



Küresel İklim Değişikliğinin Bolu'da Bazı İklim Parametreleri ve İklim Tiplerine Etkisi

İsmail KOÇ^{1*}

¹Düzce Üniversitesi, Ormanlık Meslek Yüksekokulu, 81620, Düzce

Öz

Günümüzün en önemli sorunu olan küresel iklim değişikliğinin dünyadaki tüm canlılar üzerinde doğrudan ya da dolaylı etkisi vardır. Bu çalışma kapsamında Bolu ilinin küresel iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklık, yağış ve bunlara bağlı olarak da iklim yapısında meydana gelebilecek değişikliklerin RCP 45 ve RCP 85 senaryoları kullanılarak günümüzdeki durum ile 2050 ve 2070 yıllarındaki durum karşılaştırılmış, bu süreçte sıcaklık ve yağış ile bunlara bağlı olarak De Martonne, Lang ve Emberger iklim sınıflandırmasına göre iklim tiplerindeki meydana gelebilecek değişiklikler belirlenmiştir. Çalışma sonuçları gelecek yıllarda Bolu il genelinde sıcaklık, yağış ve bunlara bağlı olarak iklim sınıflarında önemli ölçüde değişiklik olacağını göstermektedir. Bu değişikliğin özellikle sıcaklık artışı şeklinde olacağı ve bu durumun iklim tipinde çok sert değişikliklere sebep olacağı öngörülmektedir. Çalışma sonuçlarına göre De Martonne iklim sınıflandırmasına göre günümüzde il genelinin yaklaşık %43,94'ünde nemli ve %27,16'sında çok nemli iklim hüküm sürerken 2070 yılında RCP 45 senaryosuna göre ilin yaklaşık %33,49'u nemli ve %17,71'inde çok nemli, RCP 85 senaryosuna göre ise ilin yaklaşık %35,21'i nemli ve %8,97'si de çok nemli iklimin etkisi altında olacaktır. Benzer şekilde Lang iklim sınıflandırmasına göre günümüzde Bolu'nun sadece %0,71'inde kurak iklim hüküm sürerken 2070 yılında bu oran RCP 45 senaryosuna göre %18,17 ve RCP 85 senaryosuna göre ise %30,41 seviyesine çıkacaktır.

Anahtar Kelimeler: Bolu, iklim değişikliği, RCP 45, RCP 85.

The Effect of Global Climate Change on Some Climate Parameters and Climate Types in Bolu

Abstract

Global climate change, the most crucial problem today, directly or indirectly affects all living things globally. Within the scope of this study, the current situation and the situation in 2050 and 2070 were compared using the RCP 45 and RCP 85 scenarios of the changes that may occur in the temperature, precipitation, and climate structure of the Bolu province due to global climate change. In this process, possible changes in climate types that may occur were determined according to the climate classification of De Martonne, Lang, and Emberger, depending on temperature and precipitation. As a result, the temperature, precipitation, and climate classes will change significantly depending on temperature and precipitation in Bolu province in the future, and this change will be in the form of a temperature increase. It is predicted that this situation may cause very drastic changes in the climate type. As a result, according to the De Martonne climate classification, today, a humid climate prevails in approximately 43.94% of the province and very humid in 27.16%. In 2070, according to the RCP 45 scenario, approximately 33.49% of the province will be humid, and 17.71% will have a very humid climate, while according to the RCP 85 scenario, approximately 35.21 and 8.97% of the province will prevail under a humid and very humid climate. Similarly, according to the Lang climate classification, while arid climate prevails in only 0.71% of Bolu today, this rate will increase to 18.17 and 30.41 % according to the RCP 45 and 85 scenarios in 2070, respectively.

Keywords: Bolu, climate change, RCP 45, RCP 85.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

İsmail KOÇ (Dr. Öğr. Görevlisi); Düzce Üniversitesi, Ormanlık Meslek Yüksekokulu, 81620 Düzce-Türkiye. Tel: +90 (380) 542 3220, E-mail: ismailkoc@duzce.edu.tr ORCID: 0000-0001-5847-9155

Geliş (Received) : 04.06.2021
Kabul (Accepted) : 11.08.2021
Basım (Published) : 15.08.2021

1. Giriş

Dünyada son yüzyılda meydana gelen değişimler, dünyadaki neredeyse bütün canlı yaşamını etkileyen bir süreçte sebep olmuştur. Özellikle son 30-40 yıl içerisinde sanayi ve teknolojik alanda yaşanan gelişmeler enerji ve hammadde ihtiyacını artırmış, bu ihtiyaçların karşılanabilmesi amacıyla yürütülen faaliyetler, yeraltındaki mineral kaynakların çıkartılarak sanayideki hammadde olarak kullanılmasına sebep olmuştur (Cesur vd., 2021; Koc, 2021a). Yeraltındaki mineral yatakların yoğun kullanımı hava, su ve toprakta (Bayraktar, 2020; Turkeyilmaz vd., 2020; Ucun Ozel vd., 2020) kirlenici miktarlarının, özellikle fosil yakıtların kullanımı da atmosferdeki CO₂ konsantrasyonunun artmasına sebep olmuştur (Cetin vd., 2019a). Bu süreçte atmosferin yapısında meydana gelen değişimlere bağlı olarak iklimde küresel çapta normal seyrin dışında değişiklikler meydana gelmiştir. Bu değişiklikler küresel boyutta olduğundan “Küresel İklim Değişikliği” olarak isimlendirilmektedir.

İklimde meydana gelen bu değişiklikler, dünyanın çözmek zorunda olduğu en büyük sorunların başında gelmektedir (Cetin, 2020). Çünkü iklim, dünyadaki bütün canlı yaşamını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir (Ozkazanc vd., 2019; Sevik vd., 2021). Yapılan çalışmalar küresel iklim değişikliğinin en önemli etkilerinin sıcaklık artışı ve su kaynaklarının azalması şeklinde kendini göstereceğini (Varol vd., 2021a), orman yangınları, kuraklık, seller, çölleşme ve erozyon gibi iklime bağlı doğal afetler ve ekolojik bozulma oranlarını artıracakını ortaya koymaktadır (Talu vd., 2010; UNCCS, 2019; Chugunkova ve Pyzhev, 2020).

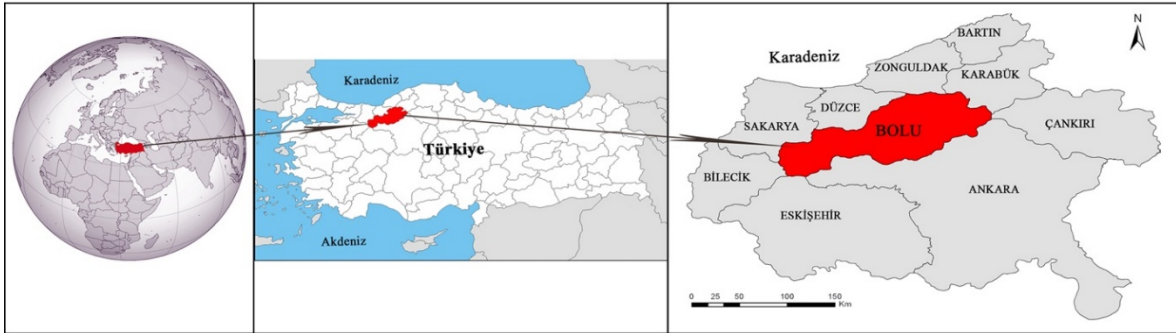
Türkiye, iklim değişikliğine karşı oldukça hassas ve “risk altındaki ülkeler” arasında yer almakta olup, geleceğe yönelik iklim projeksiyonlarında 2100 dönemine kadar Türkiye'nin yıllık sıcaklığının tüm ülke genelinde artacağı ve bazı bölgelerde sıcaklık artışlarının 6 °C'ye kadar çıkabileceği öngörülmektedir (Dalfes vd. 2007; Varol vd., 2021a). Ayrıca Türkiye'nin kuzey yarısının yaz yağışlarında güney yarından çok daha büyük bir düşüş yaşayacağı tahmin edilmektedir (Talu vd., 2010).

Küresel iklim değişikliğinin geri döndürülemez olduğu, alınacak önlemler ile ancak belli oranda yavaşlatılabileceği belirtilmektedir. Bu süreçte oluşabilecek değişikliklerin belirlenmesi için de çeşitli senaryolar geliştirilmekte ve olası değişikliklerin önceden belirlenerek alınabilecek önlemlerin belirlenmesine çalışılmaktadır. Bu çalışmada da ülkemizin önemli kentlerinden birisi olan Bolu genelinde küresel iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklık, yağış ve bunlara bağlı olarak da iklim yapısında meydana gelebilecek değişikliklerin farklı iklim senaryolarına göre belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışma Türkiye'nin batı Karadeniz bölgesinde yer alan Bolu ilinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının konumu Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Araştırma alanının konumu.

2.2. Metot

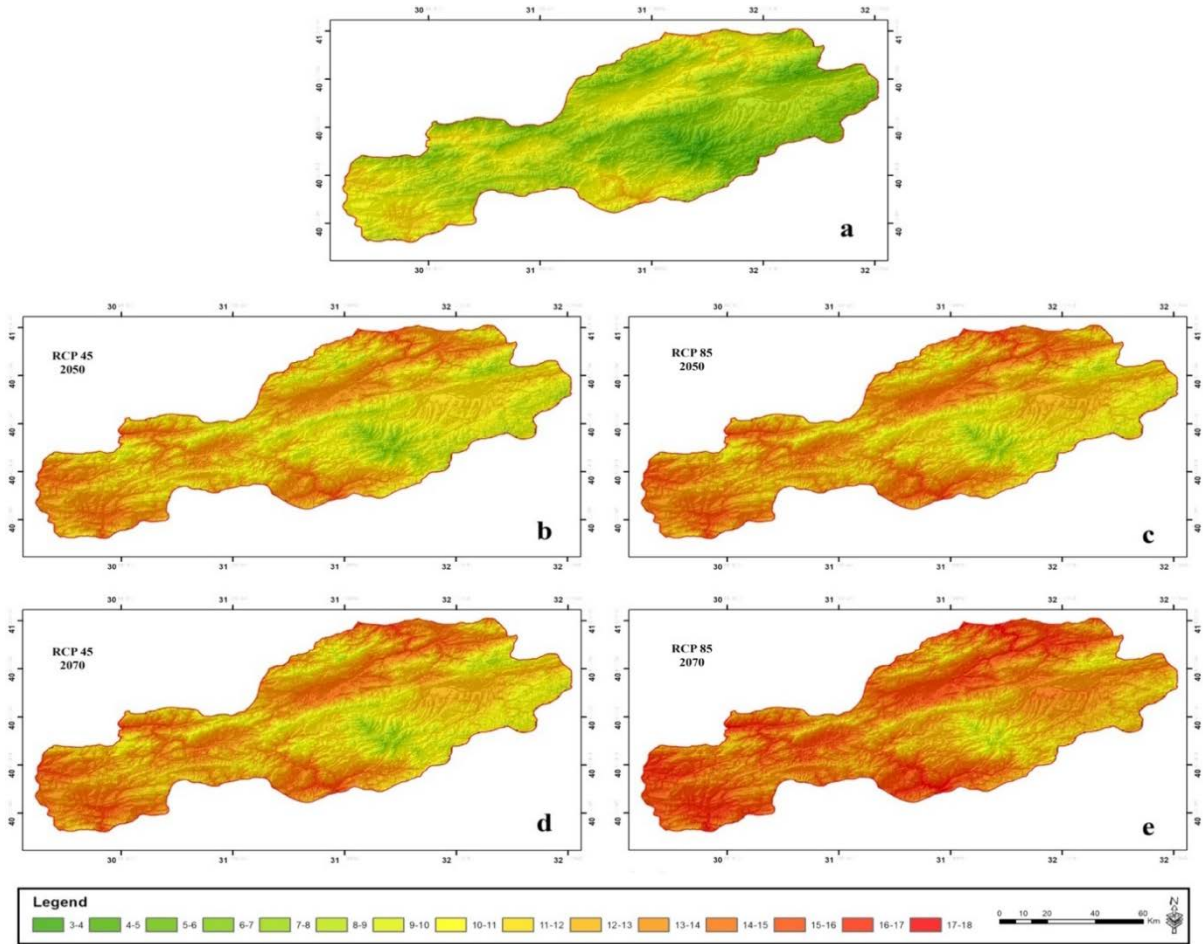
Çalışmanın temelini Uluslararası İklim değişikliği Paneli (IPCC) 5. Değerlendirme Raporu için hazırlanan HadGEM2-ES Küresel Dolaşım Modeli grubu içinde üretilen Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs: Representative Concentration Pathways), RCP 45 ve RCP 85 senaryoları oluşturmaktadır. IPCC tarafından IPCC

5. Değerlendirme Raporu'nda kullanılacak iklim değişikliği senaryolarından ülkemiz için en kullanışlı olanlarının RCP 45 ve RCP 85 olduğu belirtilmektedir (Demircan vd., 2014).

Çalışma kapsamında Representative Concentration Pathway (RCP) 45 ve 85 senaryolarına göre 2050 ve 2070 yıllarında iklim parametrelerinden sıcaklık ve yağışın nasıl değişeceği, bu değişime bağlı olarak da iklimin nasıl şekilleneceği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında sıcaklık ve yağış ile De Martonne, Emberger ve Lang iklim sınıflandırmalarına göre iklim tipleri belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan bu iklim sınıflandırmaları, dünya genelinde en fazla kullanılan iklim sınıflarından olması dolayısıyla tercih edilmiştir. Üretilen haritalar yardımıyla sıcaklık ve yağış parametreleri ile De Martonne, Emberger ve Lang iklim sınıflarına göre iklim tiplerinin günümüzdeki durumu ile 2050 ve 2070 yılı için nasıl değişim göstereceği tahmin edilmeye çalışılmıştır.

3. Bulgular

Çalışma sonucunda Bolu ili yıllık ortalama sıcaklığının mevcut durumu ile çalışmaya konu senaryolara göre 2050 ve 2070 yıllarındaki değişimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Sıcaklık Değişimi; a) Günümüz, b) RCP 45 senaryosu 2050 yılı c) RCP 85 senaryosu 2050 yılı d) RCP 45 senaryosu 2070 yılı e) RCP 85 senaryosu 2070 yılı.

Bolu il genelinde sıcaklık değişimi incelendiğinde günümüzde ilin ortalama sıcaklığının 3 °C ile 18 °C arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 2a). Bolu ilinin toplam alanının yaklaşık olarak %0,27'sinin sıcaklığı 4 °C'nin altında ve %0,46'sının 12 °C'nin üzerinde bulunmaktadır. Ortalama sıcaklık ilin yaklaşık %1,18, 3,64, 11,87, 15,58, 24,51, 19,24, 17,49 ve 5,75'i sıralı olarak 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, 8-9, 9-10, 10-11 ve 11-12 °C arasında bulunmaktadır. İl genelinde 13 °C'nin üzerinde hiçbir alan bulunmamaktadır (Şekil 2a).

RCP 45 senaryosuna göre 2050 yılında il genelinde sıcaklığın 6 °C ile 16 °C arasında değişeceği tahmin edilmektedir (Şekil 2b). RCP 45 senaryosuna göre yapılan hesaplamalar sonucunda 2050 yılında ilin sadece

0,18'inde ortalama sıcaklığın 7 °C'nin altında olacağı buna karşın yaklaşık %0,50'sinde ise 15 °C'nin üzerinde olacağı öngörülmektedir (Şekil 2b). Bunun dışında ise ortalama sıcaklığın ilin yaklaşık %0,92'sinde 7 °C ile 8 °C arasında, %3,38'inde 8 °C ile 9 °C arasında, %10,94'ünde 9 °C ile 10 °C arasında, %16,70'inde 10 °C ile 11 °C arasında, %23,37'sinde 11 °C ile 12 °C arasında, %19,99'unda 12 °C ile 13 °C arasında, %18,52'sinde 13 °C ile 14 °C arasında ve %5,50'sinde ise 14 °C ile 15 °C arasında olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 2b).

RCP 85 senaryosuna göre 2050 yılında il genelinde sıcaklığın 6 °C ile 17 °C arasında değişeceği ve il genelinin sadece %0,01'inde ortalama sıcaklığın 7 °C'nin altında olacağı, %0,16'sında ise 16 °C'nin üzerinde olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 2c). RCP 85 senaryosuna göre 2050 yılında ortalama sıcaklığın ilin yaklaşık %0,36'sında 7 °C ile 8 °C arasında, %1,29'unda 8 °C ile 9 °C arasında, %5,08'inde 9 °C ile 10 °C arasında, %13,40'ında 10 °C ile 11 °C arasında, %18,50'sinde 11 °C ile 12 °C arasında, %23,36'sında ise 12 °C ile 13 °C, %19,69'unda ise 13 °C ile 14 °C, %14,85'inde ise 14 °C ile 15 °C ve %3,30'unda ise 15 °C ile 16 °C arasında olacağı öngörülmektedir (Şekil 2c).

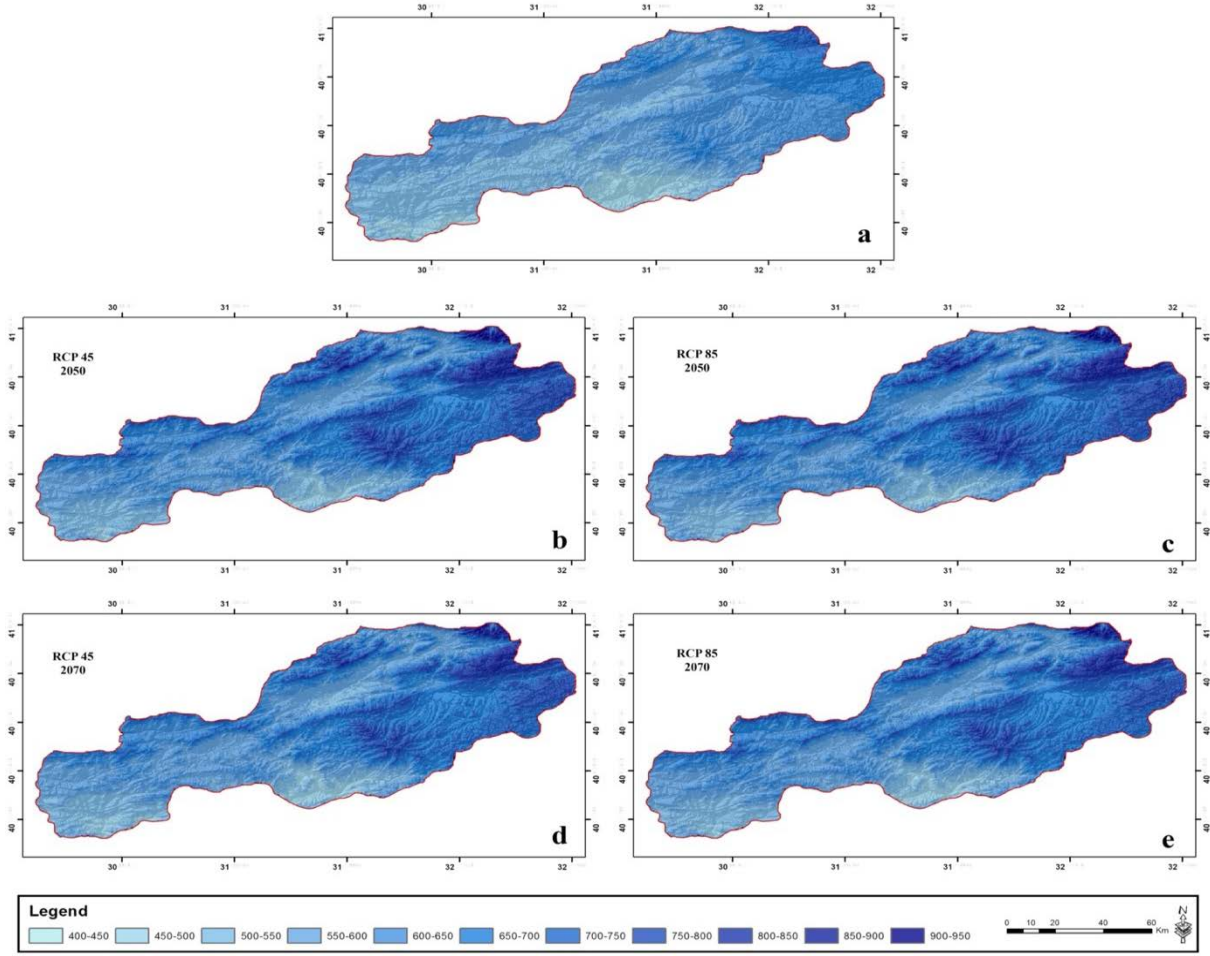
Yapılan hesaplamalara göre il genelinde sıcaklık 2070 yılında daha da artacaktır. RCP 45 senaryosuna göre 2070 yılında il genelinde sıcaklığın 9 °C ile 17 °C arasında değişeceği, ilin sadece 0,02'sinde ortalama sıcaklığın 7 °C'nin altında olacağı buna karşın yaklaşık %0,13'ünde ise 16 °C'nin üzerinde olacağı öngörülmektedir (Şekil 2d). Bunun dışında ise ortalama sıcaklığın ilin yaklaşık %0,38'inde 7 °C ile 8 °C arasında, %1,37'sinde 8 °C ile 9 °C arasında, %5,50'sinde 9 °C ile 10 °C arasında, %13,64'ünde 10 °C ile 11 °C arasında, %18,72'sinde 11 °C ile 12 °C arasında, %23,23'ünde 12 °C ile 13 °C arasında, %19,81'inde 13 °C ile 14 °C arasında, %14,27'sinde 14 °C ile 15 °C arasında ve %2,94'ünde ise 15 °C ile 16 °C arasında olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 2d).

RCP 85 senaryosuna göre ise 2070 yılında il genelinde sıcaklığın 8 °C ile 19 °C arasında değişeceği ve il genelinin sadece %0,13'ünde ortalama sıcaklığın 9 °C'nin altında olacağı, %0,68'inde ise 17 °C'nin üzerinde olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 2e). RCP 85 senaryosuna göre 2070 yılında ortalama sıcaklığın ilin yaklaşık %0,81'inde 9 °C ile 10 °C arasında, %2,72'sinde 10 °C ile 11 °C arasında, %10'unda 11 °C ile 12 °C arasında, %16,05'inde 12 °C ile 13 °C arasında, %22,63'ünde 13 °C ile 14 °C arasında, %21,24'ünde 14 °C ile 15 °C arasında, %19,15'inde 15 °C ile 16 °C arasında ve %6,59'unda ise 16 °C ile 17 °C arasında olacağı öngörülmektedir (Şekil 2e).

Çalışmaya konu senaryolara göre Bolu'da 2050 ve 2070 yıllarındaki yağış değişimi Şekil 3'de verilmiştir. Bolu'da günümüzde yıllık yağış ortalamasının 400 mm ile 800 mm arasında değiştiği hesaplanmıştır (Şekil 3a). Yapılan hesaplamalara göre yıllık yağış miktarı ilin yaklaşık %0,11'inde 450 mm'nin altında iken %0,31'inde 750 mm'nin üzerindedir. Yıllık yağış toplamı il genelinin yaklaşık %7,83'ünde, %23,88'inde, %27,78'inde, %27,33'ünde, %10,96'sında ve %1,81'inde sırasıyla yaklaşık 450-500 mm, 500-550 mm, 550-600 mm, 600-650 mm, 650-700 mm ve 700-750 mm olarak hesaplanmıştır (Şekil 3a).

RCP 45 senaryosuna göre 2050 yılında il genelinde ortalama yıllık yağışın 450 mm ile 950 mm arasında değişeceği tahmin edilmektedir (Şekil 3b). RCP 45 senaryosuna göre yapılan hesaplamalar sonucunda 2050 yılında toplam yıllık yağış miktarının ilin yaklaşık %1,96'sında 500 mm'nin altında, %8,95'inde 500-550 mm, %20,47'sinde 550-600 mm, %18,47'sinde 600-650 mm, %16,28'inde 650-700 mm, %17,13'ünde 700-750 mm, %10,96'sında 750-800 mm, %3,37'sinde 800-850 mm, %1,99'unda 850-900 mm ve %0,42'sinde ise 900 mm'nin üzerinde olacağı öngörülmektedir (Şekil 3b). RCP 85 senaryosuna göre ise 2050 yılında yağış miktarı 450 mm ile 950 mm arasında değişecek ve ilin yaklaşık %1,08'i 500 mm'nin altında, %0,49'u ise 900 mm'nin üzerinde yağış alacaktır (Şekil 3c). Bunun dışında yağış miktarının ilin yaklaşık %7,46'sında 500-550 mm, %17,44'ünde 550-600 mm, %20,14'ünde 600-650 mm, %16,21'inde 650-700 mm, %17,74'ünde 700-750 mm, %12,59'unda 750-800 mm, 4,54'ünde 800-850mm ve %2,32'sinde de 850-900 mm arasında olacağı öngörülmektedir (Şekil 3c).

2070 yılında ise RCP 45 senaryosuna göre il genelinde yağış miktarı 450 mm ile 950 mm arasında değişecek ve ilin yaklaşık %3,53'ü 500 mm'nin altında, %10,41'i 500-550 mm, %23,39'u 550-600 mm, %16,87'si 600-650 mm, %17,65'i 650-700 mm, %16,01'i 700-750 mm, %8,15'i 750-800 mm, %2,57'si 800-850 mm, %1,28'i 850-900 ve %0,14'ü de 900 mm'nin üzerinde yağış alacaktır (Şekil 3d). RCP 85 senaryosuna göre ise 2070 yılında il genelinde yağış miktarı 450 mm ile 950 mm arasında değişecek ve ilin yaklaşık %2,57'si 500 mm'nin altında ve %0,23'ü ise 900 mm'nin üzerinde yağış alacaktır (Şekil 3e). Bunun dışında ilin yaklaşık %8,77'si 500-550 mm, %21'i 550-600 mm, %18,41'i 600-650 mm, %19,10'u 650-700 mm, %16,85'i 700-750 mm, %8,99'u 750-800 mm, %2,78'i 800-850 mm ve %1,30'u da 850-900 mm yağış alacağı tahmin edilmektedir (Şekil 3e).

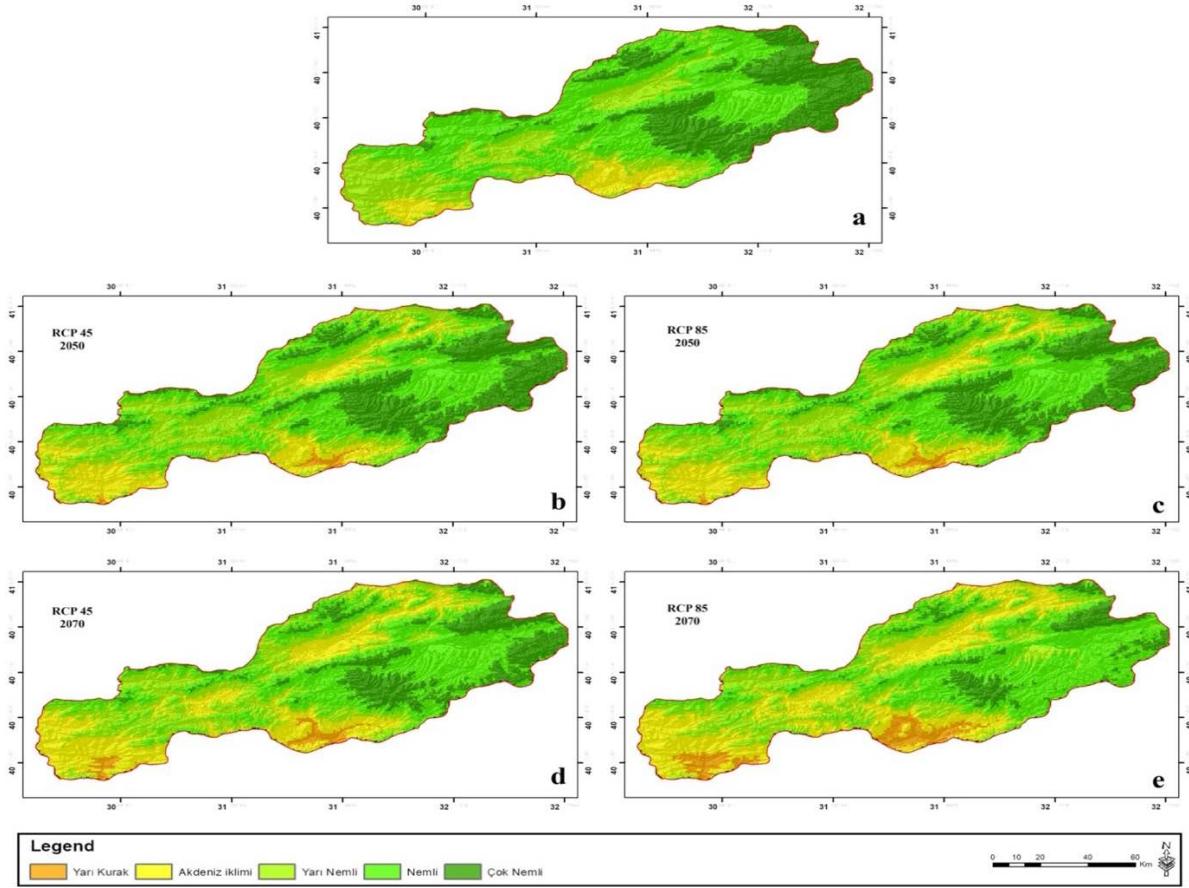


Şekil 3. Yağış Değişimi a) Günümüz, b) RCP 45 senaryosu 2050 yılı c) RCP 85 senaryosu 2050 yılı d) RCP 45 senaryosu 2070 yılı e) RCP 85 senaryosu 2070 yılı.

Çalışmaya konu senaryolara göre, Bolu ilinin günümüz ile 2050 ve 2070 yıllarında sıcaklık ve yağış durumu bakımından iklim sınıfları belirlenmiş ve De Martonne iklim sınıflarına göre, iklimin süreç içerisindeki değişimi Şekil 4'te verilmiştir. De Martonne iklim sınıflandırmasına göre günümüzde Bolu ilinin yaklaşık %0,02'sinde yarı kurak iklim hüküm sürerken sırasıyla %6,27'sinde Akdeniz iklimi, %22,60'ında yarı nemli, %43,94'ünde nemli ve %27,16'sında çok nemli iklim hüküm sürmektedir (Şekil 4a).

2050 yılında sıcaklık artışıyla beraber iklimin üzerinde bazı değişikliklerin olacağı öngörülmektedir. Bolu il genelinde 2050 yılında RCP 45 senaryosuna ilin %0,94'ünde yarı kurak iklim hüküm sürerken %13,32'sinde Akdeniz iklimi, 27,15'inde yarı nemli iklim, %33,29'unda nemli ve %25,30'unda çok nemli iklim etkisi altında olacaktır (Şekil 4b). RCP 85 senaryosuna göre ise yarı kurak iklimin hüküm süreceği alanlar ilin %1,06'sını kapsayacak, ilin yaklaşık %14,75'inde Akdeniz iklimi, %27,53'ünde yarı nemli, %33,93'ünde nemli ve %22,72'sinde çok nemli iklim hüküm sürecektir (Şekil 4c).

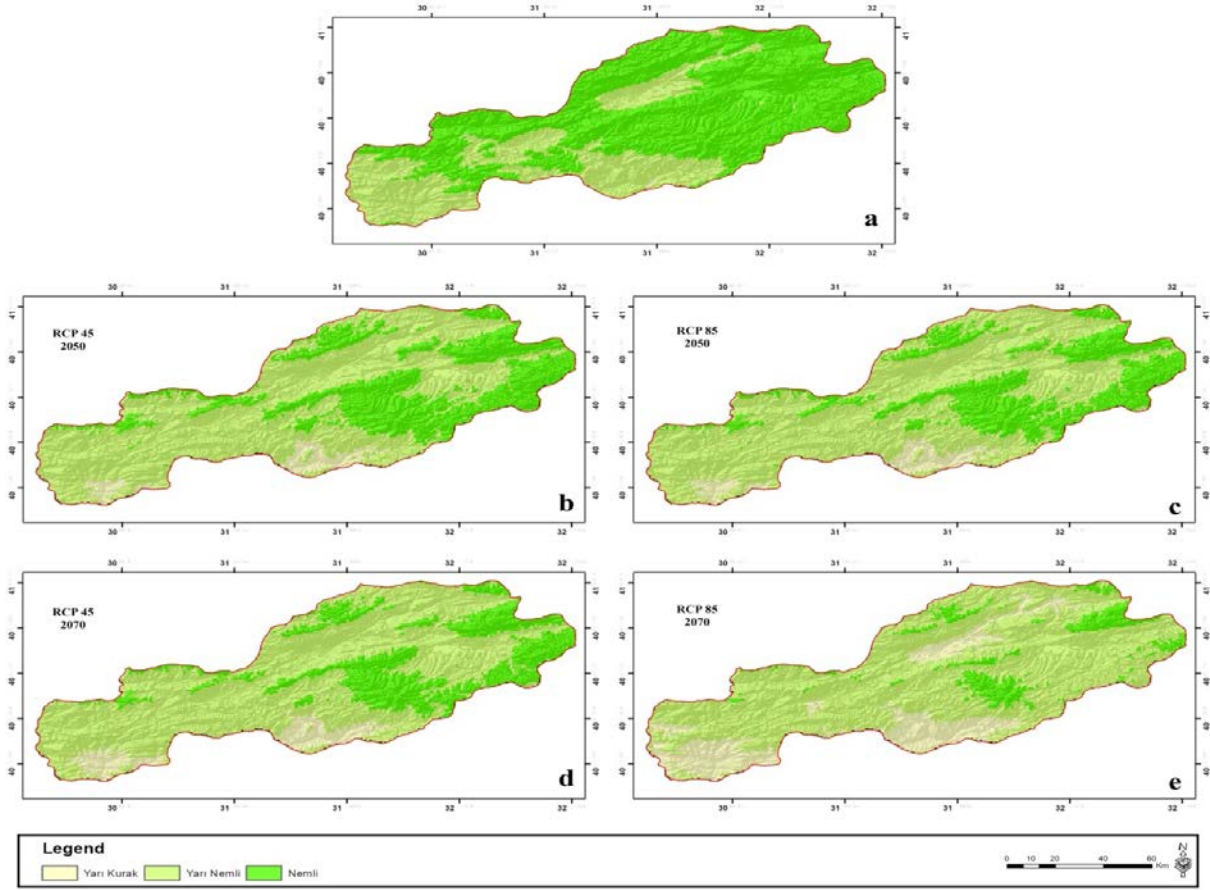
2070 yılında ise durum daha da ciddileşecek ve ilin, RCP 45 senaryosuna göre il genelindeki yarı kurak iklim alanı %2,20'ye çıkarken (Şekil 3d), RCP 85 senaryosuna göre bu iklim tipi il alanının %5,19'una ulaşacaktır (Şekil 4e). RCP 45 senaryosuna göre ilin yaklaşık %21,33'ü Akdeniz iklimi, %25,26'sı yarı nemli iklim, %33,49'u nemli ve %17,71'i de çok nemli iklimin etkisi altında olacaktır (Şekil 4d). RCP 85 senaryosuna göre ise ilin yaklaşık %25,41'i Akdeniz iklimi, %25,22'si yarı nemli iklimi, %35,21'i nemli iklim ve %8,97'si de çok nemli iklimin etkisi altında olacaktır (Şekil 4e).



Şekil 4. De Martonne iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının değişimi; a) Günümüz, b) RCP 45 senaryosu 2050 yılı c) RCP 85 senaryosu 2050 yılı d) RCP 45 senaryosu 2070 yılı e) RCP 85 senaryosu 2070 yılı.

Emberger iklim sınıflarına göre, iklimin süreç içerisindeki değişimi Şekil 5'te verilmiştir. Emberger iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının değişimi incelendiğinde, süreç içerisinde olması öngörülen değişimin ne kadar şiddetli ve durumun ne kadar ciddi olacağı daha net olarak anlaşılmaktadır. Emberger iklim sınıflandırmasına göre günümüzde Bolu'nun yaklaşık %0,10'unda yarı kurak, %31,39'unda yarı nemli ve %68,51'inde nemli iklim hüküm sürerken (Şekil 5a), 2050 yılında RCP 45 senaryosuna göre ilin yaklaşık %3,98'inde yarı kurak, %64,26'sında yarı nemli ve %31,76'sında nemli iklim hüküm sürecektir (Şekil 5b). RCP 85 senaryosuna göre ise ilin yaklaşık %4,86'sında yarı kurak, %67,31'inde yarı nemli ve %27,83'ünde de nemli iklim hüküm sürecektir (Şekil 5c).

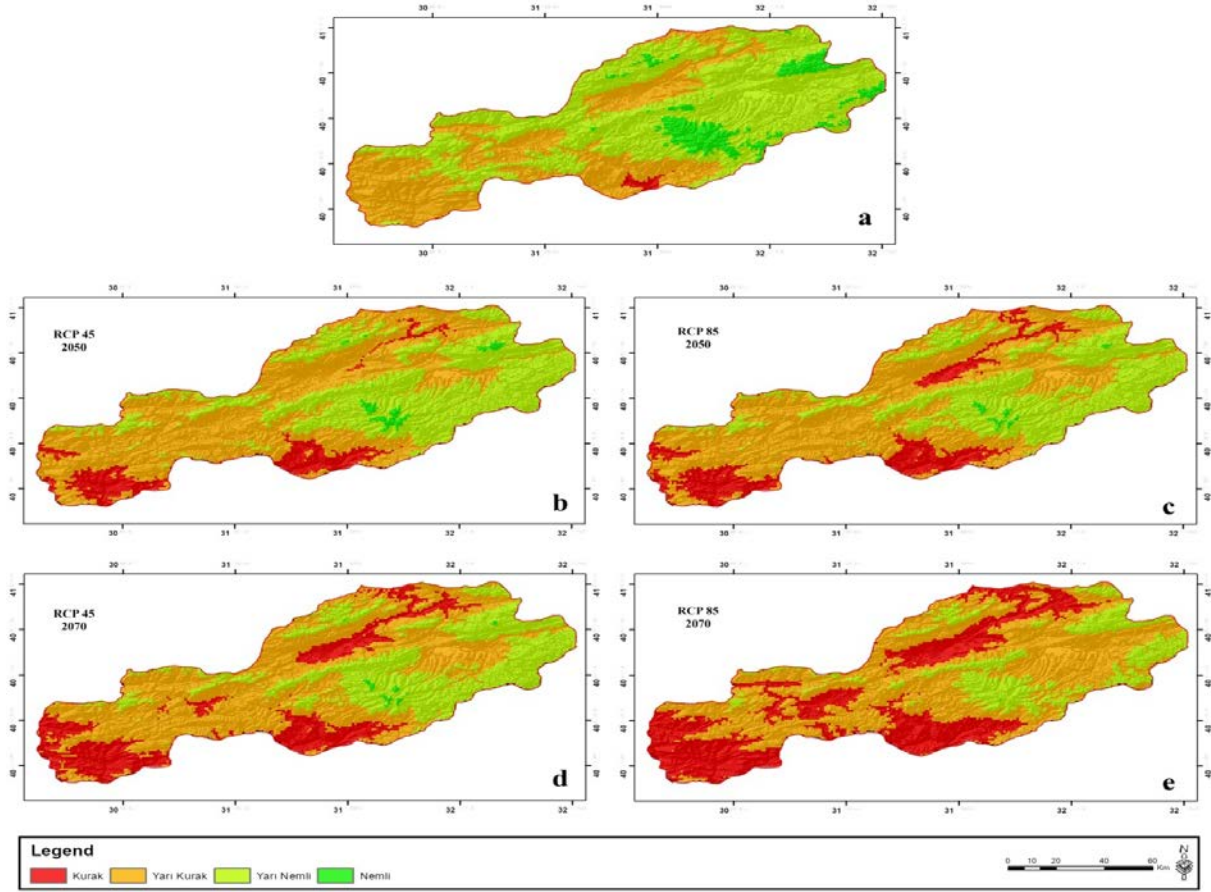
2070 yılında ise durum çok daha kötüye gidecek ve RCP 45 senaryosuna göre ilin yaklaşık %6,57'sinde yarı kurak, %69,05'inde yarı nemli ve %24,39'unda nemli iklim (Şekil 5d), RCP 85 senaryosuna göre ise ilin %17,30'unda yarı kurak, %73,62'sinde yarı nemli ve %9,08'inde de nemli iklim hüküm sürecektir (Şekil 5e).



Şekil 5. Emberger iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının değişimi; a) Günümüz, b) RCP 45 senaryosu 2050 yılı c) RCP 85 senaryosu 2050 yılı d) RCP 45 senaryosu 2070 yılı e) RCP 85 senaryosu 2070 yılı.

Lang iklim sınıflarına göre, iklimin süreç içerisindeki değişimi Şekil 6’te verilmiştir. Lang iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının değişimi incelendiğinde, süreç içerisinde meydana gelebilecek değişimin ne kadar şiddetli ve durumun ne kadar kritik olacağı daha net olarak anlaşılmaktadır. Lang iklim sınıflandırmasına göre günümüzde Bolu’nun %0,71’inde kurak iklim, %35,35’inde yarı kurak iklim, %56,32’sinde yarı nemli ve %7,61’inde nemli iklim hüküm sürecektir (Şekil 6a). 2050 yılında ise RCP 45 senaryosuna göre il genelinde nemli iklim alanı 8,82’sinde kurak, %51,64’ünde yarı kurak, %38,26’sında yarı nemli ve %1,28’inde yarı nemli iklim hüküm sürecektir (Şekil 6b). RCP 85 senaryosuna göre ise ilin yaklaşık %12,92’sinde kurak, %53,01’inde yarı kurak, %33,48’inde yarı nemli ve %0,58’inde da yarı nemli iklim hüküm sürecektir (Şekil 6c).

2070 yılında ise durum çok daha kötüye gidecek ve RCP 45 senaryosuna göre ilin yaklaşık %18,17’sinde kurak, %51,92’sinde yarı kurak, %29,51’inde yarı nemli ve %0,40’ında nemli iklim (Şekil 6d), RCP 85 senaryosuna göre ise ilin yaklaşık %85’ini kurak (%30,41) ve yarı kurak (%53,20) alanlar oluşturacak ve ilin %16,38’inde yarı nemli hüküm süreceken ilde neredeyse nemli iklim alanı (%0,01) kalmayacaktır (Şekil 6e).



Şekil 6. Lang iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının değişimi; a) Günümüz, b) RCP 45 senaryosu 2050 yılı c) RCP 85 senaryosu 2050 yılı d) RCP 45 senaryosu 2070 yılı e) RCP 85 senaryosu 2070 yılı.

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde gelecek yıllarda Bolu il genelinde sıcaklık, yağış ve bunlara bağlı olarak iklim sınıflarında önemli ölçüde değişiklik olacağını göstermektedir. Bu değişikliğin özellikle sıcaklık artışı şeklinde olacağı ve bu durumun iklim tipinde çok sert değişikliklere sebep olacağı öngörülmektedir. Örneğin De Martonne iklim sınıflandırmasına göre günümüzde il genelinin yaklaşık %43,94'ünde nemli ve %27,16'sında çok nemli iklim hüküm sürerken 2070 yılında RCP 45 senaryosuna göre ilin yaklaşık %33,49'u nemli ve %17,71'inde çok nemli iklimin etkisi görülecektir. RCP 85 senaryosuna göre ise ilin yaklaşık %35,21'i nemli ve %8,97'si de çok nemli iklimin etkisi altında olacaktır. Dolayısıyla günümüzde il genelinin 70'inden fazlasında nemli veya çok nemli iklim hüküm sürerken 2070 yılında bu oran %50'nin altına düşebilecektir. Benzer şekilde Lang iklim sınıflandırmasına göre günümüzde Bolu'nun sadece %0,71'inde kurak iklim hüküm sürerken 2070 yılında bu oran RCP 45 senaryosuna göre %18,17 ve RCP 85 senaryosuna göre ise %30,41 seviyesine çıkacaktır.

Çalışma sonuçları Bolu genelinde iklim parametrelerinde önemli değişiklikler olacağını göstermektedir. Fakat asıl önemli olan husus, bu değişikliklerin etkilerinin neler olacağıdır. Çünkü iklim bütün canlıların yaşamını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. İklimde meydana gelecek değişikliklerin en yıkıcı etkilerinin bitkiler üzerinde olacağı belirtilmektedir. Bunun sebebi bitkilerin etkin bir hareket ve göç kabiliyetine sahip olamamaları (Varol vd. 2021a) ve bütün fenotipik karakterlerinin çevresel faktörlerin etkisi altında şekillenmesidir (Cetin vd., 2018; Varol vd., 2021b). Bitkiler dünyadaki bütün canlı yaşamının kaynağı olduklarından, küresel iklim değişikliğinin bitkiler üzerindeki etkileri bütün canlı yaşamını etkileyecektir.

Küresel iklim değişikliğinin etkileri tarımsal alanlarda kendini gösterecek, kuraklığa bağlı olarak oluşacak ürün kaybı, gıda arzının önündeki en önemli engellerden birisi olacaktır (Aktaş, 2020). Bu durum dünya genelinde en önemli sorunlardan birisi olan gıda sorununun daha da derinleşmesine sebep olacaktır. Bugün Dünya'da 830 milyon kişinin kronik açlık içerisinde olduğu, dünyada her 5 saniyede 1 çocuğun açlıktan öldüğü belirtilmektedir (Batır, 2019). Tarım arazilerinin hem alansal olarak azalması hem de nitelik ve verimini kaybetmesine ek olarak

küresel iklim değişikliğinin etkileri ile oluşacak ürün kaybı ile birlikte gıda arzı sorunu dünyanın en önemli ve acil çözüm bekleyen sorunlarından birisi haline gelecektir (Melek, 2020; Özel, 2019; Sevik vd., 2020).

Küresel iklim değişikliğinin tarım alanları üzerindeki etkisini azaltmak için öncelikle sulama rejiminin değiştirilmesi, minimum su ile maksimum fayda sağlayan damla sulama sistemi gibi sulama sistemlerinin kullanılması önerilmektedir (Aktaş, 2020). Bunun yanında tür ve orijin seçimi de son derece önemlidir. Çünkü bitkilerin bütün fenotipik karakterleri genetik yapılarının etkisiyle şekillenmektedir (Hrivnak vd., 2017; Yigit vd., 2021). Yapılan çalışmalar kuraklık stresine dayanıklılığın tür (Yigit vd. 2016; Koç, 2019), orijin (Sevik ve Erturk, 2015; Koc ve Nzokou, 2018) ve hatta aynı orijinli bireyler arasında (Buyurukcu, 2011; Koç, 2021b) dahi önemli ölçüde değişiklik gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla aynı türün kuraklığa dayanıklı orijin ve genotiplerinin kullanımı, kuraklık stresinin etkilerinin azaltılmasında faydalı olabilir.

Küresel iklim değişikliğinin en yıkıcı sonuçlarının görüleceği alanlardan birisi de ormanlardır. Bu durum ormanların asli yapısı olan ağaçların uzun ömürlü olması, buna karşın göç yeteneklerinin son derece sınırlı olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle büyük tohumlu türlerde doğal yayılma alanı oldukça sınırlıdır ve neredeyse bütün türler için dağlar ve nehirler gibi topoğrafik engeller de yayılımı önemli ölçüde sınırlar (Ning vd., 2021; Varol vd., 2021a). Küresel iklim değişikliği sürecinde meydana gelecek iklimsel değişiklikler ise çok kısa bir süreç içerisinde gerçekleşecek ve bundan dolayı ağaçların uyum sağlayabilmesi mümkün olmayacaktır.

Aslında küresel iklim değişikliğinin ağaçlar açısından etkisi, bazı türler için uygun olan yayılış alanlarının, başka türler için uygun hale gelecek olması şeklinde gerçekleşecektir. Örneğin Avrupa'da *Larix decidua*, *Picea abies*, *Betula pendula* ve *Pinus sylvestris*'in yayılış alanlarının azalacağı, *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus petraea* ve *Quercus robur*'un yayılış alanlarının ise artacağı belirtilmektedir (Dyderski vd., 2018). Burada endişe verici nokta ise türlerin yeni oluşacak uygun yayılış alanlarına yeterince hızlı ulaşamayacak olmasıdır. Dolayısıyla bu süreçte önemli tür ve popülasyon kayıpları görülecektir. Örneğin Avrupa'da *Fagus sylvatica* potansiyel yayılış alanındaki azalmanın %56'yı bulabileceği (Thurm vd., 2018), Meksika'da dağlık alanlarda farklı türlerde habitat kaybının %46-77'ye ulaşabileceği (Gomez-Pineda vd., 2020), saf *Fraxinus excelsior* ormanlarının yok olabileceği (Toczydlowski vd., 2020) belirtilmektedir. Küresel iklim değişikliğinin özellikle ormanlar üzerine dolaylı olarak da etkili olacağı belirtilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda küresel iklim değişikliğinin etkileri ile orman yangınlarında artış yaşanacağı (Ertugrul vd., 2019; Lacroix vd., 2020; Ertugrul vd., 2021), bazı zararlı böcek ve mantar zararlılarında da artış görüleceği belirtilmektedir (Venäläinen vd., 2020; Sridhar vd., 2020).

Küresel iklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki yıkıcı etkilerinin azaltılması için öncelikle bu etkilerin neler olacağı belirlenmelidir. Daha sonra her bir bölge ve ağaç türü için eylem planları yapılmalıdır. Bu alanda yapılacak çalışmalarda kuraklığa dayanıklı tür ve orijinlerin plantasyon çalışmalarında kullanılması, doğal ormanlarda karışımın korunmasına önem verilmesi, tahrip olan alanların yeniden ağaçlandırılmasında küresel iklim değişikliğinin etkilerinin göz önüne alınması, türlerin ihtiyaç duyacakları göç mekanizmasının insan eliyle sağlanması (De Jaegere vd., 2016; Gomez-Pineda vd., 2020) gibi önlemler uygulanabilir.

Küresel iklim değişikliğinin tarım ve ormancılık alanlarında yıkıcı etkileri olabileceği çok sayıda çalışmada vurgulanmaktadır. Çünkü canlıların gelişiminde iklim ana etkenlerden birisidir ve küresel iklim değişikliği bu etken üzerinde önemli değişikliklere yol açabilecek bir olgudur. Ancak küresel iklim değişikliğinin etkileri bu kadarla sınırlı kalmayacaktır. Çünkü iklim insanların yeryüzüne dağılımlarından, yiyecek ve giyecek seçimlerine, fizyolojik gelişimlerinden karakterlerine, sağlık ve mutluluklarına kadar pek çok faktörü etkilemektedir. Bunlara ek olarak endüstrinin dağılışı, konut tipi ve malzemesi, ulaşım ve turizm faaliyetleri, toprak oluşumu ve verimliliği, yeryüzü şekillerinin oluşumu, bitki örtüsü çeşitliliği, göllerin oluşumu ve göl sularının kimyasal özellikleri, akarsu debileri ve rejimleri, hayvan türleri ve dağılımları iklimin etkisi altında şekillenmektedir (Çalı, 2018; Sevik vd., 2019; Yucedag vd., 2019).

Dolayısıyla iklim parametrelerinde meydana gelebilecek değişiklikler dünyadaki bütün canlı yaşamını doğrudan veya dolaylı, olumlu veya olumsuz olarak etkileyecektir ve bu etkiyi en fazla hissedecek canlılardan birisi de insandır. Çünkü insan, iklim parametrelerinin belirli değer aralıklarında olması durumunda kendisini rahat, huzurlu ve mutlu hissedeabilen, iklim parametrelerinin belirli değer aralıkları dışında olması durumunda ise sadece rahatı ve huzuru değil sağlığı da bozulabilen bir canlıdır (Gungor vd., 2020). Bundan dolayı insanlar yaşam alanlarını iklim parametreleri açısından uygun alanlara kurma eğilimindedir (Kilicoglu vd., 2020).

Küresel iklim değişikliğinin etkilerinden birisi de kentsel alanlarda kendisini gösterecektir. Son yüzyılda insan nüfusu kent merkezlerinde yoğunlaşmış ve kentleşme, küresel iklim değişikliğinden sonra dünyanın çözüm üretmek zorunda olduğu geri döndürülemez ikinci sorun olarak tanımlanmaya başlamıştır (Cetin, 2020; Kilicoglu

vd., 2021). Kentleşme, kirlilik başta olmak üzere pek çok sorunu da beraberinde getirmiştir (Aricak vd., 2019; Cetin vd., 2020). Nüfus yoğunluğunun arttığı kent merkezlerinde birim alanda daha çok insanın yaşamasına imkân sağlayan çok katlı konut alanlarının oluşturulması, bu alanlarda yoğun beton kullanımına ve yüzey alanlarının sert zeminlerle kaplanmasına sebep olmaktadır (Bayraktar, 2021), bunun sonucunda bu alanlarda oluşan ısı miktarı da daha yüksek seviyelere ulaşmaktadır (Sert vd., 2021).

Gerek konutlarda ısınma ve soğutma amaçlı olarak ısı kullanımı ve gerekse sanayii faaliyetleri yoğun enerji ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Dünya genelinde 2030 yılındaki enerji tüketiminin günümüze kıyasla %60 daha fazla olacağı, ülkemizde ise 2030 yılındaki enerji tüketiminin günümüzdekine iki katı civarında olacağı hesaplanmaktadır. Aynı süre içerisinde nüfusun sadece %1 oranında artacağı öngörüldüğünde enerji sarfiyatındaki artışın ne denli büyük olacağı anlaşılabilir (Zeren Cetin ve Sevik, 2020; Adiguzel vd., 2020). Enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla kullanılan en önemli kaynakların başında gelen fosil yakıtlar, küresel iklim değişikliğinin en önemli sorumlusu olarak gösterilmektedir (Turkyılmaz vd., 2018; Gaulin ve Le Billon, 2020; Erickson vd., 2020). Dolayısıyla enerji kullanımı küresel sıcaklık artışına, küresel sıcaklık artışı da daha fazla enerji kullanımına sebep olmaktadır. Bu kısır döngü küresel iklim değişikliğinin şiddetini daha da artıracaktır.

Küresel iklim değişikliğinin kentsel alanlardaki etkilerini azaltmak için öncelikle bu alanlarda bitki kullanımına ağırlık verilmelidir. Çünkü bitkiler yetiştirildikleri alanlarda pek çok ekonomik, ekolojik ve sosyal fonksiyonu yerine getirirken (Kesik vd., 2014; Ozel vd., 2020) aynı zamanda hava kirliliğini azaltır ve iklimi dengeler (Yigit vd., 2014; Kalaycı Onac vd., 2021; Ozel vd., 2021). Bundan dolayı sert zeminler yerine bitkilerin kullanımı kentsel alanlarda iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması açısından son derece önemlidir. Bunun yanı sıra çatı ve teras bahçelerinin kullanımı, yüzeylerde ısıma ve ısınmaya sebep olmayan malzemelerin kullanımı, yerleşim alanlarının biyokonfor açısından uygun alanlarda kurulması gibi önlemler de uygulanmalıdır.

5. Öneriler

Çalışma sonuçları gelecek yıllarda Bolu ili genelinde sıcaklık ortalamasında önemli miktarda artabileceğini, yağış rejiminin değişebileceğini ve iklim tiplerinin kurak iklim tiplerine doğru kayabileceğini göstermektedir. Bu süreçten neredeyse bütün canlılar ve ekosistemler önemli ölçüde etkilenecektir. Bu yıkıcı etkinin en düşük düzeyde olması, küresel çapta önlemler alınması ile mümkündür. Bunun için konunun önemi ve olası etkileri, konu hakkında yapılacak üst düzey ve çoğulcu yaklaşımlı çalışmalar ile ortaya konulmalı ve daha sonra etkin bir biçimde kamuoyu ile paylaşılmalıdır.

Küresel iklim değişikliğinin mevcut şartlarda durdurulması pek mümkün görülmemektedir ve bu değişimin hemen her alanda etkisini göstereceği tahmin edilmektedir. Bu sebeple sürece en az katkıyı vermek ve süreden en az düzeyde etkilenmek amacıyla bütün sektörlerin planlamalar yapması ve önlemler alması gerekmektedir. Enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması, su başta olmak üzere doğal kaynakların tasarruflu kullanımı, tarım ve ormancılık alanında su ihtiyacı daha düşük genotiplerin tercih edilmesi, ormancılık çalışmalarında sürece ilişkin öngörülerin amenajman planlarına dahil edilmesi, kentsel alanlarda sert zeminlerin azaltılarak bitki kullanımının artırılması, çatı ve teras bahçelerinin kullanımının yaygınlaştırılması bu önlemlerden bazıları olarak sayılabilir.

Çalışma sonuçları Bolu il genelinde sıcaklıkta önemli derecede artış olacağını göstermektedir. Bu durum il genelinde halen yetiştirilemeyen bazı bitkilerin yetiştirilebilir olmasına imkan sağlayabilir. Bu sebeple özellikle zirai ürünler konusunda detaylı araştırmalar yapılarak il ve ülke ekonomisine katkı sağlayacak yeni tarım ürünlerinin neler olduğunun belirlenmesi ve bu ürünlerin yetiştirilmesine ilişkin çalışmalar yapılması önerilebilir.

Yapılan çalışmalar küresel iklim değişikliği için geri dönüşüm noktasının geçildiğini göstermektedir. Bundan dolayı küresel iklim değişikliğinin sebepleri ve sonuçları konusunda daha detaylı ve kapsamlı çalışmaların yapılması yeterli değildir. Bu sürecin durdurulması veya en azından yavaşlatılmasına yönelik çalışmaların yanı sıra sürecin canlılar ve ekosistem üzerindeki etkilerinin azaltılmasına yönelik de çalışmalar yapılmalı ve önlemler alınmalıdır. Bu konuda en gerekli çalışmaların ise toplumların konu ile ilgili bilinç düzeyinin artırılmasına ve durumun ciddiyetinin farkına varılmasına yönelik çalışmalar olduğu söylenebilir.

Kaynaklar

1. Adiguzel, F., Cetin, M., Kaya, E., Simsek, M., Gungor, S., Sert, E. B. (2020). Defining suitable areas for bioclimatic comfort for landscape planning and landscape management in Hatay, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 139(3-4), 1493-1503.
2. Aktaş, B. (2020). Küresel ısınmaya bağlı olarak Konya'da bazı iklim parametreleri ve iklim tiplerinde meydana gelebilecek olası değişiklikler. Yüksek Lisans Tezi, KÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Anabilim Dalı, Kastamonu, 100 s.
3. Arıcak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., Cometen, H. (2019). The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 6723-6734.
4. Batır, D. (2019). Eskişehir'de yetiştirilen bazı yenilebilir peyzaj bitkilerinde ağır metal birikimi. Yüksek Lisans Tezi, KÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Kastamonu, 60 s.
5. Bayraktar, O. Y. (2020). The Use of Rice Husk Waste in Foam Concrete Production. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(12), 2716-2722.
6. Bayraktar, O.Y. (2021). Possibilities of disposing silica fume and waste glass powder, which are environmental wastes, by using as a substitute for portland cement. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-7.
7. Buyurukcu, S. (2011). Hanönü-Günlüburun Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* Arnold ssp. *pallasiana* Lamb. Holmboe) tohum bahçesinde su stresi etkileri yönünden klonal varyasyon. Yüksek Lisans Tezi, KÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Kastamonu, 73 s.
8. Cesur, A., Zeren Cetin, I., Abo Aisha, A. E. S., Alrabiti, O. B. M., Aljama, A. M. O., Jawed, A. A., Cetin, M., Sevik, H., Ozel, H. B. (2021). The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research*. Doi: 10.1007/s11356-021-13166-4; <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13166-4>
9. Cetin, M. (2020). The Changing of Important Factors in The Landscape Planning Occur Due to Global Climate Change in Temperature, Rain and Climate Types: A Case Study of Mersin City. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(12), 2695-2701.
10. Cetin, M., Onac, A. K., Sevik, H., Sen, B. (2019). Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(3), 311-316.
11. Cetin, M., Sevik, H., Cobanoğlu, O. (2020). Ca, Cu, and Li in washed and unwashed specimens of needles, bark, and branches of the blue spruce (*Picea pungens*) in the city of Ankara. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10.
12. Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N., Ozel H.B., Arıcak, B., Varol, T. (2018). The variable of leaf micromorphological characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5), 3206-3211.
13. Chugunkova, A.V., Pyzhev, A.I. (2020). Impacts of Global Climate Change on Duration of Logging Season in Siberian Boreal Forests. *Forests*, 11(7), 756.
14. Çalı, K. (2018). Kentsel planlama çalışmalarında biyokonfor; Manisa örneği. Yüksek Lisans, KÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Anabilim Dalı, Kastamonu, 72 s.
15. Dalfes, H.N., Karaca, M., Şen, Ö.L. & Güven, Ç. (2007). Climate Change Scenarios for Turkey. Climate Change & Turkey Impacts, Sectoral Analyses, Socio Economic Dimensions. Ankara: United Nations Development.
16. De Jaegere, T., Hein, S., Claessens, H. (2016). A review of the characteristics of small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.) and their implications for silviculture in a changing climate. *Forests*, 7(3), 56.
17. Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskiöğlü, O., Tüvan, A., Akçakaya, A. (2014). Climate change projections for Turkey with new scenarios. *The Climate Change and Climate Dynamics Conference, CCCD2014*, 8-10 September 2014, İstanbul.
18. Dyderski, M. K., Paż, S., Frelich, L. E., Jagodziński, A. M. (2018). How much does climate change threaten European forest tree species distributions. *Global change biology*, 24(3), 1150-1163.
19. Erickson, P., van Asselt, H., Koplow, D., Lazarus, M., Newell, P., Oreskes, N., Supran, G. (2020). Why fossil fuel producer subsidies matter. *Nature*, 578(7793), E1-E4.
20. Ertugrul, M., Ozel, H. B., Varol, T., Cetin, M., Sevik, H. (2019). Investigation of the relationship between burned areas and climate factors in large forest fires in the Canakkale region. *Environmental monitoring and assessment*, 191(12), 737.

21. Ertugrul, M., Varol, T., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H. (2021). Influence of climatic factor of changes in forest fire danger and fire season length in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(1), 1-17.
22. Gaulin, N., Le Billon, P. (2020). Climate change and fossil fuel production cuts: assessing global supply-side constraints and policy implications. *Climate Policy*, 20(8), 888-901.
23. Gómez-Pineda, E., Sáenz-Romero, C., Ortega-Rodríguez, J. M., Blanco-García, A., Madrigal-Sánchez, X., Lindig-Cisneros, R., Lopez-Toledo, L., Pedraza-Santos, M. E., Rehfeldt, G. E. (2020). Suitable climatic habitat changes for Mexican conifers along altitudinal gradients under climatic change scenarios. *Ecological Applications*, 30(2), e02041.
24. Gungor, S., Cetin, M., Adiguzel, F. (2020). Calculation of comfortable thermal conditions for Mersin urban city planning in Turkey. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1-8.
25. Hrivnák, M., Paule, L., Krajmerová, D., Kulaç, Ş., Şevik, H., Turna, İ., Tvauri, I., Gömöry, D. (2017). Genetic variation in Tertiary relics: The case of eastern-Mediterranean Abies (*Pinaceae*). *Ecology and evolution*, 7(23), 10018-10030.
26. Kalayci Onac, A., Cetin, M., Sevik, H., Orman, P., Karci, A., Gonullu Sutcuoglu, G. (2021). Rethinking the campus transportation network in the scope of ecological design principles: case study of Izmir Katip Çelebi University Çiğli Campus. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14299-2>
27. Kesik, H. I., Korkut, S., Hiziroglu, S., Sevik, H. (2014). An evaluation of properties of four heat treated wood species. *Industrial Crops and Products*, 60, 60-65.
28. Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., Sevik, H. (2020). Site selection by using the multi-criteria technique- a case study of Bafra, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(9), 1-12.
29. Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., Sevik, H. (2021). Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*. 143, 379–388. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03439-2>
30. Koç, İ. (2021a). Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*. Doi:10.1007/s11356-021-13272-3
31. Koc, I., Nzokou, P. (2018). Effects of Water Stress and Cold Treatments on the Germination of Two Conifers (*Pinus nigra* and *Pinus brutia*) Species from Turkey. *Hortscience*, 53(9): 259.
32. Koç, İ. (2019). Conifers Response to Water Stress: Physiological Responses and Effects on Nutrient Use Physiology. PhD. Dissertation, Michigan State University, Michigan, USA.
33. Koç, İ. (2021b). Examining Seed Germination Rate and Seedlings Gas Exchange Performances of Some Turkish Red Pine Provenances Under Water Stress. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ek Sayı, 48-60. DOI: 10.29130/dubited.898820
34. Lacroix, K., Gifford, R., Rush, J. (2020). Climate change beliefs shape the interpretation of forest fire events. *Climatic Change*, 159(1), 103-120.
35. Melek, T. (2020). Devrekani Tarım Topraklarında Bazı Toprak Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, KÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı., Kastamonu, 70 s.
36. Ning, H., Ling, L., Sun, X., Kang, X., Chen, H. (2021). Predicting the future redistribution of Chinese white pine *Pinus armandii* Franch. Under climate change scenarios in China using species distribution models. *Global Ecology and Conservation*, 25, e01420.
37. Ozel, H. B., Donduran, B., Cakmakli, E., Sevik, H. (2020). Factors affecting success in natural regeneration works of cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) In Kas region of Antalya. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 6(2), 054-059.
38. Ozel, HB., Cetin, M., Sevik, H., Varol, T., Isik, B., Yaman, B. (2021). The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in *Pinus brutia* Ten. *Biologia Futura*. <https://doi.org/10.1007/s42977-021-00085-1>
39. Ozkazanc, N. K., Ozay, E., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H. (2019). The habitat, ecological life conditions, and usage characteristics of the otter (*Lutra lutra* L. 1758) in the Balıkdami Wildlife Development Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(11), 645.
40. Özel, S. (2019). Bazı meyve ağacı organellerinde ağır metal birikiminin trafik yoğunluğuna bağlı değişimi. Yüksek Lisans Tezi, KÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı, Kastamonu, 51 s.

41. Sert, E. B., Kaya, E., Adiguzel, F., Cetin, M., Gungor, S., Cetin, I. Z., Dinc, Y. (2021). Effect of the surface temperature of surface materials on thermal comfort: a case study of Iskenderun (Hatay, Turkey). *Theoretical and Applied Climatology*, 1-11.
42. Sevik, H., Erturk, N. (2015). Effects of drought stress on germination in fourteen provenances of *Pinus brutia* Ten. seeds in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(5), 294-299.
43. Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Erbek, A., Cetin, I. Z. (2021). The effect of climate on leaf micromorphological characteristics in some broad-leaved species. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 6395-6407.
44. Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Ozel, S., Cetin, I. Z. (2020). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 78.
45. Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., Karakus, O. (2019). Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 5909-5921.
46. Sridhar, J., Kumar, K. K., Murali-Baskaran, R. K., Senthil-Nathan, S., Sharma, S., Nagesh, M., Kaushal, P., Kumar, J. (2020). Impact of Climate Change on Communities, Response and Migration of Insects, Nematodes, Vectors and Natural Enemies in Diverse Ecosystems. In *Global Climate Change: Resilient and Smart Agriculture* Ed. Venkatramanan, V., Shah, S., Prasad, R., Springer, Singapore, pp. 69-93.
47. Talu, N., Özden, M. S., Özgün, S., Dougherty, W., Fencl, A. (2010). Turkey's National Climate Change Adaptation Strategy and Action Plan (Draft). TR Ministry of Environment and urbanization, General Directorate of Environmental Management, Department of Climate Change, Ankara.
48. Thurm, E. A., Hernandez, L., Baltensweiler, A., Ayan, S., Rastovits, E., Bielak, K., Zlatanov, T. M., Hladnik, D., Balic, B., Freudenschuss, A., Büchsenmeister, R., Falk, W. (2018). Alternative tree species under climate warming in managed European forests. *Forest Ecology and Management*, 430, 485-497.
49. Toczydlowski, A. J., Slesak, R. A., Kolka, R. K., Venterea, R. T. (2020). Temperature and water-level effects on greenhouse gas fluxes from black ash (*Fraxinus nigra*) wetland soils in the Upper Great Lakes region, USA. *Applied Soil Ecology*, 153, 103565.
50. Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., Saleh, E. A. A. (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 22(3), 2385-2398.
51. Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., Saleh E. A. A. (2018). Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(5):2277-2284.
52. Uzun Ozel, H., Gemici, B. T., Gemici, E., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H. (2020). Application of artificial neural networks to predict the heavy metal contamination in the Bartın River. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-18.
53. UNCCS. (2019). Climate action and support trends, United Nations Climate Change Secretariat. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Climate_Action_Support_Trends_2019.pdf. Accessed 02 Aug 2021.
54. Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H.B., Sevik, H. (2021a). Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management. Forest Ecology and Management*, 491(2021), 119199. Doi: 10.1016/j.foreco.2021.119199
55. Varol, T., Ozel, H. B., Ertugrul, M., Emir, T., Tunay, M., Cetin, M., Sevik, H. (2021b). Prediction of soil-bearing capacity on forest roads by statistical approaches. *Environmental monitoring and assessment*, 193(8), 1-13.
56. Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O. P., Viiri, H., Ikonen, P., Peltola, H. (2020). Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global change biology*, 26(8), 4178-4196.
57. Yigit, N., Mutevelli, Z., Sevik, H., Onat, S. M., Ozel, H. B., Cetin, M., Olgun, Ç. (2021). Identification of Some Fiber Characteristics in Rosa sp. and Nerium oleander L. Wood Grown under Different Ecological Conditions. *BioResources*, 16(3), 5862-5874.
58. Yigit, N., Öztürk, A., Sevik, H. (2014). Ecological impact of urban forests (Example of Kastamonu urban forest). *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 3(12), 558-562.
59. Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., Kaya, N. (2016). Determination of the effect of drought stress on the seed germination in some plant species. *Water stress in plants*, 43-62.

60. **Yucedag, C., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H. (2019).** Variability in morphological traits of seedlings from five *Euonymus japonicus* cultivars. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(5), 1-4.
61. **Zeren Cetin, I., Sevik, H. (2020).** Investigation of the relationship between bioclimatic comfort and land use by using GIS and RS techniques in Trabzon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 71.