

PAPER DETAILS

TITLE: Tek ağaçta göğüs çap artiminin periyot süresi, yas sinifi ve sosyal sinifına göre değisimi:

Sarikamis yöresi sarıçam mescereleri örneği

AUTHORS: Burak Koparan, Onur Alkan, Serdar Carus, Yılmaz Çatal, Ramazan Özçelik

PAGES: 437-446

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4129760>

Tek ağaçta göğüs çap artımının periyot süresi, yaş sınıfı ve sosyal sınıfına göre değişimi: Sarıkamış yöresi sarıçam meşcereleri örneği

Burak Koparan^{a,*}, Onur Alkan^a, Serdar Carus^a, Yılmaz Çatal^a, Ramazan Özçelik^a

Öz: Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ekolojik ve ekonomik açıdan önemli bir ağaç türümüzdür. Bu çalışmada, sarıçamın önemli yayılış alanlarından Sarıkamış- Erzurum yöresinde periyot süresi, yaş sınıfı ve ağacın bulunduğu sosyal sınıfın tek ağaçta göğüs çapı-çap artımı ilişkisini açıklamadaki başarıları incelenmiştir. Bu amaçla yörede 67 adet örnek alanda 268 adet örnek ağaçtan Pressler artım burgusu ile göğüs yüksekliğinden birbirine dik iki artım kalemi alınmıştır. Artım kalemleri üzerinden son 1, 3, 5, 7, 10 ve 15 yıllık çap artımları (mm) ölçülmüştür. Örnek ağaçlar, yaş bakımından genç (yaş grubu- 1), orta (yaş grubu- 2) ve yaşlı (yaş grubu- 3) olmak üzere üç gruba ve Kraft sosyal sınıflarına göre ileri galip, galip, baskıda ve müşterek olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Tek ağaçta göğüs çapı- çap artımı değerleri istatistiksel açıdan aritmetik ortalama bakımından farklı olup olmadığı eşleştirilmiş *t* testi karşılaştırılmıştır. 10 yıllık periyotlardaki çap artımları kontrol grubu olarak seçilmiştir. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda tek ağaçta göğüs çapı-çap artımını ilişkisini açıklamada sosyal sınıf olarak ileri galip ve galip ağaçlar, periyot süresi olarak ise sırayla yaş grubu 1 için 10, 15 ve 7 yıllık periyotlar; yaş grubu 2 için 10, 7 ve 15 yıllık periyotlar ve yaş grubu 3 için ise 15, 10 ve 7 yıllık periyotlar daha başarılı olmuştur.

Anahtar kelimeler: Çap artımı, Periyot süresi, Sarıçam, Sosyal sınıf, Tek ağaç

Variation of diameter at breast height increment values of single tree by planning period, age class, and social class: Study case of Scots pine stands from Sarıkamış region

Abstract: Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) is an ecologically and economically important tree species. In Sarıkamış region, one of the important distribution areas of Scots pine, the effects of planning period, age class and social class of the tree on single tree diameter at breast height increment were investigated. For this purpose, two increment pens perpendicular to each other were taken from 268 sample trees in 67 sample areas with Pressler increment borer at breast height. Diameter increments (mm) for the last 1, 3, 5, 7, 10 and 15 years were measured with the help of the increment pens. The sample trees were divided into three groups as young (age group- 1), middle (age group- 2) and old (age group- 3) in terms of age and into four groups as dominant, codominant, suppressed and subdominant in terms of social class. Diameter at breast height-diameter increment values in a single tree were compared by paired *t* test. Diameter increments in 10-year periods were selected as control group. As a result of the comparison, dominant and codominant trees as social class; 10, 15 and 7-year periods for age group 1; 10, 7 and 15-year periods for age group 2; and 15, 10 and 7-year periods for age group 3 were more successful in explaining diameter increment in single tree.

Keywords: Diameter increment, Planning period, Scots pine, Social class, Single tree

1. Giriş

Ormanlar ülkemiz ve dünya için önemli doğal kaynaklardır. Ormanların biyolojik, sosyal ve teknik yönlerden çok iyi tanınması, her türlü iç ve dış ilişkilerine ait özelliklerini ve önemlerinin kavranması gerekmektedir (Saraçoğlu, 1988). Orman kaynaklarını ekonomik, ekolojik ve sosyal-kültürel açıdan maksimum fayda sağlanarak yönetilmesi gerekliliği gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda Türkiye orman amenajman planlama çalışmaları ETFOP'a göre (299 sayılı tebliğ) ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel olmak üzere bu 3 ana fonksiyona göre yapılmaktadır (OGM, 2014). Orman işletmelerinde mevcut ekonomik durumun saptanması, planlı bir şekilde işletilmek için amenajman planlarının düzenlenmesi, bu planlarda

bulunan silvikültürel müdahalelerin zamanında ve tekniğine uygun bir biçimde gerçekleştirilmesi için ormanlarda oluşacak göğüs çapı artımının gerçeğe yakın tahmin edilmesi büyük bir önem taşımaktadır (Kalıpsız, 1982; Bozkuş ve Carus, 1998; Ercanlı vd., 2007; Sönmez ve Şahin, 2008; Bahtiar ve Iswanto, 2023).

Çap artımı ağaçta büyümenin en temel göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Pukkala vd., 1998; Ju vd., 2023). Orman ağaçlarında artım belirli bir zaman aralığında farklı seviyelerde gerçekleşmektedir. Artım, genç yaşlarda hızlı olurken orta yaşlara doğru yavaşlar ve idare süresinin sonuna doğru neredeyse durma noktasına geldiği bilinmektedir (Kalıpsız, 1988; Çatal vd., 2014; Carus ve Gülden, 2014). Ağaçlarda büyüme miktarı sadece yaşa bağlı olarak değil; ağaç türü, orijini, bonitet, sıklık, toprak türü,

* Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Doğu Yerleşkesi, 32260, Isparta, Türkiye

* Corresponding author (İletişim yazarı): burakkoparan@isparta.edu.tr

Received (Geliş tarihi): 07.08.2024, Accepted (Kabul tarihi): 16.09.2024



Citation (Atıf): Koparan, B., Alkan, O., Carus, S., Çatal, Y., Özçelik, R., 2024. Tek ağaçta göğüs çap artımının periyot süresi, yaş sınıfı ve sosyal sınıfına göre değişimi: Sarıkamış yöresi sarıçam meşcereleri örneği. Turkish Journal of Forestry, 25(4): 437-446.

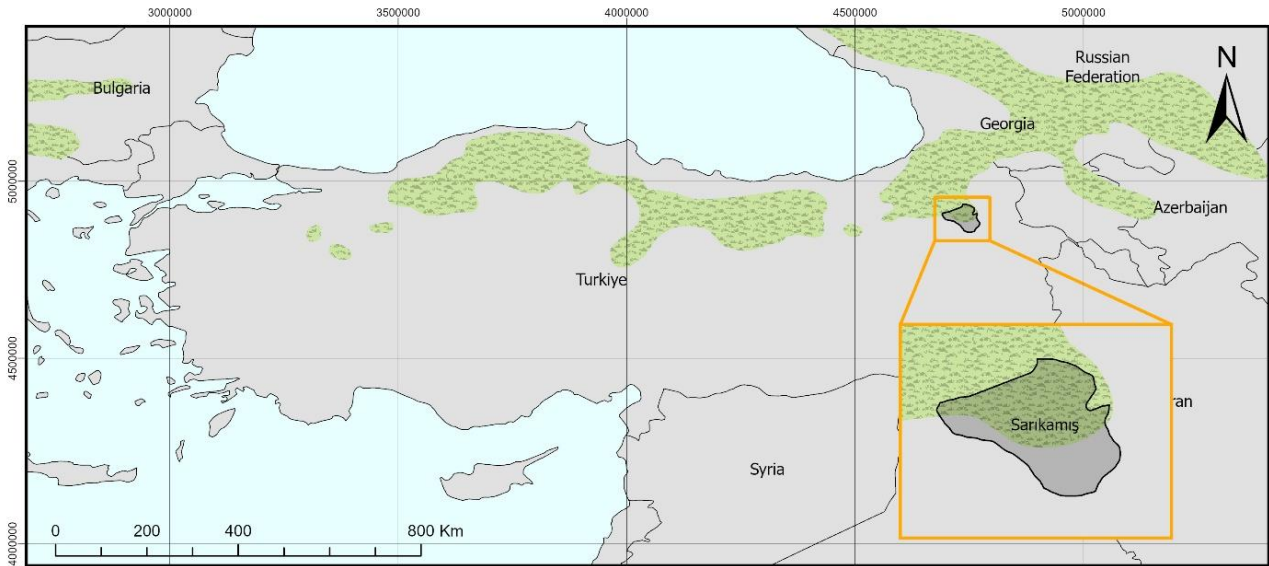
DOI: [10.18182/tjf.1529824](https://doi.org/10.18182/tjf.1529824)

silvikültürel müdahaleler ve iklim koşullarının da etkilediği bir süreç olarak bilinmektedir (Çatal ve Carus, 2011). Tek ağaçtan veya meşcereden elde edilmesi beklenen hacim artımını belirlemede, çap artımının belirlenmesi gereklidir (Kalıpsız, 1988; Hann ve Larsen, 1991; Vanclay, 1994). Meşceredeki ağaçların göğüs yüksekliğindeki çap değeri, o ağaç türü için büyüme özelliklerinin modellenmesinde en sık kullanılan değişkendir. Göğüs çapı ölçülmesi en kolay, pratik, doğruluk düzeyi yüksek ve modellemelerde en yaygın kullanılan değişkendir. Ayrıca, göğüs çapı-çap artımı ilişkisinin aynı yaşlı ormanlarda genel olarak doğrusal bir ilişki gösterdiği bilinmektedir (Kalıpsız, 1982; Çatal ve Carus, 2011; Erkan vd., 2021). Ülkemizdeki ormancılık uygulamaları genel olarak tek ağaçta çap artımı tahmininde periyot uzunluğu 10 yıllık süre esas alınmaktadır. Bunun nedeni olarak amenajman planlarının 10 yılda bir yenilenmesi ve plan ünitesinin çap artımı ve buna bağlı değişen hacim ve hacim artımlarının hesaplanmasında daha doğru olacağı düşünülmüştür (Eraslan, 1954; Karahalil vd., 2011; Çatal vd., 2014).

Ülkemizde Karadeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgesinde yayılış yapan sarıçam, artım ve büyüme özellikleri ile ortaya koyduğu ekonomik değer ve dünyada en güney yayılış yaptığı ülke olmamızdan ötürü ekolojik olarak da önemli aslı orman ağacımızdır (Çepel, 1977; Atalay, 2014; Sağlam ve Sakıcı, 2022). Sarıçam, morfolojik olarak açık tohumlular (*Gymnospermae*) alt bölümü *Coniferae* sınıfı *Pinaceae* familyasının *Pinus* cinsi içerisinde yer almaktadır. Yükselti olarak 0-2700 m yükseklikte saf ya da diğer türlerle karışık olarak yetişmektedir. 1,54 milyon ha ile toplam orman varlığımızın %6,8'lik kısmını oluşturmaktadır (OGM, 2020). Mevcut orman varlığımızı geliştirmek için fidan üretimi çalışmalarında ise her yıl 27,6 milyon adet sarıçam fidanı üretilmektedir (OGM, 2020; Nacaklı ve Gülcü, 2022).

Kafkasya, Avrupa, Sibirya ve Kuzey Asya'da yayılış yapan tür, literatürde "Scots pine" olarak da bilinmektedir. Odunsu bitkiler arasında büyük bir ekonomik değere sahip olan sarıçam, odun üretimi açısından önemli, dünya ormancılığı için de önemli bir kaynaktır (Goetz vd., 2010). Sarıçam odunu, mobilya yapımı, inşaat malzemeleri, kâğıt ve kâğıt ürünleri gibi birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır (Akkaya vd., 2020). Sarıçamın ülkemizde yayılış yaptığı alanlar ile bu alanlar dahilinde çalışmanın gerçekleştirildiği bölge Şekil 1'de verilmiştir (Euforgen, 2023).

Geçmişten günümüze kadar farklı amaçlar için hazırlanmış olan birçok hasılat araştırmasında, tek ağaçtaki çap artımını ortaya koymak ve bu ilişkileri anlamak için birçok ağaç ve meşcereye ait değişken denenerek çap artımları modellenmeye çalışılmıştır (Günel, 1978; Martin ve Ek, 1984; Atıcı, 2004; Kahrman ve Yavuz, 2012; Şad, 2014; Şahin vd., 2021; Erkan, 2022). Bu büyüme modelleri genel olarak meşcere ve tek ağaç modelleri olarak sınıflandırılmaktadır. Günümüze kadar birkaç kapsamlı ve öncü niteliğinde çalışmada tek ağaç büyüme modelleri geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak Forest (Ek ve Monserud, 1974), kızılçam (Sun, 1978), Prognosis modeli (Wykoff, 1982), Doğu ladini (Akalp, 1982), Prognaus (Sterba ve Monserud, 1997) biçiminde sıralanabilir. Tek ağaçta çap artım modelleri, mevcut ve gelecekte oluşabilecek meşcere yapılarına ışık tutabilmek için gerçekleştirilmektedir. Böylelikle daha tutarlı meşcere hacim tahmini ve daha başarılı silvikültürel teknikler uygulanabilmektedir. Bu çalışma ile Sarıkamış yöresinde yayılış yapan sarıçam meşcerelerindeki tek ağaçlarda çap-çap artımı ilişkisini açıklamak için artım kalemlerinin hangi periyot süresinde, meşcere gelişim çağında ve ağaçların sosyal sınıfının etkisi incelenmiştir.



Şekil 1. Sarıçamın ülkemizde doğal yayılış haritası ve çalışma alanı

Figure 1. Distribution map and study area of natural Scots pine in Turkey

2. Materyal ve yöntem

2.1 Materyal

Çalışmamızda kullanılan veriler Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı, Sarıkamış Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde yer alan aynı yaşlı, saf ve doğal yoldan gelmiş sarıçam meşcerelerinden elde edilmiştir. Veri toplanırken örnek alanlarda bulunan ağaçların farklı meşcere gelişim çağları ve çeşitli ağaç sosyal sınıflarını temsil etmesine özen gösterilmiştir. Bu amaçla 67 adet örnek alandan veri toplanmıştır. Örnek alan büyüklükleri meşcere gelişim çağlarına göre 400, 600 ve 800 m² olarak değişen büyüklüklerde alınmıştır. Alanlar ılımlı alçak aralama ile silvikültürel müdahaleler görmüştür. Her bir örnek alanda Kraft'ın ağaç sosyal sınıfları (ağaçların sosyal mevki sınıflarının (taç tabakası sınıflarının)) göz önünden bulundurularak 4'er ağaç, örnek ağaç olarak seçilmiştir (Eichhorn vd., 2016). Meşceredeki tepe tacı ve boy durumlarına göre Kraft'ın sosyal sınıflandırması baz alınarak tanımlanan İleri galip, Galip, Baskıda ve Müsterek olmak üzere dört farklı sosyal sınıfa ayrılmıştır. İleri galip (dominant) sınıf normalden daha fazla gelişmiş olanlara, galip (co-dominant) sınıf genel olarak meşcereyi temsil eden ve iyi gelişmiş tepelere sahip olan bireyleri, baskıda (suppressed) sınıf ise cılız ve meşceredeki diğer ağaçlar tarafından sıkıştırılmış olan bireyleri, müsterek (subdominant) sınıf ise galip ağaçlar kadar tepe gelişimi olmayan ağaçlar olarak tanımlanmaktadır. Seçilen örnek ağaçların göğüs yüksekliğindeki çapları elektronik çap ölçer yardımıyla 0.01 cm hassasiyetle birbirine dik iki ölçümün ortalaması alınarak ölçülmüştür (Kershaw vd., 2016). 268 adet ağaca ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çalışmada 67 adet örnek alanda yer alan 268 örnek ağaçlardan toplam 536 adet artım kalemi alınmıştır. Artım kalemleri Pressler artım burgusu yardımı ile ağaç gövdesine dik, karşılıklı iki yönden ve ağacın özünden geçecek şekilde alınmıştır. Veri toplama işlemleri Sarıkamış yöresinde vejetasyon süresinin bitimi olan Eylül ayının başında gerçekleştirilmiştir. Bu sayede örnek ağaçların bahar ve yaz odunları ile yıllık artım miktarları net bir şekilde gözlemlenebilmiştir. Göğüs çapının çap artımı ile ilişkisi aynı yaşlı ormanlarda doğrusal bir ilişki göstermekte ve bu ilişki $id = f_0(t) + f_1(b) * d_{1.30}$ denklem ile doğrusal bir modelle ifade edilmektedir (Kalıpsız, 1988). Artım miktarlarını ölçme ve periyot sürelerini belirlemek için seçilen örnek artım kalemleri Şekil 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Örnek ağaçlara ait tanımlayıcı istatistikler (n=268)
Table 1. Descriptive statistics of sample trees (n=268)

Değişkenler	Min.	Maks.	Ortalama	Standart sapma
<i>d</i> (cm)	8.20	38.40	23.20	6.62
<i>t</i> (yaş)	20.00	100.0	57.73	27.56
Artım miktarı (mm/yıl)	0.90	4.80	2.55	0.38

d, göğüs çapı; *t*, ağaç yaşı, SD, Standart sapma



Şekil 2. Örnek ağaçlardan alınan artım kalemlerinden bazıları
Figure 2. Some of the increment pens taken from sample trees

2.2. Yöntem

Periyot sürelerini ölçmek için artım kalemleri büroda mikroskop yardımıyla incelenmiş ve cetvel ile milimetre cinsinden ölçülmüştür. Her bir örnek için iki artım kaleminden elde edilen verilerin, aritmetik ortalaması alınarak ilgili periyot sürelerindeki periyodik ortalama artımları tespit edilmiştir. Elde edilen 1, 3, 5, 7, 10 ve 15 yıllık artım miktarları, periyot sürelerine bölünerek periyodik ortalama çap artım miktarları hesaplanmıştır. Artım kalemlerinin farklı periyot sürelerine göre artım kalemlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Farklı periyot sürelerine göre artım kalemlerine ait tanımlayıcı istatistikler (n=268)
Table 2. Descriptive statistics of increment pens according to different period durations (n=268)

Periyot Süresi	Minimum	Maksimum	Aritmetik ortalama	Standart sapma	Varyasyon katsayısı
P1	0.90	1.30	1.01	0.081	0.69
P3	1.17	2.47	1.73	0.262	3.93
P5	1.58	3.78	2.52	0.389	5.95
P7	2.00	4.20	3.00	0.466	6.70
P10	2.10	4.54	3.26	0.512	8.01
P15	2.48	4.80	3.79	0.477	5.99

P1,P3,P5,P7,P10 ve P15 sırasıyla 1,3,5,7,10 ve 15 yıllık periyot süresindeki ortalama yıllık çap artım miktarları

Artım kalemleri üzerinden yapılan ölçümler sonucunda elde edilen periyodik ortalama artım değerleri ile örnek ağaçların göğüs çapı arasındaki ilişki Şekil 3'te verilmiştir. Burada görüldüğü üzere çap ile periyodik ortalama çap artımı arasında ilişki ortaya konmuştur. Bu ilişkiyi daha detaylı anlayabilmek ve farklı yaş ve sosyal sınıflardaki artım miktarlarını bulmak için çeşitli sınıflandırmalar ve regresyon denklemleri elde edilmiştir. Göğüs çapına göre çap artımında yaşanan değişimin geniş bir varyasyon gösterdiği görülmektedir. Ortaya çıkan 0,69 ile 8,01 arasında değişen varyasyon katsayısına, artım kalemi alınan ağaçların değişik yaş ve sosyal sınıflardaki ağaçlardan seçilmesinin büyük etkisi bulunmaktadır.

Sarıkamış yöresinde yayılış yapan doğal ve saf sarıçam meşcereleri ilk önce üç yaş grubuna ayrılmıştır. Bu yaş grupları ise 1. Yaş grubu $20 \leq t \leq 50$ yaş aralığında, 2. Yaş grubu $51 \leq t \leq 80$ yaş aralığında ve $t \geq 81$ olanlar ise 3 numaralı yaş grubunu oluşturmuşlardır. Alınan örnek ağaçların içerisinde 29 adet 1. yaş gurubundan, 19'ar adet ise 2. ve 3. yaş gruplarında örnek ağaçlar bulunmaktadır. Tüm veri seti için regresyon denklemleri, parametre tahminleri ve korelasyon katsayıları verilmiştir. Tüm veri seti için sadece farklı periyot sürelerini incelediğimiz taktirde oluşan göğüs çapı ile çap artım miktarı arasındaki istatistiksel ilişkiyi açıklayan regresyon denklemleri Çizelge 3'te verilmiştir.

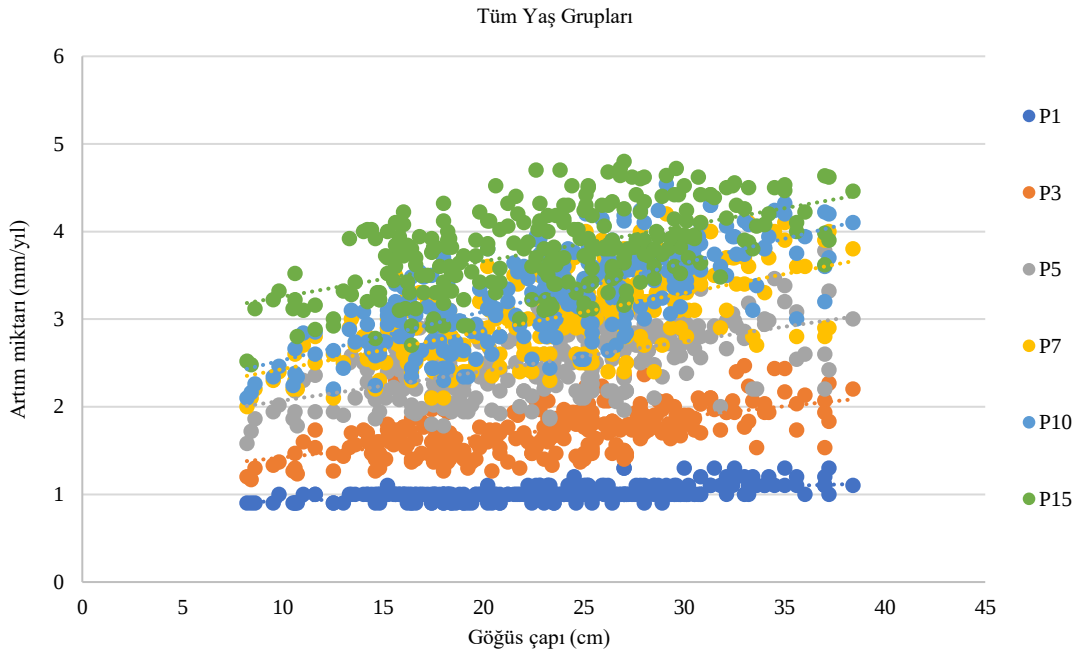
Eraslan (1954), yıllık çap artımı yaş, silvikültürel müdahale ve iklim koşullarına bağlı olarak yıldan yıla büyük değişim gösterdiğini bildirmiştir. Bu değişimin %36'ya varan oranlarda olduğu bildirilmiştir. Loetsch (1952), yıllık çap artımının hesaplanacağı optimum periyot süresi uzunluğunun 5 yıldan az ve 10 yıldan fazla olmaması gerektiğini bildirmiştir. Verilerin değerlendirilmesi ve istatistik analizlerin yapılması için örnek alanlardan elde edilen veriler Microsoft Office Excel 2013 paket programı kullanılarak düzenlenmiştir (Excel, 2007). Farklı sosyal sınıfların göğüs çapı ile periyot sürelerindeki değişimleri ise Python yardımı ile Matplotlib ve Pandas kütüphaneleri kullanılarak çizgi grafikleri çizdirilmiştir (Python Software Foundation, 2024). SPSS Ver. 22.1 istatistik paket programı ile veri grupları her bir periyot için en küçük kareler yöntemi kullanılarak regresyon katsayıları belirlenmiştir (SPSS, 2019). Farklı grupların aritmetik ortalamalarının farklarını karşılaştırılması için eşleştirilmiş *t* testi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla orman hasılat çalışmaları ve literatürde sıklıkla önerilen 10 yıllık periyot ölçümünü baz alarak 10 yıllık periyot ile diğer periyot sürelerindeki periyodik ortalama artım miktarları, aynı örneklem üzerinde farklı periyotlardaki çap artımı miktarlarının ortalamalarını analiz etmek için eşleştirilmiş *t* testi uygulanmıştır. Burada 10 yıllık periyot süresinin artım miktarları kontrol grubu seçilme sebebi ülkemizde birçok hasılat ve amenajman çalışmasında 10 yıllık periyodun referans (temel) olmasındandır.

Çizelge 3. Tüm veri için regresyon denklemi katsayıları ve r^2 değerleri

Table 3. Regression equation coefficients and r^2 values for all data

Periyot süresi	Denklem	r^2
P1	$y = 0.8555 + 0.0069x$	0.306
P3	$y = 1.1889 + 0.0233x$	0.321
P5	$y = 1.7336 + 0.0337x$	0.341
P7	$y = 1.998 + 0.0433x$	0.379
P10	$y = 1.9787 + 0.0554x$	0.498
P15	$y = 2.8528 + 0.0404x$	0.309

y: artım miktarı (mm), x: göğüs çapı (cm)



Şekil 3. Göğüs çapına göre çap artım miktarlarının dağılımı (n=268)

Figure 3. Distribution of diameter increments according to diameter at breast height (n=268)

3. Bulgular ve tartışma

1. Yaş grubuna ait farklı periyot sürelerinde periyodik ortalama artım miktarları Şekil 4'te verilmiştir.

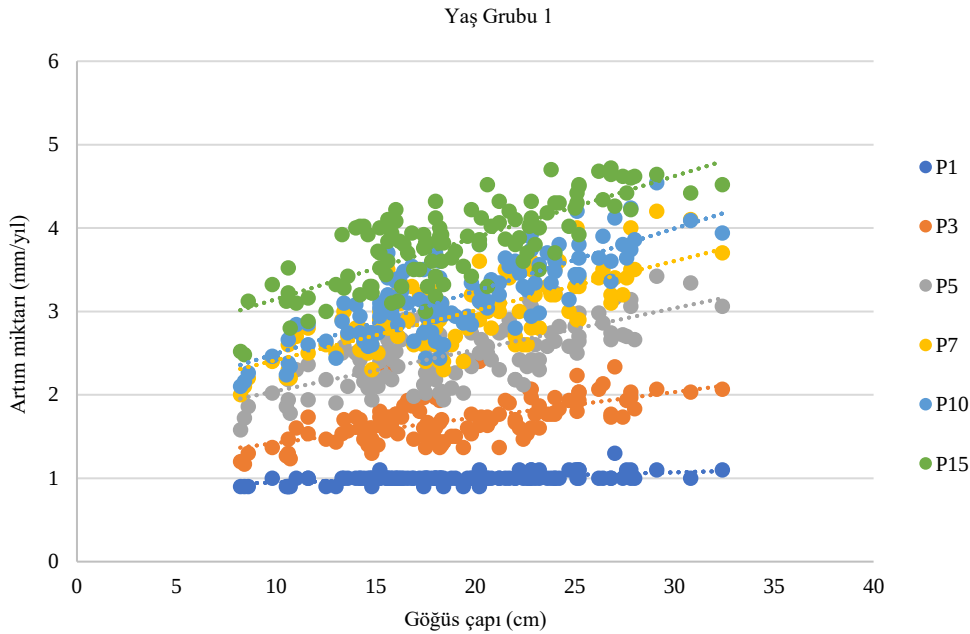
Kraft ağaç sosyal gövde sınıflandırmasına göre 1. yaş grubu içerisindeki ağaçlarda periyodik ortalama çap artımları çizgi grafikleri ile Şekil 5'te verilmiştir. 1. yaş grubu için farklı periyot sürelerinde periyodik ortalama artım miktarlarının göğüs çapı ile ilişkisini anlamak için geliştirilen regresyon denklemleri ve r^2 değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Burada en yüksek r^2 değeri periyot 10 grubundan elde edilmiştir. 10 yıllık periyodu ise sırayla P15, P7 ve P5 takip etmektedir. Yaş grubu 1 olan ağaçlar bu çalışmadaki en genç yaştaki ağaçlardan oluşmaktadır. Bu ağaçların çap dağılımı geniş bir varyasyon göstermektedir. Genç yaşlarda çap artımı göğüs çapı ile doğrusal bir ilişki göstermektedir. Göğüs çapı ile çap artımlarının farklı periyot sürelerindeki korelasyon incelendiğinde en yüksek korelasyon 10, 15 ve 7 yıllık periyotlar olarak bulunmuştur. Çizgi grafikleri 10, 15 ve 7

yıllık periyotlarda incelendiği zaman genç yaş grubunda 10 yıllık artım miktarları ileri galip sınıfta 2,6 mm ile 4,2 mm arasında değişmektedir. 15 yıllık periyotta ise 2,9 mm ile 4,7 mm arasında değişen artım miktarları 7 yıllık periyotta ise 2,5 ile 4,0 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Genel olarak göğüs çapı arttıkça çap artım miktarları 15, 10 ve 7 yıllık periyotlarla artmaktadır. Yaş grubu 1 için ileri galip ve galip ağaçların göğüs çapı artımı ile çap artımlarının 10 yıllık periyot ile 7 ve 15 yıllık periyotların homojen dağılım gösterdiği, baskıda ağaçlarda bu durumun karmaşıklaştığı görülmektedir.

2. Yaş grubuna ait farklı periyot sürelerinde periyodik ortalama artım miktarları Şekil 6'da verilmiştir. Burada yine göğüs çapı artımı ile artım miktarları doğrusala yakın bir dağılım göstermektedir.

Yaş grubu 2 içindeki farklı periyot sürelerinde periyodik artım miktarları ile göğüs çapı arasındaki ilişkiyi açıklayan regresyon denklemleri ve r^2 değerleri ise Çizelge 5'te, Yaş grubu 3 için ise Çizelge 6'da verilmiştir.



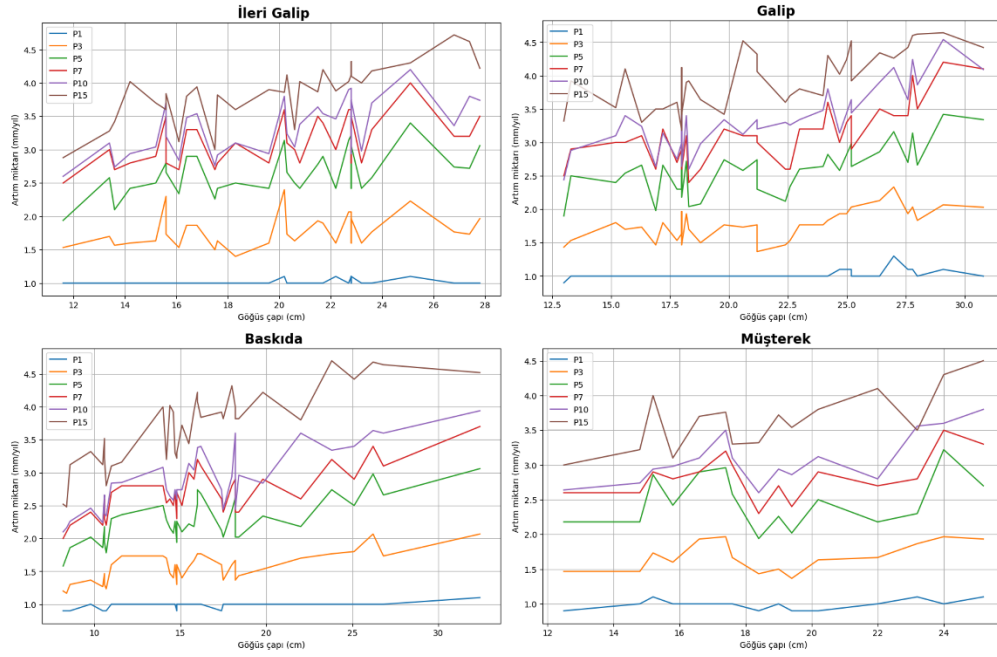
Şekil 4. Yaş grubu 1 için periyodik ortalama artım miktarları ile göğüs çapı arasındaki ilişki (n=116)

Figure 4. Relationship between periodic average increments and diameter at breast height for age group 1 (n=116)

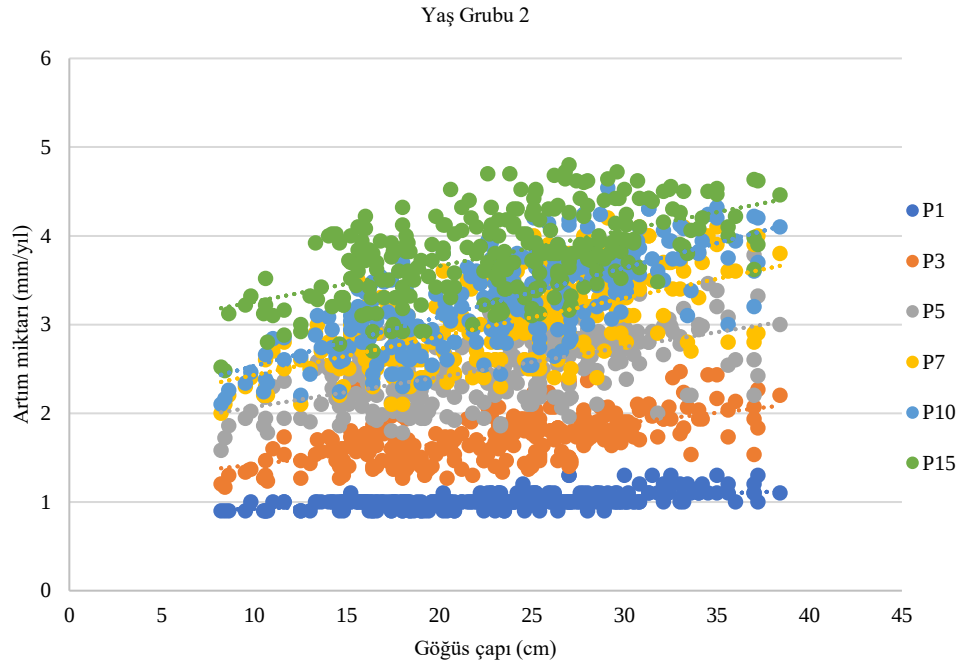
Çizelge 4. Yaş grubu 1 için regresyon denklemi katsayıları ve r^2 değerleri

Table 4. Regression equation coefficients and r^2 values for age group 1

Periyot süresi	Denklem	r^2
P1	$y = 0.8875 + 0.0061x$	0.306
P3	$y = 1.1166 + 0.0305x$	0.409
P5	$y = 1.5468 + 0.0497x$	0.442
P7	$y = 1.833 + 0.0594x$	0.509
P10	$y = 1.7434 + 0.075x$	0.625
P15	$y = 2.4103 + 0.0737x$	0.608



Şekil 5. Yaş grubu 1 için farklı sosyal sınıftaki ağaçların periyodik ortalama artımların radar grafiği
Figure 5. Line plot of periodic average increments of trees in different social classes for age groups 1



Şekil 6. Yaş grubu 2 için periyodik ortalama artım miktarları ile göğüs çapı arasındaki ilişki (n=76)
Figure 6. Relationship between periodic average increments and diameter at breast height for age group 2 (n=76)

Çizelge 5. Yaş grubu 2 için regresyon denklemi katsayıları ve r^2 değerleri
Table 5. Regression equation coefficients and r^2 values for age group 2

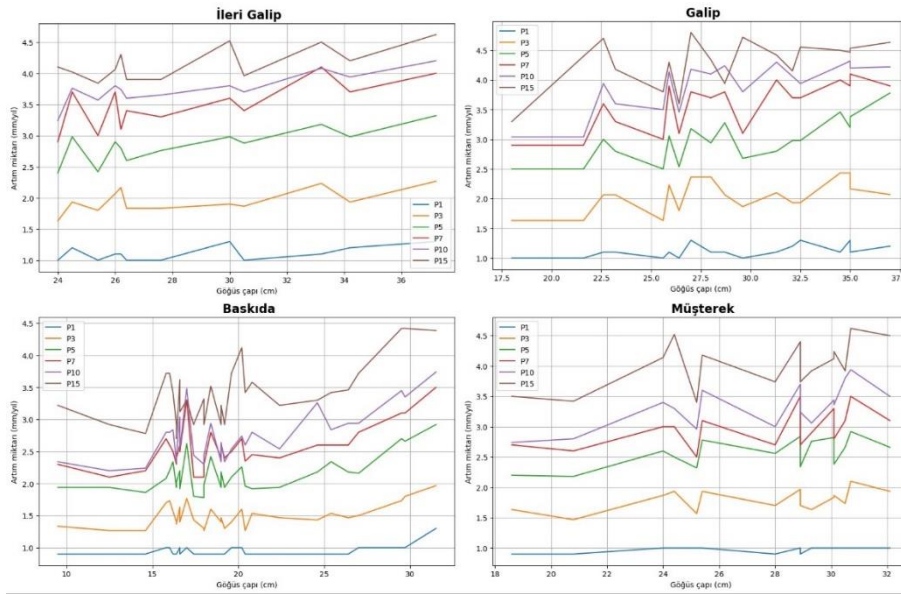
Periyot süresi	Denklem	r^2
P1	$y = 0.7141 + 0.0122x$	0.432
P3	$y = 0.8686 + 0.0360x$	0.545
P5	$y = 1.0876 + 0.0586x$	0.600
P7	$y = 1.268 + 0.0715x$	0.622
P10	$y = 1.253 + 0.0828x$	0.691
P15	$y = 2.1552 + 0.0690x$	0.612

Yaş grubu 2’de örnek ağaçlarda ise göğüs çapı ile farklı periyot sürelerinde artım miktarlarında en yüksek korelasyon sırayla 10, 7 ve 15 yıllık periyotlarda bulunmuştur. Bu grup için 10 yıllık periyodik ortalama miktarı ölçümü ile %69 oranında göğüs çapı ile ilişki açıklanabilmektedir. Çizgi grafikleri ise yaş grubu 1 ile yakın dağılımlar göstermiştir. Şekil 7’de görüldüğü müsterek grubunda heterojen dağılım gerçekleşmiştir. Yaş grubu 2 için örnek ağaçların çap dağılımları ise 9,50 ile 37,20 cm aralığında geniş bir varyasyona sahiptir.

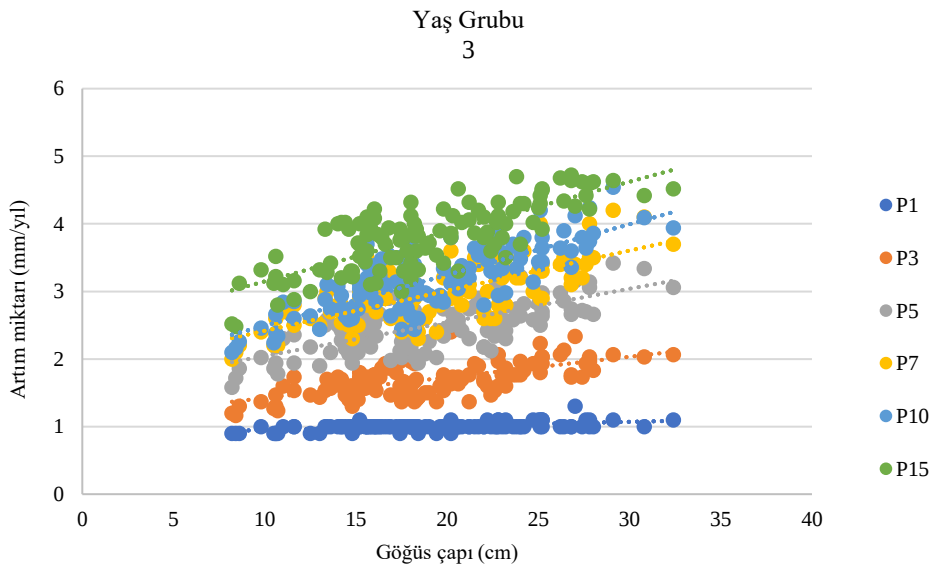
Yaş grubu 3 ise ağaç yaşlarının artık idare sürelerinin sonuna doğru yaklaştığı diğer gruplara göre yaşlı sınıftaki ağaçlardan oluşmaktadır (Şekil 8). Burada yine göğüs çapı ile periyodik ortalama çap artımı arasındaki ilişki incelendiğinde en yüksek korelasyon sırayla 15, 10 ve 7 yıllık periyotlarda bulunmuştur. Şekil 9’da ise Yaş grubu 3 için farklı sosyal sınıflardaki periyodik ortalama artımları verilmiştir. Bu

gruptaki periyodik ortalama çap artımları için en düşük değer 0,90 cm, en yüksek periyodik ortalama çap artımı ise 4,46 cm olarak bulunmuştur. Yaş grubu 3 için çap dağılımları ise 21,80 ile 38,40 cm aralığında diğer gruplara göre daha dar bir varyasyona sahiptir. Burada yaşı ilerleyen bazı ağaçlarda periyodik çap artımının artan bir eğriden durağan bir eğriye dönüştüğü de gözlemlenmektedir.

İki eşleştirilmiş değerlerin karşılaştırılmasında parametrik testlerden biri olan farkın önemlilik testi (eşleştirilmiş *t*-testi) kullanılmıştır. Bu test ile değerlerin birbirine göre farklı olup olmadığını test etmek için 10 yıllık periyodik ortalama çap artımına ait değerler kontrol değişkeni olarak kullanılmış ve diğer periyodik ortalama artımlar ile ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonuçları Çizelge 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Yaş grubu 2 için farklı sosyal sınıftaki ağaçların periyodik ortalama artımların çizgi grafiği
Figure 7. Line plot of periodic average increments of trees in different social classes for age groups 2



Şekil 8. Yaş grubu 3 için periyodik ortalama artım miktarları ile göğüs çapı arasındaki ilişki (n=76)
Figure 8. Relationship between periodic average increments and diameter at breast height for age group 3 (n=76)

Çizelge 6. Yaş grubu 3 için regresyon denklemi katsayıları ve r^2 değerleriTable 6. Regression equation coefficients and r^2 values for age group 3

Periyot Süresi	Denklem	r^2
P1	$y = 0.772 + 0.0091x$	0.241
P3	$y = 0.9483 + 0.0285x$	0.274
P5	$y = 1.7318 + 0.083x$	0.146
P7	$y = 1.9119 + 0.0403x$	0.339
P10	$y = 2.0137 + 0.0483x$	0.375
P15	$y = 2.2077 + 0.0524x$	0.450

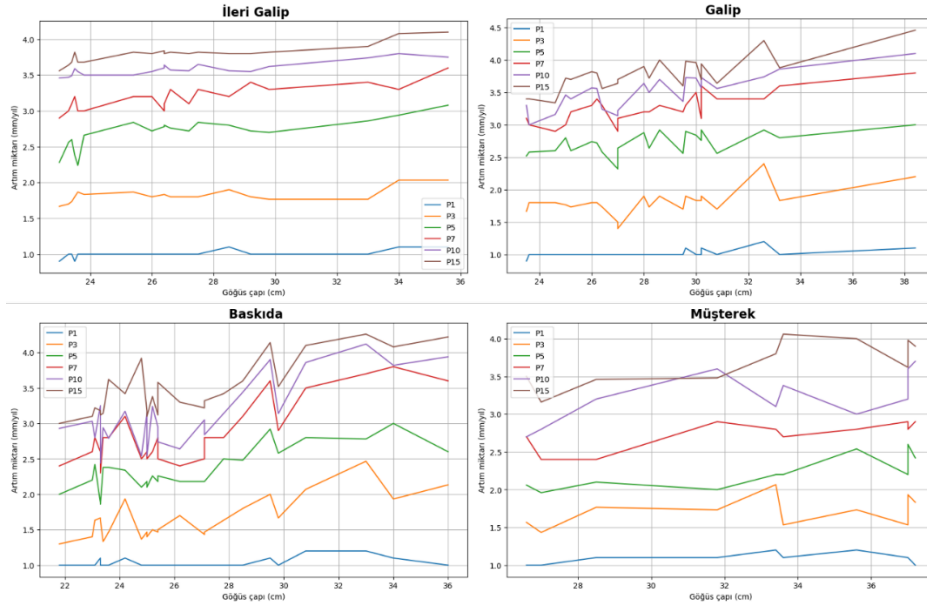
Şekil 9. Yaş grupları 3 için farklı sosyal sınıftaki ağaçların periyodik ortalama artışlarının çizgi grafiği
Figure 9. Line plot of periodic average increments of trees in different social classes for age groups 3Çizelge 7. Farklı yaş grupları ve tüm veri seti için periyot süresi ve kontrol değerlerine ilişkin eşleştirilmiş t testi sonuçları ile karşılaştırılması

Table 7. Paired t-test results and comparisons related to period duration and control values for different age groups and the entire dataset

Veri	Eşleştirme	Ortalama	SD	Korelasyon (r)	t - değeri
Yas Grubu 1 ($n = 116$)	P1-P10	2.116	0.460	0.630	50.722
	P3-P10	1.472	0.306	0.865	51.861
	P5-P10	0.677	0.229	0.892	31.881
	P7-P10	0.217	0.192	0.922	12.173
	P15-P10	-0.643	0.378	0.707	-18.341
Yas Grubu 2 ($n = 76$)	P1-P10	2.294	0.540	0.789	37.017
	P3-P10	1.548	0.360	0.930	37.482
	P5-P10	0.767	0.261	0.933	25.530
	P7-P10	0.264	0.205	0.960	12.872
	P15-P10	-0.560	0.383	0.850	-14.746
Yas Grubu 3 ($n = 76$)	P1-P10	2.340	0.371	0.266	55.053
	P3-P10	1.620	0.257	0.760	54.950
	P5-P10	0.842	0.245	0.769	29.954
	P7-P10	0.326	0.204	0.852	13.915
	P15-P10	-0.310	0.243	0.776	-11.130
Tüm Veri ($n = 268$)	P1-P10	2.252	0.262	0.642	79,015
	P3-P10	1.536	0.388	0.870	79,866
	P5-P10	0.749	0.461	0.881	48,693
	P7-P10	0.261	0.515	0.925	21,764
	P15-P10	-0.525	0.478	0.742	-20,996

SD: Standart Sapma, n: örnek sayısı.

Tüm t değerleri $p < 0,001$ düzeyinden anlamlı sonuçlar üretmiştir. Tüm incelenen gruplarda istatistiksel açıdan farklılık bulunmuştur. Yani sonuçlar istatistiksel olarak farklılıklar göstermiştir. Buna karşın gruplar da örneğin ileri galip ağaçlarda en yüksek korelasyon, yaş grubu 1 için P7 ile P10 arasında %92 oranında olmuştur. Bu iki grup arasındaki t değeri ise yaş grubu 1 içindeki en düşük t değeri olup, bu değer 12 olarak bulunmuştur. P15 ise t değeri -18,34 olarak bulunmuştur. Farklılık 0.217mm'den -0,643 değerine yükselmiş (mutlak olarak) ve kısaca aritmetik ortalama farklılığı da artmıştır. Diğer gruplarda da yaş grubu 1'e benzer t değerleri ortaya çıkmıştır. Ülkemizde kızılçamda tek ağaçta artım miktarının ölçüldüğü periyot süresi ile 10 yıllık periyot süresini baz alan çalışmada 10 yıllık periyot süresi ile 1, 3, 5, 7 ve 15 yıllık periyot sürelerinin t değerleri sırayla; -8.67, -7.62, 4.05, 7.36 ve -11.15 olarak bulunmuştur (Çatal vd., 2014). Bu sonuçlar ile karşılaştırıldığında grupların aritmetik ortalaması da farklılaştığı belirtilmiş, bir miktar daha aritmetik ortalama farklılığı azaldığı (istatistiksel açıdan aritmetik ortalaması farklı gruplar oluşturduğu) ve farklı yaş grupları ve sosyal sınıflardaki bireylerde periyot süresinin tek ağaçta çap artımını açıklamada başarısı değişmektedir. Yapılan analizler sonucunda Sarıkamış yöresinde sarıçam ağaçlarında 7 ve 15 yıllık periyot sürelerinin 10 yıllık süre ile karşılaştırması sonucu ortaya çıkan t değerlerinin 0'a yakınlığı nedeniyle uygulamada da kullanılabileceğini göstermiştir. Tüm veri seti ve üç farklı yaş grubu için sonuçlar incelendiğinde ise periyodik artım miktarlarının korelasyonu P10 ile P7 ve P10 ile P15 arasında yüksek korelasyonlar üretmiştir. Burada yaş grubu 1 için 10, 15 ve 7 yıllık periyotları, yaş grubu 2 için 10, 7 ve 15 yıllık periyotların ve yaş grubu 3 için ise 15, 10 ve 7 yıllık periyotlarda çap artımı ölçme işleminin tek ağaç üzerindeki artım miktarını tespit etmekte daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Sosyal sınıflar için ise yaş grubu 1 hariç ileri galip ve galip ağaçların çap artımını yansıtmak en başarılı sosyal sınıf olduğu, müşterek ağaçların tüm yaş gruplarında baskıdaki ağaçlardan daha iyi sonuçlar ürettiği görülmektedir.

4. Sonuç ve öneriler

Bu çalışma ile Sarıkamış yöresinde yayılış yapan aynı yaşlı saf ve doğal yoldan gelmiş sarıçam meşcerelerinde tek ağaç üzerinde çap artım değerinin farklı periyot sürelerinin ve ağaçların meşceredeki sosyal sınıflarının etkisi incelenmiştir. Tek ağaç üzerinde çap artımına; periyot süresi, meşcere kuruluşu ve ağaçların sosyal sınıflarının etkisi Meyer ve Nelson (1952) enterpolasyon yönteminde vurgulanmıştır. Kalıpsız (1988) ise göğüs çapı-çap artımı ilişkisini tanımlarken meşcere yaşı, bonitet, meşcerede ağaçların sosyal sınıflarının ve sıklığın dikkate alınmamasının hacim artımı hesabında yanlışlıklara neden olabileceğini bildirmiştir.

Çalışmada tüm yaş grupları arasında göğüs çapı ile periyodik artım arasındaki en yüksek korelasyon sırayla P10, P7, P5 olurken tüm yaş grupları içinde P7 daha iyi sonuçlar vermiştir. 5 yıllık periyot süresi verileri farklı yaş gruplarına ayrıldığında P7, P10 ve P15'e göre daha düşük korelasyon göstermektedir. Tüm yaş gruplarında r^2 değerleri P7, P10 ve P15 için sırayla 0,379, 0,498 ve 0,306 çıkmıştır. Verileri yaş gruplarına ayırdığımız zaman yaş grubu 1 için R^2 değerlerinde P7, P10 ve P15 için sırayla 0,509, 0,625 ve 0,608 değerlerine yükselmiştir. Genç yaştaki meşcerelerdeki

tek ağaçlarda periyodik ortalama artım miktarının göğüs çapını açıklamada en başarılı periyot 10 yıllık periyot olmuştur. Yaş grubu 2'de ise r^2 değerleri P7, P10 ve P15 için sırayla 0,622, 0,691 ve 0,612 olmuştur. Yine belirli bir yaş aralığında ölçümün daha sağlıklı sonuçlar verdiği, fakat yaş grubu 2 için P7 ile P15 neredeyse aynı oranda başarılı sonuçlar vermiştir. Yaş grubu 3 için ise en yüksek r^2 değerini P15 verirken, onu sırayla P10 ve P7 takip etmiştir. Yaşlı ağaçlarda uzun süreli periyot ölçümünün daha sağlıklı sonuçlar vereceği görülmüştür. Tüm yaş gruplarında 1,3 ve 5 yıllık periyot süreleri k 7, 10 ve 15 yıllık periyot sürelerine göre düşük performans göstermiştir. Periyot süresinin artması, çap-çap artımı ilişkisini açıklamada daha başarılı olmuştur ancak bunun için optimum periyot süresini belirlemek gerekmektedir. Sosyal sınıfların etkisi ise ileri galip ve galip ağaçların tüm yaş gruplarında en iyi sonuçları verdiği, müşterek ağaçların ise tüm yaş gruplarında baskıdaki ağaçlardan daha anlamlı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bu çalışmanın sonucunda Sarıkamış yöresi aynı yaşlı saf sarıçam meşcerelerinde genç ve orta yaşlı meşcereler için öncelikle 10 yıllık periyodun, daha sonra 7 yıllık periyotların, yaşlı meşcereler için ise 15 ve 10 yıllık periyotların tek ağaçta artım miktarını belirlemek için ölçüm süresinin uygun periyotlar olduğu sonucuna varılmıştır. Ağaçların sosyal sınıfları için ise ileri galip ve galip ağaçların yaş grubu 1'de, yaş grubu 2 ve 3'te ise müşterek dışındaki diğer sosyal sınıflar olan ileri galip, galip ve baskıda ağaçların sırayla daha tutarlı ölçüm sonuçları verdiği görülmüştür. Böylelikle Sarıkamış yöresinde çap artımı tahmini işlemlerinde farklı yaş gruplarındaki ağaçlardaki periyot sürelerinin ve sosyal sınıfların etkileri, araştırmacılar ve uygulayıcılar için referans olabilecektir.

Kaynaklar

- Akalp, T., 1982. Orman hasılatı ve biyometri kürsüsünde hızlı gelişen türler üzerinde yürütülmüş araştırmalar. Türkiye'de Hızlı Gelişen Türlerle Endüstriyel Ağaçlandırmalar Sempozyumu, 21-26 Eylül, Çanakkale, s. 231-237.
- Akkaya, M., Ok, K., Koç, M., Akseki, İ., Akkaş, M.E., 2020. Türkiye'de ithal odun hammaddesinin sektörel kullanımı. Turkish Journal of Forestry, 21(3): 279-293.
- Atalay, I., 2014. Forest composition changes with competition in the northern part of Turkey. European Scientific Journal, 2: 364.
- Atıcı, E., 2004. Tek ağaç artım ve büyüme verilerinin bilgisayar destekli istatistik analizi (Govan). Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 53(2): 37-56.
- Bahtiar, E.T., Iswanto, A.H., 2023. Annual tree-ring curve-fitting for graphing the growth curve and determining the increment and cutting cycle period of sungkai (*Peronema canescens*). Forests, 14(8): 1643.
- Bozkuş, H.F., Carus, S., 1998. Toros Göknaarının (*Abies cilicica* Carr.) Saf ve Sedir (*Cedrus libani* Rich.) ile karışık meşcerelerinde artım silvikültür ilişkileri. Cumhuriyetimizin 75. yılında Ormancılığımız Sempozyumu, 21-23 Ekim, İstanbul, s. 387-397.
- Carus, S., Gülden, Y., 2014. Ağlasun yöresi kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ağaçlandırmalarında tek ağaçlarda çap artımının modellenmesi. Turkish Journal of Forestry, 15(2): 102-107.
- Çepel, N., 1977. Türkiye'nin önemli yetişme bölgelerindeki saf sarıçam ormanlarının gelişimi ile bazı edafik ve fizyografik etkenler arasındaki ilişkiler. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 26(2): 25-64.
- Çatal, Y., Carus, S., 2011. Effect of pine mistletoe on radial growth of Crimean pine (*Pinus nigra*) in Turkey. Journal of Environmental Biology, 32(3): 263.

- Çatal, Y., Carus, S., Özçelik, R., Alkan, O., 2014. Tek ağaçta çap artımı üzerinde artımın ölçüldüğü periyot süresi ve meşcere sıklığının etkisinin incelenmesi (Ağlasun kızılçam ağaçlandırmaları örneği). II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim, Isparta, s. 170-178.
- Eichhorn, J., Roskams, P., Ferretti, M., Mues, V., Szepesi, A., Durrant, D., 2016. Visual assessment of crown condition and damaging agents. UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre, Hamburg.
- Ek, A. R., Monserud, R. A., 1974. FOREST: a computer model for simulating the growth and reproduction of mixed species forest stands. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19750622511>, Erişim: 20.04.2024
- Eraslan, İ., 1954. Trakya ve Bilhassa Demirköy Mıntıkası Meşce Ormanlarının Amenajman Esasları Hakkında Araştırmalar. T.C. Tarım Vekâleti. Orman Umum Müdürlüğü, Yayın Sıra No: 132, Seri No: 13. Kader Basımevi, İstanbul.
- Ercanlı, İ., Keleş, S., Sivrikaya, F., Çakır, G., Günlü, A., Karahalil, U., Kadioğulları, A., Başkent, E.Z., Köse, S., 2007. The construction of variable density yield table for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands in Yalınzçam and Uğurlu state forest enterprises. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2: 78-101.
- Erkan, N., Kaya, A., Kalkan, B., 2021. Sarıçamın (*Pinus sylvestris* L.) doğal yayılış alanı dışında gösterdiği bir performans: Pütürge örneği. Ağaç ve Orman, 2(1): 15-21.
- Erkan, N., 2022. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki sedir ve karaçam ağaçlandırmalarının büyüme ve karbon birikimi açısından uzun dönem sonuçlarının değerlendirilmesi. Ormancılık Araştırma Dergisi, 9(1): 61-69.
- Euforgen, 2023. European Forest Genetic Resources Programme, Spain, <https://www.euforgen.org/species/pinus-sylvestris/>, Accessed: 19.05.2023.
- Excel, M.S., 2007. Microsoft Excel. Denver Co., USA.
- Goetz, R.U., Hritonenko, N., Mur, R.J., Xabadia, A., Yatsenko, Y., 2010. Forest management and carbon sequestration in size-structured forests: the case of *Pinus sylvestris* in Spain. Forest Science, 56(3): 242-256.
- Günel, H.A., 1978. Tek Ağaç ve Meşcerede Artım ve Büyümenin Matematiksel Modelleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Ju, J.D., Shin, C.S., Seo, J.W., 2023. Tree-ring analysis for understanding growth of *Larix kaempferi*. Journal of the Korean Wood Science and Technology, 51(5): 345-357.
- Hann, D.W., Larsen, D.R., 1991. Diameter growth equations for fourteen tree species in southwest Oregon. Forest Research Lab, College of Forestry, Oregon State University.
- 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.
- Kalıpsız, A., 1982. Orman Hasılat Bilgisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Kalıpsız, A., 1988. Orman Hasılat Bilgisi, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3516, Orman Fakültesi Gençlik Basımevi, İstanbul.
- Karahalil, U., Köse, S., Çelik, D.A., Küçümen, A., 2011. Köprülü kanyon milli parkı orman amenajman planının koruma hedeflerine göre modelleme ile hazırlanması. KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Özel Sayısı, 26-28 Ekim, Kahramanmaraş, s. 122-130.
- Kershaw Jr, J.A., Ducey, M.J., Beers, T.W., Husch, B., 2016. Forest Mensuration. John Wiley & Sons.UK.
- Loetsch, F., 1952. The possibility of improving methods for making forest inventories in central Europe. Zeitschrift für Weltforstwirtschaft, 15(2): 41-57.
- Martin, G.L., Ek, A.R., 1984. A comparison of competition measures and growth models for predicting plantation red pine diameter and height growth. Forest Science, 30(3): 731-743.
- Meyer, H.A., Nelson, F.B., 1952. Accuracy of forest growth determination based on the measurement of increment cores. Bulletin of the Pennsylvania Agricultural Experiment Station, 547: 5-127.
- Nacacacı, F.M., Gülcü, S., 2022. Differences between provenances in terms of some morphological characteristics in the scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) provenance trial of the Lakes region. Turkish Journal of Forestry, 23(3): 196-202.
- OGM, 2014. Ekosistem tabanlı fonksiyonel orman amenajman planlarının düzenlenmesine ait usul ve esaslar. Tebliğ No: 299, T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Ankara.
- OGM, 2020. Türkiye Orman Varlığı 2020. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimizsitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Yayinlar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varligi%20C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf>, Erişim: 05.03.2024.
- Pukkala, T., Miina, J., Kurttila, M., Kolström, T., 1998. A spatial yield model for optimizing the thinning regime of mixed stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. Scandinavian Journal of Forest Research, 13(1-4): 31-42.
- Python Software Foundation., 2024. Python Language Reference, version 2.7. Available at <http://www.python.org>, Accessed: 12/04/2024.
- Sağlam, F., Sakıcı, O. E., 2022. Kastamonu ve Sinop yöresi sarıçam meşcereleri için ekorejyon tabanlı çap artım modeli. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 24(1): 95-110.
- Saraçoğlu, Ö., 1988. Karadeniz Yöresi Göknaar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- SPSS, I., 2019. IBM SPSS Statistics Vers 25, 2019. <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>, Accessed: 10/04/2024.
- Sterba, H., Monserud, R. A., 1997. Applicability of the forest stand growth simulator PROGNAUS for the Austrian part of the Bohemian Massif. Ecological Modelling, 98(1): 23-34.
- Sönmez, T., Şahin, A., 2008. Eşit yaşlı saf ve karışık doğu ladini meşcerelerinde son on yıllık çap artımının incelenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 9(1): 107-110.
- Sun, O., 1978. Bir kızılçam, (*Pinus brutia* Ten.) ağacının simülasyonu için büyüme modeli. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1: 276-292.
- Şad, H., 2014. Ağaç serveti ve artımına ilişkin envanter sırasında artımın saptanması maksadile dikili gövdelerden artım kalemi alma esasları. Journal of the Faculty of Forestry İstanbul University, 37(2): 66-70.
- Şahin, A., Aylak Özdemir, G., Özdemir, E., 2021. Gövde analizi çalışmalarında yeni ve kombine bir yöntem. Ormancılık Araştırma Dergisi, 8(2): 208-210.
- Vanclay, J.K., 1994. Modelling Forest Growth And Yield: Applications To Mixed Tropical Forests. Cab International, UK.
- Wykoff, W., 1982. User's guide to the stand prognosis model (Vol. 133). US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.