



GARP MODELİNE GÖRE KOCAKARI ARMUDUNUN (*Crataegus microphylla* C. KOCH) GÜNÜMÜZ VE GELECEKTEKİ POTANSİYEL YAYILIŞININ TAHMİNİ (GARP MODELING FOR PREDICTION OF PRESENT AND FUTURE DISTRIBUTION OF BACKGROUND PEAR (*Crataegus microphylla* C. KOCH))

Büşra AKSU¹, Ömer K. ÖRÜCÜ²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, ISPARTA/Türkiye
aksubusra97@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3981-236X

² Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta/Türkiye
omerorucu@sdu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2162-7553

Doi: <https://doi.org/10.53463/ecopers.20220106>

Corresponding Author/İletişim yazarı: Büşra AKSU

E-mail: aksubusra97@gmail.com

Gönderim Tarihi/Submission Date: 04.01.2022 – Kabul Tarihi/Accepted Date: 25.02.2022

ÖZET

Makine öğrenme tekniği kullanılarak türlerin güncel ve gelecekteki yayılış alanlarını modellemek günümüzde bitkilerin yayılış alanlarının iklim değişikliğinden ne derecede etkileneceğini ortaya koymak açısından önemli çalışmalardan biri haline gelmiştir. Türlerin var olduğu alanları ifade eden noktasal veriler ve bu alanlara ait biyoiklim verileri kullanılarak oluşturulmuş katmanlar sayesinde farklı iklim senaryolarına göre türlerin günümüz ve gelecekteki potansiyel yayılış alanları GARP programı ile belirlenebilmektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilen makale çalışmasında Rosaceae (Gülgiller) Familyasından *Crataegus microphylla* C. Koch türünün yayılış alanının iklim değişiminden nasıl etkileneceğini belirlemek için 6. IPCC raporu temel alınarak oluşturulmuş ve CMIP6 modellerinden olan MIROC-ES2L kullanılarak türün SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5'e senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 periyotlarına ait potansiyel yayılış alanları modellenmiş, türe ait üretilen günümüz ve gelecekteki yayılış alanları arasındaki alansal ve konumsal farklar değişim analizi ile ortaya konulmuştur. Rosaceae familyasına ait bu türün günümüz potansiyel yayılış alanı ile gelecekte iklim değişikliğinden nasıl etkileneceğinin belirlendiği bu çalışmada *C. microphylla*'nın SSP2 4.5 senaryosunun iki periyodunda da yayılış alanında azalma olacağı tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Tür Dağılım Modeli, Rosaceae, Garp, CMIP6, MIROC-ES2L.

ABSTRACT

Modeling the current and future distribution areas of species using machine learning technique has become one of the important studies in terms of revealing how much the distribution areas of plants will be affected by climate change. By using point data showing the areas where the species exist and the layers created by using the bioclimatic data of these areas, the current and future potential distribution areas of the species can be determined with the GARP program according to different climate scenarios. In the article study carried out in this context, in order to determine how the distribution area of *Crataegus microphylla* C. Koch from Rosaceae Family will be affected by climate change, based on the 6IPCC report, the potential distribution area of the species for the 2041-2060 and 2081-2100 periods was modeled according to the scenarios of SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 and SSP5 8.5 using MIROC-ES2L, one of the CMIP6 models and the spatial and positional differences between the present and future distribution areas of the species were revealed by the change analysis. In this study, in which the current potential distribution area of this species belonging to the Rosaceae family and how it will be affected by climate change in the future, it is estimated that there will be a decrease in the distribution area of *C. microphylla* in both periods of the SSP2 4.5 scenario.

Key words: Climate Change, Species Distribution Modelling, Rosaceae, Garp, CMIP6, MIROC-ES2L

1. GİRİŞ

Bitki türlerini yok olma tehlikesi ile karşı karşıya bırakan, türlerin coğrafi dağılışını ve biyolojik çeşitliliği olumsuz yönde etkileyen faktörlerden biri iklim değişikliğidir (Chakraborty vd., 2016; Zhao vd., 2020; Arslan vd., 2021). Bitkilerin bu değişiklik sebebi ile hem kuzey ve güneye hem de yüksek rakımlara doğru göç ettiği ve gelecek 100 yıl içerisinde de bu durumun daha da artarak süreceği evrensel boyuttaki çalışma ve gözlemler ile saptanmıştır (Abdelaal vd., 2019; Arslan vd., 2020; Li vd., 2020). Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından ortaya konulan raporlar sonucunda, küresel çapta sıcaklıklar her geçen yıl yükselmektedir (IPCC 2014). Sıcaklık artışı ile beraber, atmosferik karbondioksit (CO₂) seviyesi ve diğer sera gazlarının artacağı tahmin edilmekte ve bu durumun önemli derecede bireysel anlamda türlerin yok olmasına sebep olacağı beklenen sonuçlar arasında yer almaktadır (Friend vd. 2014). Bu doğrultuda, iklim değişikliği kapsamında biyolojik çeşitliliği koruma planlarının yapılması için ekolojik bakımdan değerli türlerin coğrafi dağılımındaki olası değişimlerin ayrıntılı olarak ve titizlikle analiz edilmesi gereklidir (Manish vd., 2016; Ncube vd., 2020; Prevéy vd., 2020; Naudiyal vd., 2021; Arslan vd., 2021).

İklim değişikliği ve tür dağılımlarını konu alan bu çalışmada; Rosaceae familyasına ait Türkiye’de doğal olarak yayılış gösteren türlerden odunsu özellikte olan; *Crataegus microphylla* C. Koch bitkisine ait var verileri ve çevresel değişkenler (biyoiklimsel değişkenler ve yükseklik) kullanılarak tahmin modelleri oluşturulmuş, tür dağılımları dört farklı küresel iklim değişikliği senaryosuna göre belirlenmiştir. 2041-2060 ve 2081-2100 zaman aralıklarında, SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 senaryoları kapsamında, *Crataegus microphylla* C. Koch türünün potansiyel dağılım alanları Kural Seti Üretimi için Genetik Algoritmasını kullanan GARP 1.1.6 aracılığıyla ve CBS program ve araçları kullanılarak modellenmiş ve türlerin alansal ve konumsal olarak yayılış alanlarının nasıl değişeceğini belirlemek amaçlanmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular çerçevesinde Türkiye’de doğal yayılış gösteren *Crataegus microphylla* C. Koch’nın korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla gelecek stratejilerinin belirlenmesi için makine öğrenmesine dayanan bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme, iklim değişikliğine karşı peyzaj tasarım ölçeğinde bitkisel materyalin kullanımı peyzaj planlama ölçeğinde ise tehlike altında olan ve nesli tükenmekte olan türlerin yönetimi ve ağaçlandırma sahaları ile korunan alanların planlanması için kullanılabilir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

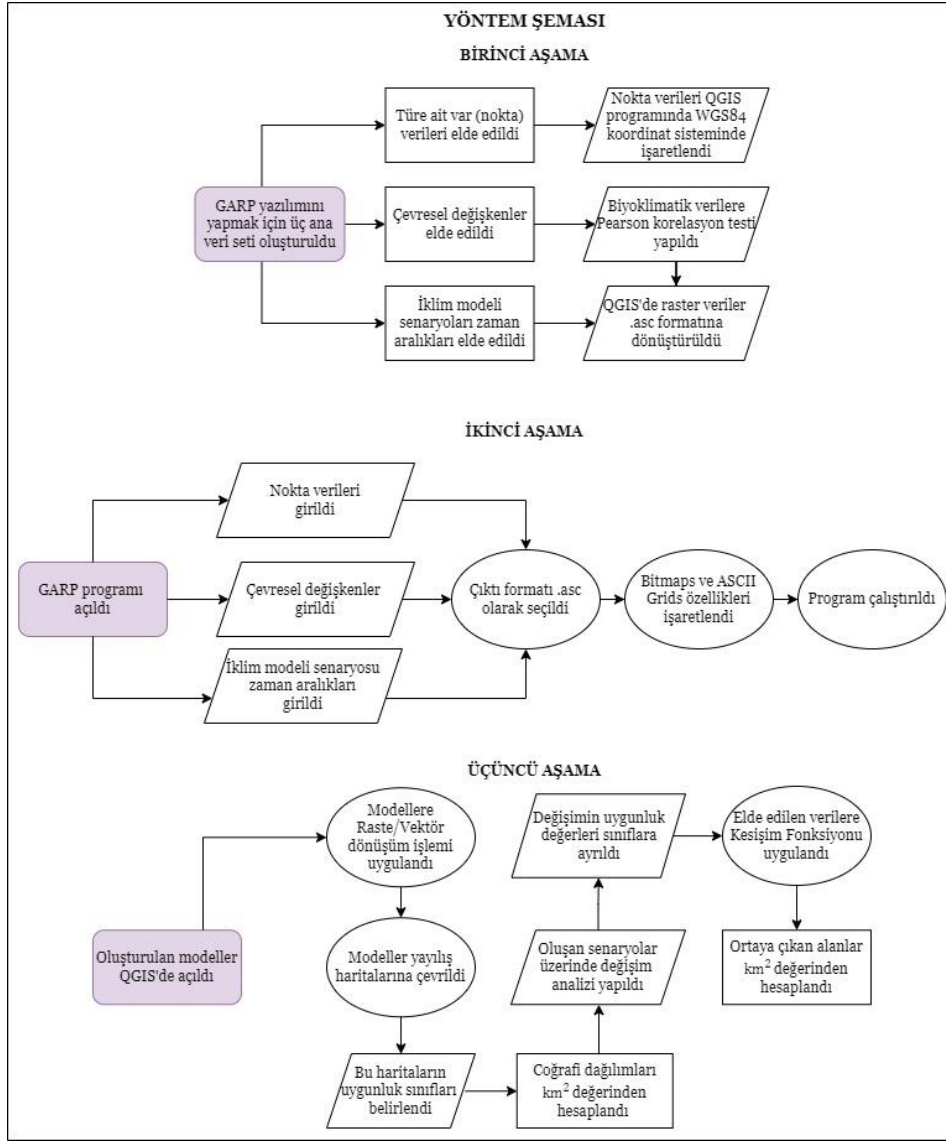
Çalışmada materyal olarak Rosaceae familyasına ait *Crataegus microphylla* C. Koch (Kocakarı Armudu) türü seçilmiştir.

Çalışmaya konu edilen *Crataegus microphylla* C. Koch türü 4 m'ye kadar boylanabilen çalı formunda bir bitkidir (Hüseyin Cahid Doğan 1859). Üzerinde çok fazla sayıda, 0.5-1.2 cm uzunluğunda dikenler bulunmaktadır (Türkiye Bitkileri 2022). Yaprakları 3-5 loblu olmak üzere geniş ve ovaldir. Yaprak sapı uzunluğu 0.5 ve 1.2 cm arasında değişmektedir. Meyveleri parlak kırmızı, 6 mm genişliğinde ve 12 mm uzunluğundadır. Meyve yapısı uzun ve elips şeklinde nadiren ise yuvarlaktır (Şekil 1). Çiçek açma zamanı Nisan-Haziran aylarıdır. Türün yayılış gösterdiği yükseklik aralığı 0 ila 1400 m arasında değişmektedir. Sık görüldüğü alanlar ise ormanlık yerler, çalılık ve alpin çayırlardır (Hüseyin Cahid Doğan 1859). Doğal yayılışını Avrupa, İran ve Anadolu'da gösterir (Kew 2022).



Şekil 1. Çalı formunda *Crataegus microphylla* C. Koch meyvesi (a), çiçeği (b) ve genel görünümü (c) (Kew, 2022)

Bu çalışmada öncelikle gerçekleştirilecek işlemler için bir sıralama oluşturulmuş ve işleyiş bu sisteme göre devam etmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Üç aşamalı yöntem şeması

Bu çalışmada birinci aşamada, bağıntılı niş modellemede makine öğrenimi tekniklerinden kural seti tahmini için genetik algoritmaları kullanan GARP 1.1.6 yazılımı kullanılmıştır. GARP 1.1.6 yazılımını çalıştırmak için 3 ana veri seti oluşturulmuştur. Bunlardan birincisi türe ait var verisi, ikincisi güncel yayılış tahmini için çevresel değişkenler, üçüncüsü ise türün gelecek tahmini için belirlenen iklim modeline bağlı senaryolara ait zaman aralıklarıdır. Çalışmada var verisi olarak isimlendirilen ve *Crataegus microphylla* C. Koch'nın doğal olarak coğrafi yayılış alanlarını temsil eden 25 noktanın koordinat bilgileri literatür taramalarından, çevrimiçi veri tabanları (GBIF, 2021) ile Flora of Turkey (Davis 1965) verileri kullanılarak belirlenmiş ve GARP'ın kullanabileceği "csv" formatlı dosya haline dönüştürülmüştür.



Şekil 3. *Crataegus microphylla* C. Koch örnek noktaları

İkinci olarak 2020 Ocak'ta kullanılmaya başlanan WorldClim version 2.1; 1970 ile 2000 yılları arasında en az, ortalama ve en fazla yağış, sıcaklık, rüzgar hızı, güneş radyasyonu, toplam yağış ve su buharı basıncı için aylık iklim verilerini barındıran ve mevcut dağılımı ortaya koymak amacıyla kullanılan; 2.5 dakika konumsal çözünürlüğe (yaklaşık 16 km²) sahip raster veri formatındaki biyoiklimsel verilerden türetilmiş 19 biyoiklimatik değişkeni indirilmiştir.

Üçüncü olarak ise türün gelecekteki potansiyel dağılım alanını tahmin etmek için CMIP6 (Birleşik Model Karşılaştırma Projesi 6. Aşama) protokolü tarafından güncellenen, ESM (Dünya Sistem Modeli)'nin ikinci sürümü olan; azotun bitki büyümesi üzerindeki besin sınırlamasını ve dolayısıyla kara karbon akışlarındaki değişimi açıklayan, açık karbon-azot etkileşimi (VISIT-e) ile karasal bir biyojeokimyasal bileşen içeren MIROC-ES2L iklim modeli kullanılmıştır (Hajima vd. 2020). Bu modele bağlı iklim senaryosu olarak SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ile en kötü durumu ortaya koyan SSP5 8.5 senaryosu ve bu senaryoların 2041-2060 ile 2081-2100 periyotları çalışmada gelecek tahmini için kullanılmıştır.

İlk olarak GARP programı çalıştırılmadan önce günümüz ve gelecek tahminleri için kullanılacak raster veri formatındaki biyoiklimsel değişkenler ile iklim modeli verileri QGIS 3.22.2 programında kesme ve dönüştürme araçları ile çalışma alanı olarak belirlenen sınırlar dâhilinde kesilmiş ve “.asc” uzantılı dosya formatına dönüştürülmüştür. Modelin tahmin gücünü artırmak aynı zamanda örnek noktalara ait birbirine çok benzeyen verileri

sadeleştirmek ve çoklu doğrusal bağlantı sorununu ortadan kaldırmak amacıyla Pearson korelasyon testi uygulanmıştır.

İkinci aşamada GARP 1.1.6 programında modelleme yöntemi olarak, türe ait var verisi olan *Crataegus microphylla* C. Koch için 25 nokta ayrı ayrı seçilmiş, çevresel parametreler (13 Biyoklimatik Değişken) ve projeksiyon parametresi olarak da MIROC-ES2L iklim senaryosuna ait biyoklimatik değişkenler programa eklenmiş ve yineleme sayısı 5 olarak ayarlanmıştır. Çıktı formatı ASC (output format=ASC) olarak belirtilmiş ve Bitmaps ve ASCII Grids özellikleri işaretlenerek program çalıştırılmıştır. GARP programında modeller oluşturulurken test verisi kullanılmamıştır. Son aşamaya gelindiğinde ise sonuç olarak elde edilen model verileri QGIS 3.22.2 programı ile raster/vektör dönüşümü özelliği kullanılarak yayılış haritalarına çevrilmiştir. GARP modelinde bir türün alanda var olması 0-1 arasında bir değer ile açıklanmaktadır. Değer 1 ise türün potansiyel olarak o alanda var olma olasılığı en fazladır. Günümüz ve gelecek için meydana getirilen potansiyel yayılış haritalarında dağılış alanı için uygunluk değeri "0" uygun değil, 0-0,25 çok az uygun 0,25-0,50 az uygun, 0,50-0,75 uygun ve "0,75-1" çok uygun alanlar olacak şekilde sınıflara ayrılmış ve bu sınıflama sistemine göre günümüz ve gelecek senaryoları doğrultusunda olası coğrafi dağılımları km² değerinden hesaplanmıştır (Çoban vd., 2020).

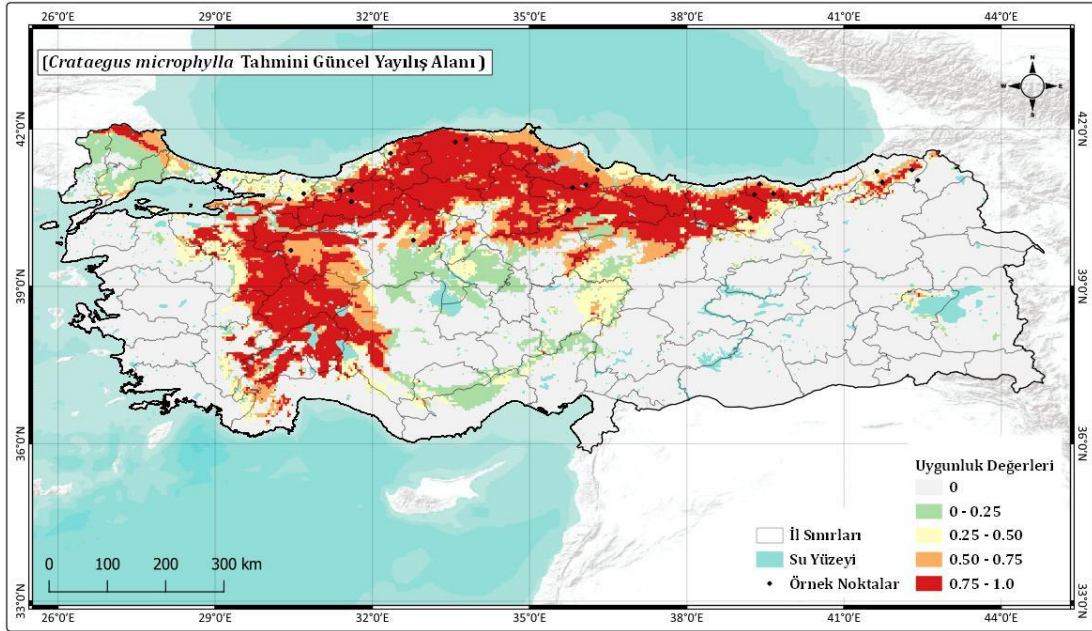
Son aşamada ise mevcut yayılış alanı ile SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 senaryolarında 2041-2060 ve 2081-2100 periyodlarına dönük olası yayılış alanları arasında karşılaştırma yapmak için değişim analizi yapılmıştır. Değişimlerin ortaya konması amacıyla uygunluk değerleri 0=0, 0- 0.25=1, 0.25-0.50=2 0.50-0.75=3 ve 0.75-1=4 şeklinde kodlanarak sınıflara ayrılmış ve bu verilere kesişim (intersection) fonksiyonu uygulanmıştır. Uygunluk değerlerine göre 0 değerindeki alanlar uygun değil, aynı sınıftaki alanlar değişim yok, bir üst sınıfa geçen alanlar kazanç, bir alt sınıfa geçen alanlar kayıp olarak isimlendirilmiş ve kapladıkları alanlar km² olarak hesaplanmış ve değişim haritaları oluşturulmuştur. Bu şekilde günümüzdeki uygunluk sınıflarının kodları ve gelecek senaryolarına göre belirlenen haritalardaki kodlar karşılaştırılarak tahmini yayılış alanlarına göre değişimlerin yönü ve büyüklüğü hesaplanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

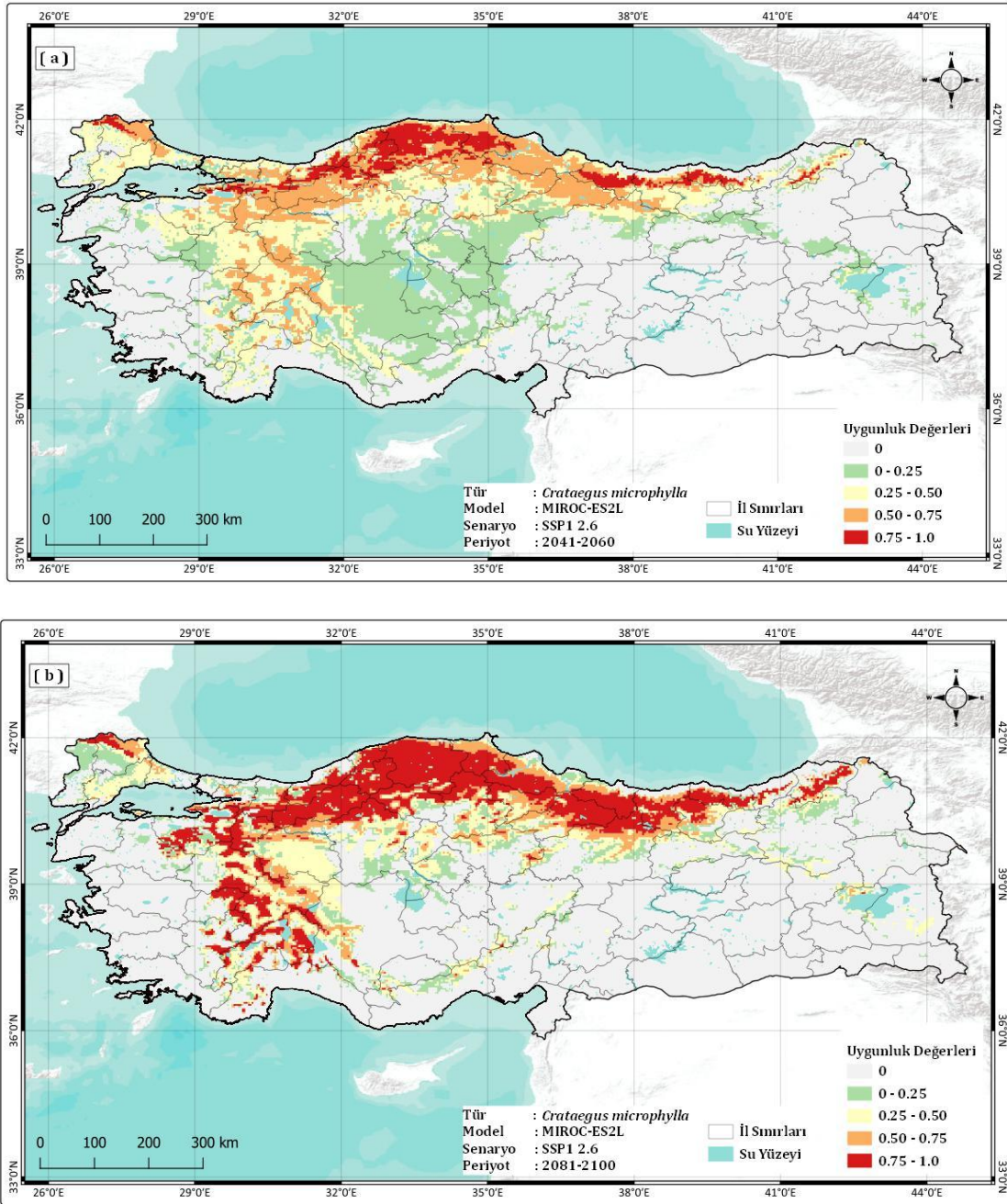
Yöntemde belirtilen çoklu doğrusallık (multicollinearity) sorununu çözmek için yapılan Pearson korelasyon testi sonuçlarına göre değişkenler kendi aralarında önem durumuna göre

çıkarılmış ve modelin tahmin yeteneğini artıran değişkenler olarak BIO1, BIO2, BIO4, BIO6, BIO7, BIO9, BIO10, BIO11, BIO12, BIO13, BIO14, BIO16 ve BIO19 modelde kullanılmıştır.

GARP modeline göre; *Crataegus microphylla* C. Koch'nın tahmini güncel ve gelecek yayılış haritaları, Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de bu haritalardaki uygunluk sınıflarına göre türün günümüz ve gelecekteki alansal dağılımı Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. GARP modelinde bir türün alanda var olma oranı 0-1 değeri ile belirlenmektedir. Üretilen model uygunluk seviyelerine göre beş farklı seviyede sınıflandırılmış ve haritalandırılmıştır. Elde edilen haritalarda *Crataegus microphylla* C. Koch'un günümüz konumsal dağılımı izlenebilmektedir. Tahmini güncel yayılış alanı incelendiğinde genel olarak Karadeniz bölgesinde yayılış gösteren *Crataegus microphylla* C. Koch'u temsil eden noktalarla yüksek bir korelasyon gösterdiği, alansal olarak ise çok uygun alanların (1) 143.123 km², uygun olmayan alanların (0) 463.703 km² olduğu görülmektedir.

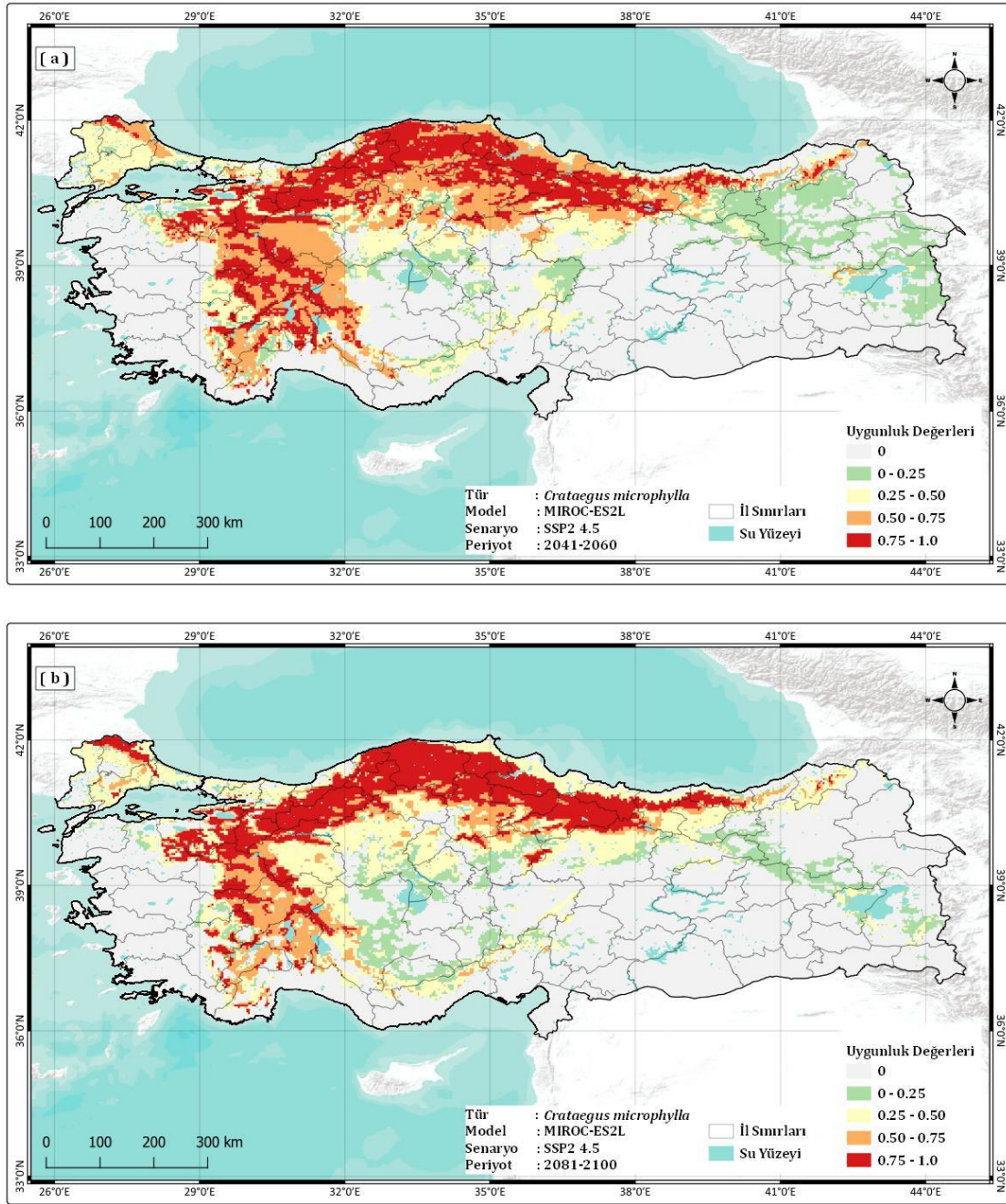


Şekil 4. Türe ait tahmini güncel yayılış alanı



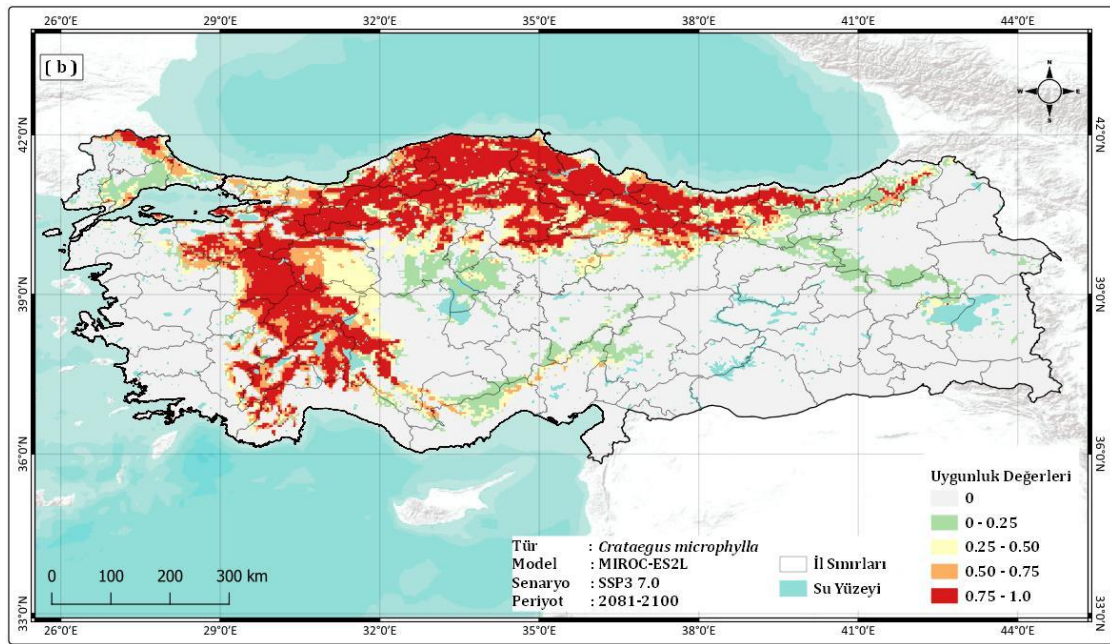
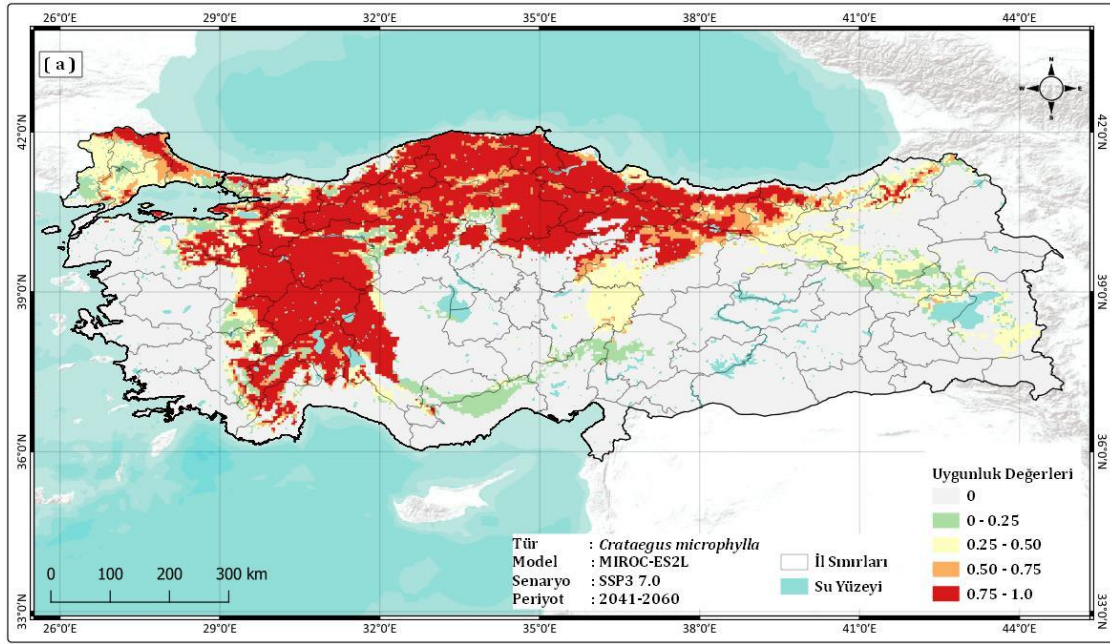
Şekil 5. Türün SSP1 2.6 iklim değişimi senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki potansiyel yayılışı

SSP1 2.6 senaryosu 2041-2060 periyoduna bakıldığında *Crataegus microphylla* C. Koch türünün doğal yayılış alanı olan Karadeniz bölgesinde bulunma olasılığını kaybetmeye başladığı, çok uygun olarak değerlendirilen alanlarda 24.258 km² ile günümüz yayılış alanına göre %83 oranında azalma yaşanacağı öngörülmektedir. SSP1 2.6 senaryosu 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise türün yayılış alanında çok uygun olarak değerlendirilen alanın 97.069 km² olduğu ve 2041-2060 senaryosuna göre %75 oranında bir artış yaşanacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 6. Türün SSP2 4.5 iklim değişikliği senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki potansiyel yayılışı

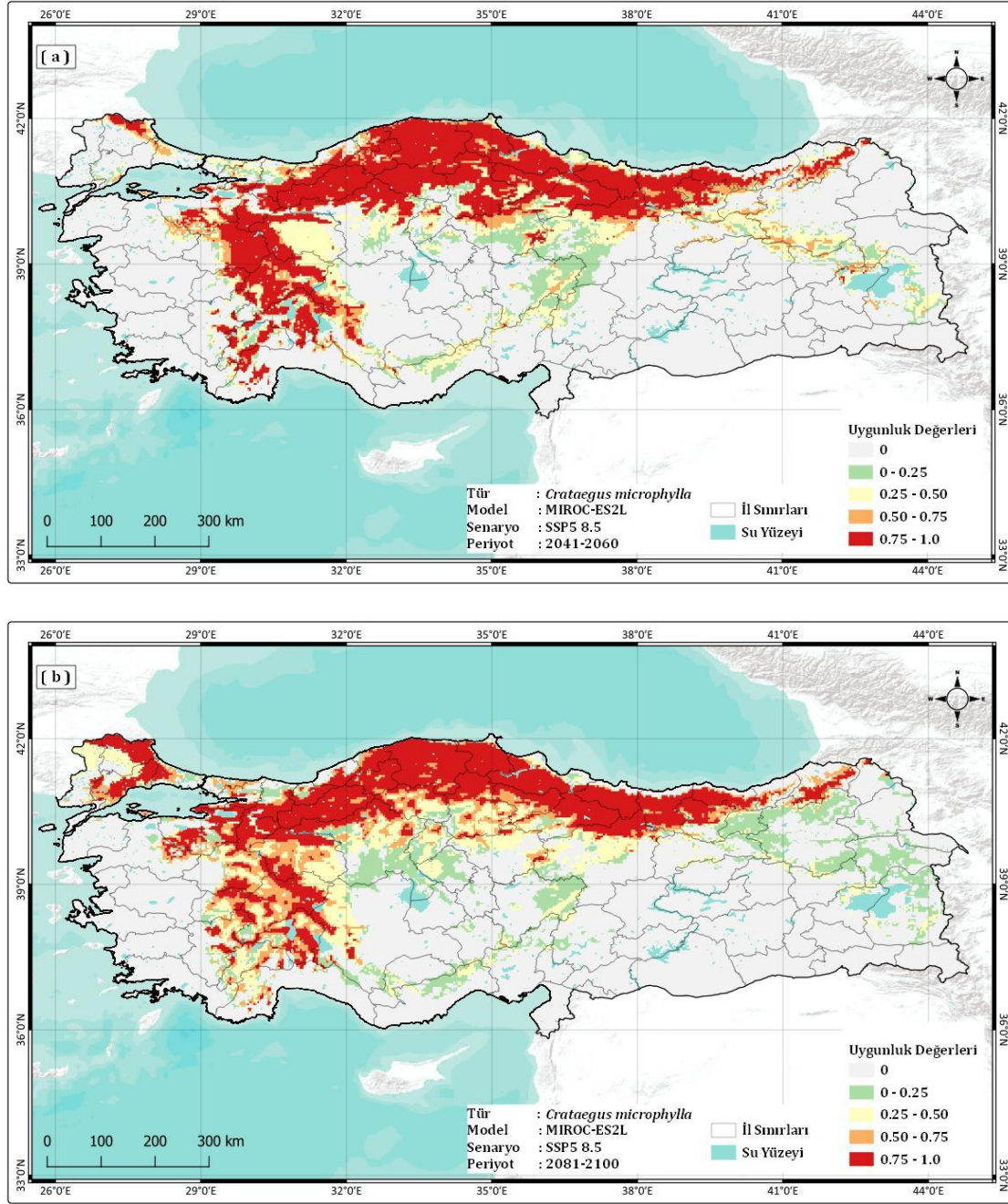
SSP2 4.5 senaryosu 2041-2060 periyoduna bakıldığında *Crataegus microphylla* C. Koch türünün doğal yayılış alanı olan Karadeniz bölgesindeki varlığında yer yer parçalanmalar olduğu ve çok uygun alanların, uygun alanlara dönüştüğü, çok uygun olarak değerlendirilen alanların 101.057 km² ile günümüz yayılış alanına göre %29 oranında bir azalma yaşanacağı öngörülmektedir. SSP2 4.5 senaryosu 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise türün yayılış alanında çok uygun olarak değerlendirilen alanın 99.541 km² olduğu ve 2041-2060 senaryosuna göre %1.5 oranında bir azalma yaşanacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 7. Türün SSP3 7.0 iklim değişimi senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki potansiyel yayılışı

SSP2 4.5 senaryosuna göre daha iyimser bir senaryoya sahip olan SSP3 7.0 senaryosu 2041-2060 periyoduna bakıldığında *Crataegus microphylla* C. Koch türünün doğal yayılış alanı olan Karadeniz bölgesinde bulunma olasılığının arttığı aynı zamanda Afyon-Eskişehir-Kütahya dolaylarında da türün yayılış alanının ortaya çıktığı görülmüş, çok uygun olarak değerlendirilen alanların 176.703 km² ile günümüz yayılış alanına göre %19 oranında bir artış yaşanacağı öngörülmektedir. SSP3 7.0 senaryosu 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise türün yayılış

alanında çok uygun olarak değerlendirilen alanın 126.731 km² olduğu ve 2041-2060 senaryosuna göre %28 oranında bir azalma yaşanacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 8. Türün SSP5 8.5 iklim değişikliği senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki potansiyel yayılışı

SSP5 8.5 senaryosu 2041-2060 periyodunda *Crataegus microphylla* C. Koch türünün çok uygun olarak değerlendirilen yayılış alanı 136.558 km² ile günümüz tahmini yayılış alanına göre yaklaşık %5 oranında azaldığı, 2081-2100 periyodunda ise çok uygun alanların 124.618 km² olarak 2041-2060 periyoduna göre %9 oranında bir kayıp yaşayacağı öngörülmektedir.

Çizelge 1. SSP1 2.6 ve SSP2 4.5 iklim senaryolarına göre türün dağılım alanları (km²)

<i>Crataegus microphylla</i> C. Koch		SSP1 2.6		SSP2 4.5	
Uyg. Değerleri	Günümüz	2041-2060	2081-2100	2041-2060	2081-2100
Uygun Değil	463.703	412.443	477.065	387.194	424.082
Çok Az Uygun	60.628	139.236	63.136	86.895	68.621
Az Uygun	58.429	127.845	95.054	99.834	133.792
Uygun Değil	54.616	76.714	48.173	105.518	54.460
Çok Uygun	143.123	24.258	97.069	101.057	99.541

Çizelge 2. SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 iklim senaryolarına göre türün dağılım alanları (km²)

<i>Crataegus microphylla</i> C. Koch		SSP3 7.0		SSP5 8.5	
Uyg. Değerleri	Günümüz	2041-2060	2081-2100	2041-2060	2081-2100
Uygun Değil	463.703	439.938	474.685	458.789	429.911
Çok Az Uygun	60.628	46.464	70.449	52.456	83.619
Az Uygun	58.429	78.931	61.597	90.788	88.487
Uygun Değil	54.616	38.461	47.033	41.903	53.861
Çok Uygun	143.123	176.703	126.731	136.558	124.618

Yayılış alanlarında iklim senaryolarına bağlı olarak gerçekleşmesi beklenen değişimlerin tespiti için *Crataegus microphylla* C. Koch türüne ait güncel yayılış alanı ile SSP1 2.6, SSP2 4.5, SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 senaryolarında 2041-2060 ve 2081-2100 periyodlarına ait tahmini yayılış alanları karşılaştırılarak uygunluk sınıflarının nasıl bir değişim gösterdiği Şekil 9, Şekil 10, Şekil 11 ve Şekil 12’de, alansal büyüklükler ise Tablo 3 ve Tablo 4’de görülmektedir.

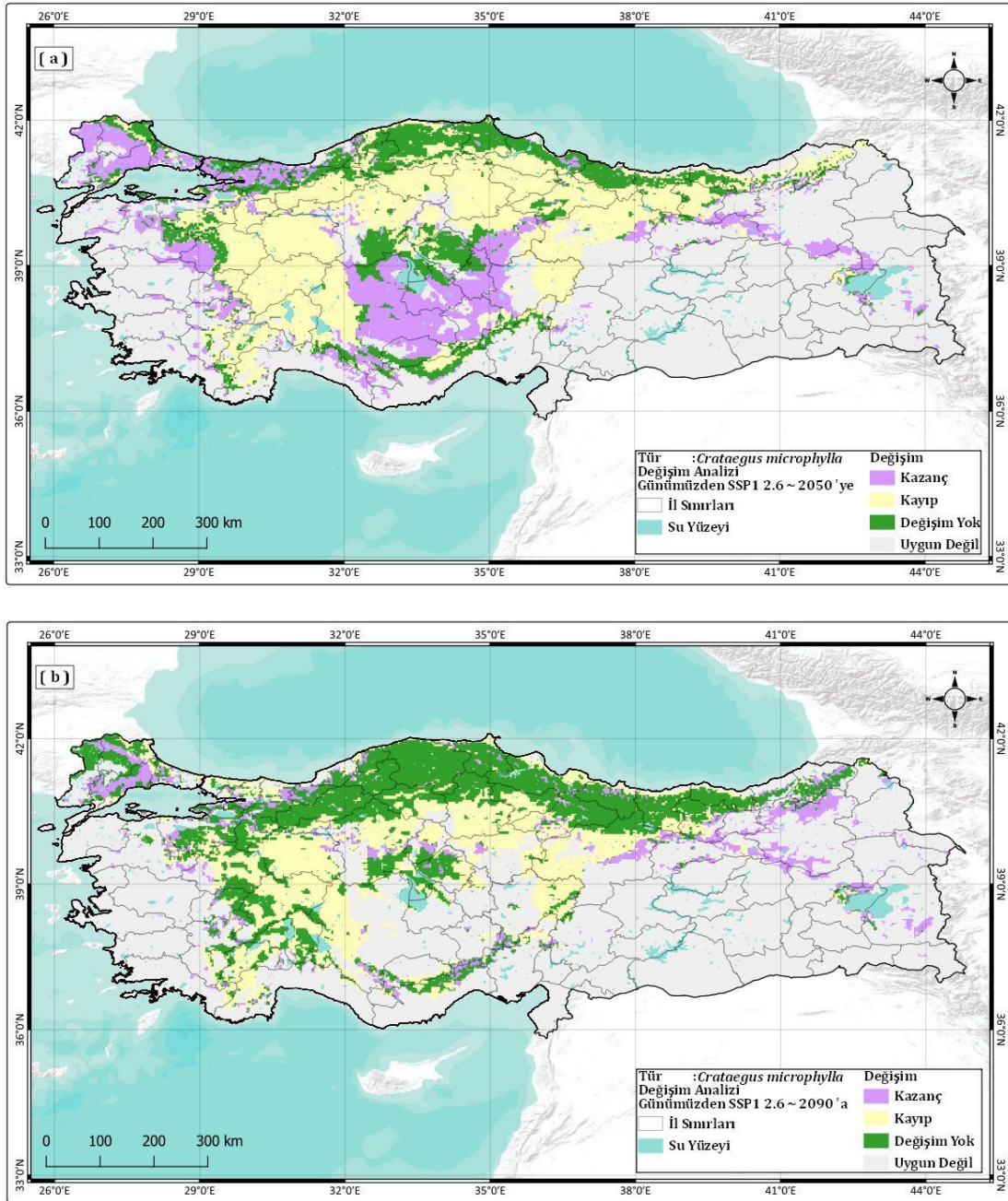
Çizelge 3. SSP1 2.6 ve SSP2 4.5 iklim senaryolarına göre değişim analizi sonuçları (km²)

<i>Crataegus microphylla</i> C. Koch		SSP1 2.6		SSP2 4.5	
Değişim		2041-2060	2081-2100	2041-2060	2081-2100
Kazanç		106.254	54.725	147.086	105.104
Kayıp		200.202	143.894	74.666	114.628
Değişim Yok		93.792	145.249	176.869	153.101
Uygun Değil		380.249	436.630	381.876	407.664

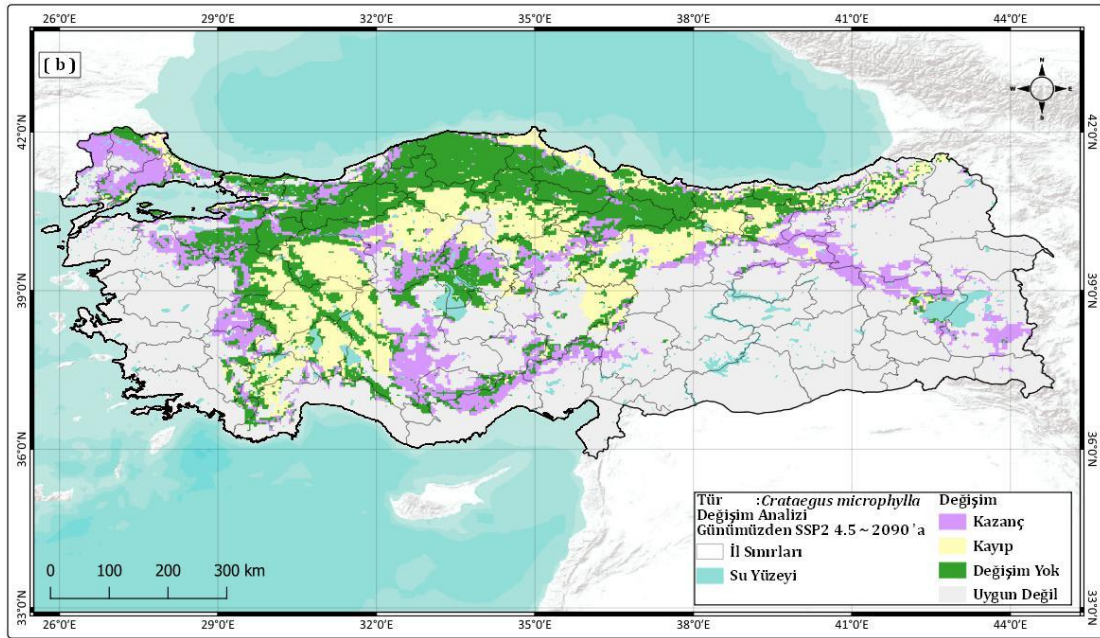
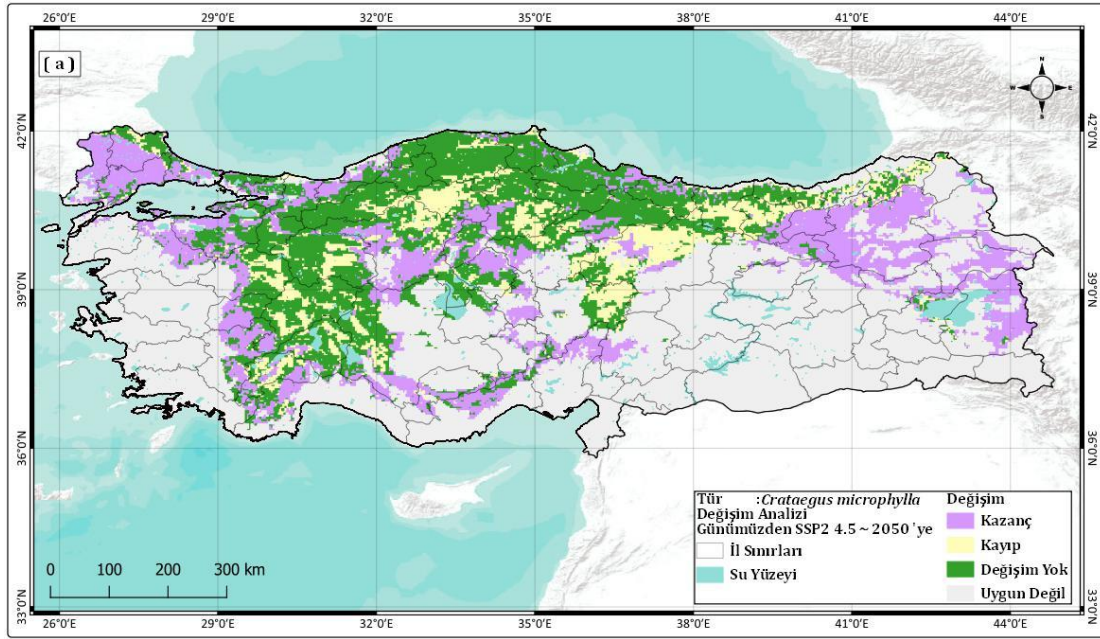
Çizelge 4. SSP3 7.0 ve SSP5 8.5 iklim senaryolarına göre değişim analizi sonuçları (km²)

<i>Crataegus microphylla</i> C. Koch	SSP3 7.0		SSP5 8.5	
	2041-2060	2081-2100	2041-2060	2081-2100
Değişim				
Kazanç	136.019	64.164	84.440	104.847
Kayıp	57.593	108.434	108.060	108.797
Değişim Yok	178.556	169.531	167.914	160.060
Uygun Değil	408.329	438.368	420.081	406.793

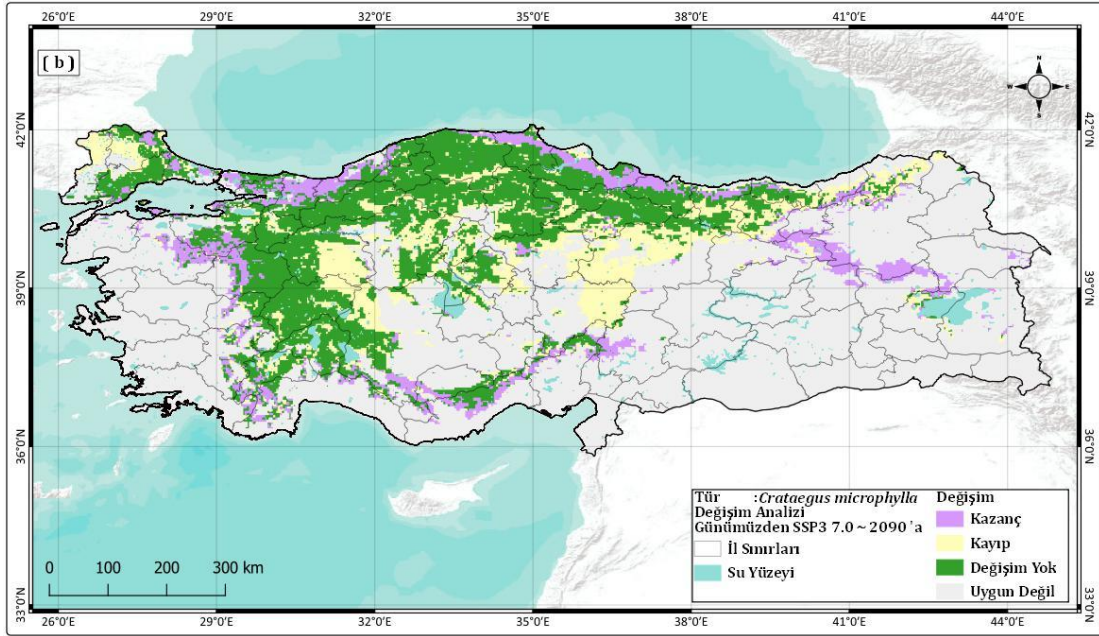
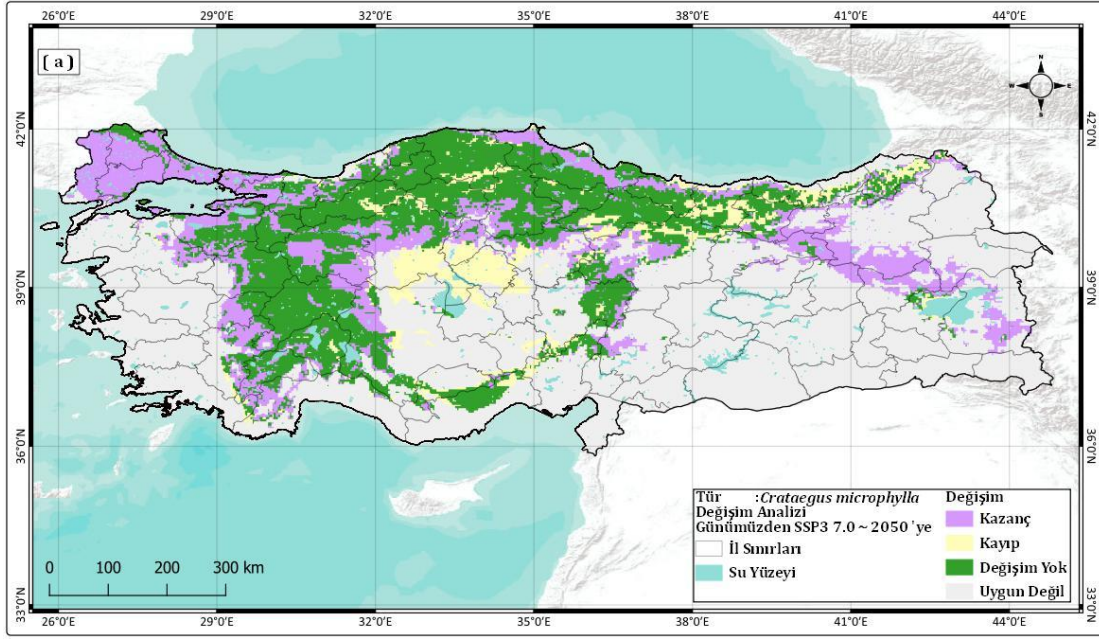
Buna göre günümüz ile SSP1 2.6 senaryosu 2041-2060 periyodunda 200.202 km²lik yayılış alanında kayıp olduğu ve buna karşılık 106.254 km²lik bir kazanç olduğu görülmektedir. Günümüzle SSP1 2.6 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde olmuş ve bu kayıp değerleri 143.894 km² lik alan kaplamaktadır. SSP2 4.5 senaryosu 2041-2060 periyodunda 74.666 km²lik yayılış alanında kayıp olduğu fakat buna karşılık 147.086 km²lik bir kazanç alan olduğu görülmektedir. Günümüzle SSP2 4.5 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde gerçekleşmiş ve bu alanlar 114.628 km² olmuştur. Günümüz ile SSP3 7.0 senaryosu 2041-2060 periyodundaki değişim analizi değerlendirildiğinde 57.593 km²lik kayıp alana karşılık 136.019 km²lik bir kazanç alan görülmektedir. Günümüzle SSP3 7.0 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde olmuş ve bu kayıp değerleri 108.434 km² lik alan kaplamaktadır. Günümüz ile SSP5 8.5 senaryosu 2041-2060 periyodundaki değişim analizi değerlendirildiğinde 108.060 km²lik kayıp alana karşılık 84.440 km²lik bir kazanç alan görülmektedir. Günümüzle SSP5 8.5 senaryosu 2081-2100 periyodunda ise tahmini yayılış alanı arasındaki değişim yine kayıp yönünde olmuş ve bu kayıp değerleri 108.797 km² lik bir alan kaplamaktadır.



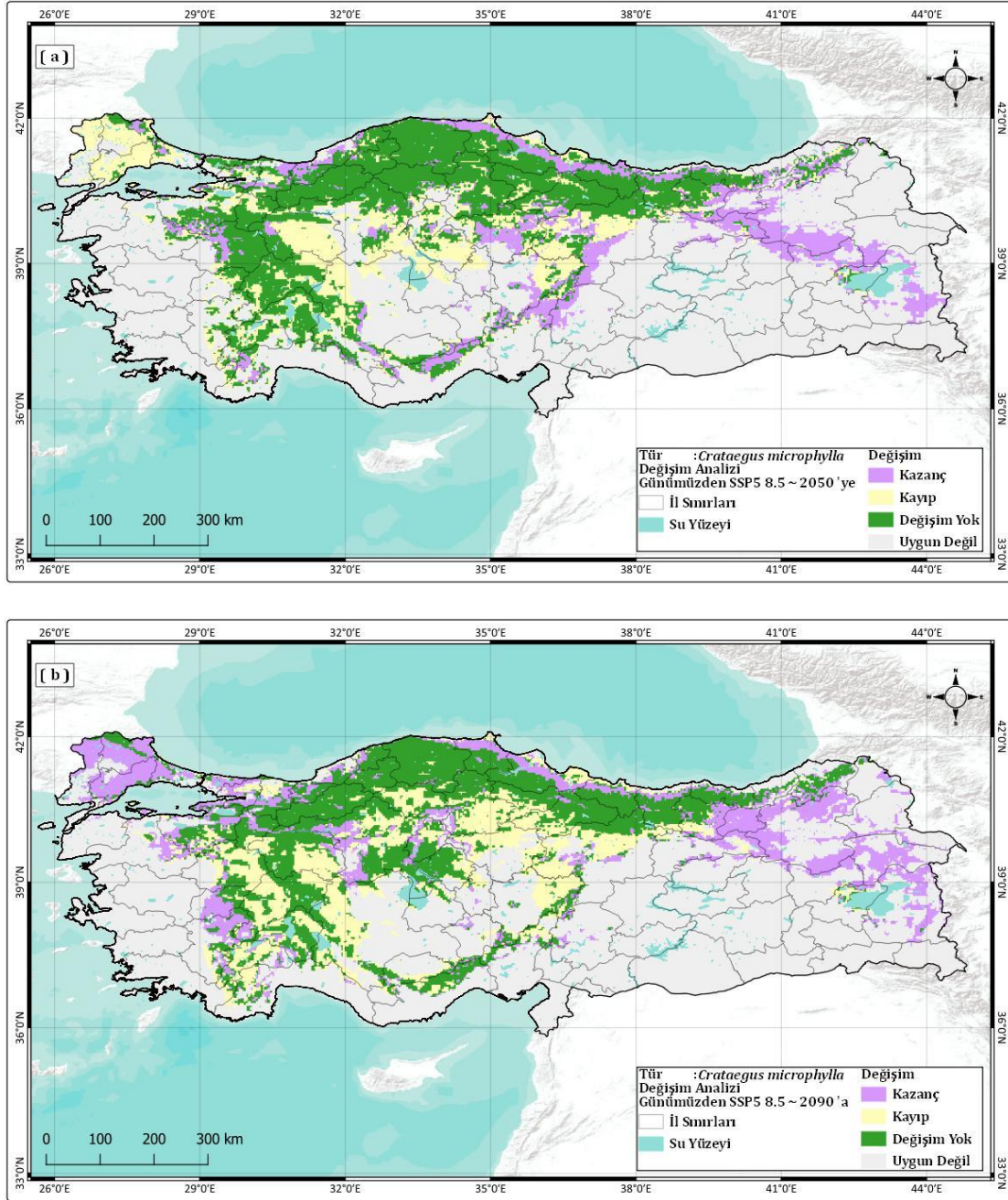
Şekil 9. Türün SSP1 2.6 iklim değişikliği senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki değişikliği



Şekil 10. Türün SSP2 4.5 iklim değişikliği senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki değişikliği



Şekil 11. Türün SSP3 7.0 iklim değişikliği senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki değişimi



Şekil 12. Türün SSP5 8.5 iklim değişikliği senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki değişimi

Crataegus microphylla C. Koch için oluşturulan modellerde türün SSP1 2.6 senaryolarına bakıldığında 2041-2060 ve 2081-2100 periyotlarında yayılışın azalacağı, SSP2 4.5 senaryolarına bakıldığında 2041-2060 periyodunda yayılışın tekrar artacağı fakat buna kıyasla 2081-2100 periyoduna bakıldığında ise yayılışın azalacağı, SSP3 7.0 senaryolarında yayılışın 2041-2060 periyodunda günümüze oranla bir artış yaşanacağı fakat 2081-2100 periyodunda tekrar türün yayılışının azalacağı ve son olarak SSP5 8.5 senaryolarında ise 2041-2060

periyodunda yayılışın tekrar artacağı fakat 2081-2100 periyodunda giderek azalacağı sonuçlarına varılmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda çevresel sorunların başında gelen küresel ısınma ve iklim değişiminin olumsuz etkilerin sonucunda, türlerin iklim değişikliğine tepkisi giderek artmaktadır. Yapılan güncel araştırmalara göre, iklim değişikliğinin habitatların parçalanmasında etkili faktörlerden birisi olduğu görülmektedir (Yı Yj ve Yang, 2016; Qin vd., 2017; Wang vd., 2017; Gülçin vd., 2021).

Türün gelecek zamanlarda da varlığını koruyup sürdürebilmesi için gerekli çalışmalar yapılması ve koruyucu önlemler alınması gerekmektedir. Maalesef iklim değişikliğinin büyük ölçüde önüne geçmek mümkün olamayacağından yapılması gereken çalışmaların başında bitkiyi kültüre almak ve gerekli bölgelerde türün devamlılığını sağlamak için in-situ (yerinde) ve ex-situ (saha dışı) koruma alanları belirlenmelidir. Bu yaklaşımla *Crataegus microphylla* C. Koch türüne bakıldığında Karadeniz bölgesinin kıyı kesimlerinin koruma alanı bakımından en uygun yer olduğu görülmektedir. Ekonomi, gıda ve sağlık anlamında değerli türlerden biri olan Alıç meyvesi ülkemizde çeşitli şekillerde tüketilmekte ve bazı özellikleri sebebiyle kullanımına çokça yer verdiğimiz değerli bir bitkidir. Meyveli bir bitki olması sebebiyle birçok kuş türünü kendine çekmekte ve bulunduğu bölgede biyolojik çeşitliliğin artmasına fazlasıyla katkıda bulunmaktadır. Aynı zamanda susuzluğa da oldukça dayanıklı olan bu bitki türü çok zor koşullara dayanabilmekte ve varlığını sürdürebilmektedir. Bu özellikleri sebebiyle de Peyzaj, Ormancılık, Tarımsal Ormancılık, Odun Dışı Orman Ürünü Üretimi, Özel Ormancılık ve Gıda sektörlerinde aranan ve kullanışlı bir bitkidir. Gelecekte ülkemiz adına değerli olan bu türü kaybetmemek için çeşitli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ülkemiz için ekonomik değere sahip olan bu türün yetiştiriciliğinin artırılması çözümlerden biri olabilir. Birçok sektörde aranan bir tür olması sebebiyle *Crataegus* bitkisinin uzun ömürlü olması ve nesilden nesile aktarılması oldukça önemlidir. Bu çalışma ile potansiyel olarak günümüz ve gelecek için belirlenen alanlar doğru yer seçimi için önemli bilgiler sağlamıştır. Bu sayede bitkinin gelecekteki yaşam alanı ortaya çıkarılmıştır. İhtiyaca göre ilgili kurumlar tarafından koruma önlemleri geliştirilebilecek ve bu bitkilerin iklim senaryolarına bağlı yayılış alanları ile ilgili sonuçları bu konuda yol gösterici rol oynayacaktır.

KAYNAKLAR:

Abdelaal, Mohamed, Mauro Fois, Giuseppe Fenu, ve Gianluigi Bacchetta. (2019). "Using MaxEnt modeling to predict the potential distribution of the endemic plant *Rosa arabica* Crép. in Egypt". *Ecological informatics* 50:68-75.

Arslan, E. Seda, Ayhan Akyol, Ömer K. Örucü, ve Ayşe Gül Sarıkaya. (2020). "Distribution of rose hip (*Rosa canina* L.) under current and future climate conditions". *Regional Environmental Change* 20(3):1-13.

Arslan, E. Seda, Derya Gülçin, Ayşe Gül Sarıkaya, Zafer Ölmez, Süleyman Gülcü, ŞEN İsmail, ve Ömer K. Örucü. (2021). "Kokulu Ardiç'in (*Juniperus foetidissima* Willd.) Günümüz ve Gelecekteki Potansiyel Yayılışının Makine Öğrenmesi ile Modellenmesi". *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (22):1-12.

Chakraborty, Anusheema, PK Joshi, ve Kamna Sachdeva. 2016. "Predicting distribution of major forest tree species to potential impacts of climate change in the central Himalayan region". *Ecological Engineering* 97:593-609.

Çoban, H. Oğuz, Ömer K. Örucü, ve E. Seda Arslan. (2020). "MaxEnt Modeling for Predicting the Current and Future Potential Geographical Distribution of *Quercus libani* Olivier". *Sustainability* 12(7):2671.

Davis, Peter Hadland. 1965. "Flora of Turkey." *Flora of Turkey*.

Friend, Andrew D., Wolfgang Lucht, Tim T. Rademacher, Rozenn Keribin, Richard Betts, Patricia Cadule, Philippe Ciais, Douglas B. Clark, Rutger Dankers, ve Pete D. Falloon. 2014. "Carbon residence time dominates uncertainty in terrestrial vegetation responses to future climate and atmospheric CO₂". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(9):3280-85.

GBIF (2021) GBIF.org Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.bmqbu2>

Gülçin, Derya, E. Seda Arslan, ve Ömer K. Örucü. (2021). "Effects of climate change on the ecological niche of common hornbeam (*Carpinus betulus* L.)". *Ecological Informatics* 66:101478.

Hajima, Tomohiro, Michio Watanabe, Akitomo Yamamoto, Hiroaki Tatebe, Maki A. Noguchi, Manabu Abe, Rumi Ohgaito, Akinori Ito, Dai Yamazaki, ve Hideki Okajima. (2020). "Development of the MIROC-ES2L Earth system model and the evaluation of biogeochemical processes and feedbacks". *Geoscientific Model Development* 13(5):2197-2244.

Hüseyin Cahid Doğan. 1859. "Kocaeli Bitkileri".

IPCC. 2014. *Climate change (2014): synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ipcc.

Kew. 2022. "Royal Botanic Gardens KEW. Plants of the world Online." <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:723799-1>

Li, Guoqing, Jinghua Huang, Hua Guo, ve Sheng Du. (2020). "Projecting species loss and turnover under climate change for 111 Chinese tree species". *Forest Ecology and Management* 477:118488.

Manish, Kumar, Yasmeen Telwala, Dinesh C. Nautiyal, ve Maharaj K. Pandit. (2016). "Modelling the impacts of future climate change on plant communities in the Himalaya: a case study from Eastern Himalaya, India". *Modeling Earth Systems and Environment* 2(2):1-12.

Nautiyal, Niyati, Jinniu Wang, Wu Ning, Narayan Prasad Gaire, Shi Peili, Wei Yanqiang, He Jiali, ve Shi Ning. 2021. "Potential distribution of *Abies*, *Picea*, and *Juniperus* species in the sub-

alpine forest of Minjiang headwater region under current and future climate scenarios and its implications on ecosystem services supply". *Ecological Indicators* 121:107131.

Ncube, Beauty, Munyaradzi Davis Shekede, Isaiah Gwitira, ve Timothy Dube. (2020). "Spatial modelling the effects of climate change on the distribution of *Lantana camara* in Southern Zimbabwe". *Applied Geography* 117:102172.

Prevéy, Janet S., Lauren E. Parker, ve Constance A. Harrington. (2020). "Projected impacts of climate change on the range and phenology of three culturally-important shrub species". *PloS one* 15(5):e0232537.

Qin, Aili, Bo Liu, Quanshui Guo, Rainer W. Bussmann, Fanqiang Ma, Zunji Jian, Gexi Xu, ve Shunxiang Pei. (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* 10:139-46.

Türkiye Bitkileri. 2022. "Türkiye Bitkileri.com . Plants of Turkey."

Wang, YQ, JF Ma, XQ Li, YF Wang, S. Cao, AT Xie, SF Ye, BX Dong, WX Zhao, ve YX Qin. (2017). "The distribution of *Athetis lepigone* and prediction of its potential distribution based on GARP and MaxEnt". *Journal of Applied Entomology* 141(6):431-40.

Yı Yj, Cheng X., ve Zf Yang. (2016). "MaxEnt modeling for predicting the potential distribution of endangered medicinal plant (*H. riparia*, Lour) in Yunnan". *China* 92:260-69.

Zhao, Haoxiang, Hua Zhang, ve Cungang Xu. (2020). "Study on *Taiwania cryptomerioides* under climate change: MaxEnt modeling for predicting the potential geographical distribution". *Global Ecology and Conservation* 24:e01313.