen indirgenmiş ve tam model yapılarına ilişkin F-testi sonuçları Tablo 3.17’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, model tahminlerinin ekolojik farklılıklardan etkilendiğini ($p < 0,05$) ve meşcere öğelerine ilişkin tahminlerde ekolojik farklılıkları dikkate almayan indirgenmiş model formu yerine her bir ekorejyon için farklı parametre değerleri içeren tam model formunun kullanılması gerektiğini ortaya koymuştur. Tablo 3.17 detaylı olarak incelendiğinde; orta çap, orta boy ve göğüs yüzeyi modellerinin karşılaştırılan tüm ekorejyonlar arasında anlamlı farklılıklara sahip olduğu ($p < 0,05$), ancak ağaç sayısı ve hacim modeli için indirgenmiş model formu ile tam model formu arasında Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 arasında anlamlı farklılık olmadığı ($p > 0,05$) görülmektedir. Sonuç olarak, meşcere özelliklerine ilişkin tahminlerde büyüme modellerinin ekolojik farklılıkları dikkate alarak esnek tahminler sunan tam model formlarının kullanılmasının gerekli olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3.17 Meşcere modellerine ilişkin F-testi sonuçları

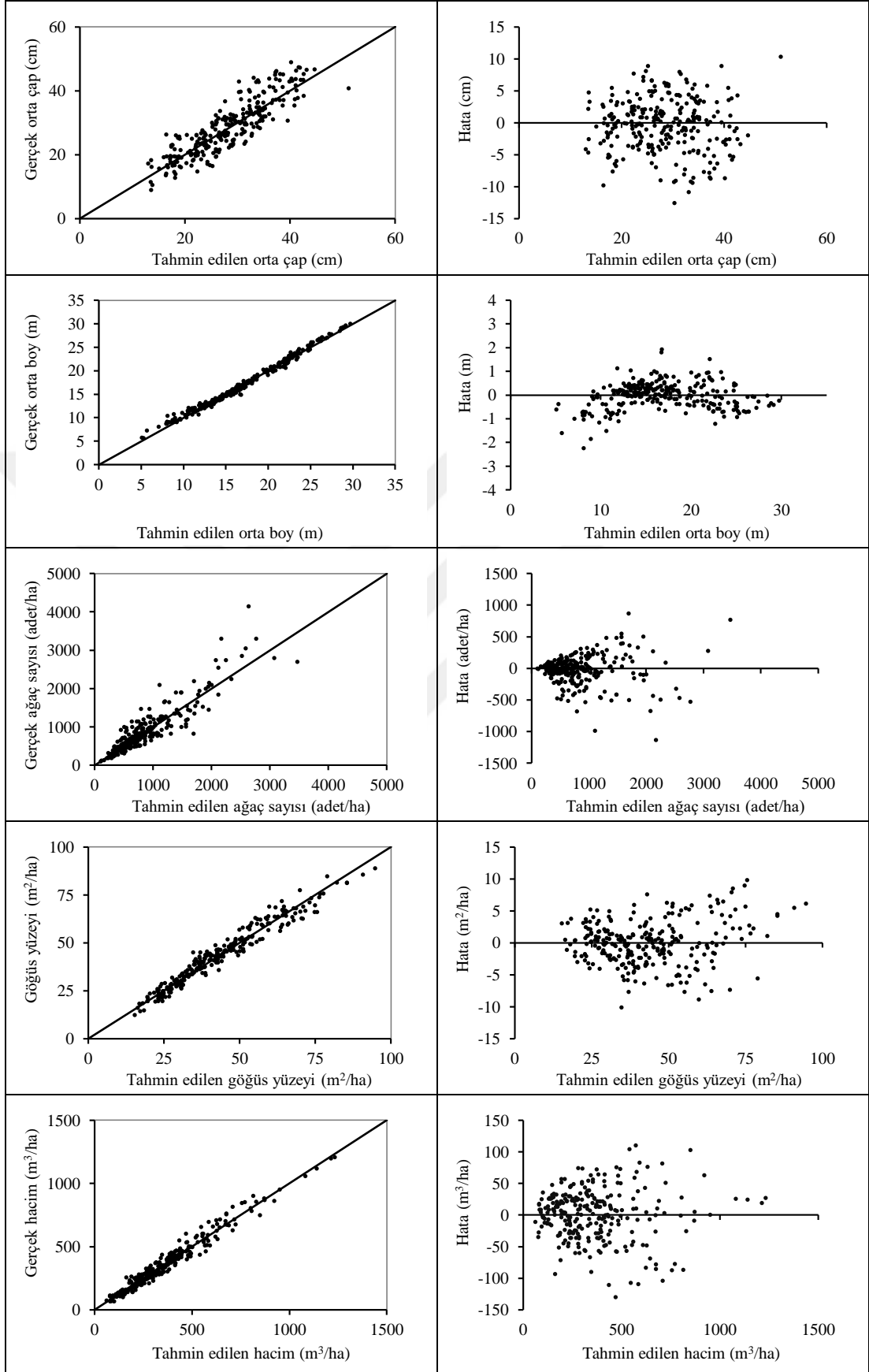
Meşcere Özelliği	Karşılaştırılan Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F-değeri	p
		HKT*	DF*	HKT	DF			
Orta Çap	1-3-4	5 755,8	270	4 693,5	262	274	7,41	<0,0001
	1-3	4 491,1	210	3 932,1	206	214	7,32	<0,0001
	1-4	2 514,5	119	1 611,1	115	123	16,12	<0,0001
	3-4	4 084,7	207	3 795,3	203	211	3,87	0,0047
Orta Boy	1-3-4	136,9	268	84,5	256	274	13,23	<0,0001
	1-3	73,2	208	53,8	202	214	12,14	<0,0001
	1-4	88,5	117	39,8	111	123	22,64	<0,0001
	3-4	94,6	205	75,5	199	211	8,39	<0,0001
Ağaç Sayısı	1-3-4	20 004 438	270	17 061 570	262	274	5,65	<0,0001
	1-3	13 353 820	210	10 738 728	206	214	12,54	<0,0001
	1-4	6 624 223	119	4 460 746	115	123	13,94	<0,0001
	3-4	13 411 421	207	13 386 396	203	211	0,09	0,9855**
Göğüs Yüzeyi	1-3-4	4 137,9	270	3 195,0	262	274	9,67	<0,0001
	1-3	3 222,5	210	2 624,6	206	214	11,73	<0,0001
	1-4	1 644,2	119	1 040,7	115	123	16,67	<0,0001
	3-4	2 963,1	207	2 705,1	203	211	4,84	0,0009
Hacim	1-3-4	535 204	269	444 890	259	274	5,26	<0,0001
	1-3	414 026	209	344 576	204	214	8,22	<0,0001
	1-4	244 295	118	176 373	113	123	8,70	<0,0001
	3-4	378 886	206	368 832	201	211	1,10	0,3616**

*HKT: Hata kareler toplamı, DF: Modelin serbestlik derecesi

** p>0,05

En başarılı modellere ilişkin tam model yapıları ile yapılan tahminler ve hata dağılımları Grafik 3.13'te verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, geliştirilen modellere ilişkin tahmin başarılarının yüksek ve hataların rastgele bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir.

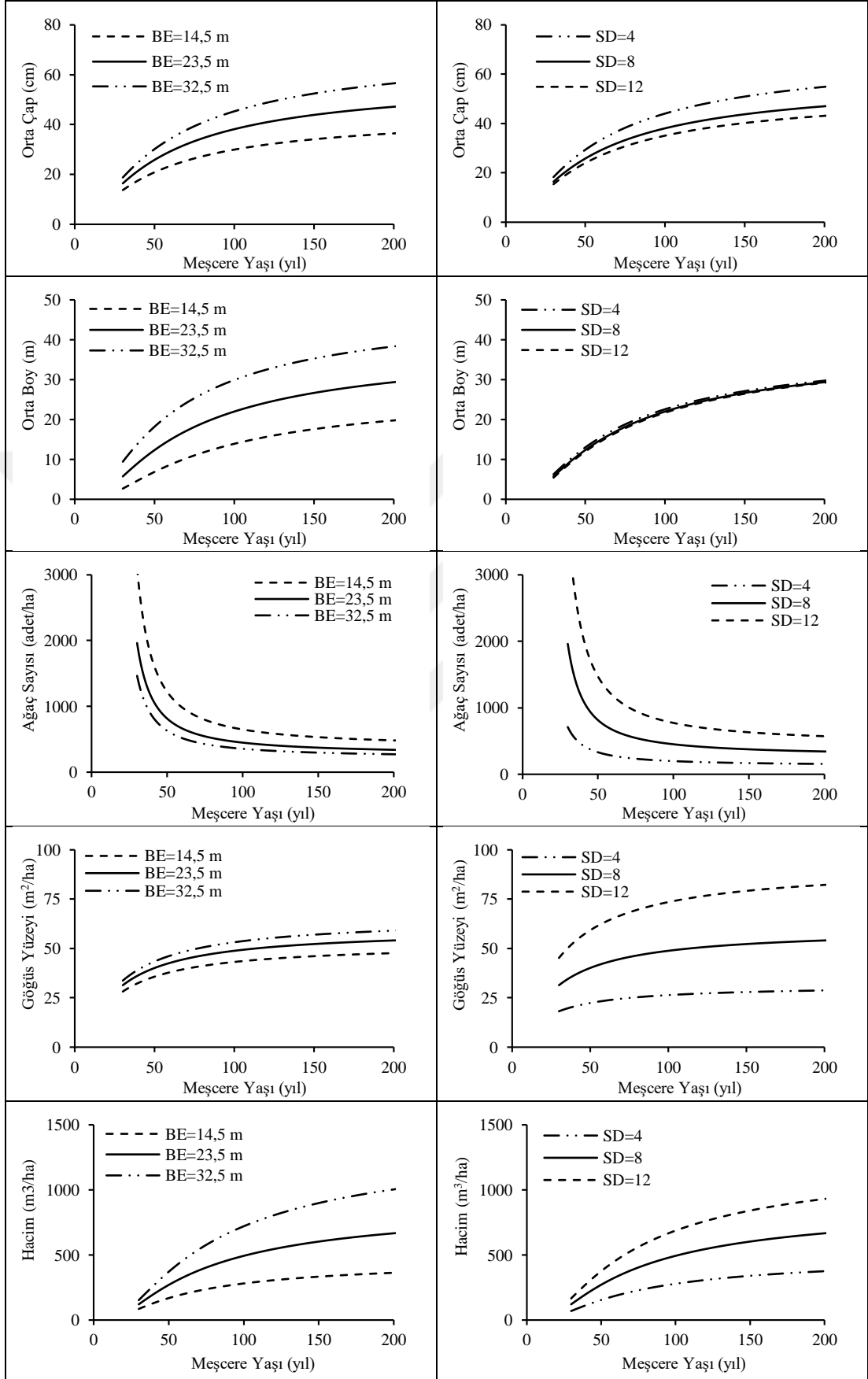
Geliştirilen meşcere modelleri istatistiksel başarı ölçütleri ve hata dağılımları açısından incelenmiştir. Ancak, bir büyüme modelinin istatistiksel olarak başarılı olmasının yanında biyolojik olarak gerçekçi ve büyüme kanuniyetleri ile uyumlu tahminler vermesi de gerekmektedir. Çalışma kapsamında geliştirilen meşcere modellerine ilişkin yapılan doğrusal olmayan ekstra kareler toplamı yöntemi ile tam model yapılarının kullanılması gerekliliği belirlenmiştir. Tam model yapıları her bir ekorejyon için farklı parametre setlerini içerdiği için, büyüme kanuniyetlerine uygunlukların denetlendiği incelemelerin her bir ekorejyon için ayrı ayrı yapılması gerekmektedir.



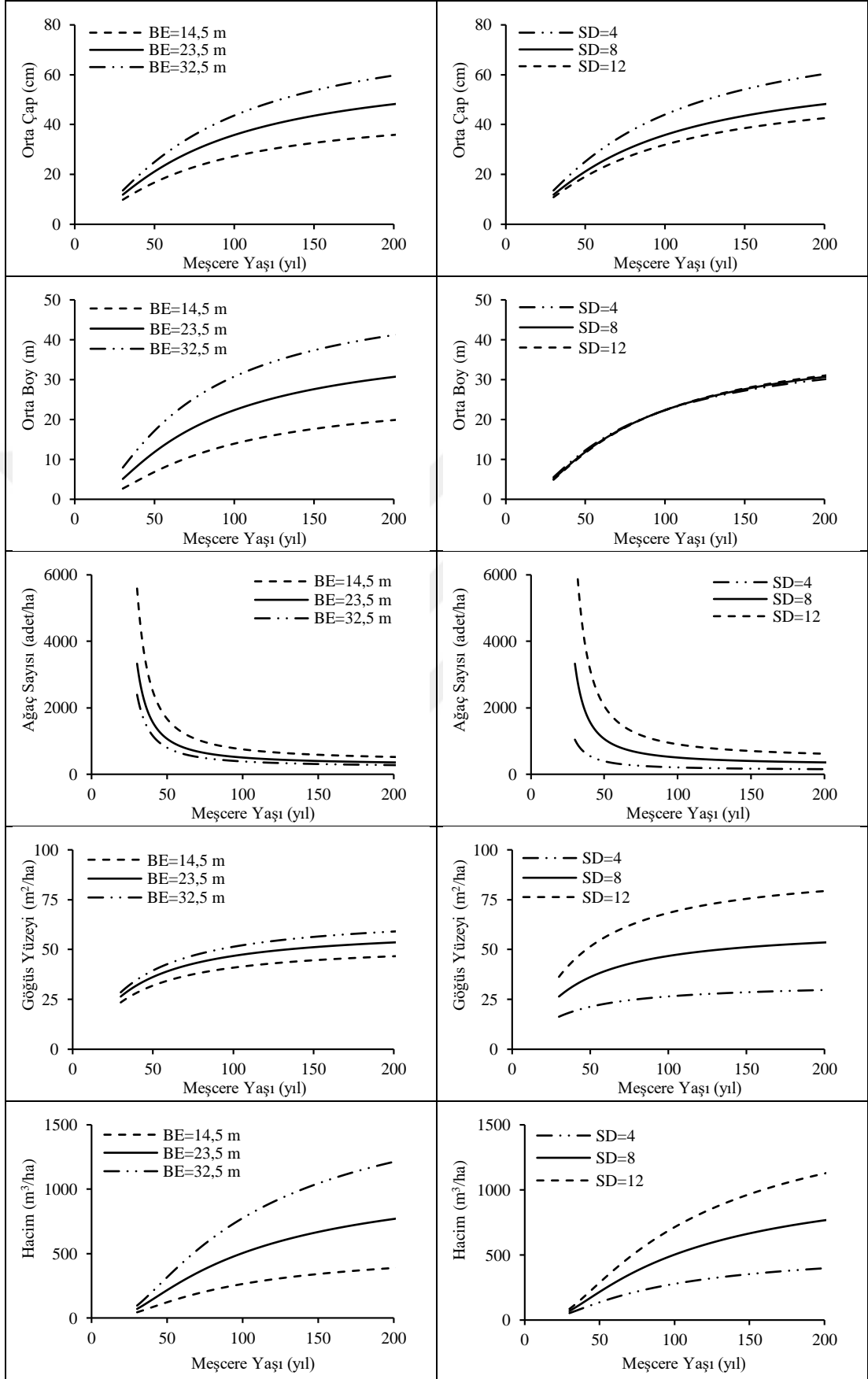
Grafik 3.13 Meşcere büyüme öğelerine ilişkin modellerin 1:1 ve hata grafikleri

Geliştirilen meşcere modellerinin biyolojik kanuniyetlere uygun tahminler yapıp yapmadığının belirlenebilmesi amacıyla, meşcere özelliklerine (orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, hacim) ilişkin tahminlerin meşcere sıklığı, yetişme ortamı verim gücü ve yaşa bağlı olarak değişimleri Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 için sırasıyla Grafik 3.14, 3.15 ve 3.16'da verilmiştir. Meşcere özelliklerine ilişkin tahminlerin yaşa ve meşcere sıklığına göre değişimlerinin incelenebilmesi için her bir meşcere modeli kullanılarak BE=23,5 m için sırası ile 4, 8 ve 12 SD değerleri ve 0-200 yaş aralığında tahminler yapılmıştır. Ayrıca, bahsedilen meşcere özelliklerine ilişkin tahminlerin yaşa ve yetişme ortamı verim gücüne göre değişimlerinin incelenebilmesi için her bir meşcere modeli kullanılarak SD=8 için sırası ile 14,5 m, 23,5 m ve 32,5 m BE değerleri ve 0-200 yaş aralığında tahminler yapılmıştır.

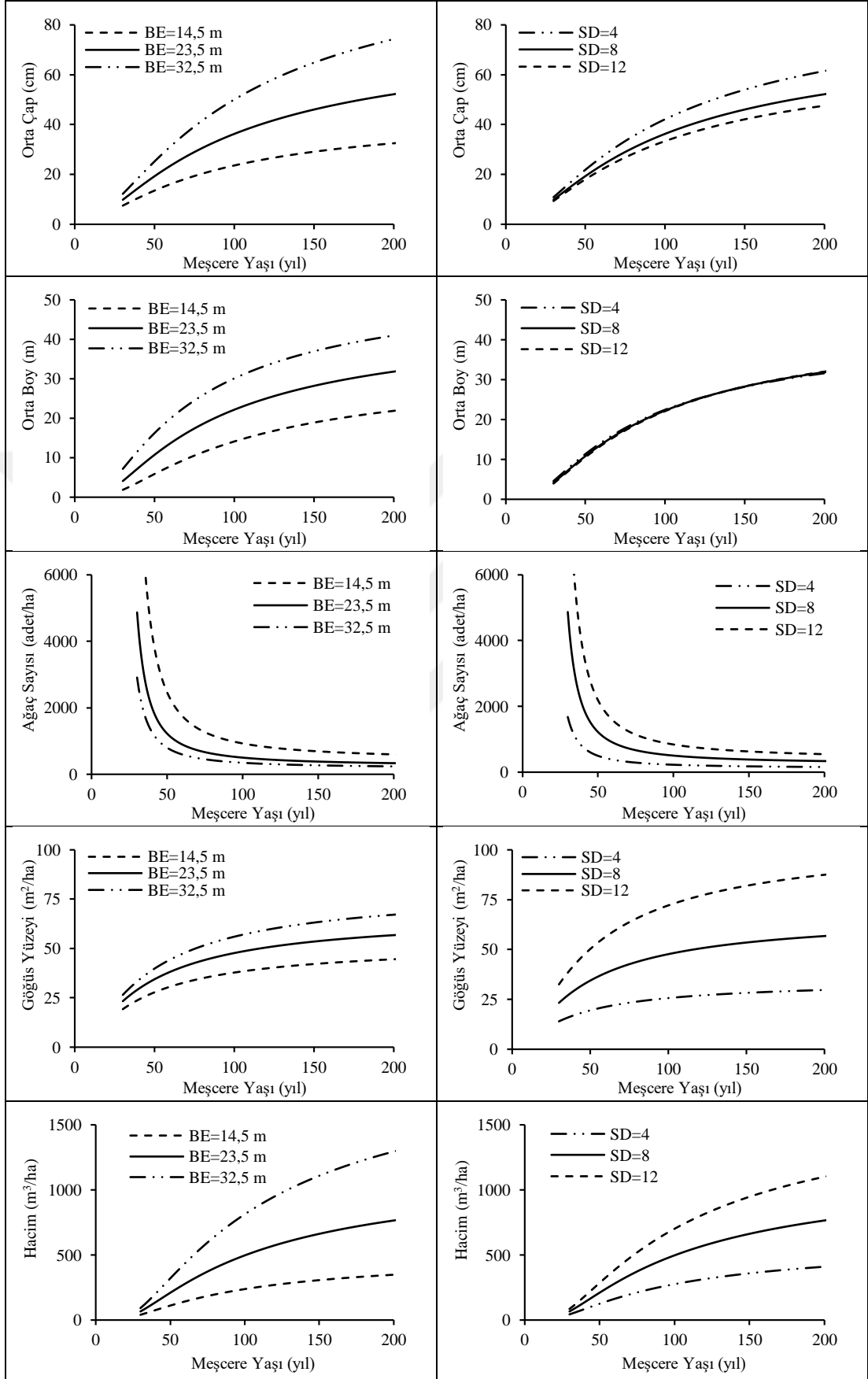
Grafik 3.14, 3.15 ve 3.16 incelendiğinde, geliştirilen meşcere modellerine ilişkin tahminlerin her bir ekorejyon özelinde büyüme kanuniyetleri ile uyumlu sonuçlar verdiği görülmektedir. Örneğin, aynı yaştaki meşcerelere ilişkin orta çap, orta boy, göğüs yüzeyi ve hacim gelişiminin yetişme ortamı verim gücü (BE) ile pozitif yönde bir ilişki göstermesi, yani verimlilik arttıkça meşcere gelişiminin de artması bu biyolojik kanuniyetler açısından beklenen bir durumdur. Ayrıca, meşceredeki ağaç sayısının yetişme ortamı verim gücü ile negatif yönde bir ilişki göstermesi, bir başka ifade ile verimlilik arttıkça meşcere içerisindeki ağaç sayısının azalması da beklenen diğer bir kanuniyettir. Meşcere özelliklerinin sıklığa bağlı olarak gösterdikleri değişimler incelendiğinde, sıklık değerinin düşük olduğu (ağaçlar arasındaki rekabetin az olduğu) meşcerelerde ağaçlara ilişkin çap değerlerinin ve dolayısıyla orta çap değerinin fazla olduğu grafiklerden görülmektedir. Örneğin, meşcere sıklığı azaldıkça aynı yaştaki meşcerelere ilişkin orta boy değerleri artmaktadır. Bunun yanında, meşcere sıklığının artması ile birlikte birim alana düşen ağaç sayısının, meşcere göğüs yüzeyinin ve meşcere hacminin artması biyolojik kanuniyetler açısından beklenen durumlardır ve grafiklerde görülmektedir.



Grafik 3.14 Meşcere büyüme öğelerinin sıklık, bonitet ve yaşa göre değişimi (Ekorejyon 1)



Grafik 3.15 Meşcere büyüme öğelerinin sıklık, bonitet ve yaşa göre değişimi (Ekorejyon 3)



Grafik 3.16 Meşcere büyüme öğelerinin sıklık, bonitet ve yaşa göre değişimi (Ekorejyon 4)

Geliştirilen meşcere modelleri arasında gerek istatistiksel, gerekse grafik yöntemlerle yapılan incelemeler sonucunda en başarılı bulunan ve çalışma kapsamında düzenlenen hasılat tablolarına ilişkin kalan meşcere hacim öğelerinin tahmininde kullanılacak olan modellerin tam model yapıları ve uygulamacıların kullanımında kolaylık sağlaması amacıyla modellerin her bir ekorejyon için kullanılabilir formları aşağıda verilmiştir. Logaritmik formdaki meşcere modelleri ile elde edilen tahminlerin aritmetik forma dönüştürülmesi için hesaplanan CF değerleri orta çap modeli için 1,0125, ağaç sayısı modeli için 1,0297 ve göğüs yüzeyi modeli için 1,0035 olarak hesaplanmıştır.

- Orta çap modeli:

$$\ln d_g = \exp\left(\left(1,0808 - 0,0115 I_1 - 0,3240 I_2\right) + \frac{(-16,0002 + 4,6764 I_1 - 3,2919 I_2)}{t} + (-0,0812 + 0,0243 I_1 + 0,0226 I_2) \ln SD + (0,1646 - 0,0218 I_1 + 0,0993 I_2) \ln BE\right) \quad (3.10)$$

Ekorejyon 1 için:

$$\ln d_g = \exp\left(1,0693 - \frac{11,3238}{t} - 0,0569 \ln SD + 0,1428 \ln BE\right) \quad (3.11)$$

Ekorejyon 3 için:

$$\ln d_g = \exp\left(1,0808 - \frac{16,0002}{t} - 0,0812 \ln SD + 0,1646 \ln BE\right) \quad (3.12)$$

Ekorejyon 4 için:

$$\ln d_g = \exp\left(0,7568 - \frac{19,2921}{t} - 0,0586 \ln SD + 0,2639 \ln BE\right) \quad (3.13)$$

- Orta boy modeli:

$$h_g = (2,7661 + 1,6396 I_1 + 3,2382 I_2) BE^{\left(\left(0,8275 - 0,1349 I_1 - 0,2103 I_2\right) + \frac{15,4058 + 10,1506 I_1 + 16,9702 I_2}{t}\right)} SD^{\left(\left(0,0530 - 0,0532 I_1 - 0,0147 I_2\right) + \frac{-5,2244 + 1,5605 I_1 + 0,0415 I_2}{t}\right)} \exp\left(\frac{-101,0560 - 29,7699 I_1 - 62,5300 I_2}{t}\right)$$

Ekorejyon 1 için:

$$h_g = 4,4057 BE^{(0,6926 + 25,5564/t)} SD^{(-0,0002 - 3,6639/t)} \exp(-130,8259/t) \quad (3.15)$$

Ekorejyon 3 için:

$$h_g = 2,7661 BE^{(0,8275 + 15,4058/t)} SD^{(0,0530 - 5,2244/t)} \exp(-101,0560/t) \quad (3.16)$$

Ekorejyon 4 için:

$$h_g = 6,0043 BE^{(0,6172 + 32,3760/t)} SD^{(0,0383 - 5,1829/t)} \exp(-163,5860/t) \quad (3.17)$$

- *Ağaç sayısı modeli:*

$$\ln N = \exp\left((1,6481 + 0,0143 I_1 + 0,2503 I_2) + \frac{(11,4375 - 2,1465 I_1 + 1,9488 I_2)}{t} + (0,2242 - 0,0152 I_1 - 0,0296 I_2) \ln SD + (-0,1286 + 0,0067 I_1 - 0,0658 I_2) \ln BE\right) \quad (3.18)$$

Ekorejyon 1 için:

$$\ln N = \exp\left(1,6624 + \frac{9,2910}{t} + 0,2090 \ln SD - 0,1219 \ln BE\right) \quad (3.19)$$

Ekorejyon 3 için:

$$\ln N = \exp\left(1,6481 + \frac{11,4375}{t} + 0,2242 \ln SD - 0,1286 \ln BE\right) \quad (3.20)$$

Ekorejyon 4 için:

$$\ln N = \exp\left(1,8984 + \frac{13,3863}{t} + 0,1946 \ln SD - 0,1944 \ln BE\right) \quad (3.21)$$

- *Göğüs yüzeyi modeli:*

$$\ln G = \exp\left((0,7021 - 0,0191 I_1 - 0,1890 I_2) + \frac{(-6,9393 + 1,7615 I_1 - 1,8959 I_2)}{t} + (0,2309 + 0,0166 I_1 + 0,0210 I_2) \ln SD + (0,0739 - 0,0071 I_1 + 0,0534 I_2) \ln(BE)\right) \quad (3.22)$$

Ekorejyon 1 için:

$$\ln G = \exp\left(0,6830 - \frac{5,1778}{t} + 0,2475 \ln SD + 0,0668 \ln BE\right) \quad (3.23)$$

Ekorejyon 3 için:

$$\ln G = \exp\left(0,7021 - \frac{6,9393}{t} + 0,2309 \ln SD + 0,0739 \ln BE\right) \quad (3.24)$$

Ekorejyon 4 için:

$$\ln G = \exp\left(0,5131 - \frac{8,8352}{t} + 0,2519 \ln SD + 0,1273 \ln BE\right) \quad (3.25)$$

- *Hacim modeli:*

$$V = (1,2436 + 0,9547 I_1 - 0,5629 I_2) BE^{((1,4878 - 0,1297 I_1 + 0,2477 I_2) + (-15,0538 - 3,4007 I_1 - 5,6736 I_2)/t)} SD^{((1,0335 - 0,2029 I_1 - 0,0840 I_2) + (-17,7079 + 16,7450 I_1 + 7,6857 I_2)/t)} \quad (3.26)$$

Ekorejyon 1 için:

$$V = 2,1983 BE^{(1,3581 - 18,4545/t)} SD^{(0,8306 - 0,9629/t)} \quad (3.27)$$

Ekorejyon 3 için:

$$V = 1,2436 BE^{(1,4878 - 15,0538/t)} SD^{(1,0335 - 17,7079/t)} \quad (3.28)$$

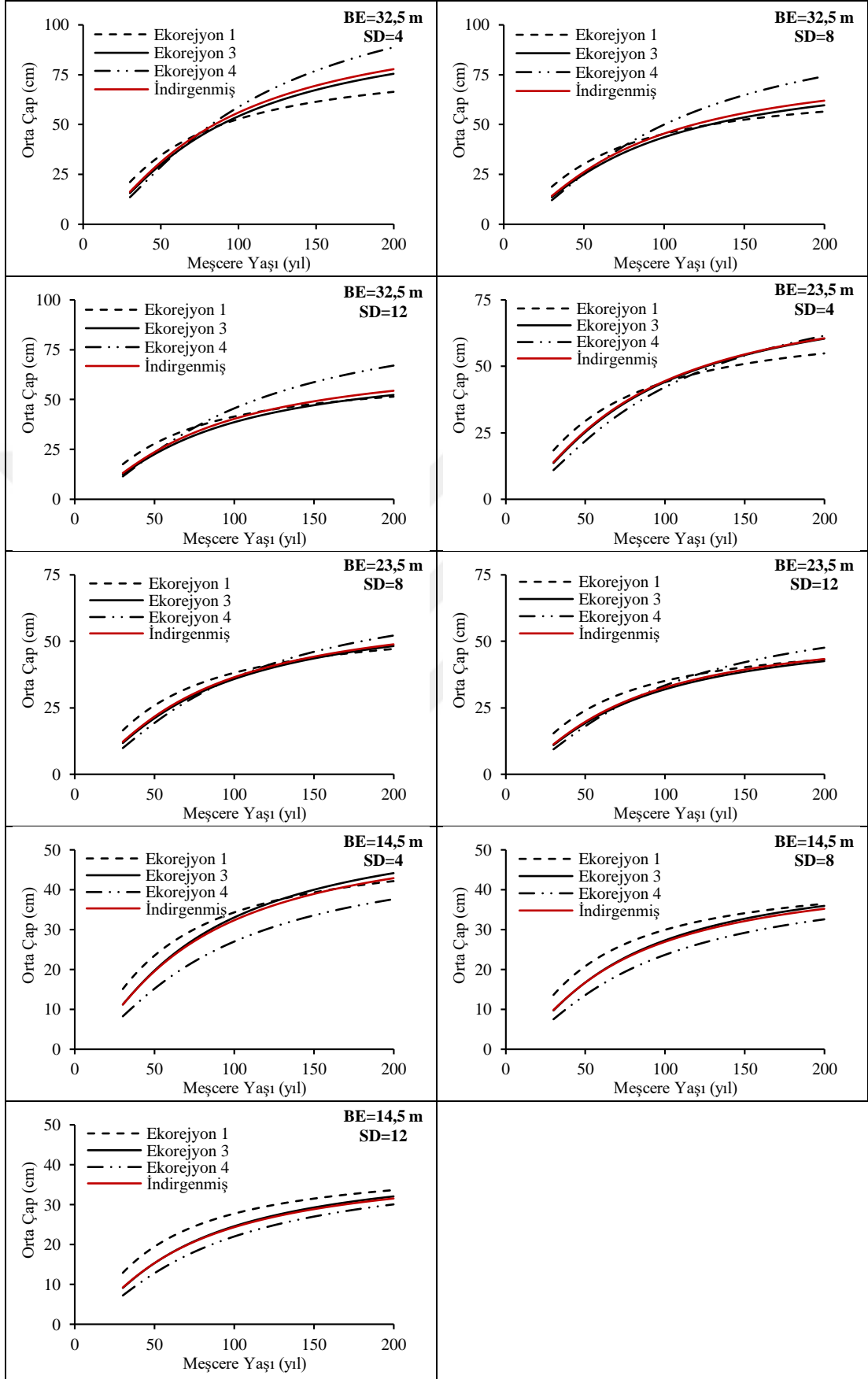
Ekorejyon 4 için:

$$V = 0,6807 BE^{(1,7355 - 20,7274/t)} SD^{(0,9495 - 10,0222/t)} \quad (3.29)$$

Tam model yapıları kullanılarak her bir ekorejyon için ayrı ayrı ve indirgenmiş model yapıları kullanılarak çalışma alanı genelinde meşcere özelliklerine ilişkin tahminler sırası ile orta çap (Grafik 3.17), orta boy (Grafik 3.18), ağaç sayısı (Grafik 3.19), göğüs yüzeyi (Grafik 3.20) ve hacim (Grafik 3.21) için grafik eksenlere taşınmıştır. Bu amaçla, farklı yetiştirme ortamı verim gücü ve sıklık değerlerinde olmak üzere toplamda 9 farklı senaryo (3 bonitet sınıfı ve 3 sıklık derecesi) için meşcere özelliklerinin zamana bağlı olarak değişimleri incelenmiştir. Ayrıca, çalışma alanı geneli için ekolojik tabanlı meşcere modeli (tam model) yerine genel bir model (indirgenmiş model) kullanılması durumunda elde edilen tahmin farklılıkları da grafiklerde ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Grafik 3.17 incelendiğinde, tüm meşcere özellikleri için Ekorejyon 1'deki orta çap gelişiminin özellikle erken yaşlarda diğer ekorejyonlardan yüksek olduğu, düşük bonitet (BE=14,5 m) ve yüksek sıklık derecesine (SD=8,12) sahip meşcerelerde bu farklılığın ilerleyen yaşlarda da aynı oranda devam ettiği görülmektedir. Ancak, yüksek bonitet ve düşük sıklıktaki meşcerelerin Ekorejyon 1'de gösterdikleri orta çap gelişimi diğer ekorejyonlardan düşük olmaktadır. Fena bonitetli (BE=14,5 m) meşcerelerdeki orta çap gelişimi Ekorejyon 4 için tüm yaşlarda diğer ekorejyonlardan düşük seyrederken, yetiştirme ortamı verim gücünün artması ile Ekorejyon 4'e ilişkin orta çap değerleri özellikle ilerleyen yaşlarda en yüksek değerleri almaktadır. Ekorejyon 3'e ilişkin orta çap değerleri incelendiğinde genel olarak diğer iki ekorejyona ilişkin değerlerin ortasında yer almakla birlikte, fena bonitet ve düşük sıklığa sahip (BE=14,5 m ve SD=4) meşcerelerde çok ileri yaşlarda en yüksek değerleri almaktadır.

Çalışma alanı geneli için ortak parametre setine sahip genel bir modelin kullanılması durumunda ekorejyonlar için elde edilen tam model tahminlerinin farklılığı incelendiğinde, Ekorejyon 3 içerisindeki meşcerelere ilişkin tahminlerde tam ve indirgenmiş model yapılarının birbirine yakın tahminler sundukları grafiklerde görülmektedir. Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 4'e ilişkin eğrilerin indirgenmiş model ile elde edilen eğrilerle olan ilişkileri bu iki ekorejyonunun Ekorejyon 3 ile olan ilişkisine benzer yapıdadır.

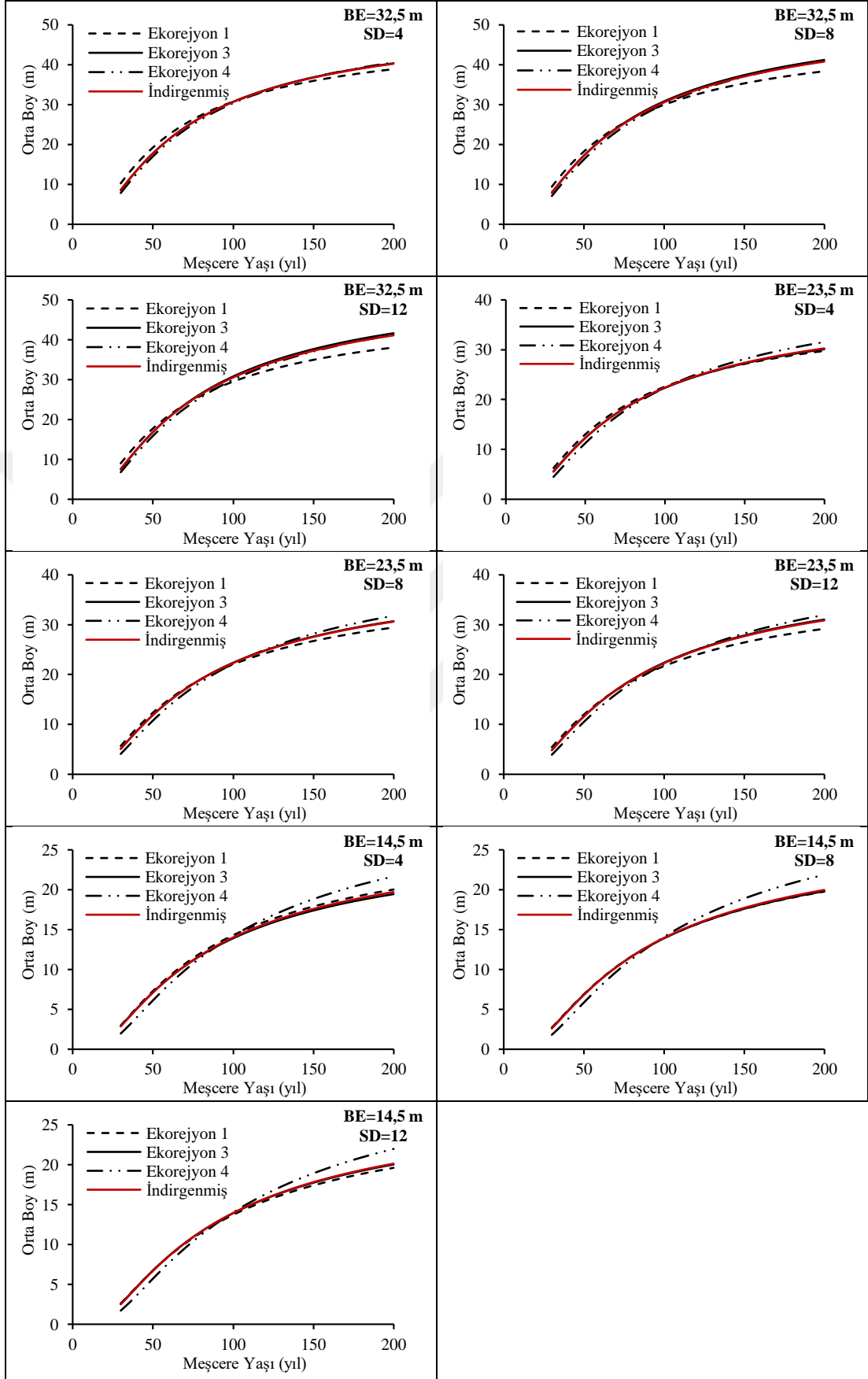


Grafik 3.17 İndirgenmiş ve tam modellere ilişkin orta çap tahminlerinin karşılaştırılması

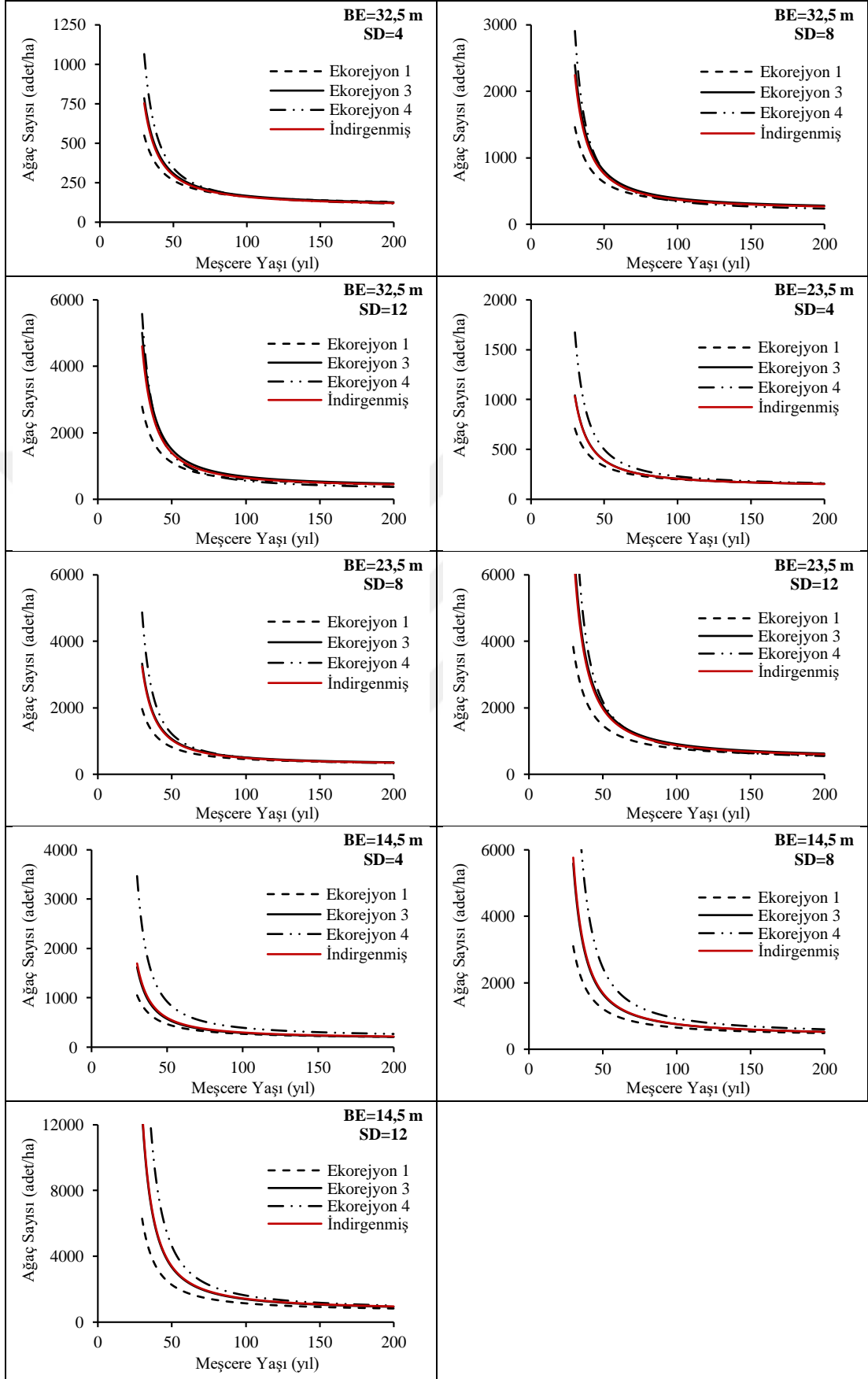
Grafik 3.18 incelendiğinde, Ekorejyon 1'deki orta boy gelişiminin iyi ve orta bonitetli sahalarda genç yaşlarda diğer iki ekorejyondan iyi, ilerleyen yaşlarda ise kötü olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, fena bonitetli sahalarda Ekorejyon 1'e ilişkin orta boy tahminleri Ekorejyon 3'e ilişkin tahminlerle ile yakın değerler almaktadır. Ekorejyon 4'e ilişkin orta boy gelişimi genç yaşlarda diğer iki ekorejyondan kötü olmakla birlikte, özellikle yetiştirme ortamı verim gücünün azaldığı meşcereler için ilerleyen yaşlarda diğer iki ekorejyondan iyi olmaktadır. Ekorejyon 3'e ilişkin orta boy tahminleri genel olarak diğer iki ekorejyona ilişkin tahmin değerlerinin arasında yer almaktadır.

Çalışma alanı geneli için ortak parametre setine sahip genel bir orta boy modelinin kullanılması durumunda ve ekorejyonlar için elde edilen tam model tahminlerinin farklılığı incelendiğinde, Ekorejyon 3 içerisindeki meşcerelere ilişkin tahminlerde tam ve indirgenmiş model yapılarının birbirine yakın tahminler sundukları grafiklerde görülmektedir. Yetiştirme ortamı verim gücünün düşük olduğu meşcerelerde Ekorejyon 4 için ve yetiştirme ortamı verim gücünün yüksek olduğu meşcerelerde de Ekorejyon 1 için yapılacak olan orta boy tahminlerinde indirgenmiş modelin kullanılmasının önemli tahmin farklılıklarına sebep olduğu grafiklerden anlaşılmaktadır.

Grafik 3.19 incelendiğinde, tüm meşcere yapıları için ağaç sayısı değerlerinin genç yaşlarda Ekorejyon 1'de en düşük ve Ekorejyon 4'te en yüksek seviyede olduğu, ilerleyen yaşlarda ise tüm ekorejyonlarda birbirine yakın olduğu görülmektedir. Çalışma alanı geneli için geliştirilen indirgenmiş model tahminleri ile tam model yapısı kullanılarak Ekorejyon 3'e ilişkin elde edilen tahmin değerlerinin birbirlerine oldukça yakın olduğu, indirgenmiş model kullanılarak Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 için yapılacak olan ağaç sayısı tahminlerinde yüksek farklılıkların oluşabileceği grafiklerden anlaşılmaktadır. Yalnızca, iyi bonitet ve yüksek sıklık derecesine sahip meşcereler için indirgenmiş ve tam model yapıları ile elde edilen ağaç sayısı tahminleri Ekorejyon 4'te de birbirine yakın değerler almaktadır.



Grafik 3.18 İndirgenmiş ve tam modellere ilişkin orta boy tahminlerinin karşılaştırılması



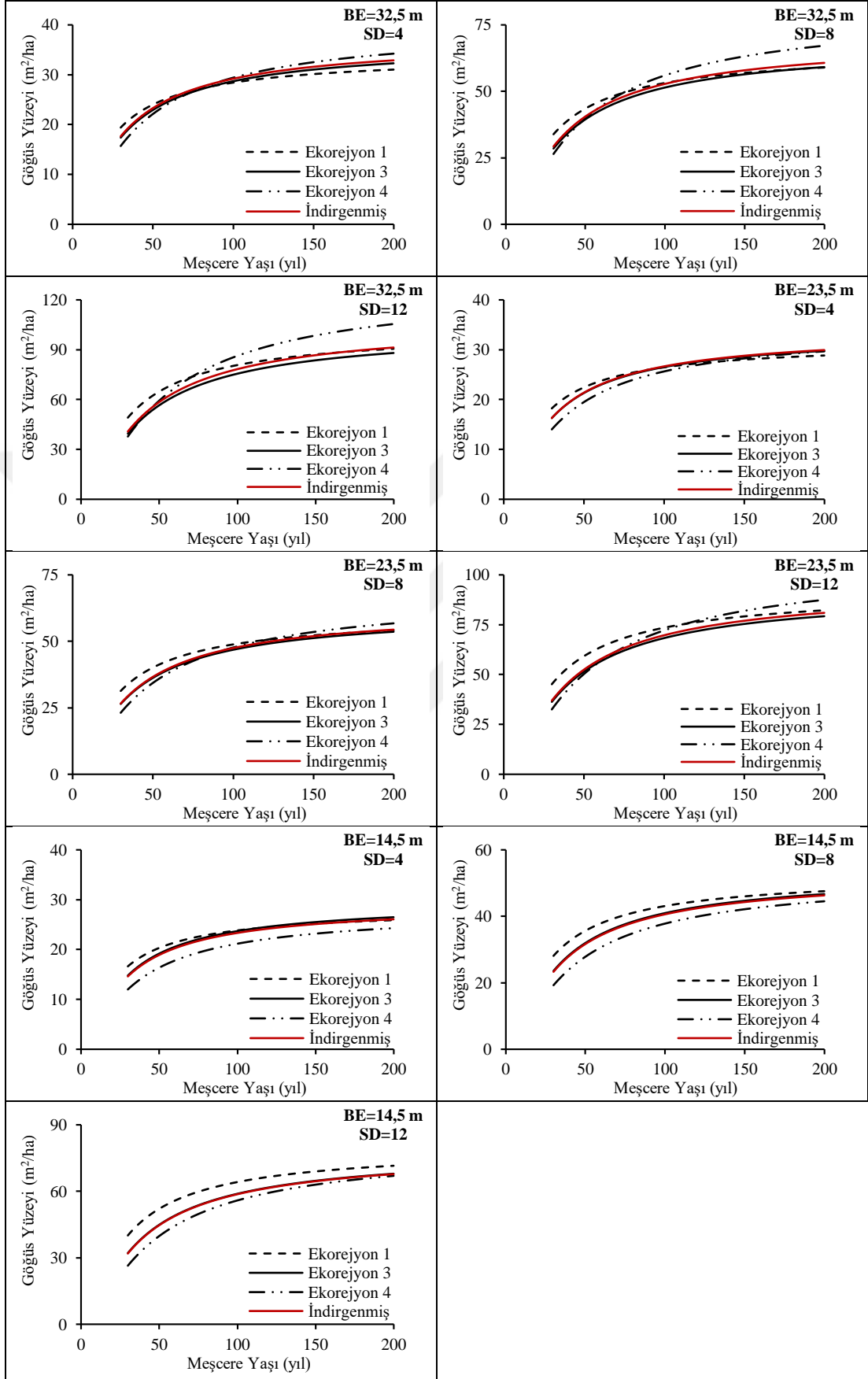
Grafik 3.19 İndirgenmiş ve tam modellere ilişkin ağaç sayısı tahminlerinin karşılaştırılması

Grafik 3.20 incelendiğinde, Ekorejyon 1'e ilişkin göğüs yüzeyi tahminlerinin özellikle genç yaşlarda diğer iki ekorejyondan yüksek değerler aldığı görülmektedir. Ekorejyon 4 için elde edilen göğüs yüzeyi tahminleri genç yaşlarda en düşük değerleri alırken, ilerleyen yaşlarda özellikle boniteti yüksek sahalar için en yüksek değerleri almaktadır. Bununla birlikte, özellikle bonitetin ve meşcere sıklığının yüksek olduğu meşcereler için en kötü göğüs yüzeyi gelişimi özellikle ilerleyen yaşlar için Ekorejyon 3'te görülmektedir.

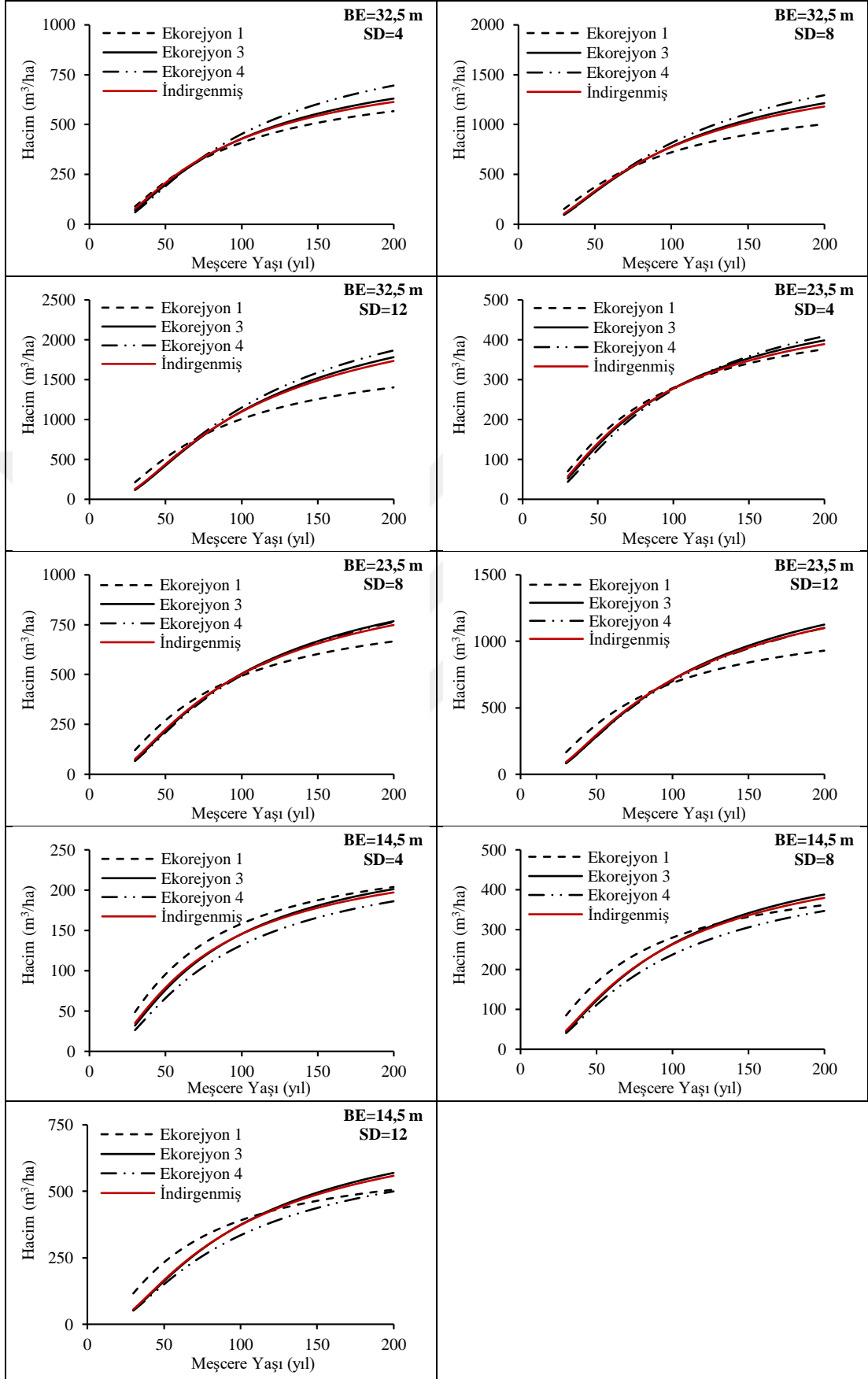
İndirgenmiş göğüs yüzeyi modeli kullanılarak çizilen eğriler genel olarak tam model kullanılarak Ekorejyon 3 için çizilen eğriler ile benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, indirgenmiş model kullanılarak Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 4 için yapılacak olan göğüs yüzeyi tahminlerinin önemli hatalara sebep olabileceği grafiklerden anlaşılmaktadır.

Grafik 3.21 incelendiğinde, iyi bonitetli sahalarda tüm ekorejyonlara ilişkin hacim tahminlerinin genç yaşlarda birbirine yakın olduğu, ilerleyen yaşlarda ise Ekorejyon 4'ün en yüksek ve Ekorejyon 1'in ise en düşük değerleri aldığı görülmektedir. Orta bonitetli sahalarda Ekorejyon 3 ile Ekorejyon 4'e ilişkin hacim değerlerinin tüm yaşlarda birbirine yakın olmakla birlikte, genç yaşlarda Ekorejyon 1'den düşük, ilerleyen yaşlarda ise Ekorejyon 1'den yüksek olduğu grafikten anlaşılmaktadır. Fena bonitetli meşcerelere ilişkin hacim eğrileri incelendiğinde, düşük sıklıkta tüm yaşlar için en yüksek değerler Ekorejyon 1 için ve en düşük değerler de Ekorejyon 4 için elde edilmiştir. Bununla birlikte, fena bonitetli ve yüksek sıklıktaki meşcerelerde yine en düşük hacim değerleri genel olarak Ekorejyon 4'te elde edilirken, genç ve orta yaşlı meşcerelerde Ekorejyon 1, yaşlı meşcerelerde ise Ekorejyon 3 en yüksek değerleri almaktadır.

Tüm meşcere özelliklerinde olduğu gibi, hacim tahminlerinde de indirgenmiş ve tam model tahminleri Ekorejyon 3'te birbirine yakın değerler almakla birlikte, genel olarak diğer ekorejyonlarda farklılaşmalar görülmektedir. Yalnızca, iyi bonitetli genç meşcereler ve orta bonitetli tüm yaşlardaki meşcerelerde Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4'e ilişkin hacim tahminleri birbirleri ile ve dolayısıyla indirgenmiş modele ilişkin hacim tahminleri ile benzerlik göstermektedir.



Grafik 3.20 İndirgenmiş ve tam modellere ilişkin göğüs yüzeyi tahminlerinin karşılaştırılması



Grafik 3.21 İndirgenmiş ve tam modellere ilişkin hacim tahminlerinin karşılaştırılması

Her bir ekorejyon için kullanılabilir formu ayrı ayrı verilen ekolojik tabanlı meşcere modellerinden yararlanılarak ekorejyonlara ait veri grupları için tahminler yapılmış ve tahmin hata yüzdeleri hesaplanmıştır. Bununla birlikte, çalışma alanı geneli için ekolojik farklılıkları dikkate almadan geliştirilen genel modeller (indirgenmiş model) kullanılarak da meşcere özellikleri için tahminler yapılmış ve hata yüzdeleri karşılaştırılmıştır (Tablo 3.18). Meşcere özelliklerine ilişkin tahminlerde tam ve indirgenmiş model yapılarının kullanılması durumlarında ve geliştirilen modellerin farklı ekolojik bölgelerde kullanılması durumlarında elde edilen tahmin hataları maddeler halinde aşağıda açıklanmıştır:

- Tam model yapısı kullanılarak yapılan orta çap tahminlerine ilişkin mutlak hata yüzdesi değerleri Ekorejyon 1 için %0,54; Ekorejyon 3 için %0,04 ve Ekorejyon 4 için %0,02 olarak hesaplanmıştır. Orta çap tahminlerinde ekolojik değişkenliği yansıtmayan indirgenmiş model yapısının kullanılması durumunda ise Ekorejyon 1 için %8,6 düşük, Ekorejyon 3 için %1,9 yüksek ve Ekorejyon 4 için %5,3 yüksek tahmin değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar göstermektedir ki, çalışma alanı içerisinde yapılacak olan orta çap tahminlerinde ekolojik tabanlı model yerine genel bir modelin kullanılması tahmin hatalarında önemli artışlara sebep olmaktadır. Bunun yanında, orta çap modelinin geliştirildiği ekolojik bölgeler dışında kullanılması sonucunda yaklaşık %14,8 düşük ve %16,9 yüksek tahmin değerleri ile karşılaşılabileceği tablodan anlaşılmaktadır.

- Orta boy tahminlerinde tam model yapısı kullanılarak hesaplanan mutlak hata yüzdesi değerleri yaklaşık olarak Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3 için %0,1 ve Ekorejyon 4 için %0,2 olarak hesaplanmıştır. Ancak, indirgenmiş model kullanılarak Ekorejyon 1 için %2,4 düşük, Ekorejyon 3 için %0,3 düşük ve Ekorejyon 4 için %3 yüksek tahmin değerleri elde edilmiştir. Bir başka ifade ile, ekolojik farklılığı dikkate almayan model yapılarının kullanılması özellikle Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 4 için yapılan tahminlerde tam model yapısına kıyasla yüksek hatalara sebep olabilmektedir. Bunun yanında, bir ekolojik bölge için geliştirilen orta boy modelinin farklı ekolojik bölgelerde kullanılması durumunda %5,1'e varan düşük ve %6,1'e varan yüksek tahmin değerleri ile karşılaşılmaktadır.

- Tam model yapısı kullanılarak ağaç sayısı tahminlerine ilişkin Ekorejyon 1 için %1,9; Ekorejyon 3 için %0,5 ve Ekorejyon 4 için %1,1 mutlak hata yüzdesi değerleri hesaplanmıştır. Ancak, tüm ekorejyonlar için genel bir modelin (indirgenmiş model) kullanılması durumunda Ekorejyon 1 için %23,1 yüksek, Ekorejyon 3 için %3,9 düşük ve Ekorejyon 4 için %8,0 düşük tahminler elde edilmektedir. Geliştirilen ekolojik tabanlı modelin yanlış ekolojik bölgelerde kullanılması durumunda ise %39,2 gibi yüksek ve %25,7 gibi düşük tahmin değerleri elde edilmektedir. Bir başka ifade ile, ağaç sayısı tahminleri için ekolojik farklılıkları dikkate almadan yapılan tahminler veya ağaç sayısı modelinin coğrafi sınırları dışında farklı bir ekolojik bölgede kullanılması durumunda oldukça yüksek hatalar ile karşılaşmaktadır.

- Çalışma kapsamında geliştirilen tam model yapısı ile göğüs yüzeyi tahminlerine ilişkin hesaplanan mutlak hata yüzdesi değerleri tüm ekorejyonlar için yaklaşık %0,2'dir. Ancak, göğüs yüzeyi tahminlerinde indirgenmiş model yapısının kullanılması durumunda Ekorejyon 1 için %5,5 düşük, Ekorejyon 3 için %1,8 yüksek ve Ekorejyon 4 için %2,1 yüksek tahmin değerleri elde edilmiştir. Bir ekorejyona ilişkin göğüs yüzeyi modelinin farklı ekorejyonlarda kullanılması durumunda ise %8,3'ye varan düşük ve %9,2'ye varan yüksek tahmin değerleri elde edilmektedir.

- Çalışma alanındaki meşcerelere ilişkin hacim tahminlerinde tam model yapısının kullanılması durumunda elde edilen mutlak hata yüzdeleri %0,2 ile %0,4 arasında değişmekte iken indirgenmiş modelin kullanılması durumunda bu değerler %1,4 ile %6,2 arasında değişiklik göstermektedir. Bir ekorejyon için geliştirilen hacim modelinin farklı ekorejyonlarda kullanılması durumunda ise %9,6 gibi düşük ve %10,4 gibi yüksek tahmin değerleri ile karşılaşmaktadır.

Yukarıda maddeler halinde verilen sonuçlar özetle ifade edilirse, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcerelerine ilişkin tahminlerde ekolojik farklılıkları dikkate almayan genel bir modelin kullanılması durumunda ekolojik tabanlı meşcere modellerine kıyasla oldukça yüksek hata değerleri elde edilmektedir. Ayrıca, geliştirilen meşcere modellerinin coğrafik sınırları dikkate alınmadan kullanılması durumunda ise kabul edilemeyecek hatalar ile karşılaşmaktadır. Bu durum, meşcere gelişiminde ekolojik bölge farklılıklarının önemli oranda etkili olduğu sonucunu doğurmaktadır.

Tablo 3.18 Meşçere modellerine ilişkin hesaplanan tahmin hataları

Meşçere özelliği	Model yapısı	Tahmin bölgesi	n	Ortalama ölçülen değerler	Ortalama tahmin değerleri	Ortalama hata	Hata yüzdesi (%)
Orta çap (cm)	İndirgenmiş	E1	63	31,8	29,1	-2,72	-8,55
	Tam-E1				32,0	0,17	0,54
	Tam-E3				28,6	-3,15	-9,91
	Tam-E4				27,1	-4,70	-14,78
	İndirgenmiş	E3	151	28,0	28,6	0,54	1,93
	Tam-E1				31,5	3,53	12,61
	Tam-E3				28,0	-0,01	-0,04
	Tam-E4				27,2	-0,78	-2,79
	İndirgenmiş	E4	60	26,6	27,9	1,40	5,26
	Tam-E1				31,1	4,50	16,92
	Tam-E3				27,3	0,72	2,71
	Tam-E4				26,6	0,00	0,02
Orta boy (m)	İndirgenmiş	E1	63	16,8	16,4	-0,40	-2,38
	Tam-E1				16,8	-0,02	-0,12
	Tam-E3				16,4	-0,39	-2,32
	Tam-E4				16,0	-0,86	-5,12
	İndirgenmiş	E3	151	17,0	17,0	-0,05	-0,29
	Tam-E1				17,2	0,18	1,06
	Tam-E3				17,0	-0,01	-0,06
	Tam-E4				16,5	-0,58	-3,41
	İndirgenmiş	E4	60	16,3	16,8	0,49	3,01
	Tam-E1				17,3	1,00	6,14
	Tam-E3				16,8	0,50	3,07
	Tam-E4				16,3	-0,03	-0,18
Ağaç sayısı (adet/ha)	İndirgenmiş	E1	63	578	712	133,72	23,14
	Tam-E1				590	11,13	1,93
	Tam-E3				735	156,25	27,03
	Tam-E4				805	226,28	39,15
	İndirgenmiş	E3	151	946	909	-36,76	-3,89
	Tam-E1				736	-210,35	-22,24
	Tam-E3				941	-4,68	-0,50
	Tam-E4				1009	62,77	6,22
	İndirgenmiş	E4	60	942	867	-75,10	-7,97
	Tam-E1				701	-241,75	-25,66
	Tam-E3				906	-36,33	-3,86
	Tam-E4				953	10,45	1,11
Göğüs yüzeyi (m ² /ha)	İndirgenmiş	E1	63	40,6	38,4	-2,24	-5,52
	Tam-E1				40,7	0,09	0,22
	Tam-E3				37,9	-2,70	-6,65
	Tam-E4				37,3	-3,38	-8,33
	İndirgenmiş	E3	151	45,0	45,8	0,79	1,76
	Tam-E1				49,0	3,96	8,80
	Tam-E3				45,1	0,07	0,16
	Tam-E4				45,4	0,38	0,84
	İndirgenmiş	E4	60	41,6	42,4	0,87	2,09
	Tam-E1				45,4	3,84	9,23
	Tam-E3				41,7	0,18	0,43
	Tam-E4				41,6	0,09	0,22
Hacim (m ³ /ha)	İndirgenmiş	E1	63	331,8	311,4	-20,43	-6,16
	Tam-E1				333,0	1,16	0,35
	Tam-E3				306,3	-25,46	-8,31
	Tam-E4				300,1	-31,68	-9,55
	İndirgenmiş	E3	151	383,5	388,7	5,22	1,36
	Tam-E1				407,1	23,58	6,15
	Tam-E3				384,1	0,62	0,16
	Tam-E4				378,8	-4,70	-1,23
	İndirgenmiş	E4	60	337,6	348,8	11,14	3,19
	Tam-E1				372,7	35,09	10,39
	Tam-E3				342,3	4,65	1,38
	Tam-E4				338,3	0,63	0,19

3.1.4 Ayrılan Meşcere Öğelerine İlişkin Bulgular

Ayrılan meşcere hacminin belirlenebilmesi için, her bir örnek alan içerisindeki mağlup ağaçların orta çapları ile kalan meşcereye ilişkin orta çaplar arasındaki ilişki incelenmiş ve aşağıdaki eşitlik ($R^2=0,616$) elde edilmiştir:

$$d_{g_{ayrılan}} = -0,5155 + 0,5073 d_g \quad (3.30)$$

Kalan ve ayrılan meşcere orta boyları arasındaki ilişki incelendiğinde ise aşağıdaki eşitlik ($R^2=0,692$) elde edilmiştir:

$$h_{g_{ayrılan}} = -0,3373 + 0,6670 h_g \quad (3.31)$$

Yukarıdaki eşitlikler yardımıyla, belirli bir yaştaki kalan meşcere orta çapı ve orta boyu kullanılarak ayrılan meşcere orta ağacına ilişkin çap ve boy değerleri elde edilmiştir. Ayrılan meşcere orta ağacına ilişkin çap ve boy değerleri kullanılarak Sakıcı vd. (2018a) tarafından geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi yardımıyla ayrılan meşcere orta ağacına ilişkin hacim değeri tahmin edilmiştir. Yaş basamağındaki ayrılan meşcere ağaç sayısı ile orta ağaç hacim değeri çarpılarak, periyodik ayrılan meşcere hacmi elde edilmiştir.

3.1.5 Sıklığa Bağlı Hasılat Tabloları

Geliştirilen modeller yardımıyla kalan ve ayrılan meşcere hacim elemanları hesaplanmıştır. Ayrıca, Eşitlik 2.10-2.15 kullanılarak hasılat tablosuna ilişkin diğer öğeler de hesaplanmıştır.

Saf karaçam meşcerelerinin büyüme seyirlerinin ekorejyonlara göre farklılık göstermesinden dolayı her bir ekorejyon için sıklığa bağlı hasılat tablosu ayrı ayrı geliştirilmiştir. Bu amaçla, 10 yıllık yaş basamakları ile (40-150 yıl arası), 3 farklı ekorejyon, 3 farklı bonitet sınıfı (I, II ve III) ve 3 farklı sıklık derecesi (4, 8 ve 12) için kalan meşcere, ayrılan meşcere ve hasılat tablosuna ait diğer öğeler hesaplanarak sıklığa bağlı hasılat tablosu oluşturulmuştur (EK B).

Hasılat tablosundaki genel meşcere hacminin bonitet sınıfı, sıklık derecesi ve yaşa bağlı olarak değişimleri ise Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 için sırasıyla Tablo 3.19, 3.20 ve 3.21’de verilmiştir.

Tablo 3.19 Genel meşcere hacminin meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 1)

Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel meşcere hacmi (m ³ /ha)		
		I. Bonitet	II. Bonitet	III. Bonitet
4	40	152,6	114,1	74,0
	60	282,7	199,5	119,2
	80	378,5	260,7	150,2
	100	449,8	305,5	172,4
	120	504,3	339,5	188,9
	140	547,1	365,9	201,8
8	40	266,8	199,5	129,4
	60	501,3	354,7	212,5
	80	673,1	465,2	269,2
	100	800,7	546,0	309,8
	120	898,2	607,1	340,1
	140	974,6	654,7	363,5
12	40	370,0	276,7	179,4
	60	705,1	499,7	300,1
	80	949,3	657,7	382,1
	100	1130,2	772,9	440,7
	120	1268,2	859,9	484,3
	140	1376,4	927,7	518,0

Tablo 3.20 Genel meşcere hacminin meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 3)

Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel meşcere hacmi (m ³ /ha)		
		I. Bonitet	II. Bonitet	III. Bonitet
4	40	135,1	94,2	55,1
	60	277,6	185,1	101,5
	80	390,6	255,2	135,9
	100	478,3	308,8	161,7
	120	547,4	350,7	181,6
	140	602,8	384,0	197,2
8	40	203,5	141,9	83,0
	60	470,2	314,9	173,9
	80	692,7	455,1	244,7
	100	870,6	565,6	299,1
	120	1013,2	653,3	341,7
	140	1128,8	723,9	375,8
12	40	258,6	180,4	105,5
	60	646,3	434,5	241,8
	80	978,0	645,6	350,0
	100	1247,7	814,5	434,6
	120	1466,1	949,9	501,4
	140	1644,6	1059,8	555,1

Tablo 3.21 Genel meşcere hacminin meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 4)

Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel meşcere hacmi (m ³ /ha)		
		I. Bonitet	II. Bonitet	III. Bonitet
4	40	124,2	83,7	46,5
	60	280,2	177,0	90,1
	80	410,5	252,1	123,5
	100	515,2	311,1	148,9
	120	599,5	358,0	168,7
	140	668,2	395,9	184,5
8	40	201,7	135,9	75,5
	60	487,3	309,7	159,5
	80	731,4	452,7	224,8
	100	929,9	566,6	275,2
	120	1090,9	657,7	314,9
	140	1222,7	731,7	346,6
12	40	267,7	180,4	100,2
	60	678,5	433,4	225,6
	80	1033,0	643,3	323,4
	100	1323,6	811,6	399,4
	120	1560,2	946,9	459,3
	140	1754,7	1057,0	507,4

Tablo 3.19, 3.20 ve 3.21 incelendiğinde, genel meşcere hacminin sıklık, yaş ve bonitet sınıfı ile pozitif yönde bir ilişki gösterdiği görülmektedir. Bir başka ifade ile bir meşcerenin sıklığı, yaşı ve verimliliği arttıkça genel meşcere hacmi de artmaktadır. Orta ve iyi bonitetli sahalarda Ekorejyon 1 içerisinde yayılış gösteren karaçam meşcerelerine ilişkin genel meşcere hacmi genç yaşlarda diğer iki ekorejyondan yüksek değerler alırken, ilerleyen yaşlarda Ekorejyon 3 ve 4'e ilişkin genel meşcere hacim değerleri birbirine yakın ve Ekorejyon 1'den yüksek değerler almaktadır. Bunun yanında, fena bonitetteki sahalarda tüm yaşlarda en düşük genel meşcere hacim değerine sahip bölge Ekorejyon 4 olmaktadır.

Düzenlenen sıklığa bağlı hasılat tablosundaki genel ortalama hacim artımına ilişkin değerler ve bu değerlerin bonitet sınıfı, sıklık derecesi ve yaşa bağlı olarak değişimleri Ekorejyon 1, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 için sırasıyla Tablo 3.22, 3.23 ve 3.24'te verilmiştir. Tablolar incelendiğinde, Ekorejyon 1 içerisindeki karaçam meşcerelerine ilişkin genel ortalama artımın 60-70 yaşlarında, Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 içerisindeki karaçam meşcerelerine ilişkin genel ortalama artımın ise 70-100 yaşlarında maksimum değerlere ulaştığı görülmektedir. Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 içerisindeki meşcerelere ilişkin genel ortalama artım değerleri ve bu değerlere ulaşma

yaşları birbirine benzerlik gösterirken Ekorejyon 1'deki meşcereler daha erken yaşlarda maksimum değere ulaşmaktadır.

Tablo 3.22 Genel meşcere ortalama hacim artımının meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 1)

Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel meşcere ortalama hacim artımı (m ³)		
		I. Bonitet	II. Bonitet	III. Bonitet
4	40	3,81	2,85	1,85
	60	4,71	3,33	1,99
	80	4,73	3,26	1,88
	100	4,50	3,06	1,72
	120	4,20	2,83	1,57
	140	3,91	2,61	1,44
8	40	6,67	4,99	3,23
	60	8,36	5,91	3,54
	80	8,41	5,82	3,37
	100	8,01	5,46	3,10
	120	7,48	5,06	2,83
	140	6,96	4,68	2,60
12	40	9,25	6,92	4,49
	60	11,75	8,33	5,00
	80	11,87	8,22	4,78
	100	11,30	7,73	4,41
	120	10,57	7,17	4,04
	140	9,83	6,63	3,70

Tablo 3.23 Genel meşcere ortalama hacim artımının meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 3)

Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel meşcere ortalama hacim artımı (m ³)		
		I. Bonitet	II. Bonitet	III. Bonitet
4	40	3,38	2,36	1,38
	60	4,63	3,08	1,69
	80	4,88	3,19	1,70
	100	4,78	3,09	1,62
	120	4,56	2,92	1,51
	140	4,31	2,74	1,41
8	40	5,09	3,55	2,07
	60	7,84	5,25	2,90
	80	8,66	5,69	3,06
	100	8,71	5,66	2,99
	120	8,44	5,44	2,85
	140	8,06	5,17	2,68
12	40	6,47	4,51	2,64
	60	10,77	7,24	4,03
	80	12,22	8,07	4,38
	100	12,48	8,14	4,35
	120	12,22	7,92	4,18
	140	11,75	7,57	3,96

Tablo 3.24 Genel meşcere ortalama hacim artımının meşcere özelliklerine göre değişimi (Ekorejyon 4)

Sıklık Derecesi	Meşcere Yaşı	Genel meşcere ortalama hacim artımı (m ³)		
		I. Bonitet	II. Bonitet	III. Bonitet
4	40	3,11	2,09	1,16
	60	4,67	2,95	1,50
	80	5,13	3,15	1,54
	100	5,15	3,11	1,49
	120	5,00	2,98	1,41
	140	4,77	2,83	1,32
8	40	5,04	3,40	1,89
	60	8,12	5,16	2,66
	80	9,14	5,66	2,81
	100	9,30	5,67	2,75
	120	9,09	5,48	2,62
	140	8,73	5,23	2,48
12	40	6,69	4,51	2,51
	60	11,31	7,22	3,76
	80	12,91	8,04	4,04
	100	13,24	8,12	3,99
	120	13,00	7,89	3,83
	140	12,53	7,55	3,62

Genel ortalama hacim artımı yıldan yıla artarak belli bir yaşta maksimum değere ulaşır, birkaç on yıllık periyot süresi boyunca küçük farklarla azami miktarda kalır ve bir süre sonra azalma eğilimine girer. Genel ortalama artım üzerinde ağaç türü, yetiştirme ortamı ve silvikültürel müdahale olmak üzere üç faktör önemli etkiye sahiptir. Bununla birlikte, geçmiş yıllarda yapılan bazı çalışmalarda bir meşcereye ilişkin genel ortalama hacim artımının belli bir yaştaki değeri bonitet ölçüsü olarak kullanılmıştır. Genel olarak, iyi yetiştirme ortamı koşullarında kötü yetiştirme ortamı koşullarına nazaran genel ortalama artımın maksimum değeri daha yüksek olmakta ve bu değere ulaşması daha erken yaşlarda görülmektedir (Fırat, 1972). Bu bağlamda bakıldığında, çalışma alanı içerisinde değerlendirmeye alınan üç farklı ekorejyon içerisinde genel meşcere ortalama artım değerinin Ekorejyon 1’de diğer iki ekorejyona kıyasla daha erken yaşlarda maksimuma ulaştığı ve karaçam türüne ilişkin yetiştirme ortamı özelliklerinin bu üç ekorejyon arasında önemli farklılıklar gösterdiği söylenebilir. Ekorejyon 1 genel olarak sahil kesimini kaplayan bir bölgedir ve topoğrafya, iklim ve anakaya özellikleri açısından diğer ekorejyonlardan oldukça önemli farklara sahiptir. Güvendi ve Kahyaoğlu (2019) tarafından yapılan çalışmada da, Sinop yöresinde yayılış gösteren Doğu kayını meşcerelerine ilişkin idare süreleri ekolojik tabanlı olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, farklı yükselti basamaklarında yayılış gösteren meşcereleri karşılaştırmışlar ve doğal yayılış alanı dışında (0-800 m) yayılış gösteren doğu kayını

ormanlarının verimlilik değerlerinin ve özçürüklük başlama yaşlarının düşük, mutlak idare sürelerinin ise kısa olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada karaçam meşcerelerine ilişkin genel ortalama artımın gerek değer olarak gerekse maksimum değerlere ulaşma yaşları açısından ekorejyonlar arasında farklılıklar gösterdiği ve bu ekorejyonlarda yapılacak olan planlama yaklaşımlarında bu farklılıkların dikkate alınması gerektiği anlaşılmaktadır.

3.2 Çap Dağılım Modellerine İlişkin Bulgular

Bu tez çalışması kapsamında üç farklı ekorejyondan farklı sıklık, verim gücü ve yaşlara sahip karaçam meşcerelerinden alınan 274 adet örnek alana ilişkin çap dağılımları Easyfit 5.5 Professional yazılımında Gamma-2p, Gamma-3p, Weibull-2p, Weibull-3p ve Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılarak modellenmiştir. Geliştirilen modellere ilişkin parametre tahminleri, Kolmogorov-Smirnov (*KS*), Anderson-Darling (*AS*), Ki-kare (X^2) ve Hata indeksi (*e*) istatistikleri ile bu istatistiklere ilişkin rölatif başarı sıralamaları her bir örnek alan için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her bir örnek alan için parametre tahmini yapılan olasılık yoğunluk fonksiyonlarının *KS*, *AD*, X^2 ve *e* istatistiklerine göre yapılan rölatif başarı sıralamaları üç ekorejyon için ayrı ayrı sırasıyla Tablo 3.25, 3.26 ve 3.27’de verilmiştir. Tablolarda, parametreleri tahmin edilemeyen (çözömlenemeyen) olasılık yoğunluk fonksiyonları için “x”, parametreleri tahmin edilmiş ancak ilgili test istatistiği hesaplanamamış fonksiyonlar için ise “--” ifadeleri kullanılmıştır.

Tablo 3.25 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının başarı sıraları (Ekorejyon 1)

Örnek Alan	<i>Kolmogorov-Smirnov (KS)</i>					<i>Anderson-Darling (AD)</i>					<i>Ki-kare (X^2)</i>					<i>Hata İndeksi (e)</i>				
	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB
27	1,29	3,72	5,00	3,71	1,00	1,62	3,23	5,00	2,49	1,00	1,00	2,08	5,00	2,10	4,83	3,61	3,09	5,00	3,26	1,00
28	3,08	2,07	5,00	2,87	1,00	1,17	1,00	1,84	1,23	5,00	2,00	1,00	4,00	2,41	--	1,24	1,00	5,00	2,14	3,29
29	4,22	3,39	5,00	4,36	1,00	2,49	3,44	5,00	3,47	1,00	1,00	2,31	2,04	5,00	3,41	1,00	2,49	5,00	3,42	3,79
30	3,49	4,33	5,00	4,10	1,00	1,94	4,71	5,00	3,36	1,00	1,00	3,67	5,00	2,83	1,44	5,00	1,00	4,11	3,67	2,33
58	5,00	2,46	1,68	1,00	2,21	5,00	1,94	1,39	1,00	1,47	5,00	4,03	1,00	3,64	3,02	5,00	3,21	1,00	1,43	2,57
59	1,66	1,00	5,00	2,14	2,58	1,64	1,38	5,00	2,34	1,00	1,28	1,00	5,00	2,56	1,46	1,64	1,96	5,00	3,24	1,00
60	2,39	1,48	5,00	3,85	1,00	1,50	1,00	5,00	2,57	1,34	5,00	1,87	3,62	2,63	1,00	1,35	1,00	5,00	3,05	1,10
61	3,71	1,00	5,00	4,06	1,82	2,22	1,00	5,00	2,64	1,77	3,68	3,92	1,00	5,00	4,74	2,77	1,00	5,00	3,43	3,73
62	4,33	1,00	5,00	4,04	1,09	4,96	1,00	5,00	3,80	1,24	5,00	1,29	1,31	1,00	1,97	4,66	1,93	5,00	4,07	1,00
63	5,00	1,98	1,35	1,00	1,74	5,00	1,35	1,22	1,00	1,33	2,32	1,01	5,00	4,85	1,00	5,00	1,00	1,35	1,09	1,02
64	5,00	2,22	2,02	1,39	1,00	5,00	1,38	1,83	1,24	1,00	2,43	4,60	1,00	2,32	5,00	1,00	4,90	5,00	4,72	4,70
65	5,00	2,49	1,89	2,09	1,00	5,00	2,29	3,95	2,31	1,00	1,00	1,40	5,00	1,05	2,59	1,00	2,59	5,00	2,62	2,89
66	5,00	4,18	4,80	4,62	1,00	3,01	2,33	5,00	2,52	1,00	2,64	1,00	2,83	5,00	3,11	4,53	2,53	5,00	3,12	1,00
67	1,18	1,00	5,00	3,54	1,69	1,00	1,17	5,00	2,31	1,04	1,07	5,00	1,09	4,06	1,00	1,40	1,80	5,00	2,73	1,00
68	5,00	3,59	1,71	1,00	2,59	5,00	2,80	1,45	1,00	1,94	5,00	2,08	1,00	1,13	2,17	5,00	3,09	1,61	1,00	2,30
103	5,00	1,86	3,14	1,69	1,00	5,00	1,21	1,97	1,00	1,57	5,00	1,00	1,25	2,87	1,39	3,28	2,11	1,00	3,27	5,00
104	5,00	1,00	2,04	1,61	1,08	5,00	1,17	1,42	1,00	1,15	3,96	5,00	1,00	3,38	4,95	5,00	1,62	2,64	1,82	1,00
105	4,34	1,00	5,00	3,90	4,05	1,77	1,00	2,11	1,87	5,00	4,00	1,60	1,00	2,61	--	1,00	5,00	1,12	1,10	2,11
106	4,79	5,00	4,41	4,36	1,00	3,97	5,00	3,43	4,33	1,00	4,11	3,39	1,00	5,00	1,74	4,54	4,60	3,69	5,00	1,00
107	4,00	2,82	1,19	1,00	x	4,00	2,03	1,06	1,00	x	4,00	1,16	1,01	1,00	x	1,00	4,00	2,20	2,09	x
108	5,00	2,15	3,24	1,92	1,00	2,57	1,12	1,40	1,00	5,00	2,50	2,20	4,00	1,00	--	5,00	1,40	2,75	1,00	3,76
109	5,00	1,36	2,41	1,00	1,19	5,00	1,32	1,27	1,00	1,10	5,00	1,00	1,13	1,47	1,76	3,12	5,00	1,00	2,72	3,17
110	1,44	1,00	4,60	5,00	1,61	1,00	1,09	5,00	3,22	1,16	5,00	3,72	1,03	1,00	4,97	1,30	1,00	5,00	3,65	1,91
111	5,00	3,47	4,04	1,98	1,00	5,00	1,49	1,66	1,00	1,44	1,00	4,84	3,05	5,00	4,93	4,86	5,00	2,61	1,00	2,19
112	1,00	2,69	4,00	3,08	x	4,00	1,97	2,20	1,00	x	1,73	4,00	1,86	1,00	x	1,00	3,17	4,00	3,04	x
113	2,46	1,44	5,00	1,80	1,00	1,34	1,12	5,00	2,46	1,00	1,00	2,98	5,00	1,64	2,97	1,00	1,57	5,00	3,93	1,64
114	4,00	2,71	1,44	1,00	x	4,00	3,01	1,24	1,00	x	1,00	4,00	3,57	2,71	x	1,00	4,00	2,89	2,46	x
115	5,00	1,14	1,77	1,55	1,00	5,00	3,99	3,91	3,62	1,00	2,50	3,35	1,01	1,00	5,00	5,00	1,00	2,91	2,67	2,37
165	3,51	3,09	2,22	5,00	1,00	1,47	1,55	1,24	5,00	1,00	1,00	4,00	1,95	--	1,52	2,41	3,96	1,00	5,00	2,26
166	1,50	1,67	5,00	3,95	1,00	2,39	1,49	5,00	2,95	1,00	5,00	1,76	1,93	1,00	2,47	4,21	2,63	2,14	1,00	5,00
167	5,00	2,92	3,28	2,30	1,00	5,00	2,47	3,96	2,92	1,00	5,00	1,89	2,04	2,16	1,00	5,00	3,17	2,29	3,08	1,00
168	2,00	1,23	5,00	3,95	1,00	1,24	1,05	5,00	2,59	1,00	3,05	1,01	2,44	5,00	1,00	5,00	4,70	1,40	1,00	4,80
169	4,29	3,81	5,00	2,95	1,00	3,06	2,85	5,00	3,10	1,00	5,00	1,79	1,45	1,00	3,58	5,00	4,65	4,81	4,42	1,00
170	3,69	3,54	1,00	5,00	4,33	5,00	1,04	1,20	1,14	1,00	1,38	5,00	1,00	3,95	1,42	4,02	5,00	1,01	1,00	1,03
171	5,00	2,12	1,00	1,45	1,96	5,00	1,73	1,99	1,00	1,43	4,55	4,98	1,00	1,14	5,00	5,00	1,80	4,60	3,80	1,00
172	5,00	1,00	2,28	1,11	1,79	1,73	1,01	1,10	1,00	5,00	4,00	1,00	2,40	1,41	--	5,00	1,35	1,00	2,27	4,99
173	5,00	2,72	4,19	3,23	1,00	5,00	1,94	2,46	2,18	1,00	2,41	2,17	5,00	1,00	4,19	2,74	4,79	1,00	5,00	3,29
174	4,00	3,75	1,00	5,00	1,96	5,00	1,54	1,08	1,90	1,00	1,00	5,00	3,21	1,17	3,69	1,00	4,73	1,51	5,00	2,72
175	2,55	2,11	5,00	4,25	1,00	1,88	1,16	5,00	3,59	1,00	4,38	1,00	4,85	5,00	2,89	1,00	4,64	5,00	3,67	2,09
176	1,00	2,86	5,00	3,46	2,07	1,90	2,09	5,00	1,48	1,00	4,55	1,00	5,00	3,58	4,66	1,00	3,55	5,00	2,45	1,73
177	1,00	1,86	4,00	2,94	x	1,19	1,00	4,00	1,68	x	1,01	3,28	4,00	1,00	x	1,00	2,30	4,00	2,58	x
178	4,00	3,82	1,92	1,00	x	4,00	2,17	1,35	1,00	x	3,89	1,00	4,00	3,29	x	3,57	4,00	1,00	1,57	x
179	5,00	1,21	1,92	1,07	1,00	5,00	1,01	1,33	1,00	1,28	5,00	2,47	1,63	3,36	1,00	5,00	1,47	2,45	1,00	2,10
180	3,43	1,00	5,00	2,52	1,72	2,12	1,00	5,00	2,02	1,15	5,00	1,05	3,69	2,54	1,00	1,01	1,00	5,00	1,60	1,70
181	2,25	1,00	5,00	2,93	1,30	1,39	1,23	5,00	2,62	1,00	5,00	4,66	1,17	1,00	4,82	1,00	2,11	5,00	4,05	1,71
182	3,30	1,00	5,00	3,80	1,59	2,54	1,05	5,00	2,66	1,00	5,00	1,00	3,89	3,75	1,84	1,38	5,00	1,43	1,00	1,10
183	1,04	1,00	1,04	4,00	x	1,46	1,01	4,00	1,54	x	1,82	1,00	4,00	1,16	x	1,50	1,00	4,00	3,67	x
184	2,90	1,35	5,00	2,91	1,00	2,16	1,09	5,00	2,05	1,00	5,00	3,32	1,34	2,74	1,00	1,67	1,00	5,00	2,20	1,40
185	2,48	1,00	5,00	4,76	2,24	1,22	1,24	5,00	3,32	1,00	5,00	1,00	4,63	2,30	3,14	1,00	1,40	5,00	3,25	1,13
186	5,00	1,00	4,55	3,58	2,49	4,11	1,00	5,00	3,89	1,43	1,92	1,00	5,00	2,44	1,34	1,44	5,00	1,53	1,48	1,00
187	4,43	2,86	1,00	1,97	5,00	5,00	1,39	1,06	1,00	1,75	2,17	1,00	1,60	2,28	5,00	2,92	3,08	1,00	1,79	5,00
188	3,29	1,82	5,00	3,92	1,00	2,71	1,30	5,00	3,01	1,00	3,30	4,15	5,00	2,54	1,00	1,22	5,00	1,32	1,15	1,00
189	2,98	2,99	5,00	3,36	1,00	1,90	2,91	5,00	2,95	1,00	5,00	2,99	3,15	3,04	1,00	1,00	1,82	5,00	2,64	2,44
190	4,60	3,92	5,00	4,41	1,00	5,00	2,48	3,46	3,03	1,00	5,00	2,25	1,00	1,60	3,60	2,20	1,00	2,60	2,80	5,00
191	3,23	3,06	5,00	4,67	1,00	1,07	1,00	1,77	1,43	5,00	1,05	1,00	4,00	3,09	--	1,66	5,00	2,25	1,98	1,00
196	2,70	3,88	5,00	4,18	1,00	2,62	3,67	5,00	3,68	1,00	1,00	4,06	1,24	5,00	3,82	4,53	3,81	5,00	4,84	1,00
197	3,89	4,45	5,00	4,41	1,00	3,16	3,93	5,00	3,75	1,00	3,06	4,17	5,00	4,90	1,00	4,29	4,16	5,00	4,42	1,00
198	2,25	4,07	5,00	3,52	1,00	1,33	2,90	5,00	3,04	1,00	2,00	1,00	2,72	1,34	5,00	1,00	3,08	5,00	3,72	1,96
199	2,48	1,43	4,00	1,00	x	1,58	1,00	4,00	2,50	x	1,00	1,93	3,97	4,00	x	1,00	1,08	4,00	2,18	x
200	2,76	2,26	5,00	4,30	1,00	1,10	1,00	1,60	1,27	5,00	3,64	1,00	4,00	3,80	--	2,06	1,00	5,00	3,31	1,94
201	2,46	2,87	1,37	5,00	1,00	1,40	5,00	1,07	3,25	1,00	2,64	--	1,44	4,00	1,00	1,65	4,35	1,00	5,00	1,26
202	3,07	1,00	5,00	3,79	1,46	2,98	1,00	5,00	2,55	1,25	2,82	1,95	5,00	1,00	2,33	2,50	1,00	5,00	3,09	1,05
203	2,96	4,16	5,00	4,20	1,00	2,92	2,87	5,00	3,43	1,00	3,47	1,00	2,40	1,17	5,00	1,00				

Tablo 3.26 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının başarı sıraları (Ekorejyon 3)

Örnek Alan	<i>Kolmogorov-Smirnov (KS)</i>					<i>Anderson-Darling (AD)</i>					<i>Ki-kare (X^2)</i>					<i>Hata İndeksi (e)</i>				
	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB
1	2,47	3,08	5,00	4,19	1,00	5,00	2,47	4,78	3,56	1,00	1,56	3,83	2,73	5,00	1,00	5,00	2,32	1,00	1,85	1,92
2	5,00	1,75	3,20	1,64	1,00	1,75	1,02	1,21	1,00	5,00	4,00	1,00	3,22	1,34	---	4,80	1,04	1,95	1,00	5,00
3	5,00	1,30	1,32	1,00	1,78	5,00	1,31	1,01	1,00	1,39	4,28	2,35	1,00	5,00	1,66	2,03	3,75	1,00	1,95	5,00
4	5,00	1,85	3,38	2,21	1,00	5,00	1,16	2,10	1,23	1,00	5,00	1,96	1,81	1,79	1,00	2,82	5,00	1,93	1,21	1,00
5	2,18	1,06	5,00	1,65	1,00	4,94	2,02	5,00	1,00	1,14	1,00	4,61	5,00	4,78	4,42	4,92	4,04	5,00	1,00	2,77
6	5,00	2,14	1,00	1,64	1,73	5,00	1,35	1,17	1,00	1,14	4,72	5,00	1,00	4,27	3,44	4,66	5,00	1,00	2,49	3,63
7	2,23	4,80	5,00	4,30	1,00	4,76	4,53	5,00	4,07	1,00	2,53	3,53	2,36	1,00	5,00	1,00	4,76	5,00	4,53	2,41
8	5,00	3,99	3,38	4,91	1,00	1,01	1,24	1,20	5,00	1,00	3,65	1,00	1,78	---	4,00	5,00	4,28	2,08	1,00	2,94
9	5,00	1,00	2,43	1,40	1,36	5,00	1,02	1,74	1,06	1,00	5,00	1,01	1,00	1,27	1,31	5,00	4,38	3,18	1,00	1,09
10	5,00	1,39	2,81	1,86	1,00	5,00	1,55	2,11	1,82	1,00	5,00	2,38	4,87	1,00	2,39	5,00	3,86	1,00	4,29	2,65
11	5,00	2,55	1,00	2,33	2,61	5,00	1,85	1,55	1,00	1,81	5,00	2,08	1,01	1,00	2,08	5,00	2,79	1,68	1,00	2,70
12	5,00	1,67	3,71	2,21	1,00	1,64	1,00	1,14	1,03	5,00	4,00	1,10	1,61	1,00	---	2,76	4,16	1,00	4,16	5,00
13	5,00	2,40	2,49	4,65	1,00	2,20	1,44	1,31	5,00	1,00	4,28	1,00	5,00	3,40	3,33	3,42	4,06	1,00	5,00	2,75
14	5,00	1,01	2,61	1,50	1,00	5,00	1,07	1,74	1,15	1,00	5,00	1,36	2,40	1,20	1,00	5,00	1,48	2,01	1,43	1,00
15	2,68	1,48	5,00	4,64	1,00	1,86	1,51	5,00	4,12	1,00	1,41	3,00	5,00	3,24	1,00	1,10	5,00	1,69	1,48	1,00
16	5,00	4,80	1,80	1,02	1,00	4,10	4,12	5,00	4,09	1,00	5,00	4,66	4,22	4,19	1,00	2,86	1,00	5,00	2,87	3,67
17	3,13	3,91	3,94	5,00	1,00	1,00	1,48	1,67	3,44	5,00	1,00	1,06	4,00	1,69	---	3,98	2,14	5,00	2,89	1,00
18	3,36	1,00	5,00	3,96	1,06	1,44	1,00	2,45	1,50	5,00	2,66	1,00	4,00	3,42	---	2,09	5,00	2,95	2,21	1,00
19	1,00	2,24	5,00	3,63	1,16	1,50	1,20	5,00	2,95	1,00	2,90	1,00	5,00	3,79	1,79	1,12	1,00	4,94	2,85	5,00
20	5,00	1,42	1,51	1,00	2,21	5,00	1,38	1,00	1,05	1,36	1,00	2,53	3,11	1,20	5,00	5,00	1,00	1,40	1,13	1,80
21	5,00	1,23	1,63	2,02	1,00	5,00	1,04	1,37	1,23	1,00	1,00	3,89	3,45	2,04	5,00	5,00	2,19	1,59	4,70	1,00
22	2,17	1,00	5,00	1,35	1,42	1,08	1,26	5,00	1,00	1,09	2,76	4,89	1,00	5,00	3,46	1,00	1,55	5,00	1,30	1,52
23	3,05	1,00	4,00	3,25	x	2,22	1,00	4,00	2,65	x	1,00	3,04	4,00	3,65	x	2,82	1,00	4,00	3,16	x
24	1,77	1,00	4,00	2,36	x	4,00	1,43	3,98	1,00	x	4,00	2,88	1,00	1,94	x	4,00	1,62	1,21	1,00	x
25	4,37	3,49	4,50	5,00	1,00	4,41	4,73	4,71	5,00	1,00	5,00	3,76	4,00	2,79	1,00	1,67	5,00	1,00	4,87	3,48
26	3,68	2,94	5,00	3,74	1,00	2,43	1,71	5,00	2,55	1,00	2,99	1,82	5,00	1,63	1,00	3,11	1,36	5,00	3,17	1,00
51	3,19	4,46	1,93	5,00	1,00	5,00	4,00	3,35	4,56	1,00	1,68	2,09	1,16	5,00	1,00	2,14	5,00	1,88	4,86	1,00
52	1,21	1,00	5,00	4,37	1,11	1,04	1,00	5,00	3,47	1,08	1,51	1,49	1,78	5,00	1,00	1,07	1,00	5,00	4,04	1,39
53	2,60	1,72	5,00	4,40	1,00	1,93	1,60	5,00	3,65	1,00	2,55	1,45	2,53	5,00	1,00	1,77	1,00	5,00	3,88	1,52
54	5,00	2,56	2,27	1,00	4,30	5,00	1,71	2,61	1,27	1,00	5,00	4,31	1,00	3,20	4,55	5,00	2,95	1,00	1,33	3,80
55	1,00	1,35	5,00	2,82	1,07	1,00	1,17	5,00	2,42	1,09	2,89	5,00	1,00	2,30	2,18	1,48	1,80	5,00	2,84	1,00
56	2,34	1,54	5,00	3,38	1,00	1,95	1,87	5,00	2,70	1,00	2,67	2,57	5,00	1,92	1,00	2,98	2,30	5,00	3,75	1,00
57	1,00	3,44	5,00	3,01	1,34	1,51	2,44	5,00	2,20	1,00	2,62	1,93	5,00	1,00	3,24	1,00	2,75	5,00	2,53	1,15
85	3,15	3,11	5,00	4,62	1,00	1,09	1,00	2,06	1,76	5,00	1,00	1,63	4,00	1,83	---	1,32	5,00	2,17	1,98	1,00
86	5,00	1,00	1,69	1,70	1,79	5,00	1,00	1,24	1,18	1,05	1,25	5,00	1,00	3,40	3,77	5,00	2,50	2,02	1,11	1,00
87	3,07	1,00	5,00	4,51	1,32	1,22	1,00	1,75	1,50	5,00	2,83	1,00	3,58	4,00	---	1,00	5,00	1,67	1,39	1,36
88	1,62	1,00	4,89	5,00	1,44	1,15	1,52	5,00	4,15	1,00	4,41	4,36	5,00	1,00	3,54	1,00	1,44	2,10	1,73	5,00
89	4,00	2,44	1,00	1,11	x	4,00	3,00	3,64	1,00	x	4,00	3,59	1,00	2,50	x	3,14	4,00	3,14	1,00	x
90	4,00	1,00	1,40	1,67	x	4,00	1,76	1,08	1,00	x	4,00	1,54	1,00	1,21	x	1,00	4,00	3,06	3,33	x
91	1,00	2,84	4,82	5,00	2,00	1,10	1,75	5,00	4,13	1,00	5,00	1,00	1,78	1,73	2,20	2,87	5,00	4,73	4,20	1,00
92	5,00	1,15	1,73	1,00	1,61	5,00	1,26	1,71	1,00	1,07	1,00	5,00	2,83	3,70	4,35	1,85	1,14	1,17	1,00	5,00
93	2,87	1,30	5,00	2,29	1,00	5,00	1,31	3,02	1,40	1,00	1,00	2,28	3,54	2,38	5,00	5,00	1,63	3,63	2,56	1,00
94	5,00	2,68	1,00	2,39	3,29	5,00	1,14	1,43	1,00	1,32	2,64	1,00	2,35	5,00	2,51	1,68	5,00	1,00	2,29	3,03
95	1,85	1,00	5,00	3,94	1,06	1,81	1,00	5,00	4,07	1,69	1,95	2,22	5,00	2,61	1,00	2,83	1,00	5,00	3,51	1,57
96	2,07	1,31	1,00	5,00	1,17	1,58	1,19	1,00	5,00	1,37	1,48	4,00	1,00	---	2,08	1,43	2,18	1,00	5,00	1,18
97	2,85	2,47	4,88	5,00	1,00	1,25	1,00	2,22	2,13	5,00	2,62	1,00	4,00	3,95	---	2,03	5,00	2,58	2,45	1,00
98	5,00	2,76	1,04	1,00	1,07	5,00	2,17	1,00	1,02	1,12	1,35	3,76	5,00	1,00	3,03	5,00	2,05	1,00	1,14	1,12
99	2,51	1,00	5,00	4,32	1,28	2,38	1,00	5,00	3,34	1,22	5,00	1,00	2,19	1,56	1,01	1,18	4,36	2,36	1,00	5,00
100	4,00	1,50	1,44	1,00	x	4,00	2,67	1,76	1,00	x	1,00	3,94	3,62	4,00	x	2,50	4,00	1,86	1,00	x
101	5,00	2,24	3,68	1,00	1,24	1,62	1,12	1,21	1,00	5,00	3,44	4,00	2,25	1,00	---	4,27	3,61	4,43	1,00	5,00
102	4,00	2,49	2,60	1,00	x	4,00	2,47	3,38	1,00	x	4,00	3,94	1,93	1,00	x	4,00	3,58	1,00	1,67	x
116	1,79	1,38	5,00	3,59	1,00	1,79	1,20	5,00	2,84	1,00	3,21	1,46	1,00	5,00	3,07	3,00	1,50	5,00	4,00	1,00
117	5,00	1,99	1,80	1,49	1,00	5,00	1,28	1,27	1,08	1,00	5,00	4,61	2,68	1,00	2,71	4,72	5,00	1,00	1,51	1,28
118	5,00	1,58	3,25	1,00	3,50	1,47	1,06	1,13	1,00	5,00	1,00	4,00	2,09	2,08	---	2,83	5,00	1,00	4,20	2,94
119	4,59	3,74	3,06	5,00	1,00	1,57	4,70	1,17	5,00	1,00	2,85	---	3,00	---	1,00	5,00	1,00	2,85	1,28	1,18
120	2,51	3,90	1,00	5,00	4,48	5,00	1,17	1,52	1,02	1,00	1,00	2,62	1,29	5,00	2,67	3,39	2,80	5,00	1,00	1,41
121	3,12	1,00	3,83	1,31	5,00	1,00	1,21	5,00	1,36	1,24	5,00	4,36	1,61	1,70	1,00	2,02	1,65	5,00	1,00	2,67
122	1,41	1,96	5,00	4,76	1,00	1,04	1,00	5,00	3,68	1,45	2,75	2,12	5,00	4,71	1,00	1,00	1,14	5,00	3,67	3,09
123	5,00	1,88	2,11	1,00	1,69	5,00	1,24	1,37	1,00	1,32	5,00	1,00	3,55	1,15	1,57	5,00	3,63	2,24	1,00	3,64
124	2,02	4,00	1,00	1,17	x	4,00	3,67	1,00	1,05	x	1,00	4,00	3,16	2,34	x	1,00	4,00	1,88	2,32	x
125	5,00	1,49	2,32	1,00	1,67	5,00	1,11	1,68	1,00	1,34	5,00	1,31	2,91	1,00	1,28	5,00	1,78	2,42	1,41	1,00
126	3,11	3,94	5,00	4,47	1,00	5,00	2,77	3,78	3,18	1,00	5,00	2,52	1,19	1,00	2,22	2,33	2,64	5,00	4,69	1,00
127	4,00	2,72	1,00	1,97	x	4,00	3,15	1,00	1,06	x	4,00	3,83	1,00	1,68	x	4,00	3,50	1,00	1,40	x
128	2,36	2,99	5,00																	

Tablo 3.26'nin devamı

Örnek Alan	<i>Kolmogorov-Smirnov (KS)</i>					<i>Anderson-Darling (AD)</i>					<i>Ki-kare (X²)</i>					<i>Hata İndeksi (e)</i>				
	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB
129	5,00	3,13	2,78	3,78	1,00	5,00	2,27	2,83	2,56	1,00	4,46	5,00	3,58	2,66	1,00	5,00	2,12	3,43	2,13	1,00
130	5,00	3,67	1,00	1,61	1,58	5,00	1,67	1,14	1,00	1,00	2,41	1,00	1,95	4,98	5,00	5,00	2,19	1,00	1,56	1,63
131	1,45	1,67	5,00	3,07	1,00	1,12	1,48	5,00	2,06	1,00	1,68	1,52	5,00	1,00	1,39	1,30	1,69	5,00	2,61	1,00
132	1,00	1,68	5,00	2,48	2,19	1,00	1,09	5,00	1,99	1,05	2,03	1,00	5,00	2,14	2,09	1,00	1,92	5,00	1,31	1,46
133	5,00	1,55	2,67	1,00	1,24	5,00	1,34	1,83	1,00	1,98	5,00	2,27	1,07	2,33	1,00	5,00	2,00	3,17	2,17	1,00
134	4,31	3,85	1,00	5,00	2,79	5,00	1,17	1,13	1,55	1,00	3,20	2,28	1,00	5,00	2,52	2,42	4,27	1,00	5,00	3,12
135	5,00	2,04	3,27	2,62	1,00	2,81	5,00	1,51	1,00	4,83	3,00	--	1,67	1,00	--	2,75	5,00	1,00	4,94	3,88
136	5,00	3,67	3,73	2,54	1,00	1,48	1,49	5,00	3,39	1,00	1,00	2,94	1,71	2,69	5,00	1,00	1,64	5,00	4,16	2,02
137	2,17	5,00	1,49	1,00	1,60	1,44	2,11	5,00	3,01	1,00	1,22	5,00	2,89	1,00	2,14	2,84	4,48	5,00	3,75	1,00
138	1,72	1,00	5,00	4,49	2,19	1,00	1,12	5,00	3,31	1,29	5,00	4,91	3,91	1,00	3,46	1,00	1,40	5,00	2,87	3,93
139	1,00	4,00	3,47	3,41	x	1,00	2,05	4,00	1,06	x	1,00	3,80	4,00	3,94	x	1,00	3,37	4,00	3,21	x
140	3,78	1,00	4,38	5,00	1,88	1,59	1,00	2,40	2,13	5,00	4,00	1,00	1,79	2,85	--	1,00	5,00	1,65	1,56	1,84
141	2,31	1,64	5,00	3,62	1,00	2,14	1,00	5,00	3,04	1,68	5,00	1,00	4,09	3,14	2,25	1,22	1,00	5,00	2,30	1,97
142	1,89	1,00	5,00	3,78	1,14	1,18	1,00	5,00	2,83	1,70	1,04	1,00	5,00	2,87	3,65	1,00	1,88	3,38	2,19	5,00
143	1,00	4,39	5,00	4,37	2,78	3,56	3,06	5,00	3,06	1,00	1,00	4,67	1,08	5,00	4,17	5,00	1,11	1,89	1,56	1,00
144	5,00	1,42	2,55	1,85	1,00	5,00	1,03	1,99	1,26	1,00	5,00	2,56	2,63	1,58	1,00	2,90	4,94	2,11	5,00	1,00
145	5,00	1,00	2,61	1,30	2,21	5,00	1,11	2,21	1,37	1,00	1,00	2,09	5,00	3,12	2,46	5,00	1,00	4,01	2,57	3,92
146	1,41	1,00	5,00	1,87	2,27	1,00	1,15	5,00	1,52	1,24	1,14	1,21	5,00	4,78	1,00	1,41	1,82	5,00	1,00	1,31
147	3,09	2,96	2,38	5,00	1,00	1,26	4,73	1,13	5,00	1,00	1,10	--	3,00	--	1,00	5,00	1,00	4,56	4,07	1,90
148	5,00	1,18	1,43	1,64	1,00	5,00	1,00	1,20	1,11	1,02	3,03	5,00	1,00	4,66	3,81	4,67	4,06	1,00	5,00	1,64
149	3,58	3,60	5,00	3,90	1,00	2,20	2,36	5,00	2,34	1,00	4,31	5,00	2,29	3,88	1,00	3,39	2,97	5,00	3,69	1,00
150	5,00	1,66	2,76	1,00	1,55	5,00	1,35	1,32	1,00	1,43	5,00	3,01	1,00	4,74	2,93	5,00	2,14	1,57	1,00	2,90
151	1,80	1,15	5,00	4,04	1,00	1,51	1,00	5,00	3,04	1,01	1,00	1,30	3,62	5,00	1,27	1,39	1,00	5,00	3,16	1,13
152	4,00	2,22	1,12	1,00	x	4,00	1,89	1,02	1,00	x	4,00	1,00	2,61	2,61	x	1,00	4,00	2,84	2,79	x
153	4,85	3,59	1,00	5,00	1,02	5,00	1,37	1,43	1,64	1,00	5,00	1,28	1,00	1,43	3,87	1,62	4,69	1,00	5,00	4,32
154	5,00	2,21	3,47	3,17	1,00	5,00	3,39	3,18	3,08	1,00	3,68	5,00	3,94	3,90	1,00	3,09	1,00	1,50	1,42	5,00
155	5,00	2,12	2,59	1,26	1,00	5,00	1,56	1,65	1,10	1,00	1,00	5,00	2,79	4,28	4,23	1,00	4,33	5,00	4,52	4,21
156	5,00	2,86	1,00	2,72	2,40	5,00	1,25	1,00	1,16	1,14	1,00	3,00	2,98	4,98	5,00	1,00	5,00	1,37	2,23	2,33
157	5,00	1,33	1,00	1,22	2,37	5,00	1,33	1,43	1,27	1,00	1,00	5,00	2,51	2,45	1,84	2,91	2,57	1,35	1,00	5,00
158	5,00	2,05	1,00	1,55	1,27	5,00	1,21	1,00	1,01	1,20	5,00	1,08	3,93	1,00	1,03	1,00	5,00	2,47	2,60	4,00
159	5,00	1,32	1,96	1,28	1,00	5,00	1,24	1,22	1,00	1,09	5,00	3,34	1,08	4,07	1,00	5,00	3,00	1,29	1,00	1,86
160	5,00	1,72	3,01	1,46	1,00	2,01	1,03	1,21	1,00	5,00	4,00	1,00	1,74	1,47	--	3,32	1,00	2,04	1,01	5,00
161	5,00	2,33	2,57	1,00	1,89	5,00	1,35	1,36	1,00	1,08	5,00	3,42	4,02	1,00	1,32	5,00	4,93	2,88	1,89	1,00
162	5,00	2,75	2,82	2,84	1,00	5,00	3,02	1,76	3,59	1,00	1,00	2,87	1,70	3,13	5,00	4,30	5,00	3,55	2,86	1,00
163	1,97	2,64	1,00	1,22	5,00	1,53	1,11	1,14	1,00	5,00	4,00	1,00	2,71	1,01	--	1,31	3,08	2,08	1,00	5,00
164	3,14	3,55	2,95	5,00	1,00	1,00	2,53	1,06	5,00	2,40	2,91	1,00	3,00	--	--	1,00	5,00	2,75	4,75	2,25
192	2,63	1,27	5,00	2,42	1,00	1,85	1,42	5,00	1,81	1,00	4,51	5,00	3,40	1,00	4,39	5,00	4,48	1,52	1,00	4,30
193	1,00	2,96	4,00	2,51	x	1,00	1,92	4,00	1,88	x	1,00	4,00	3,53	2,95	x	1,00	1,52	4,00	1,58	x
194	1,00	3,08	5,00	3,17	2,07	1,00	2,44	5,00	2,56	1,78	1,00	2,75	5,00	2,67	1,87	1,14	1,00	5,00	3,83	3,82
195	1,00	3,02	5,00	3,06	1,75	1,00	2,92	5,00	2,69	1,96	1,00	3,67	5,00	2,37	1,51	3,00	1,00	5,00	3,67	4,33
222	1,00	4,58	4,33	5,00	1,45	2,52	5,00	3,16	4,57	1,00	2,23	1,00	3,60	2,34	5,00	1,27	1,18	5,00	4,96	1,00
223	5,00	1,99	2,55	2,42	1,00	5,00	1,00	1,76	1,04	1,03	5,00	1,82	4,58	1,72	1,00	5,00	1,00	2,23	1,09	1,53
224	5,00	2,81	1,00	1,01	1,07	5,00	1,54	1,46	1,00	1,01	3,17	1,00	5,00	4,53	3,63	5,00	3,22	2,20	1,01	1,00
225	2,61	2,90	5,00	4,65	1,00	1,00	1,74	5,00	3,54	4,05	5,00	4,92	2,85	1,00	1,69	1,00	4,82	5,00	3,01	3,06
226	4,00	3,39	1,17	1,00	x	4,00	1,85	1,18	1,00	x	2,41	3,83	4,00	1,00	x	4,00	3,42	1,87	1,00	x
227	5,00	1,00	1,67	1,13	2,16	5,00	1,22	1,70	1,00	1,38	5,00	1,24	2,23	1,52	1,00	5,00	1,92	1,87	1,00	1,52
228	1,26	1,00	5,00	3,77	3,33	2,89	1,00	5,00	4,06	1,67	5,00	1,00	2,69	2,36	1,56	1,00	5,00	1,30	1,28	1,18
229	3,93	5,00	1,00	1,66	4,53	1,25	3,20	5,00	1,00	2,23	5,00	1,89	1,00	1,76	1,89	1,00	1,36	3,18	2,45	5,00
230	4,00	1,53	1,66	1,00	x	4,00	1,45	1,25	1,00	x	4,00	1,00	1,67	1,01	x	4,00	3,99	1,46	1,00	x
231	5,00	1,03	2,87	1,00	1,73	5,00	1,00	1,64	1,05	1,17	5,00	1,32	3,11	1,54	1,00	5,00	1,15	2,29	1,00	2,24
232	5,00	1,47	2,24	1,00	1,22	5,00	1,33	1,22	1,00	1,27	4,73	4,98	1,99	1,00	5,00	3,15	1,00	5,00	2,85	1,31
233	5,00	2,20	1,00	1,50	2,02	5,00	1,51	1,64	1,57	1,00	5,00	1,00	3,50	1,53	2,61	1,00	1,48	2,03	1,73	5,00
234	5,00	2,81	1,00	3,55	2,03	5,00	1,21	1,00	1,55	1,21	5,00	1,00	1,05	4,31	1,63	1,41	1,65	1,27	1,00	5,00
235	2,71	1,00	4,52	5,00	2,15	1,15	1,00	1,94	1,74	5,00	1,00	1,00	4,00	1,66	--	1,00	1,18	1,47	1,45	5,00
240	5,00	1,20	2,51	1,61	1,00	5,00	1,06	1,19	1,00	1,09	3,46	2,92	5,00	1,00	3,05	4,78	3,63	1,00	1,52	5,00
241	1,19	1,00	4,00	2,32	x	2,34	1,05	4,00	1,00	x	4,00	2,15	2,38	1,00	x	1,00	2,97	4,00	3,27	x
242	5,00	2,62	1,00	1,41	3,64	5,00	1,17	1,03	1,00	1,28	5,00	4,59	2,78	1,00	4,74	5,00	3,02	1,58	1,48	1,00
243	5,00	1,84	2,82	2,15	1,00	1,95	1,00	1,13	1,00	5,00	4,00	1,00	2,11	1,31	--	5,00	1,55	1,38	1,07	1,00
244	5,00	1,00	1,39	1,24	1,30	5,00	1,04	1,18	1,09	1,00	5,00	2,36	2,78	1,00	3,63	5,00	1,07	1,00	2,84	4,67
245	1,01	5,00	1,08	1,02	1,00	1,25	1,04	5,00	3,06	1,00	3,44	1,00	3,25	5,00	1,02	1,00	1,03	1,37	1,32	5,00
246	1,13	1,00	5,00	3,38	1,15	1,00	1,00	5,00	1,98	1,06	1,00	1,25	5,00	3,25	1,00	1,00	1,02	2,10	1,42	5,00
247	5,00	4,41	4,95	4,74	1,00	5,00	1,74	1,79	1,82	1,00	1,00	5,00	3,42	1,79	4,06	1,00	2,32	1,58	1,74	5,00
248	1,23	1,00	5,00	3,36	1,46	1,16	1,00	5,00	2,36	1,17	1,00	3,94	5,00	3,11	1,96	1,00	1,			

Tablo 3.26'nin devamı

Örnek Alan	<i>Kolmogorov-Smirnov (KS)</i>					<i>Anderson-Darling (AD)</i>					<i>Ki-kare (X²)</i>					<i>Hata İndeksi (e)</i>				
	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB
249	1,69	1,00	5,00	1,99	2,26	1,00	1,09	5,00	2,03	1,30	1,00	1,72	5,00	1,59	1,16	1,32	1,00	5,00	2,73	2,27
250	1,00	2,16	5,00	2,39	1,61	1,36	1,37	5,00	1,18	1,00	3,92	3,86	5,00	1,00	3,89	1,48	1,46	1,00	1,13	5,00
251	1,41	1,00	5,00	3,36	1,41	1,20	1,14	5,00	2,76	1,00	3,06	5,00	4,29	1,00	3,29	1,00	1,61	2,76	1,79	5,00
254	1,00	5,00	3,49	3,83	1,69	4,30	5,00	4,16	4,08	1,00	2,02	3,66	5,00	4,95	1,00	1,00	1,42	1,21	1,20	5,00
255	1,00	1,39	5,00	2,18	3,02	1,79	1,80	5,00	1,88	1,00	2,20	2,71	4,25	1,00	5,00	1,00	2,35	5,00	2,44	1,79
256	5,00	2,03	1,00	1,22	3,09	5,00	1,29	1,03	1,00	1,43	4,08	5,00	4,99	1,00	4,97	5,00	1,25	2,00	1,75	1,00
257	4,64	4,44	1,00	2,84	5,00	5,00	1,42	1,00	1,11	1,17	4,76	4,84	2,41	5,00	1,00	1,13	5,00	1,00	2,29	1,77
258	5,00	1,31	2,04	1,32	1,00	5,00	1,39	1,34	1,00	1,13	5,00	1,00	2,86	1,08	1,23	1,00	4,47	5,00	2,78	2,96
259	5,00	1,14	1,00	1,21	3,26	5,00	1,38	1,12	1,00	1,06	1,00	3,89	5,00	3,84	3,83	5,00	1,93	3,20	2,45	1,00
260	5,00	1,00	1,97	1,30	1,82	5,00	1,00	1,14	1,05	1,04	2,96	4,18	1,00	1,54	5,00	5,00	3,00	1,67	1,00	4,67
261	1,00	1,63	5,00	3,74	1,77	1,00	1,21	5,00	2,99	1,25	2,26	1,00	5,00	3,31	1,80	1,00	1,10	5,00	3,75	1,07
262	1,00	4,00	2,50	1,74	x	4,00	3,64	1,39	1,00	x	1,30	4,00	1,00	2,62	x	3,33	4,00	1,33	1,00	x
263	1,00	2,19	5,00	3,50	1,08	1,47	1,56	5,00	2,85	1,00	5,00	2,08	2,79	1,27	1,00	1,86	2,41	5,00	3,56	1,00
264	3,30	3,67	5,00	2,79	1,00	1,29	3,10	5,00	2,39	1,00	3,41	5,00	5,00	2,73	1,00	1,00	4,29	5,00	3,94	4,00
265	5,00	1,05	2,28	1,00	1,26	5,00	1,26	1,68	1,01	1,00	3,90	5,00	3,33	1,00	1,02	5,00	2,88	3,26	1,32	1,00
266	4,00	2,51	1,00	1,23	x	4,00	2,20	1,00	1,17	x	3,50	4,00	1,00	1,76	x	4,00	3,09	1,00	1,36	x
267	1,00	3,36	5,00	2,16	2,08	1,00	1,94	5,00	1,54	1,17	4,72	1,00	2,25	1,69	5,00	1,00	2,54	5,00	2,33	1,82
268	5,00	1,23	3,26	1,00	1,08	5,00	1,06	2,36	1,05	1,00	4,56	1,00	5,00	1,78	1,15	5,00	1,10	1,64	1,67	1,00
269	3,47	2,44	2,80	5,00	1,00	1,36	2,36	1,13	5,00	1,00	4,00	1,55	1,00	---	2,22	1,06	4,76	1,00	5,00	1,50
270	5,00	1,47	2,67	1,68	1,00	2,00	1,01	1,22	1,00	5,00	4,00	1,43	1,93	1,00	---	5,00	1,00	2,86	1,01	2,19
271	2,56	2,72	5,00	1,00	1,58	5,00	1,98	2,43	1,00	1,31	4,55	3,01	5,00	1,01	1,00	1,00	3,70	5,00	1,76	2,08
272	1,00	5,00	4,38	4,25	3,57	2,18	5,00	4,35	3,36	1,00	1,00	4,38	4,09	5,00	3,46	1,00	5,00	2,99	2,89	2,45
273	5,00	3,89	4,89	4,51	1,00	2,71	3,64	5,00	3,55	1,00	1,00	3,36	5,00	3,27	3,39	1,16	2,72	5,00	3,68	1,00
274	4,00	2,30	1,17	1,00	x	4,00	3,08	1,20	1,00	x	3,49	4,00	1,00	1,50	x	4,00	3,77	1,18	1,00	x
ORT	3,46	2,25	3,19	2,66	1,62	3,18	1,76	2,84	2,04	1,66	3,11	2,73	3,01	2,54	2,47	2,80	2,80	2,88	2,38	2,49

Tablo 3.27 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının başarı sıraları (Ekorejyon 4)

Örnek Alan	<i>Kolmogorov-Smirnov (KS)</i>					<i>Anderson-Darling (AD)</i>					<i>Ki-kare (X^2)</i>					<i>Hata İndeksi (e)</i>				
	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB	Weibull-2p	Weibull-3p	Gamma-2p	Gamma-3p	Johnson SB
31	5,00	1,55	3,56	1,47	1,00	1,92	1,01	1,26	1,00	5,00	4,00	1,00	2,45	1,28	---	5,00	1,41	2,71	1,00	3,26
32	1,09	1,86	4,60	5,00	1,00	1,36	3,06	5,00	4,93	1,00	5,00	1,28	2,98	3,65	1,00	3,44	2,75	4,94	5,00	1,00
33	1,00	5,00	4,10	4,41	3,38	5,00	2,41	2,48	1,00	1,64	5,00	1,00	2,63	1,51	1,87	5,00	3,07	3,90	1,00	2,10
34	1,81	4,00	1,00	1,65	x	4,00	2,48	1,15	1,00	x	3,31	4,00	1,00	1,76	x	4,00	3,06	1,00	1,42	x
35	5,00	1,86	3,02	1,48	1,00	2,01	1,06	1,24	1,00	5,00	4,00	1,00	1,97	1,01	---	5,00	2,67	3,18	2,01	1,00
36	5,00	2,02	1,27	1,52	1,00	5,00	2,10	1,08	1,16	1,00	5,00	1,84	1,02	3,06	1,00	5,00	3,39	1,14	1,29	1,00
37	4,32	4,46	5,00	4,06	1,00	1,51	2,82	5,00	3,28	1,00	1,00	1,64	1,10	1,44	5,00	1,00	3,50	5,00	4,29	1,98
38	5,00	1,15	2,80	1,07	1,00	5,00	1,12	1,54	1,00	1,44	5,00	3,00	3,24	1,00	2,96	3,42	4,50	1,00	1,83	5,00
39	5,00	1,47	2,59	1,00	1,63	5,00	1,17	1,60	1,00	1,33	5,00	2,27	1,75	1,00	2,89	5,00	1,47	2,75	1,22	1,00
40	4,14	5,00	4,50	4,80	1,00	1,32	1,46	1,00	1,42	5,00	4,00	1,09	1,39	1,00	---	1,74	5,00	4,57	4,51	1,00
41	4,00	2,71	1,00	1,60	x	4,00	2,54	1,23	1,00	x	3,08	4,00	1,00	1,02	x	4,00	3,13	1,22	1,00	x
42	3,61	4,00	1,00	1,89	x	4,00	2,72	1,18	1,00	x	3,84	4,00	1,00	1,83	x	1,00	1,04	4,00	1,79	x
43	5,00	2,39	1,89	1,18	1,00	5,00	1,50	1,11	1,00	1,05	1,00	1,98	2,01	5,00	5,00	5,00	2,98	1,61	1,08	1,00
44	5,00	1,19	1,41	1,34	1,00	5,00	1,38	1,08	1,00	1,54	5,00	2,79	1,47	1,00	2,27	5,00	1,83	1,17	1,00	3,08
45	1,00	4,00	2,99	2,89	x	4,00	1,87	1,03	1,00	x	1,00	1,37	4,00	3,99	x	1,00	4,00	2,33	2,50	x
46	4,00	2,46	1,00	1,03	x	4,00	1,90	1,11	1,00	x	1,00	4,00	3,11	3,10	x	1,00	4,00	2,53	2,18	x
47	4,00	1,90	1,00	1,21	x	4,00	2,07	1,39	1,00	x	4,00	1,00	1,48	1,47	x	4,00	1,00	1,22	1,56	x
48	4,65	4,05	1,00	5,00	3,26	1,69	1,88	5,00	2,56	1,00	1,83	1,00	2,14	5,00	4,65	3,46	4,69	5,00	1,92	1,00
49	5,00	1,74	3,30	1,86	1,00	2,32	1,00	1,41	1,01	5,00	4,00	1,83	1,00	1,67	---	3,65	4,60	1,00	4,15	5,00
50	5,00	1,85	2,81	1,71	1,00	5,00	1,10	2,12	1,17	1,00	3,18	3,28	5,00	1,00	3,03	3,23	5,00	1,85	1,00	4,15
69	5,00	2,33	3,11	1,92	1,00	3,05	1,17	1,43	1,00	5,00	4,00	3,09	2,88	1,00	---	5,00	2,69	3,12	1,92	1,00
70	3,57	1,00	5,00	3,65	1,50	2,67	1,00	5,00	2,33	1,11	5,00	1,00	2,06	4,70	1,80	4,26	1,00	5,00	3,05	2,95
71	5,00	1,59	1,41	1,00	1,88	5,00	1,29	1,38	1,00	1,30	3,92	5,00	1,77	1,00	4,83	5,00	1,55	1,71	1,00	1,11
72	1,16	1,75	5,00	1,00	3,72	2,24	1,98	5,00	2,12	1,00	1,00	1,95	5,00	2,32	1,90	1,00	2,89	5,00	2,93	3,38
73	5,00	1,64	3,03	1,72	1,00	5,00	1,15	1,89	1,00	1,15	5,00	2,59	1,74	1,35	1,00	5,00	1,76	1,93	1,00	1,15
74	5,00	2,76	2,97	1,00	3,13	5,00	1,19	2,84	1,00	1,16	2,67	3,02	5,00	3,18	1,00	5,00	4,37	4,41	1,00	4,49
75	5,00	1,00	1,45	1,29	2,59	5,00	1,14	1,31	1,15	1,00	4,33	3,32	2,61	1,00	5,00	5,00	2,09	1,17	1,00	1,74
76	3,39	5,00	1,00	3,62	3,26	1,00	1,62	5,00	2,70	1,39	3,22	1,00	3,55	5,00	3,05	1,00	2,78	5,00	3,22	1,89
77	1,66	1,50	5,00	4,10	1,00	1,41	1,41	5,00	3,02	1,00	1,00	5,00	3,99	2,49	2,96	1,39	1,90	5,00	2,84	1,00
78	1,75	5,00	4,48	2,92	1,00	1,85	2,75	5,00	3,35	1,00	1,00	4,92	4,84	4,90	5,00	3,67	5,00	4,70	4,41	1,00
79	1,19	1,00	5,00	2,53	1,12	1,00	1,44	5,00	3,02	1,24	1,00	1,03	2,89	2,88	5,00	1,00	2,10	5,00	2,94	4,60
80	5,00	2,25	1,00	1,06	2,19	5,00	1,40	1,01	1,00	1,31	5,00	1,00	1,54	1,55	1,02	1,00	2,40	5,00	4,85	4,97
81	1,89	5,00	3,90	3,28	1,00	2,07	3,21	5,00	3,81	1,00	3,45	5,00	1,00	3,15	2,79	3,97	5,00	4,87	4,61	1,00
82	2,35	1,95	5,00	3,52	1,00	1,51	1,29	5,00	2,20	1,00	1,00	2,00	5,00	2,94	2,19	2,06	1,00	5,00	2,73	2,06
83	5,00	3,23	2,67	3,70	1,00	5,00	1,87	1,94	1,90	1,00	5,00	1,65	1,00	2,67	1,50	1,00	5,00	1,56	3,35	4,89
84	5,00	1,00	1,59	1,86	2,78	5,00	1,43	1,58	1,51	1,00	5,00	2,26	1,00	1,37	2,75	1,00	5,00	1,46	2,13	3,97
204	4,94	3,36	5,00	3,92	1,00	1,97	1,82	5,00	3,13	1,00	2,16	1,00	4,28	5,00	1,47	1,35	1,13	5,00	3,55	1,00
205	2,04	1,92	5,00	3,88	1,00	1,00	1,15	5,00	3,30	1,03	1,00	1,75	4,97	5,00	2,31	3,03	3,17	5,00	3,78	1,00
206	1,00	2,44	5,00	3,36	1,79	1,39	1,80	5,00	2,45	1,00	5,00	1,46	1,06	1,00	2,29	1,00	1,07	5,00	2,90	1,59
207	5,00	2,56	1,00	1,15	3,13	5,00	1,25	1,04	1,00	1,30	1,00	5,00	4,99	5,00	4,97	2,11	4,33	1,22	1,00	5,00
208	5,00	1,07	3,09	1,00	1,63	2,02	1,04	1,37	1,00	5,00	4,00	1,00	1,64	1,12	---	5,00	2,23	2,78	1,84	1,00
209	4,02	1,05	5,00	3,91	1,00	1,43	1,00	1,88	1,48	5,00	4,00	1,00	3,33	3,62	---	1,00	5,00	1,52	1,09	1,23
210	1,54	3,07	4,00	1,00	x	4,00	1,67	1,58	1,00	x	1,00	2,79	2,22	4,00	x	4,00	1,00	2,83	2,22	x
211	5,00	1,77	2,72	1,00	1,25	5,00	1,22	1,65	1,00	1,14	5,00	1,84	3,04	1,00	1,82	3,88	5,00	1,00	1,35	1,91
212	5,00	1,10	1,00	1,79	1,09	5,00	1,06	1,76	1,00	1,08	5,00	3,01	1,82	1,00	1,13	1,52	5,00	1,03	1,05	1,00
213	1,05	1,00	4,00	3,62	x	4,00	1,00	1,98	1,55	x	4,00	1,00	2,47	1,64	x	1,00	4,00	3,29	3,31	x
214	4,00	3,09	1,00	1,33	x	4,00	1,94	1,18	1,00	x	1,00	1,78	1,45	4,00	x	4,00	1,05	1,00	1,08	x
215	5,00	1,27	2,11	1,00	1,67	5,00	1,18	1,47	1,06	1,00	4,91	5,00	2,90	1,00	4,76	1,14	4,43	1,00	4,37	5,00
216	1,00	3,18	5,00	3,96	1,85	1,00	2,11	5,00	2,47	1,20	2,40	3,77	5,00	4,05	1,00	5,00	1,00	4,56	4,20	4,73
217	5,00	3,36	2,97	3,58	1,00	5,00	3,83	4,15	4,08	1,00	1,00	2,06	1,10	5,00	1,46	1,07	5,00	1,00	1,17	1,82
218	5,00	3,70	1,85	1,00	2,09	5,00	2,21	1,55	1,00	1,41	1,00	2,95	1,33	5,00	4,96	5,00	4,74	1,00	1,52	3,00
219	5,00	1,78	2,91	2,30	1,00	5,00	2,56	3,65	2,84	1,00	1,00	1,08	2,31	2,75	5,00	4,69	3,64	5,00	4,52	1,00
220	4,00	3,04	1,00	2,79	x	4,00	1,63	1,00	1,41	x	1,00	4,00	3,58	3,79	x	4,00	1,31	1,82	1,00	x
221	5,00	1,79	3,35	1,00	3,25	5,00	1,18	1,79	1,00	1,14	5,00	1,08	1,24	1,00	2,41	5,00	1,33	2,78	2,56	1,00
236	1,00	4,50	5,00	4,03	2,45	1,28	3,70	5,00	2,58	1,00	1,86	4,97	4,43	5,00	1,00	1,00	3,67	5,00	3,22	1,89
237	2,49	3,57	2,11	5,00	1,00	2,40	4,08	2,03	5,00	1,00	2,37	5,00	1,00	4,68	1,02	5,00	2,69	2,96	4,47	1,00
238	2,90	3,56	5,00	3,76	1,00	1,63	2,35	5,00	2,37	1,00	1,00	3,83	1,83	5,00	2,07	1,00	1,88	5,00	2,35	1,68
239	5,00	2,56	1,92	2,79	1,00	5,00	2,67	2,06	3,50	1,00	5,00	2,04	2,09	1,00	1,35	3,06	4,65	1,99	5,00	1,00
252	1,00	5,00	3,02	2,18	1,56	5,00	2,46	2,08	1,24	1,00	1,00	4,39	4,54	4,70	5,00	1,00	5,00	3,73	3,44	3,32
253	5,00	1,72	2,41	2,16	1,00	5,00	1,00	1,66	1,10	1,01	2,48	1,00	1,54	5,00	4,74	1,00	1,22	2,47	1,16	1,00
ORT	3,69	2,57	2,95	2,43	1,58	3,47	1,80	2,59	1,80	1,66	3,07	2,50	2,53	2,73	2,80	3,10	3,05	3,00	2,45	2,26

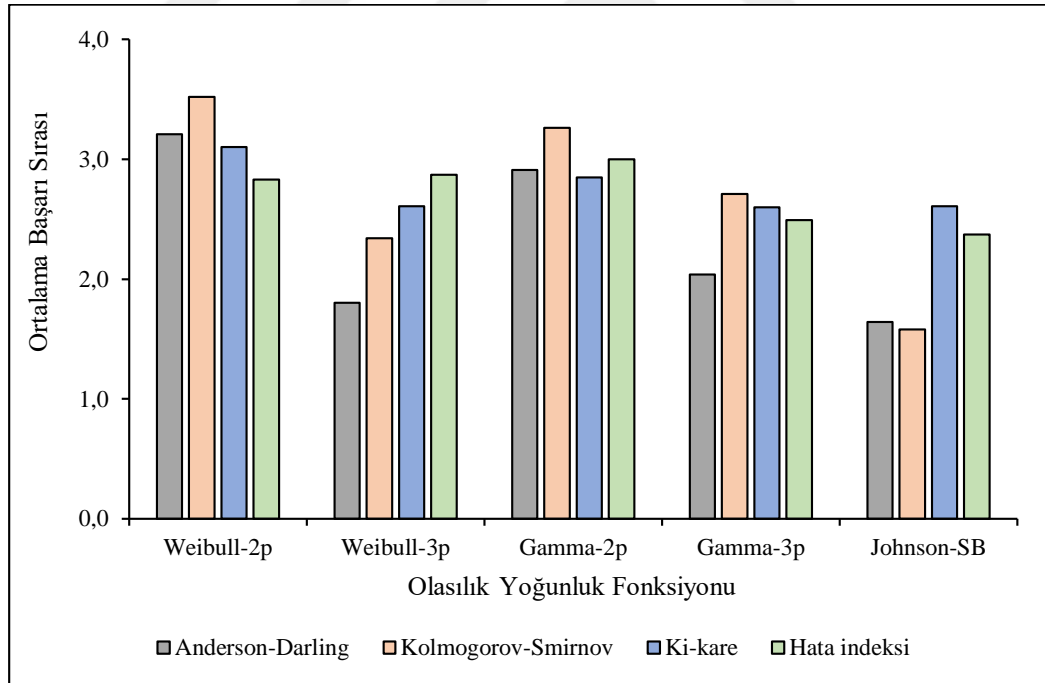
Tablo 3.25, 3.26 ve 3.27’de görüldüğü üzere, 274 örnek alanın 34’ünde Johnson SB fonksiyonu çözümlenememiştir. Bunun yanında, 4 örnek alanda 3 parametrelili Weibull, 7 örnek alanda 3 parametrelili Gamma ve 31 örnek alanda Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonları için X^2 istatistikleri hesaplanamamıştır.

Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin başarı sıralamaları dikkate alındığında, 2 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 22 kez, KS istatistiğine göre 28 kez, X^2 istatistiğine göre 62 kez ve e istatistiğine göre 73 kez 1. sırada yer almıştır. 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 41 kez, KS istatistiğine göre 48 kez, X^2 istatistiğine göre 63 kez ve e istatistiğine göre 38 kez 1. sırada yer almıştır. Bunun yanında, 2 parametrelili Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 12 kez, KS istatistiğine göre 40 kez, X^2 istatistiğine göre 41 kez ve e istatistiğine göre 43 kez 1. sırada yer almıştır. 3 parametrelili Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu ise AD istatistiğine göre 85 kez, KS istatistiğine göre 42 kez, X^2 istatistiğine göre 58 kez ve e istatistiğine göre 47 kez 1. sırada yer almıştır. Ayrıca, Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 114 kez, KS istatistiğine göre 116 kez, X^2 istatistiğine göre 50 kez ve e istatistiğine göre 73 kez 1. sırada yer almıştır.

Her örnek alan için ayrı ayrı incelenen olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin rölâtif başarı sıralamalarına ilişkin değerlerin ortalamaları (\bar{R}_i) alınmıştır. Bu sonuçlar incelendiğinde; AD istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_i=1,64$), Weibull-3p ($\bar{R}_i=1,80$), Gamma-3p ($\bar{R}_i=2,04$), Gamma-2p ($\bar{R}_i=2,91$) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i=3,21$) şeklinde sıralanmaktadır. KS istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_i=1,58$), Weibull-3p ($\bar{R}_i=2,34$), Gamma-3p ($\bar{R}_i=2,71$), Gamma-2p ($\bar{R}_i=3,26$) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i=3,52$) şeklinde sıralanmaktadır. X^2 istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Gamma-3p ($\bar{R}_i=2,60$), Johnson SB ($\bar{R}_i=2,61$), Weibull-3p ($\bar{R}_i=2,61$), Gamma-2p ($\bar{R}_i=2,85$) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i=3,10$) şeklinde sıralanmaktadır. Bunun yanında, e istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_i=2,37$), Gamma-3p ($\bar{R}_i=2,49$), Weibull-2p ($\bar{R}_i=2,83$), Weibull-3p ($\bar{R}_i=2,87$) ve Gamma-2p ($\bar{R}_i=3,00$) şeklinde sıralanmaktadır (Grafik 3.22). Bu sıralamalarda dikkat edilmesi gereken

husus, parametre tahminleri yapılamayan (çözümlemeyen) fonksiyonlara herhangi bir sıralama değeri verilmeyip sıralamaya dahil edilmemiş olmasıdır. Ayrıca, bazı örnek alanlar için X^2 istatistikleri hesaplanamamış olan fonksiyonlar da ilgili ölçüte ilişkin sıralamaya dahil edilmemiş ve herhangi bir sıralama değeri verilmeyerek ortalama hesabına girmemiştir.

Çalışma alanı genelinde 274 örnek alan için en başarılı olasılık yoğunluk fonksiyonları; AD istatistiğine göre Johnson SB, KS istatistiğine göre Johnson SB, X^2 istatistiğine göre Weibull-3p ve e istatistiğine göre Weibull-2p ve Johnson SB fonksiyonlarıdır. Burada göz önünde bulundurulması gereken husus, 31 örnek alanda Johnson SB fonksiyonu için X^2 istatistiğinin hesaplanamamış olmasıdır. X^2 istatistiği hariç diğer tüm ölçütlerde başarı sırası açısından öne çıkan Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonu çalışma alanı geneli için en uygun fonksiyon olarak görülmektedir.

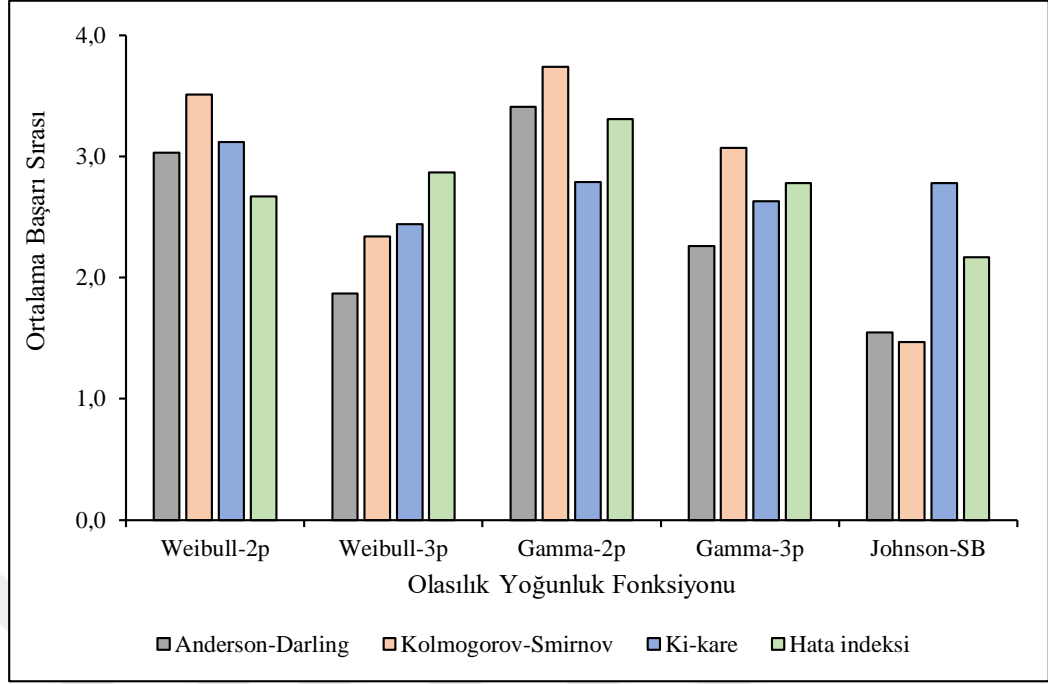


Grafik 3.22 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin genel ortalama başarı puanları

Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin başarı sıralamaları Ekorejyon 1 için incelendiğinde, 63 örnek alanın 7'sinde Johnson SB fonksiyonu çözümlenememiştir. Bunun yanında, 1 örnek alanda Weibull-2p, 1 örnek alanda Gamma-3p ve 6 örnek alanda Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonları için X^2 istatistikleri

hesaplanamamıştır. 63 örnek alan içerisinde Weibull-2p olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 2 kez, KS istatistiğine göre 3 kez, X^2 istatistiğine göre 11 kez ve e istatistiğine göre 18 kez 1. sırada yer almıştır. Weibull-3p olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 13 kez, KS istatistiğine göre 15 kez, X^2 istatistiğine göre 18 kez ve e istatistiğine göre 13 kez 1. sırada yer almıştır. Bunun yanında, Gamma-2p olasılık yoğunluk fonksiyonu KS istatistiğine göre 4 kez, X^2 istatistiğine göre 10 kez ve e istatistiğine göre 9 kez 1. sırada yer almıştır. Gamma-3p olasılık yoğunluk fonksiyonu ise AD istatistiğine göre 16 kez, KS istatistiğine göre 8 kez, X^2 istatistiğine göre 12 kez ve e istatistiğine göre 8 kez 1. sırada yer almıştır. Ayrıca, Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 32 kez, KS istatistiğine göre 33 kez, X^2 istatistiğine göre 12 kez ve e istatistiğine göre 15 kez 1. sırada yer almıştır.

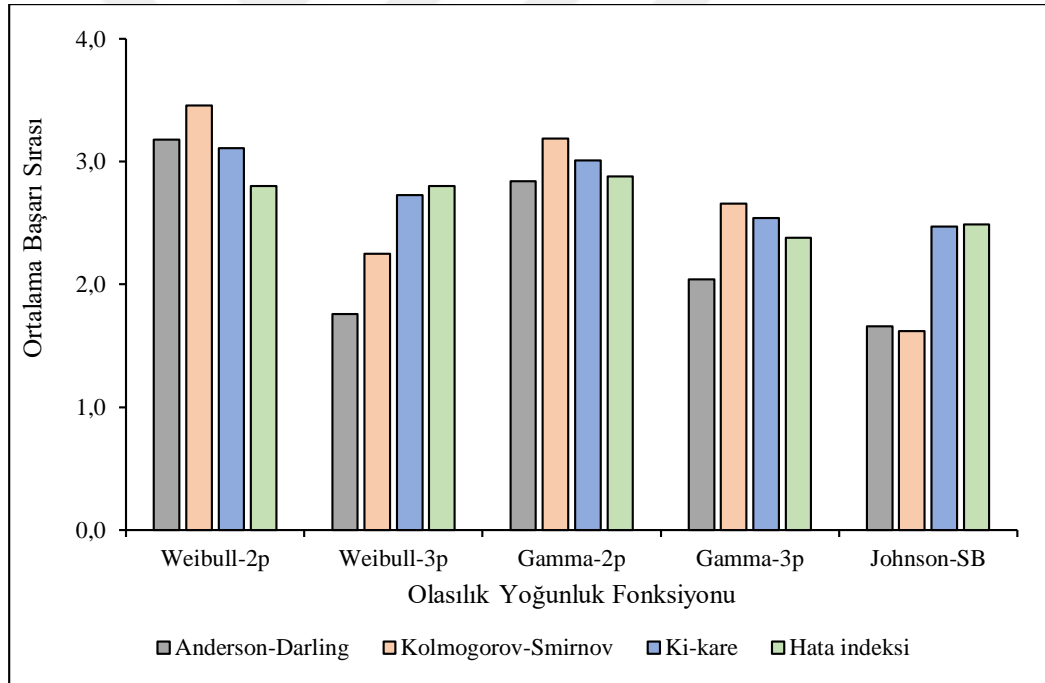
Ekorejyon 1 içerisindeki örnek alanlar için, AD istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_l=1,55$), Weibull-3p ($\bar{R}_l=1,87$), Gamma-3p ($\bar{R}_l=2,26$), Weibull-2p ($\bar{R}_l=3,03$) ve Gamma-2p ($\bar{R}_l=3,41$) şeklinde sıralanmaktadır. KS istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_l=1,47$), Weibull-3p ($\bar{R}_l=2,34$), Gamma-3p ($\bar{R}_l=3,07$), Weibull-2p ($\bar{R}_l=3,51$) ve Gamma-2p ($\bar{R}_l=3,74$) şeklinde sıralanmaktadır. X^2 istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Weibull-3p ($\bar{R}_l=2,44$), Gamma-3p ($\bar{R}_l=2,63$), Johnson SB ($\bar{R}_l=2,78$), Gamma-2p ($\bar{R}_l=2,79$) ve Weibull-2p ($\bar{R}_l=3,12$) şeklinde sıralanmaktadır. Bunun yanında, e istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_l=2,17$), Weibull-2p ($\bar{R}_l=2,67$), Gamma-3p ($\bar{R}_l=2,78$), Weibull-3p ($\bar{R}_l=2,87$) ve Gamma-2p ($\bar{R}_l=3,31$) şeklinde sıralanmaktadır (Grafik 3.23).



Grafik 3.23 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin genel ortalama başarı puanları (Ekorejyon 1)

Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin başarı sıralamaları Ekorejyon 3 için incelendiğinde, 151 örnek alanın 17'sinde Johnson SB fonksiyonu çözümlenememiştir. Bunun yanında, 3 örnek alanda Weibull-3p, 6 örnek alanda Gamma-3p ve 18 örnek alanda Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonları için X^2 istatistikleri hesaplanamamıştır. 151 örnek alan içerisinde Weibull-2p olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 16 kez, KS istatistiğine göre 19 kez, X^2 istatistiğine göre 32 kez ve e istatistiğine göre 39 kez 1. sırada yer almıştır. Weibull-3p olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 23 kez, KS istatistiğine göre 28 kez, X^2 istatistiğine göre 32 kez ve e istatistiğine göre 20 kez 1. sırada yer almıştır. Bunun yanında, Gamma-2p olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 10 kez, KS istatistiğine göre 24 kez, X^2 istatistiğine göre 23 kez ve e istatistiğine göre 26 kez 1. sırada yer almıştır. Gamma-3p olasılık yoğunluk fonksiyonu ise AD istatistiğine göre 43 kez, KS istatistiğine göre 24 kez, X^2 istatistiğine göre 32 kez ve e istatistiğine göre 28 kez 1. sırada yer almıştır. Ayrıca, Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 59 kez, KS istatistiğine göre 56 kez, X^2 istatistiğine göre 32 kez ve e istatistiğine göre 38 kez 1. sırada yer almıştır.

Ekorejyon 3 içerisindeki örnek alanlar için, *AD* istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_l=1,66$), Weibull-3p ($\bar{R}_l=1,76$), Gamma-3p ($\bar{R}_l=2,04$), Gamma-2p ($\bar{R}_l=2,84$) ve Weibull-2p ($\bar{R}_l=3,18$) şeklinde sıralanmaktadır. *KS* istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_l=1,62$), Weibull-3p ($\bar{R}_l=2,25$), Gamma-3p ($\bar{R}_l=2,66$), Gamma-2p ($\bar{R}_l=3,19$) ve Weibull-2p ($\bar{R}_l=3,46$) şeklinde sıralanmaktadır. X^2 istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_l=2,47$), Gamma-3p ($\bar{R}_l=2,54$), Weibull-3p ($\bar{R}_l=2,73$), Gamma-2p ($\bar{R}_l=3,01$) ve Weibull-2p ($\bar{R}_l=3,11$) şeklinde sıralanmaktadır. Bunun yanında, *e* istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Gamma-3p ($\bar{R}_l=2,38$), Johnson SB ($\bar{R}_l=2,49$), Weibull-3p ($\bar{R}_l=2,80$), Weibull-2p ($\bar{R}_l=2,80$) ve Gamma-2p ($\bar{R}_l=2,88$) şeklinde sıralanmaktadır (Grafik 3.24).

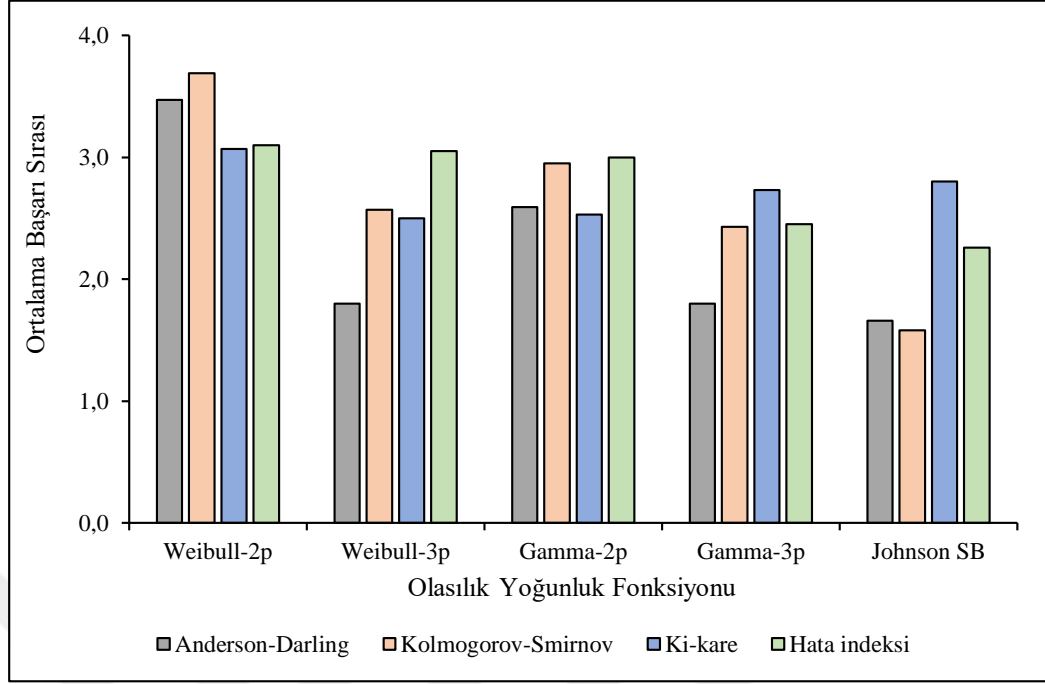


Grafik 3.24 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin genel ortalama başarı puanları (Ekorejyon 3)

Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin başarı sıralamaları Ekorejyon 4 için incelendiğinde, 60 örnek alanın 10'unda Johnson SB fonksiyonu çözümlenememiştir. Bunun yanında, 7 örnek alanda Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonu için X^2 istatistikleri hesaplanamamıştır. 60 örnek alan içerisinde Weibull-2p olasılık yoğunluk fonksiyonu *AD* istatistiğine göre 4 kez, *KS* istatistiğine göre 6 kez, X^2 istatistiğine göre

19 kez ve e istatistiğine göre 16 kez 1. sırada yer almıştır. Weibull-3p olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 5 kez, KS istatistiğine göre 5 kez, X^2 istatistiğine göre 13 kez ve e istatistiğine göre 5 kez 1. sırada yer almıştır. Bunun yanında, Gamma-2p olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 2 kez, KS istatistiğine göre 12 kez, X^2 istatistiğine göre 8 kez ve e istatistiğine göre 8 kez 1. sırada yer almıştır. Gamma-3p olasılık yoğunluk fonksiyonu ise AD istatistiğine göre 26 kez, KS istatistiğine göre 10 kez, X^2 istatistiğine göre 14 kez ve e istatistiğine göre 11 kez 1. sırada yer almıştır. Ayrıca, Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonu AD istatistiğine göre 23 kez, KS istatistiğine göre 27 kez, X^2 istatistiğine göre 6 kez ve e istatistiğine göre 20 kez 1. sırada yer almıştır.

Ekorejyon 4 içerisindeki örnek alanlar için, AD istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_i=1,66$), Gamma-3p ($\bar{R}_i=1,80$), Weibull-3p ($\bar{R}_i=1,80$), Gamma-2p ($\bar{R}_i=2,59$) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i=3,47$) şeklinde sıralanmaktadır. KS istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_i=1,58$), Gamma-3p ($\bar{R}_i=2,43$), Weibull-3p ($\bar{R}_i=2,57$), Gamma-2p ($\bar{R}_i=2,95$) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i=3,69$) şeklinde sıralanmaktadır. X^2 istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Weibull-3p ($\bar{R}_i=2,50$), Gamma-2p ($\bar{R}_i=2,53$), Gamma-3p ($\bar{R}_i=2,73$), Johnson SB ($\bar{R}_i=2,80$) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i=3,07$) şeklinde sıralanmaktadır. Bunun yanında, e istatistiğine göre olasılık yoğunluk fonksiyonları başarılıdan başarısız doğru Johnson SB ($\bar{R}_i=2,26$), Gamma-3p ($\bar{R}_i=2,45$), Gamma-2p ($\bar{R}_i=3,00$), Weibull-3p ($\bar{R}_i=3,05$) ve Weibull-2p ($\bar{R}_i=3,10$) şeklinde sıralanmaktadır (Grafik 3.25).

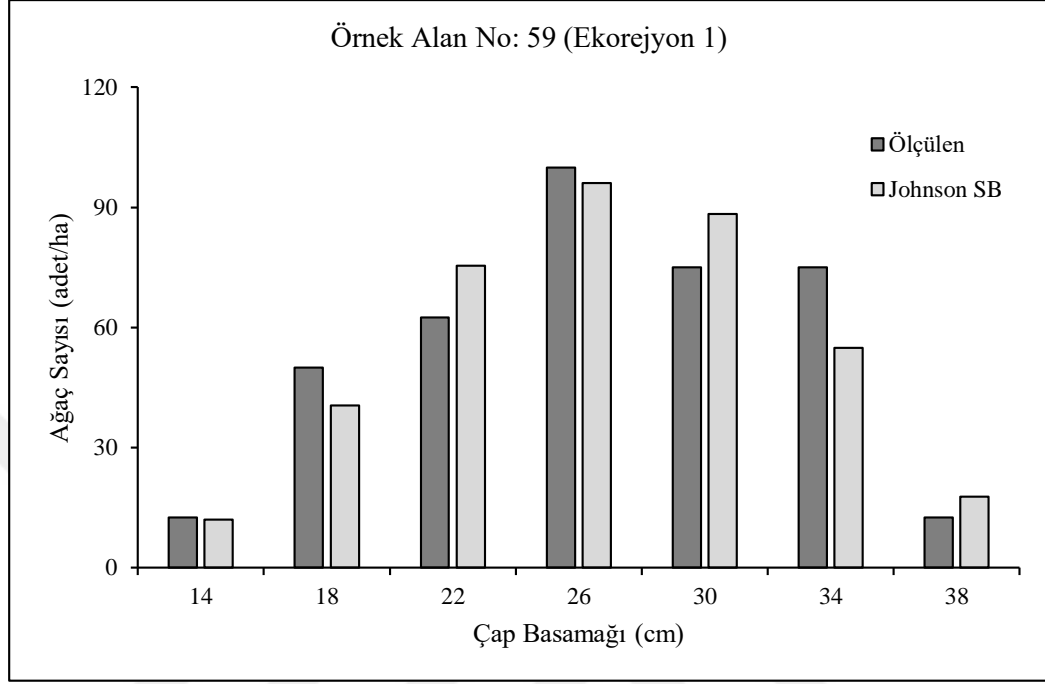


Grafik 3.25 Olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin genel ortalama başarı puanları (Ekorejyon 4)

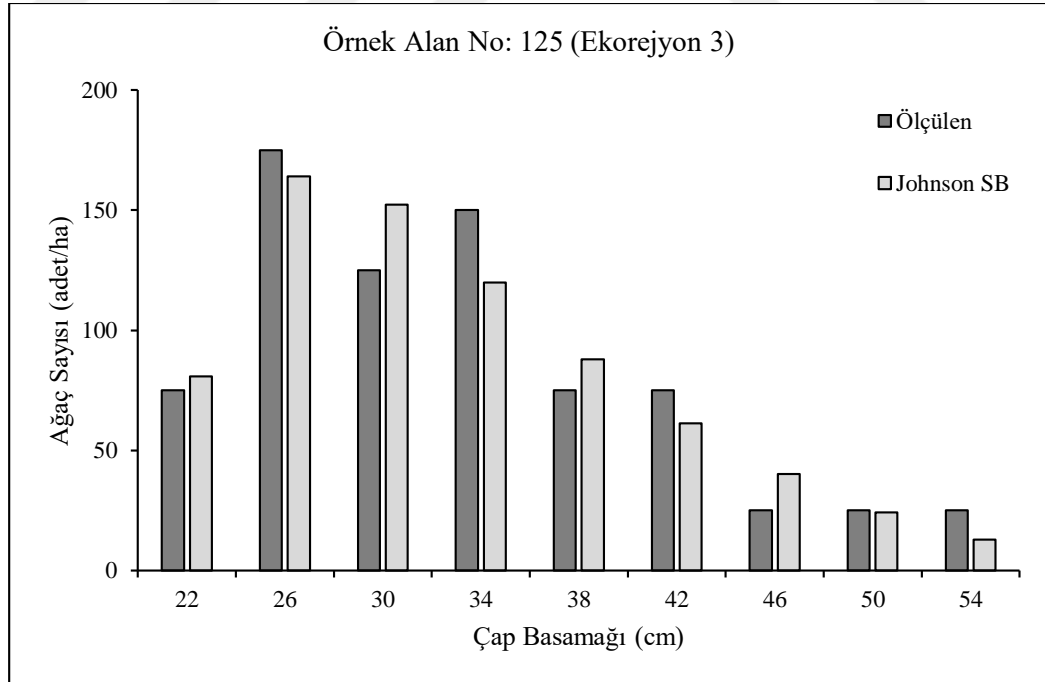
Çalışma kapsamında her bir örnek alan için parametre tahminleri yapılan olasılık yoğunluk fonksiyonlarının rölatif başarı sıralamalarının ortalamaları alınarak üç farklı ekorejyon için ayrı ayrı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; Ekorejyon 1 için üç farklı ölçüte (AD , KS ve e) göre Johnson SB fonksiyonu, X^2 istatistik ölçütüne göre de Weibull-3p fonksiyonu en başarılı model olarak öne çıkmıştır. Ekorejyon 3 için yine üç farklı ölçüte (AD , KS ve X^2) göre Johnson SB fonksiyonu, e istatistik ölçütüne göre de Gamma-3p fonksiyonu en başarılı sıralama değerine sahip olmuştur. Ancak, e istatistik ölçütüne Gamma-3p fonksiyonunun ortalama başarı değeri ($\bar{R}_1=2,38$) ile Johnson SB fonksiyonunun ortalama başarı değeri ($\bar{R}_1=2,49$) birbirine oldukça yakındır. Ekorejyon 4 için üç farklı ölçüte göre (AD , KS ve e) Johnson SB fonksiyonu, X^2 ölçütüne göre ise Weibull-3p fonksiyonu en başarılı sonuçları vermiştir. Sonuç olarak, ortalama rölatif başarı sırası dikkate alındığında tüm ekorejyonlar için en başarılı olasılık yoğunluk fonksiyonu olarak Johnson SB fonksiyonu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında, tüm ekorejyonlar için en başarılı olasılık yoğunluk fonksiyonu olarak belirlenen Johnson SB fonksiyonuna ilişkin tahmin başarısını grafik yöntemle gösterebilmek amacıyla örnek alanlardaki çap basamaklarına ilişkin tahmin edilen ve gerçek ağaç sayıları grafik eksenlere taşınmıştır. Bu amaçla, her bir ekorejyonu temsil

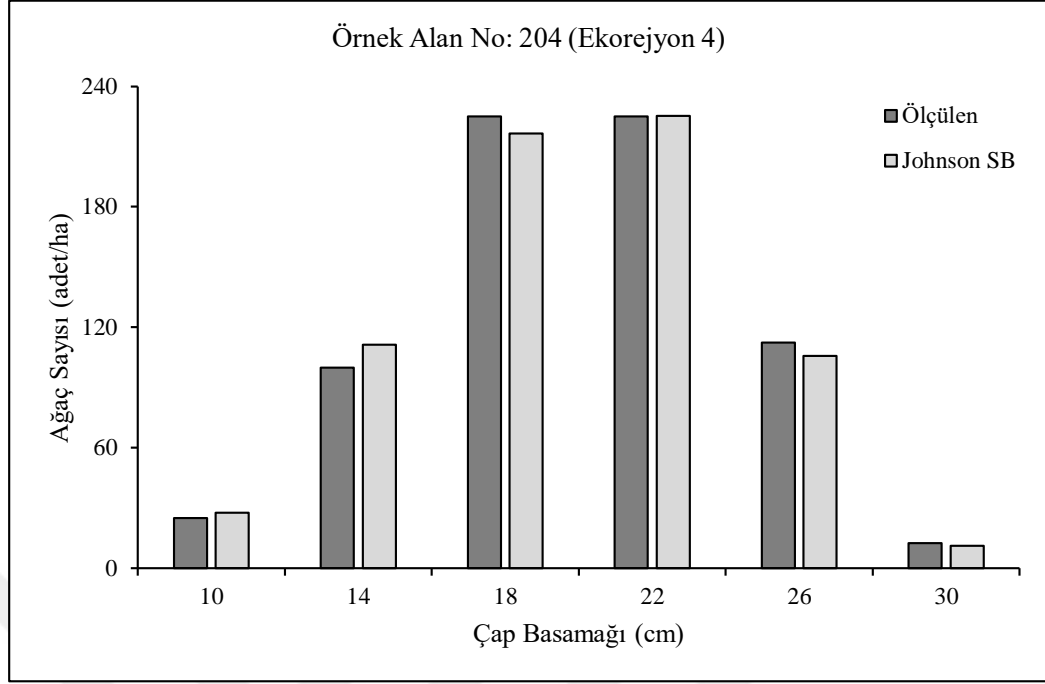
edecek örnek alanlar (en başarılı fonksiyonun Johnson SB olduğu) belirlenmiş ve bu örnek alanlara ilişkin grafikler çizilmiştir (Grafik 3.26, 3.27 ve 3.28).



Grafik 3.26 Ekorejyon 1 içerisindeki 59. Örnek alana ilişkin Johnson SB dağılımı



Grafik 3.27 Ekorejyon 3 içerisindeki 125. Örnek alana ilişkin Johnson SB dağılımı



Grafik 3.28 Ekorejyon 4 içerisindeki 204. Örnek alana ilişkin Johnson SB dağılımı

Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren saf karaçam meşcerelerine ilişkin çap dağılımlarının modellendiği bu çalışmada çalışma alanı içerisindeki tüm ekorejyonlar için Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonu istatistiksel ve grafik yöntemlere göre başarılı bulunmuştur. Grafik 3.26, 3.27 ve 3.28 incelendiğinde tüm ekorejyonlar için Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak çap basamaklarındaki ağaç sayılarına ilişkin tahmin değerleri ile gerçek (ölçülen) değerler arasında benzerlik olduğu ve modelin tahmin başarısının tatmin edici olduğu görülmektedir. Johnson (1949) tarafından geliştirilen SB dağılımı yapısı gereği biyolojik değişkenlerin açıklanmasında veya temsil edilmesinde diğer modellere kıyasla daha başarılı sonuçlar vermektedir. Bu model yapısı diğer dağılımlara nazaran daha geniş dağılım şekillerini açıklamaya yarayan esnek bir yapıya sahiptir (Alkan, 2019).

Ülkemizde daha önce çeşitli ağaç türlerine ilişkin farklı olasılık yoğunluk fonksiyonlarının denendiği çap dağılım modellemesi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda; Doğu kayını (Carus, 1996), kızılçam (Güneş, 2015), karaçam (Sakıcı vd., 2016) meşcereleri için Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu başarılı bulunmuştur. Dişbudak (Yavuz vd., 2002) ve sarıçam (Ercanlı ve Yavuz, 2010) türlerine ilişkin çap dağılımlarının incelendiği çalışmalarda en başarılı olasılık

yoğunluk fonksiyonu olarak Weibull, kızılçam (Carus ve Çatal, 2008) ve karaçam (Carus ve Çatal, 2011) meşcereleri için ise Log-normal dağılımı başarılı bulunmuştur. Bunun yanında, Doğu Karadeniz göknarı (Sakıcı ve Gülsunar, 2012) için yapılan çalışma sonucunda Üstel ve Weibull, Doğu ladini (Sönmez vd., 2015) için yapılan çalışmada da farklı yaş ve bonitet sınıfları için Weibull, Johnson SB ve Beta dağılımları başarılı bulunmuştur. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlara benzer şekilde, Doğu ladini (Ercanlı ve Yavuz, 2010; Sönmez vd., 2010), Doğu kayını ve sarıçam (Kahriman ve Yavuz, 2011), kızılçam (Doğdaş, 2014; Özçelik vd., 2016b), Toros göknarı (Alkan, 2019) meşcerelerine ilişkin çap dağılımlarının modellendiği çalışmalarda Johnson SB olasılık yoğunluk fonksiyonunun başarısı ön plana çıkmıştır.

Ülkemizde yapılan ve farklı ağaç türlerine ilişkin çap dağılımlarının modellendiği çalışmalarda, farklı tür ve kuruluştaki meşcereler için çeşitli olasılık yoğunluk fonksiyonlarına ilişkin başarılı sonuçların elde edildiği görülmekle birlikte, birçok çalışmada Johnson SB fonksiyonunun başarısı öne çıkmıştır. Bununla birlikte, uluslararası literatürde Von Gadow (1983), Tham (1988), Kudus vd. (1999), Kiviste vd. (2003), Parresol (2003), Zhang vd. (2003), Siipilehto ve Siitonen (2004), Fonseca vd. (2009), Mateus ve Tomé (2011), Gorgoso-Varela ve Rojo-Alboreca (2014), Ogana vd. (2017) ve Pogoda vd. (2020) tarafından yapılan çalışmalarda da Johnson SB fonksiyonunun çap dağılımına ilişkin tahminlerdeki başarısının altı çizilmiştir. Bu tez çalışma kapsamında da gerek ulusal gerekse uluslararası literatürde öne çıkan önemli olasılık yoğunluk fonksiyonlarından birisi olan Johnson SB fonksiyonu başarılı bulunmuştur.

3.3 Tek Ağaca İlişkin Bulgular

3.3.1 Tek Ağaç Verilerinin Değerlendirilmesi

Tek ağaç modellerinin geliştirilebilmesi amacıyla her bir örnek alanda seçilen örnek ağaçlara ilişkin yaş, göğüs çapı (günümüz, 5 yıl ve 10 yıl önceki), boy, çap artımı (son 5 ve 10 yıllık), uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri (6 adet) ve tepe izdüşüm alanına ilişkin çeşitli istatistiksel bilgiler Tablo 3.28’de verilmiştir.

Tablo 3.28 Tek ağaçlarda hesaplanan bazı istatistiksel bilgiler

Değişken	n	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Yaş (yıl)		26	153	72	25,2
Boy (m)		4,4	33,2	16,4	5,1
$d_{1,30}$ (cm)		8,0	77,6	28,7	9,9
d_{5kbl} (cm)		6,7	77,1	27,0	9,9
d_{10kbl} (cm)		4,9	76,7	25,5	10,0
Tepe iz. Alanı (m ²)		1,9	64,1	30,4	11,5
YE1	1748	0,39	2,07	1,04	0,23
YE2		0,26	1,37	0,72	0,16
YE3		0,15	4,28	1,14	0,51
YE4		0,07	1,00	0,53	0,23
YE5 (BAL, m ²)		0,00	83,20	22,86	15,89
YE6 (m ²)		28,0	1975,0	890,7	300,27
Çap Art. (5 yıl, mm)		2,0	44,0	13,4	6,6
Çap Art. (10 yıl, mm)		4,0	86,0	26,3	12,9

3.3.2 Tek Ağaç Büyüme Modeline İlişkin Bulgular

Bu çalışmada, 274 adet örnek alan ve bu örnek alanlarda seçilen 1748 adet örnek ağaç verilerine bağlı olarak uzaklıktan bağımsız tek ağaç büyüme modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen tek ağaç modellerinde son 5 yıllık ortalama çap artım değerlerinin daha anlamlı ve başarılı sonuçlar vermesinden dolayı, bağımlı değişken olarak 5 yıllık ortalama çap artım değerleri kullanılmıştır. Bu amaçla, ağaçların göğüs çapı değerleri ($d_{5k,lu}$), ağaçların ait oldukları meşcerelerin özellikleri (meşcere yaşı, sıklık derecesi, bonitet endeksi, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi, orta çap ve orta boy), 6 farklı ölçüte göre hesaplanmış uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri ve bu değişkenlerin birçok kombinasyonları bağımsız değişken olarak alınarak “Aşamalı Regresyon Yöntemi” kullanılmıştır. Geliştirilen modeller arasından $p=0,05$ önem düzeyinde anlamlı, en yüksek belirtme katsayısına ve en düşük hata değerlerine sahip ve aynı zamanda bağımsız değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkileri bakımından büyüme kanuniyetlerine uygun sonuçlar veren çap artım modeli belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen uzaklıktan bağımsız çap artım model yapısı aşağıda verilmiştir. Bunun yanında, ilgili modelin indirgenmiş ve tam model yapılarına ilişkin parametre tahminleri ve istatistiksel bilgiler Tablo 3.29’da verilmiştir.

$$Id_5 = a + \frac{b}{T^2} + \frac{c}{SD} + d \ln BE + \frac{e}{d_{1,30}^2} + f SD^2 + g BAL \quad (3.32)$$

Bu eşitlikte;

Id_5 : örnek ağaca ilişkin son 5 yıllık ortalama çap artımını (mm)

$d_{1,30}$: örnek ağaca ilişkin göğüs çapı (cm)

T : örnek ağacın ait olduğu meşçerenin yaşını (yıl)

SD : örnek ağacın ait olduğu meşçerenin sıklık derecesini

BE : örnek ağacın ait olduğu meşçerenin bonitet endeksini (m)

BAL : örnek ağaca ilişkin 5. yaklaşıma göre hesaplanan yarışma endeksini

a, b, c, d, e, f ve g : model parametrelerini ifade etmektedir.

Tablo 3.29 Tek ağaç modellerine ilişkin istatistiksel sonuçlar

Model formu	$R_{düz}^2$	OH	OMH	HKOK	AIC	Parametreler	Tahmin
İndirgenmiş	0,475	0,00	0,62	0,82	-242,36	a	-1,1618
						b	2832,0100
						c	4,3977
						d	0,8925
						e	-80,8929
						f	-0,0021
						g	-0,0032
Tam	0,493	0,00	0,61	0,80	-274,33	a	-1,9330
						b	2707,9800
						c	4,8965
						d	1,0657
						e	-48,0457
						f	-0,0013
						g	-0,0035
						a_1	2,6867
						b_1	472,7800
						c_1	0,1501
						d_1	-0,5567
						e_1	-121,9230
						f_1	-0,0074
						g_1	-0,0038
a_2	2,5064						
b_2	679,9200						
c_2	-4,7682						
d_2	-0,5859						
e_2	-61,0603						
f_2	-0,0010						
g_2	0,0022						

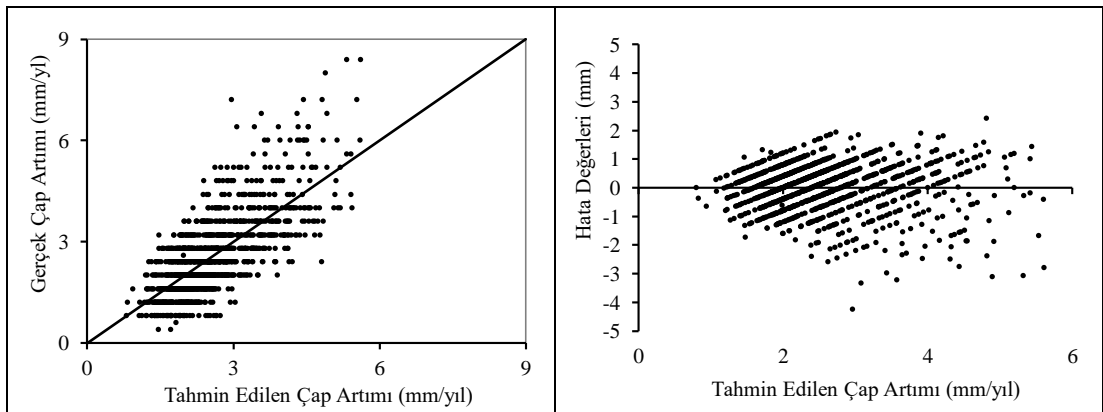
Tablo 3.30 Tek ağaç modeline ilişkin F-testi sonuçları

Karşılaştırılan Ekorejyonlar	İndirgenmiş Model		Tam Model		n	F-değeri	p
	HKT*	DF*	HKT	DF			
1-3-4	874,5	1296	814,7	1282	1303	6,7215	<0,0001
1-3	709,9	1049	663,8	1042	1056	10,3379	<0,0001
1-4	426,7	433	390,2	426	440	5,6927	<0,0001
3-4	583,9	1103	575,4	1096	1110	2,3129	0,0241

*HKT: Hata kareler toplamı, DF: Modelin serbestlik derecesi.

Tablo 3.30 incelendiğinde Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü içerisinde tek ağaçlara ilişkin çap artımlarının ekorejyonlar arasında farklılık gösterdiği, bu sebeple yapılacak olan tahminlerde tam model yapısının kullanılması gerekliliği görülmektedir. Tablo 3.29’da görüldüğü üzere, indirgenmiş modele ilişkin belirtme katsayısı değeri 0,475 iken bu değer tam model yapısı için 0,493 olarak hesaplanmıştır. Tam model yapısı için hesaplanan belirtme katsayısı değeri indirgenmiş modele göre daha yüksekken, hata değerleri daha düşüktür.

Çalışma kapsamında geliştirilen uzaklıktan bağımsız tek ağaç büyüme modeli için Durbin-Watson katsayısı 1,612 olarak hesaplanmıştır ve dolayısıyla geliştirilen tek ağaç modeline ilişkin otokorelasyon probleminin olmadığı belirlenmiştir. Bunun yanında, bağımsız değişkenlere ilişkin çoklu doğrusal bağıntı sorununun tespiti için hesaplanan VIF değerlerinin 1,573 ile 3,133 arasında değiştiği ve çoklu bağıntı problemi olmadığı sonucu çıkarılmıştır. Geliştirilen tek ağaç modeline ilişkin tahmin ve hata değerleri Grafik 3.29’da verilmiştir. Grafik incelendiğinde modele ilişkin hata terimleri arasında bir ilişki bulunmamakta, hatalar rastgele bir dağılım göstermektedir.

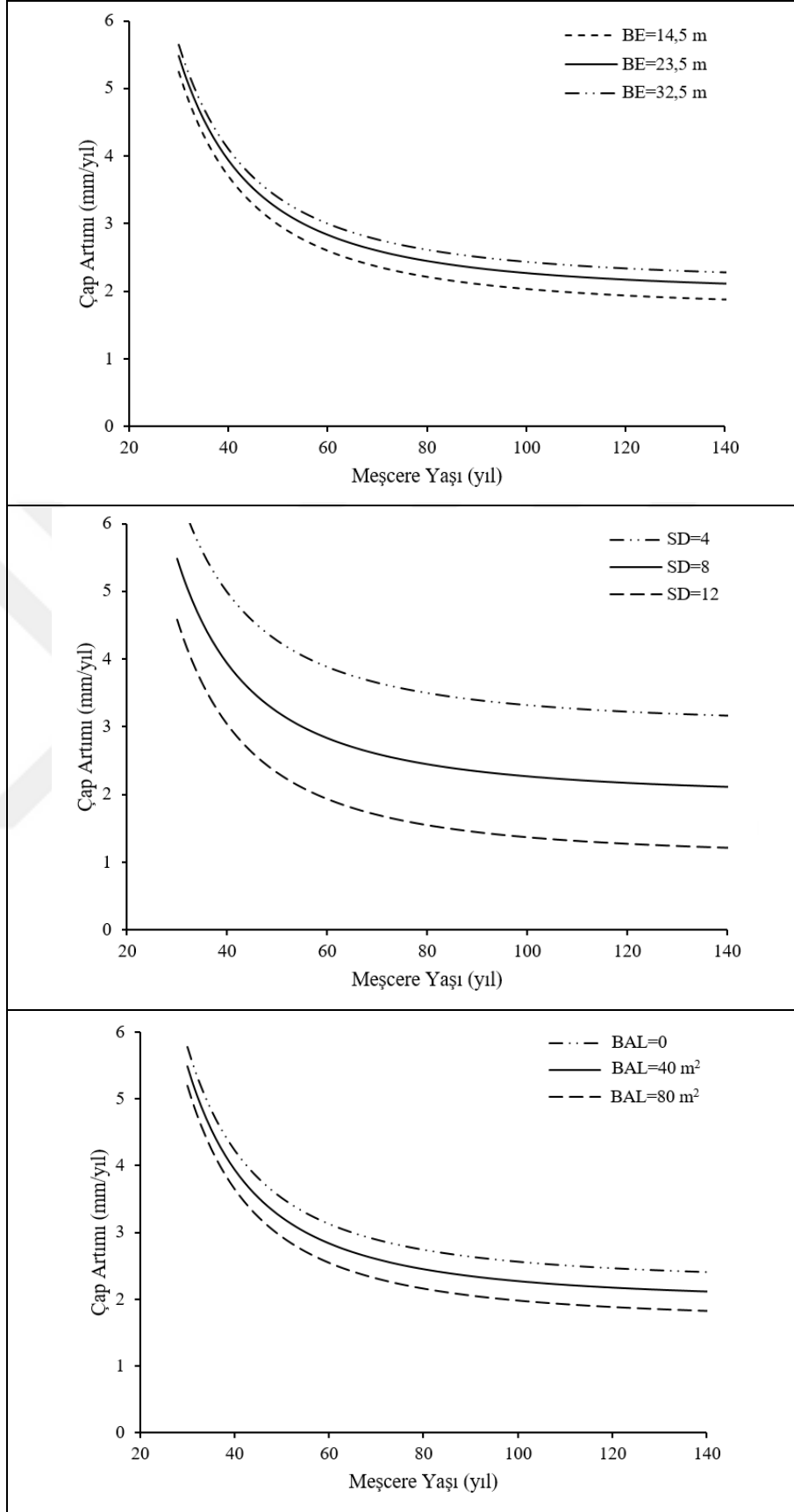


Grafik 3.29 Tek ağaç modeline ilişkin 1:1 ve hata grafikleri

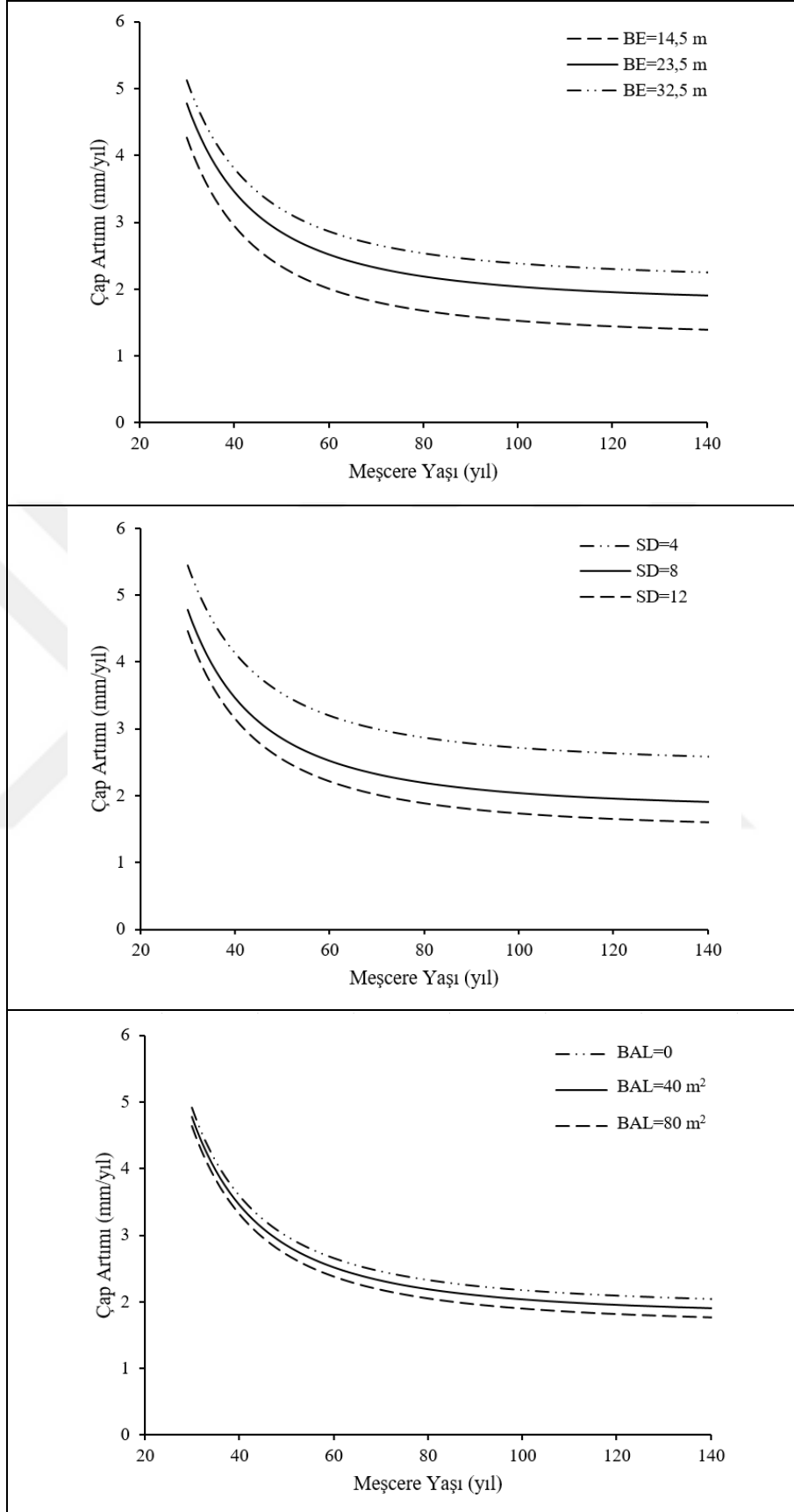
Tek ağaç modeline ilişkin tahminlerin büyüme kanuniyetlerine uygun sonuçlar verip vermediğinin incelenebilmesi için çap artım değerleri ile bazı meşcere özellikleri (sıklık ve yetiştirme ortamı verim gücü) ve yarışma endeksi arasındaki ilişkiler her bir ekorejyon için ayrı ayrı incelenmiştir (Grafik 3.30, 3.31 ve 3.32). Tek ağaç modeli kullanılarak elde edilen tahminlerde; bonitet endeksinin yaşa bağlı olarak etkisini ortaya koyabilmek için modeldeki diğer bağımsız değişkenlere ilişkin değerler $SD=8$; $d_{1,30}=30$ cm; $BAL=40$ m², sıklığın etkisini ortaya koyabilmek için modeldeki diğer bağımsız değişkenlere ilişkin değerler $BE=23,5$ m; $d_{1,30}=30$ cm; $BAL=40$ m², yarışma endeksinin (BAL) etkisini ortaya koyabilmek için de modeldeki diğer bağımsız değişkenlere ilişkin değerler $SD=8$, $BE=23,5$ m; $d_{1,30}=30$ cm olarak sabit tutulmuştur.

Grafiklerde tüm ekorejyonlara ilişkin elde edilen çap artım tahminleri incelendiğinde, çap artımının yetiştirme ortamı verim gücü ile pozitif yönde bir ilişki gösterdiği görülmektedir. Bir başka ifade ile bir meşcerenin yetiştirme ortamı verim gücü (boniteti) arttıkça meşcere içerisindeki ağaçların yapmış oldukları çap artımları da değer olarak artmaktadır. Bunun yanında, çap artımı meşcere sıklığı ile negatif yönde bir ilişki göstermektedir, yani bir meşcerenin sıklık değeri arttıkça meşcere içerisindeki ağaçların çap artımı azalmaktadır. Ayrıca, ağaçların meşcere içerisinde gördükleri baskının bir göstergesi olan yarışma endeksi (BAL) değerinin artmasına bağlı olarak konu ağaçların çap artımlarında azalma, tersi durumda ise artış söz konusudur.

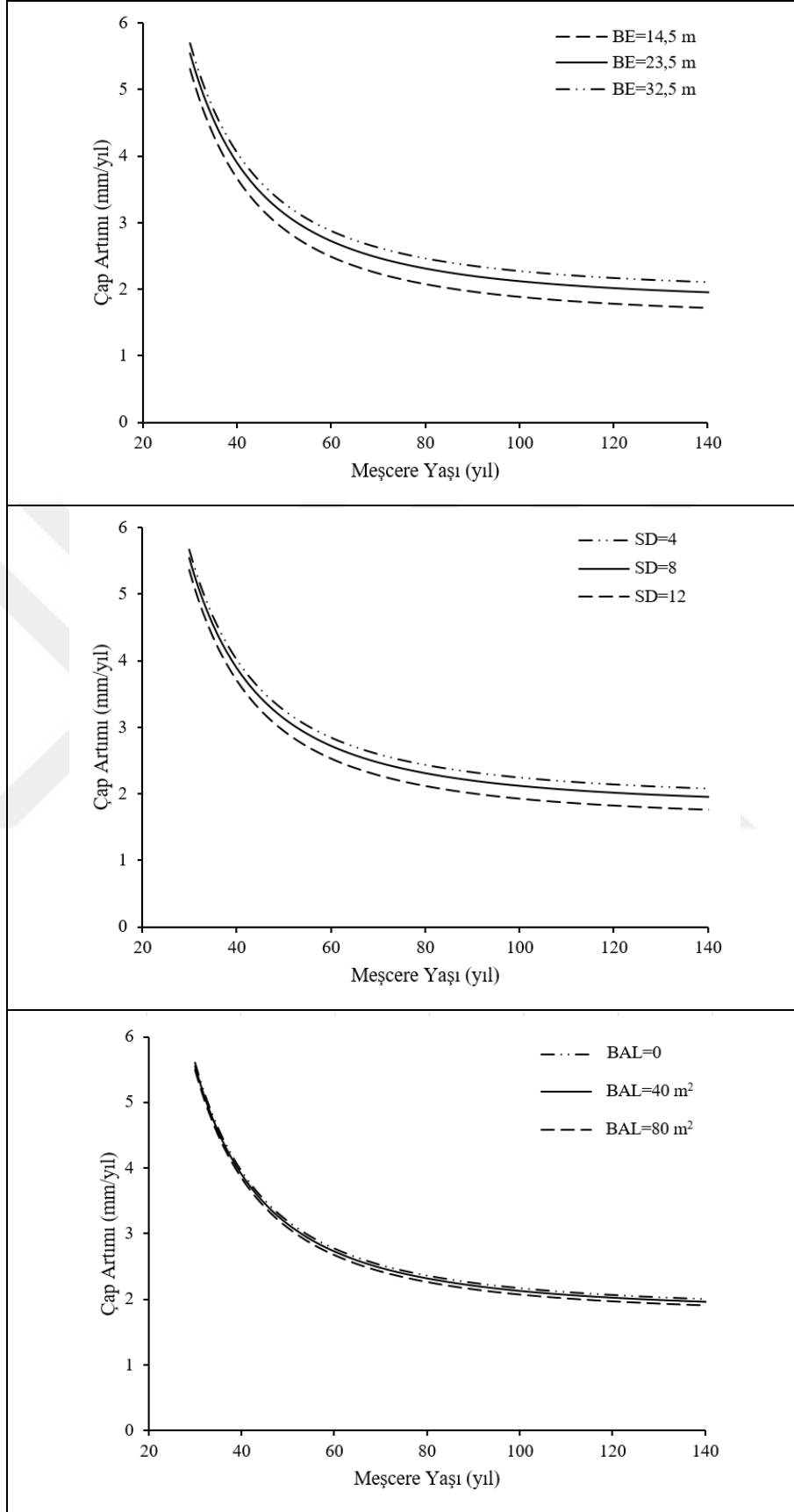
Geliştirilen tek ağaç modelindeki değişkenler arasındaki ilişkiler tüm ekorejyonlar için yukarıda bahsedildiği gibi biyolojik olarak gerçekçi düzeyde olmakla birlikte, söz konusu ilişkilerin boyutları ekorejyondan ekorejyona değişebilmektedir. Örnek vermek gerekirse, Ekorejyon 1 içerisindeki meşcerelerde bulunan karaçam bireylerinin yapmış oldukları çap artımları yarışma endeksinden büyük ölçüde etkilenirken Ekorejyon 4 içerisindeki bireylerde yarışma endeksinden etkilenme düzeyi daha düşüktür. Söz konusu farklılıkların olası sebepleri her iki ekorejyonun iklim ve topografya açısından önemli farklılıklar göstermesi ve bu farklılıkların ağaçlar arasındaki rekabetin seviyesini etkileyebilmesidir. Çünkü daha önceki bölümlerde de ifade edildiği gibi, bir büyüme modeli içerisindeki bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde tek başına etkilerinin olduğu gibi birbirleri ile bütünlük etkileri de söz konusu olabilmektedir.



Grafik 3.30 Ekorejyon 1 için tek ağaç çap artım tahminleri



Grafik 3.31 Ekorejyon 3 için tek ağaç çap artım tahminleri



Grafik 3.32 Ekorejyon 4 için tek ağaç çap artım tahminleri

Gerek istatistiksel olarak gerekse grafik yöntemlerle incelenen tek ağaç büyüme modeline ilişkin tam model yapısı başarılı bulunmuştur. Bunun yanında geliştirilen model kullanılarak bağımsız veri grubu için beş yıllık ortalama çap artım tahminleri yapılmış, söz konusu veri grubundaki ağaçların gerçek-tahmin edilen çap artım değerleri “Student’in Eşleştirilmiş t-testi” ile karşılaştırılmıştır ve istatistiksel olarak farksız oldukları ($p>0,05$) sonucu elde edilmiştir. Tek ağaç artım modelinin tam model formu aşağıdaki gibidir:

$$Id_5 = (-1,9330 + 2,6867 I_1 + 2,5064 I_2) + \frac{(2708+473 I_1+680 I_2)}{T^2} + \frac{(4,8965+0,1501 I_1-4,7682 I_2)}{SD} + (1,0657 - 0,5567 I_1 - 0,5859 I_2) \ln BE + \frac{(-48,0457-121,9230 I_1+61,0603 I_2)}{d_{1,30}^2} + (-0,0013 - 0,0074 I_1 - 0,0010 I_2) SD^2 + (-0,0035 - 0,0038 I_1 + 0,0022 I_2) BAL \quad (3.33)$$

Bu eşitlikte;

Ekorejyon 1 için $I_1 = 1$ ve $I_2 = 0$

Ekorejyon 3 için $I_1 = 0$ ve $I_2 = 0$

Ekorejyon 4 için $I_1 = 0$ ve $I_2 = 1$ değerlerini almaktadır.

Uygulamacıların kullanımında kolaylık sağlaması amacıyla tek ağaç artım modelinin her bir ekorejyon için kullanılabilir formu aşağıda verilmiştir:

Ekorejyon 1 için:

$$Id_5 = 0,7537 + \frac{3181}{T^2} + \frac{5,0466}{SD} + 0,5090 \ln BE + \frac{-169,9687}{d_{1,30}^2} - 0,0087 SD^2 - 0,0073 BAL \quad (3.34)$$

Ekorejyon 3 için:

$$Id_5 = -1,9330 + \frac{2708}{T^2} + \frac{4,8965}{SD} + 1,0657 \ln BE - \frac{48,0457}{d_{1,30}^2} - 0,0013 SD^2 - 0,0035 BAL \quad (3.35)$$

Ekorejyon 4 için:

$$Id_5 = 0,5734 + \frac{3388}{T^2} + \frac{0,1283}{SD} + 0,4798 \ln BE + \frac{13,0146}{d_{1,30}^2} - 0,0003 SD^2 - 0,0013 BAL \quad (3.36)$$

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren eşit yaşlı, saf ve doğal karaçam meşcerelerine ilişkin ekolojik tabanlı büyüme modelleri geliştirilmiştir. Meşcere düzeyinde sıklığa bağlı hasılat tabloları, çap dağılım modelleri ve tek ağaç düzeyinde çap artım modelleri çalışmanın üç ana unsurunu oluşturmaktadır. Bunların dışında, çap-boy ve bonitet endeks modellerinin de geliştirildiği tez çalışmasında büyüme modellerinin çalışma sahası içerisindeki farklı ekorejyonlar için değişkenlikleri Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı yöntemi ile test edilmiş ve grafik yöntemlerle incelenmiştir.

Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde yayılış gösteren karaçam meşcerelerinden 274 adet örnek alanın alındığı çalışmada, ekolojik farklılıkların ortaya konulabilmesi amacıyla söz konusu örnek alanlar çalışma alanı içerisindeki ve Atalay (2014)'ın yapmış olduğu ekolojik sınıflandırmada yer alan üç farklı ekorejyona mevcut alanları da dikkate alınarak ağırlıklı olarak dağıtılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, Ekorejyon 1'den 63, Ekorejyon 3'ten 151 ve Ekorejyon 4'ten 60 adet örnek alan alınmıştır. Ekorejyonların alanları yanında, farklı meşcere özelliklerine dağılımın sağlanabilmesi amacıyla örnek alanların farklı verim gücü (bonitet), sıklık ve yaşlardaki meşcerelerden alınmasına özen gösterilmiştir.

Çalışma alanı için yetiştirme ortamı verim gücünün belirlenebilmesi ve uygun bir bonitet endeks modelinin geliştirilebilmesi amacıyla Ekorejyon 1'den 44, Ekorejyon 3'ten 207 ve Ekorejyon 4'ten 42 adet olmak üzere toplamda 293 adet galip/müşterek galip ağaç verisi elde edilmiştir. Söz konusu ağaçlarda gövde analizi yapılarak farklı yaşlardaki boy değerleri hesaplanmış ve 2583 adet yaş-boy verisi sağlanmıştır.

Çalışma alanı içerisindeki çap-boy ilişkisinin belirlenebilmesi ve boyu ölçülmeyen ağaçlara ilişkin boy tahminlerinin yapılabilmesi amacıyla genelleştirilmiş çap-boy modelleri geliştirilmiştir. Literatürde birçok araştırmacı tarafından kullanılan ve başarılı sonuçlar elde edilen dokuz adet doğrusal olmayan çap-boy modeli seçilmiş ve ilgili modellere ilişkin parametre tahminleri yapılmıştır. Parametre tahmini yapılan çap-boy modelleri arasından gerek istatistik gerekse grafik yöntemlerle en başarılı

bulunan model Richards (1959) temel büyüme modelinin Sharma ve Parton (2007) tarafından yeniden düzenlenmiş model formu olan DH-9 modelidir. Doğrusal Olmayan Ekstra Kareler Toplamı yöntemi ile söz konusu modele ilişkin tahminlerin ekorejyonlar arasında önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Yalnızca Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 arasında çap-boy gelişimi açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yapılacak olan boy tahminlerinde her bir ekorejyon için farklı parametre setlerini içeren çap-boy modelinin (tam model yapısı) kullanımı uygun bulunmuştur. Söz konusu çap-boy modeline ilişkin hesaplanan R_{diz}^2 (0,931), OH (0,00), OMH (1,10), $HKOK$ (1,41) ve AIC (713,45) istatistikleri oldukça başarılı bulunmuştur. Grafik yöntemle, bağımsız veri grubu ile yapılan tahminlere ilişkin hata dağılımlarının rastgele dağıldığı belirlenmiştir ve çap-boy modelinin Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcerelerinde kullanımı uygun bulunmuştur. Çalışma alanı geneli için ekolojik bölge farklılığını dikkate almadan geliştirilen genel bir çap-boy modelinin kullanılması durumunda Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 4 için hesaplanan hata değerlerinde önemli bir artış söz konusu olmuştur.

Bu çalışma kapsamında ağaç hacim denklemi geliştirilmemiştir. Bunun yerine, Sakıcı vd. (2018a) tarafından Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri geneli için geliştirilen çift girişli ağaç hacim denklemi kullanılmıştır.

Çalışma alanı içerisindeki karaçam meşcerelerine ilişkin yetişme ortamı verim gücünün belirlenebilmesi için dinamik bonitet endeks modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla, temel büyüme modellerinden $GCFY$ ile türetilmiş ve literatürde başarılı bulunan beş adet doğrusal olmayan regresyon denklemine ilişkin parametre tahminleri yapılmıştır. Modelleme aşamasında kullanılan verilerin gövde analizi verilerinden sağlanması ve söz konusu veri yapısının doğasında var olan otokorelasyon probleminin tahminler üzerindeki etkisinin giderilmesi amacıyla ikinci derece otoregresif model yapısı olan $CAR(2)$ kullanılmıştır.

Parametre tahmini yapılan modellerden Bertalanffy-Richards temel büyüme modelinden $GCFY$ ile türetilmiş dinamik bonitet endeks modeli olan $GCFY-1$ modeli istatistik ve grafik yöntemlerle en başarılı olarak seçilmiştir. Yapılan testler

sonucunda, çalışma alanı içerisinde yayılış gösteren karaçam meşcerelerine ilişkin üst boy gelişiminin ekorejyonlar arasında önemli farklılıklara sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yayılış gösteren karaçam meşcerelerine ilişkin tahminlerde GCFY-1 modeline ilişkin tam model yapısının kullanılması gerekliliği belirlenmiştir. Geliştirilen bonitet endeks modeline ilişkin hesaplanan $R_{düz}^2$ (0,988), OH (0,06), OMH (0,54), $HKOK$ (0,77), AIC (-646,39) ve $Durbin-Watson$ (1,68) istatistikleri model başarısını ortaya koymaktadır. Bunun yanında, gövde analizi verilerinin doğasında var olan otokorelasyon probleminin bonitet endeks modeline ilişkin tahminler üzerindeki etkilerinin giderilip giderilmediği hesaplanan Durbin-Watson katsayısı ve çizilen hata-gecikmeli hata grafikleri ile incelenmiştir. Otoregresif modelleme yapılmadan belirgin bir otokorelasyon probleminin olduğu, $CAR(2)$ hata yapısı ile bu problemin tahminler üzerindeki etkisinin giderildiği belirlenmiştir. Geliştirilen bonitet endeks modeli kullanılarak her bir ekorejyon için bonitet endeks tabloları düzenlenmiş ve bu tablolar EK A'da verilmiştir.

Belirlenen standart yaştaki (100 yıl) minimum ve maksimum üst boy değerleri dikkate alınarak, 9 m sınıf genişliği olmak üzere 3 bonitet sınıfı oluşturulmuştur. Bonitet sınıflarına ilişkin sınıf sınır değerleri I. Bonitet sınıfı için 28,01-37,00 m, II. Bonitet sınıfı için 19,01-28,00 m ve III. Bonitet sınıfı için 10,01-19,00 m olarak belirlenmiştir.

Başarılı bulunan bonitet endeks modeli her bir ekorejyon için farklı parametre setlerine sahip olduğu için bu model ile elde edilen bonitet endeks eğrileri her bir ekorejyon için değişiklik göstermektedir. Bonitet endeks modeli ile yapılan tahminlere ilişkin hata dağılımları ve büyüme kanuniyetlerine uygunluklar grafik yöntemle her bir ekorejyon için ayrı ayrı incelenmiştir. Model tahminlerine ilişkin hatalar tüm ekorejyonlar için rastgele dağılım göstermekte ve kabul edilebilir düzeydedir. Model tahminlerinin büyüme kanuniyetlerine olan uygunlukları incelendiğinde GCFY-1 modelinin tüm ekorejyonlar için başarılı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. İncelenen söz konusu kanuniyetler; (i) bonitet endeks eğrilerinin orjinden geçmesi, (ii) polimorfizm, (iii) çoklu asimptot, (iv) bonitet endeks eğrilerinin geniş S şekline sahip olması ve (v) meşcere verimliliği arttıkça maksimum boy artımının değer olarak artması ve bu değere ulaşma yaşının azalmasıdır.

Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcerelerine ilişkin üst boy gelişimi GCFY-1 modeli ile çizilen bonitet endeks eğrileri ile incelenmiştir. Her bir ekorejyon için ayrı ayrı çizilen bonitet endeks eğrileri arasındaki farklılıklar özellikle kötü yetişme ortamı koşullarında 100 yaşına kadar düşük iken, 100 yaşından sonra artmıştır. Özellikle Ekorejyon 1 ve Ekorejyon 3'te yer alan karaçam meşcerelerinin üst boy gelişimi birbirine değer olarak yakınken, Ekorejyon 4'te yayılış gösteren karaçam meşcerelerine ilişkin gelişim diğer ekorejyonlardan oldukça farklılık göstermektedir. Çalışma kapsamında incelenen üç farklı ekorejyona ilişkin üst boy gelişimi 100 yaşına kadar Ekorejyon 1'de en yüksek ve Ekorejyon 4'te en düşük seviyededir, 100 yaşından sonra ise tam tersi bir durum söz konusudur.

Çalışma alanı için ekolojik bölge farklılıklarını dikkate almayan genel bir bonitet endeks modelinin kullanılması durumunda üst boy tahminlerinde Ekorejyon 1 için önemli bir hata artışı söz konusudur.

Literatürde Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırlarını kapsayan ve karaçam meşcerelerine ilişkin yapılan bonitet endeks modellerine ilişkin tahminler, bu tez çalışması kapsamında geliştirilen model tahminleri ile ekorejyon bazında ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Grafiksiz incelemelere göre, bu çalışma kapsamında geliştirilen bonitet endeks modelinin tüm ekorejyonlara ilişkin bonitet endeks eğrileri Kalıpsız (1963), Seki ve Sakıcı (2017) ve Akbaş ve Şenyurt (2018) tarafından geliştirilen bonitet endeks eğrileri ile farklılıklar göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında hazırlanan sıklığa bağlı hasılat tablolarındaki kalan meşcere öğelerine ilişkin orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim değerlerini bonitet endeksi, yaş ve sıklığa bağlı olarak tahmin eden doğrusal olmayan regresyon modelleri geliştirilmiştir. Bu amaçla, bağımsız değişken olarak sıklık, yaş ve bonitet endeksini kullanarak yukarıda bahsedilen meşcere özelliklerine ilişkin tahminlerde bulunan beş farklı doğrusal olmayan regresyon modeli için parametre tahminleri yapılmıştır. Sonuç olarak; orta çap, ağaç sayısı ve göğüs yüzeyine ilişkin tahminler için Pienaar vd. (1990) temel büyüme modelinden türetilen model yapısı (M-4), orta boya ilişkin tahminler için Schumacher temel büyüme modelinden geliştirilen model yapısı (M-2) ve hacim tahminleri için ise yine Schumacher temel büyüme modelinden

geliştirilen model yapısı (M-1) başarılı bulunmuştur. Yapılan testler sonucunda, karaçam meşcerelerine ilişkin orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim gelişimleri Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü içerisindeki üç farklı ekorejyon için önemli farklılıklara sahiptir ($p < 0,05$). Yalnızca Ekorejyon 3 ve Ekorejyon 4 içerisindeki karaçam meşcerelerine ilişkin ağaç sayısı ve meşcere hacim tahminleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). Ekorejyonlar arasında meşcere gelişimi açısından bulunan bu farklılıklar sonucunda, geliştirilen meşcere modellerine ilişkin tam model yapılarının kullanımı uygun bulunmuştur. Bir başka ifade ile, Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde yapılacak olan meşcere özelliklerine ilişkin tahminlerde her bir ekorejyona ilişkin farklı parametre setlerine sahip tam model yapılarının kullanımı gerekmektedir.

Çalışma alanı içerisindeki meşcerelere ilişkin büyüme öğelerinin tahmininde geliştirilen meşcere modellerine ilişkin tam ve indirgenmiş model yapıları ile ayrı ayrı tahminler yapılmış ve tahminlere ilişkin hata yüzdeleri karşılaştırılmıştır. Tam model yapıları ile elde edilen orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim tahminleri için mutlak hata yüzdesi değerleri sırası ile yaklaşık olarak %0,5; %0,2; %1,9; %0,2 ve %0,4 olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte, ekolojik bölge farklılığını yansıtmayan genel meşcere modellerinin kullanılması durumunda orta çap, orta boy, ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim tahminlerinde sırası ile %8,6; %3,0; %23,1; %5,5 ve %6,2'lik hatalar ile karşılaşabilmektedir. Bu durum, meşcere büyüme öğelerine ilişkin yapılacak tahminlerde ekolojik bölgesel farklılıklarının dikkate alınması gerekliliğini göz önünü koymaktadır.

Bir ekolojik bölge için geliştirilen meşcere modelinin farklı ekolojik bölgelerde kullanılması durumunda orta çap için -%14,8 ve +%16,9, orta boy için -%5,1 ve +%6,1, ağaç sayısı için -%25,7 ve +%39,2, göğüs yüzeyi için -%8,3 ve +%9,2 ve hacim için -%9,6 ve +%10,4 arasında değişen tahmin hataları elde edilmiştir. Bu durum da, geliştirilen bir büyüme modelinin coğrafik sınırları dışında kullanılması durumunda oldukça hatalı tahminlerin elde edilebileceğini göstermektedir.

Kalan meşcere özelliklerinin, ayrılan meşcereye ilişkin hacim değerlerinin, yıllık cari artımın, genel meşcere hacmi ve ara hasılat yüzdesinin, kalan ve genel meşcerelere

ilişkin ortalama artım değerlerinin 10'ar yıllık yaş basamakları (40-150 yaş arası) için değişimini 3 sıklık derecesi (4, 8 ve 12) ve 3 bonitet sınıfı (I., II. ve III.) için ortaya koyan sıklığa bağlı hasılat tabloları düzenlenmiştir. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü içerisinde yayılış gösteren karaçam meşcerelerine ilişkin büyüme özelliklerinin üç farklı ekorejyon için farklılık göstermesinden dolayı, her bir ekorejyon için ayrı ayrı hasılat tabloları düzenlenmiştir (EK B).

Çalışma kapsamında düzenlenen sıklığa bağlı hasılat tabloları çalışma alanı genelinde incelendiğinde aşağıda maddeler halinde verilen özet bilgiler elde edilmiştir:

- Yetiştirme ortamı verim gücü ve sıklığın sabit olduğu durumlarda, kalan meşcerelere ilişkin ağaç sayısı eğrisel ve sürekli bir azalış gösterirken, orta çap, orta boy, göğüs yüzeyi ve hacim değerleri S eğrisi oluşturacak şekilde bir trend göstermiştir.
- Yetiştirme ortamı verim gücü ve yaşı sabit olduğu durumlarda, kalan meşcerelere ilişkin ağaç sayısı, göğüs yüzeyi ve hacim değerleri sıklığa bağlı olarak artmakta, orta çap değerleri ise azalmaktadır. Ancak, meşcere orta boyu farklı sıklık dereceleri için birbirine oldukça yakın değerler almaktadır.
- Meşcere sıklığının ve yaşının sabit olduğu durumlarda, kalan meşcerelere ilişkin orta çap, orta boy, göğüs yüzeyi ve hacim değerleri yetiştirme ortamı verim gücü arttıkça artmakta, ağaç sayısı ise azalmaktadır.
- Ayrılan meşcere hacim değerleri meşcere sıklığı, verim gücü ve yaşı ile pozitif yönde bir ilişki göstermektedir. Bir başka ifade ile diğer özelliklerin sabit olması koşulunda meşcereye ilişkin bonitet, sıklık ve yaşın artması ile ayrılan meşcereye ilişkin hacim değerleri de artmaktadır.
- Yıllık cari artım (m^3 ve % olarak) yaşa bağlı olarak sürekli azalırken, yetiştirme ortamı verim gücü ve sıklıkla pozitif yönde bir ilişki göstermektedir.
- Genel meşcere hacmi ve ara hasılat yüzdesi meşcere yaşı, yetiştirme ortamı verimliliği ve sıklık arttıkça artmaktadır.
- Kalan ve genel meşcere ortalama artım değerlerinin yaşa bağlı olarak belli bir yaşa kadar artmakta, bir süre o yaşlarda maksimum seviyede seyretmekte ve ardından azalmaktadır. Bununla birlikte, kalan ve genel meşcere ortalama artım değerleri sıklık ve bonitet ile pozitif yönde bir ilişki göstermektedir.

- Kalan ve genel meşcere ortalama artım değerlerinin maksimum değere ulaşma yaşları ekorejyonlar arasında değişiklik göstermekle birlikte, genel olarak Ekorejyon 1'de diğer ekorejyonlardan daha erken yaşlarda maksimuma ulaşmaktadır.

Çalışma kapsamında Karaçam türüne ilişkin tek ağaç ve meşcere gelişiminin üç farklı ekorejyon için önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Örneğin, hasılat tablolarındaki kalan ve genel meşcerelere ilişkin ortalama artım değerleri Ekorejyon 1 için diğer iki ekorejyona göre daha erken yaşlarında maksimuma ulaşmaktadır. Bu durum, her bir ekorejyon için ve özellikle de Ekorejyon 1 içerisindeki karaçam meşcerelerine ilişkin farklı planlama stratejilerinin uygulanabileceğini göstermektedir.

Düzenlenen hasılat tablolarında, kalan meşcere ögelerinin tahmininde doğrusal olmayan regresyon modellerinin kullanılması ile meşcere gelişimleri üç boyutlu olarak tahmin edilmiştir. Farklı bonitet ve sıklıktaki meşcere gelişimlerinin oransal olarak birbirinden farklılık göstermesi (polimorfizm) büyüme kanuniyetlerine uygun bir durum olmaktadır. Bununla birlikte, meşcere modellerinin doğrusal olmayan regresyon analizi yöntemi kullanılarak geliştirilmesi ile daha esnek tahminler elde edilebilmektedir.

Çalışma kapsamında, karaçam meşcerelerine ilişkin çap dağılımları modellenmiş ve bu amaçla her bir örnek alan için beş farklı olasılık yoğunluk fonksiyonuna (Weibull-2p, Weibull-3p, Gamma-2p, Gamma-3p ve Johnson SB) ilişkin parametre tahminleri yapılmıştır. KS , AD , X^2 ve e hata ölçütlerine göre karşılaştırılan olasılık yoğunluk fonksiyonlarından Johnson SB fonksiyonu tüm ekorejyonlar için oldukça başarılı bulunmuştur.

Bu çalışmada bağımsız değişkenler olarak konu ağaca ilişkin $d_{1,30}$, BAL , ilgili meşcereye ilişkin T , SD , BE değerlerini içeren ve 5 yıllık ortalama çap artım değerini tahmin eden tek ağaç modeli geliştirilmiştir. Tek ağaçlara ilişkin çap artımının ekorejyonlar arasında önemli farklılıklar göstermesi ve bu sebeple her bir ekorejyon için farklı parametre setlerini içeren tam model yapısının kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir. Tek ağaç modeline ilişkin istatistikler; $R_{düz}^2=0,493$; $OMH=0,61$;

$HKOK=0,80$, $AIC=-274,33$, $DW=1,61$ ve VIF değerleri <5 olarak hesaplanmıştır. Geliştirilen model ile elde edilen tahminlere ilişkin hata değerleri rastgele bir dağılım göstermektedir. Geliştirilen tek ağaç modeli kullanılarak bağımsız veri grubu için beş yıllık ortalama çap artımları tahmin edilmiş, söz konusu veri grubundaki ağaçların gerçek-tahmin edilen çap artım değerleri karşılaştırılmıştır ve istatistiksel olarak farksız oldukları ($p>0,05$) sonucu elde edilmiştir.

Çalışma alanı içerisindeki tüm ekorejyonlara ilişkin çap artım tahminleri grafik yöntemlerle incelendiğinde; çap artımının yetiştirme ortamı verim gücü ile pozitif, yarışma endeksi (BAL) ve meşcere sıklığı ile negatif yönde ilişki gösterdiği belirlenmiştir. Geliştirilen tek ağaç modeli tüm ekorejyonlar için biyolojik olarak gerçekçi tahmin yeteneğine sahiptir. Tek ağaç çap artımının ekorejyonlar arasındaki farklılıkları incelendiğinde, genel olarak en yüksek değerler Ekorejyon 1’de elde edilirken, en düşük değerler de Ekorejyon 3’te elde edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan örnek alanların yaş sınıflarına dağılımları dikkate alındığında, özellikle 150 yaşından yaşlı meşcerelerde çalışma kapsamında geliştirilen büyüme modellerinin kullanılması konusunda dikkatli olunmalıdır. Bu yaştan sonraki tahminlerde hata miktarı yüksek olacaktır.

Çalışma kapsamında geliştirilen tek ağaç, çap dağılım ve meşcere modelleri için geçici örnek alanlardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Devamlı örnek alanlarda meşcere gelişimi belirli periyotlarla takip edilmekte ve modelleme çalışması bu verilerle yapılmaktadır. Geçici örnek alanlarla yapılan çalışmalarda ise yetiştirme ortamı verim gücü ve sıklığı aynı olan farklı yaşlardaki meşcerelerin, aslında aynı meşcere yapısının farklı zamanlardaki durumları olduğu varsayımı vardır. Bir başka ifade ile farklı konumlardan alınan aynı bonitet ve sıklığa sahip iki farklı meşcerenin aslında aynı meşcerenin farklı yaşlardaki durumları olduğu varsayımı bu çalışma kapsamında yapılan modelleme çalışmalarında benimsenmiştir. Bir meşcereye ilişkin yetiştirme ortamı verim gücü değeri (aynı ağaç türü için) uzun yıllar değişmeyebilir, ancak söz konusu meşcerelerin geçmişteki sıklık dereceleri ve gördükleri silvikültürel müdahaleler ve dolayısıyla gelişim trendleri birbirinden farklı olabilmektedir. Bu durum, farklı meşcerelerin zamansal olarak birbirinin devamı olarak kabul edildiği bu

varsayımın dezavantajlarından birisidir. Söz konusu bu olumsuzlukların giderilebilmesi amacıyla, karaçam meşcerelerine ilişkin farklı yetiştirme ortamlarını temsil edecek devamlı deneme alanlarının tesis edilmesi gerekmektedir. Söz konusu deneme alanlarının periyodik olarak takip edilmesi ve ölçülmesi geliştirilecek olan modellerin başarılarını ve geçerliliklerini arttıracaktır. Bu tez çalışmasında ve literatürde birçok çalışmada belirtildiği üzere farklı ekorejyonlarda yayılış gösteren ağaç türlerinin gerek tek ağaç gerekse meşcere gelişimleri üzerinde bahsi geçen ekolojik farklılıkların incelenebilmesi için devamlı deneme alanları üzerine meteorolojik istasyonların kurulması ve toprak ve anakaya etütlerinin de yapılması gerekmektedir.

Büyüme modellerinin geliştirilmesinde en güvenilir bilgi kaynağı, periyodik ölçümlerin sağlandığı devamlı deneme alanlarıdır. Devamlı deneme alanlarının olmadığı durumlarda kullanılan geçici örnek alan verileri ile meşcerelerin zamansal büyüme trendleri sağlıklı bir şekilde çözümlenememektedir. Geçici örnek alan verileri kullanılarak geliştirilen büyüme modellerinin sonuçları bazı durumlarda yetersiz kalmaktadır. Bu sebeplerle, ülkemizde güvenilir artım ve büyüme modellerinin geliştirilebilmesi için ivedilikle devamlı örnek alanların, bunun mümkün olmaması durumunda ise en azından yarı devamlı örnek alanların oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla kurumsal ölçekte kurulacak ve yönetilecek olan bir örnekleme ağı, özellikle asli ağaç türlerimiz için bir zorunluluktur.

Ülkemiz topografik özelliklerinden kaynaklanan farklı iklim şekillerine ve ekolojik bölgelere sahiptir. Bunun yanında, aynı ağaç türü çok farklı ekolojik özelliklere sahip bölgelerde yayılış gösterebilmektedir. Ağaçların ve ormanların gelişimi üzerinde önemli etkilere sahip ekolojik faktörler planlama aşamasında göz önünde bulundurulması gereken önemli bir husustur. Planlamanın en önemli altlığını oluşturan büyüme modelleri de söz konusu ekolojik farklılıklara bağlı olarak esnek tahminler yapan özelliklere sahip olmalıdır. Bu amaçlarla, ekolojik tabanlı büyüme modelleri ülkemizde yayılış gösteren diğer asli ağaç türleri için de geliştirilmeli, yapılacak olan planlamalarda bu modellerden faydalanılmalıdır.

Ülkemiz ormanlarında yapılan planlama çalışmalarında altlık olarak müdahale görmemiş meşcereler için düzenlenmiş normal hasılat tabloları kullanılmaktadır. Ülkemiz ormanlarının büyük çoğunluğunun müdahale görmüş meşcerelerden oluşuyor olması sıklığa bağlı hasılat tablolarının kullanımının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, meşcere gelişimlerinin farklı ekolojik bölgeler için değişiklik gösterme potansiyeli meşcerelere ilişkin tahminlerin ekolojik farklılıkları dikkate alma gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu sebeplerle, ülkemizde yayılış gösteren özellikle asli ağaç türlerimize ilişkin ekolojik tabanlı sıklığa bağlı hasılat tablolarının düzenlenmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Adame, P., del Río, M., & Canellas, I. (2008). A mixed nonlinear height-diameter model for pyrenean oak (*Quercus pyrenaica* Willd.). *Forest Ecology and Management*, 256(1-2), 88-98.
- Akalp, T. (1978a). *Türkiye'deki Doğu ladini (Picea orientalis Lk. Carr) ormanlarında hasılat araştırmaları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Akalp, T. (1978b). Anamorfik ve polimorfik yöntemlerle bulunmuş bonitet eğrilerinin karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 28, 213-232.
- Akbaş, U., & Şenyurt, M. (2018). Site quality estimations based on the generalized algebraic difference approach: A case study in Çankırı forests. *Revista Árvores*, 42(3).
- Akkemik, Ü. (2014). *Türkiye'nin doğal-egzotik ağaç ve çaluları*. Ankara: TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Akman, Y., Ketenoğlu, O., Kurt, L., & Güney, K. (2003). *Açık tohumlu bitkiler (Gymnospermae)*. Ankara: Palme Yayınevi.
- Alemdağ, İ. Ş. (1962). *Türkiye'deki kızılçam ormanlarının gelişimi, hasılatı ve amenajman esasları*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü.
- Alemdağ, İ. Ş. (1967). *Türkiye'deki sarıçam ormanlarının kuruluşu, verim gücü ve bu ormanların işletilmesinde takip edilecek esaslar*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü.
- Alkan, O. (2019). *Toros Göknarı (Abies cilicica Carr.) Meşcereleri İçin Gövde Çapı, Çap-Boy, Çap Dağılım ve Bonitet Endeks Modellerinin Geliştirilmesi*. Doktora Tezi, *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*. Isparta.
- Álvarez González, J. G., Ruíz González, Rodríguez Soalleiro, R., & Barrio-Anta, M. (2005). Ecoregional site index models for *Pinus pinaster* in Galicia (northwestern Spain). *Annals of Forest Science*, 62(2), 115-127.
- Asan, Ü. (1984). *Kazdağı göknarı (Abies equi-trojani Aschers Et Sinten) ormanlarının hasılat ve amenajman esasları üzerine araştırmalar*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Asan, Ü. (1987). Batı ve Orta Karadeniz yöresindeki Doğu kayını ormanlarında bonitet araştırmaları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 37, 106-130.
- Atalay, İ. (2014). *Türkiye'nin ekolojik bölgeleri*. Genişletilmiş 2. Baskı, İzmir: Meta Basım Matbaacılık.

- Bailey, R. L., & Dell, T. R. (1973). Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science*, 19(2), 97-104.
- Bailey, R. L., & Clutter, J. L. (1974). Base-age invariant polymorphic site curves. *Forest Science*, 20, 155-159.
- Barrio-Anta, M., & Diéguez-Aranda, U. (2005). Site quality of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) stands in Galicia (northwest Spain). *European Journal of Forest Research*, 124(1), 19-28.
- Baskerville, G. L. (1972). Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research*, 2(1), 49-53.
- Batti, F. (1971). Ertraktstafeln und Leistung Potential der Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) in der Turkei. Doktora Tezi, *Freiburg*.
- Batu, F., & Kapucu, F. (1995). Doğu Karadeniz Bölgesi kızılğaç meşcerelerinde bonitet endeksi ve hasılat tablosunun düzenlenmesi. *I. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 349-362, Trabzon.
- Baur, F. (1881). *Die rothbuche in bezug auf ertrag, zuwachs und form*. Berlin: Verlag von Paul Parey.
- Baynazoğlu, F. (2014). Mudurnu-Sırçalı Orman İşletme Şefliğinde Yayılış Gösteren Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Homböe) Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Çankırı.
- Birler, A. S. & Yüksel, Y. (1983). *Sahilçamı ağaçlandırma meşcerelerinde hasılat araştırması*. İzmit: Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Enstitüsü Yayını.
- Bolat, F. (2014). Bursa-Kestel Orman İşletme Şefliği İçerisindeki Meşcereler İçin Çap Dağılım Modellerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Çankırı.
- Borders, B. E., Zhao, D., Wang, M., & Kane, M. (2014). *Growth and yield models for second/third rotation loblolly pine plantations in the piedmont/upper coastal plain and the lower coastal plain of the southeastern US*. University of Georgia, Georgia: Plantation Management Research Cooperative Technical Report.
- Brickell, T.E. (1968). *A method for constructing site index curves from measurements of tree age and height - its application to inland douglas-fir*. Ogden, Utah: USDA Forest Service Research Paper.
- Brooks, J. R., & Wiant Jr, H. V. (2008). Ecoregion-based local volume equations for Appalachian hardwoods. *Northern Journal of Applied Forestry*, 25(2), 87-92.

- Bull, H. (1931). The use of polymorphic curves in determining site quality in young red pine plantations. *Journal of Agricultural Research*, 43, 1-28.
- Burkhardt, H. E., & Tomé, M. (2012). *Modeling forest trees and stands*. Dordrecht: Springer.
- Calama, R., Cañadas, N., & Montero, G. (2003). Inter-regional variability in site index models for even-aged stands of stone pine (*Pinus pinea* L.) in Spain. *Annals of Forest Science*, 60(3), 259-269.
- Calama, R., & Montero, G. (2004). Interregional nonlinear height diameter model with random coefficients for stone pine in Spain. *Canadian Journal of Forest Research*, 34(1), 150-163.
- Carmean, W. H. (1972). Site index curves for upland oaks in the Central States. *Forest Science*, 18(2), 109-120.
- Carmean, W. H., & Lenthall, D. J. (1989). Height-growth and site-index curves for jack pine in north central Ontario. *Canadian Journal of Forest Research*, 19(2), 215-224.
- Carus, S. (1996). Aynı yaşlı Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) meşcerelerinde çap dağılımının bonitet ve yaşa göre değişimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 46(2), 171-181.
- Carus, S. (1998). Aynı Yaşlı Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky) Ormanlarında Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Carus, S. (2005). A diameter increment model for Crimean pine (*Pinus nigra* Arnold) and Calabrian pine (*Pinus brutia* Ten.) stands in Isparta region, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 26(3), 467.
- Carus, S., & Çatal, Y. (2007). Isparta yöresi Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) meşcerelerinde büyüme özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 2(1), 1-10.
- Carus, S., & Çatal, Y. (2008). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) meşcerelerinde 7-ağaç örnek nokta yöntemiyle meşcere ağaç sayısının çap basamaklarına dağılımının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(2), 158-169.
- Carus, S., & Çatal, Y. (2011). The alteration of diameter distribution by site quality and age in even aged Crimean pine (*Pinus nigra* Arnold) stands in southern Turkey. *Conservation, Ecology, Restoration and Management of Mediterranean Pines and their Ecosystems: Challenges under Global Change*, France.

- Carus, S., & Glden, Y. (2014). Ağlasun yöresi kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlandırmalarında tek ağaçlarda ap artımının modellenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15, 102-107.
- Castillo-López, A., Santiago-García, W., Vargas-Larreta, B., Quiñonez-Barraza, G., Solis-Moreno, R., & Corral Rivas, J. J. (2018). Dynamic site index models for four pine species in Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(49), 4-27.
- atal, Y. (2012). Gller yöresinde Yalancı akasya, Anadolu karaçamı ve Toros sediri ağaç türleri için çap-boy modeli. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2), 92-96.
- atal, Y., Carus, S., zelik, R., & Alkan, O. (2014). Tek ağaçta çap artımı üzerinde artımın ölçüldüğü periyot süresi ve meşcere sıklığının etkisinin incelenmesi (Ağlasun kızılçam ağaçlandırmaları rneği). II. *Ulusal Akdeniz Orman ve evre Sempozyumu*, 170-178, Isparta.
- atal, Y., & Güneş, S. (2016). Isparta yöresi kızılçam meşcerelerinde çap dağılımının örnek alan ağaç sayısına göre modellenmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 17(2), 166-173.
- Cieszewski, C. J., & Bailey, R. L. (2000). Generalized algebraic difference approach: theory based derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes. *Forest Science*, 46, 116–126.
- Cieszewski, C. J. (2001). Three methods of deriving advanced dynamic site equations demonstrated on inland Douglas-fir site curves. *Canadian Journal of Research*, 31(1), 165-173.
- Cieszewski, C. J. (2002). Comparing fixed- and variable-base-age site equations having single versus multiple asymptotes. *Forest Science*, 48(1), 7-23.
- Cieszewski, C. J. (2004). *GADA derivation of dynamic site equations with polymorphism and variable asymptotes from Richards to Weibull and other exponential functions*. Athens: Plantation Management Research Cooperative Technical Report, 2004-5.
- Clutter, J. L. (1963). Compatible growth and yield models for loblolly pine. *Forest Science*, 9(3), 354-371.
- Clutter, J. L., Fortson, J. C., Pienaar, L. V., Brister, G. H., & Bailey, R. L. (1983). *Timber management: A quantitative approach*. New York: John Wiley & Sons, Inc..
- Coble, D. W. (2009). A new whole-stand model for unmanaged loblolly and slash pine plantations in east Texas. *Southern Journal of Applied Forestry*, 33(2), 69-76.
- Coode, M. J. E. & Cullen J. (1965). *Flora of Turkey and the east Aegean Islands*. Edinburgh: Edinburgh University Press.

- Curtis, R. O., Clendenan, G., & DeMars, D. J. (1981). *A new stand simulator for coast douglas-fir: DFSIM users guide*. Portland: USDA Forest Service General Technical Report, PNW-128.
- Çepel, N. (1984). Ekosistem kavramı ve ekosistem amenajmanı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 34 (2), 21-30.
- Dal, E. (2019). Kastamonu Yöresi Sarıçam Meşcerelerinde Çap Dağılımlarının Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Diéguez-Aranda, U., Burkhart, H. E. & Amateis, R. L. (2006). Dynamic site model for loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantations in the United States. *Forest Science*, 52(3), 262-272.
- Doğdaş, İ. (2014). Burdur-Ağlasun Yöresi Kızılcım Ormanlarında Meşcere Ağaç Sayısı, Hacim ve Hacim Artımının Çap Basamaklarına Dağılımının Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta.
- Eler, Ü. (1986). *Türkiye’de Boylu ardıç (Juniperus excelsa Bieb.) ormanlarında hasılat araştırmaları*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten.
- Eler, Ü. (2003). *Dendrometri*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Basım Evi.
- Eler, Ü., & Carus, S. (2006). *Orman hasılat bilgisi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No:66.
- Eraslan, İ. (1954). *Trakya ve bilhassa Demirköy mıntıkası meşe ormanlarının amenajman esasları hakkında araştırmalar*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Eraslan, İ., & Evcimen, B. S. (1967). Trakya’daki meşe ormanlarının hacim ve hasılatı hakkında tamamlayıcı araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1), 31-56.
- Eraslan, İ., & Şad, H. C. (1993). *Orman amenajmanı*. 4, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Basımevi.
- Ercanlı, İ. (2003). Artvin Orman İşletme Şefliği Sınırları İçerisindeki Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) Meşcerelerinde Sıklığa Bağlı Hâsılat Tablosunun Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.
- Ercanlı, İ., Keleş, S., Sivrikaya, F., Çakır, G., Günlü, A., Karahalil, U., Kadioğulları, A., Başkent, E. Z., & Köse, S. (2007a). Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) meşcereleri için yöresel (Yalnızçam ve Uğurlu Orman İşletme Şeflikleri) sıklığa bağlı hasılat tablosunun düzenlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 78-101.

- Ercanlı, İ., Altun, L., Yılmaz, M., Usta, A., Yılmaz, F., & Günlü, A. (2007b). Sinop yöresi ağaçlandırmalarına ilişkin yöresel sıklığa bağlı hasılat tablosunun düzenlenmesi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 3(1), 35-55.
- Ercanlı, İ. (2010). Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri Sınırları İçerisinde Yer Alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Karışık Meşcerlerine İlişkin Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.
- Ercanlı, İ., & Yavuz, H. (2010). Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) karışık meşcerelerinde çap dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları ile belirlenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 10(1), 68-83.
- Ercanlı, İ., Bolat, F., & Kahrıman, A. (2013). Comparing parameter recovery methods for diameter distribution models of Oriental spruce (*Picea orientalis* (L.) Link.) and Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) mixed stands located Trabzon and Giresun Forest Regional Directorate. *International Caucasian Forestry Symposium*, 119-126, Artvin, Turkey.
- Ercanlı, İ., Kahrıman, A., & Yavuz, H. (2014). Dynamic base-age invariant site index models based on generalized algebraic difference approach for mixed Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) stands. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38, 134-147.
- Ercanlı, İ., Kurt, A. K., & Bolat, F. (2015). Mersin-Tarsus yöresi karaçam ağaçlandırmaları için gövde profil denklemlerinin otoregresif modelleme tekniği ile geliştirilmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 1(1-2), 8-14.
- Ercanlı, İ., Günlü, A., Şenyurt, M., & Keleş, S. (2018). Artificial neural network models predicting the leaf area index: a case study in pure even-aged Crimean pine forests from Turkey. *Forest Ecosystems*, 5, 29.
- Erdemir, Ö. (1974). *Sarıkamuş, Oltu ve Göle muntıkaları saf sarıçam meşcerelerinde hasılat araştırmaları*. Ankara: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Erkan, N. (1996). *Kızılçamda (Pinus brutia Ten.) meşcere gelişmesinin simülasyonu*. Elazığ: Güneydoğu Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayınları.
- Evcimen, B. S. (1963). *Türkiye sedir ormanlarının ekonomik önemi, hasılatı ve amenajman esasları*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Farjon, A. (2010). *A handbook of the World's conifers*. Boston: Brill Academic Publishers.
- Fırat, F. (1972). *Orman hasılat bilgisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Fonseca, T. F., Marques, C. P., & Parresol, B. R. (2009). Describing Maritime pine diameter distributions with Johnson's S_B distribution using a new all-parameter recovery approach. *Forest Science*, 55(4), 367-373.

- Fox, J. (1997). *Applied regression analysis, linear models, and related methods*. California: Sage Publications.
- Gadow, K. V. & Hui, G. (1999). *Modeling forest development*. Dordrecht: Springer.
- Gaffrey, D. (1988). Forstamts-und Bestandsindividuelles Sortimentierungsprogramm als Mittel zur Planung, Aushaltung und Simulation. *Diplomarbeit Forscliche Fakultät, Universität Göttingen, Göttingen*.
- Gallagher, D. A., Bullock, B. P., Montes, C. R., & Kane, M. B. (2019). Whole stand volume and green weight equations for loblolly pine in the Western Gulf Region of the United States through age 15. *Forest Science*, 65(4), 420-428.
- García, O. (2008). Visualization of a general family of growth functions and probability distributions - the growth-curve explorer. *Environmental Modelling & Software*, 23(12), 1474-1475.
- Gaussen, H., Heywood, V. H., Chater, A. O. (1964). *The genus Pinus L. flora Europaea*. Cambridge: Cambridge university Press.
- Goelz, J. C. G., & Burk, T. E. (1992). Development of a well-behaved site index equation: jack pine in north central Ontario. *Canadian Journal of Forest Research*, 22(6), 776-784.
- Gorgoso, J. J., Álvarez González, J. G., Rojo, A., & Grandas-Arias, J. A. (2007). Modelling diameter distributions of *Betula alba* L. stands in northwest Spain with the two-parameter Weibull function. *Forest Systems*, 16(2), 113-123.
- Gorgoso-Varela J. J., & Rojo-Alboreca, A. (2014). Short communication. A comparison of estimation methods for fitting Weibull and Johnson's S_B functions to pedunculate oak (*Quercus robur*) and birch (*Betula pubescens*) stands in northwest Spain. *Forest Systems*, 23(3), 500-505.
- Grégoire, T. G., Schabenberger, O., & Barrett, J. P. (1995). Linear modelling of irregularly spaced, unbalanced, longitudinal data from permanent-plot measurements. *Canadian Journal of Forest Research*, 25(1), 137-156.
- Gülen, İ. (1959). Karaçam (*Pinus nigra* Arnold) hacim tablosu. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(1): 97-112.
- Günel, A. (1982). *Orman hasılat bilgisi ders notları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi (Basılmamıştır).
- Güneş, S. (2015). Isparta Yöresi Kızılçam Meşcerelerinde Çap Dağılımının Örnek Nokta Ağaç Sayısına Göre Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Isparta.
- Güvendi, E., & Kahyaoğlu, N. (2019). Saf Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ormanlarının ekolojik tabanlı idare sürelerinin belirlenmesi (Sinop örneği). *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 136-145.

- Hossfeld, J. W. (1882). *Mathematik fur Forstmanner*. Gotha, Germany: Okonomen und Cameralisten.
- Huang, S. (1999). Ecoregion-based individual tree height-diameter models for lodgepole pine in Alberta. *Western Journal of Applied Forestry*, 14(4), 186-193.
- Huang, S., & Titus, S. J. (1995). An individual tree diameter increment model for white spruce in Alberta. *Canadian Journal of Forest Research*, 25(9), 1455-1465.
- Huang, S., Price, D., & Titus, S. J. (2000a). Development of ecoregion-based height-diameter models for white spruce in boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 129(1-3), 125-141.
- Huang, S., Price, D., Morgan, D., & Peck, K. (2000b). Kozak's variable-exponent taper equation regionalized for white spruce in Alberta. *Western Journal of Applied Forestry*, 15(2), 75-85.
- IBM SPSS 20. (2011). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0*. Armonk, New York: IBM Corporation.
- Johnson, N. L. (1949). System of frequency curves generated by methods of translation. *Biometrika*, 36, 149-176.
- Kahriman, A. (2011). Karadeniz Bölgesi Sınırları İçerisinde Yer Alan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) - Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Karışık Meşcerelerine İlişkin Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.
- Kahriman, A., & Yavuz, H. (2011). Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)-Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) karışık meşcerelerinde çap dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları ile belirlenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12(2), 109-125.
- Kahriman, A., & Yavuz, H. (2012). Doğu Karadeniz Göknaarı-Doğu Ladini karışık meşcerelerinde çeşitli yarışma endekslerinin tek ağaçların çap artımındaki etkilerinin incelenmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2), 235-249.
- Kahriman, A., Sönmez, T., & Von Gadow, K. (2018). Site index models for Calabrian pine in the central Mediterranean region of Turkey. *Journal of Sustainable Forestry*, 37(5), 459-474.
- Kalıpsız, A. (1963). *Türkiye 'de karaçam meşcerelerinin tabii bünyesi ve verim kudreti üzerine araştırmalar*. İstanbul: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Kalıpsız, A. (1984). *Dendrometri*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Kalıpsız, A. (1998). *Orman hasılat bilgisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.

- Kangas, A., & Maltamo, M. (2000). Calibrating predicted diameter distribution with additional information. *Forest Science*, 46(3), 390-396.
- Kapucu, F., Yavuz, H., & Gül, A. U. (1999). Dişbudak Meşcerelerinde Hacim, Bonitet Endeksi ve Normal Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi Sonuç Raporu. *Karadeniz Teknik Üniversitesi: Araştırma Fon Başkanlığı*.
- Kapucu, F. (2004). *Orman amenajmanı*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Kapucu, F., Yavuz, H., Gül, A., & Mısır, N. (2002). *Kestane meşcerelerinin hasılatı ve amenajman esasları*. Ankara: TÜBİTAK Araştırma Projesi, Proje No: TOGTAG 2229.
- King, J.E. (1966). *Site index curves for Douglas-fir in the Pacific Northwest*. Washington: Weyerhaeuser Forestry Research Center, Weyerhaeuser Forestry Paper No 8.
- Kiviste, A., Nilson, A., Hordo, M., & Merenäk, M. (2003). Diameter distribution models and height-diameter equations for Estonian forests. A. Amaro, D. Reed & P. Soares (Eds.), *Modelling forest systems*. Wallingford: CABI Publishing.
- Korf, V. (1939). Pfişpevek k matematicke definici vzrustoveho zakona lesnich porostii. *Lesnicka Pracr*, 18: 339–356.
- Köse, S., Yavuz, H., Mısır, M., & Mısır, N. (2001). KTÜ Orman Fakültesi Araştırma Ormanı Ladin Meşcerelerinin Hasılat Esasları Sonuç Raporu. *Karadeniz Teknik Üniversitesi: Araştırma Fon Başkanlığı*.
- Krumland, B. & Eng, H. (2005). *Site index systems for major young-growth forest and woodland species in northern California*. California: California Department of Forestry and Fire Protection, Report No: 4.
- Kudus, K. A., Ahmad, M. I., & Lapongan, J. (1999). Nonlinear regression approach to estimating Johnson S_B parameters for diameter data. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(3), 310-314.
- Küçük, Ö., Bilgili, E., & Üzümcü, R. (2018). Modeling surface fire rate of spread within a thinned Anatolian black pine stand in Turkey. *Forest Systems*, 27(2), 3.
- Lawless, J. F. (1982). *Statistical models and methods for lifetime data*. New Jersey: A John Wiley & Sons., Inc..
- Leech, N. L., Barrett, K. C., & Morgan, G. A. (2005). *SPSS for intermediate statistics: Use and interpretation*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc..
- Loetsch, F., Zöhrer, F., & Haller, K. E. (1973). *Forest inventory*. München: BLV Verlagsgesellschaft.

- Lopez-Senespleda, E., Bravo-Oviedo, A., Ponce, R. A., & Gonzalez, G. M. (2014). Modeling dominant height growth including site attributes in the GADA approach for *Quercus faginea* Lam. in Spain. *Forest Systems*, 23(3), 494-499.
- Lundqvist, B. (1957). On the height growth in cultivated stands of pine and spruce in northern Sweden. *Medd Fran Statens Skogforsk*, 47, 1-64.
- Mäkelä, A., Landsberg, J., Ek, A. R., Burk, T. E., Ter-Mikaelian, M., Ågren, G. I., Oliver, C. D., & Puttonen, P. (2000). Process-based models for forest ecosystem management: current state of the art and challenges for practical implementation. *Tree Physiology*, 20, 289-298.
- Mamıkoğlu, N. G. (2007). *Türkiye'nin ağaçları ve çaluları*. İstanbul: NTV yayınları.
- Mateus, A., & Tomé, M. (2011). Modelling the diameter distribution of eucalyptus plantations with Johnson's S_B probability density function: parameters recovery from a compatible system of equations to predict stand variables. *Annals of Forest Science*, 68, 325-335.
- Mathwave (2015). EasyFit 5.5 Professional edition. www.mathwave.com.
- Meyer, H. A. (1940). A mathematical expression for height curves. *Journal of Forestry*, 38(5), 415-420.
- Mısır, N. (2003). Karaçam Ağaçlandırmalarına İlişkin Büyüme Modelleri. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Mısır, N. (2010). Generalized height-diameter models for *Populus tremula* L. stands. *African Journal of Biotechnology*, 9(28), 4348-4355.
- Mısır, N., & Yavuz, H. (2013). Ülkemizdeki hasılat tablolarının bilimsel ve uygulama açısından irdelenmesi. *Ormanlıkta Sektörel Planlamanın 50. Yılı Uluslararası Sempozyumu*, 637-645, Antalya.
- Mirkovich, J. L. (1958). Normale visinske krive za chrast kitnak I bukvu v NR Srbiji. Zagreb. *Glasnik Sumarskog Fakulteta*, 13, 43-56.
- Monserud, R. A. (1984). Height growth and site index curves for inland Douglas-fir based on stem analysis data and forest habitat type. *Forest Science*, 30(4), 943-965.
- Nelson, T. C. (1964). Diameter distribution and growth of loblolly pine. *Forest Science*, 10(1), 105-114.
- Neter, J., Kutner, M. H., Nachtsheim, C. J., & Wasserman, W. (1996). *Applied linear statistical models*. Chicago: Irwin.
- Nilson, A. (1999). Pidev metsakorraldus-mis see on. Pidev metsakorraldus. *EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised*, 32, 4-13.

- Ogana, F. N., Itam, E. S., & Osho, J. S. A. (2017). Modeling diameter distributions of Gmelina arborea plantation in Omo Forest Reserve, Nigeria with Johnson's S_B . *Journal of Sustainable Forestry*, 36(2), 121-133.
- OGM. (2013). *Orman atlası*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- OGM. (2015). *Türkiye orman varlığı*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- OGM (2019). *Ormancılık istatistikleri 2019*. Ankara: Orman Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Özcan, B. G. (2002). Sahilçamı (*Pinus pinaster* Ait.) Ağaçlandırmalarında Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Özçelik, R. (2005). Mut Orman İşletmesinde karaçam, sedir ve kızılçam ağaç türleri için dip çap-göğüs çapı ilişkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3), 83-91.
- Özçelik, R., & Çapar, C. (2014). Antalya yöresi doğal kızılçam meşcereleri için geliştirilmiş çap-boy modellerinin geliştirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1), 44-52.
- Özçelik, R., Yavuz, H., Gürlevik, N., Karatepe, Y., & Kırış, R. (2014a). Sedir ağaç türü için yetiştirme ortamı bazlı gövde çapı ve gövde hacim modellerinin geliştirilmesi. II. *Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 592-600, Isparta.
- Özçelik, R., Yavuz, H., Karatepe, Y., Gürlevik, N., & Kırış, R. (2014b). Development of ecoregion-based height-diameter models for 3 economically important tree species of southern Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38, 399-412.
- Özçelik, R., Karatepe, Y., Gürlevik, N., Cañellas, I., & Crecente-Campo, F. (2016a). Development of ecoregion-based merchantable volume systems for *Pinus brutia* Ten. and *Pinus nigra* Arnold. in southern Turkey. *Journal of Forestry Research*, 27(1), 101-117.
- Özçelik, R., Fidalgo Fonseca, T. J., Parresol, B. R., & Eler, Ü. (2016b). Modeling the diameter distributions of Brutian pine stands using Johnson's S_B distribution. *Forest Science*, 62(6), 587-593.
- Özçelik, R., Cao, Q. V., Gómez-García, E., Crecente-Campo, F., & Eler, Ü. (2019). Modeling dominant height growth of Cedar (*Cedrus libani* A. Rich) stands in Turkey. *Forest Science*, 65(6), 725-733.
- Özdemir, E. (2011). Karışık Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Simülasyonu (Büyükdüz Örneği). Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Parresol, B. R. (2003). *Recovering parameters of Johnson's S_B distribution*. Asheville: Southern Research Station.

- Parresol B. R. & Vissage J. S. (1998). White pine site index for the southern forest survey. Washington: *USDA Forest Service*.
- Payandeh, B., & Wang, Y. (1994). Relative accuracy of a new base-age invariant site index model. *Forest Science*, 40(2), 341-348.
- Peng, C., Zhang, L., Zhou, X., Dang, Q., & Huang, S. (2004). Developing and evaluating tree height-diameter models at three geographic scales for black spruce in Ontario. *Northern Journal of Applied Forestry*, 21(2), 83-92.
- Pienaar, L. V., Page, H. H., & Rheney, J. W. (1990). Yield prediction for mechanically site-prepared slash pine plantations. *Southern Journal of Applied Forestry*, 14(3), 104-109.
- Pienaar, L. V., Harrison, W. M., & Rheney, J. W. (1991). *PMRC yield prediction system for slash pine plantations in the Atlantic coast flatwoods*. Athens: Plantation Management Research Cooperative Technical Report.
- Pillsbury, N. H., McDonald, P. M., & Simon, V. (1995). Reliability of tanoak volume equations when applied to different areas. *Western Journal of Applied Forestry*, 10(2), 72-78.
- Pogoda, P., Ochał, W., & Orzeł, S. (2020). Performance of Kernel estimator and Johnson S_B function for modeling diameter distribution of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) stands. *Forests*, 11(6), 634.
- Poudel, K. P., & Cao, Q. V. (2013). Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. *Forest Science*, 59(2), 243-252.
- Pretzsch, H. (2009). *Forest dynamics, growth, and yield*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Prodan, M. (1951). *Messung der waldbestände*. J.D. Frankfurt: SauerLander's Verlag.
- Pyo, J. (2017). Developing the site index equation using a generalized algebraic difference approach for *Pinus densiflora* in central region, Korea. *Forest Science and Technology*, 13(2), 87-91.
- Rennolls, K., Geary, D. N., & Rollinson, T. J. D. (1985). Characterizing diameter distributions by the use of the Weibull distribution. *Forestry*, 58(1), 57-66.
- Reynolds, M. R., Burk, T. E., & Huang, W. C. (1988). Goodness-of-fit tests and model selection procedures for diameter distribution models. *Forest Science*, 34(2), 373-399.
- Richards, F. J. (1959). A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*, 10(2), 290-301.

- Rodríguez-Carrillo, A., Cruz-Cobos, F., Vargas-Larreta, B., & Hernández, F. J. (2015). Compatible dominant height - site index model for juniper (*Juniperus deppeana* Steud.). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 21(1), 97-108.
- Saatçioğlu, F. (1979). *Silvikültür tekniği*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Sağlam, F. (2016). Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Karaçam (*Pinus nigra* J. F. Arnold) Meşcereleri İçin Topraküstü Biyokütle Tablolarının Düzenlenmesi ve Uyumlu Biyokütle-Hacim Denklemlerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Sakıcı, O. E., & Gülsunar, M. (2012). Diameter distribution of Bornmullerian fir in mixed stands. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Özel Sayı*, 263-270.
- Sakıcı, O. E., Seki, M., Sağlam, F., & Akyıldız, M. H. (2016). Modeling diameter distributions of black pine stands in Taşköprü region. *International Forestry Symposium*, 521-535, Kastamonu.
- Sakıcı, O. E., Sağlam, F., & Seki, M. (2018a). Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü karaçam meşcereleri için tek ve çift girişli ağaç hacim denklemleri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 19(1), 20-29.
- Sakıcı, O. E., Sağlam, F., & Seki, M. (2018b). Estimation of crown dimensions for Crimean pine in the Kastamonu region of Turkey. *II. International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress*, 176-183, Baku-Azerbaijan.
- Sakıcı, O. E., Seki, M., & Sağlam, F. (2018c). Estimation of bark thickness and bark volume for Crimean pine in the Kastamonu region of Turkey. *II. International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress*, 184-191, Baku-Azerbaijan.
- Sakıcı, O. E., Seki, M., & Sağlam, F. (2018d). Above-ground biomass and carbon stock equations for Crimean pine stands in Kastamonu region of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(10), 7079-7089.
- Santiago-García, W., de los Santos-Posadas, H. M., Ángeles-Pérez, G., Valdez-Lazalde, J. R., & Ramírez-Valverde, G. (2013). Compatible growth and yield system for *Pinus patula* even-aged stands. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(2), 163-172.
- SAS Institute Inc. (2004). SAS/ETS® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Schnute, J. (1981). A versatile growth model with statistically stable parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(9), 1128-1140.
- Schreuder, H. T., & Swank, W. T. (1974). Coniferous stands characterized with the Weibull distribution. *Canadian Journal of Forest Research*, 4(4), 518-523.

- Schumacher, F. X. (1939). A new growth curve and its application to timber yield studies. *Journal of Forestry*, 37(10), 819-820.
- Seki, M. (2015). Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Karaçam Meşcereleri İçin Dinamik Bonitet Endeks Modellerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.
- Seki, M., & Sakıcı, O. E. (2017). Dominant height growth and dynamic site index models for Crimean pine in the Kastamonu-Taşköprü region of Turkey. *Canadian Journal of Forest Research*, 47(11), 1441-1449.
- Sharma, M., & Parton, J. (2007). Height-diameter equations for boreal tree species in Ontario using a mixed-effects modeling approach. *Forest Ecology and Management*, 249(3), 187-198.
- Siipilehto, J., & Siitonen, J. (2004). Degree of previous cutting in explaining the differences in diameter distributions between mature managed and natural Norway spruce forests. *Silva Fennica*, 38(4): 425-435.
- Soares, P., Tomé, M., Skovsgaard, J. P., & Vanclay, J. K. (1995). Evaluating a growth model for forest management using continuous forest inventory data. *Forest Ecology and Management*, 71(3), 251-265.
- Sönmez, T., Günlü, A., Karahalil, U., Ercanlı, İ., & Şahin, A. (2010). Saf Doğu ladini meşcerelerinde çap dağılımının modellenmesi. III. *Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 388-398, Artvin.
- Sönmez, T., Karahalil, U., Günlü, A., & Şahin, A. (2015). Aynı yaşlı ve saf Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link.) meşcerelerinde çap dağılımının bonitet ve yaş sınıfları için değerlendirilmesi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1), 26-36.
- Sprugel, D. G. (1983). Correcting for bias in log-transformed allometric equations. *Ecology*, 64(1), 209-210.
- Spurr, S.H. (1952). *Forest inventory*. New York: The Ronald Press Company.
- Sterba, H., Blab, A., & Katzensteiner, K. (2002). Adapting an individual tree growth model for Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) in pure and mixed species stands. *Forest Ecology and Management*, 159(1-2), 101-110.
- Sun, O., Eren, M. E., & Orpak, M. (1978). Temel ağaç türlerimizde tek ağaç ve birim alandaki odun çeşidi oranlarının saptanması. Ankara: TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Projesi, Proje No:288.
- Şenyurt, M. (2011). Batı Karadeniz Yöresi Sarıçam Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Şenyurt, M. & Ercanlı, İ. (2013). Dynamic base-age invariant site index models for Scotch pine (*Pinus silvestris* L.) in Kastamonu Forest Regional Directorate. *International Caucasian Forestry Symposium*, 179-183, Artvin.

- Şenyurt, M., & Ercanli, I. (2019). A comparison of artificial neural network models and regression models to predict tree volumes for Crimean black pine trees in Çankırı forests. *Şumarski list*, 143(9-10), 413-423.
- Şenyurt, M., Ercanlı, İ., & Bolat, F. (2017). Taper equations based on nonlinear mixed effect modeling approach for *Pinus nigra* in Çankırı forests. *Bosque*, 38(3), 545-554.
- Şenyurt, M., Ercanlı, İ., Günlü, A., Bolat, F., & Bulut, S. (2020). Artificial neural network models for predicting relationships between diameter at breast height and stump diameter: Crimean pine stands at ÇAKÜ Forest. *Bosque*, 41(1), 25-34.
- Tham, A. (1988). *Estimate and test frequency distributions with the Johnson SB function from stand parameters in young mixed stands after different thinning treatments*. USA: USDA Forest Service General Technical Report.
- Vanclay, J. K. (1994). *Modeling forest growth and yield. Applications to mixed tropical forests*. Wallingford: CAB International.
- Vanclay, J. K., & Skovsgaard, J. P. (1997). Evaluating forest growth models. *Ecological Modelling*, 98(1), 1-12.
- Van Laar, A., & Akça, A. (2007). *Forest mensuration*. Dordrecht: Springer.
- Von Bertalanffy, L. (1949). Problems of organic growth. *Nature*, 163(4135), 156-158.
- Von Bertalanffy, L. (1957). Quantitative laws in metabolism and growth. *The Quarterly Review of Biology*, 32(3), 217-231.
- Von Gadow, K. (1983). Fitting distributions in *Pinus patula* stands. *South African Forestry Journal*, 126(1), 20-29.
- Wang, M., & Tang, S. (2002). *Research on universal height-diameter curves. Reality, models and parameter estimation- the forestry scenario*. Portugal: Sesimbra.
- Wang, M., Borders, B., & Zhao, D. (2007). Parameter estimation of base-age invariant site index models: which data structure to use?. *Forest Science*, 53(5), 541-551.
- Weiskittel, A. R., Hann, D. W., Kershaw Jr, J. A., & Vanclay, J. K. (2011). *Forest growth and yield modeling*. Chishester: Wiley-Blackwell.
- West, P. W., Ratkowsky, D. A., & Davis, A. W. (1984). Problems of hypothesis testing of regressions with multiple measurements from individual sampling units. *Forest Ecology and Management*, 7(3), 207-224.
- Xu, W. (2004). Developing Ecoregion-Based Height-Diameter Models and Reference-Age Invariant Polymorphic Height and Site Index Curves for Black Spruce and Jack Pine in Manitoba. Master of Science Thesis, *Department of Botany (University of Manitoba)*. Winnipeg, Manitoba.

- Yaltrık, F. (1988). *Dendroloji ders kitabı I, Gymnospermae*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Yavuz, H. (1988). Hasılat Tablolarının Düzenlenmesinde Normalite Kontrolünün ve Bonitetlemenin Bilgisayar Yardımıyla Çözümü. Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Trabzon.
- Yavuz, H. (1995). Taşköprü Orman İşletmesinde Sarıçam ve Karaçam İçin Uyumlu Gövde Çapı, Gövde Hacmi ve Hacim Oran Denklem Sistemlerinin Geliştirilmesi. Basılmamış Doçentlik Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı*. Trabzon.
- Yavuz, H. (1997). Yarışma endeksleri ve büyüme modellerinde kullanılması. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Bahar Yarıyılı Seminerleri*, 47-54, Trabzon.
- Yavuz, H. (1999). Taşköprü yöresinde karaçam için hacim fonksiyonları ve hacim tabloları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 1181-1188.
- Yavuz, H., Gül, A. U., Mısır, N., Özçelik, R., & Sakıcı, O. E. (2002). Meşcerelerde çap dağılımının düzenlenmesi ve bu dağılımlara ilişkin parametreler ile çeşitli meşcere ögeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu*, 203-211, İstanbul.
- Yavuz, H., Mısır, N., Tüfekçioğlu, A., Mısır, M., Altun, L., Ercanlı, İ., Sakıcı, O.E., Kahriman, A., Karahalil, U., Yılmaz, M., Sarıyıldız, T., Küçük, M., Bayburtlu, Ş., Bilgili, F., Meydan, G., Kara, Ö., & Bolat, İ. (2010). *Karadeniz bölgesi saf ve karışık sarıçam (Pinus sylvestris L.) meşcereleri için mekanistik büyüme modellerinin geliştirilmesi, biyokütle ve karbon depolama miktarlarının belirlenmesi*. Ankara: TÜBİTAK Araştırma Projesi, Proje No: 106O274.
- Yeşil, A. (1992). Değişik Sıklık ve Bonitetlerdeki Kızıldağ Meşcerelerinin Yaşa Göre Gelişimi. Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Zhang, L., Peng, C., Huang, S., & Zhou, X. (2002). Development and evaluation of ecoregion-based jack pine height-diameter models for Ontario. *The Forestry Chronicle*, 78(4), 530-538.
- Zhang, L., Packard, K. C., & Liu, C. (2003). A comparison of estimation methods for fitting Weibull and Johnson's S_B distributions to mixed spruce-fir stands in northeastern north America. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(7), 1340-1347.
- Zimmerman, D. L. & Núñez-Antón V. (2001). Parametric modelling of growth curve data: An overview. *Test*, 10, 1-73.



EKLER

EK A. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcereleri İçin Dinamik Bonitet Endeks Tablosu

Tablo A.1 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcereleri İçin Dinamik Bonitet Endeks Tablosu (Ekorejyon 1)

Yaş	Bonitet Endeksleri													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	Üst Boylar (m)													
10	0,7	0,9	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,8
20	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,1
30	2,6	3,3	4,0	4,8	5,5	6,3	7,0	7,8	8,5	9,3	10,0	10,8	11,5	12,3
40	3,5	4,5	5,4	6,4	7,4	8,3	9,3	10,3	11,3	12,3	13,3	14,3	15,2	16,2
50	4,4	5,6	6,8	7,9	9,1	10,3	11,5	12,7	13,9	15,1	16,3	17,5	18,7	19,9
60	5,2	6,6	8,0	9,4	10,7	12,1	13,5	14,9	16,3	17,7	19,1	20,5	21,9	23,3
70	6,0	7,6	9,1	10,7	12,2	13,8	15,4	16,9	18,5	20,1	21,6	23,2	24,8	26,3
80	6,7	8,5	10,2	11,9	13,6	15,3	17,1	18,8	20,5	22,2	24,0	25,7	27,4	29,1
90	7,4	9,3	11,1	13,0	14,9	16,7	18,6	20,5	22,3	24,2	26,1	27,9	29,8	31,7
100	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0	34,0
110	8,5	10,7	12,8	14,9	17,0	19,2	21,3	23,4	25,5	27,6	29,7	31,9	34,0	36,1
120	9,0	11,3	13,5	15,7	18,0	20,2	22,4	24,6	26,9	29,1	31,3	33,5	35,8	38,0
130	9,5	11,8	14,2	16,5	18,8	21,1	23,5	25,8	28,1	30,4	32,7	35,1	37,4	39,7
140	9,9	12,3	14,8	17,2	19,6	22,0	24,4	26,8	29,2	31,6	34,0	36,4	38,8	41,2
150	10,3	12,8	15,3	17,8	20,3	22,8	25,2	27,7	30,2	32,7	35,2	37,7	40,1	42,6
160	10,6	13,2	15,8	18,3	20,9	23,5	26,0	28,6	31,1	33,7	36,2	38,8	41,3	43,9
170	10,9	13,6	16,2	18,8	21,5	24,1	26,7	29,3	31,9	34,5	37,2	39,8	42,4	45,0
180	11,2	13,9	16,6	19,3	22,0	24,6	27,3	30,0	32,7	35,3	38,0	40,7	43,3	46,0
190	11,4	14,2	16,9	19,7	22,4	25,1	27,9	30,6	33,3	36,0	38,8	41,5	44,2	46,9
200	11,7	14,5	17,3	20,0	22,8	25,6	28,4	31,1	33,9	36,7	39,4	42,2	45,0	47,7

Tablo A.2 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcereleri İçin Dinamik Bonitet Endeks Tablosu (Ekorejyon 3)

Yaş	Bonitet Endeksleri													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Üst Boylar (m)														
10	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
20	1,4	1,9	2,3	2,7	3,2	3,6	4,0	4,5	4,9	5,4	5,8	6,3	6,7	7,2
30	2,4	3,0	3,7	4,4	5,1	5,7	6,4	7,1	7,8	8,5	9,2	9,9	10,6	11,3
40	3,3	4,2	5,1	6,0	6,9	7,8	8,7	9,7	10,6	11,5	12,4	13,4	14,3	15,2
50	4,2	5,3	6,4	7,6	8,7	9,8	11,0	12,1	13,2	14,4	15,5	16,7	17,8	19,0
60	5,1	6,4	7,7	9,1	10,4	11,7	13,1	14,4	15,7	17,1	18,4	19,8	21,1	22,5
70	5,9	7,4	8,9	10,4	12,0	13,5	15,0	16,5	18,1	19,6	21,1	22,7	24,2	25,7
80	6,6	8,3	10,0	11,7	13,4	15,1	16,8	18,5	20,2	21,9	23,6	25,3	27,0	28,7
90	7,3	9,2	11,1	12,9	14,8	16,6	18,5	20,3	22,2	24,0	25,9	27,8	29,6	31,5
100	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0	34,0
110	8,6	10,7	12,9	15,0	17,1	19,3	21,4	23,5	25,7	27,8	29,9	32,0	34,2	36,3
120	9,1	11,4	13,7	15,9	18,2	20,4	22,7	24,9	27,2	29,4	31,6	33,9	36,1	38,4
130	9,6	12,0	14,4	16,7	19,1	21,5	23,8	26,2	28,5	30,9	33,2	35,6	37,9	40,3
140	10,1	12,6	15,0	17,5	19,9	22,4	24,9	27,3	29,8	32,2	34,7	37,1	39,6	42,0
150	10,5	13,1	15,6	18,2	20,7	23,3	25,8	28,3	30,9	33,4	36,0	38,5	41,0	43,6
160	10,9	13,5	16,2	18,8	21,4	24,0	26,7	29,3	31,9	34,5	37,1	39,7	42,4	45,0
170	11,2	13,9	16,6	19,3	22,0	24,7	27,4	30,1	32,8	35,5	38,2	40,9	43,6	46,2
180	11,5	14,3	17,1	19,9	22,6	25,4	28,1	30,9	33,7	36,4	39,2	41,9	44,6	47,4
190	11,8	14,7	17,5	20,3	23,1	26,0	28,8	31,6	34,4	37,2	40,0	42,8	45,6	48,4
200	12,1	15,0	17,8	20,7	23,6	26,5	29,3	32,2	35,1	37,9	40,8	43,7	46,5	49,4

Tablo A.3 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcereleri İçin Dinamik Bonitet Endeks Tablosu (Ekorejyon 4)

Yaş	Bonitet Endeksleri													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Üst Boylar (m)														
10	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9
20	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,5
30	2,2	2,8	3,4	4,0	4,6	5,3	5,9	6,5	7,1	7,8	8,4	9,0	9,7	10,3
40	3,1	3,9	4,7	5,6	6,4	7,3	8,1	9,0	9,8	10,7	11,5	12,4	13,2	14,1
50	4,0	5,0	6,1	7,1	8,2	9,2	10,3	11,4	12,4	13,5	14,6	15,6	16,7	17,8
60	4,8	6,1	7,3	8,6	9,9	11,1	12,4	13,7	15,0	16,2	17,5	18,8	20,1	21,3
70	5,7	7,1	8,6	10,0	11,5	13,0	14,4	15,9	17,4	18,9	20,3	21,8	23,3	24,8
80	6,5	8,1	9,8	11,4	13,1	14,7	16,4	18,1	19,7	21,4	23,0	24,7	26,3	28,0
90	7,3	9,1	10,9	12,7	14,6	16,4	18,2	20,1	21,9	23,7	25,6	27,4	29,3	31,1
100	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0	32,0	34,0
110	8,7	10,9	13,0	15,2	17,3	19,5	21,7	23,8	26,0	28,1	30,3	32,4	34,6	36,7
120	9,4	11,7	14,0	16,3	18,6	20,9	23,2	25,5	27,8	30,1	32,4	34,7	37,0	39,3
130	10,0	12,5	14,9	17,3	19,8	22,2	24,7	27,1	29,6	32,0	34,4	36,9	39,3	41,7
140	10,6	13,2	15,8	18,3	20,9	23,5	26,1	28,6	31,2	33,8	36,3	38,9	41,4	44,0
150	11,1	13,9	16,6	19,3	22,0	24,7	27,3	30,0	32,7	35,4	38,1	40,8	43,5	46,1
160	11,7	14,5	17,3	20,1	22,9	25,7	28,6	31,4	34,1	36,9	39,7	42,5	45,3	48,1
170	12,2	15,1	18,0	20,9	23,9	26,8	29,7	32,6	35,5	38,4	41,3	44,2	47,1	50,0
180	12,6	15,7	18,7	21,7	24,7	27,7	30,7	33,7	36,7	39,7	42,7	45,7	48,7	51,7
190	13,0	16,2	19,3	22,4	25,5	28,6	31,7	34,8	37,9	41,0	44,1	47,2	50,2	53,3
200	13,5	16,7	19,9	23,1	26,3	29,5	32,6	35,8	39,0	42,2	45,3	48,5	51,7	54,8

EK B. Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerine İlişkin Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu

Tablo B.1 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerine İlişkin Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu (Ekorejyon 1)

Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım			
	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı	Yıllık Cari Artım		Gövde Hacmi	Ara Hasılat Yüzdesi	Kalan Meşcere	Genel Meşcere		
	m	cm	adet	m ²	m ³	adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³		
Sıklık Derecesi=4	40	15,2	28,4	344	22,1	152,6					152,6		3,81	3,81		
	50	19,2	34,5	265	24,0	211,8	80	10,6	10,6	7,0	3,7	222,4	4,8	4,24	4,45	
	60	22,5	39,5	223	25,4	263,5	41	8,5	19,2	6,0	2,5	282,7	6,8	4,39	4,71	
	70	25,1	43,7	199	26,4	308,0	25	7,1	26,2	5,2	1,8	334,3	7,8	4,40	4,78	
	80	27,3	47,2	182	27,2	346,3	16	6,0	32,2	4,4	1,3	378,5	8,5	4,33	4,73	
	90	29,1	50,2	170	27,9	379,3	12	5,1	37,4	3,8	1,0	416,7	9,0	4,21	4,63	
	100	30,7	52,7	162	28,4	408,0	9	4,5	41,8	3,3	0,8	449,8	9,3	4,08	4,50	
	110	32,0	54,9	155	28,9	433,0	7	3,9	45,7	2,9	0,7	478,8	9,6	3,94	4,35	
	120	33,2	56,8	150	29,2	455,1	5	3,5	49,2	2,6	0,6	504,3	9,8	3,79	4,20	
	130	34,2	58,5	145	29,6	474,6	4	3,1	52,3	2,3	0,5	526,9	9,9	3,65	4,05	
	140	35,1	60,0	142	29,9	492,1	4	2,8	55,0	2,0	0,4	547,1	10,1	3,51	3,91	
	150	35,9	61,4	139	30,1	507,7	3	2,5	57,5	1,8	0,4	565,2	10,2	3,38	3,77	
	Sıklık Derecesi=8	40	14,2	25,0	852	39,5	266,8						266,8		6,67	6,67
		50	18,2	30,1	628	43,5	371,6	224	21,4	21,4	12,6	3,8	393,0	5,4	7,43	7,86
		60	21,5	34,3	517	46,4	463,4	112	16,5	37,9	10,8	2,5	501,3	7,6	7,72	8,36
70		24,2	37,8	451	48,7	542,6	66	13,4	51,3	9,3	1,8	593,9	8,6	7,75	8,48	
80		26,4	40,7	408	50,5	610,7	43	11,1	62,4	7,9	1,4	673,1	9,3	7,63	8,41	
90		28,3	43,1	378	51,9	669,6	30	9,4	71,9	6,8	1,1	741,5	9,7	7,44	8,24	
100		29,9	45,2	356	53,1	720,7	22	8,1	80,0	5,9	0,8	800,7	10,0	7,21	8,01	
110		31,3	47,1	339	54,1	765,5	17	7,1	87,1	5,2	0,7	852,5	10,2	6,96	7,75	
120		32,5	48,6	325	55,0	804,9	13	6,2	93,3	4,6	0,6	898,2	10,4	6,71	7,48	
130		33,5	50,0	314	55,7	839,8	11	5,5	98,8	4,0	0,5	938,6	10,5	6,46	7,22	
140		34,5	51,3	305	56,3	870,9	9	4,9	103,7	3,6	0,4	974,6	10,6	6,22	6,96	
150		35,3	52,4	298	56,9	898,8	8	4,4	108,1	3,2	0,4	1006,9	10,7	5,99	6,71	
Sıklık Derecesi=12		40	13,7	23,2	1544	58,2	370,0						370,0		9,25	9,25
		50	17,7	27,9	1108	64,7	516,3	436	34,4	34,4	18,1	3,9	550,7	6,2	10,33	11,01
		60	21,0	31,7	896	69,6	644,8	212	26,0	60,4	15,4	2,6	705,1	8,6	10,75	11,75
	70	23,7	34,8	772	73,3	755,6	123	20,7	81,1	13,2	1,9	836,7	9,7	10,79	11,95	
	80	26,0	37,4	693	76,3	851,1	80	17,1	98,1	11,3	1,4	949,3	10,3	10,64	11,87	
	90	27,9	39,6	637	78,7	933,7	55	14,3	112,5	9,7	1,1	1046,1	10,8	10,37	11,62	
	100	29,5	41,5	596	80,7	1005,4	41	12,3	124,7	8,4	0,9	1130,2	11,0	10,05	11,30	
	110	30,9	43,1	565	82,4	1068,2	31	10,6	135,4	7,3	0,7	1203,6	11,2	9,71	10,94	
	120	32,1	44,5	541	83,9	1123,5	24	9,3	144,7	6,5	0,6	1268,2	11,4	9,36	10,57	
	130	33,2	45,8	521	85,1	1172,5	20	8,2	152,9	5,7	0,5	1325,4	11,5	9,02	10,20	
	140	34,1	46,9	505	86,2	1216,3	16	7,3	160,2	5,1	0,4	1376,4	11,6	8,69	9,83	
	150	34,9	47,8	491	87,1	1255,5	14	6,5	166,7	4,6	0,4	1422,2	11,7	8,37	9,48	

Tablo B.1'in devamı

Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım		
	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı	m ³	%	Gövde Hacmi	Ara Hasılat Yüzdesi	Kalan Meşcere	Genel Meşcere	
	m	cm	adet	m ²	m ³	adet	m ³	m ³			m ³	%	m ³	%	m ³
Sıklık Derecesi=4	40	9,9	24,4	435	20,7	114,1						114,1		2,85	2,85
	50	13,0	29,4	331	22,4	153,7	105	6,7	6,7	4,6	3,4	160,4	4,2	3,07	3,21
	60	15,6	33,5	277	23,7	187,4	53	5,4	12,1	3,9	2,3	199,5	6,1	3,12	3,33
	70	17,8	36,9	246	24,6	216,0	32	4,5	16,6	3,3	1,6	232,6	7,1	3,09	3,32
	80	19,7	39,7	224	25,4	240,3	21	3,8	20,5	2,8	1,2	260,7	7,9	3,00	3,26
	90	21,2	42,0	209	25,9	261,0	15	3,3	23,8	2,4	1,0	284,8	8,4	2,90	3,16
	100	22,6	44,1	198	26,4	278,9	11	2,9	26,7	2,1	0,8	305,5	8,7	2,79	3,06
	110	23,7	45,8	190	26,9	294,4	9	2,5	29,2	1,8	0,6	323,6	9,0	2,68	2,94
	120	24,8	47,4	183	27,2	308,0	7	2,3	31,5	1,6	0,5	339,5	9,3	2,57	2,83
	130	25,6	48,7	177	27,5	320,0	6	2,0	33,5	1,4	0,4	353,5	9,5	2,46	2,72
140	26,4	49,9	173	27,8	330,6	5	1,8	35,3	1,2	0,4	365,9	9,6	2,36	2,61	
150	27,1	51,0	169	28,0	340,1	4	1,6	36,9	1,1	0,3	377,1	9,8	2,27	2,51	
Sıklık Derecesi=8	40	9,3	21,6	1118	36,5	199,5						199,5		4,99	4,99
	50	12,4	25,8	814	40,1	269,7	304	14,1	14,1	8,4	3,5	283,7	5,0	5,39	5,67
	60	15,0	29,3	664	42,7	329,6	150	11,0	25,1	7,1	2,3	354,7	7,1	5,49	5,91
	70	17,2	32,1	576	44,8	380,5	88	9,0	34,0	6,0	1,7	414,5	8,2	5,44	5,92
	80	19,0	34,4	519	46,4	423,7	57	7,5	41,5	5,1	1,2	465,2	8,9	5,30	5,82
	90	20,6	36,4	480	47,7	460,7	40	6,4	47,9	4,3	1,0	508,6	9,4	5,12	5,65
	100	22,0	38,1	450	48,8	492,6	29	5,5	53,4	3,7	0,8	546,0	9,8	4,93	5,46
	110	23,2	39,5	428	49,7	520,4	22	4,8	58,2	3,3	0,6	578,6	10,1	4,73	5,26
	120	24,2	40,8	410	50,4	544,7	18	4,2	62,4	2,9	0,5	607,1	10,3	4,54	5,06
	130	25,1	41,9	396	51,1	566,1	14	3,8	66,2	2,5	0,5	632,3	10,5	4,35	4,86
140	26,0	42,9	384	51,7	585,2	12	3,4	69,5	2,2	0,4	654,7	10,6	4,18	4,68	
150	26,7	43,8	374	52,2	602,2	10	3,0	72,5	2,0	0,3	674,8	10,7	4,01	4,50	
Sıklık Derecesi=12	40	8,9	20,2	2074	53,3	276,7						276,7		6,92	6,92
	50	12,0	24,0	1468	59,2	374,7	606	23,3	23,3	12,1	3,6	398,0	5,9	7,49	7,96
	60	14,6	27,1	1177	63,5	458,6	292	17,8	41,1	10,2	2,4	499,7	8,2	7,64	8,33
	70	16,8	29,6	1009	66,9	529,9	168	14,3	55,4	8,6	1,7	585,3	9,5	7,57	8,36
	80	18,7	31,8	900	69,5	590,5	108	11,8	67,2	7,2	1,3	657,7	10,2	7,38	8,22
	90	20,3	33,5	826	71,7	642,4	75	10,0	77,1	6,2	1,0	719,5	10,7	7,14	7,99
	100	21,7	35,1	771	73,5	687,2	55	8,5	85,7	5,3	0,8	772,9	11,1	6,87	7,73
	110	22,9	36,4	729	75,0	726,2	42	7,4	93,1	4,6	0,7	819,2	11,4	6,60	7,45
	120	23,9	37,5	696	76,3	760,3	33	6,5	99,6	4,1	0,5	859,9	11,6	6,34	7,17
	130	24,9	38,5	670	77,4	790,5	26	5,7	105,3	3,6	0,5	895,8	11,8	6,08	6,89
140	25,7	39,4	648	78,3	817,2	22	5,1	110,4	3,2	0,4	927,7	11,9	5,84	6,63	
150	26,4	40,2	630	79,2	841,2	18	4,6	115,0	2,9	0,3	956,2	12,0	5,61	6,37	

Tablo B.1'in devamı

Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım		
	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat Yüzdesi	Kalan Meşcere	Genel Meşcere	
	m	cm	adet	m ²	m ³	adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	
Sıklık Derecesi=4	40	5,2	19,8	628	18,8	74,0						74,0		1,85	1,85
	50	7,3	23,5	470	20,3	95,3	159	3,4	3,4	2,5	2,9	98,8	3,5	1,91	1,98
	60	9,1	26,5	390	21,4	112,9	80	2,8	6,3	2,0	1,9	119,2	5,3	1,88	1,99
	70	10,7	29,0	342	22,2	127,3	47	2,4	8,7	1,7	1,4	136,0	6,4	1,82	1,94
	80	12,1	31,1	311	22,9	139,4	31	2,1	10,8	1,4	1,1	150,2	7,2	1,74	1,88
	90	13,3	32,8	289	23,4	149,6	22	1,8	12,6	1,2	0,8	162,1	7,7	1,66	1,80
	100	14,3	34,3	273	23,8	158,2	16	1,6	14,1	1,0	0,7	172,4	8,2	1,58	1,72
	110	15,2	35,6	260	24,2	165,7	13	1,4	15,5	0,9	0,5	181,2	8,6	1,51	1,65
	120	16,0	36,7	250	24,5	172,2	10	1,2	16,8	0,8	0,5	188,9	8,9	1,43	1,57
	130	16,7	37,6	242	24,8	177,9	8	1,1	17,9	0,7	0,4	195,7	9,1	1,37	1,51
140	17,3	38,5	236	25,0	182,9	7	1,0	18,9	0,6	0,3	201,8	9,4	1,31	1,44	
150	17,9	39,3	230	25,2	187,4	6	0,9	19,8	0,5	0,3	207,1	9,5	1,25	1,38	
Sıklık Derecesi=8	40	4,9	17,6	1707	32,6	129,4						129,4		3,23	3,23
	50	6,9	20,8	1220	35,7	167,3	488	7,8	7,8	4,6	3,0	175,0	4,4	3,35	3,50
	60	8,7	23,4	983	38,0	198,5	237	6,2	14,0	3,7	2,0	212,5	6,6	3,31	3,54
	70	10,3	25,5	846	39,7	224,3	137	5,1	19,1	3,1	1,4	243,4	7,8	3,20	3,48
	80	11,7	27,2	757	41,1	245,9	88	4,3	23,4	2,6	1,1	269,2	8,7	3,07	3,37
	90	12,9	28,7	696	42,2	264,0	61	3,7	27,1	2,2	0,9	291,1	9,3	2,93	3,23
	100	13,9	29,9	651	43,1	279,5	45	3,2	30,3	1,9	0,7	309,8	9,8	2,80	3,10
	110	14,8	31,0	617	43,9	292,9	34	2,8	33,1	1,6	0,6	326,0	10,1	2,66	2,96
	120	15,6	31,9	589	44,5	304,5	27	2,5	35,6	1,4	0,5	340,1	10,5	2,54	2,83
	130	16,4	32,7	568	45,1	314,7	22	2,2	37,8	1,2	0,4	352,5	10,7	2,42	2,71
140	17,0	33,4	550	45,6	323,7	18	2,0	39,8	1,1	0,3	363,5	10,9	2,31	2,60	
150	17,6	34,1	535	46,0	331,7	15	1,8	41,5	1,0	0,3	373,3	11,1	2,21	2,49	
Sıklık Derecesi=12	40	4,7	16,5	3289	47,0	179,4						179,4		4,49	4,49
	50	6,7	19,4	2280	52,0	232,4	1009	13,5	13,5	6,6	3,1	245,9	5,5	4,65	4,92
	60	8,5	21,8	1803	55,7	276,2	477	10,5	23,9	5,4	2,1	300,1	8,0	4,60	5,00
	70	10,1	23,7	1531	58,5	312,4	272	8,5	32,4	4,5	1,5	344,8	9,4	4,46	4,93
	80	11,5	25,2	1358	60,8	342,6	173	7,1	39,5	3,7	1,1	382,1	10,3	4,28	4,78
	90	12,7	26,6	1238	62,6	368,1	119	6,0	45,5	3,2	0,9	413,7	11,0	4,09	4,60
	100	13,7	27,7	1151	64,1	389,9	87	5,2	50,7	2,7	0,7	440,7	11,5	3,90	4,41
	110	14,6	28,7	1085	65,4	408,7	66	4,5	55,2	2,3	0,6	464,0	11,9	3,72	4,22
	120	15,5	29,5	1034	66,5	425,1	52	4,0	59,2	2,0	0,5	484,3	12,2	3,54	4,04
	130	16,2	30,2	992	67,4	439,4	42	3,5	62,8	1,8	0,4	502,2	12,5	3,38	3,86
140	16,8	30,9	958	68,2	452,1	34	3,2	65,9	1,6	0,4	518,0	12,7	3,23	3,70	
150	17,4	31,4	929	68,9	463,3	28	2,8	68,7	1,4	0,3	532,1	12,9	3,09	3,55	

Tablo B.2 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerine İlişkin Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu (Ekorejyon 3)

Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım		
	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat Yüzdesi	Kalan Meşcere	Genel Meşcere	
	m	cm	adet	m ²	m ³	adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	
Sıklık Derecesi=4	40	13,5	23,2	429	20,6	135,1						135,1		3,38	3,38
	50	17,8	30,1	307	22,9	198,6	122	11,3	11,3	7,5	4,3	209,9	5,4	3,97	4,20
	60	21,3	36,2	248	24,7	256,6	59	9,7	21,0	6,8	2,9	277,6	7,6	4,28	4,63
	70	24,3	41,6	214	26,0	308,2	34	8,5	29,5	6,0	2,1	337,7	8,7	4,40	4,82
	80	26,8	46,3	192	27,1	353,6	22	7,5	37,0	5,3	1,6	390,6	9,5	4,42	4,88
	90	28,9	50,5	177	28,0	393,5	15	6,7	43,7	4,7	1,2	437,2	10,0	4,37	4,86
	100	30,7	54,2	166	28,7	428,6	11	6,0	49,7	4,1	1,0	478,3	10,4	4,29	4,78
	110	32,3	57,4	157	29,3	459,7	8	5,5	55,2	3,7	0,8	514,9	10,7	4,18	4,68
	120	33,7	60,3	151	29,9	487,3	7	4,9	60,1	3,3	0,7	547,4	11,0	4,06	4,56
	130	34,9	62,9	145	30,3	511,9	5	4,5	64,6	2,9	0,6	576,5	11,2	3,94	4,43
140	35,9	65,3	141	30,7	534,0	4	4,1	68,7	2,6	0,5	602,8	11,4	3,81	4,31	
150	36,9	67,4	137	31,1	554,0	4	3,8	72,5	2,4	0,4	626,5	11,6	3,69	4,18	
Sıklık Derecesi=8	40	12,8	19,5	1183	34,8	203,5						203,5		5,09	5,09
	50	17,2	25,0	800	39,5	318,0	383	23,3	23,3	13,8	5,1	341,3	6,8	6,36	6,83
	60	20,8	29,8	624	43,0	428,1	176	18,8	42,1	12,9	3,4	470,2	9,0	7,14	7,84
	70	23,9	34,0	525	45,8	529,4	99	15,9	58,1	11,7	2,4	587,5	9,9	7,56	8,39
	80	26,6	37,6	463	48,0	620,9	62	13,8	71,8	10,5	1,8	692,7	10,4	7,76	8,66
	90	28,8	40,8	420	49,9	702,8	42	12,1	83,9	9,4	1,4	786,7	10,7	7,81	8,74
	100	30,7	43,6	390	51,4	776,1	31	10,7	94,6	8,4	1,1	870,6	10,9	7,76	8,71
	110	32,4	46,0	366	52,7	841,6	23	9,5	104,1	7,5	0,9	945,7	11,0	7,65	8,60
	120	33,9	48,2	348	53,8	900,5	18	8,6	112,7	6,7	0,8	1013,2	11,1	7,50	8,44
	130	35,2	50,2	334	54,8	953,5	15	7,7	120,4	6,1	0,7	1073,9	11,2	7,33	8,26
140	36,3	52,0	322	55,6	1001,4	12	7,0	127,4	5,5	0,6	1128,8	11,3	7,15	8,06	
150	37,3	53,5	312	56,3	1044,9	10	6,4	133,8	5,0	0,5	1178,6	11,4	6,97	7,86	
Sıklık Derecesi=12	40	12,4	17,7	2314	49,3	258,6						258,6		6,47	6,47
	50	16,8	22,5	1507	56,6	418,8	807	38,6	38,6	19,9	5,6	457,4	8,4	8,38	9,15
	60	20,6	26,7	1147	62,2	577,5	360	30,2	68,8	18,9	3,7	646,3	10,6	9,63	10,77
	70	23,7	30,3	950	66,6	726,5	197	24,9	93,7	17,4	2,6	820,3	11,4	10,38	11,72
	80	26,4	33,4	828	70,2	863,0	122	21,2	115,0	15,8	2,0	978,0	11,8	10,79	12,22
	90	28,8	36,2	745	73,1	986,7	83	18,4	133,3	14,2	1,5	1120,0	11,9	10,96	12,44
	100	30,7	38,6	685	75,6	1098,2	59	16,1	149,4	12,8	1,2	1247,7	12,0	10,98	12,48
	110	32,5	40,7	641	77,7	1198,8	45	14,2	163,7	11,5	1,0	1362,5	12,0	10,90	12,39
	120	34,0	42,6	606	79,5	1289,7	35	12,7	176,4	10,4	0,8	1466,1	12,0	10,75	12,22
	130	35,3	44,2	579	81,1	1371,9	28	11,4	187,8	9,4	0,7	1559,7	12,0	10,55	12,00
140	36,5	45,7	556	82,4	1446,5	22	10,3	198,1	8,5	0,6	1644,6	12,0	10,33	11,75	
150	37,6	47,1	537	83,7	1514,5	19	9,3	207,4	7,7	0,5	1721,9	12,0	10,10	11,48	

I. BONİTET

Tablo B.2'nin devamı

Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım			
	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat Yüzdesi	Kalan Meşcere	Genel Meşcere		
	m	cm	adet	m ²	m ³	adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³		
Sıklık Derecesi=4	40	9,1	19,7	555	19,2	94,2						94,2		2,36	2,36	
	50	12,3	25,2	391	21,3	135,1	164	7,2	7,2	4,8	4,1	142,3	5,0	2,70	2,85	
	60	15,0	30,1	313	22,9	171,8	78	6,1	13,2	4,3	2,7	185,1	7,2	2,86	3,08	
	70	17,3	34,3	269	24,1	204,0	45	5,3	18,5	3,7	2,0	222,5	8,3	2,91	3,18	
	80	19,3	38,0	240	25,1	232,0	29	4,7	23,2	3,3	1,5	255,2	9,1	2,90	3,19	
	90	20,9	41,2	220	25,9	256,4	20	4,1	27,3	2,9	1,2	283,8	9,6	2,85	3,15	
	100	22,3	44,1	206	26,5	277,8	14	3,7	31,0	2,5	0,9	308,8	10,0	2,78	3,09	
	110	23,6	46,6	195	27,1	296,6	11	3,3	34,4	2,2	0,8	331,0	10,4	2,70	3,01	
	120	24,7	48,8	186	27,5	313,3	9	3,0	37,4	2,0	0,6	350,7	10,7	2,61	2,92	
	130	25,6	50,8	179	28,0	328,1	7	2,7	40,1	1,8	0,5	368,2	10,9	2,52	2,83	
	140	26,5	52,6	174	28,3	341,4	6	2,5	42,6	1,6	0,5	384,0	11,1	2,44	2,74	
	150	27,3	54,2	169	28,6	353,3	5	2,3	44,9	1,4	0,4	398,2	11,3	2,36	2,65	
	Sıklık Derecesi=8	40	8,7	16,7	1597	32,0	141,9						141,9		3,55	3,55
		50	11,9	21,1	1062	36,2	216,4	535	15,7	15,7	9,0	4,8	232,1	6,8	4,33	4,64
		60	14,7	25,0	819	39,3	286,7	243	12,5	28,2	8,3	3,2	314,9	9,0	4,78	5,25
70		17,0	28,3	685	41,8	350,4	135	10,5	38,7	7,4	2,3	389,1	10,0	5,01	5,56	
80		19,1	31,2	600	43,8	407,4	84	9,0	47,8	6,6	1,7	455,1	10,5	5,09	5,69	
90		20,8	33,7	543	45,4	458,0	57	7,9	55,6	5,9	1,3	513,7	10,8	5,09	5,71	
100		22,4	35,8	502	46,8	503,0	41	7,0	62,6	5,2	1,1	565,6	11,1	5,03	5,66	
110		23,7	37,8	470	48,0	543,1	31	6,2	68,8	4,6	0,9	611,9	11,2	4,94	5,56	
120		24,8	39,5	446	49,0	578,9	24	5,5	74,3	4,1	0,7	653,3	11,4	4,82	5,44	
130		25,9	41,0	427	49,8	611,1	19	5,0	79,3	3,7	0,6	690,4	11,5	4,70	5,31	
140		26,8	42,3	411	50,6	640,1	16	4,5	83,8	3,3	0,5	723,9	11,6	4,57	5,17	
150		27,6	43,6	398	51,2	666,3	13	4,1	87,9	3,0	0,5	754,2	11,7	4,44	5,03	
Sıklık Derecesi=12		40	8,4	15,3	3214	45,0	180,4						180,4		4,51	4,51
		50	11,6	19,2	2055	51,4	285,0	1159	27,0	27,0	13,2	5,3	312,0	8,6	5,70	6,24
		60	14,5	22,5	1546	56,4	386,7	508	20,8	47,8	12,3	3,5	434,5	11,0	6,45	7,24
	70	16,9	25,4	1271	60,3	480,9	276	17,1	64,9	11,1	2,5	545,8	11,9	6,87	7,80	
	80	19,0	27,9	1100	63,5	566,3	170	14,4	79,3	10,0	1,9	645,6	12,3	7,08	8,07	
	90	20,8	30,0	986	66,1	643,0	115	12,4	91,8	8,9	1,5	734,8	12,5	7,14	8,16	
	100	22,4	31,9	904	68,3	711,9	82	10,9	102,6	8,0	1,2	814,5	12,6	7,12	8,14	
	110	23,7	33,6	843	70,1	773,6	61	9,6	112,2	7,1	1,0	885,8	12,7	7,03	8,05	
	120	24,9	35,0	795	71,7	829,2	47	8,5	120,7	6,4	0,8	949,9	12,7	6,91	7,92	
	130	26,0	36,4	758	73,1	879,3	38	7,6	128,3	5,8	0,7	1007,6	12,7	6,76	7,75	
	140	27,0	37,5	727	74,3	924,6	31	6,9	135,2	5,2	0,6	1059,8	12,8	6,60	7,57	
	150	27,8	38,6	701	75,3	965,8	25	6,2	141,4	4,7	0,5	1107,2	12,8	6,44	7,38	

Tablo B.2'nin devamı

	Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım				
		Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı	m^3	%	Gövde Hacmi	Ara Hasılat Yüzdesi	Kalan Meşcere	Genel Meşcere			
		<i>m</i>	<i>cm</i>	<i>adet</i>	m^2	m^3	<i>adet</i>	m^3	m^3			m^3	%	m^3	m^3			
III. BONİTET	Sıklık Derecesi=4	40	5,1	15,7	830	17,3	55,1						55,1		1,38	1,38		
		50	7,1	19,7	572	19,1	76,2	258	3,8	3,8	2,5	3,7	80,0	4,7	1,52	1,60		
		60	8,9	23,2	452	20,5	94,6	120	3,2	6,9	2,2	2,5	101,5	6,8	1,58	1,69		
		70	10,4	26,2	384	21,6	110,3	68	2,7	9,7	1,9	1,8	120,0	8,1	1,58	1,71		
		80	11,8	28,8	340	22,4	123,9	43	2,4	12,1	1,6	1,3	135,9	8,9	1,55	1,70		
		90	12,9	31,1	311	23,1	135,5	30	2,1	14,2	1,4	1,1	149,7	9,5	1,51	1,66		
		100	13,9	33,0	289	23,6	145,7	22	1,9	16,1	1,2	0,8	161,7	9,9	1,46	1,62		
		110	14,8	34,8	273	24,1	154,5	16	1,7	17,8	1,1	0,7	172,3	10,3	1,40	1,57		
		120	15,6	36,3	260	24,5	162,3	13	1,5	19,3	0,9	0,6	181,6	10,6	1,35	1,51		
		130	16,2	37,6	250	24,9	169,2	10	1,4	20,7	0,8	0,5	189,8	10,9	1,30	1,46		
		140	16,9	38,9	241	25,2	175,3	8	1,3	21,9	0,7	0,4	197,2	11,1	1,25	1,41		
		150	17,4	40,0	234	25,5	180,8	7	1,1	23,1	0,7	0,4	203,8	11,3	1,21	1,36		
		III. BONİTET	Sıklık Derecesi=8	40	4,8	13,5	2557	28,4	83,0						83,0		2,07	2,07
				50	6,9	16,8	1656	31,9	122,0	901	9,0	9,0	4,8	4,5	131,0	6,9	2,44	2,62
				60	8,7	19,6	1256	34,6	157,8	400	7,1	16,2	4,3	3,0	173,9	9,3	2,63	2,90
70	10,3			21,9	1038	36,7	189,5	218	5,9	22,1	3,8	2,1	211,6	10,4	2,71	3,02		
80	11,7			24,0	903	38,4	217,5	135	5,1	27,2	3,3	1,6	244,7	11,1	2,72	3,06		
90	12,9			25,7	811	39,8	242,1	91	4,4	31,5	2,9	1,2	273,6	11,5	2,69	3,04		
100	13,9			27,3	746	40,9	263,7	66	3,9	35,4	2,5	1,0	299,1	11,8	2,64	2,99		
110	14,8			28,6	697	41,9	282,9	49	3,4	38,8	2,3	0,8	321,7	12,1	2,57	2,92		
120	15,7			29,8	658	42,7	299,9	38	3,0	41,9	2,0	0,7	341,7	12,2	2,50	2,85		
130	16,4			30,9	628	43,4	315,1	30	2,7	44,6	1,8	0,6	359,7	12,4	2,42	2,77		
140	17,0			31,8	603	44,1	328,7	25	2,5	47,1	1,6	0,5	375,8	12,5	2,35	2,68		
150	17,6			32,7	583	44,6	341,0	21	2,2	49,3	1,5	0,4	390,3	12,6	2,27	2,60		
III. BONİTET	Sıklık Derecesi=12			40	4,7	12,4	5381	39,4	105,5						105,5		2,64	2,64
				50	6,7	15,3	3343	44,8	160,7	2038	16,4	16,4	7,2	5,1	177,1	9,3	3,21	3,54
				60	8,6	17,8	2471	49,0	212,8	873	12,5	29,0	6,5	3,3	241,8	12,0	3,55	4,03
		70	10,2	19,9	2005	52,2	260,1	466	10,2	39,1	5,7	2,4	299,2	13,1	3,72	4,27		
		80	11,6	21,6	1720	54,9	302,3	285	8,5	47,7	5,1	1,8	350,0	13,6	3,78	4,38		
		90	12,8	23,2	1530	57,1	339,9	190	7,3	55,0	4,5	1,4	394,9	13,9	3,78	4,39		
		100	13,9	24,5	1395	58,9	373,2	135	6,4	61,3	4,0	1,1	434,6	14,1	3,73	4,35		
		110	14,9	25,7	1295	60,4	402,9	100	5,6	66,9	3,5	0,9	469,9	14,2	3,66	4,27		
		120	15,7	26,7	1218	61,7	429,5	77	4,9	71,9	3,2	0,8	501,4	14,3	3,58	4,18		
		130	16,5	27,7	1156	62,9	453,3	61	4,4	76,3	2,8	0,6	529,6	14,4	3,49	4,07		
		140	17,1	28,5	1107	63,9	474,8	50	4,0	80,2	2,5	0,5	555,1	14,5	3,39	3,96		
		150	17,8	29,2	1065	64,8	494,2	41	3,6	83,8	2,3	0,5	578,1	14,5	3,29	3,85		

Tablo B.3 Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcerelerine İlişkin Sıklığa Bağlı Hasılat Tablosu (Ekorejyon 4)

Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım		
	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeği	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat Yüzdesi	Kalan Meşcere	Genel Meşcere	
	m	cm	adet	m ²	m ³	adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	
Sıklık Derecesi=4	40	12,7	21,2	512	19,3	124,2						124,2		3,11	3,11
	50	17,0	28,8	343	22,1	191,0	170	13,7	13,7	8,1	4,9	204,7	6,7	3,82	4,09
	60	20,6	36,0	266	24,2	254,5	77	12,0	25,7	7,5	3,3	280,2	9,2	4,24	4,67
	70	23,7	42,6	223	25,9	312,3	43	10,8	36,5	6,9	2,4	348,8	10,5	4,46	4,98
	80	26,3	48,5	197	27,3	364,2	27	9,8	46,3	6,2	1,8	410,5	11,3	4,55	5,13
	90	28,5	53,9	179	28,4	410,4	18	9,0	55,4	5,5	1,4	465,8	11,9	4,56	5,18
	100	30,4	58,7	166	29,4	451,6	13	8,3	63,6	4,9	1,1	515,2	12,3	4,52	5,15
	110	32,0	63,1	156	30,2	488,4	10	7,6	71,2	4,4	0,9	559,6	12,7	4,44	5,09
	120	33,5	67,1	148	30,9	521,3	8	7,0	78,3	4,0	0,8	599,5	13,1	4,34	5,00
	130	34,7	70,7	142	31,5	550,8	6	6,5	84,7	3,6	0,7	635,6	13,3	4,24	4,89
140	35,9	73,9	137	32,0	577,5	5	6,0	90,7	3,3	0,6	668,2	13,6	4,12	4,77	
150	36,9	76,9	133	32,5	601,6	4	5,6	96,3	3,0	0,5	698,0	13,8	4,01	4,65	
Sıklık Derecesi=8	40	11,9	18,8	1256	34,0	201,7						201,7		5,04	5,04
	50	16,2	25,2	793	39,9	321,0	463	27,1	27,1	14,6	5,3	348,1	7,8	6,42	6,96
	60	19,9	31,2	593	44,5	437,7	200	22,5	49,6	13,9	3,6	487,3	10,2	7,29	8,12
	70	23,1	36,7	486	48,2	546,2	107	19,6	69,1	12,8	2,6	615,3	11,2	7,80	8,79
	80	25,8	41,6	420	51,3	644,9	66	17,4	86,5	11,6	1,9	731,4	11,8	8,06	9,14
	90	28,1	46,0	376	53,8	733,8	44	15,6	102,1	10,5	1,5	835,9	12,2	8,15	9,29
	100	30,1	50,0	345	56,0	813,6	31	14,1	116,3	9,4	1,2	929,9	12,5	8,14	9,30
	110	31,8	53,5	321	57,8	885,4	23	12,8	129,1	8,5	1,0	1014,5	12,7	8,05	9,22
	120	33,3	56,8	303	59,4	950,0	18	11,7	140,8	7,6	0,8	1090,9	12,9	7,92	9,09
	130	34,7	59,7	289	60,8	1008,4	14	10,7	151,6	6,9	0,7	1160,0	13,1	7,76	8,92
140	35,9	62,3	277	62,1	1061,3	12	9,9	161,4	6,3	0,6	1222,7	13,2	7,58	8,73	
150	37,0	64,7	267	63,1	1109,3	10	9,1	170,5	5,7	0,5	1279,9	13,3	7,40	8,53	
Sıklık Derecesi=12	40	11,5	17,5	2250	49,6	267,7						267,7		6,69	6,69
	50	15,8	23,4	1368	59,2	435,0	882	42,9	42,9	21,0	5,6	477,9	9,0	8,70	9,56
	60	19,6	28,8	999	66,9	601,1	368	34,4	77,3	20,1	3,7	678,5	11,4	10,02	11,31
	70	22,8	33,7	805	73,1	757,4	194	29,3	106,7	18,6	2,7	864,1	12,3	10,82	12,34
	80	25,5	38,1	688	78,3	900,7	117	25,6	132,3	16,9	2,0	1033,0	12,8	11,26	12,91
	90	27,9	42,1	610	82,6	1030,7	78	22,8	155,1	15,3	1,6	1185,8	13,1	11,45	13,18
	100	29,9	45,6	556	86,3	1148,1	55	20,4	175,5	13,8	1,3	1323,6	13,3	11,48	13,24
	110	31,7	48,8	515	89,4	1254,0	41	18,4	193,9	12,4	1,0	1447,9	13,4	11,40	13,16
	120	33,3	51,6	484	92,2	1349,7	31	16,7	210,6	11,2	0,9	1560,2	13,5	11,25	13,00
	130	34,7	54,2	459	94,6	1436,3	25	15,2	225,8	10,2	0,7	1662,1	13,6	11,05	12,79
140	35,9	56,6	439	96,7	1515,0	20	13,9	239,7	9,3	0,6	1754,7	13,7	10,82	12,53	
150	37,0	58,7	422	98,6	1586,7	17	12,8	252,5	8,4	0,5	1839,2	13,7	10,58	12,26	

I. BONİTET

Tablo B.3'ün devamı

Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım		
	Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı			Gövde Hacmi	Ara Hasılat Yüzdesi	Kalan Meşcere	Genel Meşcere	
	m	cm	adet	m ²	m ³	adet	m ³	m ³	m ³	%	m ³	%	m ³	m ³	
Sıklık Derecesi=4	40	8,0	16,5	767	17,2	83,7						83,7		2,09	2,09
	50	11,3	21,9	500	19,5	124,5	267	8,0	8,0	4,9	4,5	132,4	6,0	2,49	2,65
	60	14,2	26,8	382	21,3	162,1	118	6,9	14,8	4,5	3,0	177,0	8,4	2,70	2,95
	70	16,7	31,3	317	22,7	195,8	65	6,1	20,9	4,0	2,2	216,8	9,7	2,80	3,10
	80	18,9	35,3	277	23,9	225,7	40	5,5	26,4	3,5	1,7	252,1	10,5	2,82	3,15
	90	20,7	38,9	250	24,8	251,9	27	5,0	31,4	3,1	1,3	283,4	11,1	2,80	3,15
	100	22,4	42,1	230	25,6	275,2	19	4,6	36,0	2,8	1,0	311,1	11,6	2,75	3,11
	110	23,8	45,0	216	26,3	295,7	15	4,2	40,2	2,5	0,9	335,9	12,0	2,69	3,05
	120	25,1	47,6	204	26,9	314,0	11	3,8	44,0	2,2	0,7	358,0	12,3	2,62	2,98
	130	26,2	49,9	195	27,4	330,4	9	3,5	47,5	2,0	0,6	378,0	12,6	2,54	2,91
140	27,2	52,0	188	27,9	345,2	7	3,3	50,8	1,8	0,5	395,9	12,8	2,47	2,83	
150	28,1	53,9	182	28,3	358,4	6	3,0	53,8	1,6	0,5	412,2	13,0	2,39	2,75	
Sıklık Derecesi=8	40	7,5	14,8	1994	29,5	135,9						135,9		3,40	3,40
	50	10,8	19,4	1221	34,3	209,2	772	17,0	17,0	9,0	5,0	226,2	7,5	4,18	4,52
	60	13,7	23,6	897	38,2	278,9	325	13,8	30,8	8,4	3,3	309,7	9,9	4,65	5,16
	70	16,3	27,3	725	41,2	342,5	172	11,9	42,7	7,5	2,4	385,2	11,1	4,89	5,50
	80	18,5	30,7	621	43,7	399,5	104	10,5	53,2	6,8	1,8	452,7	11,7	4,99	5,66
	90	20,5	33,6	552	45,8	450,4	69	9,3	62,5	6,0	1,4	512,9	12,2	5,00	5,70
	100	22,2	36,3	503	47,6	495,7	49	8,4	70,9	5,4	1,1	566,6	12,5	4,96	5,67
	110	23,7	38,7	467	49,1	536,2	36	7,6	78,5	4,8	0,9	614,6	12,8	4,87	5,59
	120	25,0	40,8	439	50,4	572,4	28	6,9	85,3	4,3	0,8	657,7	13,0	4,77	5,48
	130	26,2	42,7	417	51,5	604,9	22	6,3	91,6	3,9	0,7	696,5	13,2	4,65	5,36
140	27,3	44,5	399	52,5	634,3	18	5,8	97,4	3,5	0,6	731,7	13,3	4,53	5,23	
150	28,2	46,0	384	53,4	660,9	15	5,3	102,7	3,2	0,5	763,5	13,4	4,41	5,09	
Sıklık Derecesi=12	40	7,2	13,9	3711	42,4	180,4						180,4		4,51	4,51
	50	10,5	18,1	2184	50,2	283,4	1527	28,2	28,2	13,1	5,3	311,6	9,0	5,67	6,23
	60	13,4	21,9	1563	56,4	383,0	621	22,2	50,4	12,2	3,5	433,4	11,6	6,38	7,22
	70	16,0	25,3	1242	61,5	474,9	321	18,7	69,1	11,1	2,5	544,0	12,7	6,78	7,77
	80	18,3	28,3	1051	65,6	558,1	192	16,2	85,2	9,9	1,9	643,3	13,2	6,98	8,04
	90	20,3	31,0	925	69,1	632,7	126	14,2	99,4	8,9	1,5	732,1	13,6	7,03	8,13
	100	22,1	33,4	837	72,1	699,5	88	12,7	112,1	7,9	1,2	811,6	13,8	6,99	8,12
	110	23,6	35,5	771	74,6	759,4	65	11,4	123,5	7,1	1,0	882,8	14,0	6,90	8,03
	120	25,0	37,4	722	76,8	813,2	50	10,3	133,7	6,4	0,8	946,9	14,1	6,78	7,89
	130	26,2	39,1	682	78,7	861,6	39	9,3	143,0	5,8	0,7	1004,6	14,2	6,63	7,73
140	27,3	40,7	651	80,4	905,5	32	8,5	151,5	5,2	0,6	1057,0	14,3	6,47	7,55	
150	28,3	42,1	624	81,9	945,3	26	7,8	159,3	4,8	0,5	1104,5	14,4	6,30	7,36	

Tablo B.3'ün devamı

	Yaş	Kalan Meşcere					Ayrılan Meşcere			Yıllık Cari Artım		Genel Meşcere		Ortalama Artım					
		Orta Boy	Orta Çap	Ağaç Sayısı	Göğüs Yüzeyi	Gövde Hacmi	Ağaç Sayısı	Gövde Hacmi	Hacim Toplamı	m ³	%	Gövde Hacmi	Ara Hasılat Yüzdesi	Kalan Meşcere	Genel Meşcere				
		m	cm	adet	m ²	m ³	adet	m ³	m ³			m ³	%	m ³	m ³				
III. BONİTET	Sıklık Derecesi=4	40	4,0	11,8	1471	14,5	46,5							46,5		1,16	1,16		
		50	6,1	15,2	919	16,3	65,8	552	3,9	3,9	2,3	4,0	69,7	5,6	1,32	1,39			
		60	8,1	18,1	683	17,8	82,9	236	3,3	7,3	2,0	2,7	90,1	8,1	1,38	1,50			
		70	9,9	20,8	557	18,9	97,7	126	2,9	10,2	1,8	1,9	108,0	9,5	1,40	1,54			
		80	11,5	23,1	480	19,8	110,6	77	2,6	12,8	1,6	1,5	123,5	10,4	1,38	1,54			
		90	12,9	25,1	429	20,5	121,8	51	2,4	15,2	1,4	1,2	137,0	11,1	1,35	1,52			
		100	14,2	27,0	392	21,1	131,6	37	2,1	17,3	1,2	0,9	148,9	11,6	1,32	1,49			
		110	15,3	28,6	365	21,7	140,1	27	1,9	19,3	1,1	0,8	159,4	12,1	1,27	1,45			
		120	16,4	30,0	344	22,1	147,7	21	1,8	21,1	0,9	0,6	168,7	12,5	1,23	1,41			
		130	17,3	31,3	327	22,5	154,4	17	1,6	22,7	0,8	0,5	177,1	12,8	1,19	1,36			
		140	18,1	32,5	314	22,9	160,4	14	1,5	24,2	0,7	0,5	184,5	13,1	1,15	1,32			
		150	18,8	33,5	303	23,2	165,8	11	1,4	25,6	0,7	0,4	191,3	13,4	1,11	1,28			
		III. BONİTET	Sıklık Derecesi=8	40	3,8	10,7	4199	24,1	75,5							75,5		1,89	1,89
				50	5,9	13,6	2451	27,8	110,5	1748	9,4	9,4	4,4	4,5	120,0	7,8	2,21	2,40	
				60	7,8	16,2	1746	30,7	142,5	705	7,5	17,0	4,0	3,0	159,5	10,6	2,38	2,66	
70	9,7			18,4	1383	33,0	170,9	363	6,4	23,4	3,5	2,2	194,3	12,0	2,44	2,78			
80	11,3			20,4	1166	34,9	195,9	216	5,6	28,9	3,1	1,6	224,8	12,9	2,45	2,81			
90	12,8			22,1	1025	36,5	217,8	142	4,9	33,8	2,7	1,3	251,6	13,5	2,42	2,80			
100	14,1			23,7	925	37,8	237,0	99	4,4	38,2	2,4	1,0	275,2	13,9	2,37	2,75			
110	15,2			25,0	852	38,9	254,0	73	3,9	42,2	2,1	0,8	296,2	14,2	2,31	2,69			
120	16,3			26,2	796	39,9	269,1	56	3,6	45,7	1,9	0,7	314,9	14,5	2,24	2,62			
130	17,2			27,3	752	40,7	282,6	44	3,2	49,0	1,7	0,6	331,6	14,8	2,17	2,55			
140	18,1			28,3	717	41,5	294,7	35	2,9	51,9	1,5	0,5	346,6	15,0	2,11	2,48			
150	18,9			29,2	688	42,1	305,6	29	2,7	54,6	1,4	0,5	360,2	15,2	2,04	2,40			
III. BONİTET	Sıklık Derecesi=12			40	3,6	10,1	8309	33,9	100,2							100,2		2,51	2,51
				50	5,7	12,8	4641	39,8	149,8	3668	16,8	16,8	6,6	5,0	166,6	10,1	3,00	3,33	
				60	7,7	15,2	3215	44,4	195,8	1426	13,0	29,8	5,9	3,3	225,6	13,2	3,26	3,76	
		70	9,5	17,2	2498	48,1	237,0	717	10,8	40,6	5,2	2,3	277,6	14,6	3,39	3,97			
		80	11,2	19,0	2078	51,2	273,6	420	9,2	49,8	4,6	1,8	323,4	15,4	3,42	4,04			
		90	12,7	20,6	1806	53,7	305,9	272	8,0	57,8	4,0	1,4	363,7	15,9	3,40	4,04			
		100	14,0	22,0	1617	55,9	334,4	189	7,1	64,9	3,6	1,1	399,4	16,3	3,34	3,99			
		110	15,2	23,2	1480	57,7	359,8	138	6,3	71,3	3,2	0,9	431,0	16,5	3,27	3,92			
		120	16,3	24,3	1375	59,3	382,3	105	5,7	76,9	2,8	0,8	459,3	16,7	3,19	3,83			
		130	17,2	25,3	1293	60,7	402,6	82	5,1	82,0	2,5	0,6	484,6	16,9	3,10	3,73			
		140	18,1	26,1	1227	61,9	420,7	66	4,7	86,7	2,3	0,6	507,4	17,1	3,01	3,62			
		150	18,9	26,9	1173	63,0	437,1	54	4,2	90,9	2,1	0,5	528,1	17,2	2,91	3,52			

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet SEKİ
Doğum Yeri ve Yılı : Anamur / 1988
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : mseki@kastamonu.edu.tr



Eğitim Durumu

Lise : Anamur Anadolu Lisesi, 2006
Lisans : Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 2012
Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği ABD, 2015

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi (Araştırma Görevlisi), 2012 – (halen)

Yayın Listesi :

Sağlam, F., Sakıcı, O.E., & **Seki, M.** (2016). Stump Diameter and Diameter at Breast Height Relationship for Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) Stands in Kastamonu Coastal Region, *International Forestry Symposium*, 7-10 December 2016, Kastamonu, Proceedings, 514-520.

Sakıcı, O.E., **Seki, M.**, Sağlam, F. & Akyıldız, M. H. (2016). Modeling Diameter Distributions of Black Pine Stands in Taşköprü Region, *International Forestry Symposium*, 7-10 December 2016, Kastamonu, Proceedings, 521-535.

Sakıcı, O.E., Sağlam, F., & **Seki, M.** (2018). Estimation of Crown Dimensions for Crimean Pine in the Kastamonu Region of Turkey, *II. International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress*, 11-15 December 2018, Abstract Book, p. 85, Baku, Azerbaijan.

- Sakıcı, O.E., Sağlam, F., & **Seki, M.** (2018). Single- and double-entry volume equations for Crimean pine stands in Kastamonu Regional Directorate of Forestry, *Turkish Journal of Forestry*, 19(1): 20-29.
- Sakıcı, O.E., **Seki, M.**, & Sağlam, F. (2018). Above-ground biomass and carbon stock equations for Crimean pine stands in Kastamonu region of Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(10): 7079-7089.
- Sakıcı, O.E., **Seki, M.**, & Sağlam, F. (2018). Estimation of Bark Thickness and Bark Volume for Crimean Pine in the Kastamonu Region of Turkey, *II. International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress*, 11-15 December 2018, Abstract Book, p. 86, Baku, Azerbaijan.
- Seki, M.**, & Sakıcı, O. E. (2017). Dominant height growth and dynamic site index models for Crimean pine in the Kastamonu-Taşköprü region of Turkey. *Canadian Journal of Forest Research*, 47(11), 1441-1449.
- Seki, M.**, Sakıcı, O.E., Büyükterzi, M., & Sağlam, F. (2017). Taşköprü Orman İşletme Müdürlüğü Ormanlarında Karbon Stoğunun Zamansal Değişimi, *Uluslararası Taşköprü Pompeiopolis Bilim Kültür Sanat Araştırmaları Sempozyumu*, 10-12 Nisan 2017, Taşköprü.