

## İklim Değişikliği Koşullarında *Quercus alnifolia*'nın Mevcut ve Gelecekteki Potansiyel Dağılımı

### Current and Future Potential Distribution of *Quercus alnifolia* under Climate Change Conditions

Nazlı ÖĞÜT<sup>1\*</sup>, Musa Denizhan ULUSAN<sup>2</sup>, Özdemir ŞENTÜRK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Toprak ilmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Isparta

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Genel Sekreterlik, Isparta

<sup>3</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, Ormancılık ve Orman Ürünleri Programı, Burdur

#### Eser bilgisi/Article info

Araştırma makalesi/Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1928793

\*Sorumlu yazar/Corresponding author

Nazlı ÖĞÜT

e-mail: nazliogut@isparta.edu.tr

Gönderilme tarihi/Submission date

13.04.2026

Kabul tarihi/Acceptance date

07.07.2026

Yayınlanma tarihi/Publication date

10.08.2026

#### Anahtar kelimeler:

Altın meşe

Ekosistem yönetimi

Mikrorefüj alanlar

İklim değişikliği

#### Keywords:

Golden oak

Ecosystem management

Micro-refuge

Climate change

#### Öz

Bu çalışmada, Kıbrıs Adası'na özgü endemik bir tür olan *Quercus alnifolia* Poech.'nin mevcut ve gelecekteki potansiyel dağılım alanları tür dağılım modelleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Tür varlık verileri GBIF veri tabanından elde edilmiş, mevcut ve gelecek iklim koşulları altında (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5) dağılım tahminleri Maksimum Entropi yöntemi ile modellenmiştir. Model sonuçlarına göre türün dağılımını belirleyen başlıca çevresel değişkenlerin denizden uzaklık, engebililik indeksi, yıllık sıcaklık aralığı ve topoğrafik pozisyon indeksi olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, *Quercus alnifolia*'nın yüksek uygunluk gösterdiği alanların özellikle Trodos Dağları boyunca yoğunlaştığını ve bu alanların farklı iklim senaryoları altında büyük ölçüde varlığını koruduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte, gelecek izdüşümü türün potansiyel dağılımının daha parçalı ve izole alanlara yönelme eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, topoğrafik heterojenliğin yüksek olduğu mikrorefüj alanların türün iklim değişikliğine karşı dayanıklılığında kritik rol oynayabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, çalışma bulguları, *Quercus alnifolia* için iklim değişikliğine karşı dirençli çekirdek habitatların belirlenmesine katkı sağlamakta ve mikrorefüj alanların korunmasının türün uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından öncelikli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, ada ekosistemlerinde endemik türlerin korunmasına yönelik planlama ve yönetim stratejilerine bilimsel bir temel sunmaktadır.

#### Abstract

In this study, the current and future potential distribution areas of *Quercus alnifolia* Poech., an endemic species native to the island of Cyprus, were assessed using species distribution models. Species occurrence data were obtained from the GBIF database, and distribution predictions under current and future climate conditions (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5) were modelled using the Maximum Entropy method. According to the model results, the primary environmental variables determining the species' distribution were identified as distance to sea, ruggedness index, temperature annual range and topographic position index. The findings reveal that areas where *Quercus alnifolia* exhibits high suitability are particularly concentrated along the Troodos Mountains and that these areas largely persist under different climate scenarios. However, future projections indicate that the species' potential distribution is likely to become more fragmented and tend towards isolated patches. This suggests that micro-refuge areas with high topographic heterogeneity may play a critical role in the species' resilience to climate change. Consequently, the study's findings contribute to the identification of climate-resilient core habitats for *Quercus alnifolia* and highlight that the conservation of micro-refuge areas is a priority for the species' long-term sustainability. This approach provides insights for planning and management strategies aimed at the conservation of endemic species in island ecosystems.

## GİRİŞ

*Quercus* L. (meşe) cinsi, Fagaceae familyasına ait olup herdem yeşil veya yaprak döken ağaç ve çalı formundaki türleri kapsamaktadır. Yaklaşık 450–500 tür içeren bu cins, özellikle Kuzey Yarımküre ekosistemlerinde geniş bir yayılım göstermekte olup orman ekosistemlerinin yapısal ve işlevsel organizasyonunda önemli rol oynamaktadır (Pang vd., 2019; Plomion vd., 2016). Morfolojik ve filogenetik karakterlere dayalı sınıflandırmalara göre *Quercus* cinsi iki ana alt cinse (subg. *Quercus* ve subg. *Cerris*) ayrılmakta olup bu alt cinsler çeşitli seksiyonları içermektedir (Denk vd., 2017).

Akdeniz Havzası'nda yayılış gösteren sert yapraklı meşe türleri büyük ölçüde subg. Cerris kapsamında değerlendirilen *Ilex* grubu içerisinde yer almaktadır (Blondel ve Aronson, 1999). Bu grup, Akdeniz Havzası'nda iki dar yayılışlı endemik tür (*Quercus alnifolia* Poech. ve *Quercus aucheri* Jaub. et Spach.) ile iki geniş yayılışlı tür (*Quercus ilex* L. ve *Quercus coccifera* L.) olmak üzere toplam dört türle temsil edilmektedir (Vitelli vd., 2017). Bu türler arasında bulunan *Quercus alnifolia* Poech., Doğu Akdeniz'e özgü sınırlı dağılım alanına sahip endemik bir taksondur. Türün taksonomik konumu geçmişte Cerris seksiyonu içerisinde değerlendirilmiş olmakla birlikte (Schwarz, 1936; Camus, 1938), daha sonraki taksonomik ve filogenetik çalışmalar *Quercus alnifolia*'nın *Ilex* grubu ile daha yakın filogenetik ilişki içerisinde olduğunu ortaya koymuştur (Denk vd., 2017; Menickij, 1984).

*Quercus alnifolia* (Golden oak), Kıbrıs Adası'na özgü endemik bir tür olup Trodos Dağları'nın ofiyolit kompleksine ait ultrabazik topraklarında doğal yayılış göstermektedir (Constantinou ve Panitsa, 2022). Tür 400–1800 m yükselti aralığında dağılım göstermekle birlikte, saf popülasyonlarına daha çok 1400–1600 m yükselti kuşağında rastlanmaktadır (Neophytou vd., 2007). Kurak habitat koşullarında *Pinus brutia* ile birlikte görülebilen *Quercus alnifolia*, daha nemli ve derin profilli orman topraklarında ise yoğun maki formasyonları ya da saf meşcereler oluşturabilmektedir (Meikle, 1977; Barbéro ve Quézel, 1979).

Türün Kıbrıs Adası'nda toplam yayılış alanı yaklaşık 23700 ha olduğu bilinmektedir (Esser, 1996). Bu sınırlı coğrafi dağılıma rağmen tür, Kıbrıs ekosistemlerinde önemli ekolojik işlevler üstlenmektedir (Constantinou ve Panitsa, 2022). Özellikle dik ve kayalık yamaçlarda gelişerek toprak stabilizasyonuna katkı sağlamakta ve erozyon süreçlerinin sınırlandırılmasında rol oynamaktadır (Rivas-Martínez, 2005; Sotiriou, 2010; Loizides, 2011). Bunun yanı sıra meyveleri, bölgedeki fauna ve mikrofauna türleri için önemli bir besin kaynağı teşkil etmektedir (European Commission, 2007; Petrou vd., 2015). Tür, ekolojik önemi ve sınırlı yayılış alanı dikkate alınarak 2015 yılında IUCN Tehdit Altındaki Türler Kırmızı Listesi'nde "En Az Endişe Verici (LC)" kategorisinde değerlendirilmiştir (IUCN, 2015; Gorener ve Beech, 2017). Ayrıca, ulusal orman mevzuatı ile Avrupa Birliği'nin 92/43/EEC sayılı Habitat Direktifi kapsamında yasal koruma altındadır (Anagiotos vd., 2012).

Kıbrıs Adası'nın Akdeniz Havzası Biyoçeşitlilik Sıcak Noktası içerisinde yer alması ve yüksek endemizm oranıyla karakterize edilmesi (Myers vd., 2000; Şekerciler ve Ketenoğlu, 2019), *Quercus alnifolia* topluluklarının korunmasını ekolojik açıdan daha da kritik hale getirmektedir. Bununla birlikte, diğer biyolojik çeşitlilik sıcak noktalarında olduğu gibi Kıbrıs da insan kaynaklı küresel iklim ve çevresel değişimler, istilacı yabancı türler (Hadjisterkotis ve Heise-Pavlov, 2006; Hadjikyriakou ve Hadjisterkotis, 2006), orman yangınları (Öğüt, 2026) ve yaban hayatının hatalı yönetimi gibi çeşitli baskılarla karşı karşıyadır (Arruga vd., 2007, Hadjisterkotis, 2000; 2001). Bu tehditler karşısında orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi, bilimsel temelli ve bütüncül koruma stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede mikrorefüjler, iklim değişkenliğinin etkilerini yerel ölçekte tamponlayarak bu değişimlerin yol açtığı yok olma süreçlerini yavaşlatma potansiyeline sahip alanlar olarak tanımlanmaktadır (Morelli vd., 2020; Keppel ve Wardell-Johnson, 2015; Hannah vd., 2014). Bir alanın mikrorefüj işlevi görebilme kapasitesi ise topografik özellikler, özellikle heterojen arazi yapıları ile bitki örtüsünün yapısal özellikleri arasındaki etkileşim tarafından belirlenmektedir (Lenoir vd., 2017). Bu alanlar, mevcut iklim koşullarının yaşanamaz hale gelmesi durumunda popülasyonların geri çekilebildiği ve koşullar yeniden elverişli olduğunda tekrar yayılabildiği kritik habitatlar olarak öne çıkmaktadır (Stewart vd., 2010; Dobrowski, 2011; Keppel vd., 2012). Bu bağlamda, türlerin dağılımını belirleyen ekolojik faktörlerin ayrıntılı biçimde ortaya konulması kritik bir aşama olarak değerlendirilmektedir. Bu doğrultuda, bitki türlerinin mekânsal dağılımlarını analiz etmeye yönelik tür dağılım modelleri önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır (Mert ve Acarer, 2025). Tür dağılım modelleri, türlerin çevresel değişkenlerle olan ilişkilerini nicel düzeyde analiz ederek uygun habitat koşullarını ve ekolojik niş özelliklerini yüksek doğrulukla tahmin edebilmekte ve yöneticilere planlı, öngörülebilir ve bilimsel temellere dayanan uygulama imkânı sunmaktadır (Guisan ve Zimmermann, 2000; Guisan vd., 2013; Wang vd., 2025).

Bu bilgiler ışığında, Kıbrıs Adası'na özgü ve sınırlı coğrafi dağılıma sahip endemik bir tür olan *Quercus alnifolia*'nın mevcut ve geleceğe yönelik uygun potansiyel yetiştirme ortamlarının tür dağılım modeli aracılığıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen modelleme ve haritalama sonuçlarının türün korunması ve sürdürülebilir yönetimine yönelik uygulayıcılara bilimsel temelli karar verme süreçlerinde yön göstermesi düşünülmüştür.

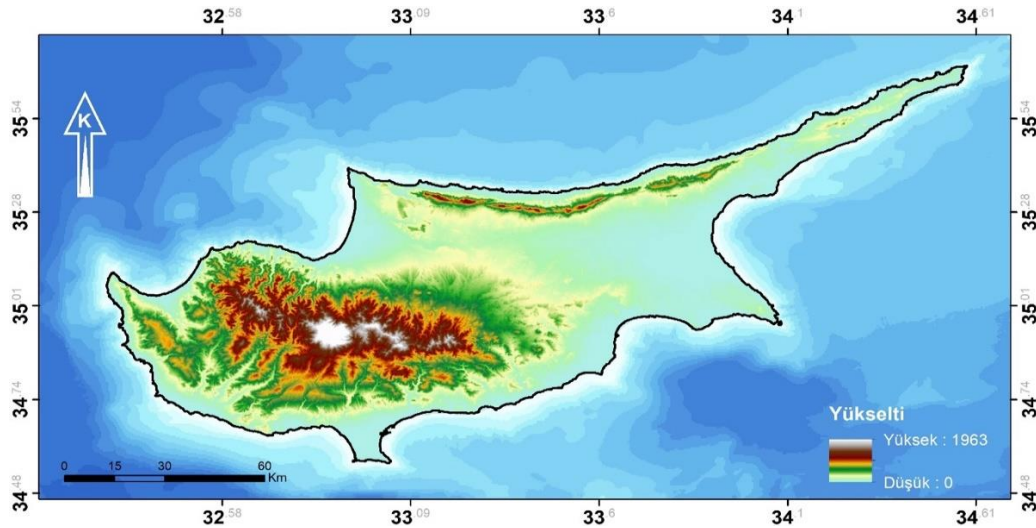
## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Akdeniz adaları, yüksek endemizm düzeyleri ve tür zenginlikleri nedeniyle küresel ölçekte önemli biyolojik çeşitlilik merkezleri arasında yer almaktadır (Médail ve Myers, 2004; Médail, 2017). Bu adalar grubunun bir parçası olan Kıbrıs Adası, kuş (Iezekiel vd., 2004; Hellicar vd., 2014) memeli (Hadjisterkotis ve Vigne, 2006; Hardouin vd., 2024), böcek (Özden ve Hodgson, 2013; Sparrow ve John, 2016) ve bitki gruplarında gözlenen yüksek endemizm oranları ile biyoçeşitlilik sıcak noktası (hotspot) içerisinde bulunmaktadır (Myers vd., 2000). Kıbrıs florası verilerine göre adada 1649 yerli tür ve alt tür bulunmakta olup bunların 146'sı endemiktir (Hand vd., 2011). Son çalışmalarda ise "Kırmızı Veri Kitabı" (Tsintides vd., 2007) temel alınarak çeşitli araştırmacılar tarafından flora verileri güncellenmiş ve son revizyonlarla birlikte 263 tehdit altındaki tür ve alt tür tanımlanmıştır (Hadjikyriakou, 2017; Christodoulou vd., 2018a; 2018b; Christodoulou ve Buttler, 2018; Hadjikyriakou, 2018; Christodoulou vd., 2020; Erben vd., 2022).

Ada da Akdeniz ikliminin genel özellikleri görülmekle birlikte, Mesaoria Ovası'ndaki yarı kurak ve sıcak iklim tipinden Trodos Dağları'nın yüksek kesimlerindeki serin ve nemli koşullara kadar geniş iklim koşullarına sahiptir (Pantelas, 1991). Bu ekolojik heterojenlik ile adanın jeomorfolojik yapısı, Avrupa, Afrika ve Asya kıtalarının kesişim noktasında yer alması (Meikle, 1977; 1985; Hadjikyriakou, 1997; Pantelas vd., 1993; 1997), iğne yapraklı ormanlar, maki ve garik gibi farklı ekosistemlerin oluşmasını sağlarken, yüksek oranda endemik tür barındıran ekosistemlerin gelişmesine sebep olmuştur (Hadjikyriakou, 1997; Pantelas vd., 1993; 1997; Tsintides vd., 2002; Makris, 2003). Bu çalışmada, doğal yayılışı büyük ölçüde Trodos Dağları ile sınırlı, Kıbrıs Adası'na özgü endemik *Quercus alnifolia* Poech. türü incelenmiştir (Şekil 1).

Kıbrıs Adası, 34°33'–35°42' kuzey enlemleri ile 32°16'–34°36' doğu boylamları arasında yer almakta olup, Akdeniz'in en büyük üçüncü adası konumundadır. Ada bütünüyle Akdeniz fitocoğrafik bölgesi içerisinde bulunmakta ve toplam yüzölçümü 9251 km<sup>2</sup>' dir (Delipetrou vd., 2008).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru

## Yöntem

Çalışmaya konu olan türe ait varlık verileri, “Global Biodiversity Information Facility” (GBIF, 2026) veri tabanından elde edilmiş olup, başlangıçta toplam 259 kayıt indirilmiştir. İndirilen kayıtlar kontrol sürecinden geçirilmiş ve koordinat hatası bulunan, eksik bilgi içeren, çalışma alanı dışında kalan ve mekânsal uygunluk niteliği taşımayan gözlemler veri setinden çıkarılmıştır. Bu eleme işlemleri sonucunda veri sayısı 247'ye düşmüş ve analizlerde kullanılmak üzere güvenilir bir veri seti oluşturulmuştur. Daha sonra çalışma alanına ait iklim haritaları oluşturulması amacıyla, öncelikli olarak Fick ve Hijmans (2017) tarafından hazırlanan ve <http://www.worldclim.org> adresinde ücretsiz olarak erişime sunulan 19 farklı bioiklim verisi indirilmiştir. Bu değişkenler hem günümüz iklim koşullarını hem de gelecekteki iklim tahminlerini kapsamaktadır. Gelecek iklim değişkenleri için, 2081 – 2100 yılları arasındaki HadGEM3-GC31-LL ssp1-2.6, ssp2-4.5 ve ssp5–8.5 senaryoları dikkate alınmıştır. Çalışma alanının sınırlarına göre boyutlandırılan bioiklim haritaları Universal Transverse Mercator (UTM) WGS84 projeksiyonuna dönüşümü sağlanmış ve dışa aktarımları yapılarak istatistiksel analizler öncesinde sayısal olarak hazır hale getirilmiştir (Çizelge 1). Bioiklim haritalarının ardından topoğrafik değişkenlere ait altlık haritalarının oluşturulması için çalışma alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) “<https://www.earthdata.nasa.gov/>” adresinden indirilmiş ve SYM kullanılarak ArcGIS yazılımı üzerinden bakı, bakı uygunluk indeksi (buind), denizden uzaklık (deniz\_u), eğim (egim), engebelilik indeksi (engind), gölgelenme indeksi (gi), yamaç uzunluğu indeksi (ymc\_u), pürüzlülük indeksi (pi), sıcaklık indeksi (scind), solar radyasyon indeksi (sri), topoğrafik aydınlanma indeksi (tai), topoğrafik nemlilik indeksi (tni), topoğrafik pozisyon indeksi (tpi) ve yükselti (yükselti) değişkenleri üretilmiştir.

**Çizelge 1.** Bioiklim değişkenlerine ait kod ve açıklamalar

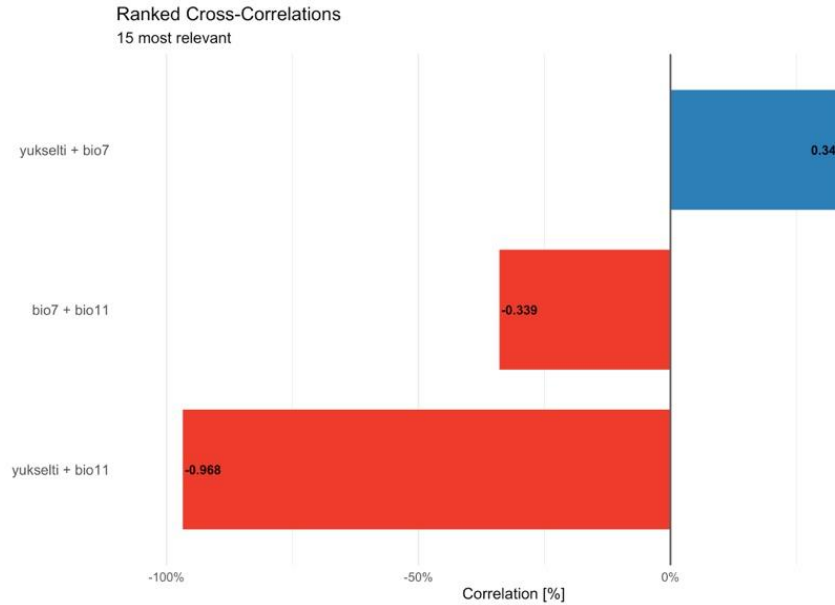
| Kod   | Açıklama                                    |
|-------|---------------------------------------------|
| bio1  | Yıllık ortalama sıcaklık (°C)               |
| bio2  | Günlük ortalama aralık (°C)                 |
| bio3  | Eş ısı/izotermalite (%)                     |
| bio4  | Sıcaklık mevsimselliği                      |
| bio5  | En sıcak ayın maksimum sıcaklığı (°C)       |
| bio6  | En soğuk ayın minimum sıcaklığı (°C)        |
| bio7  | Yıllık sıcaklık aralığı (°C)                |
| bio8  | En yağışlı çeyreğin ortalama sıcaklığı (°C) |
| bio9  | En kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı (°C)   |
| bio10 | En sıcak çeyreğin ortalama sıcaklığı (°C)   |
| bio11 | En soğuk çeyreğin ortalama sıcaklığı (°C)   |
| bio12 | Yıllık toplam yağış (mm)                    |
| bio13 | En yağışlı ayın toplam yağışı (mm)          |
| bio14 | En kurak ayın toplam yağışı (mm)            |
| bio15 | Yağış mevsimselliği (mm)                    |
| bio16 | En yağışlı çeyreğin toplam yağışı (mm)      |
| bio17 | En kuru çeyreğin toplam yağışı (mm)         |
| bio18 | En sıcak çeyreğin toplam yağışı (mm)        |
| bio19 | En soğuk çeyreğin toplam yağışı (mm)        |

Modelleme aşamasına geçilmeden önce, bioiklim değişkenlerinde yüksek ilişki düzeyine bağlı olarak meydana gelen çoklu bağlantı problemini tespit etmek amacıyla faktör analizi gerçekleştirilmiş ve bioiklim değişkenleri arasında temsil değişken/değişkenler seçilmiştir. Ardından, seçilen temsilci bioiklim değişkenleri ile topoğrafik değişkenler arasında Pearson korelasyon analizi yapılarak yüksek ilişki gösteren değişkenler arasında gerekli seçimler yapılmış ve nihai değişkenler belirlenmiştir (Alin, 2010).

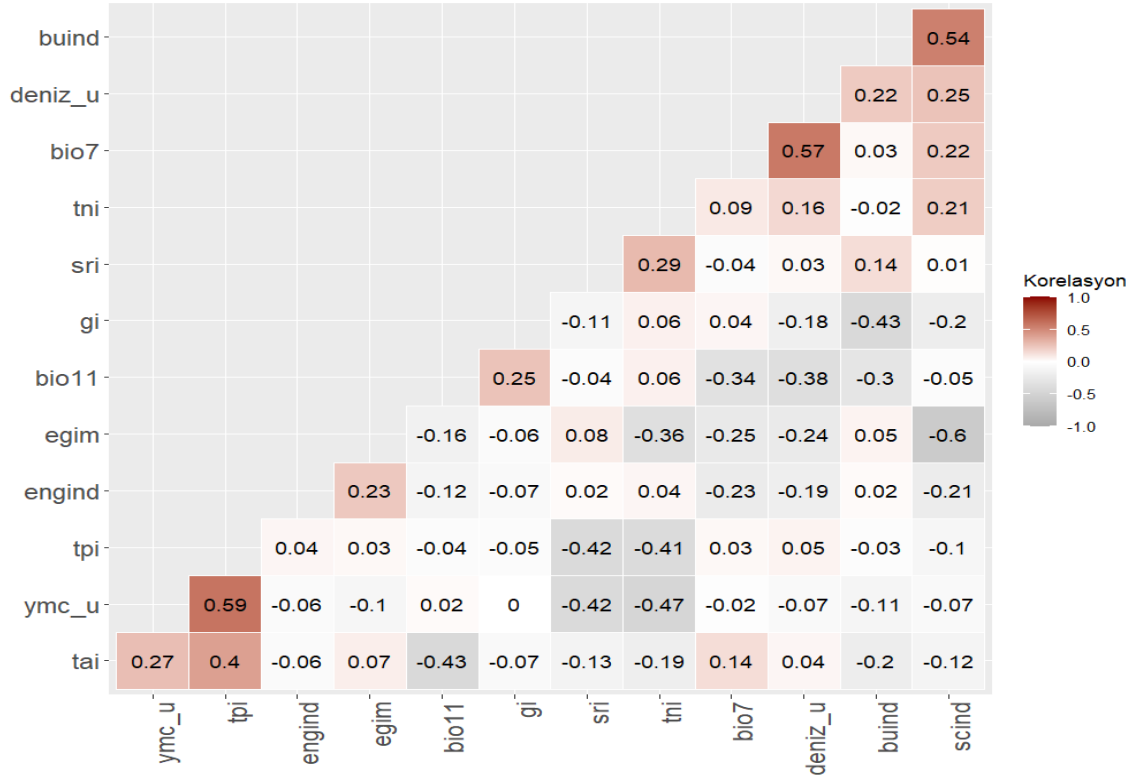
Hedef türün potansiyel dağılım alanlarının modellenmesi ve haritalanması için belirlenen iklim ve topoğrafik değişkenler ile modelleme sürecine geçilmiştir. Bu çalışmada modelleme yöntemleri arasında türün potansiyel dağılımı modellenmesi için özellikle yalnızca var verisiyle çalışabilmesi ve yüksek tahmin gücüne sahip olması nedeniyle Maksimum Entropi (MaxEnt) tekniği tercih edilmiştir (Phillips vd., 2004; Wisz vd., 2008; Baldwin, 2009). Modelin tutarlılığı Eğrinin Altında Kalan Alan (AUC) değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. AUC değeri, modelin rastlantısal tahminlere kıyasla ne ölçüde üstün olduğunu gösteren temel bir performans ölçütüdür. AUC'nin 1'e yaklaşması modelin yüksek ayırt edicilik kapasitesine sahip olduğunu gösterirken, 0.5'e yakın değerler modelin rastlantısal tahmin düzeyinde performans sergilediğini ifade etmektedir (Swets, 1988).

## BULGULAR

Hedef türün potansiyel dağılım alanlarının modellenmesi aşamasına geçmeden önce yapılan faktör analizi ile temsilci değişken/değişkenler seçilmiş ve ardından iklim ile topoğrafik değişkenlere Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. İlk olarak, bioiklim değişkenlerine uygulanan faktör analizi sonucunda iki bileşen oluşmuştur. Birinci bileşen varyansın %78.86 açıklarken, ikinci bileşen varyansın %13.88'ini açıklamıştır. Birinci bileşende en yüksek değer bio11 (0.997), ikinci bileşende en yüksek değer bio7 (0.927) olarak bulunmuştur. İklim değişkenleri için gerçekleştirilen faktör analizi sonucunda temsilci değişken olarak belirlenen bio7 ve bio11 değişkenleriyle yükselti değişkeni arasında Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır (Şekil 2). Pearson korelasyon analizi sonucunda en düşük korelasyon katsayısına sahip bio7 ve bio11 değişkenleriyle devam edilmiştir. Yükselti değişkeninin içerisinde yer aldığı eşleşmelerde yükselti ile bio 11 değişkenleri arasında korelasyon katsayısının yüksek elde edilmesi ve yükselti ile bio7 arasında önem seviyesinin 0.05 değerinin altında çıkmasından dolayı modelleme aşamasında yükselti değişkeni kullanılmamıştır. Diğer taraftan, bio7, bio11 ve topoğrafik değişkenlere yeniden Pearson korelasyon analizi uygulanmış olup değişkenlerin korelasyon katsayıları 0.8 değerinin altında çıkan değişkenler ile devam edilmiştir (Şekil 3).



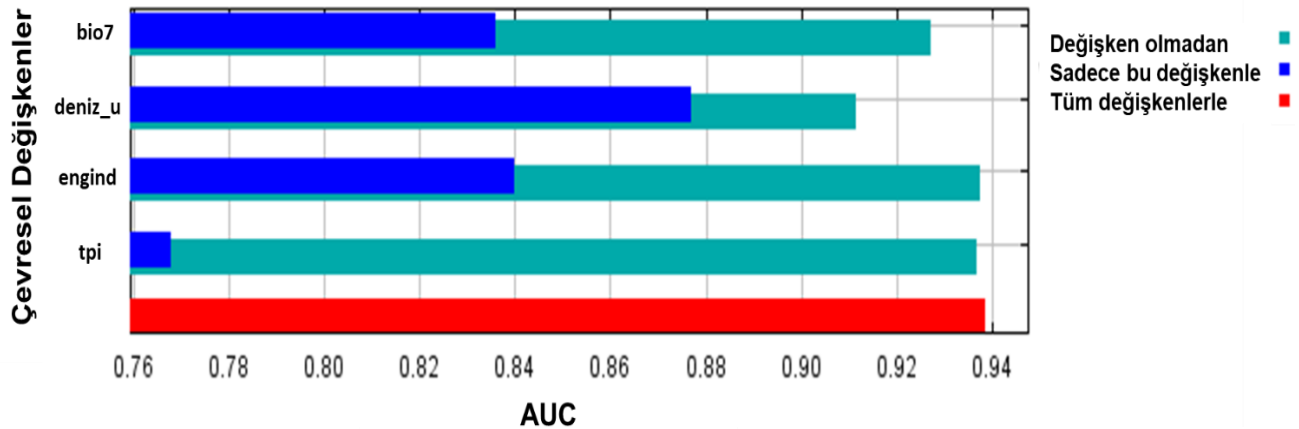
Şekil 2. Çapraz korelasyon analizi sonuçları



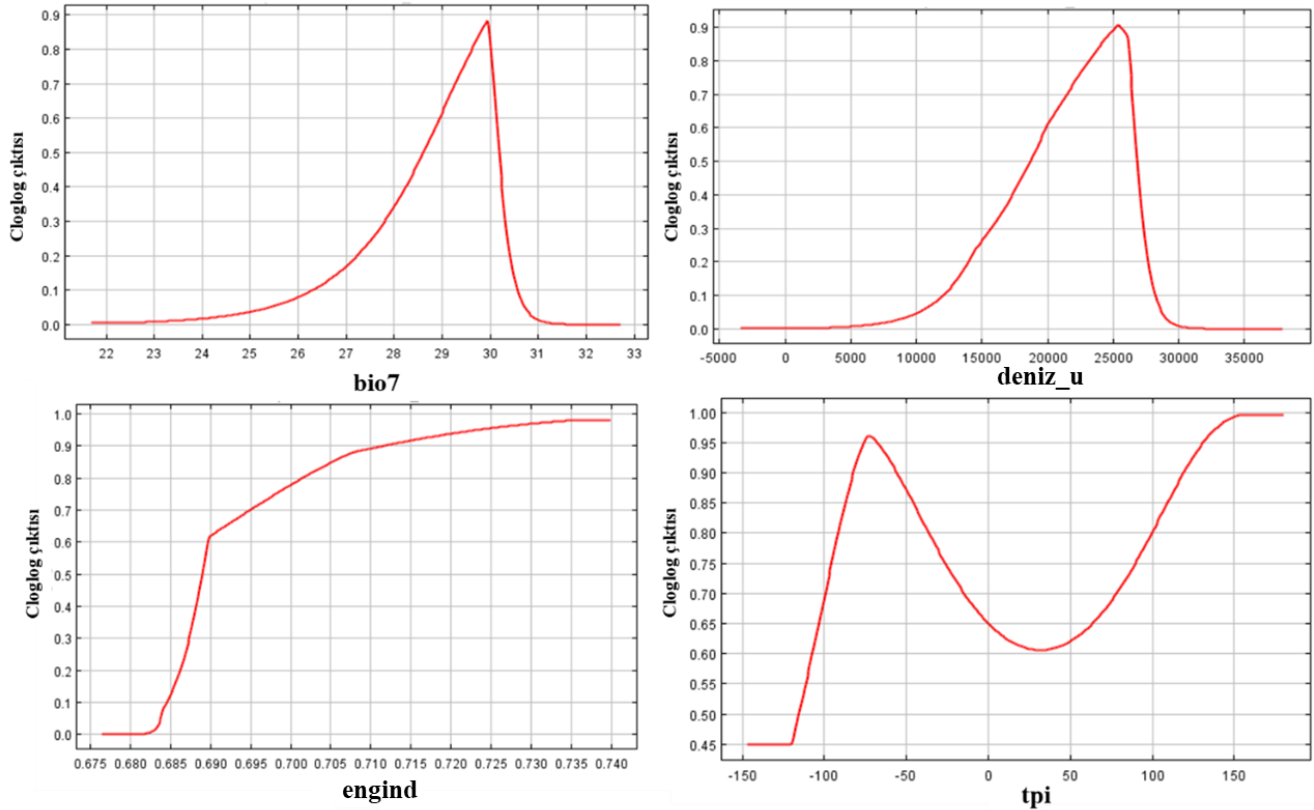
Şekil 3. Korelasyon analizi sonuçları

*Quercus alnifolia* için gerçekleştirilen MaxEnt modelini yıllık sıcaklık aralığı, denizden uzaklık, engebellelik indeksi ve topoğrafik pozisyon indeksi değişkenleri (sırasıyla bio7, deniz\_u, engind, tpi) yapılandırmıştır. Bu değişkenlerin modele sağladığı bireysel katkılar ile modelden çıkarıldıklarında ortaya çıkan bilgi kayıpları Jackknife testi aracılığıyla belirlenmiştir (Şekil 4). Jackknife test sonuçlarına göre modele en yüksek katkıyı denizden uzaklık değişkeni sağlamaktadır. Bunu sırasıyla engebellelik indeksi ve yıllık sıcaklık aralığı değişkenleri takip etmekte olup, topoğrafik pozisyon indeksi değişkeni ise modele katkısı diğer değişkenlere kıyasla daha düşük kalmaktadır.

Modelin ayırt edicilik performansı AUC değerleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen 10 tekrarlı çapraz doğrulama sonucunda ortalama test AUC değeri 0.939, standart sapması ise 0.011 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca modelin eğitim AUC değeri 0.941, test AUC değeri ise 0.957 olarak belirlenmiştir. AUC değerlerinin 0.90'ın üzerinde olması, modelin *Quercus alnifolia* türünün potansiyel yayılımını yüksek doğrulukla tahmin ettiğini göstermektedir.

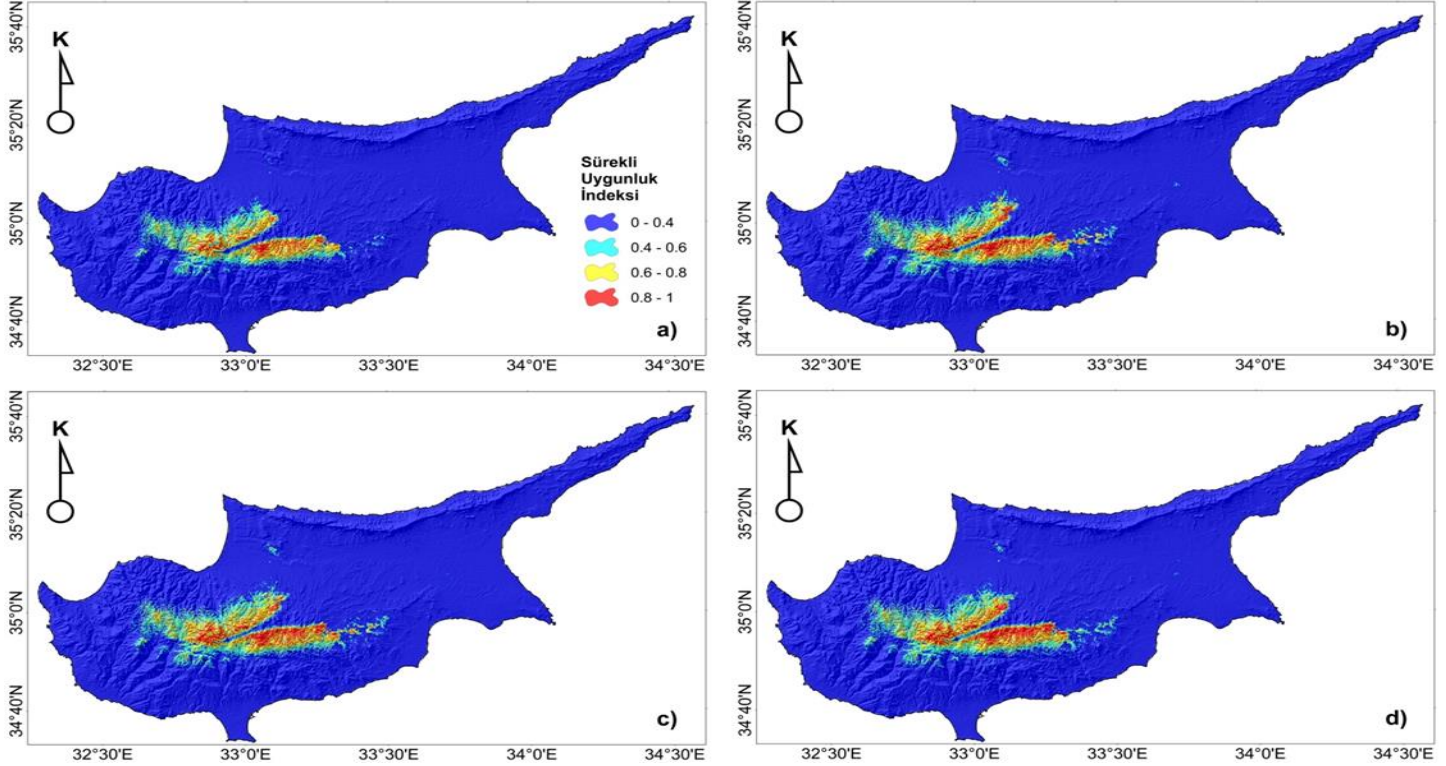
Şekil 4. *Quercus alnifolia* türü için uygulanan MaxEnt model değişkenleri için Jackknife testi

Modeli yapılandıran değişkenlerin tanımlayıcı eğrileri incelendiğinde (Şekil 5), yıllık sıcaklık aralığı değişkenine göre 26–30 °C arasındaki değerlerde türün uygunluğunun artış gösterdiği, bu aralığın dışında ise uygunluk seviyesinin azaldığı belirlenmiştir. Denizden uzaklık değişkenine ait eğri incelendiğinde, kıyıya yakın alanlarda potansiyel uygunluk değerlerinin düşük olduğu, denizden uzaklaştıkça uygunluk değerlerinin arttığı görülmektedir. Engebililik indeksi değişkeni için elde edilen tanımlayıcı eğride değerlerin artmasıyla birlikte tür uygunluğunun da arttığı görülmektedir. Özellikle 0.690 değerinden sonra uygunluk hızla yükselmekte ve yaklaşık 0.730 değerinde maksimum seviyeye ulaşmaktadır. Topoğrafik pozisyon indeksi değişkenine göre türün iki farklı uygunluk alanı sergilediği belirlenmiştir. Yaklaşık -80 civarındaki negatif değerlerde uygunluk maksimum seviyeye ulaştıktan sonra azalma eğilimine girmekte, ancak 100 değerinden sonra tekrar artış göstererek yaklaşık 150 civarındaki yüksek pozitif değerlerde yeniden yükselmektedir.



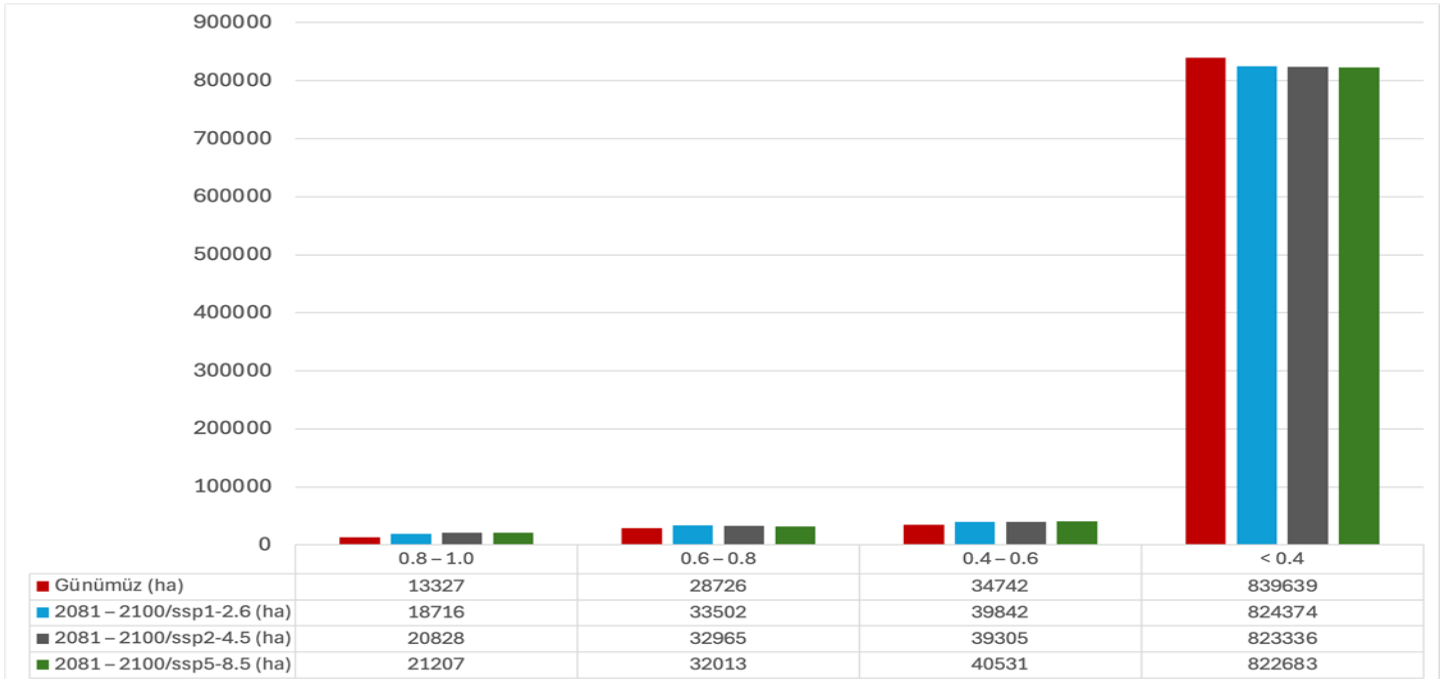
**Şekil 5.** *Quercus alnifolia* türü için uygulanan MaxEnt model değişkenlerine ait tanımlayıcı eğriler

Modelleme işlemi neticesinde tanımlayıcı değişkenlerden elde edilen modele göre hem günümüz hem de 2081-2100 yılları arasındaki HadGEM3-GC31-LL ssp1-2.6, ssp2-4.5 ve ssp5–8.5 gelecek senaryoları için potansiyel dağılım haritaları oluşturulmuştur (Şekil 6).



**Şekil 6.** *Quercus alnifolia* türünün potansiyel dağılım haritaları (a) Günümüz, b) 2081 – 2100/ssp1-2.6, c) 2081 – 2100/ssp2-4.5, d) 2081 – 2100/ssp5-8.5)

*Quercus alnifolia*'nın potansiyel dağılım haritalarından elde edilen kestirim değerleri yüksek uygunluk (0.8 – 1.0), orta uygunluk (0.6 – 0.8), düşük uygunluk (0.4 – 0.6) ve uygun değil (<0.4) (Affolter vd., 2011; Gılea vd., 2026) olmak üzere sınıflandırılarak alansal değerleri hesaplanmıştır (Şekil 7). Burada, yüksek, orta ve düşük uygunluğa sahip sınıflar için günümüz ve gelecek iklim senaryolarının dağılım alanlarında düzenli bir artış olduğu görülmekte olup uygun olmayan sınıflarda ise azalma görülmektedir.



**Şekil 7.** Kestirim değerlerine ait alansal dağılımlar

## TARTIŞMA

İklim değişikliği ve arazi kullanımındaki dönüşümler, gelecekte bitki çeşitliliğini önemli ölçüde tehdit etmek ile birlikte tür bolluğu, fenolojik süreçler ve topluluk yapısında belirgin değişimlere neden olacaktır (Vogiatzakis vd., 2016; IPBES, 2019; Dündükcü ve Acarer, 2025). Bu etkilerin artarak devam etmesi beklenmekte olup mevcut bitki türlerinin %31'ine kadarının kaybına yol açabileceği öngörülmektedir (Wiens ve Zelinka, 2024). Akdeniz Havzası, hem küresel ölçekte bir biyolojik çeşitlilik sıcak noktası (Cañadas vd., 2014) hem de iklim değişikliği sıcak noktası (MedECC, 2020; Zittis vd., 2022; Acarer, 2024) olarak kabul edilmekte olup, bu risklerin en yoğun şekilde hissedileceği bölgelerden biri olarak öne çıkmaktadır. Nitekim bölgede fenolojik kaymalar (Gordo ve Sanz, 2010), düzenleyici ekosistem hizmetlerinde azalma (Morán-Ordóñez vd., 2021) ve tür kayıpları rapor edilmiştir (Fyllas vd., 2022; Kokkoris vd., 2023; Kougioumoutzis vd., 2022; 2024).

Akdeniz orman ekosistemlerinde yaşanan bu olumsuz etkiler, sınırlı yüzölçümüne sahip Akdeniz adalarında türlerin gelecekteki dağılımlarının ve ekolojik dayanıklılıklarının değerlendirilmesini daha da önemli hale getirmektedir (Vogiatzakis vd., 2016). Ada ekosistemleri, kendine özgü fiziksel, ekonomik ve sosyo-kültürel özellikleri ile kara ekosistemlerinden farklılık göstermekte olup coğrafi izolasyon, sınırlı alan ve özgün çevresel koşullar nedeniyle yüksek düzeyde endemizm ve özelleşmiş flora ve fauna çeşitliliği barındırmaktadır (Velmurugan, 2008; Del Rio vd., 2020). Bu durum, yalnızca belirli adalara özgü ve başka bölgelerde bulunmayan türlerin evrimleşmesine olanak sağlamaktadır (Vogiatzakis vd., 2016). Bununla birlikte, ada ekosistemleri çevresel değişimlere karşı son derece hassas olup bu hassasiyet birçok endemik türün yok olma riskiyle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır (Huswald vd., 2022). Tarihsel süreçte habitat kaybı ve istilacı türler ada biyolojik çeşitliliğini tehdit eden başlıca faktörler arasında yer alırken (Russell ve Kueffer, 2019), günümüzde bu baskılara ek olarak insan baskıları, ormansızlaşma, iklim değişikliği ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi yeni tehditler de ortaya çıkmaktadır (Kaya vd., 2025). Özellikle sıcaklık artışları ve değişen yağış rejimleri gibi iklimsel değişimler, ada ekosistemlerinde bulunan endemik bitki türleri üzerinde önemli stres faktörleri oluşturarak türlerin dağılım alanlarında daralma veya yer değiştirmelere yol açabilmektedir (Harter vd., 2015).

Bu bağlamda, ada ekosistemlerinde bulunan endemik bitki türlerinin ekolojik gereksinimlerinin ve potansiyel dağılım alanlarının belirlenmesi, türlerin korunması ve sürdürülebilir yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır (Guisan ve Thuiller, 2005; Elith ve Leathwick, 2009). Bu kapsamda ele alınan *Quercus alnifolia*, Kıbrıs Adası'na özgü endemik bir meşe türüdür. Türün sınırlı coğrafi dağılımı ve belirli çevresel koşullara bağlı ekolojik gereksinimleri, çevresel değişimlere karşı duyarlılığını artırmaktadır. Bu nedenle türün potansiyel dağılımının belirlenmesi hem mevcut yetiştirme ortamı koşullarının anlaşılması hem de gelecekte meydana gelebilecek iklimsel değişimlerin tür üzerindeki olası etkilerinin değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu doğrultuda gerçekleştirilen tür dağılım modelleme çalışması ile *Quercus alnifolia*'nın hem mevcut iklim koşulları altındaki potansiyel dağılım alanları hem de gelecek iklim senaryoları kapsamında ortaya çıkabilecek potansiyel dağılım değişimleri değerlendirilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen MaxEnt modelleme sonuçları, *Quercus alnifolia* türünün potansiyel dağılımını denizden uzaklık (deniz\_u), engebелilik indeksi (engind), yıllık sıcaklık aralığı (bio7) ve topoğrafik pozisyon indeksi (tpi) değişkenlerinin yapılandığı ortaya koymuştur. Değişkenlere ait tanımlayıcı eğriler incelendiğinde türün özellikle 26–30 °C yıllık sıcaklık aralığında yüksek uygunluk değerleri gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, *Quercus alnifolia*'nın bulunduğu orman ekosistemlerinde rapor edilen iklim koşullarıyla paralellik göstermektedir (Constantinou ve Panitsa, 2022). Diğer bir değişken denizden uzaklık eğrisi incelendiğinde *Q. alnifolia*'nın kıyı bölgelerinden ziyade adanın iç kesimlerinde yer alan dağlık alanlarla daha güçlü bir ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir (Constantinou ve Panitsa, 2022). Nitekim literatürde türün doğal yayılışının büyük ölçüde Trodos Dağları ile sınırlı olduğu ve özellikle dağ yamaçlarında geliştiği belirtilmektedir (Tsintides vd., 2007). Benzer şekilde engebелilik indeksi değeriyle tür uygunluğunun yükselmesi türün, kayalık, uçurumlu ve hafif eğimli dağ yamaçlarında yayılış

gösterdiğini bildiren literatür bulguları ile uyum göstermektedir (Tsintides vd., 2007). Son olarak Topoğrafik pozisyon indeksine ait tanımlayıcı eğri incelendiğinde iki farklı uygunluk alanının olması türün farklı topoğrafik pozisyonlarda gelişebilme kapasitesine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, *Quercus alnifolia*'nın Kıbrıs'ta vadilerden yüksek dağlık alanlara kadar geniş bir yükselti aralığında yayılış gösterdiğini bildiren çalışmalarla uyumludur (Neophytou vd., 2007).

Modeli oluşturan değişkenlerin ortaya koyduğu sonuç irdelendiğinde, hedef türün mevcut potansiyel dağılım alanlarının çalışma alanının güney ve güneybatı hattında olduğu tespit edilmiştir. Bu alan, Kıbrıs Adası'nda sert bir coğrafyaya sahip Troodos Dağları'nı tanımlamakta olup özellikle engebelilik indeksi, denizden uzaklık ve topoğrafik pozisyon indeksi değişkenlerinin tanımladığı alanlar ile örtüşmektedir. *Quercus alnifolia*'nın kıyı etkisinden uzak Trodos Dağı'nın iç dağ kuşağında yoğunlaşması, türün denizellikten uzaklaşması anlamına gelmediği; aksine, denizden uzak olmayı Trodos Dağı'na özgü topoğrafik ve iklimsel koşullar istediği anlamı taşımaktadır. Hedef türün engebelilik indeksine göre düz ya da hafif dalgalı alanlardan daha çok kırıklı, taşlı, heterojen mikrohabitatlara sahip arazileri tercih ettiği, bunun yanında belirli bir topoğrafik arazi şekline bağlı kalmayıp çukur, vadi tabanı, alt yamaç dipleri ve belirgin sırt, üst yamaç ve dağlık bölgeleri tercih ettiği tespit edilmiştir. Engeli alanların mikroiklim çeşitliliği sağlaması ve kısa mesafelerde değişen bakılar sayesinde yaz kuraklığına karşı yerel sığınaklar oluşturması türün topoğrafik karmaşıklığa sahip alanlarda yayılış göstermesini açıklamaktadır. Ayrıca, negatif topoğrafik pozisyon indeksi değerlerine sahip alanların genellikle daha nemli ve korunaklı mikrohabitatları temsil ettiği, buna karşılık pozitif indeks değerlerinin rekabetin daha düşük olduğu çevresel koşullara işaret ettiği görülmektedir. Buna ek olarak, düz, düze yakın, ova niteliğindeki ya da düşük yükseltili topoğrafik ortamların yeterince korunaklı olmaması, insan baskısına açık olması ve iklimsel olarak daha kurak koşullar göstermesi nedeniyle tür tarafından tercih edilmediği düşünülmektedir. Son olarak, *Quercus alnifolia* yıllık sıcaklık aralığına göre orta – yüksek ancak dar bir uygun değer sıcaklık aralığında uygun yayılış ortamını yakalamaktadır. Hedef tür için uygun alanlar belirlenen aralığın dışına çıkması durumunda giderek azalması, sıcaklığa karşı toleransının düşük olduğunu işaret etmektedir. Bu durum, hedef türün yayılışında topoğrafik özelliklerin oluşturduğu mikroiklim koşullarının genel iklimsel parametrelere kıyasla daha belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Modeli yapılandıran değişkenlerden elde edilen sonuçlar, *Quercus alnifolia*'nın belirli topoğrafik niş özelliklerini tercih etmesinin, özellikle Akdeniz dağ ekosistemlerinde topoğrafik heterojenliğe sahip alanlarda endemik odunsu türlerin yayılış göstermesini açıklayan önemli bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır (Atalay, 2004; Duran, 2013).

Öte yandan, *Quercus alnifolia*'nın 2100 yılına yönelik potansiyel dağılım haritaları, türün dağılım alanlarındaki uygunluğunda mekansal değişimler meydana geleceğini göstermektedir. *Quercus alnifolia*'nın günümüz ve gelecek iklim senaryolarına bağlı potansiyel dağılımında belirgin şekilde yeniden yapılanma sürecine girdiği görülmektedir. Şekil 7'ye göre, günümüz koşullarına kıyasla SSP1-2.6, SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 iklim senaryolarında yüksek uygunluk (0.8–1.0), orta uygunluk (0.6–0.8) ve düşük uygunluk (0.4–0.6) sınıflarına ait alanlarda artış meydana gelirken uygun olmayan (<0.4) sınıfa ait alanlarda azalma belirlenmiştir. Gelecek iklim koşullarında çalışma alanının belirli bölümlerinde çevresel koşulların *Quercus alnifolia* için daha elverişli hale gelmesi nedeniyle, uygun olmayan dağılım alanlarının bir kısmı düşük veya orta düzeydeki uygun dağılım alanlarına dönüşmektedir. Başka bir ifadeyle, türün gelecekte düşük uygunluk gösteren geniş alanlar yerine, çevresel koşulların daha elverişli olduğu topoğrafik heterojenliğe sahip mikrerefüj alanlarda ve mikroiklimsel açıdan avantajlı alanlarda yoğunlaşacağı öngörülmektedir. Bu durum, türün iklim değişikliğine uyumunu sürdürebilmesi açısından uygun dağılım alanlarının önemini artırırken, koruma çalışmalarında bu çekirdek alanların öncelikli olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Tanımlayıcı eğrilerden elde edilen bilgilerle oluşturulan potansiyel dağılım haritası incelendiğinde, türün yüksek uygunluk alanlarının Trodos Dağ kütlesi boyunca yoğunlaştığını göstermektedir. Literatürde bildirilen doğal yayılış alanlarının *Quercus alnifolia*'nın Trodos Dağ Sıradağları boyunca geniş bir yayılış gösterdiğinin belirtilmesi, model sonuçlarının türün

bilinen doğal dağılımı ile tutarlı olduğunu göstermektedir (Neophytou vd., 2007; Anagiotos vd., 2012; Constantinou ve Panitsa, 2022).

Geleceğe yönelik iklim projeksiyonları kapsamında değerlendirilen 2081 – 2100 yılları arasındaki HadGEM3-GC31-LL ssp1-2.6, ssp2-4.5 ve ssp5–8.5 senaryoları altında elde edilen model çıktıları ise türün izole yetiştirme ortamı alanlarda, mevcut potansiyel dağılımının yoğunlaştığı adanın güney kesimlerinde yer alan dağlık bölgelerde büyük ölçüde varlığını sürdüreceğini ortaya koymaktadır. *Quercus alnifolia*, özellikle adanın güneyinde uzanan dağlık kuşakta, tüm iklim senaryolarında en yüksek uygunluğa sahip alanlarda varlığını sürdürmüştür. Bununla birlikte, bazı bölgelerde orta düzey uygunluğa sahip alanlarda sınırlı bir genişleme ile birlikte yer yer mekânsal parçalanma eğilimi gözlenmiştir. Bu bulgular, türün dağılımının dağlık alanlara özgü mikroklimatik koşullarla yakından ilişkili olduğunu ve söz konusu bölgelerin gelecekte tür için potansiyel güvenli alanlar olarak işlev görebileceğini göstermektedir.

## SONUÇ

*Quercus alnifolia*, Kıbrıs Adasına endemik bir tür olup, özellikle yüksek eğimli ve kayalık yamaçlarda yetiştirilme yeteneği sayesinde toprak stabilizasyonuna katkı sağlamakta ve erozyonun önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, diğer ağaç türlerinin gelişemediği alanlarda yaşam ortamları oluşturarak ekosistem fonksiyonlarının sürekliliğine katkıda bulunmaktadır (Rivas-Martinez, 2005; Sotiriou, 2010; Loizides, 2011). Bununla birlikte, ada ekosistemleri yüksek endemizm oranlarına sahip olmalarına karşın, türlerin yok olma riski açısından oldukça hassas sistemlerdir. Nitekim, yok olma tehdidi altındaki türlerin yaklaşık yarısının adalarda bulunduğu ve bu türlerin büyük bölümünün yalnızca tek bir adaya özgü olduğu bildirilmektedir (Spatz vd., 2017). Bu nedenle adalar, ekolojik değişimlerin erken gözlemlenebildiği ve çevresel değişimlerin etkilerinin ilk ortaya çıktığı erken uyarı sistemleri olarak kabul edilmektedir (Baldacchino, 2007; Kueffer ve Kaiser-Bunbury, 2014; Lister ve Garcia, 2018).

Bu bağlamda, Kıbrıs'a endemik olan *Quercus alnifolia*'nın potansiyel dağılımının ve bu dağılımı etkileyen çevresel faktörlerin belirlenmesi, türün korunması ve sürdürülebilir yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle ada ekosistemlerinin çevresel değişimlere karşı hassas yapısı göz önünde bulundurulduğunda, türün mevcut ve gelecekteki potansiyel dağılım alanlarının ortaya konulması, olası ekolojik değişimlerin değerlendirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır. Diğer taraftan, *Quercus alnifolia*'nın gelecek iklim senaryoları altında potansiyel dağılımının parçalanacağı öngörüldüğünden, türün iklim değişikliğine karşı hassasiyetinin artacağı anlaşılmaktadır. Bu durum, ekolojik açıdan önemli riskleri beraberinde getirmekte olup, türün korunmasına yönelik stratejilerde sadece günümüzdeki dağılım alanlarının değil, aynı zamanda gelecek iklim senaryolarında yüksek uygunluk gösterdiği tespit edilen mikrorefüj ve izole yetiştirme ortamlarının da öncelikli olarak korunmasını gerekli kılmaktadır. Son olarak, hedef türün gelecek iklim krizi sonucunda uygun alanların değişebileceği veya daralabileceği düşünüldüğünde, dağlık mikrorefüj alanların önemli sığınaklar olacağı unutulmamalıdır.

## KAYNAKLAR

- Acarer, A. (2024). Response of black pine (*Pinus nigra*) in Southwestern Anatolia to climate change. *BioResources*, 19(4), 8594-8607. <https://doi.org/10.15376/biores.19.4.8594-8607>
- Affolter, D., Abderhalden, W., & Haller, R. (2011). *The continuum suitability index technical report* [Unpublished report]. Hanover.
- Anagiotos, G., Tsakalimi, M., & Ganatsas, P. (2012). Variation in acorn traits among natural populations of *Quercus alnifolia*, an endangered species in Cyprus. *Dendrobiology*, 68, 3-10.
- Arruga, M.V., Hadjisterkotis, E., Monteagudo, L.V., & Tejedor, M.T. (2007). A comparative genetic study of two groups of chukar partridges (*Alectoris chukar*) from Cyprus and Argentina using microsatellite analysis. *European Journal of Wildlife Research*, 53, 47-53. <https://doi.org/10.1007/s10344-006-0061-3>
- Atalay, İ. (2004). Mountain ecosystems of Turkey. In *Proceedings of the 7th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography* (pp. 29-38). Institute for Cartography, Dresden University of Technology.

- Alin, A. (2010). Multicollinearity. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(3), 370-374. <https://doi.org/10.1002/wics.84>
- Baldacchino, G. (2007). Islands as novelty sites. *Geographical Review*, 97(2), 165-174. <https://doi.org/10.1111/j.1931-0846.2007.tb00396.x>
- Baldwin, R. (2009). Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy*, 11(4), 854-866. <https://doi.org/10.3390/e11040854>
- Barbéro, M., & Quézel, P. (1979). Contribution à l'étude des groupements forestiers de Chypre. *Documents Phytosociologiques*, 4, 9-34.
- Camus, A. (1938). *Les chênes: Monographie du genre Quercus* (Vol. 1).
- Cañadas, E.M., Fenu, G., Peñas, J., Lorite, J., Mattana, E., & Bacchetta, G. (2014). Hotspots within hotspots: Endemic plant richness, environmental drivers, and implications for conservation. *Biological Conservation*, 170, 282-291. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.007>
- Christodoulou, C.S., & Buttler, K.P. (2018). *Beta lomatogona*, a new addition to the flora of Cyprus. *Cypricola*, 9, 1-9.
- Christodoulou, C.S., Griffiths, G.H., & Vogiatzakis, N.I. (2018a). Using threatened plant species to identify conservation gaps and opportunities on the island of Cyprus. *Biodiversity and Conservation*, 27, 2837-2858. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1572-4>
- Christodoulou, C.S., Paradisis, A., & Iosif, K. (2018b). The rediscovery of *Ophioglossum vulgatum* in Cyprus after 78 years. *Cypricola*, 4, 1-2.
- Christodoulou, C.S., Hand, R., & Iosif, K. (2020). *Solenopsis annua* comb. nov., a new taxon for Cyprus. *Cypricola*, 17, 1-8.
- Constantinou, I., & Panitsa, M. (2022). Contribution to the study of the plant diversity in communities with *Quercus alnifolia* in Cyprus. *Flora Mediterranea*, 32, 291-304. <https://doi.org/10.7320/FIMedit32.291>
- Del Río-Rama, M.d.I.C., Maldonado-Erazo, C.P., Álvarez-García, J., & Durán-Sánchez, A. (2020). Cultural and Natural Resources in Tourism Island. *Bibliometric Mapping. Sustainability*, 12, 724. <https://doi.org/10.3390/su12020724>
- Delipetrou, P., Makhzoumi, J., Dimopoulos, P., & Georghiou, K. (2008). Cyprus. In I. Vogiatzakis, G. Pungetti, & A. M. Mannion (Eds.), *Mediterranean island landscapes* (Landscape Series, Vol. 9). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5064-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5064-0_9)
- Denk, T., Grimm, G.W., Manos, P.S., Deng, M., & Hipp, A.L. (2017). An updated infrageneric classification of the oaks: Review of previous taxonomic schemes and synthesis of evolutionary patterns. In *Oaks physiological ecology: Exploring the functional diversity of genus Quercus L.* (pp. 13-38). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69099-5_2)
- Duran, C. (2013). Türkiye'nin bitki çeşitliliğinde dağlık alanların rolü. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 72-77.
- Düdükçü, A.T., & Acarer, A. (2025). Current and future olive (*Olea europaea* L.) distribution mapping in Türkiye based on climate scenarios. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 13(9), 2774-2783. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i9.2774-2783.8069>
- Dobrowski, S.Z. (2011). A climatic basis for microrefugia: the influence of terrain on climate. *Global Change Biology*, 17(2), 1022-1035.
- Erben, M., Christodoulou, C.S., Hand, R., & Kefalas, K. (2022). *Limonium ammochostianum*, *L. karpasiticum* and *L. paralimniticum* (Plumbaginaceae), three new endemic species from the eastern part of Cyprus. *Flora Mediterranea*, 32, 35-45. <https://doi.org/10.7320/FIMedit32.035>
- European Commission. (2007). *Interpretation Manual of European Union Habitats*.
- Elith, J., & Leathwick, J.R. (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40(1), 677-697.
- Fick, S.E., & Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Fyllas, N.M., Koufaki, T., Sazeides, C.I., Spyroglou, G., & Theodorou, K. (2022). Potential impacts of climate change on the habitat suitability of the dominant tree species in Greece. *Plants*, 11(12), 1616. <https://doi.org/10.3390/plants11121616>
- GBIF. (2026). Tür varlık verisi. <https://www.gbif.org/species/7307289>, Erişim tarihi:03.09.2025.
- Gîlea, N.A., Pătru-Stupariu, I., Gavrilidis, A.A., Gradinaru, S.R., Chirilă, S.D., Florescu, A.M., & Mărgheșcu, A.I. (2026). Potential habitat suitability and landscape permeability analysis for the conservation of Red List plant species. *Landscape Ecology*. <https://doi.org/10.1007/s10980-026-02314-1>
- Gordo, O., & Sanz, J.J. (2010). Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. *Global Change Biology*, 16(3), 1082-1106. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02084.x>
- Gorener, V., & Beech, E. (2017). *Quercus alnifolia*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2017, e.T194053A2295358. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T194053A2295358.en>
- Guisan, A., & Zimmermann, N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2-3), 147-186. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
- Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J.B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P.R., Tulloch, A.I.T., Regan, T.J., Brotons, L., McDonald-Madden, E., Mantyka-Pringle, C., & Martin, T.G. (2013). Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology Letters*, 16(12), 1424-1435. <https://doi.org/10.1111/ele.12189>
- Guisan, A., & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8(9), 993-1009.
- Hadjisterkotis, F., & Vigne, J. (2006). A new endemic species of the subgenus *Mus* (Rodentia, Mammalia) on the island of Cyprus. *Zootaxa*, 1241, 1-36.
- Hadjikyriakou, G. (1997). *I chlorida tis Kyprou mesa apo katalogous kai pinakes* (The flora of Cyprus derived from catalogs and tables).
- Hadjikyriakou, G., & Hadjisterkotis, E. (2006). Expected impacts on the habitats and the endemic and native rare and important plants from the dispersal of wild boar (*Sus scrofa*) in the Pafos and Troodos forests in Cyprus. In E. Hadjisterkotis (Ed.), *6th International Symposium on Wild Boar (Sus scrofa) and on sub-order Suiformes – Abstracts* (pp. 19-20). Ministry of the Interior.
- Hadjikyriakou, G.N. (2017). *Helianthemum kahircicum*, a new addition to the flora of Cyprus. *Cypricola*, 3, 1-6.

- Hadjikyriakou, G.N. (2018). *Fuirena pubescens* (Poir.) Kunth (Cyperaceae), a new addition to the native flora of Cyprus. *Cypricola*, 7, 1–6.
- Hadjisterkotis, E., & Heise-Pavlov, P.M. (2006). The failure of the introduction of wild boar (*Sus scrofa*) in the island of Cyprus: a case study. *European Journal of Wildlife Research*, 52(3), 213–215.
- Hadjisterkotis, E. (2000). The introduction of wild boar (*Sus scrofa*) in Cyprus: an alien species in a highly endemic area. *Biogeographia – The Journal of Integrative Biogeography*, 21(1). <https://doi.org/10.21426/B621110000>
- Hadjisterkotis, E., Nahlik, A., & Uloth, W. (2001, October). The Cyprus mouflon, a threatened species in a biodiversity “hotspot” area. In *Proceedings of the Third International Symposium on Mouflon* (pp. 71–81). Institute of Wildlife Management.
- Hand, R., Hadjikyriakou, G., & Christodoulou, C. S. (Eds.). (2011–present). *Flora of Cyprus: A dynamic checklist*. <https://flora-of-cyprus.eu/>. Erişim tarihi: 06.12.2025.
- Hannah, L., Flint, L., Syphard, A.D., Moritz, M.A., Buckley, L.B., & McCullough, I.M. (2014). Fine-grain modeling of species’ response to climate change: Holdouts, stepping-stones, and microrefugia. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(7), 390–397. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.04.006>
- Hardouin, E.A., Riccioli, F., Andreou, D., Baltazar-Soares, M., Cvitanović, M., Williams, N.F., & Mitsainas, G.P. (2024). Population genetics and demography of the endemic mouse species of Cyprus, *Mus cypricus*. *Mammalian Biology*, 104(3), 311–322. <https://doi.org/10.1007/s42991-024-00410-w>
- Harter, D.E., Irl, S.D., Seo, B., Steinbauer, M.J., Gillespie, R., Triantis, K. A., & Beierkuhnlein, C. (2015). Impacts of global climate change on the floras of oceanic islands: projections, implications, and current knowledge. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 17(2), 160–183. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2015.01.003>
- Hellicar, M.A., Anastasi, V., Beton, D., & Snape, R. (2014). *Important bird areas of Cyprus*. BirdLife Cyprus.
- Huswald, T., Paşcalău, R., Şmuleac, L., Stanciu, S. M., & Imbrea, F. (2022). Biodiversity and climate changes in the Caribbean area. *Research Journal of Agricultural Science*, 54(2), 78.
- Iezekiel, S., Makris, C., & Antoniou, A. (2004). *Important bird areas of European Union importance in Cyprus*. BirdLife Cyprus.
- IPBES. (2019). *Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (E. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, & H. Ngo, Eds.). IPBES.
- IUCN. (2015). *The IUCN Red List of Threatened Species* in 2015. <https://www.iucnredlist.org/species/194053/2295358>
- Kaya, C., Acarer, A., & Tekin, S. (2025). Global climate change, a threat: example of the chamois’ case. *Şumarski List*, 149(3-4), 169–180. <https://doi.org/10.31298/sl.149.3-4.5>
- Keppel, G., & Wardell-Johnson, G.W. (2015). Refugial capacity defines holdouts, microrefugia and stepping-stones: a response to Hannah et al. *Trends in Ecology & Evolution*, 30(5), 233–234. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.01.008>
- Keppel, G., Van Niel, K.P., Wardell-Johnson, G.W., Yates, C.J., Byrne, M., Mucina, L., & Franklin, S.E. (2012). Refugia: Identifying and understanding safe havens for biodiversity under climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 21(4), 393–404. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00686.x>
- Kokkoris, I.P., Kougioumoutzis, K., Charalampopoulos, I., Apostolidis, E., Apostolidis, I., Strid, A., & Dimopoulos, P. (2023). Conservation responsibility for priority habitats under future climate conditions: a case study on *Juniperus drupacea* forests in Greece. *Land*, 12(11), 1976. <https://doi.org/10.3390/land12111976>
- Kougioumoutzis, K., Trigas, P., Tsakiri, M., Kokkoris, I.P., Koumoutsou, E., Dimopoulos, P., & Panitsa, M. (2022). Climate and land-cover change impacts and extinction risk assessment of rare and threatened endemic taxa of Chelmos-Vouraikos National Park (Peloponnese, Greece). *Plants*, 11(24), 3548. <https://doi.org/10.3390/plants11243548>
- Kougioumoutzis, K., Tsakiri, M., Kokkoris, I.P., Trigas, P., Iatrou, G., Lamari, F.N., & Panitsa, M. (2024). Assessing the vulnerability of medicinal and aromatic plants to climate and land-use changes in a Mediterranean biodiversity hotspot. *Land*, 13(2), 133. <https://doi.org/10.3390/land13020133>
- Kueffer, C., & Kaiser-Bunbury, C.N. (2014). Reconciling conflicting perspectives for biodiversity conservation in the Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(2), 131–137. <https://doi.org/10.1890/120201>
- Lenoir, J., Hattab, T., & Pierre, G. (2017). Climatic microrefugia under anthropogenic climate change: Implications for species redistribution. *Ecography*, 40(2), 253–266. <https://doi.org/10.1111/ecog.02788>
- Lister, B.C., & Garcia, A. (2018). Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(44), E10397–E10406.
- Loizides, M. (2011). *Quercus alnifolia*: the indigenous golden oak of Cyprus and its fungi. *Field Mycology*, 12(3), 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.fldmyc.2011.06.004>
- Makris, C. (2003). *Butterflies of Cyprus*. Bank of Cyprus Cultural Foundation.
- Médail, F., & Myers, N. (2004). Mediterranean Basin. In R.A. Mittermeier, P. Robles Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C.G. Mittermeier, J. Lamoreux, & G.A.B. da Fonseca (Eds.), *Hotspots revisited: Earth’s biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions* (pp. 144–147). CEMEX; Conservation International; Agrupación Sierra Madre.
- Médail, F. (2017). The specific vulnerability of plant biodiversity and vegetation on Mediterranean islands in the face of global change. *Regional Environmental Change*, 17(6), 1775–1790. <https://doi.org/10.1007/s10113-017-1123-7>
- MedECC. (2020). *Climate and environmental change in the Mediterranean Basin: Current situation and risks for the future* (First Mediterranean Assessment Report).
- Meikle, R.D. (1977). *Flora of Cyprus* (Vol. 1). The Bentham-Moxon Trust; Royal Botanic Gardens, Kew.
- Meikle, R.D. (1985). *Flora of Cyprus* (Vol. 2). The Bentham-Moxon Trust; Royal Botanic Gardens, Kew.
- Menickij, J.L. (1984). *Duby Asii*. Nauka.
- Mert, A., & Acarer, A. (2025). *Doğal Ekosistemlerde Tür Dağılım Haritalaması ve Örnekleri*. Livre de Lyon. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17409122>
- Morán-Ordóñez, A., Ramsauer, J., Coll, L., Brotons, L., & Ameztegui, A. (2021). Ecosystem services provision by Mediterranean forests will be compromised above 2°C warming. *Global Change Biology*, 27(18), 4210–4222. <https://doi.org/10.1111/gcb.15745>

- Morelli, T.L., Barrows, C.W., Ramirez, A.R., Cartwright, J.M., Ackerly, D.D., Eaves, T.D., & Thorne, J.H. (2020). Climate-change refugia: Biodiversity in the slow lane. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 18(5), 228–234. <https://doi.org/10.1002/fee.2189>
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853–858.
- Neophytou, C., Palli, G., Dounavi, A., & Aravanopoulos, F.A. (2007). Morphological differentiation and hybridization between *Quercus alnifolia* Poech and *Quercus coccifera* L. (Fagaceae) in Cyprus. *Silvae Genetica*, 56(6), 271. <https://doi.org/10.1515/sg-2007-0038>
- Öğüt, N. (2026). *Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde bazı ağaç türlerinin potansiyel dağılım modellemesi ve haritalaması* (Yüksek lisans tezi). Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim dalı, Isparta.
- Özden, Ö., & Hodgson, D.J. (2013). Butterflies (Lepidoptera) highlight the ecological value of shrubland and grassland mosaics in Cypriot garrigue ecosystems. *European Journal of Entomology*, 108(3), 431–437.
- Pang, X., Liu, H., Wu, S., Yuan, Y., Li, H., Dong, J., & Li, B. (2019). Species identification of oaks (*Quercus* L., Fagaceae) from gene to genome. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(23), 5940. <https://doi.org/10.3390/ijms20235940>
- Pantelas, V. (1991). Bioclimate levels of Cyprus. *Cyprus*, 62(1), 32–35.
- Pantelas, V., Papachristophorou, T., & Christodoulou, P. (1993). *Cyprus flora in colour: The endemics*.
- Petrou, P., Kitikidou, K., Milios, E., & Mavroyiakoumos, A. (2015). Site index curves for the golden oak species (*Quercus alnifolia*). *Bosque*, 36(3), 497–503. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000300016>
- Phillips, S.J., Dudík, M., & Schapire, R.E. (2004). A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning* (p. 83).
- Plomion, C., Aury, J.M., Amselem, J., Alaeitabar, T., Barbe, V., Belser, C., & Kremer, A. (2016). Decoding the oak genome: Public release of sequence data, assembly, annotation and publication strategies. *Molecular Ecology Resources*, 16(1), 254–265. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12425>
- Quézel, P., & Médail, F. (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier.
- Rivas-Martinez, S. (2005). Notions on dynamic-catenal phytosociology as a basis of landscape science. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 139(2), 135–144. <https://doi.org/10.1080/11263500500193790>
- Russell, J., & Kueffer, C. (2019). Island biodiversity in the Anthropocene. *Annual Review of Environment and Resources*, 44(1), 31–60. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033245>
- Schwarz, O. (1936). Entwurf zu einem natürlichen System der Cupuliferen und der Gattung *Quercus* L. *Notizblatt des Botanischen Gartens und Museums Berlin-Dahlem*, 1–22.
- Stewart, J.R., Lister, A.M., Barnes, I., & Dalén, L. (2009). Refugia revisited: individualistic responses of species in space and time. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277 (1682), 661.
- Sotiriou, A. (2010). *Phytosociological research of the national forest park of mountain Troodos of Cyprus* (PhD dissertation). Aristotle University of Thessaloniki.
- Sparrow, D., & John, E. (2016). *An introduction to the wildlife of Cyprus* (1st Ed.). Terra Cypria.
- Spatz, D.R., Zilliacus, K.M., Holmes, N.D., Butchart, S.H., Genovesi, P., Ceballos, G., & Croll, D.A. (2017). Globally threatened vertebrates on islands with invasive species. *Science Advances*, 3(10), e1603080. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1603080>
- Swets, J.A. (1988). Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science*, 240, 1285–1293. <https://doi.org/10.1126/science.3287615>
- Şekerciler, F., & Ketenoğlu, O. (2019). Phytosociological study of forest, maquis and coastal vegetation of Karpaz Peninsula (Cyprus Island). *Phytocoenologia*, 49(3), 287–307. <https://doi.org/10.1127/phyto/2019/0270>
- Tsindides, T.C., Hadjikyriakou, G.N., & Christodoulou, C.S. (2002). *Trees and shrubs in Cyprus*. Anastasios G. Leventis Foundation; Cyprus Forest Association.
- Tsintides, T.C., Christodoulou, C.S., Delipetrou, P., & Georghiou, K. (Eds.). (2007). *The red data book of the flora of Cyprus*. Cyprus Forestry Association.
- Velmurugan, A. (2008). Biodiversity and climate change adaptation in tropical islands. In *Biodiversity and Climate Change Adaptation in Tropical Islands* (pp. 3-30). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813064-3.00001-6>
- Vogiatzakis, I.N., Mannion, A.M., & Sarris, D. (2016). Mediterranean island biodiversity and climate change: The last 10,000 years and the future. *Biodiversity and Conservation*, 25(13), 2597–2627. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1204-9>
- Wang, L., Diao, C., & Lu, Y. (2025). The role of remote sensing in species distribution models: a review. *International Journal of Remote Sensing*, 46(2), 661–685. <https://doi.org/10.1080/01431161.2024.2421949>
- Wiens, J.J., & Zelinka, J. (2024). How many species will Earth lose to climate change? *Global Change Biology*, 30(1), e17125. <https://doi.org/10.1111/gcb.17125>
- Wisz, M.S., Hijmans, R. J., Li, J., Peterson, A.T., Graham, C.H., Guisan, A. (2008). NCEAS Predicting Species Distributions Working Group, Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions*, 14(5), 763–773. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00482.x>
- Zittis, G., Almazroui, M., Alpert, P., Ciais, P., Cramer, W., Dahdal, Y., & Lelieveld, J. (2022). Climate change and weather extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East. *Reviews of Geophysics*, 60(3), e2021RG000762. <https://doi.org/10.1029/2021RG000762>