

DOI: 10.26650/JGEOG2022-974433

COĞRAFYA DERGİSİ
JOURNAL OF GEOGRAPHY
 2022, (44)

<https://iupress.istanbul.edu.tr/en/journal/jgeography/home>


Anadolu'da Konifer Ağaçların Yayılış Alanlarındaki Değişimler

Changes in the Distribution Areas of Conifer Trees in Anatolia

Derya Evrim KOÇ¹ , H. Nüzhet DALFES² , Meral AVCI³ 

¹Sakarya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Sakarya, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

³İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye

ORCID: D.E.K. 0000-0001-5542-6533; H.N.D. 0000-0002-2522-8381; M.A. 0000-0003-4367-3021

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, Anadolu'da *Cedrus libani*, *Abies cilicica* ve *Juniperus drupacea*'nın Son Buzul Maksimumu, günümüz ve gelecekte iklim değişikliklerine olan/olacak tepkilerini tahmin etmektir. Bu amaç kapsamında ele alınan konifer türlerin, küresel iklim değişim senaryolarına bağlı model sonuçlarına göre Anadolu'da zamansal ve mekânsal dağılımları ortaya koyulmuştur. İncelenen türlerin zamansal ve mekânsal dağılımlarında tahminlerde bulunmak üzere fosil polen verileri, günümüz dağılım verileri ve WorldClim'den temin edilen 19 biyoiklimsel değişken kullanılmıştır. Bu değişkenlere PCA yöntemi uygulanmış ve tür dağılım modelleri için 8 değişken belirlenmiştir. Modeller CCSM4 modeli ve gelecek projeksiyonları için RCP 8.5 senaryosu ile üretilmiştir. Modellerin üretilmesi için MaxEnt 3.4.1 ve ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılmıştır.

Projeksiyonların doğruluklarını ölçen AUC test değerleri ise 0,90'nın üzerindedir. 8 biyoiklimsel değişken içinde modellere en fazla katkı sağlayan değişkenler; *Cedrus libani* için BIO14 %32,3, BIO8 %23,7, BIO15 %19,2; *Abies cilicica* için BIO8 %30,5, BIO14 %24,1, BIO15 %19,5; *Juniperus drupacea* için BIO15 %38,1, BIO12 %30,9, BIO4 %13,1'dir. Elde edilen sonuçlara göre *Cedrus libani*, *Abies cilicica* ve *Juniperus drupacea* Son Buzul Maksimumu'nda Anadolu'nun güneyinde uygun yaşam alanı bulmuştur. Holosen'den itibaren dağılım sahalarını daraltarak günümüz sınırlarına ulaşmışlardır. Gelecekte ise *Cedrus libani*, *Abies cilicica* ve *Juniperus drupacea*'nin ekolojik isteklerinden bir kısmının kaybolacağı ve alanlarını daraltacağı öngörülebilir.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, Tür Dağılım Modeli, *Cedrus libani*, *Abies cilicica*, *Juniperus drupacea*, Türkiye

ABSTRACT

This study aims to estimate the responses of *Cedrus libani*, *Abies cilicica*, and *Juniperus drupacea* to the Last Glacial Maximum (LGM), present and future climate changes in Anatolia. For this purpose, the temporal and spatial distributions of these conifer species were modeled, based on global climate change scenarios. Accordingly, the temporal and spatial distributions of the studied species are predicted and back-projected using fossil pollen data, occurrence data, and 19 bioclimatic variables collected from the WorldClim database. The principal component analysis (PCA) method was applied to these variables, resulting in the identification of 8 variables for the species distribution model. Past and future climate information is based on CCSM4 and RCP 8.5 scenario was assumed for future projections. Furthermore, both MaxEnt 3.4.1 and ArcGIS 10.5 were utilized to develop the models.

At every instance, the area under curve (AUC) test values that determine the accuracy of the projections is >0,90. Among the 8 bioclimatic variables, those that contributed the most to the models were as follows: *Cedrus libani*, BIO14 (%32,3), BIO8 (%23,7), BIO15 (%19,2); *Abies cilicica* BIO8 (%30,5), BIO14 (%24,1), BIO15 (%19,5); *Juniperus drupacea*, BIO15 (%38,1), BIO12 (%30,9), and BIO4 (%13,1). *Cedrus libani*, *Abies cilicica*, and *Juniperus drupacea* found suitable habitats in the south of Anatolia during the LGM, according to the results. From the Holocene onward, their distribution areas narrowed and reached the present-day borders. Future predictions indicate that some of the ecological conditions of the species will be lost, and their areas will narrow.

Keywords: Climate change, Species Distribution Model, *Cedrus libani*, *Abies cilicica*, *Juniperus drupacea*, Turkey

Başvuru/Submitted: 30.07.2021 • **Revizyon Talebi/Revision Requested:** 24.01.2022 • **Son Revizyon/Last Revision Received:** 11.02.2022 • **Kabul/Accepted:** 28.03.2022



Sorumlu yazar/Corresponding author: Derya Evrim KOÇ / dkilic@sakarya.edu.tr

Atıf/Citation: Koc, D. E., Dalfes, H. N., & Avci, M. (2022). Anadolu'da konifer ağaçlarının yayılış alanlarındaki değişimler. *Coğrafya Dergisi*, 44, 81-95. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2022-974433>



EXTENDED ABSTRACT

Climate change is recognized as a major threat to the survival of species and the integrity of ecosystems. Changes in climate have had substantial effects on the floristic density, presence of relict species, and endemism of certain regions. Anatolia has been one of the shelter areas for plants in the eastern Mediterranean Basin, particularly during the climate changes in the Quaternary. Several tree species expanded their distribution areas toward Anatolia in the Mediterranean Basin during the Last Glacial Maximum (LGM). However, during the 21st century, rising temperatures in the eastern Mediterranean Basin are likely to impact the distribution of conifer trees.

According to the International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List of Endangered Species, *Cedrus libani* and *Abies cilicica* subsp. *isaurica* are classified as “Vulnerable (VU),” while *Abies cilicica* subsp. *cilicica* is classified as “Near Threatened (NT).” Also, *Juniperus drupacea* is a Tertiary relict plant and has narrow distribution. In addition, human activities are among the primary factors limiting the distribution of the species. Therefore, we aim to determine the possible distribution status of *Cedrus libani*, *Abies cilicica*, and *Juniperus drupacea* in Anatolia during the LGM and in the future, taking into account various climate change scenarios, while excluding the effects of humans.

In this study, fossil pollen records of *Cedrus*, *Abies*, and *Juniperus* were used to test the performance of LGM models and identify potential past refuges. The occurrence distribution data of the species were retrieved from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) database, European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN) database, and field studies. A total of 19 bioclimatic variables were obtained from WorldClim to create models of species distribution. Principal component analysis (PCA) was applied to these variables, resulting in the identification of 8 variables for the Species Distribution Model. As climate input, CCSM4 (Community Climate System Model, version 4) climate projections under The representative concentration pathway (RCP) 8.5 scenario were used. Bioclimatic variables data included LGM, present, and future data from CCSM4’s RCP 8.5 scenarios. Climate variables represent LGM (~22,000 years ago), present (1950–2000 period), and future (~2061–2080) climatic conditions. The resolution of the model’s output was 2.5 arc-minutes/~5 km. The data was examined and commented on using both MaxEnt 3.4.1 and ArcGIS 10.5. AUC values were used to estimate the prediction accuracy of the distribution model. The model results are classified as follows: unsuitable habitat (0–0,2), partially suitable habitat (0,2–0,4), suitable habitat (0,4–0,6), highly suitable habitat (0,6–0,8), and very high suitable habitat (0,8–1,0). The percentage contribution of the 8 bioclimatic variables used was added to the model’s results. The jackknife analysis reveals the following values for *Cedrus libani*: BIO14 (%32,3; precipitation of driest month), BIO8 (%2,7; mean temperature of the wettest quarter), and BIO15 (%19,2; precipitation seasonality); *Abies cilicica*: BIO8 (%30,5; mean temperature of wettest quarter), BIO14 (%24,1; precipitation of driest month), BIO15 (%19,5; precipitation seasonality); *Juniperus drupacea*, BIO15 (%38,1; precipitation seasonality), BIO12 (%30,9; annual precipitation), and BIO4 (%13,1; temperature seasonality) contributed most to the models.

Early Holocene/Late Pleistocene pollen records of the conifers discussed in this study suggest that Anatolia served as a refuge for these taxa. When the pollen records of the LGM period and the LGM model outputs are analyzed together, it can be seen that the pollen records as well as potential distribution areas generally overlap. The evaluation of the LGM pollen data and the present model projections show that the distribution of the species is limited to the Taurus Mountains, Lebanon, and Syria. According to the RCP 8.5 scenario, they are likely to lose the majority of the current Anatolian presence areas. Thus, it demonstrates that conifers, such as *Juniperus drupacea*, *Abies cilicica*, and *Cedrus libani*, which are widely distributed in mountainous regions of southern Anatolia, will be affected by climate change. However, these species may attempt to adapt to partially suitable growing conditions in Anatolia and their altitude range may be pushed higher. Therefore, these circumstances are crucial for the preservation of the forests created by these conifers in Anatolia. Since the increase in temperature in the study area will increase the human impact at the mountain’s highest elevations, these effects must be carefully considered when designing forest protection areas.

1. GİRİŞ

İklim değişikliği, türlerin hayatta kalması ve ekosistemlerin bütünlüğü için büyük bir tehdit olarak kabul edilmektedir (Ackerly vd., 2010; Araújo vd., 2011; Serra-Diaz ve Franklin, 2019). Geçmiş dönemlerdeki iklim değişikliklerinin; bazı alanların floristik yoğunluğu, relict türlerin varlığı ve endemizm üzerinde önemli etkileri olmuştur. Yirminci yüzyılda; iklim değişikliğinin biyoçeşitlilik üzerindeki etkilerini konu alan çok sayıda çalışma yapılmıştır. İklim değişikliğinin türlerin dağılışı alanlarında yarattığı değişimler yanında fenolojik özelliklerde ortaya çıkardığı değişimler ya da birçok tür için yok olma riskindeki artışlar konusuna odaklanan yayınlar oldukça fazladır (Behroozian vd., 2020; Cuenca-Lombraña vd., 2018; Dagtekin vd. 2020; Koc vd., 2018; Koç vd., 2021; Kuhn ve Gégout, 2019; Nabout vd., 2016; Qin vd., 2017; Workie ve Debella, 2018; Xu vd., 2019). Çevresel değişimlerin giderek artması, değişen koşullara cevap veremeyen türlerin ve popülasyonların yok olma veya düşük uygunluk riskini de beraberinde getirmektedir (Aitken vd., 2008). İklim değişikliğinin bu etkilerinin dikkate alınması, gelecekte türlerin yayılış alanlarında gerileme yönünde ortaya çıkabilecek durumları öngörmek ve uygun koruma politikaları geliştirmek bakımından önemlidir.

Dünyanın ikinci en büyük biyoçeşitlilik sıcak noktası olarak kabul edilen Akdeniz Havzası'nın bir parçasını oluşturan Anadolu, aynı zamanda Kafkaslar ve İran-Turan biyoçeşitlilik sıcak noktalarının da temsil edildiği bir alandır (CEPF, 2017, CEPF, 2021; CI, 2016; Myers vd., 2000). Anadolu özellikle Kuvaterner'deki iklim değişimleri esnasında bitkilerin Akdeniz Havzası'nın doğusundaki sığınma alanlarından biridir (Médail ve Diadema, 2009). Son Buzul Maksimumu (SBM)'nda boreal ve nemoral türler olarak tanımlanan çok sayıda ağaç türü yayılış alanlarını Akdeniz Havzası'nda Anadolu'ya doğru genişletmiştir (Svenning vd., 2008).

Buzul ve buzularası dönemlerde belirli bitki taksonlarının mekânsal dağılımlarındaki genişleme ve daralmalar geçici temasa ve izolasyona yol açarak genetik süreçleri de etkilemiştir. Bu özellikler dağlık sahalar gibi topoğrafyanın daha karmaşık olduğu yerlerde daha da önemli olmuştur (Flantua ve Hooghiemstra, 2018; Liepelt vd., 2010). Bitkilerin yaşadıkları ortamda meydana gelen değişikliklere verdikleri tepkileri, bu bitkilerin göç potansiyeli ile uyum yetenekleri belirlemektedir. Bu özellikler ise türün genetik çeşitliliğine bağlıdır. Bu çeşitlilik belirtildiği gibi türlerin mekânsal dağılımlarındaki genişleme ve daralmalarla yakından ilgilidir (Arenas vd., 2012).

Çalışma alanının da bulunduğu Doğu Akdeniz Havzası'nda 20. yy'de başlayan sıcaklık artışları 21. yy'den itibaren hız kazanmış ve Türkiye'de kış yağışlarındaki ani düşüşe bağlı olarak en şiddetli kuraklıklar son 30 yılda görülmüştür (IPCC, 2018; Türkeş ve Erlat, 2003). Günümüzde devam etmekte olan iklim değişikliği ve insan etkisi, gelecekte Akdeniz Havzası'nın bu konifer ağaçlarının yayılışlarını da etkileyecektir. Sedir, göknar ve andız Akdeniz orman ekosisteminin bir parçasıdır. Anadolu'nun güneyinde *Cedrus libani*, *Abies cilicica* ve *Juniperus drupacea* Toros Dağları'ndaki konifer orman kuşağının en önemli bileşenleridir (veya en önemli orman ağaçlarının başında gelir). IUCN Tehlike Altındaki Türlerin Kırmızı Liste sınıflandırmasına göre *Cedrus libani* ve *Abies cilicica* subsp. *isaurica* "Zarar Görebilir (VU)", *Abies cilicica* subsp. *cilicica* ise "Tehdite Yakın (NT)" sınıfı içinde yer alır (Gardner, 2013; Gardner ve Knees, 2103; Knees ve Gardner, 2013). Andız Tersiyer relict bitkilerinden biri olup sınırlı yayılışa sahiptir (Palamarev, 1989; Walas vd., 2019). İncelenen türlerden *Abies cilicica*'nın alt türü olan *Abies cilicica* subsp. *isaurica* Toros Dağları'nda yaklaşık 850 km² tahmini yaşam alanına sahip olan endemik bir taksondur. İncelenen türler daha geniş yayılış alanına sahip türlere göre, iklim değişikliğine daha duyarlıdır. Ayrıca çalışmaya konu olan türler Akdeniz Havzası'nda yüzyıllardır tahrip edilen ağaçların başında gelirler. Yaz kuraklığı, don olayları, keçi otlatması, kentleşme, yangınlar incelenen türlerin dağılışını sınırlandıran başlıca faktörlerdir (Boydak, 2003; Hajar vd., 2010; Walas, 2019). Tüm bunlar dikkate alındığında Akdeniz Havzası'nın doğusundaki değişimleri öngörebilmek için, Anadolu'da bu değişimlerin belirlenmesi/ortaya koyulması önemlidir. Bu çalışmamızda farklı iklim değişikliği senaryoları göz önünde bulundurularak Anadolu'da *Cedrus libani*, *Abies cilicica* ve *Juniperus drupacea*'nın bugünkü yayılış alanlarından yola çıkarak, Son Buzul Maksimumu'ndaki ve gelecekteki olası dağılış durumunun ortaya koyulması amaçlanmıştır.

Çalışma Alanı

Türkiye 26°-45° doğu boylamları ve 36°-42° kuzey enlemleri arasında yer alır ve ortalama yükseltisi 1141 metredir. 500 m'den alçak alanlar toplam yüzölçümünün sadece %18'ini meydana getirir (Elibüyük ve Yılmaz, 2010). Morfotektonik özellikleri hem Anadolu'nun içinde hem de çevresinde karmaşık ve benzersiz coğrafi görünümlere birincil katkı sağlamıştır. Kabaca dikdörtgen şeklindeki Türkiye'nin çok önemli bir kısmını meydana getiren dağlık sahalar kuzeyde (Kuzey Anadolu Dağları) ve güneyde (Toros Dağları) doğu-batı yönünde uzanır. Ülkenin batısındaki dağlık alanlar da doğu-batı doğrultusundadır

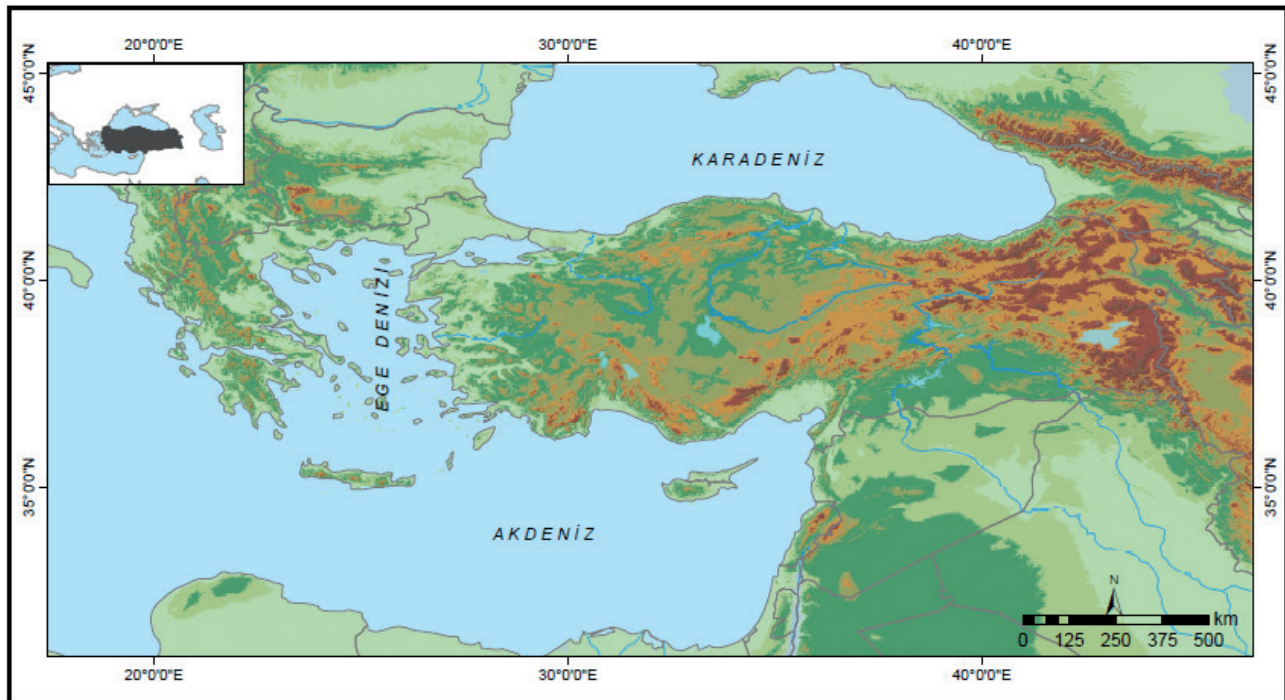
ve bunların arasında yine aynı doğrultuda depresyonlar yer almaktadır. Ege Bölgesi'nin batısında 500 m dolayında olan ortalama yükselti, İç Batı Anadolu'dan itibaren artar ve İç Anadolu Bölgesi'nin doğusunda 1500 m'ye ulaşır. Anadolu Diyagonalı olarak da bilinen, nispeten yüksek bir eşiğin doğusunda Doğu Anadolu'nun ortalama yükseltisi ise 2000 m'yi bulur ve buradaki dağlık alanlar yer yer yükseltisi 700-2000 m arasında değişen ovalar ile kesintiye uğrar. Doğu Anadolu Bölgesi'nde volkanik bir kütle olan Ağrı Dağı (5137 m) Türkiye'nin en yüksek yerini oluşturur. Dağın kuzeyinde yer alan İğdır Ovası'nın ortalama yüksekliği ise 700-800 m'dir (Avcı ve Avcı, 2014a; Kuzucuoğlu vd., 2019b) (**Şekil 1**).

Bugünkü coğrafi görünümünün dağılışı, Anadolu'nun yapısal tarihinin bir yansımasıdır. Bu tarih, Geç Miyosen'de meydana gelen büyük bir tektonik bozulmadan/parçalanmadan önce ve sonra olmak üzere iki aşamaya ayrılarak ifade edilir. Bu süreç ve onu izleyen Pliyo-Kuvaterner tarihi, yükselen/alçalan alanlarla günümüzde Anadolu'nun rölyef özelliklerinin oluşumunu ve evrimini etkilemiş ve akarsu havzalarının da sık sık değişimine yol açmıştır. Kuvaterner'deki iklim değişimleri de bu gelişime önemli katkıda bulunmuştur (Kuzucuoğlu vd., 2019a; Sarıkaya ve Çiner, 2017).

Türkiye iklim özellikleri bakımından oldukça çeşitlilik gösterir. Akdeniz Havzası'nın genel iklim özellikleri

topografyaya göre büyük değişikliklere uğrar. Topografyadaki değişimler Anadolu'nun yüksek kesimlerinde sıcaklık değerlerinin düşük olmasına, uzun süreli kar örtüsü ve don olaylarına yol açar. Kuzeyde ve güneyde uzanan doğu-batı doğrultulu dağlar hava kütlelerinin hareket alanını etkilediğinden, kuytuda kalan yamaçlar arasında nemlilik, bulutluluk ve ısınma koşulları bakımından farklılıklar meydana gelir. Kuzeyde Karadeniz kıyı Dağları güneyde ise Toros Dağları yağış sahasının genişlemesine, yağış süresinin ve şiddetinin artmasına neden olur. Bu nedenle, adı geçen dağların dış yamaçları daha fazla yağış alır. Özellikle dağlık sahaların çevrelediği iç kısımlarda, yağış bakımından belirgin azalma ortaya çıkar. Yıllık ortalama sıcaklıkların 3-20 °C arasında değiştiği Anadolu'da, yıllık yağış miktarları Doğu Karadeniz kıyılarında 2000 mm'yi geçerken, bazı yerlerde de 300 mm'nin altına iner (Avcı ve Avcı, 2014b; Erinç, 1984; Kuzucuoğlu, 2019; Türkeş, 2010).

Anadolu floristik çeşitlilik bakımından da özel bir alandır. Orman formasyonu (nemli orman, kuru orman), çalı formasyonu (maki-garig- psödomaki), bozkır formasyonu, alpin bitkiler ve kumul vejetasyonu gibi çeşitli bitki topluluklarının temsil edildiği bu alan, 12000'e yakın bitki taksonuna ev sahipliği yapar ve bu bitkilerin yaklaşık 3600 kadarı da endemiktir (Avcı, 2005; Günel, 2013; Güner vd., 2012).



Şekil 1: Çalışma alanının lokasyon haritası.
Figure 1: Location map of the study area.

2. VERİ VE YÖNTEM

2.1. Türlerin Özellikleri

Çalışılan ağaçlardan birisi olan sedir (*Cedrus Trew*), Kuzey Yarımkürede 4 türle temsil edilen daima yeşil yapraklı konifer bir ağaç türüdür. *Cedrus libani*'nin genel yayılış alanı Türkiye, Lübnan ve Suriye'dir. Anadolu'da Köyceğiz, Amanos Dağları, Kelkit-Yeşilirmak Vadisi, Erbaa, Niksar çevresinde dağılışı gösteren Lübnan sediri en geniş yayılışını Toros Dağları'nda yapar (Coode ve Cullen, 1965a; Farjon, 2010; Yaltırık ve Efe, 2000). IUCN Tehlike Altındaki Türlerin Kırmızı Liste sınıflandırmasına göre "Zarar Görebilir (VU)" sınıfı içinde yer alır (Gardner, 2013). Dünya üzerinde 75 kadar türünün olduğu tahmin edilen *Juniperus L.*'nin Türkiye'de temsil edilen türlerinden birisi olan *Juniperus drupacea* Doğu Akdeniz Havzası'nda, Anadolu'nun güneyinde, Lübnan, Suriye, Kıbrıs ve Mora Yarımadası'nda yayılışı gösterir (Adams, 2014; Coode ve Cullen, 1965b). Andız Anadolu'da tek tek ya da kümeler halinde Toros ve Amanos Dağları'nda dağılışı gösterir (Günel, 1997). Kuzey Yarımküre'de geniş yayılış alan bulan *Abies Mill.* ise 39 tür ile temsil edilir (Liu, 1971). Anadolu kuzeyinde yayılışı gösteren 2 göknar taksonu (*Abies nordmanniana* subsp. *nordmanniana* ve subsp. *equi-trojani*) dışında güneyde Toros Dağları'nda *Abies cilicica* yayılışı gösterir (Göksu Nehri'nin batısında *Abies cilicica* subsp. *isaurica*, doğusunda *Abies cilicica* subsp. *cilicica*). *Abies cilicica* subsp. *cilicica* Anadolu dışında Suriye, Lübnan'daki dağlık sahalarda da yayılışını sürdürür (Akkemik, 2020a; Coode ve Cullen, 1965c) ve IUCN Tehlike Altındaki Türlerin Kırmızı Liste sınıflandırmasına göre "Tehdite Yakın (NT)" sınıfı içinde yer alır. *Abies cilicica* subsp. *isaurica* ise tehdit durumu ise VU olarak belirtilmektedir (Gardner ve Knees 2013; Knees ve Gardner, 2013).

2.2. Tür Verileri

C. libani, *A. cilicica* ve *J. drupacea*'nın SBM'de ait yeterli fosil polen verisinin varlığı türlerin SBM'deki olası sığınaklarını öngörmek için önemlidir. Fosil polen kayıtları SBM'ye ait modellerin performansını test etmek ve geçmişteki olası sığınaklarını belirlemek için kullanılmıştır. Bu nedenle türlerin daha önce yapılmış çalışmalarda SBM fosil polen verileri Neotoma veri tabanından elde edilmiştir (<https://www.neotomadb.org>). *C. libani*, *A. cilicica* ve *J. drupacea*'nın SBM'ye ait tür bazındaki verilerinin yeterli ve homojen olmaması nedeniyle SBM'ye ait cins bazındaki verileri (*Cedrus* için 75, *Abies* için 47, *Juniperus* için 48 kayıt) temin edilmiştir.

İncelenen türlerin günümüz dağılışı verileri arazi çalışmalarına ek olarak, Global Biodiversity Information Facility (GBIF), European forest genetic resources programme (EUFORGEN) veri tabanları (<https://doi.org/10.15468/dl.gzu48d>; <https://doi.org/10.15468/dl.sh8f5r>; <https://doi.org/10.15468/dl.v3rnu7>; <http://www.euforgen.org/species/abies-cilicica/> <http://www.euforgen.org/species/cedrus-libani/>) ile Flora of Turkey and the East Aegean Islands adlı eserlerin ilgili bölümleri (*Cedrus libani* için 27, *Abies cilicica* için 29, *Juniperus drupacea* için 20 kayıt; Coode ve Cullen, 1965a; Coode ve Cullen, 1965b; Coode ve Cullen, 1965c) kullanılarak temin edilmiştir.

Seçilen ağaç türlerinin geçmiş, günümüz ve gelecek dağılışı projeksiyonları yapılırken türlerin koordinatlı verileri Universal Transverse Mercator (UTM) ve the Military Grid Reference (MGRS)'e dayalı olarak oluşturulan 50x50 km'lik AFE grid sistemi kullanılmıştır.

2.3. İklim Verisi

Tür dağılışı modelleri için WorldClim veri tabanından temin edilen biyoiklim verileri kullanılmıştır. Geçmiş ve gelecek iklim verileri için CSSM4 modeline ait veriler temin edilmiştir. Güncel durumun ortaya koyulmasında, dünyanın farklı yerlerindeki meteoroloji istasyonlarının verilerinin enterpole edilmesiyle üretilen verilerden faydalanılmıştır (Hijmans vd. 2005). Biyoiklimsel değişken verileri CCSM4'e ait SBM, günümüz ve CCSM4'e ait RCP 8.5 senaryolarının gelecek verilerini kapsar. Söz konusu iklim değişkenleri; günümüzü (1960-1990 dönemi), Son Buzul Maksimumu'ndaki koşulları (~22000 yıl önce) ve gelecekteki (~2061-2080 arası) iklim şartlarını temsil etmektedir. Kullanılan modellere ait veriler 2,5 arc-minute/~5 km çözünürlüğe sahiptir.

Daha iyi performansa sahip bir model oluşturmak, 19 biyoiklim verisinin birbirleri olan ilişkilerini anlamak ve çoklu bağlantı sorununu önlemek için çalışmada Pearson Korelasyon Analizi (Principal Component Analysis-PCA) uygulanmıştır (Özdemir vd., 2020; Ünal vd., 2021). Yapılan PCA testi sonucu birbirleri ile yüksek korelasyon gösteren veriler modelden çıkarılarak Pearson korelasyon katsayısı 0,85'ten düşük olan birbirleri ile eşdoğrusallık göstermeyen biyoiklim verileri modellerine dahil edilmiştir (Bystriakova vd., 2012; Dagtekin vd. 2020; Koç vd., 2021; Ma ve Sun, 2018; Su vd., 2021). Elde edilen sonuçlara göre tür dağılışı modellerinde 8 biyoiklimsel değişken (BIO2/ Günlük ortalama değişim aralığı, BIO3/ İsotermallik, BIO4/ Sıcaklığın mevsimselliği, BIO8/ En nemli 3 ayın ortalama sıcaklığı, BIO9/ En kurak 3 ayın ortalama sıcaklığı,

BIO12/Yıllık yağış miktarı, BIO14/En kurak ayın yağış miktarı, BIO15/ Yağışın mevsimselliği miktarı kullanılmıştır (**Tablo 1**).

tükennemekte olan türler için uygun alanların tahmininde, belirli türlerin iklimsel çevre uygunluğunun ve türlerin korunması için

Tablo 1: 19 biyoiklimsel değişken arasındaki korelasyon matrisi.
Table 1: Correlation matrix between 19 bioclimatic variables.

Değişkenler	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4	BIO5	BIO6	BIO7	BIO8	BIO9	BIO10	BIO11	BIO12	BIO13	BIO14	BIO15	BIO16	BIO17	BIO18	BIO19	
BIO1	1,00																			
BIO2	0,50	1,00																		
BIO3	0,56	0,57	1,00																	
BIO4	-0,01	0,44	-0,46	1,00																
BIO5	0,90	0,74	0,40	0,40	1,00															
BIO6	0,91	0,20	0,59	-0,37	0,66	1,00														
BIO7	0,12	0,72	-0,14	0,93	0,54	-0,28	1,00													
BIO8	0,17	-0,13	-0,09	0,04	0,08	0,14	-0,06	1,00												
BIO9	0,78	0,56	0,54	0,02	0,77	0,69	0,21	-0,33	1,00											
BIO10	0,96	0,60	0,39	0,28	0,98	0,78	0,38	0,16	0,76	1,00										
BIO11	0,95	0,33	0,66	-0,30	0,74	0,99	-0,17	0,13	0,74	0,83	1,00									
BIO12	-0,56	-0,65	-0,49	-0,22	-0,62	-0,36	-0,39	-0,17	-0,47	-0,59	-0,46	1,00								
BIO13	-0,37	-0,54	-0,33	-0,24	-0,44	-0,17	-0,37	-0,21	-0,28	-0,41	-0,26	0,89	1,00							
BIO14	-0,58	-0,62	-0,49	-0,19	-0,66	-0,42	-0,37	0,17	-0,68	-0,61	-0,50	0,70	0,37	1,00						
BIO15	0,74	0,58	0,66	-0,02	0,70	0,64	0,18	-0,12	0,71	0,70	0,70	-0,54	-0,19	-0,83	1,00					
BIO16	-0,37	-0,53	-0,34	-0,23	-0,43	-0,17	-0,36	-0,22	-0,27	-0,40	-0,26	0,90	1,00	0,37	-0,19	1,00				
BIO17	-0,59	-0,63	-0,49	-0,21	-0,67	-0,42	-0,39	0,14	-0,67	-0,62	-0,50	0,73	0,40	0,99	-0,84	0,41	1,00			
BIO18	-0,65	-0,57	-0,49	-0,11	-0,69	-0,53	-0,29	0,30	-0,84	-0,65	-0,59	0,65	0,38	0,89	-0,76	0,38	0,89	1,00		
BIO19	-0,08	-0,38	-0,14	-0,28	-0,17	0,12	-0,36	-0,39	0,10	-0,13	0,04	0,74	0,88	0,16	0,01	0,89	0,20	0,03	1,00	

2.4. Tür Dağılım Modeli

Türlerin Kuvaterner'deki sığınakları ve geçmiş dağılımları fosil kayıtlarına ve filocoğrafya çalışmalarına dayanarak tanımlanmış olsa da, tür dağılım modelleri faydalı tamamlayıcı bilgiler sağlamaktadır. Tür dağılım modelleri iklim değişikliğinin türlerin dağılımı üzerindeki etkilerini tahmin etmek için kullanılan temel araçlardır (Booth, 2018). Bu modellerin, aşırı iklim olaylarının ağaç popülasyonları üzerindeki etkilerinin tahmin edilmesi ve bunların modele dahil edilmesi, çalışılan ağaç türlerinin daha kurak veya daha sıcak koşullarla başa çıkmadaki yeteneklerini etkileyen büyüme koşulları, hastalıklar ve zararlı böcek benzeri biyotik etkiler, iklim koşullarına farklı tepki verebilecek diğer bitki ve hayvanlarla olan karşılıklı faydalar ve rekabet etkileri gibi bazı sınırlılıkları vardır. Bu nedenle belirtilen sınırlılıklar bilinerek, dikkatli kullanılmalıdır. Etkili yayılmaya sahip türler için olası değişiklikleri tahmin etmek özellikle zordur. Buna göre, iklim değişikliği etkisinin önemli olduğu alanların izlenmesi ve potansiyel olarak en savunmasız türleri belirlemek için dağılım modellerinin kullanılması önemlidir (Booth, 2018). Dağılım tahmin etmek için çeşitli ekolojik modeller oluşturulmuş olsada araştırmalar özellikle eksik tür dağılım verilerinde ve küçük veri setlerinde MaxEnt'in doğruluk öngörmede diğer modellerden daha üstün olduğunu göstermiştir (Duan vd., 2014; Pearson vd., 2007; Phillips vd., 2006; Yi vd., 2017). Ayrıca MaxEnt, nesli

öncelikli değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Rebelo ve Jones, 2010; Rhoden vd., 2017).

Anadolu'da belirli alanlarda dağılım gösteren türlerin geçmişte nasıl yayılmış alanlarına sahip olabileceği, bu ağaç türlerinin yayılmış alanlarının gelecekteki durumu konusunda tahminlerde bulunmak üzere MaxEnt 3.4.1 ve ArcGIS 10.5 yazılımları kullanılmıştır. Örneklem türler için tür dağılım verileri ve biyoiklimsel değişkenler MaxEnt yazılımına yüklenmiştir. Modeller çalıştırılırken 15 tekrarlı (replicate) cross-validation (çapraz doğrulama) tekniği kullanılmıştır (Beton, 2011; İpekdal ve Beton, 2014; Kumar, 2012). Elde edilen model çıktılarında her bir biyoiklim faktörünün ağırlığını kontrol etmek için jackknife metodu uygulanmıştır. Bu yöntemle göre modele dâhil edilen değişkenlerin her biri modelin her bir tekrarında dışarıda bırakılarak kalan değişkenler değerlendirilir. Sonrasında bütün değişkenler analize dahil edilip model çalıştırılarak değerlendirme yapılır (Pearson vd., 2007). Jackknife metoduna göre bir değişken dışarıda bırakıldığında toplam sonuç ne kadar düşerse dışarıda bırakılan değişken o kadar önemlidir.

Modelin tahmin doğruluğunu değerlendirmek için AUC (Area Under the ROC Curve) kullanılmıştır. Elde edilen AUC, doğru ayarlanmış bir modelde rastgele seçilen grid hücresinin varlığının tahmini olasılığı olarak değerlendirilebilir. AUC tüm olası eşiklerle modelin başarısını tanımlamaktadır (Phillips vd.,

2006). Tür dağılışı model sonuçlarının doğruluğu AUC test değeri ile orantılıdır. AUC test değeri 1'e ne kadar yakınsa ayırım o kadar iyi, model hassas ve tanımlayıcıdır (Oliveira vd., 2010). 1,0-0,75 arasındaki AUC test değerlerine sahip modeller, çalışmalarda güvenle kullanılabilir (Elith, 2000; Phillips ve Dudik, 2008).

Son olarak MaxEnt'te elde edilen çıktılarının görüntülenmesi ve analiz edilmesi için modeller ArcGIS 10.5 yazılımına aktarılmıştır. 0-1 arasında değişen model değerleri uygun olmayan habitat (0-0,2), kısmen uygun habitat (0,2-0,4), uygun habitat (0,4-0,6), yüksek uygun habitat (0,6-0,8), çok yüksek uygun habitat (0,8-1,0) olarak sınıflandırılmıştır (Qin vd., 2017)

3. BULGULAR

3.1. Tür Dağılışı Modeli Sonuçları

Örneklem türler için yeterli tahmin gücüne sahip tür dağılışı modelleri üretilmiştir. Son Buzul Maksimumu, günümüz ve gelecek için üretilen modeller, rastgele tahminden daha iyi bir sonuç vermiştir. Tür dağılışı modellerinde eğitim ve test AUC değerleri sırasıyla *C. libani* için, 0,95 ve 0,94 (standart sapma: $\pm 0,061$); *A. cilicica* için, 0,97 ve 0,96 (standart sapma: $\pm 0,031$)

ve *J. drupacea* için, 0,98 ve 0,97 (standart sapma: $\pm 0,026$) olarak ölçülmüştür (Şekil 2).

Kullanılan 8 biyoiklimsel parametrenin model sonucundan elde edilen dağılım desenine yüzde katkısı dahil edilmiştir. Buna göre CCSM4 iklim modelinin jackknife analiz sonuçlarına göre *Cedrus libani* için BIO14 %32,3, BIO8 %23,7, BIO15 %19,2 oranında; *Abies cilicica* için BIO8 %30,5, BIO14 %24,1, BIO15 %19,5 oranında; *Juniperus drupacea* için BIO15 %38,1, BIO12 %30,9, BIO4 %13,1 oranında katkıya sahiptir (Tablo 2, Şekil 3). Bu durum örneklem türler için en kurak ayın yağış miktarı, mevsimsel yağış miktarı, en nemli 3 ayın ortalama sıcaklığı, yıllık yağış miktarının önemli çevresel değişkenler olduğunu göstermektedir. Özellikle göknar ve sedir, Toros Dağları'nın yüksek kesimlerindeki serin ve nemli sahalarda dağılışı göstererek sıcaklık ve kuraklık stresini en aza indirir (Bozkuş, 1986).

3.2. Örneklem Türlerin Son Buzul Maksimumu, Günümüz ve Gelecek Potansiyel Dağılımları

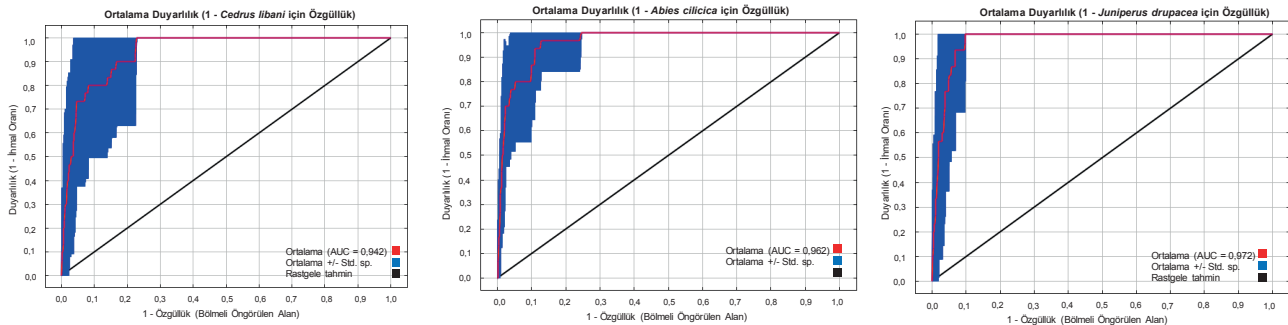
Üretilen tür dağılışı kalıpları incelendiğinde Son Buzul Maksimumu'nda *Cedrus libani*'nin Ege ve Akdeniz çevresinde uygun ekolojik şartlar altında yayılışı göstermiş olması muhtemeldir. Bu dağılışı alanı Anadolu dışında güneyde Kıbrıs,

Tablo 2: Biyoiklimsel değişkenlerin açıklamaları ve değişken katılım değerleri (%).

Table 2: Descriptions of bioclimatic variables and their percentage contribution (%).

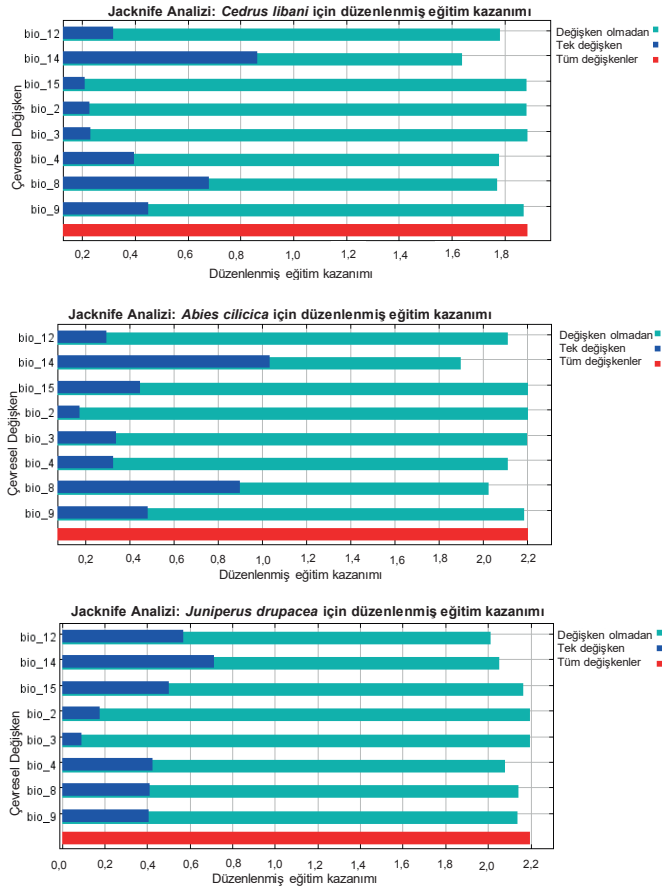
*3ay: Birbirini izleyen üç ay (3 months: consecutive three months).

Değişken Kodu	Açıklama	Değişken Katılımı (%)		
		<i>Cedrus libani</i>	<i>Abies cilicica</i>	<i>Juniperus drupacea</i>
BIO2	Günlük ortalama değişim aralığı (ortalama aylık (max sıcaklık - min sıcaklık))	0,2	0	0,4
BIO3	İsotermallik	0,1	1,2	0
BIO4	Sıcaklığın mevsimselliği	18	15,1	13,1
BIO8	En nemli 3 ayın* ortalama sıcaklığı	23,7	30,5	6,4
BIO9	En kurak 3 ayın* ortalama sıcaklığı	1,1	0,6	5,7
BIO12	Yıllık yağış miktarı	5,5	8,9	30,9
BIO14	En kurak ayın yağış miktarı	32,3	24,1	5,4
BIO15	Yağışın mevsimselliği	19,2	19,5	38,1



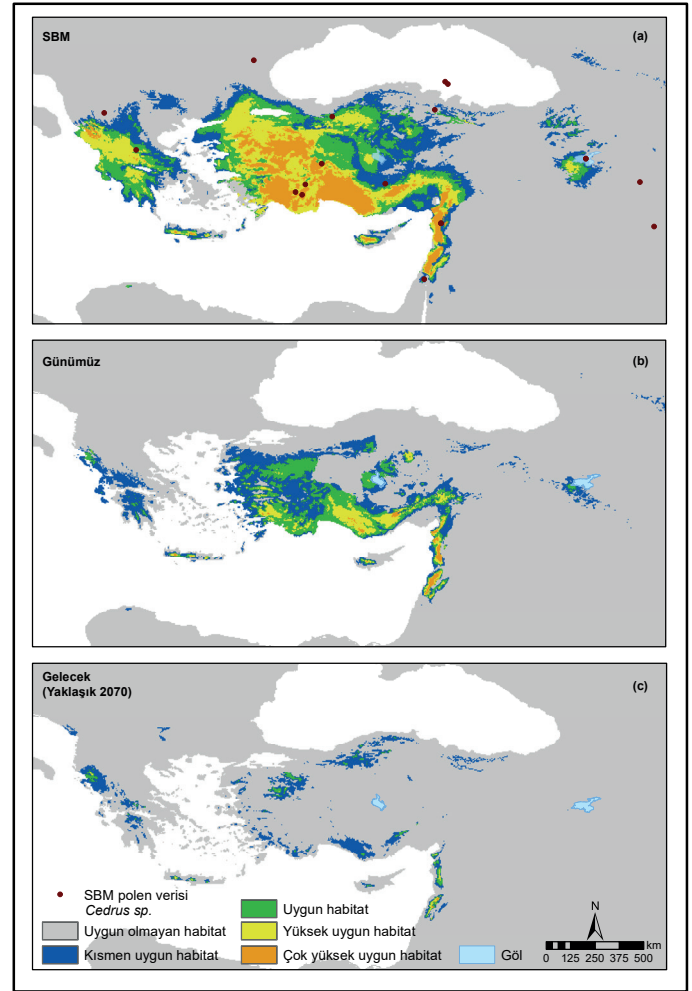
Şekil 2: Türlerin ROC eğrileri ve AUC değerleri.

Figure 2: ROC curve and AUC values of species.



Şekil 3: Çevresel değişkenlerin jackknife testi.
Figure 3: The Jackknife test of environmental variables.

güneybatıda Girit ile Yunanistan'da Mora Yarımadası gibi alanlarda da devam etmektedir. Son Buzul Maksimumunda *Cedrus libani* için Anadolu'da Toros Dağları'nın yanında, Ege Bölümü ve İç Batı Anadolu eşigindeki dağlık alanlar uygun ekolojik koşullar sağlamış olabilir. İç Anadolu'nun doğusunda ise günümüzde yükseltisi 1500 metreyi bulan ve Kızılırmak Nehri'nin kollarıyla yarılan platolar sahasını kullanarak yayılışını kuzeye doğru genişletmesi muhtemeldir. Bu alanda Kelkit Çayı oluğu (Erbaa-Niksar çevresi) gibi korunaklı alanlar dışında ortadan kalkmıştır. Yani sedir Anadolu'da daha geniş olan yayılış alanını günümüzde koruyamamış, regresif yeni bir yayılış alanı oluşturmuştur (Şekil 4). Model çıktısında Anadolu'nun doğusunda, Van Gölü Havzası'ndaki uygun yayılış alanları ise tartışmalıdır. Bu sahada Holosene'e ait *Pinus* polen örneklerine rastlanmakla birlikte (Litt vd., 2014) *Picea*, *Abies* ve *Cedrus* gibi iğne yapraklı ağaçlar Holosen'de de Van Gölü çevresinde yayılış göstermiyorlardı. Van Gölü çökellerindeki sedir polenleri Anadolu güneyindeki alanlardan, batı Suriye ve Lübnan'dan kaynaklanmış olabilir (Litt ve Anselmetti, 2014; Van Zeist ve Woldring, 1978; Wick vd., 2003). Ancak bazılarının göre de *C. libani* polen tanelerinin uzun mesafelere taşınması zordur ve %5'in üzerinde



Şekil 4: *Cedrus libani*'nin Son Buzul Maksimumu (a), günümüz (b) ve yaklaşık 2070 yılı (c) dağılışı. Son Buzul Maksimumu dağılışı haritasına polen verisi de eklenmiştir.

Figure 4: LGM (a), present (b) and future (2070) (c) distribution of *Cedrus libani*. Pollen data has been added to the distribution map of the Last Glacial Maximum. In these maps, very suitable habitat is shown in orange, highly suitable habitat in yellow, suitable habitat in green, partially suitable habitat in dark blue, unsuitable habitat in gray.

olan polen bolluğu bölgenin yakınında sedir topluluklarının varlığını göstermektedir (Hajar vd. 2008; Hajar vd. 2010).

Son Buzul Çağı'ndan Holosen'e geçişte meydana gelen iklim değişiklikleri nedeniyle Anadolu iklimi Suriye ve Lübnan iklimine göre *Cedrus libani* için daha elverişli bir hal almıştır (Hajar vd., 2010). Günümüzde ise Toros Dağları'nda geniş yayılış imkânı bulmuştur. Model çıktılarında göre *Cedrus libani*, gelecekte özellikle Toros Dağları'ndaki orta yükseklikteki yayılış alanlarını kaybedecek gibi görünmektedir. İklim değişikliklerine hassas bir tür olan *Cedrus libani*'nin, iklim koşullarındaki farklılaşmalarla birlikte günümüzde yayılış gösterdiği sahalara göre daha yüksek seviyelerde uygun yetiştirme şartları arayarak uyum sağlamaya çalışması olasıdır.

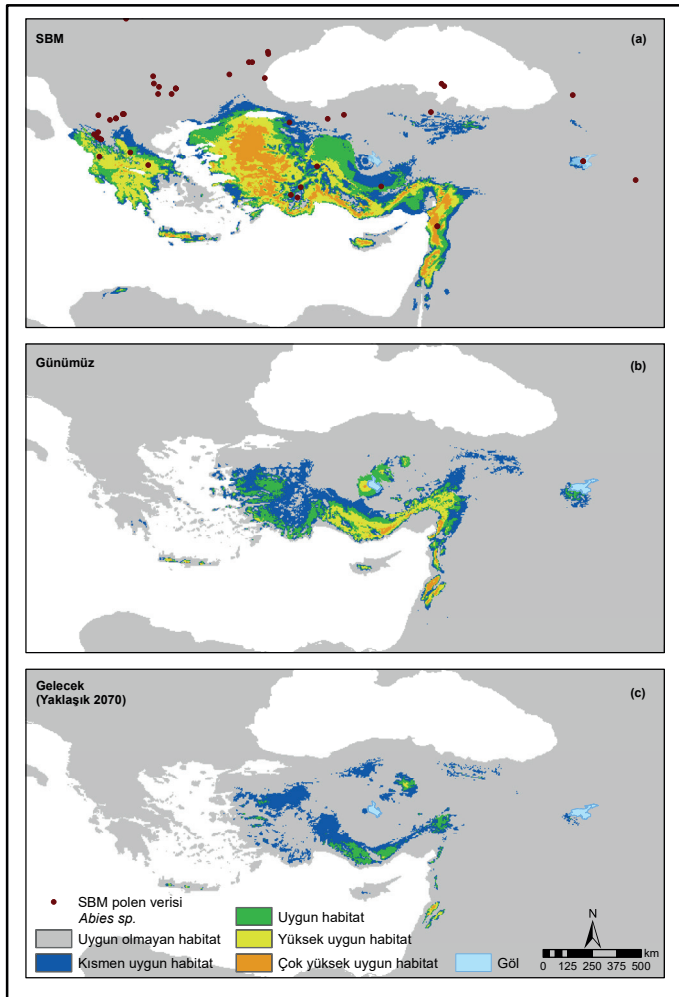
Sıcaklıklardaki artışa bağlı olarak *Cedrus libani*'nin yayılış alanının daha yüksek seviyelere itilmesi öngörülebilir (Şekil 4).

Abies cilicica'nın Son Buzul Maksimumu dağılışı kalıbı incelendiğinde *Cedrus libani*'nin geçmişteki yayılışına benzer olduğu görülmektedir. Bu dönemde *Abies cilicica*'nın yayılış sahası için Suriye ve Lübnan'ın Akdeniz kıyılarındaki dağlık alanlar, Anadolu'nun özellikle güneyi ile batı yarısında, Yunanistan'da, Kıbrıs ve Girit gibi adalarda uygun koşulların mevcut olduğu görülmektedir. Günümüzdeki yayılış alanı ise Anadolu'nun güneyinde Toros Dağları ve Lübnan'dadır (Şekil 5).

Gelecek dağılış kalıbında *Abies cilicica*'nın sahada yetişmesi için uygun iklim şartlarını kısmen kaybedeceğinden yayılış

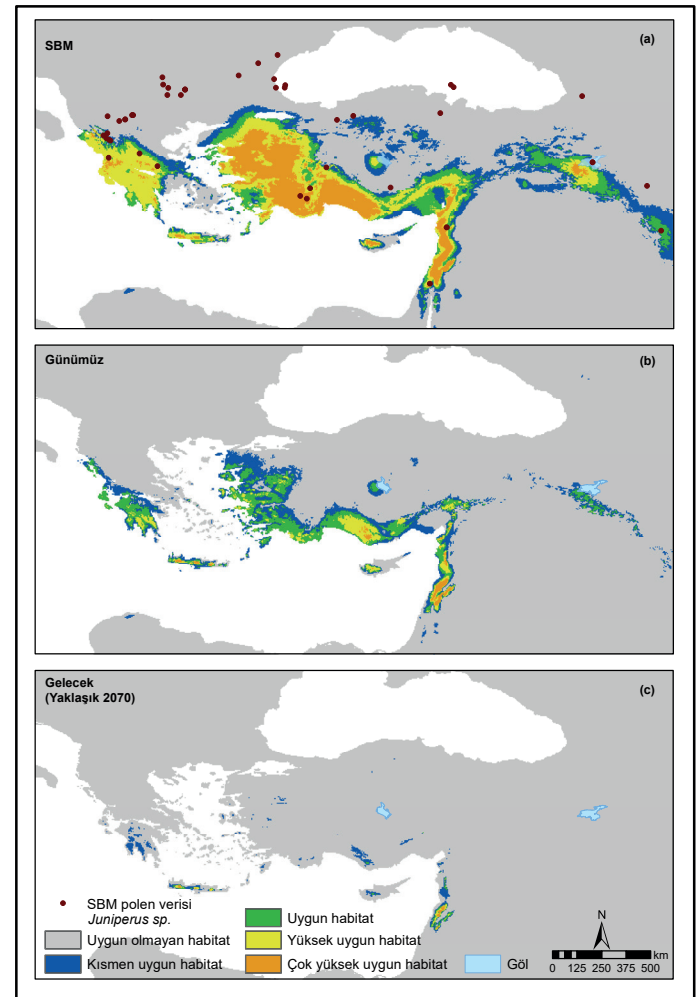
alanlarını da daraltacağı öngörülmektedir. *Abies cilicica*, iklim koşullardaki farklılaşmalarla birlikte günümüzde yayılış gösterdikleri sahalara göre daha yüksek seviyelerde uygun yetiştirme şartları bularak adapte olmaya çalışacaktır. Sıcaklıklardaki artışa bağlı olarak *Abies cilicica*'nın da daha yüksek seviyelerde yayılış gösterme ihtimali artacaktır (Şekil 5).

Juniperus drupacea'nın Son Buzul Maksimumu'nda Akdeniz, Ege ve Güney Marmara çevresinde uygun yetiştirme şartları bulunduğu sahalarda dağılış göstermiş olması olasıdır. Bu dönemde yayılış alanı günümüz dağılış sahalarıyla büyük ölçüde uyuşmamaktadır. Gerçekten Son Buzul Maksimumu dağılış haritasına bakılırsa (Şekil 6) Lübnan, Suriye, Türkiye'nin güney ve batısı ile Yunanistan'da Mora Yarımadası'nda oldukça geniş



Şekil 5: *Abies cilicica*'nın Son Buzul Maksimumu (a), günümüz (b) ve yaklaşık 2070 yılı (c) dağılışı. Son Buzul Maksimumu dağılış haritasına polen verisi de eklenmiştir.

Figure 5: LGM (a), present (b) and future (2070) (c) distribution of *Abies cilicica*. Pollen data has been added to the distribution map of the Last Glacial Maximum. In these maps, very suitable habitat is shown in orange, highly suitable habitat in yellow, suitable habitat in green, partially suitable habitat in dark blue, unsuitable habitat in grey.



Şekil 6: *Juniperus drupacea*'nın Son Buzul Maksimumu (a), günümüz (b) ve yaklaşık 2070 yılı (c) dağılışı. Son Buzul Maksimumu dağılış haritasına polen verisi de eklenmiştir.

Figure 6: LGM (a), present (b) and future (2070) (c) distribution of *Juniperus drupacea*. Pollen data has been added to the distribution map of the Last Glacial Maximum. In these maps, very suitable habitat is shown in orange, highly suitable habitat in yellow, suitable habitat in green, partially suitable habitat in dark blue, unsuitable habitat in grey.

alanlar kaplamaktadır. Özellikle Anadolu'daki yayılış sahası, Anadolu'nun batı yarısını içine alacak şekildedir. Burada Asıl Ege bölümündeki Menteşe yöresi ve Aydın Dağları ile Bozdağlar başta olmak üzere yayılışı, yükseltisi fazla olmayan dağlık alanlar boyunca oluşan uygun habitatlar yoluyla kuzeye doğru genişlemiş olabilir. Özellikle Batı Toroslar, Ege Bölümü ve İç Batı Anadolu Bölümü bu türün esas yayılış alanını oluşturmuş olabilir (**Şekil 6**). *Juniperus drupacea*'nın bugünkü esas dağılış alanı Lübnan ve Suriye çevresi ile Anadolu'da Toros Dağları ve Yunanistan'dadır.

Peloponnese Dağları'nda *Abies cephalonica* ormanlarının bir bileşeni olan *Juniperus drupacea*, Toros Dağları'nda ise Antalya körfezi doğusunda, *Cedrus libani*, *Abies cilicica* ve *Pinus nigra* ormanlarında yayılış alanı bulur (**Şekil 6**). *Juniperus drupacea*'nın gelecekte iklim değişikliğine bağlı olarak yayılış sahasının sınırlanacağı olasıdır. Gelecek dağılış kalıbında *Juniperus drupacea*'nın Toroslar ve Amanos Dağları'ndaki yayılış alanının önemli ölçüde ortadan kalkacağı görülmektedir (**Şekil 6**).

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türlerin dağılışı ile ilgili bir program olan MaxEnt 3.4.1 kullanılarak elde edilen sonuçlar, bir modellemeye aittir. Söz konusu model, belli kabullere bağlı olarak çeşitli tahminler içermektedir. Bu nedenle de sonuçlar kesin değildir. Programın bu zayıf yönünün giderilmesi ve elde edilen sonuçların en azından istatistiki açıdan geçerliliğini sınamak amacıyla farklı işlemler de yapılabilir. Çalışmada modelin sonuçlarının geçerliliği istatistiksel yöntemle de denlenmiştir. Elde edilen sonuçlar uygulanan modelin hatalı sonuç vermediği ve kullanılabilirliğini yönündedir.

Sadece varlık verisinin kullanıldığı modellerde ortaya çıkan en önemli kısıtlılıklardan biri örneklemin rastgele olması veya değerlendirilen alanı temsil özelliğine sahip olduğunu kabul etmesidir. Tür dağılış modellerinin karşılaştırılarak değerlendirildiği yayınlarda, MaxEnt yazılımının rastlantısal örneklerden elde edilmeyen ve bir bölgeyi temsil ettiği düşünülen veri ile doğru sonuçlar ortaya koyduğu söylenebilir (DeLeo, 1993; Yaclulic vd., 2013).

Bitkiler, Kuvaterner'de meydana gelen iklim değişikliklerine tepki göstermişlerdir. Kuvaterner'in ilk kısmı olan Plesitosen'deki buzul (glasiyal) ve buzul arası (interglasiyal) dönemler bitkilerin yayılış alanlarını değiştirmiş ve günümüz bitki örtüsünün şekillenmesinde etkili olmuştur. Son buzullaşma

esnasında günümüze göre; Anadolu'nun yüksek kesimlerinde buzulların alansal ve hacimsel olarak büyümesi daimi kar sınırını aşağıya çekmiş ve orman sınırı daha aşağılara inmiştir. Meydana gelen iklim değişikliklerine bağlı olarak vejetasyon kuşakları dikey yönde yer değiştirirken, yatay yönde de bazı değişiklikler söz konusu olmuştur. Bazı bitki türlerinin yayılış alanları daralmış ya da korunaklı alanlara çekilmişlerdir (Avcı, 2014).

İncelenen türlerin Anadolu'daki günümüz dağılımı SBM'de şekillenmiştir. SBM dağılış modellerini daha iyi anlamlandırmak için türlerin geçmiş kayıtlarına bakmak gerekir. Lübnan sedirinin ve Toros göknarının ataları olan *Cedrus vivariensis*, *Abies ramesii* orta ve geç Miyosen'deki başlıca Paleo Akdenizli türlerdendir (Palamarev, 1989). Anadolu'daki Miyosen polen kayıtları (Akkemik vd., 2016; Biltekin vd., 2015; Biltekin, 2018; Palamarev, 1989; Popescu vd., 2010) ve Anadolu'nun kuzeyinde Miyosen havzalarında petrifiye örnekler (*Cedrus libani*'nin ataları olan *Cedrus anatolicus*) bulunmaktadır (Akkemik, 2020b). SBM'ye geldiğimizde *Cedrus libani* için polen kayıtları yetersizdir. Günümüzde çalışma alanında tek bir sedir türünün dağılış gösterdiği, Miyosen'e ait polen kayıtları ve petrifiye örnekler göz önünde bulundurularak türün Anadolu cins bazındaki polen verileri *Cedrus libani* olarak değerlendirilebilir. Bu döneme ait olan Abant Gölü (Bolu), Ladik Gölü (Samsun), Karamık Bataklığı (Afyonkarahisar), Pınarbaşı (Burdur), Söğüt Gölü (Antalya-Burdur), Gölhisar Gölü (Burdur), Akgöl (Karaman)'de fosil sedir polen kayıtları bulunur (Bottema ve Woldring, 1984; Bottema, 1987; Bottema vd., 1993; Van Zeist vd., 1975).

Çalışmaya konu olan Toros göknarı için de SBM'ye ait cins bazında fosil polen kayıtlarına bakılmıştır. Lübnan sediri ve Toros göknarının ekolojik istekleri benzer olduğundan SBM'de sedir ve göknar polenlerinin beraber bulunduğu kayıtlar Akgöl (Karaman) Karamık Bataklığı (Afyonkarahisar), Pınarbaşı (Burdur), Söğüt Gölü (Antalya-Burdur), Gölhisar Gölü (Burdur)'dür (Bottema ve Woldring, 1984; Van Zeist vd., 1975). Fosil polenlere dayanan paleoekolojik çalışmalar incelendiğinde, Pliosen boyunca Akdeniz Havzası'nda günümüz Toros göknarı'nın atalarının (*Abies ramesii*) ormanlar oluşturarak geniş alan kapladığını göstermektedir (Linares, 2011; Palamarev, 1989; Pignatti, 1978).

Bazı türlerin yayılış alanları içinde *A. cilicica*'da olduğu gibi alt türlerinin ortaya çıkışında Pleistosen'deki iklim değişimleri ve coğrafi engellerin rolü vardır. Bu durum Anadolu'nun hem sığınak olmasını hem de tür çeşitliliği

bakımından zengin olmasını sağlamıştır (Avcı 2005; Avcı 2014; Hrivnák vd., 2017; Ülker vd., 2018). Kuşkusuz Neojen'den beri Anadolu'nun coğrafi görünümünde meydana gelen değişimlerde iklim faktörü ile beraber tektonizmanın da etkisi (Kuzucuoğlu vd., 2019a; Suc vd., 1999) önemli olmuştur. Bitkilerin alt türleri ve bölgesel popülasyonlar içinde yayılış alanı parçalanmalarının güçlü etkilerini yansıtan önemli engellerin ortaya çıkmasına *Abies cilicica* subsp. *isaurica* da bir örnektir. Belirtilen bu özellikler gen akışını etkili bir şekilde engellemiştir (Hrivnák vd., 2017).

Caryocedrus seksiyonuna ait olan *Juniperus drupacea*'ya ait fosiller Avrupa'da Orta Miyosen ve Pliosen'de ortaya çıkmaktadır (Mao, 2010). *J. drupacea*'nın SBM modelini daha iyi anlamlandırabilmek için de türün fosil polen kayıtları incelenmiştir. Ancak ardıç türlerinin polen tanelerini ayırt etmek zordur. Bu nedenle tür bazında *J. drupacea* için fosil polen kayıtları yerine cins bazındaki kayıtlara bakılmıştır. Cins bazındaki kayıtlarda ise *Juniperus* ve *Cedrus*'un beraber görüldüğü kayıtlar dikkate alınmıştır (Bottema vd., 1993; Bottema ve Van Zeist vd., 1975; Bottema ve Woldring, 1984). Çünkü SBM sırasında *J. drupacea*, *C. libani* ile dağılış göstermektedir (Hajar vd., 2010; Walas vd., 2019). Pleistosen'deki iklim değişimleri *Juniperus drupacea*'nın yayılışını büyük ölçüde etkilemiştir. Yüksek sıcaklık ve ışık talep eden, kuraklığa orta derecede tahammülü olan bu tür, Pleistosen'de dağlık bölgelerde varlığını sürdürmüştür. Pleistosen'de özellikle buzul dönemlerinde dağlık alanların daha alçak kesimlerinde, interglasial dönemlerde ise daha yüksek kesimlere göç ederek yayılış alanını değiştirmiştir. Geçmişte meydana gelen iklim değişimleri nedeniyle farklı popülasyonları arasındaki coğrafi mesafe ve izolasyonu önemli ölçüde parçalanmasına rağmen *Juniperus drupacea*, yüksek düzeyde genetik çeşitliliğini koruyabilen birkaç Doğu Akdeniz koniferinin tipik bir örneğini oluşturmaktadır. Fenotipik (dış morfolojik) özellikler Toros ve Anti-Toros popülasyonları arasında bir farklılık olmadığını göstermektedir. Yine *Juniperus drupacea*'nın coğrafi yayılış alanının Asya kısmında belirlenen genetik ve fenotipik farklılaşma kalıpları, Toroslar, Anti-Toroslar ve Lübnan Dağları'nda bulunan diğer ağaç türleri için tanımlanan farklılaşma kalıplarına benzemektedir. Bu durum benzer bir göç geçmişini gösterebileceği gibi, Akdeniz dağlarının kozalaklı taksonlarının paleo-çevresel etkilere ve insan etkisine benzer bir tepkisini de yansıtabilir (Sobierajska vd., 2016).

Bu çalışmada ele alınan kozalaklı ağaçların erken Holosen/Geç Pleistosen dönemine ait polen kayıtları, Anadolu'nun bu

taksonlar için sığınak oluşturduğunu ortaya koymaktadır. SBM dönemine ait polen kayıtları ve SBM modeli beraber incelendiğinde polen kayıtları ve olası dağılış sahalarının büyük ölçüde çakıştığı görülür. SBM polen kayıtları, SBM ve günümüz modelleri beraber incelendiğinde ise türlerin günümüzde dağılış alanını Toros Dağları, Lübnan ve Suriye çevresi ile sınırladıkları görülmektedir (Şekil 4-5-6). *Abies cilicica*'nın SBM tür dağılış modellemesinde Suriye ve Lübnan'ın Akdeniz kıyılarındaki dağlık alanlar ile Anadolu'nun güney kıyılarında uygun habitatlarının kesintisiz devam etmiş olması olasıdır. Ayrıca Anadolu'nun kuzeyinde Yeşilirmak Vadisi'ndeki korunaklı alanlarda uygun yayılış sahası bulmuş olması muhtemeldir. Ancak Beridze vd. (2021)'nin *Abies cilicica* için yapmış olduğu SBM modelinde Anadolu'nun kuzeyindeki olası dağılış sahasında ve İskenderun Körfezi'nin kuzeyindeki uygun habitatlarda kopukluklar görülmektedir. Aynı tür için benzer modellemelerde bu şekilde bir farklılığın olması çalışmada kullanılan günümüz iklim verilerinin, biyoiklimsel değişkenlerin, tür dağılış verilerinin farklılık göstermesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

RCP 8.5-2070 senaryosuna göre sedir gelecekte Toros Dağları'ndaki uygun iklim koşullarını büyük ölçüde kaybedecektir. Sıcaklık koşullarında meydana gelecek değişim, ortalama vejetasyon süresini uzatacak ve buna bağlı olarak bitki örtüsünün dağılışını ve türlerini değiştirecektir (Koç, 2016). Anadolu'nun güneyindeki dağlık alanlarda yayılan *Juniperus drupacea*, *Abies cilicica* ve *Cedrus libani* gibi kozalaklı ağaçların iklim değişikliğinden etkilenenleri düşünülmelidir. Gelecekteki sıcaklık artışları Akdeniz kuşağında ılıman ve alt yükselti kademelerindeki türlerin yukarı itilebileceğini göstermektedir (Lindner vd., 2014). Benzer durum bu çalışmaya konu olan ağaçlar için de söz konusu olabilecektir.

Doğu Akdeniz Havzası'nın kozalaklı ağaçlarının, diğer kozalaklı ağaçlardan daha yüksek seviyelerde genetik çeşitlilik barındırdığı bilinmektedir. Bunun nedeni, Son Buzul Maksimumu'nda popülasyonlarının bir şekilde elverişli ortamlarda korunmuş olması ve güçlü demografik ve genetik darboğazlardan etkilenmemeleridir (Fady, 2005; Fady vd., 2008). Sözü edilen özellikler Anadolu'da bu kozalaklı ağaçların oluşturdukları ormanların korunması bakımından önemlidir. İnceleme alanında sıcaklıklardaki artış, dağların yüksek kesimlerinde insan etkisini de arttıracığından orman alanlarının korunması için bu etkiler dikkatle gözlemlenmelidir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Çalışma Konsepti/Tasarım- D.E.K., M.A., N.D.; Veri Toplama- D.E.K., N.D., M.A.; Veri Analizi/Yorumlama- D.E.K., M.A., N.D.; Yazı Taslağı- D.E.K., M.A., N.D.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- N.D., M.A., D.E.K.; Son Onay ve Sorumluluk- D.E.K., M.A., N.D.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası: 32478.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Conception/Design of Study- D.E.K., M.A., N.D.; Data Acquisition- D.E.K., N.D., M.A.; Data Analysis/Interpretation- D.E.K., M.A., N.D.; Drafting Manuscript- D.E.K., M.A., N.D.; Critical Revision of Manuscript- N.D., M.A., D.E.K.; Final Approval and Accountability- D.E.K., M.A., N.D.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

Grant Support: This study was supported by Istanbul University Scientific Research Projects Coordination Unit. Project number: 32478.

KAYNAKÇA/REFERENCES

- Ackerly, D. D., Loarie, S. R., Cornwell, W. K., Weiss, S. B., Hamilton, H., Branciforte, R., & Kraft, N. J. B. (2010). The geography of climate change: implications for conservation biogeography. *Diversity and Distributions*, 16, 476–487.
- Adams, R. (2014). *Juniperus of the World, The Genus Juniperus*. Bloomington: Trafford Publishing Co. USA.
- Aitken, S. N., Yeaman, S., Holliday, J. A., Wang, T., & Curtis-McLane, S. (2008). Adaptation, migration or extirpation: climate change outcomes for tree populations. *Evolutionary Applications*, 1(1), 95–111.
- Akkemik, Ü., Arslan, M., Poole, I., Tosun, S., Köse, N., Kılıç, N. K., & Aydın, A. (2016). Silicified woods from two previously undescribed early Miocene forest sites near Seben, northwest Turkey. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 235, 31–50.
- Akkemik, Ü. (2020a). Pinaceae. Ü. Akkemik (Ed.), *Doğal-Egzotik Ağaçlar ve Çalılar* kitabı içinde, (s. 161-213). İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Akkemik, Ü. (2020b). A new fossil *Cedrus* species from the early Miocene of northwestern Turkey and its possible affinities. *Palaeoworld*, <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2020.12.003>.
- Araújo, M. B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogués-Bravo, D., & Thuiller, W. (2011). Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters*, 14, 484–492.
- Arenas, M., Ray, N., Currat, M. & Excoffier, L. (2012). Consequences of range contractions and range shifts on molecular diversity. *Molecular Biology and Evolution*, 29(1), 207–218.
- Avcı, M. (2005). Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13, 27–55.
- Avcı, M. (2014). Paleocoğrafya. A. Güner & T. Ekim (Ed.), *Resimli Türkiye Florası Cilt I* kitabı içinde (s. 49-77). İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Avcı, M., & Avcı, S. (2014a). Yer şekilleri. A. Güner & T. Ekim (Ed.), *Resimli Türkiye Florası Cilt I* kitabı içinde (s. 17-27). İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Avcı, M., & Avcı, S. (2014b). İklim. A. Güner & T. Ekim (Ed.), *Resimli Türkiye Florası Cilt I* kitabı içinde (s. 107-115). İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Behroozian, M., Ejtehadı, H., Peterson, A. T., Memariani, F., & Mesdaghi, M. (2020). Climate change influences on the potential distribution of *Dianthus polylepis* Bien. ex Boiss. (Caryophyllaceae), an endemic species in the Irano-Turanian region. *PLoS ONE*, 15(8), e0237527.
- Beridze, B., Walas, Ł., Iszkuło, G., Jasińska, A. K., Kosiński, P., Sękiewicz, K., ... & Dering, M. (2021). Demographic history and range modelling of the East Mediterranean *Abies cilicica*. *Plant and Fungal Systematics*, 66(2), 122–132.
- Beton, D. (2011). *Effects of Climate Change on Biodiversity: A Case Study on Four Plant Species Using Distribution Models*. (Doktora Tezi), Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Biltekin, D., Popescu, S. M., Suc, J. P., Quézel, P., Jiménez-Moreno, G., Yavuz, N., & Çağatay, M. N. (2015). Anatolia: A long-time plant refuge area documented by pollen records over the last 23 million years. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 215, 1–22.
- Biltekin, D. (2018). Palynomorphs from a lacustrine sequence provide evidence for palaeoenvironmental changes during the early Miocene in Central Anatolia, Turkey. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 55(5), 505–513.
- Bottema, S., & Woldring, H. (1984). Late Quaternary vegetation and climate of southwestern Turkey. Part II. *Palaeohistoria*, 26, 123–149.
- Bottema, S. (1987). Chronology and climatic phases in the near east from 16,000 to 10,000 BP. *Chronologies in the Near East. Oxford: British Archaeological Reports*, 295310.
- Bottema, S., Woldring, H., & Aytuğ, B. (1993). Late Quaternary vegetation history of northern Turkey. *Palaeohistoria*, 35/36, 13–72.
- Booth, T. H. (2018). Species distribution modelling tools and databases to assist managing forests under climate change. *Forest Ecology and Management*, 430, 196–203.
- Boydak, M. (2003). Regeneration of Lebanon cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) on karstic lands in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 178(3), 231–243.
- Bozkuş H. F. (1986). *Toros Göknarı (Abies cilicica Carr.)'nın Türkiye'deki doğal yayılış ve silvikültürel özellikleri*. (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul.
- Bystrakova, N., Peregrym, M., Erkens, R. H., Bezsmertna, O., & Schneider, H. (2012). Sampling bias in geographic and environmental space and its effect on the predictive power of species distribution models. *Systematics and Biodiversity*, 10(3), 305–315.
- CEPF. (2017). Ecosystem Profile-Mediterranean Basin Biodiversity Hotspot. (<https://www.cepf.net/our-work/biodiversity-hotspots/mediterranean-basin>). (Erişim 17.04.2021).

- CEPF (2021). <https://www.cepf.net/our-work/biodiversity-hotspots>. (Erişim 17.04.2021).
- CI, (2016). <http://www.conservation.org/how/pages/hotspots.aspx> (Erişim 17.04.2021).
- Coode, M., & Cullen, J. (1965a). *Cedrus* L. In P. Davis, M. Coode, & J. Cullen (Eds.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands Vol.1* (pp. 71-72). Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Coode, M., & Cullen, J. (1965b). *Juniperus* L. In P. Davis, M. Coode, & J. Cullen (Eds.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands Vol.1* (pp. 78-84). Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Coode, M., & Cullen, J. (1965c) *Abies* Miller. In P. Davis, M. Coode, & J. Cullen (Eds.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands Vol.1* (pp. 67-70). Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Cuena-Lombraña, A., Fois, M., Fenu, G., Cogoni, D., & Bacchetta, G. (2018). The impact of climatic variations on the reproductive success of *Gentiana lutea* L. in a Mediterranean mountain area. *International Journal of Biometeorology*, 62(7), 1283–1295.
- Dagtekin D., Şahan E. A., Denk T, Köse N., & Dalfes H. N. (2020). Past, present and future distributions of Oriental beech (*Fagus orientalis*) under climate change projections. *PLoS One*, 15(11), e0242280
- DeLeo, J. M. (1993, April). Receiver operating characteristic laboratory (ROCLAB): software for developing decision strategies that account for uncertainty. In *1993 (2nd) International Symposium on Uncertainty Modeling and Analysis*. (pp. 318-325).
- Duan R. Y., Kong X. Q., Huang M. Y., Fan W. Y., & Wang, Z. G. (2014). The predictive performance and stability of six species distribution models. *PLoS One*, 9(11): e112764
- Elibüyük, M. ve Yılmaz, E. (2010). Türkiye'nin coğrafi bölge ve bölümlerine göre yükselti basamakları ve eğim grupları. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 8(1), 27–55.
- Elith, J. (2000). Quantitative methods for modeling species habitat: comparative performance and an application to Australian plants. In F. Scott, & B. Mark (Eds.), *Quantitative methods for conservation biology* (pp. 39-58). New York: Springer.
- Eriç, S. (1984). *Klimatoloji ve Metodları*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayını.
- EUFORGEN (2021). European forest genetic resources programme, <http://www.euforgen.org/species/abies-cilicica/>. Erişim (13.07.2021).
- EUFORGEN (2021). European forest genetic resources programme, <http://www.euforgen.org/species/cedrus-libani/>. Erişim (13.07.2021).
- Fady, B. (2005). Is there really more biodiversity in Mediterranean forest ecosystems?. *Taxon*, 54(4), 905–910.
- Fady, B., Lefèvre, F., Vendramin, G. G., Ambert, A., Régner, C., & Bariteau, M. (2008). Genetic consequences of past climate and human impact on eastern Mediterranean *Cedrus libani* forests. Implications for their conservation. *Conservation Genetics*, 9(1), 85–95.
- Farjon, A. (2010). *A Handbook of the World's Conifers (Vol. 1-2)*. Leiden-Boston: Brill.
- Flantua, S. G. A., & Hooghiemstra, H. (2018). Historical connectivity and mountain biodiversity. In C. Hoorn, A. Perrigo, & A. Antonelli (Eds.), *Mountains, climate and biodiversity* 1st ed. (pp.171–185). Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Gardner, M. (2013). *Cedrus libani* var. *libani*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T42305A2970821. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42305A2970821.en>. Downloaded on 15 May 2021.
- Gardner, M., & Knees, S. (2013). *Abies cilicica* subsp. *isaurica*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T33002A2829405. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T33002A2829405.en>. Downloaded on 15 May 2021.
- GBIF.org (2021a) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.gzu48d> (Erişim: 09 Temmuz 2021).
- GBIF.org (2021b) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.sh8f5r> ((Erişim: 09 Temmuz 2021).
- GBIF.org (2021c) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.v3rnu7> (Erişim: 09 Temmuz 2021).
- Günal, N. (1997). *Türkiye'de Başlıca Ağaç Türlerinin Coğrafi Dağılımları, Ekolojik ve Floristik Özellikleri*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Günal, N. (2013). Türkiye'de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. *Acta Turcica Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi*, 1, 1–22.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., & Babac, M. T. (2012). *Türkiye bitkileri listesi (damarlı bitkiler)*. İstanbul: Nezahat Gökyigit Botanik Bahçesi Yayınları Flora Dizisi I.
- Hajar, L., Khater, C., & Cheddadi, R. (2008). Vegetation changes during the late Pleistocene and Holocene in Lebanon: a pollen record from the Bekaa Valley. *The Holocene*, 18, 1089–1099.
- Hajar, L., François, L., Khater, C., Jomaa, I., Déqué, M., & Cheddadi, R. (2010). *Cedrus libani* (A. Rich) distribution in Lebanon: Past, present and future. *Comptes Rendus Biologies*, 333(8), 622–630.
- 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.
- Hrivnák, M., Paule, L., Krajmerová, D., Kulaç, Ş., Şevik, H., Turna, İ., ... & Gömöry, D. (2017). Genetic variation in Tertiary relics: The case of eastern-Mediterranean *Abies* (Pinaceae). *Ecology and Evolution*, 7(23), 10018–10030.
- IPCC. (2018). *Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1. °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* (Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H. Pörtner, ...& T. Waterfield (Eds.). WMO, Geneva, Switzerland, 32 pp.
- İpekdal, K., & Beton, D. (2014). Model predicts a future pine processionary moth risk in Artvin and adjacent regions. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(2), 85–95.

- Knees, S., & Gardner, M. (2013). *Abies cilicica* subsp. *cilicica*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2013: e.T195504A2382755. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T195504A2382755.en>. (Erişim: 17 April 2021).
- Knees, S., & Gardner, M. 2013. *Abies cilicica* subsp. *cilicica*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T195504A2382755. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T195504A2382755.en>. (Erişim:15 May 2021).
- Koç, D. E. (2016). *Bolkar Dağları'nın bitki örtüsü ve iklim değişikliği*. (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Koc, D. E., Svenning, J. C., & Avci, M. (2018). Climate change impacts on the potential distribution of *Taxus baccata* L. in the Eastern Mediterranean and the Bolkar Mountains (Turkey) from last glacial maximum to the future. *Eurasian Journal of Forest Science*, 6(3), 69–82.
- Koç, D. E., Biltekin, D., & Ustaoglu, B. (2021). Modelling potential distribution of *Carpinus betulus* in Anatolia and its surroundings from the Last Glacial Maximum to the future. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(12), 1–13.
- Kuhn, E., & Gégout, J. C. (2019). Highlighting declines of cold-demanding plant species in lowlands under climate warming. *Ecography*, 42, 36–44.
- Kumar, P. (2012). *Assessment of impact of climate change on Rhododendrons in Sikkim Himalayas using Maxent modelling: limitations and challenges*. *Biodiversity and Conservation*, 21(5), 1251–1266.
- Kuzucuoğlu, C. (2019). The physical geography of Turkey: an outline. In C. Kuzucuoğlu, A. Çiner, & N. Kazancı (Eds.), *Landscapes and landforms of Turkey* (pp. 7-15). Switzerland: Springer Nature.
- Kuzucuoğlu, C., Çiner, A., & Kazancı, N. (2019a). Introduction to landscapes and landforms of Turkey. In C. Kuzucuoğlu, A. Çiner, & N. Kazancı (Eds.), *Landscapes and landforms of Turkey* (pp. 3-5). Switzerland: Springer Nature.
- Kuzucuoğlu, C., Çiner, A. & Kazancı, N. (2019b). The geomorphological regions of Turkey. In C. Kuzucuoğlu, A. Çiner, & N. Kazancı (Eds.), *Landscapes and landforms of Turkey* (pp. 41-178). Switzerland: Springer Nature.
- Liepert, S., Mayland-Quellhorst, E., Lahme, M., & Ziegenhagen, B. (2010). Contrasting geographical patterns of ancient and modern genetic lineages in Mediterranean *Abies* species. *Plant Systematics and Evolution*, 284, 141–151.
- Linares, J. C. (2011). Biogeography and evolution of *Abies* (Pinaceae) in the Mediterranean Basin: the roles of long-term climatic change and glacial refugia. *Journal of Biogeography*, 38(4), 619–630.
- Lindner, M., Fitzgerald, J. B., Zimmermann, N. E., Reyer, C., Delzon, S., van der Maaten, E., ... & Hanewinkel, M. (2014). Climate change and European forests: what do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management?. *Journal of Environmental Management*, 146, 69–83.
- Litt, T., & Anselmetti, F. S. (2014). Lake Van deep drilling project PALEOVAN. *Quaternary Science Reviews*, 104, 1–7.
- Litt, T., Pickarski, N., Heumann, G., Stockhecke, M., & Tzedakis, P. C. (2014). A 600,000 year long continental pollen record from Lake Van, eastern Anatolia (Turkey). *Quaternary Science Reviews*, 104, 30–41.
- Liu, T. S. (1971). A monograph of the genus *Abies*. Taiwan: Department of Forestry, National Taiwan University.
- Ma, B., & Sun, J. (2018). Predicting the distribution of *Stipa purpurea* across the Tibetan Plateau via the MaxEnt model. *BMC Ecology*, 18(1), 1–12.
- Mao, K., Hao, G., Liu, J., Adams, R. P., & Milne, R. I. (2010). Diversification and biogeography of *Juniperus* (Cupressaceae): variable diversification rates and multiple intercontinental dispersals. *New Phytologist*, 188(1), 254–272.
- Médail, F., & Diadema, K. (2009). Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, 36(7), 1333–1345.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858.
- Nabout, J. C., Magalhães, M. R., de Amorim Gomes, M. A., & Da Cunha, H. F. (2016). The impact of global climate change on the geographic distribution and sustainable harvest of *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) in Brazil. *Environmental Management*, 57(4), 814–821.
- Neotoma Paleocology Database and Community (2021) <https://www.neotomadb.org/> (Erişim: 1 Mayıs 2021).
- Oliveira, M. D., Hamilton, S. K., Calheiros, D. F., Jacobi, C. M., & Latini, R. O. (2010). Modeling the potential distribution of the invasive golden mussel *Limnoperna fortunei* in the Upper Paraguay River system using limnological variables. *Brazilian Journal of Biology*, 70(3), 831–840.
- Özdemir, S., Gülsoy, S., & Ahmet, M. (2020). Predicting the effect of climate change on the potential distribution of Crimean Juniper. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 20(2), 133–142.
- Palamarev, E. (1989). Paleobotanical evidences of the Tertiary history and origin of the Mediterranean sclerophyll dendroflora. In *Woody Plants-Evolution and Distribution Since the Tertiary* (pp. 93-107). Vienna: Springer.
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., & Townsend Peterson, A. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34(1), 102–117.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4), 231–259.
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161–175.
- Phillips, S. J., Dudík, M., & Schapire, R. E. (2016). Internet. Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/ (Erişim 20 Temmuz 2020).

- Pignatti, S. (1978). Evolutionary trends in Mediterranean flora and vegetation. In E. van der Maarel & J. A. Werger (Eds.), *Plant Species and Plant Communities* (pp. 157-167). Dordrecht: Springer.
- Popescu, S. M., Biltekin, D., Winter, H., Suc, J. P., Melinte-Dobrinescu, M. C., Klotz, S., ... & Deaconu, F. (2010). Pliocene and Lower Pleistocene vegetation and climate changes at the European scale: Long pollen records and climatostratigraphy. *Quaternary International*, 219(1-2), 152–167.
- Qin, A., Liu, B., Guo, Q., Bussmann, R. W., Ma, F., Jian, Z., ... & Pei, S. (2017). Maxent modeling for predicting impacts of climate change on the potential distribution of *Thuja sutchuenensis* Franch., an extremely endangered conifer from southwestern China. *Global Ecology and Conservation*, 10, 139–146.
- Rebello, H. ve Jones, G. (2010). Ground validation of presence-only modelling with rare species: a case study on barbastelles *Barbastella barbastellus* Chiroptera: Vespertilionidae). *Journal of Applied Ecology*, 47, 410–420.
- Rhoden, C. M., Peterman, W. E., & Taylor, C.A. (2017). Maxent-directed field surveys identify new populations of narrowly endemic habitat specialists. *PeerJ*, 5, e3632.
- Sarıkaya, M. A., & Çiner, A. (2017). The late Quaternary glaciation in the Eastern Mediterranean. In P. Hughes & J. Woodward (Eds.), *Quaternary Glaciation in the Mediterranean Mountains*. (pp. 289-305). Londra: The Geological Society.
- Serra-Diaz, J. M., & Franklin, J. (2019). What's hot in conservation biogeography in a changing climate? Going beyond species range dynamics. *Diversity and Distribution*, 25, 492–498.
- Sobierajska, K., Boratyńska, K., Jasińska, A., Dering, M., Ok, T., Douaihy, B., ... & Boratyński, A. (2016). Effect of the Aegean Sea barrier between Europe and Asia on differentiation in *Juniperus drupacea* (Cupressaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 180(3), 365–385.
- Su, H., Bista, M., & Li, M. (2021). Mapping habitat suitability for Asiatic black bear and red panda in Makalu Barun National Park of Nepal from Maxent and GARP models. *Scientific Reports*, 11(1), 1–14.
- Suc, J. P., Fauquette, S., Bessedik, M., Bertini, A., Zheng, Z., Clauzon, G., ... & Clet, M. (1999). Neogene vegetation changes in West European and West circum-Mediterranean areas. In J. Agusti, L. Rook & Andrews P (Eds.), *Hominid Evolution and Climatic Change in Europe*, Vol. 1: *Climatic and Environmental Change in the Neogene of Europe* (pp.378-388), Cambridge University Press.
- Svenning, J. C., Normand, S., & Kageyama, M. (2008). Glacial refugia of temperate trees in Europe: insights from species distribution modelling. *Journal of Ecology*, 96(6), 1117–1127.
- Türkeş, M., & Erlat, E. (2003). Precipitation changes and variability in Turkey linked to the North Atlantic Oscillation during the period 1930–2000. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(14), 1771–1796.
- Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji*. İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Ülker, E. D., Tavşanoğlu, Ç., & Perктаş, U. (2018). Ecological niche modelling of pedunculate oak (*Quercus robur*) supports the 'expansion–contraction' model of Pleistocene biogeography. *Biological Journal of the Linnean Society*, 123(2), 338–347.
- Ünal, Y., Şentürk, Ö., Kavgacı, A., Süel, H., Gülsoy, S., & Oğurlu, I. (2021). Modeling habitat suitability and utilization of the last surviving populations of fallow deer (*Dama dama* Linnaeus, 1758). *Journal of Forestry Research*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11676-021-01391-z>
- Van Zeist, W., Woldring, H., & Stapert, D. (1975). Late Quaternary vegetation and climate of southwestern Turkey. *Palaeohistoria*, 17:53-144.
- Van Zeist, W., & Woldring, H. (1978). A postglacial pollen diagram from Lake Van in East Anatolia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 26(1-4), 249–276.
- Walas, L., Sobierajska, K., Ok, T., Dönmez, A. A., Kanoğlu, S. S., Dagher-Kharrat, M. B., ... & Boratyński, A. (2019). Past, present, and future geographic range of an oro-Mediterranean Tertiary relict: The *Juniperus drupacea* case study. *Regional Environmental Change*, 19(5), 1507–1520.
- Wick, L., Lemcke, G., & Sturm, M. (2003). Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: high-resolution pollen, charcoal, isotopic and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey. *The Holocene*, 13(5), 665–675.
- Worke, T. G., & Debella; H. J. (2018). Climate change and its effects on vegetation phenology across ecoregions of Ethiopia, *Global Ecology and Conservation*, 13, e00366, <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.e00366>.
- WorldClim (2021). <https://www.worldclim.org/data/v1.4/worldclim14.html> (Erişim: 15 Ocak 2021).
- Xu D., Zhuo Z., Wang R., Ye M., & Pu B. (2019). Modeling the distribution of *Zanthoxylum armatum* in China with MaxEnt modeling. *Global Ecology and Conservation*, 19, art. no. e00691
- Yackulic, C. B., Chandler, R., Zipkin, E. F., Royle, J. A., Nichols, J. D., Campbell Grant, E. H., & Veran, S. (2013). Presence-only modelling using MAXENT: when can we trust the inferences?. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(3), 236–243.
- Yaltrık, F. & Efe, A. (2000). *Dendroloji Ders Kitabı*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Yi, Y., Cheng, X., Yang, Z., Wieprecht, S., Zhang, S., & Wu, Y. (2017). Evaluating the ecological influence of hydraulic projects: A review of aquatic habitat suitability models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 748–762.

