

ADAPAZARI-SÜLEYMANİYE DIŞBUDAK PLANTASYONLARINDA (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) TEK AĞAÇLAR İÇİN BİR ÇAP ARTIM MODELİ

Serdar CARUS^{1*} Emrah ÇİÇEK²

¹ SDÜ, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Böl., 32260 ISPARTA

² Düzce Üniv., Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Böl., 81620 DÜZCE

* scarus@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, dikim yoluyla kurulmuş, dar yapraklı dişbudak (DYD, *Fraxinus angustifolia* Vahl.) meşcerelerinde, tek ağaçlarda çap artımını tahmin için bir çap artım modeli geliştirmektir. Bu amaçla, normal kapalı, saf, aynı yaşlı ve müdahale görmemiş DYD meşcereleri incelenmiştir. 2001 yılında, Adapazarı yöresi Süleymaniye DYD plantasyonlarında 27 örnek alan alınmıştır. Örnek alanlar içerisinde de sayıları 1 ile 6 arasında değişen örnek konu ağaç seçilmiştir. Her bir örnek ağaç (konu) ve onun komşusu olan 6 ağacın x ve y koordinatları göğüs çapı, boy, tepe boyu, tepe çapı, yaş ve 10 yıllık çap artımı kayıt edilmiştir. Modele, ağacın çap, yarışma endeksi ve yaşı değişken olarak sokulmuştur. Model, tek ağaçta çap artımındaki değişimin %75'ini açıklamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Göğüs yüzeyi, Bonitet, Çap, Çap artımı, Yarışma endeksi, Yaş.

A DIAMETER INCREMENT MODEL FOR INDIVIDUAL TREES OF ASH (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) PLANTATIONS IN ADAPAZARI- SÜLEYMANİYE REGION

ABSTRACT

The aim of this study is to develop a diameter increment model for estimating the diameter increment on individual trees of narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) plantations. For that reason, normal closed, pure, even-aged, and undisturbed stands have been studied. In 2001, 27 plots were taken from ash plantations in Adapazarı-Süleymaniye. The number of selected sampling trees has ranged from 1 to 6 in sample plots. Sampling trees, that is, the subject tree and competitor trees have been mapped on x- y coordinate system and, diameter at breast height, total height, crown height, crown diameter, age and 10 year radial increment recorded. Tree diameter (d), competition index (CI) and age (t) as were included in the model variable. The model explained 75% of the variation in individual tree diameter increment of ash plantations.

Keywords: Basal area, Site index, Diameter, Diameter increment, Competition index, Age.

1. GİRİŞ

Türkiye değişik iklim özellikleri ve coğrafi yapısı nedeniyle çok farklı karakterde yetişme ortamına sahiptir. Bunun neticesinde ormanlarımız, ağaç türü çeşitliliği bakımından Avrupa'ya oranla daha zengin bir yapı göstermektedir (Saatçioğlu, 1976). Ülkemiz ormanlarında geniş sahalar üzerinde saf ve karışık meşcereler kuran asli ağaç türleri, az veya çok, çeşitli yönleriyle incelenmiş, bilinmeyenleri çözülmeye çalışılmıştır. Bunun yanında, tali ağaç türleri konusunda orman hasılatı ile ilgili sınırlı sayıda araştırma vardır (Acatay vd., 1962; Pamay, 1967; Atay, 1984 a ve b; Efe ve Alptekin, 1989; Odabaşı, 1993; Sarıbaş, 1998; Yavuz ve Şentürk, 1998; Çiçek, 2002). Tali türler içerisinde dışbudaklar önemli bir yere sahiptir.

Ülkemizde, dışbudak orman alanı yaklaşık 12 bin hektar olup bunun genel orman alanı içindeki payı %1'den daha azdır (Anonim, 2001). Mevcut dışbudak ormanlarının tamamına yakını, Marmara ve Karadeniz Bölgesi taban arazilerinde yer alan ve subasar özellik gösteren dar yapraklı dışbudak (DYD, *Fraxinus angustifolia* Vahl.) oluşturmaktadır. Bu ormanların çoğunluğu da Adapazarı yöresinde yer almaktadır. Geçen süreçte çeşitli nedenlerden dolayı büyük tahrip gören bu ormanların hem alanları oldukça daralmış hem de meşcere yapıları bozulmuştur (Çiçek, 2002 ve 2004). Bu yüzden, yaklaşık 40 yıldır sürdürülen orman yenileme çalışmaları ile yöredeki DYD ormanlarının neredeyse tamamı (%95) dikimle suni meşcerelere dönüştürülmüştür. Mevcut doğal meşcereler ise baltalıklar ile bozuk yapıdaki birkaç meşcere artığından oluşmaktadır. DYD taban araziler yanında 700-800 m yükseltilere kadar diğer yapraklı türlerle karışıma girebilmektedir. DYD hızlı gelişen tür olup 40 yıllık idare süresi ile yetiştirilmektedir (Çiçek ve Yılmaz, 2002). Genel ortalama artım yapay meşcerelerde 23 m³/ha ve doğal meşcerelerde 15 m³/ha civarındadır (Kapucu vd., 1999). *F. excelsior*'a benzeyen değerli ve kaliteli odunu kaplama ve mobilya başta olmak üzere bir çok orman endüstrisi dalında kullanılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1981).

Büyüme modelleri orman amenajman planları için oldukça önemlidir. Orman amenajman planlarında ağaç serveti ve artımı envanteri sırasında tek ağaçların artım ve büyümesinin tahmini gereklidir. Bunun yanı sıra, silvikültürcüler de yetişme ortamının potansiyel üretim kapasitesini (optimal üretimi) gerçekleştirmek isterler. Bunun için de yöneticiler değişik büyüme modelleme tekniklerinden çok, amaca en uygun sonuçları veren modele gereksinim duyarlar (Vanclay, 1994).

Büyüme modelleri genel olarak meşcere ve tek ağaç modelleri olarak sınıflandırılır. Meşcere büyüme modelleri geliştirmenin bir yolu da tek ağaçların toplamı olarak düşünmektir. Tek ağaç büyüme modelleri, meşcere büyümesini tahmin için geliştirilmişlerdir. Birkaç kapsamlı ve öncü niteliğinde tek ağaç büyüme modeli Forest (Ek ve Monserud, 1974), Kızılcım (Sun, 1978), Prognosis (Wykoff vd., 1982), Doğu Ladini (Akalp, 1983), Prognaus (Sterba ve Monserud, 1997) biçiminde sıralanabilir. Tek ağaç büyüme modelleri gelecekteki meşcere dinamiğine projeksiyon yapmayı sağlar.

Tek ağaçtaki artım çap, göğüs yüzeyi, boy ve hacim artımı olarak sınıflandırılabilir. Belirli yetiştirme ortamlarında tek ağaçların çap artımı ve büyümesi yaş, büyüklük, mikro çevre, genetik özellikler ve yarışma durumu (yarışma endeksi) vb. sayısız rasgele faktörler tarafından etkilenir. Ağacın büyüklüğü ve uzaysal pozisyonu onun komşuları ile ilişkisini, onun büyüme potansiyelini ve toprak altı ve üstü kaynaklarını kullanmadaki başarısını yansıtılabilir. Yarışma endeksleri bağımsız değişken olarak ağaç büyüme simülasyon modellerinde, ağacın büyüme, ölüm ve komşu ağaçlar ile yarışmadaki başarısını değişimi tanımlamak için kullanılır (Saraçoğlu, 1989). Son yıllarda, çok sayıda yarışma endeksi modeli, bir meşceredeki ağaçların oransal yarışma durumunu tanımlamak için geliştirilmiştir (Spurr, 1962; Hegyi, 1974; Tomé ve Burkhart, 1989; Daniels vd., 1989; Biging ve Dobbertin, 1995).

DYD ormanlarının önemine rağmen, bu türün artım ve büyümesi üzerine lokal bilgi oldukça azdır. Bu çalışmanın amacı, Adapazarı yöresinde yer alan Süleymaniye yapay DYD meşcerelerinde, periyodik çap artımının tahmini için bir çap artım modeli geliştirmektir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Çalışma Sahasının Tanıtımı

Araştırma konusu plantasyonlar Adapazarı yöresinde yer almakta olup, genel olarak Süleymaniye dışbudak ormanı olarak bilinmektedir (40°48'-53'N, 30°34'-38' E). Çalışmaya konu toplam plantasyon alanı 2000 hektardan fazladır. Plantasyonlar, belirli yıllarda yoğunlaşan çalışmaların ürünü olduğundan, yaş bakımından fazla çeşitlilik göstermemektedir. Bu durum daha fazla sayıda örnek alan alımını gereksiz kılmıştır. Ormanın asıl bölümü Hendek İşletmesi Süleymaniye Şefliği, diğer kısımları ise Akyazı İşletmesi Merkez Şefliği ile Adapazarı İşletmesi Merkez Şefliği sınırları içerisinde kalmaktadır. Orman alanı %0-2 eğimde, ortalama yükselti 25 m ve denizden yaklaşık 33 km yatay uzaklıktadır. Yıllık ortalama sıcaklık, 14.2 °C, yıllık toplam yağış 798 mm, vejetasyon dönemi (nisan-kasım, aylık ortalama sıcaklık >10°C) boyunca aylık yağış 56 mm'dir. Vejetasyon süresi 230-240 gün arasında değişmektedir (Anonim, 2003). Bu yöre, Marmara deniz iklimi ile Karadeniz iklimi geçiş kuşağındadır. Taban suyu Ocak-Mayıs döneminde toprak yüzeyine çıkabilmektedir. DYD ormanın hakim türü olmakla birlikte, *Ulmus leavis*, *U. minor*, *Acer campestre* ve *Quercus robur* gibi türlere de rastlanmaktadır. Toprak esas itibarıyla Mudurnu ve Dinsiz Çayları ile Sakarya nehrinin taşıdığı alüvyallerden oluşmaktadır. Yüksek kil içeriğine (>%65) sahip olup, kil oranı derinlikle birlikte artmaktadır. Toprak asitliği 6-8 pH arasında değişim göstermekte ve topraklar yüksek miktarda kireç içermektedir (Çiçek, 2002).

2.2. Yöntem

Yaşları 16 ile 36 arasında değişen DYD plantasyonlarında 27 adet geçici örnek alan alınmıştır. Örnek alanların alındığı meşcereler, saf, aynı yaşlı ve müdahale görmemiş veya çok az müdahale görmüş meşcerelerdir. Müdahale gören meşcerelerde çok zayıf alçak aralamadan söz edilebilir. Bu plantasyonlarda 3 m x 2

m, 3 m x 2.5 m, 3.8 m x 3.8 m ve 4 m x 4 m dikim aralık ve mesafesi kullanılmıştır. Örnek alan sayıları, plantasyonların dikim aralıklarına göre kapladığı alanlara orantılı şekilde alınmıştır. Örnek alanlar kare biçiminde olup 900 m² büyüklüğündedir. Her bir örnek alanda, farklı sosyal sınıflardan 1-6 arasında rasgele örnek ağaç alınmıştır. Ayrıca, her bir örnek ağacın (konu) 6 adet komşu ağacı bulunmaktadır (Erkan, 1995). Örneklenen konu ve komşu ağaçların x ve y koordinatları (birbirine olan uzaklıkları bulmak için), göğüs çapı (çap), boy, tepe boyu, tepe çapı, yaş (örnek alandaki her bir 6 ağaç kümesinde en az 3 ağaçta) ve son 10 yıllık çap artımı belirlenmiştir. Çap artımları, göğüs yüksekliğinden, hava koşullarının etkisini gidermek için 10 yıllık periyot olarak alınmıştır. Periyodik çap artım değerleri periyot uzunluğu olan 10'a bölünmek suretiyle periyodik ortalama artımlar (yıllık çap artım) elde edilmiştir.

Örnek (konu) ağaçların alındığı, 27 meşçerenin mümkün olduğu kadar farklı yaş, bonitet sınıfı ve göğüs yüzeyinde olmasına dikkat edilmiştir.

Nokta örnekleme yöntemi, konu ağaç yarışmacılarının bulunmasını ve potansiyel yarışmacıların çapının belirli bir katsayı ile çarpılmasını esas alır (Kalıpsız, 1984). Konu ağaçların yarışmacılarının belirlenmesi için Bitterlich aynalı relaskop'tan yararlanılmıştır. Aletin içerisindeki 2'lik şeridinden taşan ağaçlar yarışmacı ağaç olarak kabul edilmiştir.

Her bir örnek alanda, çap artım ölçümleri için, konu ve rasgele seçilen iki komşu ağaç seçilmiştir. 2001 yılı sonbaharında, toplam 53 ağaçtan artım kalemi alınmıştır. Artım kalemleri, artım burgusu kullanılarak, gövde eksenine dik yönde göğüs yüksekliğinden birbirine dik iki yönde alınmış ve etiketlenerek torbalara konulmuştur.

Kabuk kalınlığı, kabuk ölçer yardımı ile belirlenmiştir. Çap ölçümleri 1 mm, ağaç boyu ve tepe boyu 0.1m duyarlılıkta belirlenmiştir. Tepe çapı ise, bir birine dik iki çap ölçümü şeklinde belirlenmiştir. Bonitet tayini amacıyla örnek alandaki her bir 6 ağaç kümesinde en az 3 ağaçta yaş tayini yapılmıştır.

2. 3. Veri Hazırlama

Örnek alanlarda göğüs yüzeyi toplamı bulunarak hektar değerine dönüştürülmüştür. Örnek alanlarda 25-30 ağaçta çap-boy ölçümü yapılarak meşçere boy eğrisi çıkarılmıştır. Üst boy, hektarda en kalın 100 ağacın göğüs yüzeyi orta çapına karşılık gelen boy olarak bulunmuştur. Her bir meşçerenin bonitet endeksi (SI) dolayısıyla bonitet sınıfı (BI), meşçere orta yaşı (t) ve üst boy değerleri yardımıyla dışbudak bonitet tablosundan hesaplanmıştır (Kapucu vd., 1999). Örnek alanların hacim ve hacim elemanları değişimi Çizelge 1'de verilmiştir. 10 yıllık halka kalınlığı, mikroskop yardımı ile 0.01mm duyarlılıkta sayılarak ölçülmüştür. Çap artım modelinin kurulması için farklı sosyal sınıflardaki ağaçların ölçümlerinden yararlanılmıştır.

Yarışma endeksleri, çap büyümesi ile ilişkilidir. Meşçere büyüme modellerinde, tek ağaçlardaki yarışmanın etkisini ortaya koymak için ya uzaklığa bağlı ya da uzaklıktan bağımsız yarışma endeksleri kullanılmaktadır (Munro, 1974). Bu çalışmada, uzaklığa bağlı yarışma endeksleri çoğul regresyon analizleri kullanılarak, tek ağaç çap artım modelleri için incelenmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan değişkenlerin özet istatistikleri.

Değişken	Aritmetik Ortalama \pm St. Sapma	% 95 güven aralıkları
Çap (cm)	23.3 \pm 6.9	13.16 - 39.43
Ağaç yaşı (yıl)	28 \pm 7	16 - 36
Yarışma endeksi (Biging ve Dobbartin b formülü)	2.52 \pm 1.60	0.16 - 5.80
Meşcere göğüs yüzeyi (m ² /ha)	30.9 \pm 10.0	10.81 - 48.06
Bonitet endeksi (m) * standart yaş (20 yıl)	22.4 \pm 2.4	18.13 - 26.97
Çap artımı (mm/ yıl)	5.6 \pm 3.4	0.61 - 13.66

Tarafımızdan Qbasic bilgisayar programlama dilinde yazılmış, COMPEND29 programı ile 8 farklı yarışma endeksi hesaplanmıştır. Yarışma endeks ve formülleri, metinde bütünlüğü bozacağı düşüncesiyle Ek Çizelge 1 olarak verilmiştir.

2.4. İstatistik değerlendirmeler

Çoğul regresyon analizleriyle, çap artımı (bağlı değişken) ile serbest değişkenler (çap, yarışma endeksi, konu ağacın yaşı (yaş), meşcere göğüs yüzeyi ve bonitet endeksi) arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Regresyon denklemi için, 53 örnek ağaç verilerinden yararlanılmıştır. İstatistik analizlerde SPSS Ver.10.0 istatistik paket programı kullanılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmamızda, çap artımını tahmin için bir çok değişkenli model kurulması amaçlanmıştır. Modelde, hem tek ağaç (çap, yarışma endeksi ve yaş) hem de meşcere düzeyinde (göğüs yüzeyi ve bonitet endeksi) değişkenlerin etkisinin tahmini için çoğul regresyon analizi kullanılmıştır. Çap artımının sırasıyla yaş, çap, bonitet, göğüs yüzeyi ve yarışma endeksine göre değişimi incelenmiş ve bir çap artımı modeli oluşturulmuştur.

3.1. Yaş- çap artımı ilişkisi

Bir ağacın gövde kesiti toprağa yakın bir seviyeden incelendiğinde, özden dışa doğru yıllık halkaların kalınlıklarında farklılık görülür. Yıllık halka kalınlığının önce hızlı bir yükseliş gösterdiği (halka genişliğinin arttığını) fakat oldukça genç yaşlarda (30-70 yaş) bu yükselişin durduğunu ve gittikçe daralan yıllık halkalar oluştuğunu izlemek mümkündür (Fırat, 1972; Kalıpsız, 1982 ve 1984). Örnek alanlardan alınan örnek ağaçlardan elde edilen çap artım (mm/yıl) verileri ile yaşlar bir koordinat sisteminde işaretlendiğinde erken yaşlardan itibaren artımda yükselme, ileriki çaplarda ise azalma gözlenmektedir (Şekil 1). Yaş- çap artımı ilişkisini gösteren noktalar dağılımının grafik üzerinde çok dağınık ve korelasyonun düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun çap artımının yalnız yaştan değil, ağacın yetiştiği meşcerenin sıklığı, ağaçların çapı, çok değişken olan

iklim koşulları, bonitet ve genetik özelliklerinden de etkilenecek farklılık gösterebileceği kanaatine varılmıştır.

3.2. Değişik yaşta ağaçlarda çap- çap artımı ilişkisi

Çap artımını etkileyen faktörlerden birisi de çaptır (Şekil 2). Çapın, çap artımıyla olan ilişkisi aynı yaşlı ormanlarda doğrusal bir ilişki göstermekte ve formül 1 ile ifade edilmektedir (Kalıpsız, 1984).

$$i_d = a + b \cdot d_{1,30} \quad (1)$$

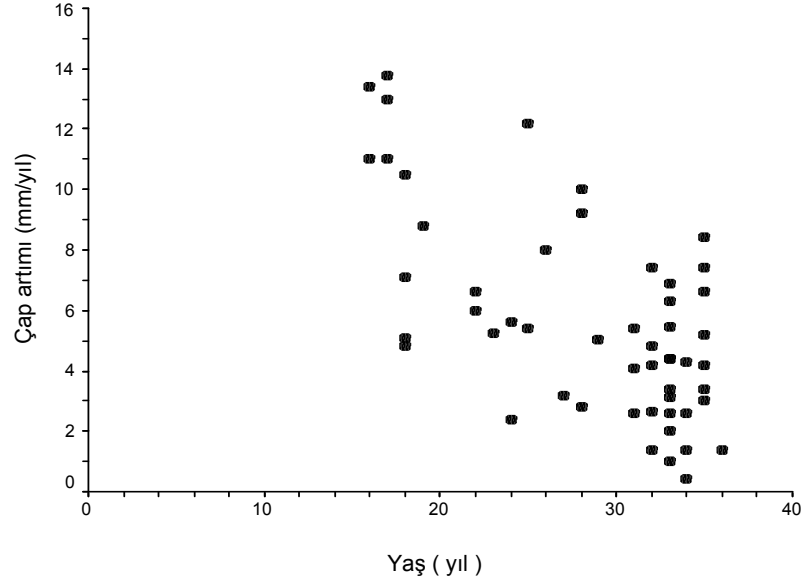
Formül yardımıyla hesaplanan doğrunun eğimi meşcere yaşına bağlı olarak değişim göstermektedir. Genç ve normal kapalı meşcerelerde bu doğru dik bir şekilde yükselmektedir. Orta yaşlı meşcerelerde doğrunun eğimi azalmakta, ileri yaşlı meşcerelerde ise yaklaşık yatay bir durum göstermektedir. Bu doğrular bir çan eğrisinin teğetleri durumundadır (Kalıpsız, 1984). Ağaç sayısının fazla olduğu ve ağaçlar arasında kuvvetli bir mücadelenin geçtiği genç meşcerelerde bireylerin çap artımları arasındaki oransal farklar büyük bulunmakta ve sonuçta da göğüs çapı artım doğrusu daha dik olarak yükselmektedir. Özellikle tepe kalitesi veya ağaç sınıfı farklı olan ağaçların aynı yaşta olsalar da çap artımları farklı bulunmaktadır. Meşcerenin yaşı ilerledikçe alt veya ara durumdaki ağaçlar yavaş yavaş meşcereden kuruyarak ayrılır ve meşcere bireyleri arasındaki sosyal durum farklılığı azalmaktadır. Bunun sonucunda, meşceredeki ince ve kalın çaplı ağaçların yaptıkları çap artımları birbirine yakın bulunabilmektedir (Kalıpsız, 1984).

3.3. Çap-çap artımı-bonitet ilişkisi

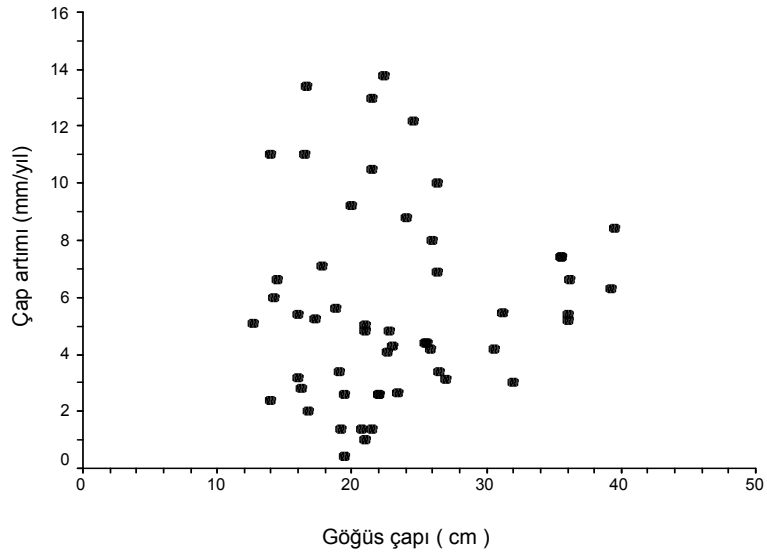
Çalışmamızda, çap- çap artımı ilişkisinin bonitete bağlılık derecesinin kavranabilmesi için, örnek alanlar ilk önce bonitet sınıflarına ayrılmıştır. Örnek alanlar, I. (iyi bonitet, 26 örnek ağaç ve 11 örnek alan) ve II. (orta bonitet, 27 örnek ağaç ve 16 örnek alan) bonitet sınıflarını temsil etmektedir (Kapucu vd., 1999). Bonitetin etkisini açık olarak görebilmek için, I. ve II. bonitet sınıflarında ve yaşı 30 ile 40 arasındaki örnek ağaçların çap-çap artımı noktaları, bonitetlere göre farklı simgelerle koordinat sistemi üzerine işaretlenmiştir (Şekil 3).

3.4. Çap- çap artımı- meşcere göğüs yüzeyi ilişkisi

Çalışmamızda, çap-çap artımı ilişkisinin, meşcere göğüs yüzeyine (sıklığa) bağlılık derecesinin kavranabilmesi için, yaşı 30 ile 40 arasındaki örnek alanlardan sadece 15-25 ve 35-45 m²/ha olmak üzere 10 m²'lik iki göğüs yüzeyi sınıflarına girenlerde, örnek ağaçların çap- çap artımı noktaları, farklı simgelerle koordinat sistemi üzerine işaretlenmiştir (Şekil 4). Noktalar dağılımından, göğüs yüzeyi az olan (15-25 m²/ha) meşcerelerde çap- çap artımına ait dağılımın genel olarak daha yukarıda, diğerinin ise (35-45 m²/ha) biraz daha aşağıda yer aldığı görülmektedir. Bunun nedeni, iyi bonitetlerde göğüs yüzeyinin fazla olmasından ileri gelebilir.

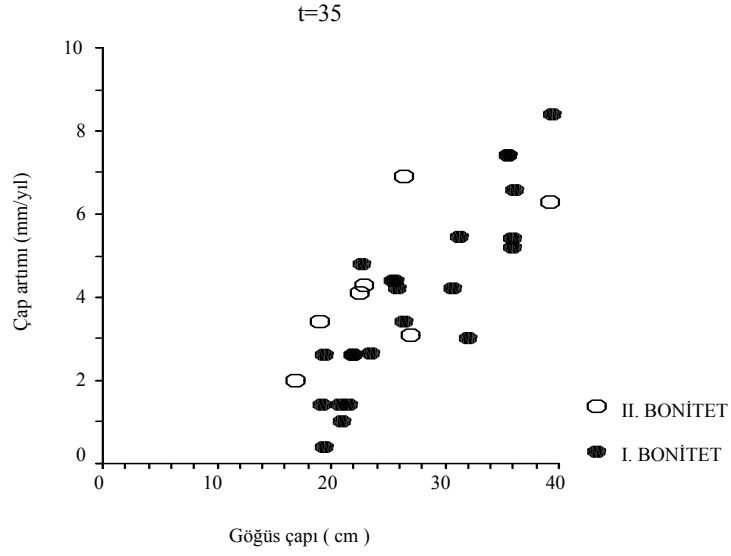


Şekil 1. Dişbudak meşcerelerindeki çap artımı- yaş ilişkisi.

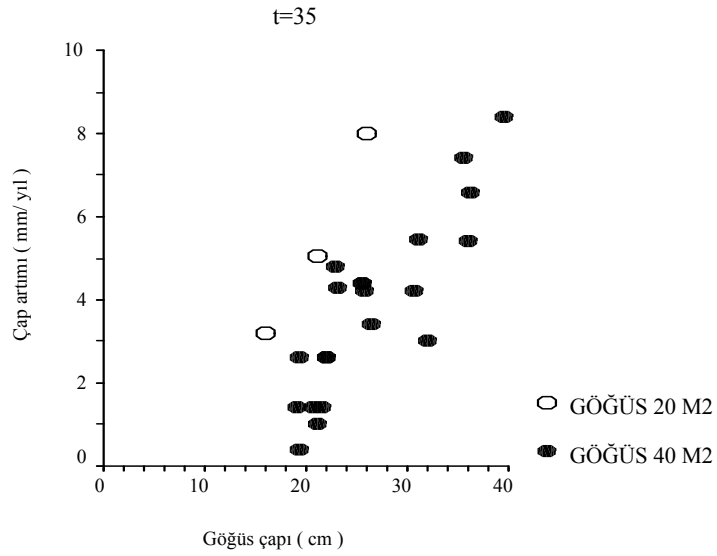


Şekil 2. Değişik yaşlarda çap- çap artımı ilişkisi.

ADAPAZARI-SÜLEYMANIYE DİŞBUDAK PLANTASYONLARINDA (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) TEK AĞAÇLAR İÇİN BİR ÇAP ARTIM MODELİ



Şekil 3. I. ve II. bonitet sınıflarına ait çap- çap artımı ilişkisi (30-40 yaş basamağında)



Şekil 4. Çap-çap artımı ilişkisinin göğüs yüzeyine göre değişimi (30-40 yaş basamağında)

3.5. Çap- çap artımı- yarışma endeksi ilişkisi

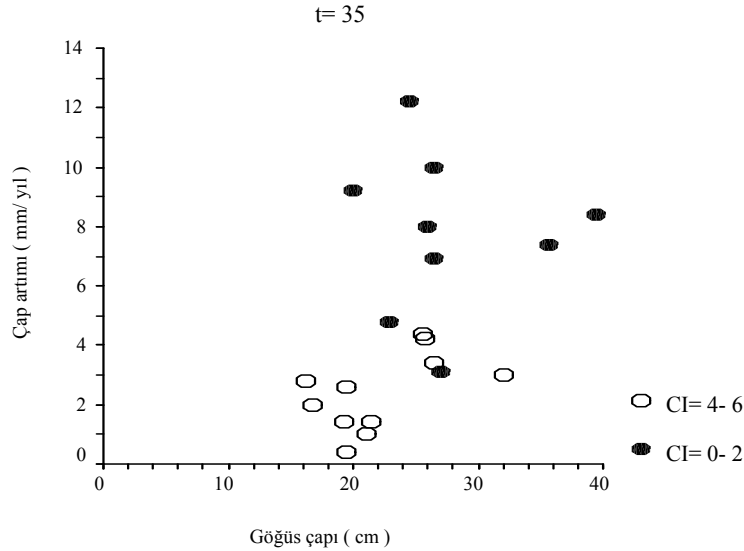
Çalışmamızda, yarışma endeksleri hesaplandıktan sonra, ayrı ayrı çap artımı ile korelasyon analizleri yapılarak ilişkinin önem düzeyi kontrol edilmiştir. Yarışma endeksi, baskı derecesini (Saraçoğlu, 1988) temsil eden bir değişkendir. Bu nedenle, yarışma endeksinin de, hacim elemanlarıyla olan ilişkisi azalan ters j eğrisi biçiminde (model 2) olması beklenir (Şekil 5). Yarışma endeksleri içerisinde Biging ve Dobbartin (1995)' in yarışma endeksi (Ek Çizelge 1 ve CI₇) çap artımı ilişkisi, model 2 ile en yüksek ilişkiyi göstermiş ve R²= 0.55 bulunmuştur.

$$i_d = e^{\beta_0 + \beta_1 CI} \quad (2)$$

Burada, i_d yıllık çap artımı (mm/yıl), CI konu ağacın yarışma endeks değeri ve e (doğal) logaritma tabanı; $e = 2.7182818$.

Yarışma endeksi büyüdükçe, ağaçlar üzerindeki baskı derecesini arttırdığından, dolayısıyla artım ve büyümeye olumsuz etki etmektedir (Saraçoğlu, 1988).

Çalışmamızda, çap- çap artımı ilişkisinin, yarışma endeksine bağlılık derecesinin kavranabilmesi için, yaşı 30 ile 40 arasındaki örnek ağaçlardan sadece 0-2 (baskı az) ve 4-6 (baskı çok) olmak üzere 2 birimlik iki yarışma endeksi sınıflarına girenler incelenmiştir. Örnek ağaçların çap-çap artımı noktaları, farklı simgelerle koordinat sistemi üzerine işaretlenmiştir (Şekil 5). Noktalar dağılımından, baskı derecesi az olan (0-2) ağaçlarda çap-çap artımına ait dağılımın daha yukarıda yer aldığı görülmektedir. Bunun nedeni, meşcere göğüs yüzeyi (sıklığı) ve bonitet arttıkça, yarışma endeksinin (baskının) artması dolayısıyla çap-çap artımı ilişkisinin aşağı bastırılmasındandır.



Şekil 5. Çap-çap artımı ilişkisinin yarışma endeksine göre değişimi (30-40 yaş basamağında)

3.6. Çap artımının- yaş, çap, bonitet, meşcere göğüs yüzeyi ve yarışma endeksi ile ilişkisi

Çap artımının sadece yaşa veya çapa göre kestirilmesi yeterli güvenilirlikte olmamaktadır. Çünkü çap artımı üzerinde meşcerenin sıklığı ve bonitet gibi faktörler de etkilidir. Günel (1978), periyodik çap artımını periyot başı yaş, periyot başı çap ve rekabet şiddeti ile; Akalp (1983), periyodik çap artımını yaş ve yarışma endeksi ile ve Saraçoğlu (1989) ise, çap ve göğüs yüzeyini içeren model ile açıklamaya çalışmışlardır. Bu çalışmada, yine bu faktörleri içerisine alan, yarışma endeksi, meşcere yaşı ve ağacın çapı serbest değişken alınarak, tek ağaçların çap artımının tahmininde kullanılmaya elverişli bir regresyon denkleminin kullanılması uygun görülmüştür (model 3).

Örnek alanlarda aynı çap ve yaşa sahip galip bireylerin, çap artımlarında görülen farklılığın meşcerenin bonitet endeksi veya göğüs yüzeyine göre (yan ve tepe baskısı yüzünden) oldukça farklı artım yaptıkları gözlenmiştir. İyi bonitetteki meşcerelerde meşcere yaşı aynı olmasına karşın, daha fazla göğüs yüzeyine sahip bulunacağı için, göğüs yüzeyi ile bonitet sınıfı, çap- çap artımı ilişkisine aynı yönde etki edecektir (karşılaştır: Saraçoğlu, 1988).

Seçilecek modelde çok sayıda değişkenin kullanılması, modelin kullanılabilirliğini ve ilişkinin kavranmasını zorlaştıracaktır. Ayrıca, çap artımına (bağlı değişkene) aynı yönde etki eden değişkenlerden en etkin modelde sokularak değişken sayısı azaltılmalıdır (Saraçoğlu, 1988). Çalışmamızda da, serbest değişkenlerden G, SI ve CI çap artımına negatif yönde etki yaparlar. Yani, bunların değeri artarsa, çap artımı düşer. Bu değişkenler birbirinden bağımsız olsaydı, etkilerinin toplamı çap artımına negatif yönde etki edeceğinden, modele hepsinin sokulması uygun olurdu. Ancak, bunlar aynı baskı değişkenini temsil eden, birbiriyle ilişkili ve etkilerinin toplanabilme özelliği olmayan değişkenlerdir. Bunun için, bu değişkenlerden baskıyı en iyi temsil eden modelde sokulması daha uygun olur. Bu aynı yöndeki etki yüzünden, çap- çap artımı ilişkisini temsil edecek genel bir istatistik modelde, biraz daha etkin olduğu düşünülen, yalnız yarışma endeksine yer verilmesine karar verilmiştir.

Çalışmamızda, çap-çap artımı ilişkisinin biçimi doğrusal model ile tanımlanmıştır. Aynı yaşlı dışbudak meşcerelerindeki değişik çaplı bireylerden alınan veriler yardımı ile, çap artımının (i_d , mm/yıl) yaş ile ilişkisinin, bir çan eğrisi biçiminde olduğu bilinmektedir (Şekil 1). Bu ilişkinin saptanması için, her türlü çarpıklığa uyan ve çan eğrisi biçiminde bir ilişki veren 3 nolu Gamma fonksiyonu kullanılmıştır.

$$i_d = e^{\beta_0 + \beta_1 * t + \beta_2 * \ln t} \quad (3)$$

Ancak, çap- çap artımı ile çap- yarışma endeksi ilişkileri Gamma dağılımıyla temsil edilemez. Bu ilişkiler doğrusal veya parabolik olabilir. Ayrıca, belli bir yaş için $i_d = f(d, CI)$ ilişkisi doğrusal veya çok açık bir parabol biçiminde olmalıdır. $i_d = f(t)$ ilişkisi Gamma fonksiyonuyla çan eğrisi biçiminde elde edilmelidir

{ $i_d=A+f'(t)d+[B+f'(t)d]CI$ burada A ve B fonksiyon katsayılarıdır}. Bu eğrinin herhangi bir yaştaki teğeti ise, $i_d=f(d,CI)$ ilişkisini gösteren bir doğru biçiminde olmalıdır. Model 3 Taylor açılım formülü esas alınır ve ak doğrusal forma dönüştürülürse,

$$i_d = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 CI + \beta_3 dCI + \beta_4 dt + \beta_5 dt^2 + \beta_6 dt^3 + \beta_7 dt^4 + \beta_8 dtCI + \beta_9 dt^2 CI + \beta_{10} dt^3 CI + \beta_{11} dt^4 CI + \beta_{12} (d/t) + \beta_{13} (dCI)/t \quad (4)$$

biçiminde yaklaşık olarak doğrusal modele dönüştürülmüş olur.

Burada; $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{13}$ katsayılar, i_d = yıllık çap artımı (mm/yıl), d = göğüs çapı (cm), t = ağaç yaşı (yıl), CI = konu ağacın yarışma endeksi değeri ($0 \leq CI \leq 6$) olmaktadır. Bu son modele göre bulunacak kabuksuz çap artımı, kabuk faktörü ile çarpıldığında kabuklu çap artımını verecektir.

Model 4 ile belirlenen ifadenin katsayıları, örnek alanlardaki örnek ağaçlardan alınan yıllık çap artımı, çap, yaş ve yarışma endeksi ölçüleri olmak üzere dördü veri grupları halinde bilgisayarda bir veri kütüğüne işlenmiştir. Model 4'e ait katsayı ve istatistikler Çizelge 2'de verilmiştir. Çap basamaklarındaki çap artımlarının (mm/yıl) meşcere yaşı ve yarışma endeksine göre, dengelenmiş regresyon denkleminde (model 4) yararlanılarak çizilen eğriler Şekil 6' da gösterilmiştir.

Regresyon modelinin istatistikleri oldukça güven verici bulunmuştur. Modelden belirli bir yaş ve yarışma endeksine sahip ağaçların çaplarına karşılık gelen çap artımları kolaylıkla bulunabilmektedir.

Korelasyon katsayısının sıfır olma olasılığı, $t_{0.001;51}=3.496$ kritik değerinden küçük olduğu için, %0.1'den çok daha azdır. Modelin verilere uyma olasılığı $F_{0.001;1;50}= 12.293 < 16.479$ olduğundan, %0.999'dan daha büyük olan bir güven düzeyindedir.

Model 4' ten yararlanılarak, 1, 3 ve 5 yarışma endeksi ve 20-25-30-35 yaşlarına karşı gelen, çap-çap artımına ait doğrular Şekil 6' da verilmiştir. Bu doğrular, kabuklu çap artımına dönüştürülmesi durumunda, kabuk katsayısının (1.051) etkisi yüzünden, biraz daha yükselecektir.

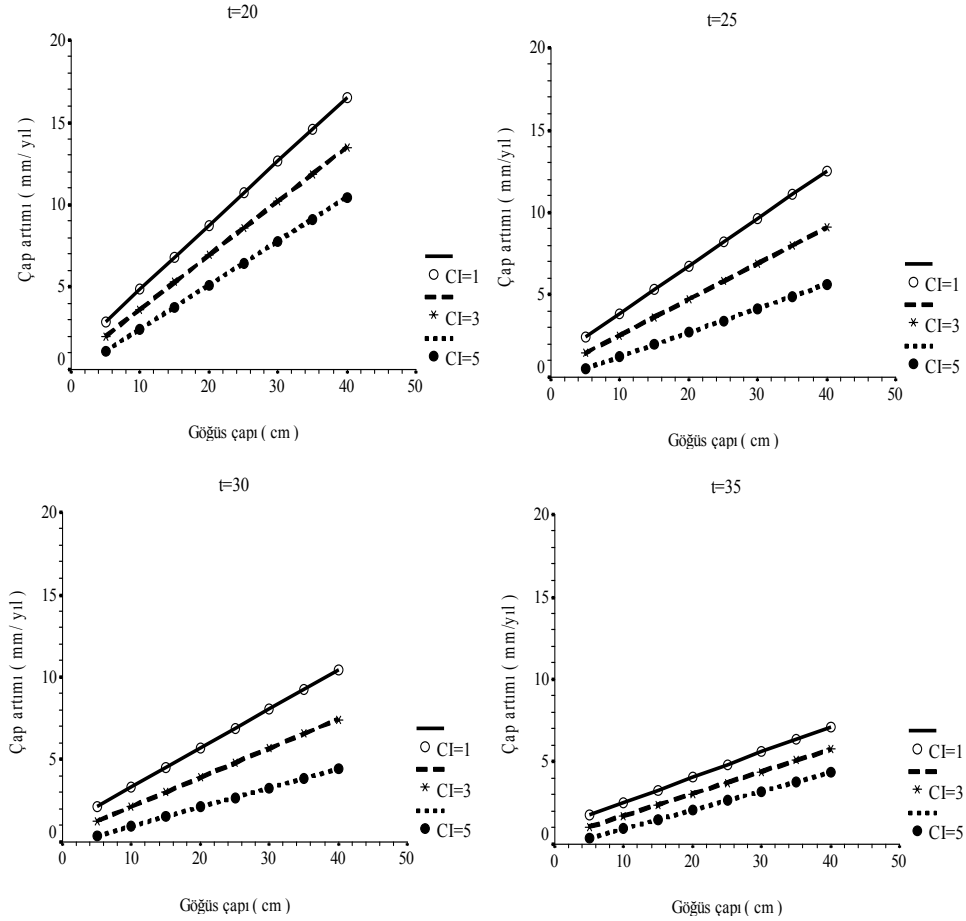
Çizelge 2. Model 4' e ait katsayı ve istatistikler.

Katsayılar			
$\beta_0 = 1.270$	$\beta_1 = -1.228$	$\beta_2 = -0.297$	$\beta_3 = 0.0^*$
$\beta_4 = 0.0^*$	$\beta_5 = 0.001$	$\beta_6 = 0.0^*$	$\beta_7 = -5.698 E-07$
$\beta_8 = -0.003$	$\beta_9 = 0.0^*$	$\beta_{10} = 0.0^*$	$\beta_{11} = 5.090 E-08$
$\beta_{12} = 24.712$	$\beta_{13} = 0.318$		
İstatistikler			
$R = 0.868^{***}$	$R^2 = 0.754^{***}$	$Se = 1.803mm$	$F_{1;50} = 16.479^{***}$
$t_{R;44} = 11.609^{***}$	$n = 53$		

*** %0.1 anlam düzeyinde önemli,

ADAPAZARI-SÜLEYMANIYE DIŞBUDAK PLANTASYONLARINDA (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) TEK AĞAÇLAR İÇİN BİR ÇAP ARTIM MODELİ

* Regresyon modelinin katsayılarının hesaplanması sırasında, SPSS bilgisayar programı tarafından önemsiz bulunmuş ve katsayıları sıfır olarak vermiştir.



Şekil 6. Çap artımlarının çap, yaş ve yarışma endeksine göre değişimi

Şekil 6'daki çap- çap artımı eğrilerinin, yarışma endeksi arttıkça eğimleri azalarak aşağıya kaydığı görülmektedir. Buna göre, iyi bonitetlerdeki (göğüs yüzeyi fazla olan) meşcerelerin eğrisinin alta ve düşük bonitetlerde (göğüs yüzeyi az olan) ise, üstte olacağını gösterir (Saraçoğlu, 1988). Aynı yaşlı genç meşcerelerde, ağaçlar arasındaki mücadelenin fazla olması nedeniyle, çap artımları arasında büyük farklar bulunur. Bu durum, doğrusal olan çap- çap artımı doğrusunun eğimini artırır.

Yaşlı meşcerelerde çap artımları arasındaki fark az olduğundan, çap- çap artımı doğrusunun eğimi düşük çıkar. Aynı yaşlı meşcerelerde, kalın çaplı ağaçlar daha galip ve ince çaplı ağaçlar da daha mağlup oldukları için, ağaçların çap artımları çapa göre doğrusal bir ilişki gösterir (Kalıpsız, 1984).

Bu model, saf dişbudak plantasyonlarında tek ağaç çap artımının tahmininde kullanılabilir. Çoğul regresyon analizine ait istatistikler Çizelge 2’de verilmiştir. Model, çap artımındaki değişimin %75’ini açıklamakta ($R^2=0.754$) ve standart hatası 1.803 mm/yıl’dır. Modelin uygunluğu için yapılan F testi %99.9 güven düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Modelde açıklanamayan %25’lik kısım, ağacın genetik özelliği, mikro yetiştirme ortamı faktörleri ve rasgele etkenlerden kaynaklanmaktadır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Adapazarı yöresi Süleymaniye dişbudak plantasyonları için tek ağaç çap artım modeli geliştirilmiştir. Çap artım modeli için, 27 örnek alanda 53 örnek ağaçtan toplanan veriler kullanılmıştır. Seçilen çap artım modelinde ağacın çapı, yarışma endeksi ve yaşı serbest değişkendir (Çizelge 2). Model, tek ağaçlarda çap artımındaki değişimin %74’ünü açıklamaktadır. Göğüs çapı, çap artımını tahminde en uygun tahmin edicidir ve en kalın çaplı ağaçlar (15-25 cm) daha fazla çap artımı yaparlar (Şekil 1). Bonitet endeksi, katsayısı negatif değerlidir. Bu da, belirli bir yaş ve meşcere göğüs yüzeyinde bonitet arttıkça çap artımlarının düşük çıkacağını gösterir (Şekil 2). Çap artımı, meşcere göğüs yüzeyinin bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Meşcerede göğüs yüzeyinin artması halinde, tek ağacın çap artımını azaltır ve ileri çap basamaklarına kaydırır (Şekil 4). Yaşın, çap artımı üzerindeki etkisi bir çan eğrisi biçimindedir. Çap artımı genç ve yaşlı meşcerelerde daha az, fakat orta yaşlarda daha fazladır. Aynı çaptaki ağaçların farklı çap artımı komşuluk ilişkileri ile de açıklanabilir. Çap artımı, yarışma endeksinin (baskı derecesinin) artması ile azalır (Şekil 4 ve 6). Çalışmamızda kurulan bu çap artım modeli, hazırlanacak simülasyon modellerinde kolaylıkla kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Akalp, T.,1983. Değişik Yaşlı Meşcerelerde Artım ve Büyümenin Simülasyonu. İ.Ü. Orm. Fak. Yayın No: 3051/327, 169s. İstanbul.
- Acatay, A.G., Pamay, B., Kalıpsız, A.,1962. Süleymaniye dişbudak ormanı, imar ve ihyası ile işletilmesi hakkında düşünceler. İ.Ü. Orm. Fak. Dergisi, 2: 38-54.
- Anonim, 2001. DPT. Ormancılık (Ağaçlandırma). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Özel İhtisas Komisyonu Raporu. DPT Yayın No: 2531/547, Ankara.
- Anonim, 2003. Adapazarı Meteoroloji İstasyonu İklim Verileri. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi, Ankara.
- Atay,İ., 1984a. Yapraklı ağaç yetiştirme önem kazanırken silvikültürel uygulamalarda daha dikkatli olalım, İ.Ü. Orm. Fak. Dergisi, 2: 13-20.
- Atay,İ., 1984b. Tali türlerimizden dişbudağın önemi ve silvikültürel özellikleri, İ.Ü. Orm. Fak. Dergisi, 3:17-32.
- Biging, G.S., Dobbartin, M., 1995. Evaluation of competition indices in individual tree growth models. For. Sci. 41: 360-377.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., 1981. Orman Ürünlerinden Faydalanma. İ.Ü. Yayın No: 297, İstanbul, 432 s.
- Çiçek, E., 2002. Adapazarı-Süleymaniye Subasar Ormanında Meşcere Kuruluşları ve Gerekli Silvikültürel Önlemler. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 138 s.
- Çiçek, E., 2004. Subasar ormanların özellikleri ve Türkiye’nin subasar ormanları, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 52 (2), 107-114.

ADAPAZARI-SÜLEYMANİYE DIŞBUDAK PLANTASYONLARINDA (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) TEK AĞAÇLAR İÇİN BİR ÇAP ARTIM MODELİ

- Çicek E., Yılmaz, M., 2002. The importance of *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxyacarpa* as a fast growing tree for Turkey, pp. 192-202. IUFRO Meeting on Management of Fast Growing Plantations. Izmit, Turkey.
- Daniels, F.R., Burkhardt H.E., Clason, T.R., 1989. A comparison of competition measures for predicting growth of loblolly pine trees. Can. J. For. Res.16: 454-466.
- Efe,A.,Alptekin, Ü., 1989. Önemli bir subasar ormanı:Haciosman. İ.Ü. Orm. Fak. Dergisi, 2:164-170.
- Ek, A.R., Monserud, R.A., 1974. Trials with program FOREST: Growth and reproduction for mixed species even or uneven-aged forest stands. pp.56-73.In: Fries, J. (Ed.). Growth models for tree and stand simulation. Royal Coll. For., Res. Notes 30, Stockholm, 379p.
- Erkan, N., 1995. Kızılcımda (*Pinus brutia* Ten.) Meşçere Gelişmesinin Simülasyonu. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 198 s.
- Günel, H.A., 1978. Tek Ağaç ve Meşçerede Artım ve Büyümenin Matematiksel Modelleri. İ.Ü. Yayın No: 2408, Fakülte No: 254, İstanbul, 141 s.
- Hegyi, F., 1974. A simulation model for managing jack pine stand. pp.74-90.In: Fries, J. (Ed.). Growth models for tree and stand simulation. Royal Coll. For., Res. Notes 30, Stockholm, 379p.
- Kalıpsız, A., 1982. Orman Hasılat Bilgisi. İ.Ü. Yayın No: 3052, Fakülte No: 328, İstanbul, 349 s.
- Kalıpsız, A.,1984. Dendrometri. İ.Ü. Yayın No: 3194, Fakülte No: 354, İstanbul, 407s.
- Kapucu, F., Yavuz,H., Gül, A.U., 1999. Dişbudak Meşçerelerinde Hacim, Bonitet Endeksi ve Normal Hasılat Tablosunun Düzenlenmesi Sonuç Raporu. K.T.Ü. Rapor no: 96.113.001.4, 46s., Trabzon.
- Munro, D.D.,1974. Forest growth models a prognosis. pp.7-21. In: Fries, J.(Ed.). Growth models for tree and stand simulation. Royal Coll. For., Res. Notes 30, Stockholm, 379p.
- Odabaşı, T., 1993: Türkiye’de Silvikültürel Uygulamaların Koşulları ve İlkeleri, 236-246. 1. Ormancılık Şurası. Tebliğler ve Ön Çalışma Grubu Raporları, Cilt 3, Seri No: 13, Yayın No: 6, 1-5 Kasım 1993, Ankara.
- Pamay, B.,1967. Demirköy- İğneada longos ormanlarının silvikültürel analizi ve verimli hale getirilmesi için alınması gereken silvikültürel tedbirler üzerine araştırmalar. O.G.M. Yayın No: 451/43, İstanbul.
- Saatçioğlu, F.,1976. Silvikültür I.Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri. İ.Ü. Yayın No: 222, İstanbul, 423s.
- Saraçoğlu, N., 1989. Yarışma endeksi ile Kızılağaç [*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A.Mey) Yalt.] periyodik çap ve kesit yüzeyi artımlarının tahmin edilmesi. Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 3: 1412-1421.
- Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz Yöresi Göknar Meşçereleinde Artım ve Büyüme, O.G.M. Yayını, 312s., Ankara.
- Sarıbaş, M., 1998. Sakarya-Süleymaniye ve Acarlar subasar ormanlarının güncel durumu, dişbudaklar üzerine dış morfolojik araştırmalar. Cumhuriyetimizin 75. yılında ormancılığımız sempozyumu. İ.Ü. Orman Fakültesi yayın no: 4187/458, 21-23 Ekim 1998, İstanbul, s.247-255.
- Spurr, S. H.,1962. A measure of point density. For. Sci: 8: 85-96.
- Sterba, H., Monserud, R.A., 1997. Applicability of the forest stand growth simulator PROGNAUS for the Austrian part of the Bohemian Massif. Ecol. Model. 98: 23-34.
- Sun,O., 1978. Bir kızılçam, (*Pinus brutia* Ten.) ağacının simülasyonu için büyüme modeli, İ.Ü. Orm. Fak. Dergisi, 1: 276-292.
- Tomé, M., Burkhardt, H.E.,1989. Distance dependent competition measures for predicting growth of individual trees. For. Sci. 35: 816-831.
- Vanclay, J.K., 1994. Modelling forest growth and yield: Applications to mixed tropical forests. CABI Publishing, New York. USA. pp.312.

Yavuz, H., Şentürk, N., 1998. Dişbudak ağaç hacim tablosunun düzenlenmesi. Cumhuriyetimizin 75. yılında ormancılığımız sempozyumu. 21-23 Ekim 1998, İstanbul, İ.Ü. Orman Fakültesi yayın no: 4187/458, s. 413-421.

Wykoff, W.R., Crookston, N.L. Stage, A.R., 1982. User's guide to the stand prognosis model. USDA Forest Serv. Intermountain Forest and Range Exp. Sta., Ogden, Utah. Gen. Tech. Rep INT-133.

Ek Çizelge 1. Çap artım modeli için test edilen yarışma endeks ve formülleri.

Araştırmacı (Yıl)	Değişken tanımı	Formül
Spurr ^a (1962)	Yarışmacılar 2 m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_1 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{D_j}{L_i} \right) \left(j + \frac{1}{2} \right) / n$
Spurr ^b (1962)	Yarışmacılar 2 m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_2 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{D_j}{L_i} \right) \left(j - \frac{1}{2} \right) / n$
Hegyi (1974)	Yarışmacılar 2 m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_3 = \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{D_j}{D_i} \right) \left(\frac{1}{DIS_{ij}} \right) \right]$
Daniels vd. (1989)	Yarışmacılar 2 m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_4 = \frac{d_i^2 n}{\sum d_j^2}$
Erkan (1995)	Yarışmacılar 2 m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiştir.	$CI_5 = \frac{d_i}{6} \sum_{j=1}^n \left(\frac{u_{ij}}{d_i + d_j} \right)$
Biging ve Dobbartin ^a (1995)	Yarışmacılar 2 m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiş ve i'nci konu ağacın boyunun %66'sından daha uzun j'inci komşu ağaçların tepe izdüşüm alanı (m ² /ha)	$CI_6 = \sum_{j=1}^n CC_j(p, h_i). TPA_j$
Biging ve Dobbartin ^b (1995)	Yarışmacılar 2 m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiş ve i'nci konu ağacın boyunun %66'sından daha uzun j'inci komşu ağaçların tepe hacmi (m ³ /ha)	$CI_7 = \sum_{j=1}^n CV_j(p, h_i). TPA_j$
Biging ve Dobbartin ^c (1995)	Yarışmacılar 2 m ² /ha açılı sayım faktörü ile seçilmiş ve i'nci konu ağacın boyunun %66'sından daha uzun j'inci komşu ağaçların tepe yüzey alanı (m ² /ha)	$CI_8 = \sum_{j=1}^n CSA_j(p, h_i). TPA_j$

Ek Çizelge 1'de yarışma endeksleri ile ilgili terimler orijinal simgelerle verilmiş ve CI: i. konu ağacın yarışma endeksi; D_j (DBH_j, d_j): yarışmacı ağacın (j) göğüs çapı, D_i (DBH_i, d_i): i. konu ağacın göğüs çapı; DIS_{ij} (L_j, L_i, L_{ij}, u_{ij}): i. konu ağaç ile j. yarışmacı ağaç arasındaki uzaklık (m); $\Pi=3.14159$ katsayı ve n: konu ağacın yarışmacı sayısını ifade etmektedir.