

## Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Ormanlarında Verimlilik İlişkileri

İbrahim Keten<sup>1</sup> , Serkan Gülsoy<sup>1\*</sup> 

**Özet:** Bu çalışmada kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarının verimliliği (bonitet) ile çevresel değişkenler (iklim, toprak ve fizyografya) arasındaki ilişkilerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Düzlerçamı (Antalya) yöresinde insan baskısından uzak ve farklı yükseltilerde doğal yayılış gösteren kızılçam yetişme ortamlarından seçilen 51 adet örnek alanda envanter yapılmıştır. Herbiri 400 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki örnek alanlarda, 3 farklı plus ağaçta yaş ve boy değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümler kullanılarak 75 yaşa göre ortalama bonitet endeksi değerleri hesaplanmıştır. Her bir örnek alana ait çevresel değişkenler ise ayrı bir veri matrisi olarak kaydedilmiştir. Çalışmada ilk olarak korelasyon analizi kullanılarak kızılçam verimliliği ve çevresel değişkenler münferit halde ilişkilendirilmiştir. Bu aşamada türün verimliliğine yükselti, sıcaklık, toprakların kum ve kil oranlarının etkili olduğu tespit edilmiştir. Modelleme aşamasında ise sırasıyla aşamalı çoklu regresyon analizi, logistik regresyon analizi ve regresyon ağacı olmak üzere 3 farklı yöntemden faydalanılmıştır. Bu analizler sonucunda topraklardaki kum ve iskelet içeriği yüzdeleri, çakıltası anakayasası, alt yamaç araziler ve düz araziler, türün yöredeki boniteti ile istatistiksel olarak anlamlı sonuç veren değişkenler olmuştur. Bu değişkenler içerisinde özellikle, arazi yüzey formu düz olan araziler ve 0-30 cm derinlik kademesinde % 40'tan az kum oranına sahip toprak koşullarında türün boniteti daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak özellikle bazı fizyografik arazi koşulları ve toprak tekstürünün yetişme ortamındaki su ve besin maddesi ekonomisi üzerine etkileri ile türün verimliliğinin yörede önemli değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bilgilerin yörede kızılçam türünün yönetimi ve sürdürülebilirliği açısından uygulayıcılara katkı sağlayacağı öngörülmüştür. Diğer bir ifade ile bu türün verimli alanlarının muhafazası ve potansiyel verimli olabilecek alanlarda yagınlaştırılması için buradaki bilgiler önem arz etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Bonitet endeksi, Çevresel faktörler, Ekolojik modelleme, Sürdürülebilirlik

## Research on Site Index in the Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) Forests

**Abstract:** In this study, the relationships between the productivity (site index) of Red pine forests and the environmental variables (climatic, edaphic and physiographic factors) were investigated. For this purpose, inventory study was performed in 51 natural red pine (*Pinus brutia* Ten.) stands being located away from human disturbances at different altitudes in Düzlerçamı (Antalya) district. Age and height values were measured for 3 different plus trees in each plots of 400 m<sup>2</sup>. Mean site index values for 75 years were calculated using these measurements. In addition, environmental factors for each plots were determined by the various practices. In the study, firstly, productivity of Red pine and environmental variables were associated by using correlation analysis. At this stage, the effects of altitude, temperature, the sand and clay ratio of the soils on the productivity of the species were determined. At the modeling stage, stepwise multiple regression analysis, logistic regression analysis and regression tree technique were used, respectively. As a result of these analyses, percentage of the sand and skeletal content in the soils, conglomerate bedrock, lower slope lands and flat lands in the district were found to be statistically significant with the site index values of the species. In particular, the site index values were found to be higher in flat landforms and soil conditions with a sand content of less than 40% at 0-30 cm depth. As a result, it has been determined that the productivity of the species in the district varies considerably with the effects of some physiographic factors and soil texture parameters affecting water and nutrient economy in the site conditions. It is predicted that the information obtained from this study will contribute to the practitioners in terms of the

management and sustainability of the red pine species in the region. In other words, the findings from this study is important in order to preserve the productive areas of this species and propagate it in potentially productive areas.

**Keywords:** Site index, Environmental factors, Ecological modelling, Sustainability

**<sup>1</sup>Address:** Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv., Orman Fak., Orm. Müh. Bölümü, 32200, Isparta

**\*Corresponding author:** serkangulsoy@isparta.edu.tr

**Citation:** Ketten, İ., Gülsoy, S. (2020). Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Ormanlarında Verimlilik İlişkileri. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 4 (2): 88-102.

## 1. GİRİŞ

İnsanlar ormanlardan tarih boyunca çok yönü yararlanmışlardır. İlk zamanlarda daha uyumlu olan orman-insan ilişkileri özellikle hızlı nüfus artışı, teknolojinin ilerlemesi ve sanayileşme gibi sebeplerle son yıllarda dengesiz bir hal almıştır. Doğada insanların sebep olduğu yangınların sayısı, sıklığı ve büyüklüğü artmaya başlamış, orman kaynakları insanlar tarafından aşırı ve plansız kullanılmıştır (Curtis vd., 2018). Doğal dengenin sağlığı açısından ana ekosistemlerden birisi olan ormanların (Waring ve Schlesinger, 1985) bu gibi sebeplerle tahrip olması neticesinde ise pek çok olumsuz sonuç ortaya çıkmıştır (Houghton, 1995). Dolayısıyla bu süreçte ormanların önemi çok daha iyi anlaşılmalıya başlamış olup, tahrip olan ve alan olarak azalan orman alanlarının yeniden iyileştirilmesi çabalarında giderek artış olmuştur.

Birleşmiş Milletler Tarım ve Gıda Örgütü'nün (FAO) güncel verilerinde dünya genelinde yaklaşık olarak 4,06 milyar hektar orman alanı varlığı rapor edilerek, bu alanın yaklaşık %54'ünün Rusya, Brezilya, Kanada, ABD ve Çin'de olduğu belirtilmiştir (FAO, 2020). Türkiye'de ise en güncel verilere göre toplam orman alanı yaklaşık olarak 22,74 milyon hektar olarak rapor edilmiştir (OGM, 2020). Bu oran dünya toplam orman varlığının yaklaşık olarak % 0,56'sına tekabül etmektedir. Türkiye değişen topografyası, kıtalar arası geçiş özelliği, yükselti farklılıkları ve oldukça uzun deniz kıyıları gibi çok zengin bir ekosistem çeşitliliğine sahiptir (Yücel ve Babuş, 2005). Bu ekosistem zenginliği içerisinde çok farklı yapıda orman alanlarını barındırmaktadır. Özellikle farklı iklim ve kayaç formasyonları etkisinde şekillenmiş değişik toprak tipleri ile karakterize edilen bu orman alanlarında oldukça zengin biyolojik çeşitlilik mevcuttur (Şekercioğlu vd., 2011; Avcı, 2012). Dolayısıyla başta bitki türleri olmak üzere amfibiler, sürüngenler, omurgasız canlı türleri, kuşlar ve memeli yaban hayvanları gibi pek çok canlı türü için güçlü ve istikrarlı bir yaşama ortamı sunan ülke ormanlarımızın önemi büyüktür (Clark ve McLachlan, 2003; Erten, 2004). Nitekim ülkemizin son yıllarda dâhil olduğu birçok uluslararası sözleşmeler (Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi vb.) neticesinde ise sahip olduğumuz ormanların sadece ülkemiz için değil, küresel ölçekteki önemi de ele alınmaya başlamıştır.

Türkiye'deki orman alanının yaklaşık 13,08 milyon hektarının verimli, 9,66 milyon hektarının ise bozuk orman

niteliğinde olduğu ifade edilmiştir (OGM, 2020). 2015 yılı verilerine göre ülke orman alanlarının yaklaşık 13,95 milyon hektarının saf, 8,39 milyon hektarının ise karışık türlerden oluştuğu belirtilmiştir (OGM, 2015). Yine aynı yıla ait verilere göre, tür bazında sırasıyla meşe (5,9 milyon hektar), kızılçam (5,6 milyon hektar), ve karaçam (4,3 milyon hektar) türlerinin ormanlarımızda en yaygın orman ağacı türleri olduğu belirtilmektedir. Bu türleri ise sırasıyla kayın (1,9 milyon hektar), sarıçam (1,5 milyon hektar), ardıç (958 bin hektar), göknar (585 bin hektar), sedir (482 bin hektar), ladin (323 bin hektar) ve fıstıkçamı (162 bin hektar) türleri takip etmektedir (OGM, 2015). Ülkemizde genel olarak düzenli orman envanterlerinin tutulmaya başlandığı 1960'lı yıllardan günümüze kadar geçen süreçte, toplam orman alanında (yaklaşık olarak 2,2 milyon ha) ve odun servetinde (koru alanlarında yaklaşık 750 bin m<sup>3</sup>) ciddi bir artış olduğu bilinmektedir (Asan, 1995; OGM, 2015). Bu durumda orman teşkilatının sergilemiş olduğu yerinde ve başarılı koruma ve silvikültürel uygulamalar gibi çalışmaların etkisi elbette ki çok büyüktür. Diğer yandan bu süreçte başarıyı artıran en önemli hususlardan birisinin ise, uygun yetişme ortamlarına doğru türlerin tercih edilmesi olduğu unutulmamalıdır. Bu konuda ise özellikle orman alanlarında doğal yöntemler ile oldukça başarılı bir şekilde gençleştirmeye konu olan ve gençlikte çok hızlı büyüyen orman ağacımız kızılçamın katkısı büyüktür. Nitekim bu türün belirtilen sürecin ilk yıllarında yaklaşık olarak 2,5-3 milyon hektar arası olarak tahmin edilen yayılışının (Neyişçi, 1987a), günümüzde 5,6 milyon hektara kadar artmış olması bu durumun net göstergesi olmuştur. Diğer yandan güncel yayılış alanı içerisinde 270 milyon m<sup>3</sup> civarında bu türe ait servet olduğu ve yaklaşık 8 milyon metreküp yıllık artımın elde edildiği belirtilmiştir (Carus ve Su, 2014). Dolayısıyla kızılçam türü yüksek büyüme hızı ve endüstride çok yaygın olarak kullanılmakta olan odun ve kereste özellikleri ile ülke ekonomisine önemli katkı sağlamaktadır (Erten ve Taşkın, 1985; Taş, 2017). Ayrıca karbon depolama, erozyon önleme, rekreasyon, temiz su üretimi, yaban hayatı gibi temel fonksiyonlar düşünüldüğünde ise türün sosyo-kültürel ve ekolojik açıdan türün önemi çok daha iyi anlaşılmalıdır.

Belirtilen özelliklerden dolayı kızılçam türünün ormanlarda alan olarak varlığını sürdürülmesi ve niteliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada özellikle bu tür ile yapılacak ağaçlandırma çalışmaları veya endüstriyel plantasyon uygulamalarında verimlilik açısından potansiyel arz eden iyi boniteteki yetişme ortamı yerlerinin belirlenmesi ve buralarda türün yaygınlaştırılması yerinde

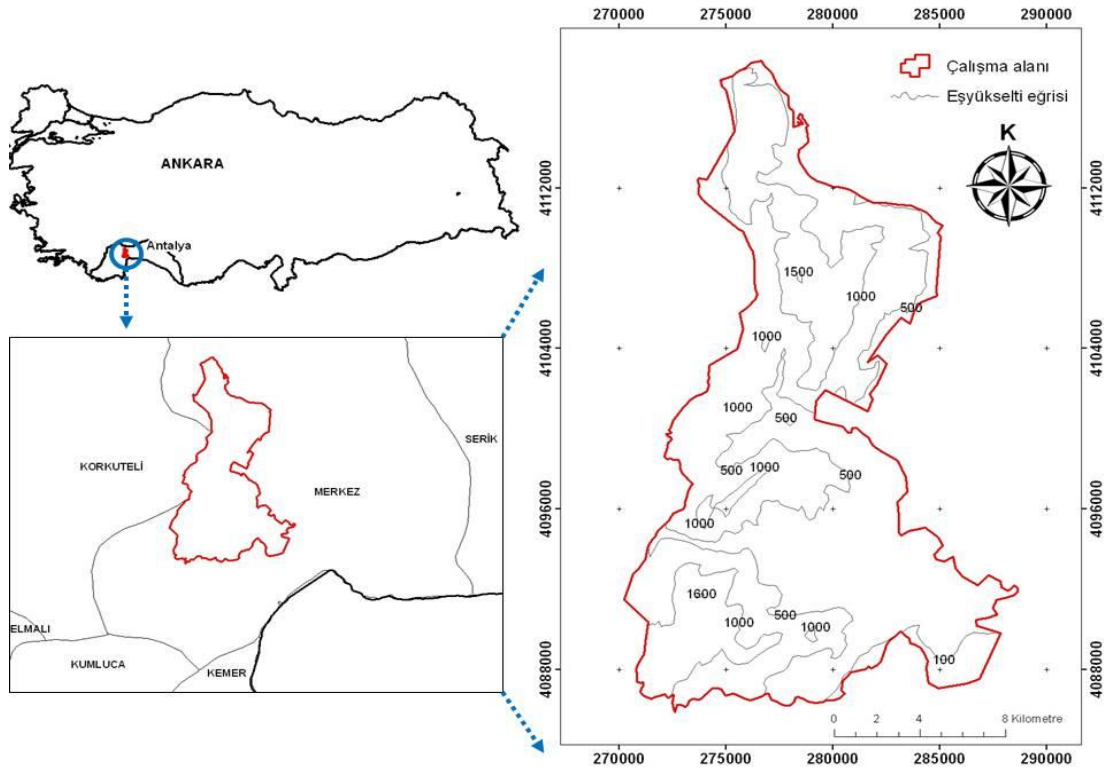
olacaktır. Ayrıca doğal gençleştirme çalışmalarında ise yine verimliliği yüksek mevcut sahalara öncelik vermekle birlikte, bozuk orman sahalarında bu türün ekolojik isteklerine uygun verimli olabilecek potansiyel alanların belirlenmesi gerekmektedir. Öngörülen koşullarda türün daha verimli olabileceği yerlerin tespiti ise ancak aktüel olarak kızılçamın yayılış gösterdiği alanlarda yapılan kapsamlı bir yetiştirme ortamı envanter çalışması ve bunun sonucunda elde edilen verilerin sayısal ortamda analiz edilmesi ile mümkün olabilmektedir.

Buradan hareketle gerçekleştirilen bu çalışmada Antalya il sınırları içerisinde yer alan Düzlerçamı yöresinde yayılış gösteren kızılçam meşcerelerinin verimlilik ve bazı çevresel değişkenler ile ilişkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Böylece yaklaşık % 67'si ormanlarla kaplı olan yörede mevcut ormanların varlığını sürdürerek, verimli bir şekilde işletilmesi ve ekolojik dengenin sürdürülebilirliği açısından bu türe ait bilgilerin ortaya koyulması hedeflenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Düzlerçamı yöresi  $30^{\circ}25'$  –  $30^{\circ}37'$  doğu boylamları ve  $36^{\circ}55'$  –  $37^{\circ}15'$  kuzey enlemleri arasında kalmaktadır (Şekil 1). Alanın toplam yüz ölçümü yaklaşık 29 bin hektar olup, bunun yaklaşık 19 bin hektarlık bir bölümü orman (7 bin ha. normal, 12 bin ha. ise boşluklu kapalılıkta), toplam orman alanı içerisinde en büyük yayılış gösteren orman ağaç türü ise kızılçamdır (Başaran vd., 2010; OGM, 2015). Çalışma alanı Akdeniz bitki coğrafyasında kalmakta olup, yazın sıcak ve kurak, kışları ise ılıman ve yağışlı geçen tipik Akdeniz iklim özelliklerine sahiptir (Davis, 1965-1988; Anşin, 1983; Avcı, 1993). WorldClim - Global Climate Data veri tabanı (Hijmans vd., 2005; Fick, ve Hijmans, 2017) üzerinden temin edilmiş bilgilere göre, alanda yıllık ortalama sıcaklık  $17,6^{\circ}\text{C}$ , yıllık yağış ortalaması ise 850 mm civarındadır.



Şekil 1. Çalışma alanı Düzlerçamı yöresine ait yer gösterir harita

Alanın yükseltisi yaklaşık 50-1650 m arasında değişmekte olup, arazi yapısı değişkendir. Üst yükseltiler ve vadi içleri daha çok eğimli ve sarp arazileri içerirken, alan içerisinde 200-300 m yükselti aralığında kalan Döşemealtı platosu civarında ise geniş düzlükler mevcuttur. Alanda hakim kayaç tipleri Batı Torosların parçası şeklindeki kireçtaşı formasyonlarından oluşmakta olup, bu kayaç tipleri üzerinde genellikle Terra rossa, Terra fusca, Rendzina ve kırmızımsı kahverengi tipik Akdeniz orman toprakları hakimdir (Başaran vd., 2010). Ayrıca alanda yer alan Güver Kanyonu Tabiat Parkı (4 bin ha) civarında çoğunlukla travertenler mevcuttur. Nitekim buradaki travertenler üst vadiler boyunca akıp gelen suların zamanla aşındırma

etkisine uğrayarak kanyon haline dönüşmüş olup, mevcut alan başta alageyikler olmak üzere birçok diğer memeli hayvan türü (karaca, dağ keçisi, tilki, domuz, tavşan vb.), yırtıcı kuş ve sürüngen için uygun habitat koşulları sunmaktadır (Başaran vd., 2010). Dolayısıyla alan genel anlamda yüksek bir biyolojik çeşitliliğine sahiptir.

Çalışma alanı içerisinde genel olarak Akdeniz orman yapısı ve bu ormanların bozulduğu yerlerde ise maki ve garig vejetasyon toplumlarına rastlanılmaktadır. Alan ölçeğinde yapılan detaylı bir çalışmada toplam 76 farklı bitki familyası içerisinde, 288 cinse ait 430 tür kayda geçmiş olup, bunlarda yaklaşık 33 tanesinin ise endemik bitki

olduğu ifade edilmiştir (Başaran vd., 2010). Tespit edilen bu bitki türlerinden bazılarının ise uluslararası doğa ve doğal kaynakları koruma birliği (IUCN) ve BERN kategorisinde korunan türler içerisinde yer aldığı belirtilmiştir. Çalışma alanı içerisinde ve yakın civarında en yaygın ağaç türü kızılçam (*P. brutia*)'dır. Kızılçam haricinde fıstık çamı (*P. pinea*), halep çamı (*P. halepensis*), servi (*Cupressus sempervirens*), karaçam (*P. nigra*), ardıç (*Juniperus* sp., -adi ardıç, andız, boylu ardıç, kokulu ardıç, büyük kozalaklı ardıç, katran ardıcı, Fimike ardıcı, sabin ardıcı) ve Toros sediri (*Cedrus libani*) yine yörede yayılması muhtemel diğer ağaç türleridir (Atalay ve Efe, 2015).

## 2.2. Veri Toplama Çalışmaları

Çalışmada veri temini için arazi çalışmalarına başlamadan önce bir ön etüt değerlendirmesi yapılarak, kızılçam türünün yörede yayılış gösterdiği yükselti aralığı (50-1300 m) belirlenmiştir. Daha sonra bu yükselti boyunca hemen hemen her 100 m yükselti aralığında 3 adet 400 m<sup>2</sup> büyüklüğünde örnek alan yerleri tespit edilmiştir. Bu süreçte sayısal altlık formatındaki eş yükselti eğrili memleket haritaları ve meşcere tipleri haritalarından yararlanılmıştır. Bu işlemlerin ardından türün verimlilik ile ekolojik faktörlerin ilişkilendirmesi amacıyla yönelik olarak, toplam 51 adet örnek alanda arazi çalışmalarına başlanılmıştır. GPS koordinat kaydı yapılan örnek alanların içerisinde arazide ilk olarak kızılçam türüne ait 3 farklı plus ağaçta yaş ve boy ölçümleri yapılmıştır. Ağaçların yaş hesabında artım burgusu, boy ölçümlerinde ise Blume-Lies kullanılmıştır (Kalıpsız, 1984). Bu esnada ağaçların yaş hesabı göğüs yüksekliği hizasından (d<sub>1.30</sub> m) alınan artım kalemleri üzerinden sayılarak yapılmış olup, kızılçam türünün bu göğüs yüksekliği seviyesine ulaşma zamanı +3 yaş olarak eklenmiştir. Bu işlemin ardından arazide ölçülen kızılçam türünün yaş ve boy değerleri 75 yaşa endeksenerek üst boy (bonitet) değerleri elde edilmiştir (Erkan, 1996; Çatal, 2009).

Arazi çalışmalarının bir sonraki aşamasında örnek alanların ortasından bir toprak çukuru kazılarak toprak derinliği (m) ölçümü yapılmıştır. Bu çukurların 0-30 cm toprak derinlik kademesinden toprak örnekleri alınıp laboratuvara getirilmiştir. Bu işlem ile eş zamanlı olarak mineral toprak kısmı üzerindeki ölü örtü kalınlığı (cm) ölçülmüştür. Arazide yapılan bir başka işlem ise örnek alanlar içerisinde kayaç tipinin belirlenmesi olmuştur. Arazide türü tespit edilemeyen kayaç tipleri ise laboratuvarında teşhis edilmiştir.

Bu süreçte alana ait ayrıca Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan sayısal jeoloji haritalarından da faydalanılmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında yapılan bir diğer işlem ise sırasıyla arazinin yamaç konumu, arazi şekli, arazi yüzey formu ve arazi yüzey taşlılığı (%) verilerinin kayıt edilme işlemi olmuştur (Zech ve Çepel, 1972; Eriksson and Holmgren, 1996). Ayrıca çalışma yapılan her bir örnek alandaki gözlemler ile meşcere kapalılık yüzdesi (%) tespit edilmiştir. Son olarak arazide her bir örnek alanın merkez noktası ve doğrusal olarak 20 m uzaklıktaki 4 taraftan yükseklik ölçümleri yapılmış olup, buradaki yüksekli değerleri üzerinden -1 ve +1 arasında değişen arazi şekil indeks değerleri hesaplanmıştır (McNab, 1989).

Laboratuvar çalışmalarına gelindiğinde ise her bir örnek alandan alınan toprak numunelerinin kurutma, ayıklama ve eleme (2 mm) işlemlerden sonra iskelet içerikleri (%) belirlenmiştir. Ardından topraklarda sırasıyla Bouyoucous hidrometre yöntemi ile tekstür (kum-kil-toz), saf su ve 1N potasyum klorür çözeltisi içerisinde pH, Walkley-Black ıslak yakma yöntemiyle organik madde (%), Scheibler kalsimetrik düzeneği ile kireç (%) ve Sömi-Mikro Kjeldahl yöntemiyle total azot (%) değerleri tespit edilmiştir (Karaöz, 1989a; 1989b). Uygulanan tekstür analizi neticesinde ise topraklara ait kum, toz ve kil yüzdeleri belirlenmiştir (Çepel, 1983, Kantarcı, 1987).

Arazi ve laboratuvar çalışmalarının ardından büro çalışmaları ile sayısal altlıklar kullanılarak örnek alan koordinatlarına göre bazı değişkenler türetilmiştir. Bu aşamada ilk olarak <http://www.worldclim.org> adresinde versiyon 1.4 formatında kullanıma sunulan güncel iklim haritaları üzerinden örnek alanların yıllık ortalama sıcaklık (°C) ve yıllık ortalama yağış (mm) değerleri temin edilmiştir (Hijmans vd., 2005). Ayrıca çalışma alanına ait sayısal yükseklik modellerinden yararlanılarak, sayısal ortamda yükselti (m), eğim (°), bakı (°), topoğrafik pozisyon indeksi, arazi yüzeyi şekil indeksi, engebellelik indeksi, gölgelenme indeksi, pürüzlülük indeksi, radyasyon indeksi ve sıcaklık indeksi haritaları oluşturulmuştur (Austheim vd., 1999; McCune ve Keon, 2002; Jenness 2006; Pal Axel vd., 2009; Aertsen et al. 2010).

Tüm bu çalışmalar neticesinde kızılçam türünün verimliliği (bonitet) ile ilişkilendirmek üzere 49 farklı çevresel değişken kayıt edilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** İstatistiksel değerlendirme öncesi değişkenlere ait kodlar

Kodlar	Değişkenler	Kodlar	Değişkenler
bondeg	Bonitet değerleri (m)	asorym	Aşağı orta yamaç
yukselt	Yükselti (m)	ustym	Üst yamaç
yagis	Yıllık toplam yağış (mm)	altym	Alt yamaç
sicakl	Yıllık ortalama sıcaklık (°C)	ykorym	Yukarı orta yamaç
egimd	Eğim (°)	duzarz	Düz arazi
sindks	Sıcaklık indeksi	ondule	Onduleli arazi
golgel	Gölgelenme indeksi	icbkya	İç bükey arazi
arzysi	Arazi yüzey şekli indeksi	disbkya	Dış bükey arazi
tpinks	Topografik pozisyon indeksi	taskya	Taşlık-kayalık
przind	Pürüzlülük indeksi	tpkrarz	Düz toprak arazi
engebe	Engebelilik indeksi	balkil	Balçıklı kil
arznf	Arazi Şekil indeksi	balkum	Balçıklı kum
radind	Radyasyon indeksi	kilt	Kil
orgmad	Organik madde (%)	kilbal	Killi balçık

ph	Toprak asitliği (pH)	kumbal	Kumlu balçık
kirec	Kireç (%)	kukiba	Kumlu-killi balçık
kum	Kum (%)	balçık	Balçık
toz	Toz (%)	kumkil	Kumlu kil
kil	Kil (%)	tozbal	Tozlu balçık
azot	Azot (%)	cakltas	Çakıltası
topder	Toprak derinliği (cm)	alvyn	Alüvyon
olrtkal	Ölü örtü kalınlığı (cm)	ymcmz	Yamaç Molozu
yuztas	Yüzey taşlılığı (%)	kreclas	Kireçtaşı
iskltic	İskelet içeriği (%)	volkanit	Volkanit - Çökel Kaya
meskap	Mescere kapalılığı	peridott	Peridotit

### 2.3. İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiksel değerlendirmelerde ilk olarak Pearson korelasyon analiz yöntemi ile bağımsız sürekli değişkenler ve kızılçam verimliliği (bonitet) ilişkilendirilmiştir. Bu işlem sonrasında modelleme sürecinden önce tanımlayıcı değişkenler içerisinde veri süzme işlemine başlanmıştır. Bu aşamada aralarında yüksek korelasyondan dolayı modellerde çoklu bağlantı problemine sebep olabilecek değişkenleri belirlemek amacıyla korelasyon ve faktör analizinden yararlanılmıştır (Özdamar, 2002; Thompson, 2004). Bu işlemlerin ardından türün yörede verimlilik-çevre ilişkilerinin modelleme sürecine başlanmış olup, sırasıyla aşamalı çoklu regresyon analizi (Cohen vd., 2003; Aertsen vd., 2010), lojistik regresyon analizi (Hosmer ve Lemeshow, 2000) ve regresyon ağacı yönteminden (Breiman vd., 1984; Death ve Fabricius, 2000; Moisen, 2008; Özkan, 2012) yararlanılmıştır. Modelleme süreçleri esnasında aykırı gözlem içeren örnek alanların tespitinde ise Cook benzeşmezlik testinden yararlanılmış olup, söz konusu aykırı gözlem içeren örnek alanlar veri setinden çıkarılmıştır (Cook, 1977; Cook, 2000).

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmada 51 adet örnek alan içerisinde 75 yaşa endekslenmiş bonitet değerleri 17,5-38,2 m arasında değişim göstermiştir. Bu değerlere göre 19 örnek alan I. Bonitet, 17 örnek alan II. Bonitet, 13 örnek alan III. Bonitet, 2 örnek alan ise IV. Bonitet sahalara denk gelmiştir.

Çalışmada uygulanan pearson korelasyon analizi sonucunda kızılçam türünün bonitet endeks (bondeg) değerleri yükselt ( $r=0,316$ ) ve kil ( $r=0,316$ ) ile pozitif, sıcak ( $r=-0,313$ ) ve kum ( $r=-0,373$ ) ile negatif yönde istatistiksel olarak anlamlı ( $p<0,05$ ) ilişki göstermiştir.

Bağımsız değişkenlerden eğim ve prizind ( $r=0,926$ ) ile orğmad ve azot ( $r=0,902$ ) değişkenleri arasında oldukça yüksek korelasyon tespit edilmiştir. Buradan hareketle diğer iki değişkeni temsilen eğim ve orğmad modelleme aşamasına alınmış, diğerleri veri matrisinden çıkarılmıştır. Ayrıca toprak değişkenleri içerisinde kum, toz, kil veri seti ve yükselt, sıcak, yağış veri seti için ayrıca faktör analizi uygulanmıştır (Tablo 2-Tablo 3).

**Tablo 2.** Kum, toz, kil değişkenleri için uygulanan faktör analizi sonucu eksenlere ait varyans açıklamaları (%) ve korelasyon değerleri

Eksenler	Öz		
	Değerler	Varyans(%)	Eklentili Varyans (%)
1	1,949	64,957	64,957
2	1,051	35,043	100,000
3	1,388	0,000	0,000
Değişken	Eksen 1 (r)		Eksen 2 (r)
kum	-1,000		-0,018
toz	0,557		0,830
kil	0,799		-0,601

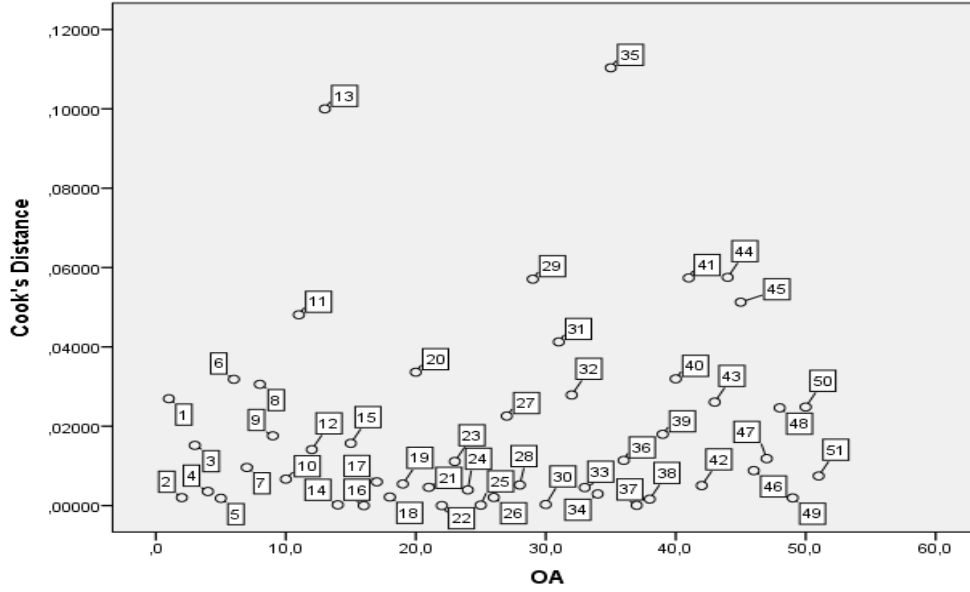
**Tablo 3.** Yükselti (m), Yıllık ortalama sıcaklık (°C), Yıllık toplam yağış (mm) değişkenleri için uygulanan faktör analizi sonucu eksenlere ait varyans açıklamaları (%) ve korelasyon değerleri

Eksenler	Öz Değerler		
	Değerler	Varyans(%)	Eklentili Varyans (%)
1	2,781	92,686	92,686
2	0,196	0,000	0,000
3	0,023	0,000	0,000
Değişken	Eksen 1 (r)		Eksen 2 (r)
yükselt	-0,933		
sıcakl	0,987		
yağis	0,968		

Tablo 2’de varyans açıklama yüzdelere göre ilişkilerin en kuvvetli Eksen 1 ve Eksen 2 üzerinden açıklanabileceği anlaşılmaktadır. Buradan hareketle Eksen 1 ile en yüksek korelasyona sahip olan kum (-1,000) ve Eksen 2 ile en yüksek korelasyona sahip olan toz (0,830) değişkeni modelleme safhasına aktarılmış olup, burada veri matrisi içerisinde kil değişkeni çıkarılmıştır. Tablo 3 incelendiğinde ise Eksen 1’in varyans açıklama yüzdesi daha yüksek olup, bu eksen üzerinde en yüksek ilişki katsayısına sahip olan değişkenin sıcakl (0,830) olduğu görülmüştür. Dolayısıyla modelleme aşamasına bu veri setini temsilen sıcakl değişkeni alınmış olup, yükselt ve yağış değişkenleri model verisinden çıkarılmıştır. Böylece türün verimlilik modelleme aşamasında tüm bu değişkenlerin çoklu bağlantı problemi oluşturması engellenmiştir.

Nihai aşamada 44 farklı çevresel değişkene ait veri matrisi üzerinden sırasıyla, aşamalı çoklu regresyon, regresyon ağacı ve lojistik regresyon analiz yöntemleri ile türün verimlilik modellemesi gerçekleştirilmiştir.

Modelleme uygulamasında ilk olarak 51 örnek alanda bonitet değerleri aşamalı çoklu regresyon analizine tabi tutulmuş olup, bu aşamada analiz Cook’s mesafe ölçümüne göre gerçekleştirilmiştir. Böylece örnek alanlardan aykırı gözlem verisi içerenlerin ayıklanması amaçlanmıştır (Şekil 2).



**Şekil 2.** Aşamalı çoklu regresyon analiz aşamasında oluşturulan Cook's benzeşmezlik grafiği

Cook's mesafe ölçümünde 30 örneklemin üzerinde olan çalışmalarda  $4/n$  değerinin üzerinde kalan değerlerin genel olarak aykırı gözlem kabul edilebileceği bilinmektedir (Cook, 1977; Cook ve Weisberg, 1982). Buna göre Şekil 2'de görüleceği üzere 0,078 ( $4/51$ ) değerinin üzerinde kalan 13 ve 35 kodlu örnek alanların aykırı gözlem içerdikleri düşünülerek veri matrisinden elenmelerine karar verilmiştir.

49 örnek alan ile uygulanan aşamalı çoklu regresyon analizi neticesinde 3 model elde edilmiş olup, bu modellerin açıklama katsayıları ( $R^2$ ) sırasıyla 0,175, 0,261 ve 0,368'dir (Tablo 4).

**Tablo 4.** Aşamalı çoklu regresyon analizi sonucunda elde edilen modeller (49 örnek alan için)

Model	$R^2$	Önem Seviyesi	F
1	0,175	0,003	9,990
2	0,261	0,001	8,125
3	0,368	0,000	8,726

$p < 0,05$  istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir

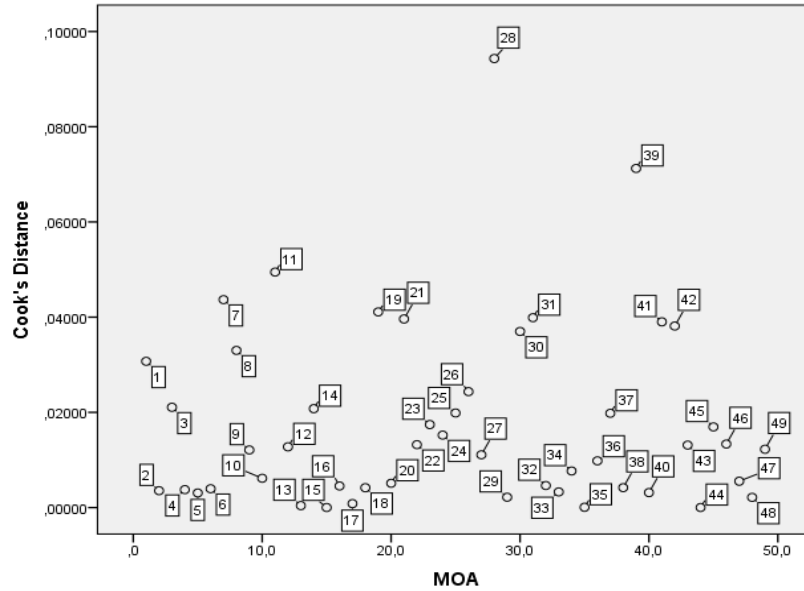
Bu sonuçlara göre modelleri şekillendiren değişkenler ise Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5.** Aşamalı çoklu regresyon analiz modellerine ait değişkenlerin önem kat sayıları ve varyans şişme faktörü (VIF) (49 örnek alan için)

Model	Değişkenler	Model Katsayıları	Önem Seviyesi (p)	VIF
1	sabite	32,016		
	kum	-0,132	,003	1,000
2	sabite	32,692		
	kum	-0,116	,006	1,030
	altym	-3,109	,025	1,030
3	sabite	31,944		
	kum	-0,121	,003	1,033
	altym	-5,606	,001	1,565
	duzarz	4,261	,008	1,550

$p < 0,05$  istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

Burada görüleceği üzere en yüksek açıklama düzeyine sahip olan 3. model içerisinde sırasıyla kum, altym ve duzarz yer almıştır. Varyans şişme oranları (VIF) 1 değerine oldukça yakın olup, bu durum modelde çoklu bağlantı sorunu olmadığını göstermiştir (Cook ve Weisberg, 1982; O'Brien, 2007). Fakat bu aşamada yeni örnek alan sayısına göre (49) Cook's testi tekrarlandığında örnek alan 28'in 0,081 ( $4/49$ )'den yüksek, örnek alan 39'un ise bu değere çok yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Dolayısıyla bu iki örnek alanın veri matrisinden çıkarılarak aşamalı çoklu regresyon analizinin geriye kalan toplam 47 örnek alanda yinelenmesine karar verilmiştir.



Şekil 3. Aşamalı çoklu regresyon analizi için elde edilen Cook's benzeşmezlik grafiği (49 örnek alan için)

Toplam 47 örnek alan ile aşamalı çoklu regresyon analizi tekrar edildiğinde, yine 3 farklı model elde edilmiş olup, bu modellerin ilişkileri açıklama katsayıları ( $R^2$ ) sırasıyla 0,186, 0,295 ve 0,430 olmuştur (Tablo 6).

Tablo 6. Aşamalı çoklu regresyon analizi sonucunda elde edilen modeller (47 örnek alan için)

Model	$R^2$	Önem Seviyesi(p)	F
1	0,186	0,002	10,294
2	0,295	0,000	9,220
3	0,430	0,000	10,832

$p < 0,05$  istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

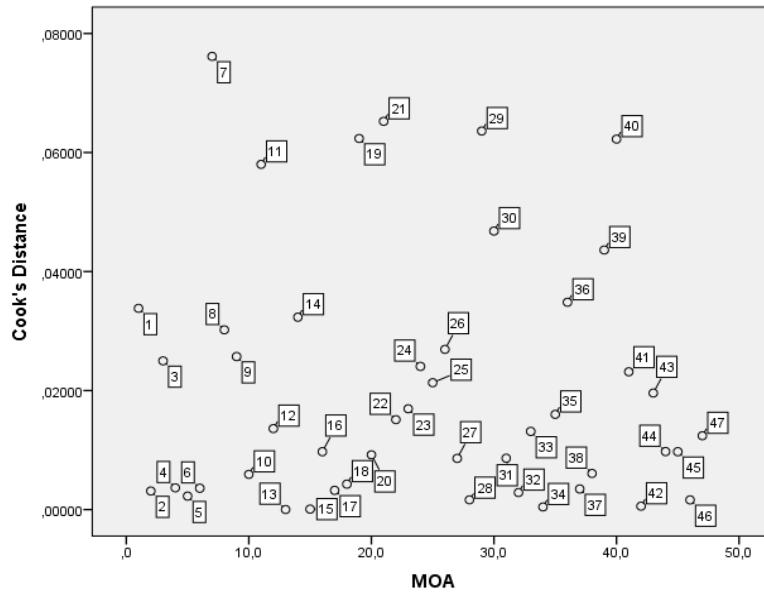
Yine burada görüleceği üzere 3. modelin açıklama katsayısı diğerlerinden daha yüksek olmakla birlikte, önceki modelden daha yüksek bir açıklama yüzdesine (% 43) ulaşmıştır. Bu aşamada mevcut modelleri yapılandıran çevresel değişkenler ve her bir değişkene ait varyans şişme oranları ise Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Aşamalı çoklu regresyon analiz modellerine ait değişkenlerin önem kat sayıları ve varyans şişme faktörü (VIF) (47 örnek alan için)

Model	Değişkenler	Model Katsayıları	Önem Seviyesi (p)	VIF
1	sabite	31,171		
	kum	-0,124	,002	1,000
2	sabite	31,987		
	kum	-0,110	,005	1,023
	altym	-3,223	,012	1,023
3	sabite	31,123		
	kum	-0,114	,001	1,025
	altym	-5,709	,000	1,514
	duzarz	4,353	,003	1,502

$p < 0,05$  istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

En yüksek açıklama düzeyine sahip olan 3. model içerisinde yer alan değişkenler sırasıyla kum, altym ve duzarz olup, modelin ait sabite değeri 31,123'tür (Tablo 7). Modelde varyans şişme oranları itibariyle çoklu bağlantı problemi görülmemektedir. Ayrıca bu aşamada mevcut 47 örnek alan ile Cook's testi tekrarlandığında tüm örnek alanların 0,085 (4/47) Cook's benzeşmezlik değerinin altında konumlandığı tespit edilmiştir (Şekil 4).



**Şekil 4.** Aşamalı çoklu regresyon analizi için elde edilen Cook's benzeşmezlik grafiği (47 örnek alan için)

Dolayısıyla nihai aşamada 47 örnek alan ile uygulanan aşamalı regresyon analizi sonucu elde edilen 3. modelin diğerlerine göre daha anlamlı sonuç verdiği kanaatine varılarak, bu modele çapraz geçerlilik testi uygulanmıştır. Uygulanan test neticesinde ROC (eğrinin altında kalan alan) eğitim değeri  $R^2=0,430$ , test değeri ise  $R^2=0,288$  bulunmuştur.

Yukarıda sıralan testler neticesinde çalışmanın bundan sonraki aşamalarında uygulanacak olan lojistik regresyon analizi ve regresyon ağacı modelleme tekniklerinde burayla uyumlu olacak şekilde yine 47 örnek alan verisinin kullanılmasına karar verilmiştir. 2. aşamada uygulanan lojistik regresyon analizine geçildiğinde, mevcut örnek alanlardan I. ve II. bonitet sınıfına denk gelenlere 1, III ve IV. bonitet sınıfına denk gelenlere ise 0 rakamsal değeri girilerek, veriler iyi ve kötü boniteti temsil edecek şekilde ikili (var-yok) matrisine dönüştürülmüştür. Uygulanan lojistik regresyon analizi neticesinde 5 farklı model elde edilmiş olup, bunların geçerliliklerini test etmek amacıyla ilk olarak model katsayılarının genel anlamlılık testi olan Omnibus test sonuçlarına bakılmıştır (Tablo 8).

**Tablo 8.** Omnibus testi ile modellere ait genel anlamlılık sonuçları

	Ki-kare	Serbestlik Derecesi (df)	p
Aşama 1	8,939	1	0,003
Aşama 2	15,26	2	0,000
Aşama 3	21,912	3	0,000
Aşama 4	27,032	4	0,000
Aşama 5	33,445	5	0,000

$p<0,05$  istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 8 incelendiğinde tüm modellerin ki-kare değerlerine göre oluşan genel anlamlılık katsayıları  $p<0,05$  olup, bu durum bütün modellerin geçerli olduğunu ortaya koymuştur. Dolayısıyla bir sonraki aşamada ikinci bir model geçerlilik testi olan Hosmer ve Lemeshow sonuçlarına bakılmıştır (Tablo 9)

**Tablo 9.** Hosmer ve Lemeshow test sonuçlarına göre modellerin anlamlılık sonuçları

Aşama	Ki-kare	Serbestlik Derecesi (df)	p
1	0,000	0	-
2	4,286	7	0,746
3	4,904	7	0,672
4	1,805	7	0,970
5	3,935	7	0,787

$p<0,05$  istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

Burada ise 1. aşama hariç diğer 4 aşamada elde edilen modellerin ki-kare değerlerine bağlı olarak  $p>0,05$  koşulu sağlanmıştır. Mevcut modeller içerisinde seçim yapabilme aşamasında bir başka seçim kriteri olan Cox & Snell  $R^2$  ve Nagelkerke  $R^2$  istatistiklerine ilişkin bulgular ise Tablo 10'da yer almaktadır.

**Tablo 10.** Cox & Snell  $R^2$  ve Nagelkerke  $R^2$  testi sonucu model açıklama payları

Aşama	-2 Log likelihood	Cox & Snell $R^2$	Nagelkerke $R^2$
1	49,926	0,173	0,243
2	43,606	0,277	0,388
3	36,954	0,373	0,522
4	31,833	0,437	0,612
5	25,420	0,509	0,713

$p<0,05$  istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 10 incelendiğinde Cox&Snell  $R^2$  istatistiğine göre 5. Aşamadaki modelin açıklama payı yaklaşık %51, Nagelkerke  $R^2$  istatistiğine göre yaklaşık %71 olarak en yüksek bulunmuştur. Diğer aşamalarda model ve bu modellerde yer alan değişkenlerin ise türün potansiyel verimliliğini açıklama yüzdelerinin kademeli olarak düştüğü görülmüştür. Son aşamada ise Log Likelihood ve -2LogLikelihood ( $LogL2-$ ) oranlarına göre elde edilen modeller içerisinde yer alan değişkenlerin olabilirlikleri (Tablo 11), ve ideal modeli tespit etmek amacıyla Bakward seçeneğine göre analize ait her bir model aşamasında yer alan değişkenlerin Wald değerleri ve önem seviyeleri test edilmiştir (Tablo 12).



**Tablo 11.** Log Likelihood ve -2LogLikelihood ( $LogL2-$ ) oranlarına göre değişkenlerin olabilirlik değerleri

	Değişkenler	Log Likelihood oranı	-2 Log Likelihood oranı	Serbestlik Derecesi (df)	p
Aşama 1	altym	-29,433	8,939	1	0,003
Aşama 2	iskltic	-24,963	6,321	1	0,012
	altym	-27,041	10,476	1	0,001
Aşama 3	iskltic	-22,073	7,192	1	0,007
	altym	-24,838	12,722	1	0,000
	kumkil	-21,803	6,652	1	0,010
Aşama 4	iskltic	-21,773	11,712	1	0,001
	altym	-19,904	7,975	1	0,005
	kumkil	-19,165	6,497	1	0,011
	cakltas	-18,477	5,120	1	0,024
Aşama 5	iskltic	-20,418	15,416	1	0,000
	altym	-19,386	13,351	1	0,000
	duzarz	-15,917	6,413	1	0,011
	kumkil	-15,203	4,985	1	0,026
	cakltas	-17,274	9,127	1	0,003

$p < 0,05$  istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

**Tablo 12.** Backward seçeneği ile üretilen modeller, içerdiği değişkenler ve onlara ait Wald ve önem seviyesi değerleri

	Değişkenler	Beta (B) değeri	Wald değeri	Serbestlik Derecesi (df)	p
Aşama 1	altym	-2,033	7,444	1	0,006
	sabite	1,946	9,940	1	0,002
Aşama 2	iskltic	-0,047	5,031	1	0,025
	altym	-2,450	7,943	1	0,005
	sabite	4,325	9,652	1	0,002
Aşama 3	iskltic	-0,056	5,218	1	0,022
	altym	-2,980	8,610	1	0,003
	kumkil	21,304	0,000	1	0,999
	sabite	4,790	8,395	1	0,004
Aşama 4	iskltic	-0,094	6,513	1	0,011
	altym	-2,843	5,903	1	0,015
	kumkil	21,198	0,000	1	0,999
	cakltas	-3,103	3,720	1	0,054
	sabite	7,195	8,112	1	0,004
Aşama 5	iskltic	-0,120	7,821	1	0,005
	altym	-4,962	6,416	1	0,011
	duzarz	3,440	3,937	1	0,047
	kumkil	20,837	0,000	1	0,999
	cakltas	-4,819	5,578	1	0,018
	sabite	8,081	8,141	1	0,004

$p < 0,05$  istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 11 incelendiğinde buradaki her iki teyit testine göre model aşamalarının tamamında yer alan değişkenlerin  $p < 0,05$  koşulunu sağlayarak anlamlı sonuç verdiği tespit edilmiştir. Tablo 12’de ise model aşaması 3, 4 ve 5’te kumkil değişkeninin wald değeri itibarıyla modele katkısının olmadığı ve  $p < 0,05$  koşulunu sağlamadığı

görülmüştür. Dolayısıyla diğer tüm testlerde başarılı olan ve model açıklama yüzdesi en yüksek bulunan model aşaması 5 içerisinde kumkil değişkeni çıkarılarak lojistik regresyon analizi tekrarlanmış olup, tüm model testleri sırasıyla Tablo 13’te verilmiştir.

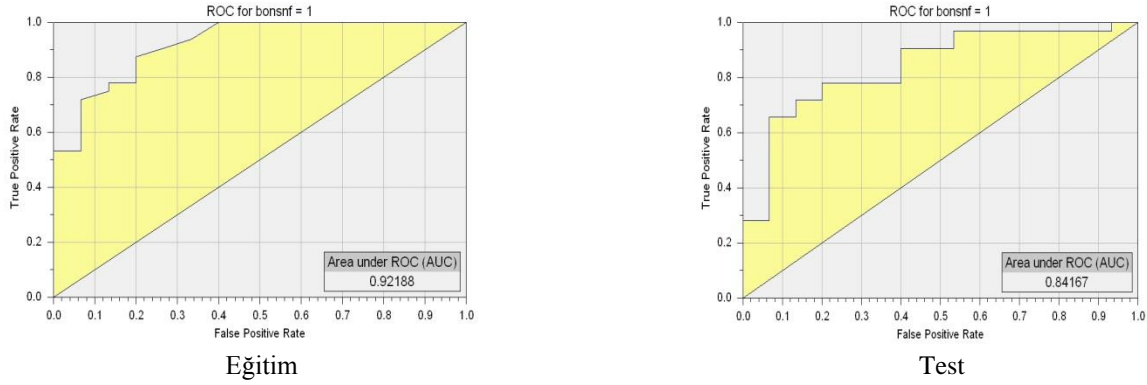
**Tablo 13.** Model aşaması 5 için lojistik regresyon analiz test bulguları

Omnibus testi						
Aşama 5	Ki-kare	Serbestlik Derecesi (df)	p			
	28,460	4	0,000			
Hosmer ve Lemeshow testi						
Aşama 5	Ki-kare	Serbestlik Derecesi (df)	p			
	9,164	7	0,241			
Cox & Snell R <sup>2</sup> ve Nagelkerke R <sup>2</sup> testi						
Aşama 5	-2 Log likelihood değeri	Cox & Snell R <sup>2</sup> değeri	Nagelkerke R <sup>2</sup> değeri			
	30,405	0,454	0,636			
Log Likelihood ve -2LogLikelihood (LogL2-) oranları						
Aşama 5	Model LogLikelihood	-2 Log Likelihood	p			
	iskltic	-23,049	15,693	0,000		
	altym	-21,332	12,259	0,000		
	duzarz	-19,165	7,925	0,005		
	cakltas	-20,263	10,121	0,001		
Backward seçeneği ile üretilen modeller, içerdiği değişkenler ve Wald ve önem seviyeleri						
Aşama 5	Beta (B)	Wald değeri	Ods Oranı	VIF	p	
	iskltic	-0,114	8,280	0,892	1,083	0,004
	altym	-4,614	6,085	0,010	1,023	0,014
	duzarz	3,768	4,576	43,285	1,015	0,032
	cakltas	-4,666	6,404	0,009	1,033	0,011
	sabite	7,697	8,881			0,003

p<0,05 istatistiksel olarak anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 13 incelendiğinde modelin tüm teyit testlerini başarıyla geçtiği ve Nagelkerke R<sup>2</sup> oranının ise yaklaşık olarak %64 olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla son aşamada elde edilen modelin beta sabite değeri 7,697 olup, modeli yapılandıran değişkenler ise sırasıyla iskltic, altym, duzarz ve cakltas olmuştur. Ods oranlarına göre modele en

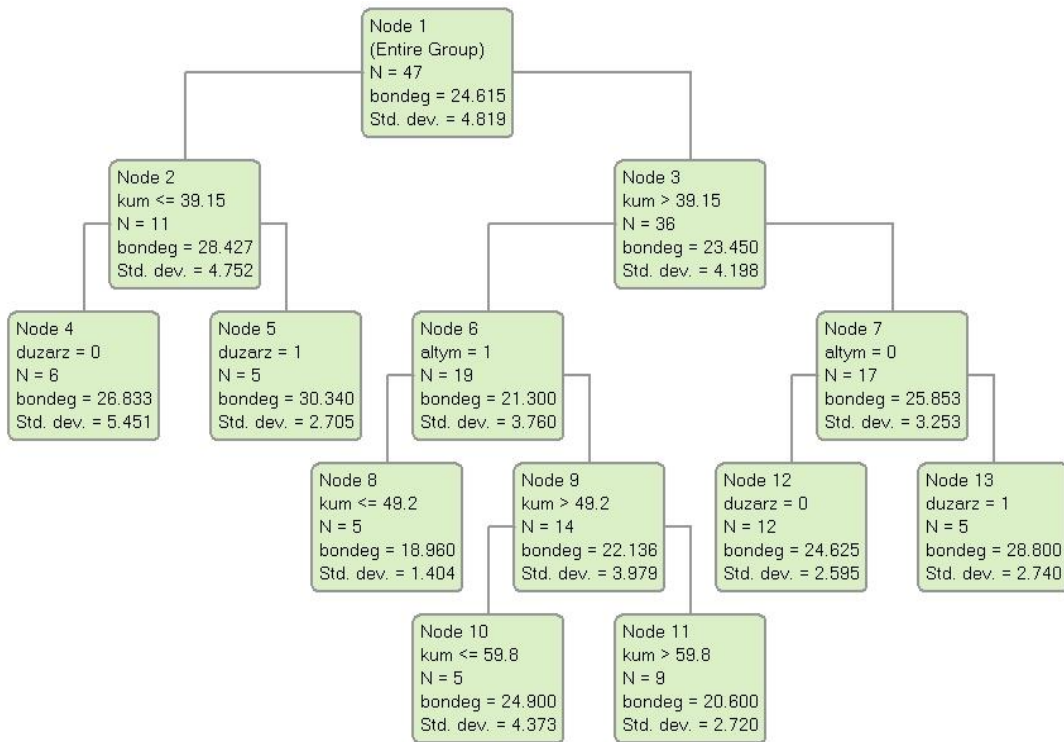
çok katkıyı ise düz arazi'nin yaptığı anlaşılmaktadır. Son olarak elde edilen model aşaması 5 için uygulanan çapraz geçerlilik testi sonucunda, elde edilen modelin eğitim veri seti ROC değeri 0,921, test veri seti ROC değeri ise 0,841 bulunmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. Kızılcım türü 5 aşama logistik regresyon modeli için eğitim ve test veri seti ROC değerleri

Çalışmanın son aşamasında ise çok değişkenli verilerde doğrusal ilişkilerin yanında eğrisel ilişkileri de daha iyi irdelemek amacıyla regresyon ağacı tekniği uygulanmıştır.

Uygulanan analiz sonucu kızılcım verimliliği için ağaç model Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Kızılcım türü için oluşan regresyon ağaç modeli

Elde edilen modelin  $R^2$  değeri 0,53715 olup, ağaç model içerisinde 7 farklı açık uç bulunmaktadır. Bu açık uçlardan model yorumlandığında yörede kum yüzdesinin 39,15'ten küçük ya da eşit olduğu ve düz arazilerde bonitet endeksi 30,34 ile en yüksek değere ulaşmıştır. Bu durum tıpkı diğer iki modelde olduğu gibi özellikle düz arazi ve topraklardaki kum içeriklerinin türün verimliliğine etki eden en önemli çevresel değişkenler olduğunu teyit etmiştir. Diğer yandan yörede özellikle kum değişkeninin 39,2-49,2 arasında olan alt yamaç arazilerinde ise bonitet endeksi 18,96 ile en düşük değere sahip olmuştur. Ağaç modele en çok ferdi katkısı sağlayan değişkenler ise sırasıyla kum (% 100), altym (%61) ve duzarz (%31) değişkenleri olmuştur.

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Kızılcım türü Akdeniz havzasının doğusunda birçok ülkede yayılış gösteren önemli bir orman ağacı türüdür (Biger ve Liphshitz, 1991). Türkiye'de esasen Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinin denize bakan yamaçlarında (Neyişçi, 1987b), kısmen ise Karadeniz bölgesinin Akdeniz iklimi niteliği taşıyan küçük ölçekli alanlarında (Akıncı, 1963; Şentürk vd., 2019) bu türün çoğunlukla saf, kısmen ise karışık ormanları bulunmaktadır. 1980 yılında yapılan envanter çalışmalarında yaklaşık olarak 3.1 milyon hektar olarak kayıt edilen bu türün ülkemizdeki yayılış alanı (OGM, 1980), günümüzde yaklaşık 5,6 milyon hektara ulaşmıştır (OGM, 2015). Ormanlarda türlerin yayılış alanının geniş olması kadar, boniteti yüksek verimli yerlerin olması da elbetteki arzu edilen bir durumdur. Buradan hareketle geçmişten günümüze doğru bu türün verimliliği

ile yetiştirme ortamı koşullarının araştırıldığı çeşitli çalışmalar olmuştur (Zech ve Çepel, 1972; Çepel, 1973; Tetik ve Yeşilkaya, 1997; Altun vd., 2007; Özkan ve Kuzugüdenli, 2010; Çelik ve Özkan, 2015). Yapılan bu çalışmaların herbirinde türün verimliliği ile ilgili olarak önemli yeni bilgiler ortaya koyulmuştur. Bu çalışmalara ilaveten Düzlerçamı yöresinde gerçekleştirilen çalışmamızda türün verimliliğine yönelik tasviri istatistiksel ve basit ikili doğrusal ilişki değerlerinin yanında, çok değişkenli analizler kullanılarak türün verimliliği modellenmiştir.

Çalışmada yer alan örnek alanların 19 tanesi I. Bonitet, 17 tanesi II. Bonitet, 13 tanesi III. Bonitet, 2 tanesi ise IV. Bonitet sahalardır. Bu sahalarda açılan toprak çukurlarının derinliği 35-112 cm arası değişim göstermiştir. Toprakların üzerinde ortalama 2,8 cm ölü örtü tabakası tespit edilmiş olup, alanda genel olarak çürüntü mul tipi ve ham humus formu gözlemlenmiştir. Topraklarda iskelet oranları kayaç formu, arazi yamaç konumu gibi değişkenlere bağlı olarak çok değişkenlik göstermiştir. Arazinin yüzey taşlılık durumları ise %5-%85 arasında değişim göstermiştir. 0-30 cm derinlik kademesinden alınan topraklara uygulanan analizler sonucunda toplam azot miktarı %0,003 -%0,287 arasında, organik madde oranları ise %0,17 - %11,74 arasında değişim göstermiştir. Toprakların karbonat oranları Çepel (1995) tarafından önerilen sınıflandırmaya göre az ile çok fazla kireçli sınıfta değişim göstermiştir. Tespit edilen kum, toz ve kil yüzdelerine göre yapılan sınıflandırmada, en çok balçıklı kil ve kumlu-killi balçık türünde topraklar tespit edilmiştir. Alanda volkanit-çökel ve kireçtaşı kayaçları mevcut kayaç formasyonları içerisinde en yaygın olanlarıdır. Bu kayaç formasyonları üzerinde en çok kırmızı Akdeniz ve kırmızımsı kahverengi orman topraklarının hakim olduğu tespit edilmiştir. Zira, Özdemir (1977) tarafından Antalya bölgesindeki kızılçam alanlarında bu toprak gruplarının da yer aldığı 9 farklı toprak grubu belirlenmiştir. Başaran, vd., (2010) tarafından ise Düzlerçamı yöresinde yapılan çalışmada kalker anakayasası üzerinde Terra rossa, Terra fusca ve Rendzina toprak tiplerinin, kireçtaşı anakayasası üzerinde ise kırmızımsı kahverengi Akdeniz orman topraklarının yaygın olduğu ifade edilmiştir.

Çalışmada ikili analizler esnasında bonitet ile yükselti arasında pozitif, sıcaklık arasında ise negatif ilişki tespit edilmiştir. Literatürde alçak rakımlarda hava hareketleri ve rüzgarın etkisi ile kızılçam türünün olumsuz etkilenebileceği ve düzgün olmayan gövdeler oluşturduğu ifade edilerek (Hoffmann, 1939), bu durumun kalıtsal olmadığına değinilmiştir (Selik, 1963). Yine Eler (1987) tarafından kızılçamların özellikle 0-400 m arası alçak zonda düşük kalitede ormanlar oluşturduğu ifade edilmiştir. Diğer yandan bazı çalışmalarda yükselti ile türün verimliliği arasında negatif ilişkiler tespit edilirken (Özkan ve Kuzugüdenli, 2010), herhangi bir ilişkinin belirlenmediği çalışmalarda mevcuttur (Zech ve Çepel, 1972).

İlişki tespit edilen çalışmalarda yorumlar genel olarak yükseltiye bağlı olarak değişen iklim koşulları üzerinden yapılmıştır. Özellikle değişen sıcaklık koşullarının bitkide vejetasyon periyoduna, yağış koşullarının ise toprakta su ekonomisine olan etkilerinden bahsedilerek, verimliliğin bu değişkenlere bağlı olarak değiştiği ifade edilmiştir.

Çalışmamızda tespit edilen yükselti ile pozitif, sıcaklık ile negatif olan ilişkilerin ise bu bilgiler ile değerlendirilmesini yapmak mümkündür. Düzlerçamı gibi kıyıya yakın ve tipik Akdeniz ikliminin görüldüğü bir yerde, yükselti artışı ve buna bağlı oluşan sıcaklık azalışının türün verimliliğinde düşüşe sebep olacak kadar vejetasyon periyodunu daraltmadığı anlaşılmaktadır. Fakat bunun tam tersine alandaki yükselti artışının topraktaki su ekonomisinde iyileşmeye sebep olduğu ve hava hareketlerini artırarak toprak solunumu sonucu ortaya çıkan karbondioksit döngüsünü optimize ettiği ve bunun net asimilasyonda artışa sebep olduğu ve büyümeyi olumlu etkilediği yönünde dolaylı bir yoruma gidilmiştir. Diğer yandan hava hareketleri ve su ekonomisi ile olan bu ilişkilerin Akdeniz bölgesinden iç kısımlara doğru olan türün dağılım alanlarında, yükseltiye bağlı olarak değişen sıcaklık ve büyüme periyodu ilişkilerinin gerisinde kaldığı düşünülmektedir. Bu durumda ise yükselti artışı ile azalan sıcaklıkların türün büyüme periyodunda önemli olabilecek bir daralmaya sebep olduğu ve bunun bonitette düşüşe neden olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan ikili ilişkilerde toprakların kil oranı ile bonitet arasında pozitif, kum oranı arasında ise negatif ilişki tespit edilmiştir. Altun vd., (2007) tarafından yapılan çalışmada türün boniteti ile bu değişkenler arasında aynı sonuçlar elde edilmiş olup, buradaki büyüme ilişkilerinin bu değişkenlere bağlı olarak toprakta şekillenen su ve besin ekonomisi ile alakalı olduğu belirtilmiştir.

Çalışmada ikili ilişkilerin ötesinde çok değişkenli analizler ile uygulanan aşamalı çoklu regresyon analizinde kum, alt yamaç konumu ve düz arazi formu türün verimlilik modelini şekillendiren değişkenler olmuştur. Yöre ölçeğinde elde edilen modelin bonitet kestirim denklemi; Bonitet Kestirimi = 31,123 + (altym\*(-5,709)) + (kum\*(-0,114)) + (duzarz\*(4,353)) (1) şeklindedir.

Çalışmada ikinci aşamada uygulanan lojistik regresyon analizinde ise bonitet iyi ve kötü olarak sınıflandırılmış olup buradan elde edilen modeli, yine alt yamaç arazi konumu ve düz arazi formu ile birlikte çakıltası anakayasası ve toprakların iskelet içeriği şekillendirmiştir. Bu modele ait denklem;

Model denklemi = 7,697 + (altym\*(-4,614)) + (iskltic\*(-0,114)) + (duzarz\*(3,768)) + (cakltas\*(-4,666)) (2)

şeklindedir. Bu denklemden bonitet sınıfı için elde edilen kestirim denklemi;

Bonitet Sınıfı Kestirimi = ÜSTEL (MD) / 1+ ÜSTEL (MD) (3) şeklindedir. Buradan 0-1 arası değerler elde edilmekte olup, iyi bonitet sahalarda bu değer 1'e yaklaşmaktadır.

Son olarak eğrisel ilişkileride işleme alan regresyon ağacı yöntemi sonucunda elde edilen modeli ise yine toprakların kum yüzdesi, alt yamaç arazi konumu ve düz arazi formu değişkenleri şekillendirmiştir. Bu değişkenlerden kum oranı modele en büyük katkı yapan değişken olmuştur. Fakat modelde kumun etkisi negatiftir. Zira daha önce de bahsedildiği üzere, topraklardaki kum oranının kızılçam yetiştirme ortamlarında su ve besin ekonomisini sekteye uğratarak bonitette olumsuzluğa sebep olduğu ifade edilmiştir (Altun vd., 2007). Özetle regresyon ağacının açık uçlu nodlarından yapılan model yorumlarına göre, toprakların kum oranının %40'tan düşük olduğu düz arazi

formuna sahip alanlar yörede kızılçam türü için en yüksek bonitete sahip yerler olarak belirlenmiştir.

Uygulanan tüm bu modeller içerisinde aşamalı çoklu regresyon analizinde  $R^2=0,430$  olarak belirlenirken, test veri seti için bu değer  $R^2=0,288$  şeklinde biraz düşük kalmıştır. Lojistik regresyon analizinde elde edilen modelin eğitim veri seti ROC değeri 0,922, test veri seti ROC değeri ise 0,842 çıkmıştır. Bu değerler itibarıyla bu modelin geçerliliğinin oldukça iyi olduğunu söylemek mümkün olmuştur (Hanley ve McNeil, 1982; Araújo vd., 2005). Son olarak regresyon ağacı modelinde  $R^2=0,537$  olarak belirlenmiştir. Tüm bu modellerden elde edilen sonuçlar birlikte yorumlandığında ise düz arazi yüzey formunun yörede bonitete olumlu katkı yaptığı, 0-30 cm derinlik kademesindeki toprakların kum yüzdesi ve iskelet içerikleri ile çakıl taşı ve alt yamaç konumuna sahip olan yetiştirme ortamlarının ise negatif etkilerinin olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca ikili ilişkiler neticesinde ise yörede bu türün boniteti üzerinde yükseltinin önemli etkileri tespit edilmiştir. Sonuç olarak, yapılan bu çalışma ile elde edilen bilgiler, Düzlerçamı yöresinde türün potansiyel olarak verimli olabileceği sahalarda belirlenmesi, bu sahalarda ağaçlandırma ve rehabilitasyon çalışmalarının yapılması aşamasında önem arz etmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışmada TÜBİTAK-2140248 no'lu proje içerisinde kızılçam türünün tespit edildiği alanların koordinatlarından faydalanılmıştır. Çalışmada TÜBİTAK 2237-A kapsamında desteklenen 1059B291700280, 1059B291700839 ve 1059B291700039 no'lu projelerinden edinile bilgilerden yararlanılmıştır. Ayrıca bu çalışmaya FYL-2018-5728 No'lu Proje ile Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından maddi destek sağlanmıştır. İlgili projelere katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

### KAYNAKLAR

Aertsen, W., Kint, V., Van Orshoven, J., Ozkan, K., Muys, B. (2010). Comparison and Ranking of Different Modelling Techniques For Prediction of Site Index in Mediterranean Mountain Forests. *Ecological Modelling*, 221(8), 1119-1130.

Akıncı, M. Y. (1963). Kızılçam ormanlarının Doğu Karadeniz mntkasındaki dağılışı ve yayılışı. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 28-35.

Altun, L., Yılmaz, E., Günlü, A., Ercanlı, İ., Usta, A., Yılmaz, M. Bakkaloğlu, M. (2007). Murat Dağı (Uşak) Yöresinde Yayılış Gösteren Ağaç Türlerinin (Kızılçam, Karaçam ve Sarıçam) Verimliliğini Etkileyen Kimi Ekolojik Etmelerin Araştırılması, Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 7(1), 71-92.

Anşin, R. (1983). Türkiye'nin Flora bölgeleri ve bu bölgelerde yayılan asal vejetasyon tipleri. *Karadeniz Üniversitesi Dergisi*, 6(2), 318-339.

Araújo, M. B., Pearson, R. G., Thuiller, W., Erhard, M. (2005). Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, 11(9), 1504-1513.

Asan, Ü. (1995). Global iklim değişimi ve Türkiye ormanlarında karbon birikimi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 45(1-2), 23-38.

Atalay, İ., Efe, R. (2015). Türkiye Biyocoğrafyası. *Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri*, 536 s., İzmir.

Austrheim, G., Gunilla, E., Olsson, A. Grontvedt, E. (1999). Land-Use Impact on Plant Communities in Semi-Natural Sub-Alpine Grasslands of Budalen, Central Norway. *Biological Conservation*, 87(3), 369-379.

Avcı, M. (1993). Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve Anadolu Diagonali'ne Coğrafi Bir Yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, (28), 225-248.

Avcı, M. (2012). Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü. *Coğrafya Dergisi*, 13, 27-55.

Başaran, M., A., Çoşgun, U., Ay, Z., Başaran, S., Yalçın, A., Güzenge, E., Çevik, N. Baş, N. (2010). Düzlerçamı Orman İşletme Şefliği'nde Ekosistem Tabanlı Fonksiyonel Planlamaya Yönelik Envanter Bilgileri ve Sınıflandırılması. *Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 420, Müdürlük Yayın No: 050, 93 s., Antalya.*

Biger, G., Liphshitz, N. (1991). The recent distribution of *Pinus brutia*: a reassessment based on dendroarchaeological and dendrohistorical evidence from Israel. *The Holocene*, 1(2), 157-161.

Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R., Stone, A.C.G. (1984). *Classification and Regression Trees*. Wadsworth International Group, Belmont, California, United States America, 319 s.

Carus, S., Su, Y. (2014). Antalya-Korkuteli Yöresi kızılçam ağaçlandırmaları için tek ve çift girişli ağaç hacim tablosunun düzenlenmesi ve mevcut tablolar ile kıyaslanması. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, s. 574-584, 22-24 Ekim 2014 – Isparta.

Clark, J. S., McLachlan, J. S. (2003). Stability of forest biodiversity. *Nature*, 423(6940), 635-638.

Cohen, J., Cohen, P., West, S.G., Aiken, L.S. (2003). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences* (3rd ed.). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Cook, R. D. (1977). Detection of Influential Observations in Linear Regression, *Technometrics*, 19, 15-18.

Cook, R. D. (2000). Detection of influential observation in linear regression. *Technometrics*, 42(1), 65-68.

Cook, R. D., Weisberg, S. (1982). *Residuals and Influence in Regression*, New York: Chapman and Hall.

Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., Hansen, M. C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361(6407), 1108-1111.

Çatal, Y. (2009). Batı Akdeniz Bölgesi Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 281.

Çelik H., Özkan K. (2015). Antalya Ovacık Dağı Yöresi'nde Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)'ın Gelişimi İle Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 19(2), 190-197.

Çepel, N. (1973). Antalya - Düzlerçamı Örnek Orman işletmesinin Bazı Kızılçam Meşcerelerinde Çeşitli Jeolojik Temel Üzerinde Oluşmuş Topraklar n Azot

- Rezervleri ve Boy Artımı Üzerindeki Etkileri. TÜBİTAK IV. Bilimsel Kongresi Ankara.
- Çepel, N. (1995). *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Matbaası, No: 426, 536 s., İstanbul.
- Çepel, N. (1983). *Orman Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. İstanbul Üniversitesi Yayın No. 3140. O.F. Yay. No. 337. Oğul Matbaası, 536 s., İstanbul.
- Davis, B.H. 1965-1988. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands. 9 Volumes and Supplementum*. At the University Press. Edinburgh.
- Death, G., Fabricius K.E. (2000). Classification and Regression Trees: a Powerful Yet Simple Technique for Ecological Data Analysis. *Ecology*, 81(11), 3178-3192.
- Eler, Ü. (1987). Kızılçamda Hasılat. Kızılçam, El Kitabı Dizisi, 2, 135-140.
- Eriksson, C.P., Holmgren, P., (1996). Estimating Stone and Boulder Content in Forest Soils — Evaluating the Potential of Surface Penetration Methods. *Catena*, 28(1), 121-134.
- Erkan, N. (1996). Kızılçam Doğal Meşcerelerinde Artım ve Büyümenin Değerlendirilmesi. *Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2, 33-43.
- Erten, P., Taşkın, O. (1985). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Kabuklarında Tanen Miktarının Saptanmasına İlişkin Araştırmalar. *Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 147*, Ankara.
- Erten, S. (2004). Uluslararası Düzeyde Yükselen Bir Değer Olarak Biyolojik Çeşitlilik. *Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27, 98-105.
- FAO (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020 – Main report*. Rome.
- Fick, S.E. Hijmans, R.J. (2017). Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*.
- Hanley, J. A., McNeil, B. J. (1982). The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology*, 143(1), 29-36.
- Hijmans, R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 25(15), 1965-1978.
- Hoffmann, A. (1939). Beiträge Zur Kenntnis der Hartkieter (*P. brutia* Ten.) *Zeitschrift für Weltforstwirtschaft* VI-4.
- Hosmer, D.W., Lemeshow., S. (2000). *Applied Logistic Regression*, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons.
- Houghton, R. A. (1995). Global effects of deforestation. *Handbook of Ecotoxicology*, pp. 645-666.
- Jenness, J. (2006). Topographic Position Index (tpi\_jen.avx) Extension for ArcView 3. x version 1.2. Jenness Enterprises, Flagstaff, AZ.
- Kalıpsız, A. (1984). *Dendrometri*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 407s, İstanbul.
- Kantarıcı, M.D. (1987). *Toprak İlimi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. İstanbul Üniversitesi Yay. No. 3444. O.F., Yay. No. 387. Matbaa Teknisyenleri Basımevi, 370 s., İstanbul.
- Karaöz, M.Ö. (1989a). Toprakların Su Ekonomisine İlişkin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Laboratuvarında Belirlenmesi Yöntemleri. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 39(2), 133-144
- Karaöz, M.Ö. (1989b). Toprakların Bazı Kimyasal Özelliklerinin (pH, Karbonat, Tuzluluk, Organik madde, Total Azot, Yararlanılabilir Fosfor) Analiz Yöntemleri. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 39(3), 64-82.
- McCune, B., Keon, D. (2002). Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. *Journal of vegetation science*, 13(4), 603-606.
- McNab, W.H. (1989). Terrain shape index: quantifying effect of minor landforms on tree height. *Forest Science*, 35 (1), 91-104.
- Moisen, G.G. (2008). Classification and Regression Tree. In: Jorgensen SE (ed) *In Encyclopedia of Ecology*, 582-588.
- Neyişçi, T. (1987a). Kızılçamın ekolojisi. Kızılçam, Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Serisi, 2, 23-56.
- Neyişçi, T. (1987b). Kızılçamın doğal yayılışı. Kızılçam, El Kitabı Dizisi, 2, 15-22.
- O'brien, R.M. (2007). A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors. *Quality & quantity*, 41(5), 673-690.
- OGM (1980). *Türkiye Orman Envanteri*. Or. Gn. Md. Yay. No: 13.
- OGM (2015). *Türkiye Orman Varlığı*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı, 32 s., Ankara.
- OGM (2020). *Türkiye Orman Varlığı*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.ogm.gov.tr/Sayfalar/Ormanlarimiz/Ille-re-Gore-Orman-Varligi.aspx>, Erişim tarihi: 12.07.2020.
- Özdamar, K. (2002). Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-1. 4. Baskı, Kaan Kitabevi, Eskişehir, 686 s.
- Özdemir T. (1977). Antalya bölgesinde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarının tabii gençleştirme olanakları üzerine araştırmalar. *I.Ü. Orman Fakültesi Dergisi A*, 27: 243-293.
- Özkan, K. (2012). Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı Tekniği (SRAT) ile Ekolojik Verinin Modellenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13, 1-4.
- Özkan, K., Kuzugüdenli, E. (2010). Akdeniz Bölgesi Sütçüler Yöresinde Kızılçamın (*Pinus brutia* Ten.) Verimliliği İle Yetiştirme Ortamı Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 11(1), 16-29.
- Pal Axel, O., Linda-Maria, M., Hans Henrik, B. (2009). Acidification of sandy grasslands – consequences for plant diversity. *Applied Vegetation Science*, 12: 350-361.
- Selik, M. (1963). Kızılçam (*Pinus-brutia* Ten.)'ın Botanik Özellikleri Üzerine Araştırmalar ve Bunların Halepçanı (*Pinus halepensis* Mill.) Vasıfları ile Mukayesesi. *Or. Gn. Md. Yay. No: 353 (36) 88 s.*
- Şekercioğlu, Ç.H., Anderson, S., Akçay, E., Bilgin, R., Can, Ö.E., Semiz, G., Tavşanoğlu, Ç., Yokeş, M.B., Soyumert, A., Ipekdal, K., (2011). Turkey's globally important biodiversity in crisis. *Biological Conservation* 144, 2752-2769.

- [Sentürk, Ö., Gülsoy, S., Tümer, İ. \(2019\). Potential distribution modeling and mapping of brutian pine stands in the inner parts of the Middle Black Sea Region in Turkey. Pol. Journal of Environmental Studies, 28\(1\), 1-7.](#)
- Taş, M. (2017). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odun Ve Kraft Kâğıt Hamurundaki Polyozların Tespiti. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79 s.
- Tetik, M. Yeşilkaya, Y. (1997). Antalya Yöresi Doğal Kızılçam Ormanlarında Anakaya-Toprak Derinliği-Bonitet İlişkileri. Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü, Teknik Bülten No: 6, Antalya, 41 s.
- Thompson, B. (2004). Exploratory and confirmatory factor analysis: understanding concepts and applications. Washington, DC, American Psychological Association.
- Waring, R.H., Schlesinger, W.H. (1985). Forest ecosystems. Concepts and Management, Academic Press, Orlando.
- Yücel, M., Babuş, D. (2005). Doğa Korumanın Tarihçesi ve Türkiye'deki Gelişmeler. Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi, 11, 151-175.
- Zech, W., Çepel N. (1972). Güney Anadolu'daki bazı Kızılçam (*Pinus brutia*) meşcerelerinin gelişimi ile toprak ve reliyef özellikleri arasındaki ilişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları No. 1753/191, İstanbul.