



International

Journal of Human Sciences

ISSN:2458-9489

Volume: 20 Issue: 4 Year: 2023

Modeling for present and future (2100) possible distribution of Anadolu Chestnut (*Castanea sativa*) in Anatolia

Anadolu Kestanesi' nin (*Castanea sativa*) Anadolu'daki günümüz ve gelecek (2100) olası dağılışının modellenmesi

Ayşe Atalay Dutucu¹

Abstract

Climate is a factor that closely controls the forming of the geographical environment and human life. One of the most obvious reflections of this effect is seen on biodiversity. Especially plants are among the most fragile species that will be affected by the changes that may occur in climatic conditions. The aim of this study is to determine the current and future potential distribution areas of Anatolian Chestnut, which grows in Anatolia and forms an important species of temperate-humid forests. For this purpose, today's distribution data regarding the distribution of Anatolian chestnut in Anatolia and its surroundings were provided. Climate data with 2.5 arc-minutes/~5 km resolution covering the period 1970-2000 obtained from the WorldClim 2.1 database were used to determine the current suitable habitat areas of the species. MIROC6 model with 2.5 arc-minutes/~5 km resolution for determining suitable future habitat areas, Common Socio-Economic (SSP) SSP2-4.5, SSP5-8.5 scenarios included in IPCC 6th Report and WorldClim 2.1 database covering the period 2081-2100 climate projection data applied. As a result, it has been revealed that the

Özet

İklim coğrafi çevrenin şekillenmesini ve insan yaşamını çok yakından kontrol eden bir etmendir. Bu etkinin en belirgin yansımalarından biri biyoçeşitlilik üzerinde görülmektedir. Özellikle bitkiler iklim koşullarında meydana gelen değışkenliklere karşı en kırılgan türlerin başında gelmektedir. Bu çalışmanın amacı ılıman- nemli ormanların önemli bir türünü oluşturan Anadolu Kestanesi' nin Anadolu'daki günümüz ve gelecekteki potansiyel yayılış alanlarını belirlemektir. Bu amaçla Anadolu Kestanesi' nin Anadolu ve çevresindeki dağılımına ilişkin günümüz dağılış verileri temin edilmiştir. Türün günümüzdeki uygun habitat sahalarını belirlemek için WorldClim 2.1 veri tabanından temin edilen 1970-2000 periyodunu kapsayan 2.5 arc-dakika/~5 km çözünürlüklü iklim verileri kullanılmıştır. Gelecekteki uygun habitat sahalarının belirlenmesinde 2.5 arc-dakika/~5 km çözünürlükte MIROC6 modeli, IPCC 6. Raporunda yer alan Ortak Sosyo-Ekonomik (SSP) SSP2-4.5, SSP5-8.5 senaryoları ve WorldClim 2.1 veri tabanından elde edilen ve 2081-2100 dönemini kapsayan iklim

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Sakarya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü
Orcid ID: [0000-0002-8602-8172](https://orcid.org/0000-0002-8602-8172)



Anatolian chestnut is grown on the humid slopes of the mountains facing north, especially in the Black Sea coastal zone, in the Marmara and partalla in the Aegean Regions. According to the projection results, it is expected that the "suitable" distribution areas for the species will decrease by 33.9% according to the SSP2-4.5 scenario and by 79.7% according to the SSP5-8.5 scenario.

Keywords: Anatolian Chestnut, Climate change, Species distribution model, MaxEnt, Turkey.

[\(Extended English summary is at the end of this document\)](#)

projeksiyonu verisi kullanılmıştır. Sonuçta Anadolu Kestanesi' nin günümüzde özellikle Karadeniz kıyı kuşağı olmak üzere Marmara ve kısmen de Ege Bölgelerinde dağların kuzeye bakan nemli yamaçlarında yetiştiği ortaya konmuştur. Projeksiyon sonuçlarına göre ise tür için "uygun" yayılış alanlarının SSP2-4.5 senaryosuna göre %33.9, SSP5-8.5 senaryosuna göre ise %79.7 oranında azalması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Anadolu Kestanesi, İklim Değişikliği, Tür Dağılış Modeli, MaxEnt, Türkiye.

1. Giriş

İklim değişikliği yeryüzündeki canlı-cansız unsurları çeşitli şekillerde etkilemektedir. İklim değişikliğinden en fazla etkilenen türlerin başında da bitkiler gelmektedir. İlerleyen dönemlerde bazı bitki türlerinin değişen koşullara uyum sağlayamayarak yok olması, pek çok bitki türünün ise yayılış alanlarının daralması ve tür içerisindeki birey sayılarının azalması beklenmektedir (Pitelka, 2007; Ackerly vd., 2010; Engler vd. 2011). Tüm Dünya'da hızla artan nüfus ve nüfus artışıyla bağlantılı olarak giderek genişleyen yerleşim, tarım, sanayi, turizm, madencilik vb. alanları bitki türlerinin doğal yayılış alanlarını daha da sınırlandırarak türleri yok olma tehlikesiyle karşı karşıya getirmektedir. Gelecekteki değişiklikleri öngörmek, iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerini planlamak ve hafifletmek için çok önemli bir adımdır (Loarie vd., 2008). Tür dağılım modelleri iklim değişikliğinin bitki dağılımları üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmakta ve bu konu ile ilgili farklı kapsamda yapılmış pek çok yayın bulunmaktadır (Marmion vd., 2008; Beaumont vd., 2008; Williams vd., 2009; Zimmerman vd., 2010; Beale & Lennon, 2012; Wisz vd., 2013; Koç vd., 2018; Koç vd., 2021; Koç vd., 2022; Gabor vd., 2022; Gupta vd., 2023).

Çalışma alanı olan Anadolu, iklimde meydana gelen değişmelerin etkisinin en belirgin şekilde hissedildiği alanlardan biri olan Akdeniz Havzası içerisinde yer almaktadır. Çeşitli coğrafi özellikleri nedeniyle çağlardan beri pek çok canlı türüne ev sahipliği yapmış olan araştırma sahasında farklı iklim tiplerinin görülmesi, çeşitli jeolojik ve jeomorfolojik özelliklere sahip alanların bir arada bulunması, Afrika ve Avrupa arasında köprü görevi gören bir konumda yer alması gibi nedenlerden dolayı bitki tür çeşitliliği fazladır. Özellikle Kuvaterner'de yaşanan buzul çağlarında değişen iklim koşullarına uyum sağlayamayan türlerin bir kısmı ortadan kalkarken, Anadolu bu türlerin birçoğu için sığınak vazifesi görmüştür. Farklı taksonlara ait yaklaşık 10.000 bitki türüne ev sahipliği yapan ülkemizdeki bitkilerin yaklaşık 1/3'ü endemik türlerdir (Davis, 1982; Güner vd., 2001; Kargıoğlu vd., 2008; Avcı, 2012; Sargın & Büyükcengiz, 2019). Bu kadar çok endemik türün bir arada olması, bu türlerin hassasiyetle korunması gereğini ortaya çıkarmaktadır.

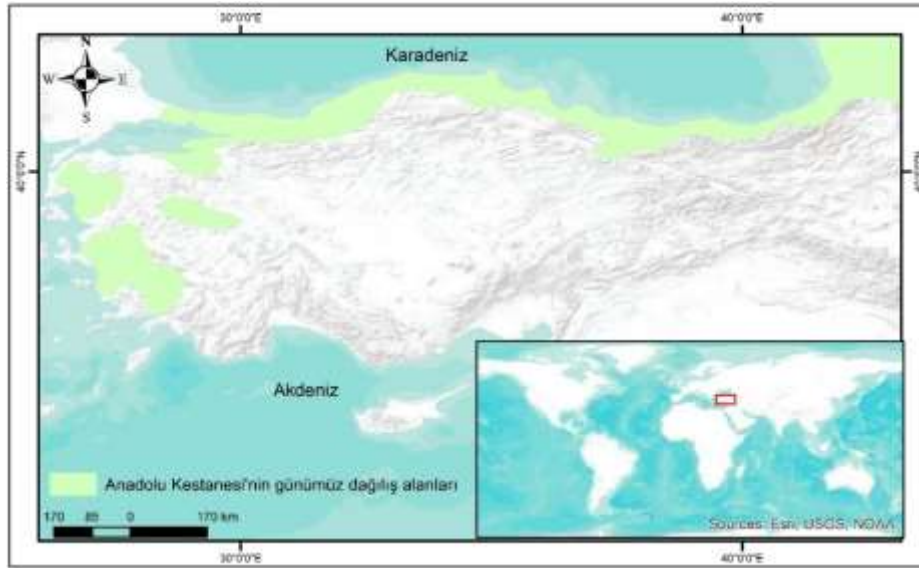
Anadolu'da yetişen çeşitli bitki formasyonları arasında ormanların önemi büyüktür. Orman formasyonu içerisinde de iklime bağlı olarak farklı karakterde, çok farklı ağaç türleri yer almaktadır. Bu çalışmada dağılış verileri analiz edilen Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.) de bunlardan biridir. Kestane iklim değişikliğinin flora üzerinde gözlenen etkilerine bağlı olarak Anadolu'daki yayılış alanının daralması beklenen türler içerisinde yer almaktadır.

Yapılan çalışmalar kestanenin tüm dünyadaki dağılış alanlarının Son Buzul Maksimumunda (SBM-LGM) daraldığını ve bu dönemde Anadolu'nun türün sığınak alanlarından birini oluşturduğunu, Holosen ortalarından itibaren tekrar genişlemeye başladığını ortaya koymuştur (Huntley & Birks, 1983, Krebs vd., 2004, Mattioni vd., 2013; Roces-Díaz vd., 2018). İklim sisteminde

ortaya çıkan antropojenik kaynaklı ve hızlı değişiklikler türün dağılış alanlarının günümüz ve gelecekte de değişmeye devam etmesine, bazı alanlarda ise ortadan kalkmasına neden olacaktır. Mevcut iklim değişikliği göz önüne alındığında kestane, Orta Avrupa için potansiyel olarak geleceğe dayanıklı bir ağaç türü olarak değerlendirilmekle birlikte (Conedera vd., 2021) kuraklığa dayanıklı olmaması sebebiyle Anadolu gibi sıcaklık ve kuraklık değerlerinin artma eğiliminde olduğu bazı sahalarda iklim değişikliğinden olumsuz etkilenmesi ve uygun habitat alanlarının daralması riskiyle karşı karşıyadır (EFDAC, 2015). Bu çalışmanın amacı Anadolu Kestanesi' nin Anadolu'daki günümüz ve gelecekteki potansiyel yayılış alanlarını belirlemektir.

2. Çalışma Alanı

Kuzey yarımkürede 26°-45° doğu boylamları ve 36°-42° kuzey enlemleri arasında yer alan Türkiye ortalama yükseltinin fazla (1141 m) olduğu bir ülkedir (Tanoğlu, 1947; Elibüyük ve Yılmaz, 2010) (Şekil 1). Arap ve Afrika levhaları ile Avrasya levhası arasında yer alan Anadolu'nun sürekli olarak kuzeye doğru sıkıştırılması, tektonik süreçleri kontrol eden ve jeomorfolojik görünümün bugünkü formunu almasında etkili olan faktörlerden biridir (Topal vd., 2016). Kabaca kuzeyden güneye Pontidler (Kuzey Anadolu dağları), Anatolidler (İç Anadolu dağları), Toroslar ve Kenar kıvrımları olarak da nitelendirilen Güneydoğu Anadolu dağları ülkenin başlıca tektonik birimlerini oluşturmaktadır (Ketin, 1966).



Şekil 1. Çalışma sahasının lokasyonu ve türün çalışma sahasındaki dağılışı

İlman kuşakta, genel olarak subtropikal Akdeniz ikliminin hâkim olduğu bir sahada yer almakla birlikte karasallık- denizellik, yükselti, bakı gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak Anadolu'nun farklı bölgelerinde etkili olan iklim koşulları çeşitlilik göstermektedir (Yılmaz & Çiçek, 2018; Baylan & Ustaoglu, 2020; Türkeş, 2021). Yıllık ortalama sıcaklığın 13,3°C (1970- 2022) olduğu Türkiye'de aynı dönemin yıllık toplam yağış ortalaması ise 618,9 mm'dir (URL 1, 2). Bulunduğu konum itibariyle iklim değişikliğinin etkilerinin en çok hissedileceği sahalardan birinde yer alan çalışma sahasında sıcaklık koşullarında 1990'lı yıllardan sonra belirgin artışlar kaydedilmiştir (Erlat & Ölgen, 2008; Türkoğlu vd., 2014). Yapılan çeşitli çalışmalar sıcaklık tutarlarındaki belirgin artışların yanında iklim koşullarında kuraklaşmaya doğru gidişin de arttığını göstermektedir (Türkeş, 1998; Türkeş, 1999; İcel & Atao, 2014). Sıcaklık ve yağış rejimlerindeki değişimler diğer pek çok koşulu olduğu gibi biyolojik çeşitliliği de doğrudan etkilemektedir (Ustaoglu vd., 2023).

Genel olarak çalışma sahasındaki bitki toplulukları nemli orman, yarı nemli orman, kuru orman, maki -psödomaki, bozkır (step) ve Alpin bitkilerinden oluşmakla birlikte bu topluluklar

içerisinde hakim ağaçları çam (*Pinus*), kayın (*Fagus*), meşe (*Quercus*), ladin (*Picea*), göknar (*Abies*), adi gürgen (*Carpinus betulus*), kestane (*Castanea sativa*) gibi türler oluşturmaktadır (Atalay, 1994; Dönmez & Aydınöz, 2012; Günel, 2013).

Anadolu'da nemli ormanların hakim türlerinden birini oluşturan kestane, Marmara Bölgesi'nde Uludağ ve Samanlı Dağları'nın alt seviyelerinde, Karadeniz kıyı bölgesinde, Ege Bölgesi'nde Yamanlar Dağı, Bozdağlar ve Aydın Dağları'nın kuzeye bakan yamaçlarında yarı nemli ormanlar içerisinde geniş topluluklar oluşturmaktadır (Dönmez & Aydınöz, 2012).

3. Materyal ve Metot

3.1. Anadolu Kestanesi (*Castanea sativa* Mill.)

Avrupa-Sibiryaya flora bölgesinin bir türü olan Anadolu Kestanesi, Kayıngiller (*Fagaceae*) ailesine mensuptur. Ana vatanı Kuzey Afrika, Balkan Yarımadası, Kafkasya, Türkiye ve Batı Asya olan tür (Barstow & Khela, 2018) Anadolu'da yetişen tek kestane türüdür. Nemli- ılıman bölgelerde yetişen Anadolu Kestanesi'nin sıcaklık ve nem isteği yüksek, ışık isteği ise orta derecededir. Kışın düşük sıcaklıklara dayanabilmekle birlikte dona karşı hassas bir tür olan kestane ayrıca yaz kuraklığından da etkilenmektedir. Yaz kuraklığı türün dağılış alanları için önemli bir sınırlayıcı faktördür (Duran, 2016). Yurdumuzda yıllık yağış miktarının 700 mm'nin üzerinde olduğu ılıman bölgelerde yayılış gösteren türün Anadolu'daki esas yayılış alanını Karadeniz Bölgesi oluşturmaktadır (Atalay, 1994; Bahadır& Emet, 2010). Karadeniz Bölgesi'nde özellikle kuzeye bakan yamaçlarda ve alçak seviyelerde yayılış gösteren Anadolu Kestanesi bu bölge dışında Marmara Bölgesi'nde de deniz etkisinde kalan sahalarda doğu kayını, adi gürgen, ıhlamur, göknar gibi nem isteği yüksek türlerde birlikte yetişir. İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri dışında kalan coğrafi bölgelerde sınırlı da olsa yetiştirme imkanı bulabilen türün (Güner, 2012) varlığı kurak koşulların belirginleştiği bölgelere gidildikçe azalarak ortadan kalkar. Ege Bölgesi'nde kuzeyden güneye doğru gidildikçe geri çekilmeye başlayan Anadolu Kestanesi Murat Dağı'nda 1600 m'den daha yüksek kesimlerde varlığını sürdürmektedir (Günel, 2013). Yetiştirildiği bölgelerde denizel etkilerin hissedildiği dağların kuzeye bakan yamaçlarında belli yükseltilerden sonra, yağış tutarlarının arttığı bölgelerde ortaya çıkmaktadır.

3.2. Dağılış verisi:

Anadolu Kestanesi'nin Anadolu ve çevresindeki dağılımına ilişkin (69 kayıt) günümüz dağılış verileri Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (<https://www.gbif.org/occurrence/download/0295740-200613084148143> ve EUFORGEN (<https://www.euforgen.org/species/castanea-sativa/>) veri tabanlarından ve "Flora of Turkey and the East Aegean Islands" adlı eserin ilgili bölümü taranarak temin edilmiştir (Davis vd. 1982). Seçilen türlerin Anadolu ve çevresine ait dağılış verileri kullanılırken birbirine yakın olmayacak şekilde homojen dağılışa sahip olmasına dikkat edilmiştir

3.3. İklim verisi:

Bu çalışmada tür dağılış modellerinin üretilmesinde iklim verileri kullanılmıştır. Türün günümüzdeki uygun habitat sahalarını belirlemek için WorldClim 2.1 veri tabanından (<https://www.worldclim.org/data/index.html>) temin edilen 1970-2000 periyodunu kapsayan 2.5 arc-dakika/~5 km çözünürlüklü iklim verileri kullanılmıştır Gelecekteki uygun habitat sahalalarının belirlenmesinde 2.5 arc-dakika/~5 km çözünürlükte MIROC6 modeli, IPCC 6. Raporunda yer alan Ortak Sosyo-Ekonomik (SSP) SSP2-4.5, SSP5-8.5 senaryoları ve WorldClim 2.1 veri tabanından elde edilen ve 2081-2100 dönemini kapsayan iklim projeksiyonu verisi uygulanmıştır.

Anadolu Kestanesi' nin Anadolu'daki dağılışında etkili olan en önemli çevresel etmen iklimdir (Osborne et al., 2000; Toledo et al., 2011). Bu nedenle modellemelere iklim parametreleri dahil edilmiş ancak topoğrafya, toprak gibi diğer çevresel etmenler dahil edilmemiştir. Bu çalışmada WordClim veri tabanından temin edilen günümüze ait 19 biyoiklim değişkeni kullanılmıştır. Daha iyi performansla sahip bir model oluşturmak ve 19 biyoiklim verisinin birbirleri olan ilişkilerini anlamak için PCA analizi kapsamında Pearson Korelasyon testi yapılmıştır. Yapılan test sonucu birbirleri ile yüksek korelasyon gösteren veriler modelden çıkarılarak Pearson korelasyon katsayısı 0,85' ten düşük olan,

Atalay Dutucu, A. (2023). Anadolu Kestanesi' nin (*Castanea sativa*) Anadolu'daki günümüz ve gelecek (2100) olası dağılışının modellenmesi. *Journal of Human Sciences*, 20(4), 446-460. doi:[10.14687/jhs.v20i4.6405](https://doi.org/10.14687/jhs.v20i4.6405)

birbirleri ile eşdoğrusallık göstermeyen 8 biyoiklim verisi (BIO2 Günlük ortalama değişim aralığı (ortalama aylık (max sıcaklık - min sıcaklık)), BIO3/İzotermallik, BIO4/ Sıcaklığın mevsimselliği, BIO8/ En nemli 3 ayın* ortalama sıcaklığı, BIO9/ En kurak 3 ayın* ortalama sıcaklığı, BIO12/ Yıllık yağış miktarı, BIO13/ En nemli ayın yağış miktarı, BIO14/ En kurak ayın yağış miktarı, BIO15/ Yağışın mevsimselliği) modellemelere dahil edilmiştir (Bystriakova vd., 2012; Ma ve Sun, 2018; Su vd., 2021). PCA sonucunda modellemelerde kullanılacak değişkenlerin türün dağılımında önemli bir rol oynayıp oynamadığı da göz önünde alınmıştır.

Kestanenin dağılışında mevsimsel yağış tutarı, kurak ve nemli dönemlerdeki sıcaklık koşulları önem arz ettiğinden modellemelerde kullanılan iklim değişkenleri anlamlıdır.

Tablo 1. Biyoiklimsel değişkenler

Değişken Kodu	Açıklama	Değişken Kodu	Açıklama
BIO1	Yıllık ortalama sıcaklık	BIO11	En soğuk 3 ayın* ortalama sıcaklığı
BIO2	Günlük ortalama değişim aralığı (ortalama aylık (max sıcaklık - min sıcaklık))	BIO12	Yıllık yağış miktarı
BIO3	İzotermallik	BIO13	En nemli ayın yağış miktarı
BIO4	Sıcaklığın mevsimselliği	BIO14	En kurak ayın yağış miktarı
BIO5	En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı	BIO15	Yağışın mevsimselliği
BIO6	En soğuk ayın en düşük sıcaklığı	BIO16	En nemli 3 ayın* yağış miktarı
BIO7	Yıllık sıcaklık değişim aralığı	BIO17	En kurak 3 ayın* yağış miktarı
BIO8	En nemli 3 ayın* ortalama sıcaklığı	BIO18	En sıcak 3 ayın* yağış miktarı
BIO9	En kurak 3 ayın* ortalama sıcaklığı	BIO19	En soğuk 3 ayın* yağış miktarı
BIO10	En sıcak 3 ayın* ortalama sıcaklığı	* Birbirini takip eden 3 ay	

3.4. Tür dağılış modellerinin oluşturulması

Tür dağılış modelleri, türlerin olası geçmiş, günümüz ve gelecekteki dağılımını tahmin etmek için farklı bakış açıları sunar. Abiyotik faktörlere odaklanan tür dağılım modelleri, türlerin evrimsel ilişkilerini ve ekolojik gereksinimleri anlamamıza yardımcı olur. En çok kullanılan tür dağılım modelleri ENFA (Ekolojik Niş Faktör Analizi), GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Prediction) ve MaxEnt (Maksimum Entropi)'tir (Su vd., 2021; Zhang vd., 2022; Hirzel vd., 2022; Li vd., 2023). Her modelin avantajları ve dezavantajları olsa da, bazı karşılaştırmalı araştırmalar, MaxEnt'in diğer modellerin çoğundan daha iyi tahmin edilebilirliğe sahip olduğunu göstermektedir (Hernandez vd., 2006; Duan vd., 2014; Koç vd., 2021). Bu çalışmada incelenen türün yayılış alanlarının gelecekteki durumu konusunda tahminlerde bulunmak üzere MaxEnt yazılımı kullanılmıştır. MaxEnt (Maximum Entropy Modelling of Species) eksik verileri esas alarak tahminler yapmak için tasarlanmıştır. MaxEnt (Maksimum Entropi) yazılımı maksimum entropi prensibine dayanmaktadır. Temel çalışma prensibi maksimum entropi dağılımının olasılığını bularak seçilen türün dağılımını hesaplamaktır (Phillips vd., 2006). Makine öğrenim yazılımı olan MaxEnt çevresel veriler ve tür dağılış verileri ile türlere ait olası uygun habitat sahalarını belirlemektedir. MaxEnt genellemeye dayanan ve esnek bir yöntemdir. Ekolojik niş modellemesi yapılacak tür için kısmen eksik veri olduğunda da türün dağılış hakkında tahmin yapılabildiğinden ve sadece tür varlık verisi ve çevresel değişkenler ile çalıştığından son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Khan vd., 2022; Zhang vd. 2022; Zhao vd., 2022).

Modeller çalıştırılırken 15 tekrarlı (replicate) çapraz doğrulama (cross-validation) tekniği kullanılmıştır (Beton, 2011; İpekdağ ve Beton, 2014; Kumar, 2012). MaxEnt modeli performans değerlendirmesinde ROC eğrisi analiz yönteminin doğruluk testi ile elde edilen AUC kullanılmıştır. MaxEnt alanın belirli bir tür için uygun olup olmadığına karar verilmesinde grid içindeki türün varlık verilerini, aynı grid içindeki farklı çevresel gradyanları temsil eden çevresel değişkenlerle birleştirir.

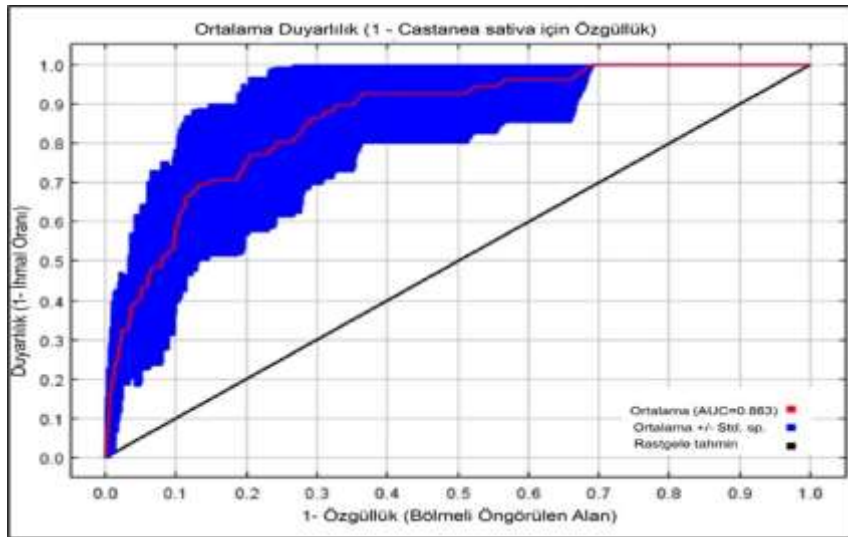
Model, 0 (en farklı) ila 1 (en benzer) ölçeğinde ortamının türün isteklerine ne kadar benzer olduğunu belirler. Bu nedenle türün potansiyel dağılımını ve olası uygun ortamlardaki dağılımın olasılığını tahmin etmek için alanda var olduğunu belirten olasılık katmanını hangi doğrulukta tahmin edebildiğini göstermektedir. ROC eğrisi ile elde edilen AUC değeri 0,5'ten düşük olduğunda model performansı kötü, 0,5 ile 0,6 arasında değiştiğinde zayıf, 0,6-0,7 orta, 0,7-0,8 iyi, 0,8-0,9 çok iyi ve 0,9-1 mükemmeldir (Swets, 1988). Model çıktısındaki değişkenlerinin katkılarının sorgulanmasında kullanılan yöntemlerden biri "jackknifedir(birini dışarıda bırak)". Bu yöntemle göre modele dâhil edilen değişkenlerin her biri modelin her bir tekrarında dışarıda bırakılarak kalan değişkenler değerlendirilir. Bir değişken dışarıda bırakıldığında toplam sonuç ne kadar düşerse dışarıda bırakılan değişken tür dağılışında o kadar önemli olacaktır.

Son olarak MaxEnt'te elde edilen modeller ArcGIS 10.5 yazılımına aktararak 0-1 arasındaki habitat uygunluk sınıfları belirlenmiştir. Elde edilen değerlerin 0-0.2 arasında olması uygun olmayan habitatı; 0.2-0.4 arasında olması kısmen uygun habitatı; 0.4-0.6 arasında olması uygun habitatı; 0.6-0.8 arasında olması yüksek uygun habitatı ve 0.8-1 arasında olması ise çok yüksek uygun habitatı temsil edecek şekilde sınıflandırma yapılmıştır (Qin vd., 2017; Koç vd., 2022)

4. Bulgular

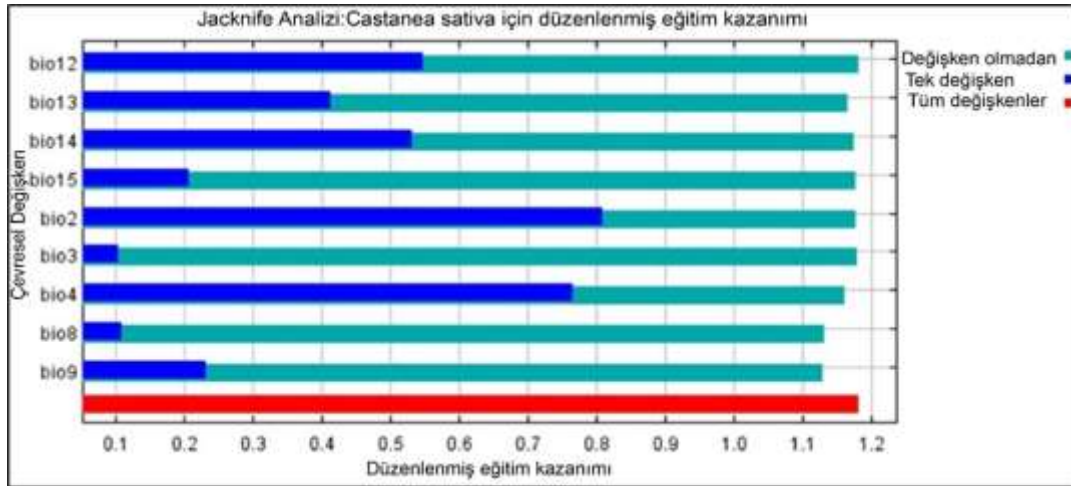
4.1. Tür Dağılış Modeli

Anadolu Kestanesi' ne ait günümüz ve gelecek (SSP2-4.5 ve SSP5-8.5) için yeterli tahmin gücüne sahip olası dağılış modelleri üretilmiştir. Modeller sonuçlarının yüksek güvenilirliğini gösteren 0.86 AUC test değeri ile mükemmel performans göstermiştir (Şekil 1).



Şekil 2. Türlerin ROC eğrisi ve AUC değeri

Kullanılan 8 biyoklimatik değişkenin yüzde katkısı model çıktılarında dahil edilmiştir (Tablo 1). Jacknife analizlerine göre (BIO2) Günlük ortalama değişim aralığı (ortalama aylık (max sıcaklık - min sıcaklık)) (%37.1), Sıcaklığın mevsimselliği (BIO4) (%32.1) ve En kurak ayın yağış miktarı (BIO14) (%9) modele en fazla katkıyı sağlar (Şekil 3). Modele en fazla katkı sağlayan değişkenler olan günlük ortalama değişim aralığı ve sıcaklığın mevsimselliği kuraklığa dayanıklı olmayan, dona karşı hassas olan ve kısmen sıcaklık isteği yüksek olan kestane için olası dağılışında önemli katkıya sahiptir.



Şekil 3. Çevresel değişkenlerin jackknife testi

4.2. Günümüz ve Gelecek tür dağılış modeli

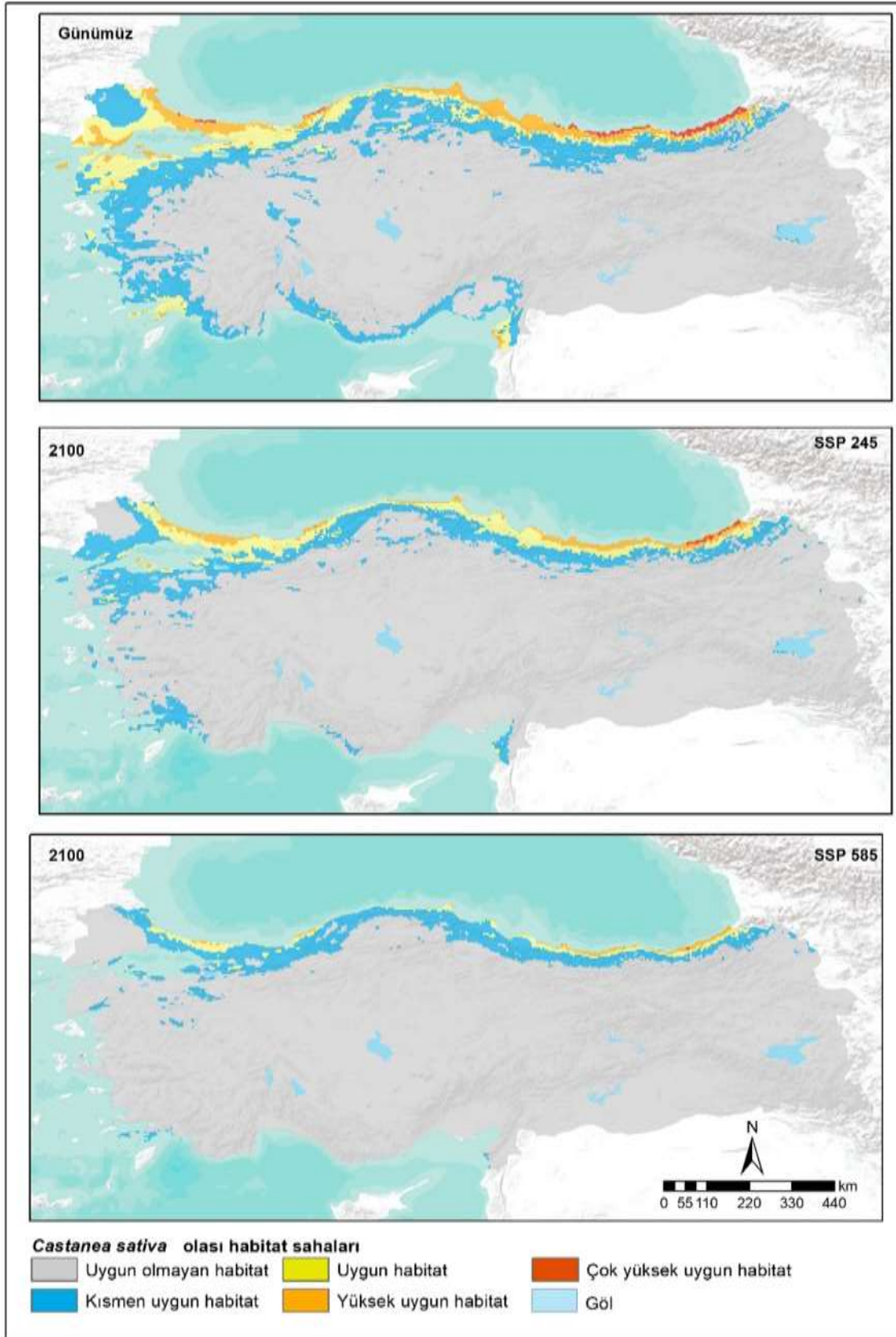
Anadolu'nun nemli sahalarında dağılış gösteren kestane, günümüz tür dağılış modellerine ait sonuçlar incelendiğinde halihazırdaki hakim dağılış alanı olan Karadeniz ve çevresi ile paralellik gösterdiği görülür. Bu sahalar Marmara Bölgesi'ndeki nemli ormanların hakim olduğu alanlar ve dağlık sahalar, Karadeniz Bölgesi'ndeki nemli orman sahaları, Ege Bölgesi'ndeki dağlık sahaların (Yamanlar Dağı, Bozdağ ve Aydın Dağları) özellikle kuzeye bakan yamaçlarıdır. Ayrıca Akdeniz Bölgesi'nde yerel olarak bazı kesimlerde yetişen kestane, en doğuda Tatvan yakınlarında varlığı saptanmıştır (Davis, 1982; Yaltırık, 1983; Duran, 2016).

Geleceğe ait üretilen senaryo sonuçlarına göre ise türün “çok yüksek uygun” ve “uygun” habitat sınıflarında azalma olacağı ön görülmektedir. Günümüzde Karadeniz çevresi ile Marmara Denizi ve çevresinde uygun habitat sahaları bulan Anadolu Kestanesi' nin gelecekte bahsedilen dağılış sahalarının bir kısmını kaybetmesi olasıdır. Analiz çıktılarına göre tüm habitat sınıflarında SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryolarında Anadolu Kestanesi için uygun dağılış alanlarının azalacağı tahmin edilmektedir. Kafkasya için yapılan benzer bir çalışmanın sonuçlarına göre SSP5-8.5 senaryosu ile yapılmış analizlerde 2071- 2100 dönemine kestane yetişmesine yüksek uygunluk gösteren sahaların %68 oranında azalacağı tahmin edilmektedir (Beridze vd., 2023).

Yapılan modellemelerdeki potansiyel dağılış alanlarına ve değişimlerine bakıldığında; “uygun olmayan” habitat sahalarının oransal dağılımının günümüzde %74.8 iken, yaklaşık 2100 yılına geldiğinde SSP2-4.5'e göre %86.6, SSP5-8.5'e göre %91.5'e çıkması beklenmektedir. Kısmen uygun habitat sahalarının oransal dağılımı günümüzde %15.5'dir ve yaklaşık 2100 yılında SSP 245'e göre %10.1, SSP5-8.5'e göre %7.1 olacaktır. “Uygun” habitat sahaları günümüzde %5.9 alan kaplarken, gelecekte SSP2-4.5'e göre %3.9, SSP5-8.5'e göre %1.2'e düşecektir. “Yüksek uygun” habitat sahaları için analiz sonucunda tespit edilen alan ise günümüzde %3.4, gelecekte SSP2-4.5'e göre %1.3 ve SSP5-8.5'e göre de %7.1'dir. Kestane gelecekte “çok yüksek uygun” habitat sahalarını ise kaybedeceği olasıdır. Türün olası dağılış sahalarının zamansal ve alansal değişimine bakıldığında uygun habitat sınıflarında daralma olacağı öngörülmektedir.

Tablo 2. Anadolu kestanesi'nin potansiyel dağılış sahalarının zamansal değişim oranları

Habitat Sınıfları	Günümüz %	SSP2-4.5 (2100) %	SSP5-8.5 (2100) %
Uygun olmayan habitat (0-0.2)	74.8	84.6	91.4
Kısmen uygun habitat (0.2-0.4)	15.5	10.1	7.1
Uygun habitat (0.4-0.6)	5.9	3.9	1.2
Yüksek uygun habitat (0.6-0.8)	3.4	1.3	0.3
Çok yüksek uygun habitat (0.8-1.0)	0.4	0.1	0.0



Şekil 4. *Castanea Sativa*'nın günümüz (a) ve SSP 245 senaryosuna göre 2100 yılı (b) ile SSP 585 senaryosuna göre 2100 yılı (c) olası dağılışları.

Anadolu'nun içinde bulunduğu Akdeniz Havzası' nda iklim koşullarındaki yoğun değişimler nedeniyle bu bölgede yaşanacak tür kayıplarının daha kuzeyde yer alan Boreal, Alp ve Atlantik bölgelerinden daha yüksek olması beklenmektedir (Ruiz-Labourdette vd., 2013). Yapılan çalışmalar sıcaklık koşullarında meydana gelen artış başta olmak üzere iklim sistemindeki değişikliğin bu şekilde devam etmesi durumunda nemli ve yarı nemli ormanların dağılış alanlarının hızla değişeceğini, tropikal bölgelerde türlerin birkaç bin km'yi bulan mesafelerde serin sığınaklara doğru kayacağını öngörmektedir (Wright, 2010). Anadolu'nun da içinde bulunduğu kuzey yarım kürede bu tür ağaçlar için uygun habitat sahalarının kuzeye doğru kayması ve güneyde yetişme alanlarının daralması beklenmektedir (Paź-Dyderska vd., 2021; Xie vd., 2022). Anadolu'nun nemli ılıman ormanların başlıca türlerinden olan kayın (*Fagus orientalis*) için yapılan çalışmanın bulgularına göre, bu türün yayılış alanının gelecekte kuzeydoğuya doğru kayması beklenmektedir (Dağtekin vd., 2020). Ülkemizde yetişen nemli-ılıman ormanlara ait bir başka tür olan dişbudağın (*Fraxinus*) SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 iklim senaryoları kullanılarak yapılan modelleme sonuçları, türün coğrafi dağılımının 2100 yılında sırasıyla %7.58 ve %6.28 oranında daralacağını göstermektedir (Varol, 2021). Ihlamur (*Tilia*) için yapılan projeksiyon çalışmalarında 2100 yılına kadar türün Türkiye'deki yetişme alanlarının %19 a varan oranda azalacağı tahmin edilmektedir (Cantürk & Kulaç, 2021). Bütün bu nem isteği görece yüksek olan diğer türler gibi Anadolu kestanesinin dağılış alanlarında da farklı iklim senaryolarına göre yapılan tahminlerde gelecekte önemli daralmalar beklenmektedir (Sarıkaya & Örucü, 2019). Kestane gibi ılıman nemli türlerin kuzeye kaymasıyla yerlerine kuraklık koşullarına daha dayanıklı olan her dem yeşil, iğne yapraklı ağaç topluluklarının yayılacağı öngörülmektedir (Ruiz-Labourdette vd., 2013).

5. Sonuçlar

Bu çalışmada belirli kabullere dayanarak yapılan analizler ve elde edilen sonuçlar olası sonuçlardır. Sonuçların doğruluğunu test etmek amacıyla bazı istatistiki işlemler yapılmış ve literatürden faydalanılmıştır.

Günümüz için yapılan analiz sonuçlarına göre Anadolu Kestanesi' nin dağılışına en yüksek uygunluktaki sahalar (çok yüksek uygun) türün iklim (sıcaklık-nem) isteğiyle paralel olarak Doğu Karadeniz bölümünün denize bakan kuzey kıyılarıdır. Doğu Karadeniz dışındaki bütün Karadeniz kıyıları "yüksek uygun" ve "uygun" habitat sahalarını oluşturmaktadır. Marmara Denizi kıyıları da tür için "uygun" habitat sahalarını oluşturmaktadır. Güneye doğru indikçe sıcaklık koşullarının artmasına bağlı olarak uygunluk dereceleri düşmekle birlikte Ege ve Akdeniz kıyılarının tür için "kısmen uygun" habitatları oluşturmakta olduğu analiz çıktılarından anlaşılmaktadır (Şekil 4). Dolayısıyla türün günümüz dağılışına ait analiz sonuçları ile mevcut yetişme alanları (Davis, 1982; Yaltrık, 1983; Duran, 2016) ile uyum sağlamaktadır.

Kestanenin çalışma sahasındaki 2100 yılı dağılış tahmin sonuçlarına göre sadece türün yetişmesine uygun olmayan alanlar genişleyecek, diğer uygunluk sınıflarındaki alanlar ise daralacaktır (Tablo 2). Yapılan analiz sonuçları senaryo ve sınıf bazında incelendiğinde şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

- Türün yetişmesine "uygun olmayan" alanların kapladığı alanın SSP2-4.5 senaryosuna göre %12, SSP5-8.5 senaryosuna göre ise % 22.2 oranında artış göstereceği,
- Tür için "kısmen uygun" olan alanların SSP2-4.5 senaryosuna göre %34.8, SSP5-8.5 senaryosuna göre ise % 54.2 oranında küçüleceği,
- "Uygun" alanların SSP2-4.5 senaryosuna göre %33.9, SSP5-8.5 senaryosuna göre ise % 79.7 oranında azalacağı,
- "Yüksek uygun" alanların SSP2-4.5 senaryosuna göre %61.8, SSP5-8.5 senaryosuna göre ise %91.2 oranında daralacağı,
- "Çok yüksek uygun" alanların SSP2-4.5 senaryosuna göre %75 oranında daralacağı, SSP5-8.5 senaryosuna göre ise çok büyük bir kısmının ortadan kalkacağı tahmin edilmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre günümüz dağılış alanları ile kıyaslandığında kestanenin dağılışında en büyük farklılaşma "çok yüksek uygun" habitat alanlarında gerçekleşmesi beklenmektedir.

Analizlere göre genişlemesi beklenen tek uygunluk sınıfı olan “uygun olmayan” sahalardaki değişimin oranı (SSP2-4.5 %12- SSP5-8.5 %22.2), diğer bütün sınıflar içerisinde en küçük değişim oranına sahiptir. Genel olarak toparlamak gerekirse 2100 yılında kötümser senaryoya göre uygun olmayan alanlar genişleyecek, diğer bütün uygunluk sınıflarındaki alanlar ise %50'nin üzerinde bir oranla daralacaktır. Buna göre muhtemel iklim değişikliklerinin kestanesinin Anadolu'daki dağılışı için olumsuz etki yapacağı söylenebilir.

Teşekkür

Çalışmanın planlanmasından basımına kadar benden desteklerini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan saygıdeğer hocam Doç. Dr. Cercis İkiel ile çalışma arkadaşlarım Doç. Dr. Beyza Ustaoglu ve Doç. Dr. Derya E. Koç'a teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

- 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.
- Atalay, İ. (1994). Türkiye Vegetasyon Coğrafyası, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.
- Avcı, M. (2012). Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye' nin bitki örtüsü. *Coğrafya Dergisi*, 13, 27-55.
- Bahadır, M. & Emet, K. (2010). Türkiye'de ana iklim tiplerini karakterize eden belli başlı ağaç türlerinin CBS ile analizi. *TUBAV Bilim Dergisi*, 3, 1, 94- 105.
- Barstow, M. & Khela, S. (2018). *Castanea sativa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T202948A67740523. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T202948A67740523.en>.
- Baylan, K. A., & Ustaoglu, B. (2020). Emberger biyoiklim sınıflandırmasına göre Türkiye'de Akdeniz biyoiklim katlarının ve alt tiplerinin dağılışı. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(3), 158-174.
- Beale, C.M. & Lennon, J.J. (2012). Incorporating uncertainty in predictive species distribution modelling. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 367: 247–258. doi:10.1098/rstb.2011.0178247
- Beaumont, L.J., Hughes, L. & Pitman, A. J. (2008). Why is the choice of future climate scenarios for species distribution modelling important? *Ecology Letters*, 11(11): 1135-1146.
- Beridze, B., Sekiewicz, K., Walas, Ł., Thomas, P. A., Danelia, I., Fazaliyev, V., ... & Dering, M. (2023). Biodiversity protection against anthropogenic climate change: Conservation prioritization of *Castanea sativa* in the South Caucasus based on genetic and ecological metrics. *Ecology and Evolution*, 13(5), e10068.
- 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.
- Bystriakova, N., Peregrym, M., Erkens, R. H., Bezmertna, 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.
- Canturk, U., & Kulaç, Ş. (2021). The effects of climate change scenarios on *Tilia* ssp. in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(12), 771.
- Conedera, M., Krebs, P., Gehring, E., Wunder, J., Hülsmann, L., Abegg, M., & Maringer, J. (2021). How future-proof is Sweet chestnut (*Castanea sativa*) in a global change context?. *Forest Ecology and Management*, 494, 119320.
- 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.
- Davis, P. H. (1982). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 10. Edinburgh University Press, Edinburgh.

- Dönmez, Y., & Aydınöz, D. (2012). Bitki özellikleri açısından Türkiye. *Coğrafya Dergisi*, 1(24), 1-17.
- 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
- Duran, C. (2016). Bartın-Sinop illeri arası (Türkiye'nin kuzeyi) alandaki kestane (*Castanea sativa* Mill.) ormanlarının dağılışı. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016 /Ankara
- Erlat, E., & Öngen, K. (2008). Türkiye'de don olaylı gün sayılarının başlama ve sona erme tarihlerinde gözlenen eğilim ve değişiklikler, V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 16(17), 331-338.
- 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.
- EFDAC (2015) European Forest Data Centre. Species Distribution. Available at: <http://forest.jrc.ec.europa.eu/download/data/species-distribution/>.
- Engler, R., Randin, C. F., Thuiller, W., Dullinger, S., Zimmermann, N. E., Araújo, M. B., ... and Guisan, A. (2011). 21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe. *Global change biology*, 17(7): 2330-2341.
- Gábor, L. Jetz, W., Lu, M., Rocchini, D., Cord, A., Malavasi, M., Zarzo-Arias, A., Barták, V. & Moudrý, V. (2022). Positional errors in species distribution modelling are not overcome by the coarser grains of analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(10):2289-2302.
- Gupta, R., Sharma, L.K., Rajkumar, M. et al. (2023). Predicting habitat suitability of *Litsea glutinosa*: a declining tree species, under the current and future climate change scenarios in India. *Landscape Ecol Eng.* <https://doi.org/10.1007/s11355-023-00537-x>
- Günel, N. (2013). Türkiye'de İklimin Doğal Bitki Örtüsü Üzerindeki Etkileri. *ACTA TURCICA*, V,1.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., and Başer, K. H. C. (2001). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 11. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Güner, A. (2012). *Castanea*. Şu sitede: Bizimbitkiler (2013). <<http://www.bizimbitkiler.org.tr>>, [er. tar.: 20 08 2023].
- Hernandez, P.A., Graham, C.H., Master, L.L. & Albert, D.L. (2006). The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29(5), 773-785.
- Hirzel, A., & Guisan, A. (2002). Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. *Ecological modelling*, 157(2-3), 331-341.
- Huntley, B., Birks, H.J.B., (1983). *An Atlas of Past and Present Pollen Maps for Europe: 0-13000 Years Ago*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- İçel, G. & Ataoğlu, M. (2014). Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklıklar ile yağışlarda eğilimler ve NAO arasındaki ilişkileri (1975-2009). *Coğrafya Dergisi*, 28, 55-68.
- 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.
- Kargoğlu, M., Ceneci, S., Serteser, A., Evliyaoğlu, N., Konuk, M., Kök, M.Ş., Bağcı, Y. (2008). An Ethnobotanical Survey of Inner-West Anatolia, Turkey. *Hum Ecol.*, 36, 763-777. <https://doi.org/10.1007/s10745-008-9198-x>.
- Ketin, İ. (1966). Anadolu'nun Tektonik Birlikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 66: 20-37.
- Khan, A. M., Li, Q., Saqib, Z., Khan, N., Habib, T., Khalid, N., ... & Tariq, A. (2022). MaxEnt modelling and impact of climate change on habitat suitability variations of economically important Chilgoza Pine (*Pinus gerardiana* Wall.) in South Asia. *Forests*, 13(5), 715.
- Koç, D. E., Bilekin, 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.
- Koç, D. E., Dalfes, H. N., & Meral, A. (2022). Anadolu'da Konifer Ağaçlarının Yayılış Alanlarındaki Değişimler. *Coğrafya Dergisi*, (44), 81-95.

- Koc, D. E., Svenning, J. C., & Meral, A. (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.
- 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.
- Krebs, P., Conedera, M., Pradella, M., Torriani, D., Felber, M., Tinner, W. (2004). Quaternary refugia of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.): an extended palynological approach. *Veg. Hist. Archaeobotany*, 13, 145–160. <http://dx.doi.org/10.1007/s00334-004-0041-z>
- Loarie, S. R., Carter, B. E., Hayhoe, K., McMahon, S., Moe, R., Knight, C. A. & Ackerly, D. D. (2008). Climate change and the future of California's endemic flora. *PloS one*, 3(6): e2502.
- Li, S., Wang, Z., Zhu, Z., Tao, Y. & Xiang, J. (2023). Predicting the potential suitable distribution area of *Emeia pseudosauteri* in Zhejiang Province based on the MaxEnt model. *Sci Rep*, 13, 1806 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29009-w>
- 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.
- Marmion, M., Parviainen, M., Luoto, M., Heikkinen, R.K. & Thuiller, W. (2008). Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and Distribution*, 15(1): 59-69.
- Mattioni, C., Martin, M.A., Pollegioni, P., Cherubini, M., Villani, F. (2013). Microsatellite markers reveal a strong geographical structure in European populations of *Castanea sativa* (Fagaceae): evidence for multiple glacial refugia. *Am. J. Bot.*, 100, 951–961. <http://dx.doi.org/10.3732/ajb.1200194>.
- Osborne, C. P., Chuine, I., Viner, D., & Woodward, F. I. (2000). Olive phenology as a sensitive indicator of future climatic warming in the Mediterranean. *Plant, Cell & Environment*, 23(7), 701-710.
- Paż-Dyderska, S., Jagodziński, A. M., & Dyderski, M. K. (2021). Possible changes in spatial distribution of walnut (*Juglans regia* L.) in Europe under warming climate. *Regional Environmental Change*, 21(1), 18. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01745-z>
- Pitelka, L. F., & Plant Migration Workshop Group. (1997). Plant migration and climate change: a more realistic portrait of plant migration is essential to predicting biological responses to global warming in a world drastically altered by human activity. *American Scientist*, 464-473.
- 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.
- Roces-Díaz, J. V., Jiménez-Alfaro, B., Chytrý, M., Díaz-Varela, E. R., & Álvarez-Álvarez, P. (2018). Glacial refugia and mid-Holocene expansion delineate the current distribution of *Castanea sativa* in Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 491, 152-160.
- Ruiz-Labourdette, D., Schmitz, M. F., & Pineda, F. D. (2013). Changes in tree species composition in Mediterranean mountains under climate change: Indicators for conservation planning. *Ecological Indicators*, 24, 310-323.
- Sargın, S.A. & Büyükcengiz, M. (2019). Plants used in ethnomedicinal practices in Gülnar District of Mersin, Turkey. *J. Herbal Med.*, 15, 100224.
- Sarıkaya, A.G. & Örüçü, Ö.K. (2019). Prediction of potential and future distribution areas of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* mill.) by using Maximum entropy (maxent) modelling depending on climate change in Turkey. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*, 9 (4), 699-708. <https://doi.org/10.31407/ijeec>

- Su, P., Zhang, A., Wang, R., Wang, J. A., Gao, Y., & Liu, F. (2021). Prediction of future natural suitable areas for rice under Representative Concentration Pathways (RCPs). *Sustainability*, 13(3), 1580.
- Swets, J. A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240(4857), 1285-1293.
- Tanoğlu, A. (1947). Türkiye'nin İrtifa Kuşakları. *Türk Coğrafya Dergisi*, IX-X, 37-63.
- Toledo M, Poorter L, Peña-Claros M, Alarcón A, Balcázar J, Leño C, Licona JC, Llanque O, Vroomans V, Zuidema P, Bongers F (2011) Climate is a stronger driver of tree and forest growth rates than soil and disturbance. *Journal of Ecology* 99(1): 254–264. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01741.x>
- Topal, S., Keller, E., Bufo, A. & Koçyiğit, A. (2016). Tectonic geomorphology of a large normal fault: Akşehir fault, SW Turkey. *Geomorphology*, 259: 55-69.
- Türkeş, M. (1998). Influence Of Geopotential Heights, Cyclone Frequency and Southern Oscillation On Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 18: 649– 680.
- Türkeş, M. (1999). Vulnerability of Turkey to Desertification With Respect to Precipitation and Aridity Conditions. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*. Tübitak, Ankara
- Türkeş, M. (2021). Türkiye'nin su iklimi, iklim değişikliği ve 2019-2020 kuraklığı. *EKOIQ*, 92, 90-97.
- Türkoğlu, N., Çiçek, İ., & Şensoy, S. (2012). Türkiye'de iklim değişikliğinin meyve ağaçları ve tarla bitkilerinin fenolojik dönemlerine etkileri. *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu Kitabı*, Ankara, 60-71.
- Ustaoglu, B., Tunçat, K. A., & Koç, D. E. (2023). Impacts of Climate Change on Precipitation and Temperature Climatology in Türkiye from Present to Future Perspective. In *Urban Commons, Future Smart Cities and Sustainability* (pp. 403-426). Cham: Springer International Publishing.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2021). Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 491, 119199.
- Williams, J.N., Seo, C., Thorne, J., Nelson, J.K., Erwin, S., O'Brien, J.M., & Mark W. Schwartz (2009). Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Diversity and Distribution*, 15(4):565-576.
- Wisz, M.S, Pottier, J., Kissling, W.D., Pellissier, L., Lenoir, J., Damgaard, C.F., Dormann, C.F., Forchhammer, M.D., Grytnes, J.A., Guisan, A., Heikkinen, R.K., Høye, T.T., Kühn, I., Luoto, M., Maiorano, L., Nilsson, M.C., Normand, S., Öckinger, E., Schmidt, N.M., Termansen, M., Timmermann, A., Wardle, D.A., Aastrup, P. & Svenning, J.C (2013). The role of biotic interactions in shaping distributions and realised assemblages of species: implications for species distribution modelling. *Biological Reviews*, 88(1):15-30
- Wright, S. J. (2010). The future of tropical forests. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1195(1), 1-27.
- Xie, C., Tian, E., Jim, C. Y., Liu, D., & Hu, Z. (2022). Effects of climate-change scenarios on the distribution patterns of *Castanea henryi*. *Ecology and Evolution*, 12(12), e9597.
- Yaltrık, F. (1993). *Dendroloji Ders Kitabı II*. İ.Ü. Orman Fak. Yayınları, İ.Ü. Yayın No:3767, O.F. Yayın No:420, İstanbul.
- Yılmaz, E., & Çiçek, İ. (2018). (Türkiye'nin detaylandırılmış Köppen-Geiger iklim bölgeleri) Detailed Köppen-Geiger Climate Regions of Turkey. *International Journal of Human Sciences*, ISSN, 2458-9489.
- Zhang, L., Zhu, L., Li, Y., Zhu, W., & Chen, Y. (2022). Maxent modelling predicts a shift in suitable habitats of a subtropical evergreen tree (*Cyclobalanopsis glauca* (Thunberg) Oersted) under climate change scenarios in China. *Forests*, 13(1), 126.

Atalay Dutucu, A. (2023). Anadolu Kestanesi' nin (*Castanea sativa*) Anadolu'daki günümüz ve gelecek (2100) olası dağılışının modellenmesi. *Journal of Human Sciences*, 20(4), 446-460. doi:[10.14687/jhs.v20i4.6405](https://doi.org/10.14687/jhs.v20i4.6405)

Zhao, Z., Xiao, N., Shen, M., & Li, J. (2022). Comparison between optimized MaxEnt and random forest modeling in predicting potential distribution: A case study with *Quasipaa boulengeri* in China. *Science of the Total Environment*, 842, 156867.

Zimmermann, N.E., Edwards, T.C., Graham, C.H., Pearman, P.B. & Svenning, J.C (2010). New trends in species distribution modelling. *Ecography*, 33(6):985-989.

URL 1: <https://mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2022-yagis.pdf> (ER.T. 201/08/2023).

URL 2: <https://mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2022-ortalama-sicaklik.pdf> (ER.T. 201/08/2023).

Extended English Summary

Climate is a factor that closely controls the forming of the geographical environment and human life. One of the most obvious reflections of this effect is seen on biodiversity. Especially plants are among the most fragile species that will be affected by the changes that may occur in climatic conditions. It is expected that some plant species will disappear by not adapting to the changing climatic conditions, while the distribution areas of many plant species will narrow and the number of individuals within the species will decrease. Species distribution models are widely used to evaluate the potential effects of climate change on plant distributions, and there are many publications on species distribution models in different scopes. The study area, Anatolia, is in the Mediterranean Basin, one of the areas where the effects of changes in the climate are felt most clearly. While some of the species that could not adapt to the changing climatic conditions during the ice ages in the Quaternary disappeared, Anatolia served as a shelter for many of these species. Approximately 1/3 of the plants in Turkey, which is home to approximately 10,000 plant species belonging to different taxa, are endemic species. Since Anatolian chestnut (*Castanea sativa*) is not resistant to drought, it is at risk of being adversely affected by climate change and shrinking suitable habitat areas in some areas such as Anatolia where temperature and drought values tend to increase. The aim of this study is to determine the current and future potential distribution areas of Anatolian Chestnut in Anatolia. Chestnut, which is one of the dominant species of moist forests in Anatolia, grows in large communities in semi-humid forests at the lower levels of Uludağ and Samanlı Mountains in the Marmara Region, in the Black Sea coastal region, on the north-facing slopes of Yamanlar Mountain, Bozdağlar and Aydın Mountains in the Aegean Region. Anatolian chestnut, a species of the Euro-Siberian flora region, is a member of the *Fagaceae* family. It is the only chestnut species grown in Anatolia. Anatolian chestnut, which grows in humid-temperate regions, has high temperature and humidity requirements, and moderate light demand. Although it can withstand low temperatures in winter, chestnut, which is a frost sensitive species, is also affected by summer drought. Summer drought is an important limiting factor for the distribution areas of the species. Current distribution data of the Anatolian chestnut in Anatolia and its surroundings (69 records) are available from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) (<https://www.gbif.org/occurrence/download/0295740-200613084148143> and EUFORGEN (<https://www.euforgen.org/species/castanea-sativa/>) databases and the relevant section of "Flora of Turkey and the East Aegean Islands" (Davis et al. 1982). When using the distribution data of the selected species in Anatolia and its surroundings, attention was paid to have a homogeneous distribution, not close to each other. In this study, climate data was used to produce species distribution models. Climate data with 2.5 arc-minutes/~5 km resolution covering the period 1970-2000, available from the WorldClim 2.1 database (<https://www.worldclim.org/data/index.html>) were used to identify suitable current habitat areas for the species. MIROC6 model with 2.5 arc-minutes/~5 km resolution for determining suitable future habitat areas, Common Socio-Economic (SSP) SSP2-4.5, SSP5-8.5 scenarios included in IPCC 6th Report and WorldClim 2.1 database covering the period 2081-2100 climate projection data applied. Climate, which is one of the

environmental factors in the distribution of Anatolian chestnut in Anatolia, is the most important factor affecting the vegetation. Therefore, other environmental factors such as topography and soil were not included in the models. In this study, 19 bioclimate variables from the WordClim database were used. Pearson Correlation test was performed within the scope of PCA analysis to create a model with better performance and to understand the relationships between 19 bioclimatic data. Data showing a high correlation with each other because of the test were excluded from the model, and bioclimatic data (BIO2, BIO3, BIO8, BIO9, BIO12, BIO13, BIO14, BIO15) with a Pearson correlation coefficient lower than 0.85, which were not collinear with each other, were included in the models. According to the results of the analysis made for today, the areas most suitable for the distribution of the Anatolian chestnut (very high suitable) are the northern coasts of the Eastern Black Sea region facing the sea, in parallel with the climate (temperature-humidity) demand of the species. According to the results of the 2100 distribution estimation results of the chestnut in the study area, only the areas that are not suitable for the cultivation of the species will expand, and the areas in other suitability classes will shrink. According to the results obtained, when compared to today's distribution areas, the greatest variation in the distribution of chestnut will occur in "very high suitable" habitat areas. According to the analysis, the rate of change in the "non-compliant" sites, which is the only suitability class to expand (SSP2-4.5 12% - SSP5-8.5 22.2%), has the smallest change rate among all other classes. In general, in 2100, according to the pessimistic scenario, unsuitable areas will expand, while areas in all other suitability classes will shrink by more than 50%. Accordingly, it can be said that possible climate changes will have a negative effect on the distribution of chestnut in Anatolia.