

Aydın - Kuyucak yöresinde kızılçam verimliliğinin modellenmesi

Hüseyin Keçelioğlu^a, Özdemir Şentürk^{a,*}

Öz: Orman kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla, orman alanlarında uygun ormancılık uygulamalarının gerçekleştirilmesi kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, asli türlerin verimlilik modellerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, kızılçam türünün verimliliğini modelleyerek, türün yetiştirme ortamlarına ilişkin yüksek ve düşük bonitet potansiyeline sahip bölgelerin belirlenmesini hedeflemiştir. Kızılçam verimliliğinin modellenmesi amacıyla 20 x 20 m büyüklüğündeki her bir örnek alanda en az 3 adet istikbal vadeden bonitet ağacı belirlenmiştir. Bonitet ağaçlarından elde edilen veriler kullanılarak her bir örnek alanda kızılçamın bonitet endeks değerleri hesaplanmıştır. Ardından, çevresel ve iklim değişkenlerinin oluşturulması süreci tamamlanmış olup çoklu regresyon analizi ve regresyon ağacı yöntemi kullanılarak kızılçam verimliliğinin modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Modelleme sonucunda yükselti, yıllık yağış miktarı ve sıcaklık yükü değişkenleri modeli yapılandırılmıştır. Yıllık yağış miktarının yaklaşık 470 mm'nin üzerinde, daha fazla sıcaklık yüküne sahip bakılarda ve yükseltinin 326 m'nin altında olduğu yerlerde en yüksek bonitet endeks değeri elde edilmiştir. Büyük Menderes Ovası'ndaki yoğun tarımsal faaliyetler ve belirgin antropojen etkilerden dolayı elde edilen bonitet değerleri nispeten düşük çıkmıştır. Çalışma alanında kızılçam meşcerelerinin kötü bonitette veya boşluklu kuruluşa olması elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Bu tür alanlarda gerçekleştirilecek tamamlama, ağaçlandırma veya gençleştirme gibi ormancılık müdahalelerinin, meşcerelerin sağlığının yeniden kazandırılmasına ve daha nitelikli hale dönüştürülmesine katkı sağlayacağı ve bu süreçte uygulayıcılara yön göstereceği öngörülmektedir. Ayrıca, orman alanlarının sürekliliğinin sağlanması, ekosistem restorasyonu, koruma ve planlama süreçlerinde uygulamacılara yardımcı olacağı aşikardır.

Anahtar kelimeler: Antropojen, Bonitet, Boşluklu kuruluşa, Büyük Menderes, Sürdürülebilirlik

Modeling Brutian pine productivity in Aydın - Kuyucak district

Abstract: In order to ensure the sustainability of forest resources, it is critical to realize appropriate forestry practices in forest areas. In this context, the development of productivity models of main trees is of great importance. This study aimed to determine the regions with high and low site index potential for the site properties of the species by modeling the productivity of Brutian pine species. In order to model the productivity of Brutian pine, at least 3 plus trees were determined in each sample area of 20 x 20 m. Using the data obtained from the plus trees, the site index values of Brutian pine in each sample area were calculated. Then, the process of establishing environmental and climatic variables was completed and modeling of Brutian pine productivity was carried out using multiple regression analysis and regression tree method. As a result of the modeling, elevation, annual precipitation and heat load variables structured the model. The highest site index value was obtained where the annual precipitation was above 470 mm, at the elevations with higher heat load and where the elevation was below 326 m. Due to intensive agricultural activities and significant anthropogenic impacts in the Büyük Menderes Plain, the site index values obtained were relatively low. The fact that the Brutian pine stands in the study area are in poor site index or degraded stands supports the results obtained. It is predicted that forestry activities such as interplant, afforestation or regeneration to be carried out in such areas will contribute to restoring the health of the stands and transforming them into better quality and will guide the practitioners in this process. In addition, it is obvious that it will help practitioners in ensuring the sustainability of forest areas, ecosystem restoration, conservation and planning processes.

Keywords: Anthropogenic, Site, Degraded stand, Büyük Menderes, Sustainability

1. Giriş

Geçmişten günümüze gelinceye kadar orman kaynaklarından faydalanılmanın miktarında ve şeklinde sürekli olarak değişiklikler meydana gelmiştir. Ancak, her geçen gün orman ve orman ürünlerine olan ihtiyaç giderek artış göstermiştir. Bu ihtiyaçların karşılanması noktasında Orman Genel Müdürlüğü ve bağlı birimleri sürekli olarak ormanların korunması ilkesi başta olmak üzere yenilenmesine ve sınırlarının genişletilmesine kadar olan süreçlerin tamamını yönetmektedir. Bu kapsamda en iyi göstergelerden birisi son elli yılda (1973 – 2023) orman

varlığımızın yaklaşık olarak 3,1 milyon ha alsansal artış göstererek 23,3 milyon ha büyüklüğe ulaşmasıdır. Bunun yanı sıra, aynı dönem içerisinde yaklaşık 788 milyon m³ artışla ağaç serveti miktarı 1.773.672.287 m³ seviyesine çıkmıştır (OGM, 2023). Bu durumun temel nedeni boşluklu kuruluştaki orman alanlarının çoğunlukla normal kuruluştaki orman alanlarına dönüştürülmesiyle ağaç serveti miktarının artmasına hizmet etmiş olmasıdır. Buraya kadar ki kısımda ekonomik olarak diğer bir deyişle üretim fonksiyonu gözetilerek faydalanılmadan bahsedilmiştir. Ancak ormanlardan ekolojik (*doğayı koruma fonksiyonu, erozyonu önleme fonksiyonu, iklim koruma fonksiyonu*) ve

^a Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü, Gölhisar, Burdur

* **Corresponding author** (İletişim yazarı): osenturk@mehmetakif.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 10.09.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 26.09.2024



Citation (Atıf): Keçelioğlu, H., Şentürk, Ö., 2024. Aydın - Kuyucak yöresinde kızılçam verimliliğinin modellenmesi. Turkish Journal of Forestry, 25(4): 390-398.
DOI: [10.18182/tjf.1548015](https://doi.org/10.18182/tjf.1548015)

sosyokültürel (*hidrolojik fonksiyon, toplum sağlığı fonksiyonu, estetik fonksiyon, ekoturizm ve rekreasyon fonksiyonu, ulusal savunma fonksiyonu, bilimsel fonksiyon*) olarak faydalanma da söz konusu olmaktadır. 2012 yılındaki verilere göre orman alanlarından ekonomik anlamda faydalanma %62,8 iken günümüzde %40 seviyesine kadar gerilemiştir (OGM, 2012). Bu durumda, ormanlara olan ihtiyacın daha çok ekolojik (%51,1) ve sosyokültürel (%8,9) ihtiyaçların karşılanmasına evrildiği anlaşılmaktadır (OGM, 2023).

Görüldüğü üzere ekonomik faydanın söz konusu olduğu kısımdaki farkın ekolojik ve sosyokültürel alanlara aktarılmasından dolayı, üretim fonksiyonu için geride kalan orman alanlarının etkin ve sürdürülebilir bir şekilde işletilmesi gerekmektedir. Ülkemiz asli orman ağacı türleri bakımından kayda değer bir çeşitliliğe sahip olup, üretim fonksiyonunun gerekliliklerini yerine getirecek düzeydedir. Bu kapsamda, asli orman ağacı türlerimizden kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) öne çıkmaktadır. Ülkemizde, Akdeniz ve Ege bölgesinde çok geniş bir yayılış alanına sahip olan kızılçam kısmen Orta ve Batı Karadeniz bölgelerinde lokal olarak yayılış göstermektedir (Şentürk vd., 2019). Günümüzde 23,36 milyon ha orman varlığımızın 5,33 milyon ha kadarı kızılçam ormanlarından oluşmakta olup toplam orman varlığının %22,81'ine tekabül etmektedir (OGM, 2023). OGM istatistiklerine göre kızılçam, dikili kabuklu gövde hacmi üzerinden 7,54 milyon m³ ağaç serveti miktarı ile açık ara ilk sırada yer almaktadır (OGM, 2023). Özellikle ekonomik anlamda en fazla tercih edilen ibrelî tür olmasının temel nedeni kısa idare süresine sahip olması, işletmeciliğin diğer türlere nazaran daha hızlı ve kolay yapılabilmesi, tıraşlama kesimi ile büyük alanlarda üretim yapılabilmesi şeklinde sıralanabilmektedir. Bunun yanı sıra odun özellikleri bakımından farklı kullanım alanlarına sahip olması ve endüstriyel olarak piyasanın talebini karşılaması kızılçamın ekonomik açıdan daha fazla tercih edilmesine neden olmuştur (Bozkurt ve Göker, 1996; Bozkurt ve Erdin, 1997; Ürgenç, 1998; Eroğlu ve Usta, 2000; Taş, 2017). Diğer taraftan, kızılçam ormanlarının neredeyse üçte biri boşluklu kuruluşta (1.750.705 ha) bulunmaktadır. Aslında mevcut boşluklu kuruluştaki kızılçam ormanları ormancılık uygulamalarıyla normal kuruluşta kızılçam ormanlarına dönüştürülmesi söz konusu olabilmektedir. Bu durum kızılçam ormanlarından ekonomik bakımdan daha fazla gelirin elde edilmesini sağlayacaktır. Ancak unutulmamalıdır ki, boşluklu kuruluştaki bu alanlardan sadece ekonomik anlamda değil bir kısmı ekolojik veya sosyokültürel amaçlar ile de kullanılabilir. Ülkemiz orman varlığının %22,81'ini oluşturan kızılçam ana fonksiyonlar itibarıyla ciddi bir potansiyele sahip olduğu aşikardır. Böyle bir potansiyele sahip olan kızılçam ormanlarından gerek boşluklu kuruluşta gerekse normal kuruluşta meşcerelerinin daha verimli bir şekilde işletilmesi bir gereklilik haline gelmiştir. Ancak burada unutulmaması gereken esas konu yukarıda bahsi geçen orman kuruluşlarında ormancılık faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için ekolojik anlamda birçok bilgiye sahip olunması gerekmektedir. Bunların başında hedef türün yetişme ortamı özellikleri ve buna bağlı potansiyel dağılım alanlarının belirlenmesi gelmektedir. Belirlenen bu alanlar içerisinde hedef türün en iyi büyüme ve gelişme göstereceği alanların diğer bir ifadeyle iyi bonitete sahip yerlerin ekolojik tabanlı modelleme çalışmalarıyla tespit edilmesi gerekmektedir. Bu sayede, yapılacak olan ormancılık

faaliyetleri kısa zamanda, daha doğru ve etkin çözümler getirilerek başarıya ulaşabilecektir. Şöyle ki, ekolojik tabanlı modelleme çalışmaları sayesinde bozuk kuruluşta hedef türün yetişme ortamı özelliklerine uygun verimliliği yüksek potansiyel alanlarda tamamlama veya ağaçlandırma çalışmalarının yapılmasında, normal kuruluşta ise gençleştirme çalışmalarında iyi bonitete sahip meşcerelere öncelik tanınmasında veya iyi bonitete sahip olmayan meşcerelerin gençleştirmelerinde siper altı dikimler ile tamamlama çalışmalarının yapılmasında başarıyı getirecek ekolojik bilgiyi sunmaktadır. Bunun sonucunda, daha nitelikli meşcerelerin oluşturulması sağlanacak olup hedef türe ait meşcerelerin sürdürülebilirliğine de hizmet edecektir.

Verilen bilgilerden anlaşılacağı üzere orman kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanmasında ormanların verimli şekilde işletilmesi gerektiği sonucuyla karşı karşıya kalmaktayız. Bunun için gerekli olan ekolojik bilginin elde edilmesi süreçlerinde verimlilik modelleme çalışmaları yön gösterici olacaktır. Hedef türün bonitet endeks değerleri ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerin ortaya konmasıyla verimlilik modelleri oluşturulmaktadır. Hedef tür için en verimli veya verimsiz orman alanları verimlilik modellemesi yardımıyla potansiyel olarak tespit edilebilmektedir ve bu modellerin yapılması planlanan ormancılık faaliyetlerinde uygulayıcılara yön göstereceği düşünülmektedir. Buradan hareketle boşluklu kuruluşta ve kötü bonitete kızılçam meşcerelerinin ağırlıkta olduğu çalışma alanı Aydın – Kuyucak yöresinde kızılçam verimliliğinin modellenmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda elde edilen kızılçam verimliliği modellerine göre en verimli/verimsiz kızılçam meşcereleri tespit edilmiş olup özellikle kötü bonitete yer alan veya boşluklu kuruluşta bulunan meşcerelerin normal kuruluşta ulaştırılması sağlanarak gerek ekonomik gerekse ekolojik veya sosyokültürel bakımdan bu alanların yeniden kazanılmasına yardımcı olacak ekolojik model tabanlı bilgiler sunulmuştur. Bu sayede, orman ekosistemlerinde sürdürülebilirliğin ve orman kaynaklarına olan ihtiyacın ana fonksiyonlar itibarıyla sürekliliğinin sağlanması noktasında uygulayıcılara yön göstermesi amaçlanmıştır. Ayrıca yapılan bu çalışma diğer asli orman ağacı türlerimiz içinde uygulanabilir nitelikte olup ileride yapılacak olan ormancılık faaliyetlerine ve bilimsel anlamdaki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve yöntem

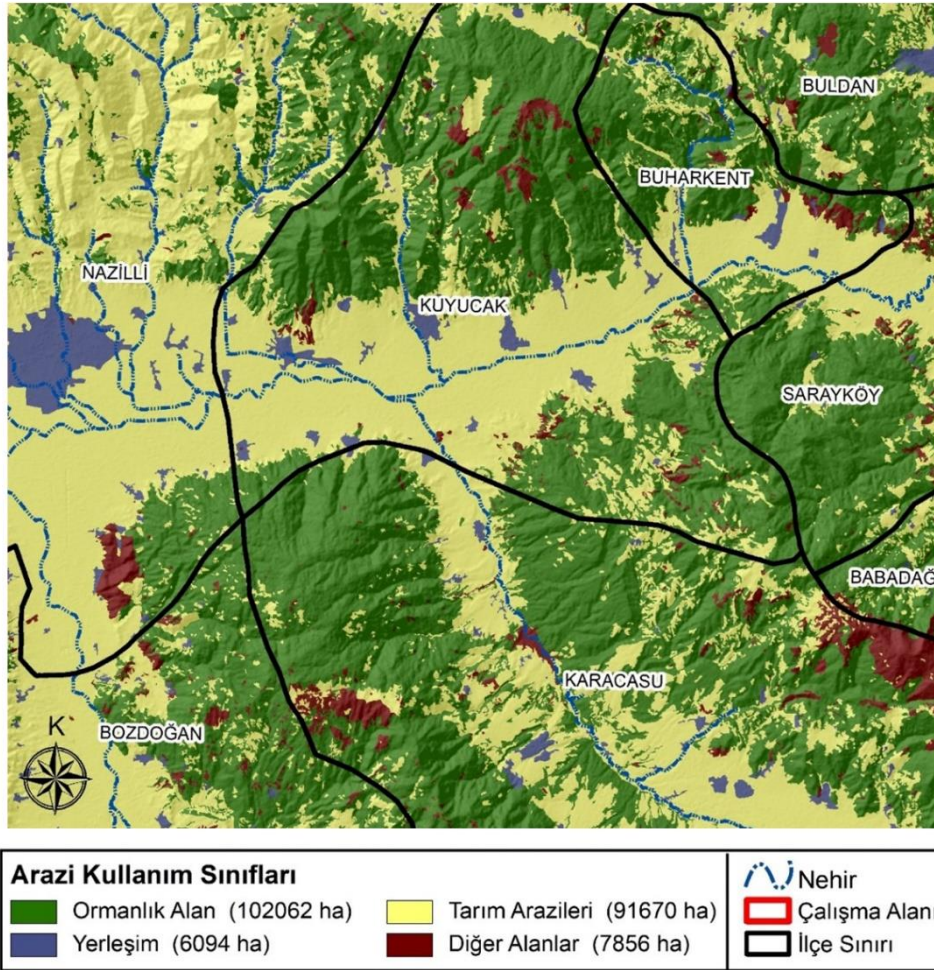
2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı Aydın ili Nazilli, Kuyucak, Bozdoğan ve Karacasu ilçeleri ve Denizli ili Buharkent, Sarayköy, Babadağ ve Buldan ilçe sınırları içerisinde kalmakta olup yaklaşık olarak 207.683 ha büyüklüğündedir. Çalışma alanının neredeyse yarısı ormanlık alan (102.062 ha) geriye kalan kısmının büyük bir bölümünü ise tarım arazileri (91.670 ha) oluşturmaktadır (OGM, 2017) (Şekil 1). Yöre Büyük Menderes Havzası içerisinde yer almaktadır ve Büyük Menderes Ovası çalışma alanının orta kısmını kaplamaktadır. Ayrıca, ovanın ortasından Büyük Menderes Nehri yöreyi ikiye ayırmakta olup Nazilli'nin güneyinde Bozdoğan'da Akçay, Karacasu'da Dandalaz, Buharkent'te Feslek, Kuyucak'ta Kayran, Kuyucak ve Nazilli arasında Kestel ve Melengeç başlıca akarsulardır. Bu alanın verimli olmasından dolayı özellikle tarımsal faaliyetler yoğunudur (Deniz, 2013).

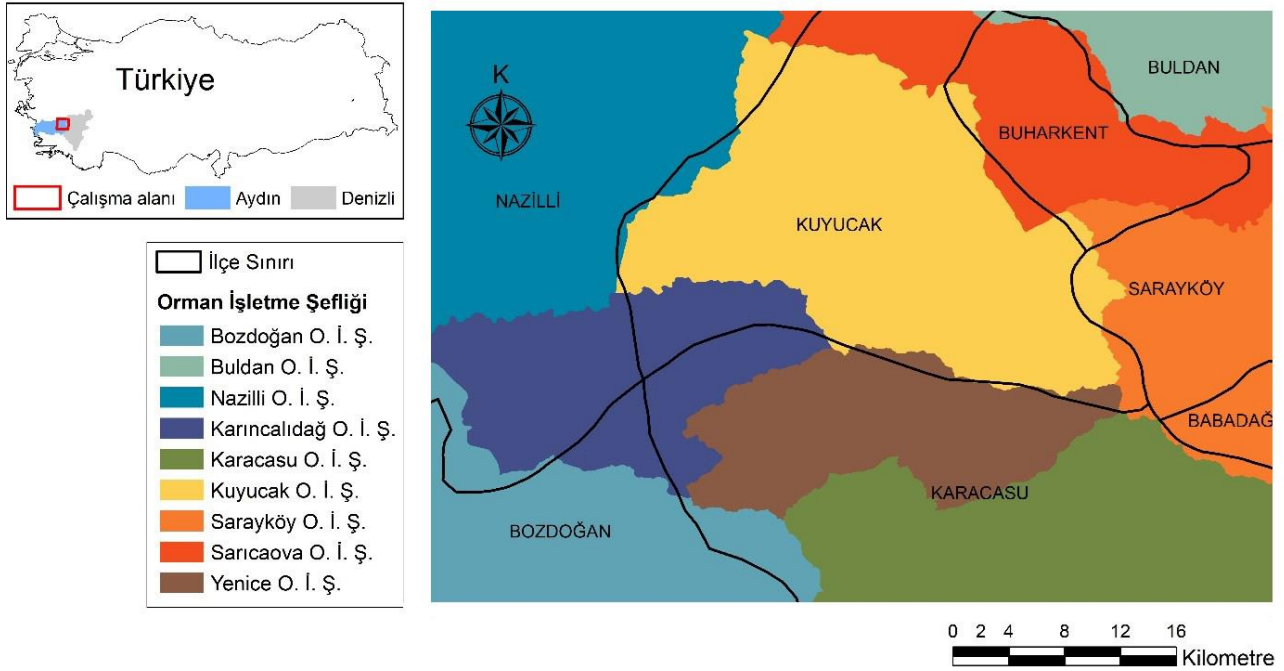
Arazi kullanım sınıflarında yerleşim yerleri ve diğer alanlar (Taşlık Kayalık: 46 ha, Ocak: 43 ha, Kumul Alanlar: 42 ha, Sulak Alanlar: 199 ha, Mera Alanları: 599 ha, Tesis: 54 ha, Orman İçi Açıklıklar: 6871 ha) çalışma alanının yaklaşık %6,7'sini kaplamaktadır (OGM, 2017).

Çalışma alanının kuzeyinde büyük çoğunluğu İzmir ve Aydın illeri sınırında yer alan ve Denizli Buldan'a kadar uzanan Aydın Dağları (1831 m) bulunmaktadır. Yörenin güneyinde Karacasu ilçe sınırları içerisinde Karıncalıdağ (1703 m), Kuyucak ilçesinin kuzeydoğusu ve Buharkent ilçesinin kuzeybatısında Çamlık Dağı (1724 m), Bozdoğan ilçesinin doğusunda Madran (Baba) Dağı (1792 m) ve Denizli Babadağ ilçesindeki Akdağ (1817 m) kütleleri yer almaktadır. Çalışma alanı Büyük Menderes Ovası, Nazilli, Karacasu ve Bozdoğan'ın bir kısmında kuarterner, Karacasu'nun geriye kalan kısımlarında Menderes masifine ait paleozoyik – alt tersiyer örtü serisi, Pan – Afrikan yapısına

ait şist – paragnays ve biyotit ortognays, Kuyucak, Buldan ve Buharkent bölümünde karışık olarak Pan – Afrikan yapısına ait şist – paragnays ve biyotit ortognays, Sarayköy'de ise kuarterner ve Pan – Afrikan yapısına ait şist – paragnays birimlerine rastlanmaktadır (Koçak ve Şenol, 2013). Köppen iklim sınıflandırmasına göre yöre tipik Akdeniz iklim özelliklerine sahip Csa (Kış ılık, yazı sıcak ve kurak) iklim sınıfına girmektedir (Rubel vd., 2017). Çalışma alanının uzun dönemli yıllık ortalama toplam yağış miktarları Nazilli 569,4 mm, Kuyucak 462,8 mm ve Karacasu 544,6 mm iken, yıllık ortalama sıcaklıkları sırasıyla 17,5 °C, 17,8 °C ve 16,0 °C şeklindedir (Deniz, 2013). Öte yandan, çalışma alanı Muğla ve Denizli Orman Bölge Müdürlüklerine bağlı 9 farklı Orman İşletme Şefliği kapsamaktadır (Şekil 2). İşletme şefliklerinde kızılçam türü başta olmak üzere karaçam, fıstıkçami, ardıç, sedir, kestane ve farklı meşe türlerine ait meşcereler bulunmaktadır (OGM, 2017).



Şekil 1. Çalışma alanının arazi kullanım durumu
Figure 1. Land use properties of the study area



Şekil 2. Çalışma alanı içerisinde kalan Orman İşletme Şefliklerine ait yerbuldur
Figure 2. The locations of Forest Enterprise Chiefdoms within the study area

2.2. Arazi ve büro çalışmaları

Kızılçam verimliliğinin modellenmesi amacıyla 20 x 20 m (400 m²) büyüklüğünde toplamda 40 örnek alanda arazi envanter çalışması gerçekleştirilmiştir. Her bir örnek alanda kızılçam verimliliğini tespit etmek için doğal dal budanmasını tamamlamış, tepe sürgünü sağlam ve meşcerenin tepe kısmındaki hâkim konumda en az 3 adet istikbal vadeden bonitet ağacı belirlenmiştir (Irmak, 1970; Fırat, 1972; Kalıpsız, 1984). Bu ağaçların her birinden dikili halde boy ölçer kullanılarak boy ölçümü ve 1, 30 m yükseklikten (göğüs seviyesinden) artım burgusu kullanılarak artım kalemleri alınmıştır. Artım kalemlerinden yaş halkaları sayılarak yaş tespiti yapılmıştır. Her bir örnek alan merkezinin enlem ve boylam değerleri Küresel Konumlama Sistemi (Global Position System: GPS) kullanılarak kayıt altına alınmıştır.

Büro ortamında modelleme süreçlerinde kullanılan yetişme ortamı özelliklerine ait çevresel değişkenlerin oluşturulması amacıyla çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli (DEM) The U.S. Geological Survey (USGS) veritabanından temin edilmiştir. Elde edilen DEM kullanılarak çalışma alanına ait yükselti ve eğim değişkenleri üretilmiştir. Sonrasında "Topographic Tool" eklentisi yardımıyla arazi formunu temsil eden topoğrafik pozisyon indeksi, solar aydınlanma indeksi ve yamaç konumu değişkenleri (Jennes, 2006), "Geomorphometric and Gradient Metrics Toolbox" eklentisi kullanılarak sıcaklık yükü indeksi değişkenleri oluşturulmuştur. Sıcaklık yükü indeksi, potansiyel güneş ışınımını birim cinsinden tahmin etmek için kullanılan yıllık doğrudan gelen radyasyon, sıcaklık ve ısı yükü olarak ifade edilmektedir (McCune ve Keon, 2002). Çalışma alanının jeoloji haritası Maden Tetkik Araştırma Müdürlüğünden temin edilmiştir. Farklı anakaya tipleri ArcMap 10.2 yazılımında çizilerek öznetelik tablosun oluşturulmuştur. Ardından elde edilen öznetelik tablosundaki

litoloji bilgileri esas alınarak anakaya tipleri haritası raster formatında dışa aktarımı yapılmıştır. Son aşamada, Fick ve Hijmans (2017), tarafından oluşturulan ve ücretsiz kullanıma sunulan iklim değişkenleri <http://www.worldclim.org> adresinden indirilmiştir. İndirilen iklim değişkenleri uygun projeksiyonlara dönüştürülmüş ve çalışma alanı ölçeğinde kesilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. Bu çalışmada, iklim değişkenlerinden sadece yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık yağış değişkenleri kullanılmıştır.

2.3. İstatistiksel değerlendirme

Bu çalışmada kızılçam verimliliğinin modellenmesi amaçlanmıştır. Verimliliğin hesaplanmasında kızılçam türünün bonitet endeks değerleri kullanılmıştır. Elde edilen bonitet endeks değerleri ile yetişme ortamı özellikleri ilişkilendirilerek hedef türün verimlilik modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak kızılçam türünün doğal meşcerelerinden üst tabakada yer alan 3 ağaca ait yaş ve boy değerlerinin 75 yaşa endekslenmesi ile bonitet endeks değerleri hesaplanmıştır. Bonitet endeksi hesabında kızılçam hasılat tablosundan faydalanılmıştır (Erkan, 1996).

Ardından, modelleme aşamasından önce iklim değişkenleri ile yükselti değişkeninin birbirleriyle korelatif ilişki göstermelerinden dolayı Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır (Pearson, 1900). Analiz sonucunda geriye kalan değişkenler ile modelleme sürecine geçilmiştir. Kızılçam verimliliğinin modellenmesinde çoklu regresyon analizi ve regresyon ağacı yöntemi kullanılmıştır (Breiman vd., 1984; De'ath ve Fabricius, 2000; Özdamar, 2002).

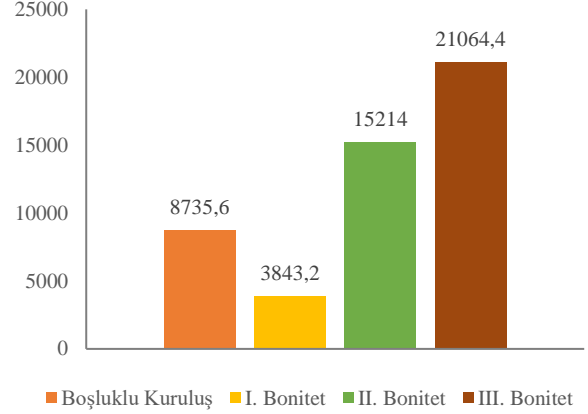
3. Bulgular

Çalışma alanı sınırları içerisinde kalan Muğla ve Denizli Orman Bölge Müdürlüklerine bağlı Orman İşletme Şefliklerinde kızılçamın asli tür olduğu işletme sınıflarında 8735,6 ha boşluklu kuruluş olmak üzere toplam yaklaşık 49.000 ha alanda yayılış göstermektedir. Geriye kalan yaklaşık 40.121 ha kızılçam meşcerelerinin yarısından fazlası III. bonitet sınıfına girdiği belirlenmiştir (OGM, 2017) (Şekil 3).

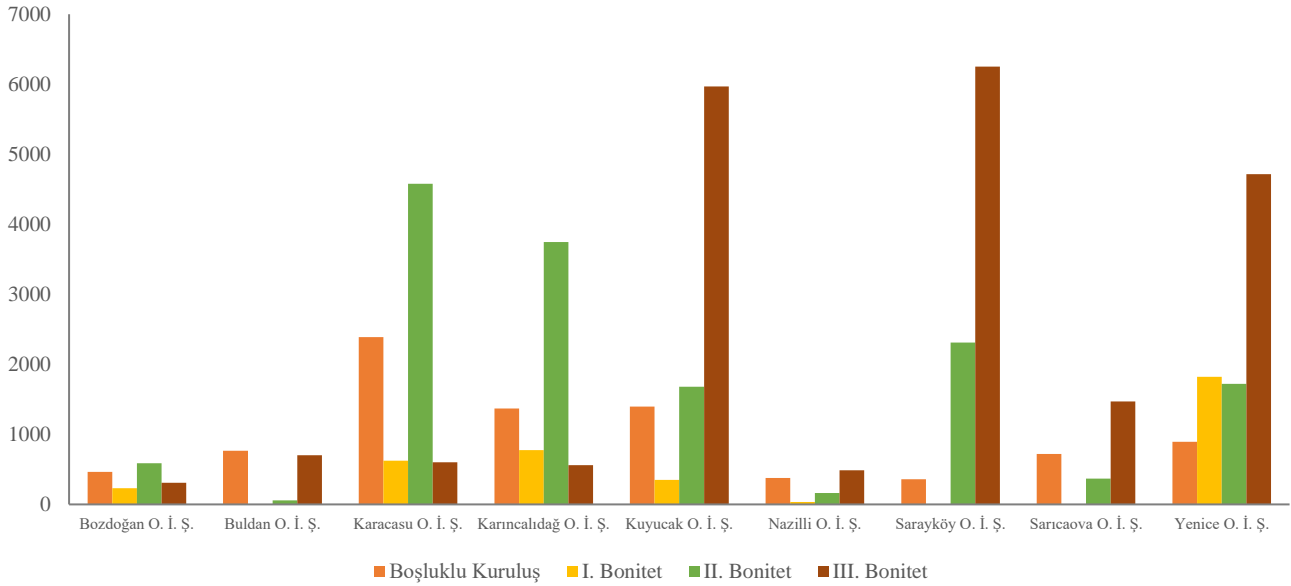
Öte yandan, Kuyucak, Sarayköy ve Yenice Orman İşletme Şefliklerinde kızılçam işletme sınıfında III. bonitet sahaların yörede daha fazla alan kaplamaktadır. Karacasu ve Karneçalıdağ Orman İşletme Şefliklerinde ise kızılçam işletme sınıfı için II. bonitet sahaların yöre içerisinde daha fazla alana sahip olduğu görülmektedir (OGM, 2017) (Şekil 4). Genel itibari ile yöre sınırlarına giren orman işletme şefliklerinde I. bonitet sahalar çalışma alanının sadece %8'ini temsil etmektedir.

Kızılçam verimliliğinin modellenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada ilk olarak iklim değişkenleri ile yükselti değişkeni arasındaki ilişkiye Pearson korelasyon analizi kullanılarak bakılmıştır (Çizelge 1). Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, yükselti ile yıllık ortalama sıcaklık arasında yüksek korelasyon ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Yükselti ile yıllık ortalama sıcaklık arasındaki korelasyon katsayısının negatif yönlü ve oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, ilgili değişkenin kullanılması halinde çoklu bağlantı problemine sebep olacağı

öngörülmüştür. Öte yandan, yükselti ile yıllık yağış miktarı arasında istatistiksel anlamda ilişki ($p > 0,05$) tespit edilememiştir. Analiz sonucunda elde edilen sonuçlara göre çoklu regresyon analizi ve regresyon ağacı yönteminde iklim değişkenlerinden sadece yıllık yağış miktarı değişkeni kullanılarak devam edilmesine karar verilmiştir.



Şekil 3. Çalışma alanındaki kızılçam türü bonitet sınıflarının alansal dağılımı (ha)
Figure 3. Areal distribution of Brutian pine site classes within the study area (ha)



Şekil 4. Orman İşletme Şefliklerinin bonitet sınıflarının alan bazlı dağılımı (ha)
Figure 4. Area-based distribution of site classes of Forest Enterprise Chiefdoms (ha)

Çizelge 1. Yükselti ve iklim değişkenlerinin Pearson korelasyon analizi sonuçları

Table 1. Results of Pearson correlation analysis of elevation and climate variables

		Yükselti	Yıllık ortalama sıcaklık (°C)	Yıllık yağış miktarı (mm)
Yükselti	Korelasyon katsayısı	1	-0,952	-0,202
	Önem değeri	-	0,000	0,210
Yıllık ortalama sıcaklık	Korelasyon katsayısı	-0,952	1	0,237
	Önem değeri	0,000	-	0,141
Yıllık yağış miktarı	Korelasyon katsayısı	-0,202	0,240	1
	Önem değeri	0,210	0,141	-

Kızılcım türünün verimliliğinin modellenmesi aşamasında çoklu regresyon analizi ve regresyon ağacı tekniği kullanılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak bonitet endeks değerleri ile çevresel ve iklim değişkenleri arasında aşamalı (stepwise) kriteri seçilerek çoklu regresyon analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda, tek bir model elde edilmiş olup modelde sadece sıcaklık yükü indeksi değişkeni yer almıştır (Çizelge 2). Elde edilen modelin r^2 değeri 0,141 olarak bulunmuştur. Modele göre, bonitet endeksi ile sıcaklık indeksi arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir. Sıcaklık indeksi değerinin artmasıyla bonitet endeksinin arttığı belirlenmiştir.

Diğer taraftan, çoklu regresyon analizinden elde edilen modeli sadece bir değişkenin açıklaması bonitet endeksi ile çevresel ve iklim değişkenleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde yeterli görülmemiştir. Bu yüzden, bahsi

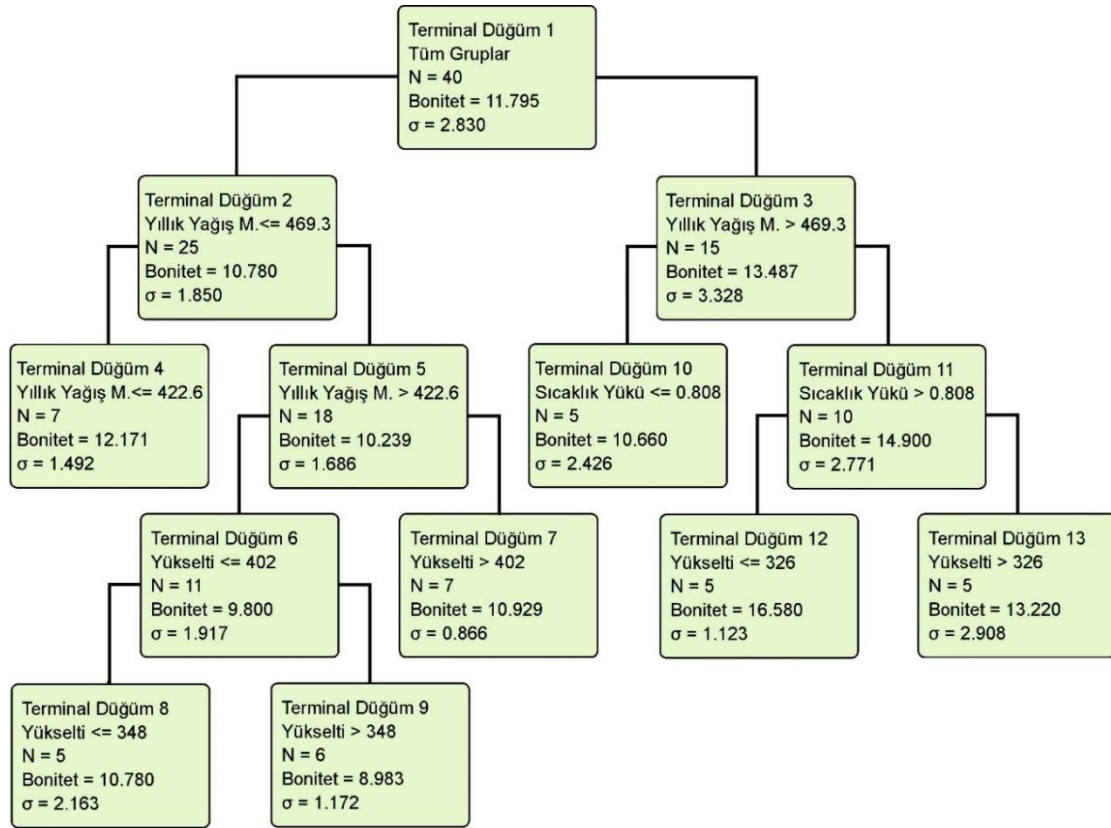
geçen ilişkilerin ortaya konması amacıyla regresyon ağacı yöntemine başvurulmuştur. Regresyon ağacı tekniği sonucunda elde edilen ağaç modeli yükselti, sıcaklık yükü indeksi ve yıllık yağış değişkenleri yapılandırmıştır (Şekil 5). Modeli yapılandıran değişkenlerin katkı büyüklükleri sırasıyla yıllık yağış, sıcaklık indeksi ve yükselti şeklinde olmuştur. Elde edilen modelin r^2 değeri 0,5927 bulunmuştur.

Ağaç model incelendiğinde bonitet endeks değeri en yüksek 12. terminal düğümden elde edilirken, en düşük 9. terminal düğümden elde edilmiştir. Buna göre, yıllık yağışın yaklaşık 470 mm'nin üzerinde, daha fazla sıcaklık yüküne sahip bakılarda ve yükseltinin 326 m'nin altında olduğu yerlerde kızılçımın bonitet endeksi en iyi sonucu vermiştir. Aynı model kuralının işlediği ve yükseltinin 326 m'nin üzerinde olduğu yerlerde ise yine bonitet endeks değeri diğer alanlara kıyasla yüksek bulunmuştur.

Çizelge 2. Kızılcım verimlilik modellemesi çoklu regresyon analizi sonuçları
Table 2. Results of Brutian pine productivity modeling linear regression analysis

Model	Standardize edilmiş katsayılar		Standardize edilmiş katsayılar	t değeri	Önem seviyesi	Doğrusal bağıntı istatistikleri	
	B	Standart hata				Tolerans	Varyans şişme faktörü
Sabite	-22,017	13,606		-1,618	0,114		
1 Sıcaklık yükü indeksi	41,618	16,740	0,374	2,486	0,017	1,000	1,000

Önem seviyesi: %0,05



σ : Standart Sapma

Şekil 5. Kızılcım verimliliğinin regresyon ağacı modeli
Figure 5. Regression tree model of Brutian pine productivity

4. Tartışma ve sonuç

Kızılçam verimliliğinin modellenmesi amacıyla 40 örnek alanda en az 3 adet istikbal ağacından boy ve yaş ölçümü yapılmıştır. Arazi envanter çalışması ile toplanan veriler kullanılarak kızılçamın 75 yaşa endekslenmiş bonitet değerleri hesaplanmıştır. Bonitet endeksi ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkilerin ortaya konması adına çoklu regresyon analizi ve regresyon ağacı tekniğine başvurulmuştur.

Çoklu regresyon analizinde elde edilen modeli sıcaklık indeksi değişkeni yapılandırırken, regresyon ağacı tekniğinden elde edilen modeli yıllık yağış, sıcaklık yükü indeksi ve yükselti değişkenleri yapılandırmıştır. Çoklu regresyon analizi sonucunda sıcaklık yükü indeksi ile verimlilik arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Regresyon ağacı tekniğinde yıllık yağışın yaklaşık 470 mm'nin üzerindeki daha fazla sıcaklık yüküne sahip bakıların 326 m'nin altındaki ve üzerindeki yükseltileri için yüksek bonitet endeks değerleri elde edilmiştir. Bilindiği üzere kızılçamın büyüme ve gelişmesinde en önemli faktörlerden birisi yükselti değişkenidir. Ege ve Akdeniz Bölgelerinde kızılçamın en fazla yayılışı 700 m yükseltilere kadar olan kuşakta gösterdiği ifade edilmiştir (Atalay, 2008). Modeldeki bir diğer değişken yıllık yağış miktarı 470 mm üzerindeki alanlarda yüksek bonitet değerleri elde edilmiştir. Çalışma alanında Nazilli, Kuyucak ve Karacasu ilçelerinde örnek alanlarında daha yoğun envanter çalışması gerçekleştirilmiştir. Uzun dönemli yıllık ortalama toplam yağış miktarları Nazilli, Kuyucak ve Karacasu için sırasıyla 569,4 mm, 462,8 mm ve 544,6 mm şeklindedir (Deniz, 2013). Elde edilen ağaç modeldeki en yüksek bonitet endeks değerlerine ait yıllık yağış miktarları ile çalışma alanındaki ilçelerin uzun dönemli yıllık ortalama toplam yağış miktarları birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Bu alanlar içerisinde özellikle yıllık yağış miktarının 470 mm üzerindeki yerler kızılçamın daha yüksek ortalama bonitet endeks değerlerine ulaşacağını işaret etmekte olup verimlilik modellemesinde elde edilen sonuçlar bakımından önemli olduğu görülmektedir. Coşkun (2017), Büyük Menderes ile Çubukdağı (Buharkent), Babadağ ve Akdağ kütlelerinin düşük yükselti basamaklarında kızılçam ormanlarının yayılış gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca, Acıpayam, Denizli ve Nazilli istasyonlarında Babadağ ve Bozdağ'ın 1000 – 1100 m yükselti seviyelerinde 900 mm, 1500 m yükselti üzerinde ise 1200 mm yıllık yağış miktarı değerlerini ulaştığından bahsetmiştir. Bu yıllık yağış miktarı değerlerinde, 1000 – 1200 m yükseltilere kadar kızılçam ve meşe ormanlarına, bu yükselti değerlerinin üzerinde ise karaçam ormanlarının hâkim olduğunu ifade etmiştir. Ancak, 800 m yükseltiden itibaren meşelerin kaybolduğunu yerini saf kızılçam meşcerelerine bıraktığını belirtmiştir.

Öte yandan, kızılçam gölgeye toleransız bir ağaç türüdür başka bir ifadeyle ışık isteği fazla olan iğne yapraklı ağaç türlerinden birisidir (Saatçioğlu ve Pamay, 1962). Elde edilen ağaç modele göre, yüksek sıcaklık yükü indeksi değerlerine sahip alanlarda bonitet endeks değerlerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu durum, kızılçam türünün gölgeye toleransız bir ağaç türü olmasından dolayı yani ışık isteği fazla olan iğne yapraklı ağaç türlerinden birisi olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, kızılçamın daha çok sıcak bakıların (güney, batı, güneybatı) yani güneşten gelen radyasyonun ve sıcaklığın fazla olduğu yerleri tercih etmesi

türün özellikle bu tip alanlarda daha iyi gelişim göstermesine neden olmaktadır. Bu çalışmada da sıcaklık yükü indeksinin yüksek olduğu yerlerde en yüksek bonitet endeks değerleri (12. ve 13. terminal düğümler) elde edilmiştir. Literatüre bakıldığında, Çelik ve Özkan (2015), tarafından yapılan çalışmada kızılçamın verimlilik modellemesinde en yüksek endeks değerinin elde edildiği terminal düğümü yapılandıran değişkenlerden birinin sıcaklık indeksi olduğu görülmektedir. Buna göre sıcaklık indeksi değerinin yüksek olduğu alanların yani daha sıcak ya da kuru bakılarda kızılçamın daha iyi gelişim gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Orman Genel Müdürlüğü Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı tarafından yapılan orman amenajman planlarında kızılçam işletmeleri için iyi (I), orta (II) ve kötü (III) olmak üzere üç bonitet sınıfı kullanılmaktadır (Alemdağ, 1962; Eken, 2021). Çalışma alanının bonitet sınıflarına bakılacak olursa, boşluklu kuruluş (8735,6 ha) ve III. bonitet (21064,4 ha) sahaların 29800 ha büyüklüğe sahip olduğu görülmektedir (OGM, 2017). Yani yörenin büyük kısmı kötü bonitete sahip kızılçam meşcerelerinden oluşmaktadır. Özellikle örnek alanların yoğun olarak alındığı orman işletme şefliklerinin bonitet sınıfları incelenecek olursa aktüel durumda III. bonitet sahaların çok fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4). Bu tip sahalarda bonitet değerlerinin elde edilen modelleme sonuçlarıyla uyumlu olduğunu tespit edilmiştir.

Kızılçam verimliliği modellemesi sonuçlarının genel bir değerlendirmesi yapılacak olursa, en uygun yerler çalışma alanının kuzey ve güneydoğu kesimlerine denk gelmektedir. Çalışma alanında kızılçam daha çok düşük yükseltiye sahip alanlarda yayılış göstermektedir. Özellikle çalışma alanının orta kısmından geçen Büyük Menderes Ovası yöreyi iki ayırmakta ve bu yerlerin büyük kısmı tarımsal faaliyet alanı olarak değerlendirilmektedir (Sütgibi, 2008). Diğer taraftan, çalışma alanında kızılçam yaklaşık 1000 m ortalama yükseltilere kadar çıkabilmektedir. Yörenin hemen üst kesimlerinde ise karaçam meşcereleri yer almaktadır. Anlaşılabileceği üzere, kızılçam meşcereleri yörede dar bir alanda sıkışmış durumda olduğu görülmektedir. Ayrıca kızılçamın yöre içerisindeki yayılışı da dikkate alındığında Büyük Menderes Ovasının yakınında veya bitişindeki yerlerde de meşcereler kurmasından dolayı antropojenik etkinin fazla olabileceği aşıkardır. Yörede Büyük Menderes Ovası'nın var olması ciddi tarımsal faaliyetlerin yapılmasına imkân tanımakta olup bu durum orman ekosistemi üzerinde olumsuz etkilere sahip olabileceği kanaatine varılmıştır. Zira, kızılçamın bonitet endeks değerlerine bakıldığında düşük değerlere sahip olmasının nedenleri arasında bahsi geçen durumların etkisi olduğu düşünülmektedir. Çünkü kızılçam meşcereleri çalışma alanının büyük bir kısmında yukarıda bahsedildiği gibi kötü bonitetli ve boşluklu kuruluşlu meşcerelerden oluşmaktadır. Konu ile ilgili olarak yapılan bazı çalışmalarda benzer sonuçlar incelendiğinde durum daha iyi anlaşılmaktadır. Çukur (1998) tarafından Aydın Dağları ve çevresinde Nazilli – Ödemiş ve Tire – İncirliova kuzey güney hattında kestane, ceviz ve özellikle incir yetiştiriciliğinden dolayı kızılçam meşcerelerinin ciddi oranda tahribe uğradığını belirtmiştir. Bu yüzden 800 – 1000 m yükseltilere kadar kızılçam meşcerelerinin çok zayıf topluluklar oluşturduğundan bahsetmiştir. Karadağ ve Koçman (2007) benzer özelliklere sahip Ödemiş yöresinde düşük yükselti kuşağında kızılçam ve 800 – 1000 m yükseltilerden itibaren karaçam meşcerelerine rastlandığını

ifade etmiştir. Ancak, sadece Ödemiş çevresinde değil aynı zamanda bütün Küçük Menderes Nehri Havzasında doğal bitki örtüsünün uzun yıllar süren antropojenik etkiler yüzünden çok büyük ölçüde tahribe uğradığını ve bunun sonucu olarak kızılçam meşcerelerinin yerini maki ve garig formasyonlarını aldığını vurgulamışlardır. Aktaş (2019), tarafından Aydın dağlarının bir bölümü olan Oyukbaba dağı ve çevresinde yapılan çalışmada da bu durum ifade edilmiştir. Benzer özelliklere sahip çalışma alanında yörenin asli orman ağacı türü kızılçam antropojenik etkiler sonucunda bu sahalardan çekilmiş, yerini halkın gelir getirici türlerden biri olarak kullandığı incir türüne bıraktığını belirtmiştir.

Yukarda bahsi geçen tarımsal ve hayvancılık faaliyetlerinin veya antropojenik etkilerin fazla olduğu yerlerde meşcereler zayıf düşmektedir. Özellikle benzer alanlarda meşcereleri sağlığına kavuşturmasında veya yeniden ormanlaştırılmasında birçok zorluklarla karşılaşmaktadır. Verimlilik modellemesi üzerine gerçekleştirilen bu çalışmanın sonuçları bu tip alanlarda yapılacak olan tamamlama, ağaçlandırma ve gençleştirme çalışmaları gibi uygulamalarda hedef tür için daha verimli olan alanlara öncelik tanınması veya verimliliğin düşük olduğu yerlerde ise uygun silvikültürel tedbirlerin alınması noktasında uygulayıcılara yarar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu sayede, çalışma alanında olduğu gibi boşluklu kuruluştaki ve kötü bonitetteki meşcerelerin veya insan etkisine açık tahrip olmuş meşcerelerin gerek ekonomik gerekse ekolojik ve sosyokültürel bakımdan daha nitelikli hale getirilmesi sağlanacaktır. Diğer taraftan, ekosistem restorasyonu ve koruma gibi ormancılık faaliyetlerinde plan yapıcılara planlama süreçlerinde yardımcı olacağı aşikardır. Zira elde edilen sonuçların model tabanlı olması farklı çalışmalara entegre edilmesine imkân sunmaktadır. Böylece farklı planlama şekillerinde de elde edilen modellerin değerlendirilmesi söz konusu olabilmektedir. Son olarak, yöre ölçeğinde daha önce böyle bir çalışmanın yapılmamış olması elde edilen sonuçların ve önerilerin ileride araştırmacılara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Açıklama

“Aydın – Horsunlu Yöresinde Kızılçamın Verimlilik Modellemesi” isimli projeye (Başvuru Numarası: 1919B012208771) desteklerinden dolayı TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programına teşekkür ederiz.

Kaynakça

Aktaş, G., 2019. Aydın İli Nazilli ilçesi Oyukbaba dağındaki kestane (*Castanea sativa*) topluluklarının ekolojisi ve ekonomik önemi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.

Alemdağ, Ş., 1962. Türkiye’deki Kızılçam Ormanlarının Gelişimi, Hasılat ve Amenajman Esasları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülteni Serisi No: 11, Ankara.

Atalay, İ., 2008. Ekosistem Ekolojisi ve Coğrafyası. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları No: 327. Cilt: II, Ankara.

Bozkurt, A.Y., Göker, Y. 1996. Orman Ürünlerinden Faydalanma II. Cilt. İstanbul Üniversitesi Yayın No 3946, Orman Fakültesi Yayın No 437, İ. Ü. Basımevi, İstanbul.

Bozkurt, A.Y., Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı. İ.Ü. Yayın No: 3998, Orman Fakültesi Yayın No: 445, İstanbul.

Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., Stone, C. J., 1984. Classification and regression trees, Belmont, CA, Wadsworth, International Group, 432: 151-166.

Coşkun, S., 2017. Büyük menderes nehri ile yukarı dalaman çayı arasındaki sahada bitki örtüsünün coğrafi dağılışı. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10: 49.

Çelik, H., Özkan, K., 2015. Antalya ovacık dağı yöresi’nde kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)’ın gelişimi ile yetişme ortamı özellikleri arasındaki ilişkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19(2): 190-197

Çukur, H., 1998. Ege bölümünün ekosistemleri. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Deniz, M., 2013. Nazilli ilçesinin beşerî ve ekonomik coğrafyası. Doktora Tezi, Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uşak.

De’ath, G., Fabricius, K. E., 2000. Classification and regression trees: a powerful yet simple technique for ecological data analysis. Ecology, 81(11): 3178-3192.

Eken, F., 2021. Asli Orman Ağaçlarımızın Bonitet, Gövde Hacmi ve Hasılat Tabloları. Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, s: 358s, Ankara.

Erkan, N., 1996. Kızılçam doğal meşcerelerinde artım ve büyümenin değerlendirilmesi. Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2: 33-43.

Eroğlu, H., Usta, M., 2000. Lif Levha Üretim Teknolojisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: 30, Trabzon, s: 351.

Fırat, F., 1972. Orman Hasılat Bilgisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Fick, S.E., Hijmans, R.J., 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International journal of climatology, 37(12): 4302-4315.

Irmak, A. (1970). Orman Ekolojisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 149, Taş Matbaası, İstanbul.

Jenness, J., 2006. Topographic position index (TPI) v. 1.2. Jenness Enterprises, Flagstaff, AZ.

Kalıpsız, A., 1984. Dendrometri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 354, İstanbul.

Karadağ, A., Koçman, A., 2007. Relation between urbanization development and natural environment process case of Ödemiş-İzmir. Aegean Geographical Journal, 16: 3-16.

Koçak, K., Şenol, H., 2013. Buldan (Denizli) yöresindeki metamagmatik ve magmatik kayaların jeolojisi ve petrografisi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 28(1): 11-24.

McCune, B., Keon, D., 2002. Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. Journal of Vegetation Science, 13(4): 603-606.

OGM, 2012. Türkiye Orman Varlığı. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarımız/Turkiye-Orman-Varligi>, Erişim: 10.06.2024

OGM, 2017. Muğla ve Denizli Orman Bölge Müdürlüğü Amenajman Planları. T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Ankara.

OGM, 2023. Ormancılık İstatistikleri. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler>, Erişim: 10.06.2024

Özdamar, K., 2002. Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi- I. Kaan Kitabevi, Eskişehir.

Pearson, K., 1990. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 50(302): 157-175.

Rubel, F., Brugger, K., Haslinger, K., Auer, I., 2017. The climate of the European Alps: Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800–2100. Meteorologische Zeitschrift, 26(2): 115-125.

- Saatçioğlu, F., Pamay, B., 1962. The importance of *Pinus brutia* in the development of Adana region and its silviculture. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 12 (2): 88.
- Sütgibi, S., 2008. Doğal ekosistemler üzerinde insan faaliyetlerinin doğrudan ve dolaylı etkileri: Büyük Menderes Deltası. Marmara Coğrafya Dergisi, 18: 222-237.
- Şentürk, 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. Polish Journal of Environmental Studies, 28 (1): 321-327. <https://doi.org/10.15244/pjoes/81682>
- Taş, M., 2017. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) odun ve kraft kâğıt hamurundaki polyozların tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- USGS, 2024. The U.S. Geological Survey. <https://earthexplorer.usgs.gov>. Erişim: 14.05.2024.
- Ürgenç, S., 1998. Ağaçlandırma Tekniği II. Baskı. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.