

## Muş'da Küresel İklim Değişikliğinin Etkisiyle Sıcaklık, Yağış ve Bunlara Bağlı Olarak İklim Tiplerinde Meydana Gelebilecek Değişiklikler

Sevgi Karahan<sup>1\*</sup> 

**Özet:** Küresel iklim değişikliği, dünya genelinde özellikle sıcaklık artışı ve yağışlardaki azalmayla birlikte iklimlerde kuraklaşmaya sebep olacak, dünyadaki bütün canlıları ve ekosistemleri etkileyecek, geri dönüşü olmayan en önemli küresel sorun olarak gösterilmektedir. Su kaynakları üzerinde büyük baskı oluşturan ve durdurulması mümkün görülmeyen bu sürecin olası etkilerinin belirlenebilmesi için öncelikle iklim tiplerindeki değişimin tahmin edilmesi ve sürecin gelişimine göre sektörel bazda

önlemler alınması önerilmektedir. Bu noktadan hareketle çalışmada Muş ili genelinde günümüzdeki sıcaklık, yağış ve iklim tiplerinin (De Martone ve Emberger iklim sınıflandırmasına göre) durumu belirlenmiş, SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 senaryolarına göre 2060 ve 2100 yıllarına kadar olan süreçte bu parametrelerin nasıl değişeceği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda Muş il genelinde büyük oranda sıcaklık artışı olacağı, iklim tiplerinin kurak iklim tiplerine doğru kayacağı öngörülmektedir. Bu değişimin etkilerinin büyük oranda bitkiler üzerinde görüleceği, tarım, orman ve mera alanlarındaki etkilerin, ekonomisi büyük oranda tarım ve hayvancılığa bağlı ilde yıkıcı sonuçları olacağı tahmin edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Küresel iklim değişikliği, Muş, SSPs senaryoları, De Martone, Emberger

## Possible Changes in Temperature, Precipitation and Climate Types Due to Global Climate Change in Muş

**Abstract:** Global climate change is shown as the most important global problem that will cause drought in climates, especially with the increase in temperature and decrease in precipitation worldwide, and will affect all living things and ecosystems in the world. In order to determine the possible effects of this process, which creates great pressure on water resources and seems impossible to stop, it is recommended that the change in climate types should be estimated first and sectoral measures should be taken according to the development of the process. Starting from this point, the study determined the current temperature, precipitation and climate types (according to De Martone and Emberger climate classification) in Muş province, and tried to determine how these parameters will change in the process until 2060 and 2100 according to the SSPs 245 and SSPs585 scenarios. As a result of the study, it is predicted that there will be a significant increase in temperature in Muş province and the climate types will shift towards arid climate types. It is estimated that the effects of this change will be seen largely on plants, and the effects on agricultural, forest and pasture areas will have devastating results in the province, whose economy is largely dependent on agriculture and animal husbandry.

**Keywords:** Global Climate Change, Mus, SSPs Scenarios, De Martone, Emberger

## Makale Bilgisi (Araştırma)

1 Uşak Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Uşak / Türkiye

\*Sorumlu yazar:  
[sevgi.tatar@usak.edu.tr](mailto:sevgi.tatar@usak.edu.tr)

**Alıntı:** Karahan, S. (2025). Muş'da Küresel İklim Değişikliğinin Etkisiyle Sıcaklık, Yağış ve Bunlara Bağlı Olarak İklim Tiplerinde Meydana Gelebilecek Değişiklikler, Memba Su Bilimleri Dergisi. 11, (1) 84–95.

<https://doi.org/10.58626/memba.1644673>

**Başvuru Tarihi:** 21 Şubat 2025

**Kabul Tarihi:** 25 Mart 2025

**Yayın Tarihi:** 28 Mart 2025

## 1. Giriş

Son yüzyılda yaşanan sanayi devrimi, dünya genelinde önemli ve kalıcı değişikliklere sebep olmuştur. Sanayi faaliyetlerinde hammadde olarak kullanılmak üzere çeşitli elementlerin maden yataklarından çıkartılarak doğaya salınımı sonucunda su (Uncumusaoğlu ve Mutlu, 2021; İpek vd., 2024), toprak (İstanbul vd., 2023; Gültekin vd., 2025) ve hava (Özel vd., 2024; Isinkaralar vd., 2025a) önemli derecede kirlenmiştir. Bu ortamlardaki kirlilik etmenleri birbirini de etkileyerek sınırlı olan kaynaklar üzerinde önemli baskıya sebep olmuştur. Örneğin kentsel alanlarda antropogenik kaynaklı olarak havaya karışan, ağır metaller başta olmak üzere çeşitli kirleticiler, havanın insan sağlığını ciddi oranda tehdit edecek derecede kirlenmesine sebep olmuştur (Ghoma vd., 2023; Bayraktar vd., 2024; Koc vd., 2025). Havadaki bu kirleticiler yerçekiminin etkisiyle su ve toprağı da kirlenmiş, su iyi bir çözücü olması dolayısıyla su içerisinde çözünen kirleticiler nehirler, göller ve yeraltı sularındaki kirliliğin artmasına sebep olmuştur (Mutlu ve Aydın Uncumusaoğlu, 2018; Şimşek ve Mutlu, 2023; Tokatlı vd., 2024).

Su, bütün canlıların yaşamı için temel ve vazgeçilmez bir kaynaktır. Dünyanın 3/4'ü kaplı olmasına rağmen su ile bunun sadece %2,5'u tatlı sudur ve tatlı suyun %70'i buzullarda, toprakta, atmosferde ve yer altı sularında kullanılamaz haldedir (Mutlu ve Uncumusaoğlu, 2024). Bundan dolayı su kaynakları üzerinde baskı öncelikle kirlilik dolayısıyla sürekli artmaktadır ve kirlilik günümüzde dünya genelindeki en önemli sorunların başında gelmektedir (Emin ve Mutlu vd., 2024; Demir vd., 2024).

Su kaynakları üzerindeki bir diğer baskı unsuru da küresel iklim değişikliğidir (Gur vd., 2024). Küresel iklim değişikliği, kenteleşme ile birlikte son yüzyılda sanayi faaliyetlerine bağlı olarak ortaya çıkan ve artık geri döndürülemez olarak kabul edilen en önemli küresel sorunlardır (Dogan vd., 2023; Isinkaralar vd., 2025b). Küresel iklim değişikliği, iklimde kalıcı ve rijid değişikliklere sebep olan, bu sebeple de dünya üzerindeki bütün canlıları ve ekosistemleri etkilemesi kaçınılmaz olan bir süreçtir (Arıca vd., 2024). Çünkü canlıların bütün fenotipik karakterleri genetik yapıları (Şevik vd., 2012; Yaşar İsmail vd., 2025) ile çevre şartlarına (Kalaycı Onac vd., 2021; Cobanoğlu vd., 2023; Tandogan vd., 2023) bağlı olarak şekillenmektedir. Çevre şartları içerisinde en etkin olan ise şüphesiz yağış ve sıcaklık gibi iklimik faktörlerdir (Isinkaralar vd., 2024; Şevik vd., 2025). Bundan dolayı iklimde meydana gelebilecek kalıcı değişikliklerin dünya üzerindeki bütün canlıları etkilemesi kaçınılmazdır.

Küresel iklim değişikliğinin geri döndürülemez bir süreç olduğu artık kabul edilmektedir. Bundan dolayı sürecin iklim parametreleri üzerine etkilerinin belirlenerek sürece adapte olunması bir zorunluluktur (Koç, 2021a, Ertürk vd., 2024a,b). Bu noktadan hareketle, bu çalışmada da ülkemizin büyük kentlerinden birisi olan Muş'da günümüzdeki iklim tiplerinin 2060 ve 2100 yıllarına kadar olan süreçte farklı iklim senaryolarına göre nasıl değişeceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Çalışmanın yapıldığı Muş ili Türkiye'nin ekonomik açıdan geri kalmış illerindendir. İl ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Toplam 819.600 hektar olan il yüzölçümünün 342.198 hektarı tarım arazisidir. Tarım arazisinin 335.049 hektarı tarla arazisi, 7.149 hektarı da bağ-bahçedir. Bu arazinin de sadece 158.215 hektarı sulanabilir arazidir (Muş İl Milli Eğitim Müdürlüğü, 2025). Dolayısıyla küresel iklim değişikliğinin, ilin başlıca geçim kaynağı olan tarıma ve dolayısıyla hayvancılığa etkisinin yıkıcı düzeyde olacağı düşünülmektedir. Çünkü bitkiler besin piramidinin temelini oluşturan canlılardır (Yigit vd., 2021; Şevik vd., 2024) ve hayvancılık da büyük oranda bitki besin kaynaklarına dayalıdır. Bitkilerin de etkin bir hareket kabiliyetine sahip olmamaları dolayısıyla küresel iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek canlı grubu olduğu sıklıkla dile getirilmektedir (Çobanoğlu vd., 2023). Bu sebeple Muş'un küresel iklim değişikliğinden ileri düzeyde etkileneceği tahmin edilmektedir.

Çalışma kapsamında Muş il genelinin tamamında SSPs 245 ve SSPs 585 senaryolarına göre öncelikle sıcaklık ve yağış değişim haritaları oluşturulmuş, daha sonra De Martone ve Emberger iklim sınıflarına göre iklim tiplerinin değişimleri belirlenmiştir. Seçilen iklim sınıflandırmaları, bilimsel çalışmalarda en çok rağbet gören ve küresel iklim değişikliği ile ilgili çalışmalarda en sık kullanılan iklim sınıflandırmasıdır (Koç, 2021a,b; Gur vd., 2024).

Çalışmada, stratokümüülüsün Centre National de Recherches Météorologiques model versiyon 6 (CNRM-CM6-1) 2,5 dakika mekansal çözünürlüklü özellikli iklim modelinin atmosferik bileşen temsili kullanılmıştır. Günümüz için nihai mutabakat haritası ve WorldClim v2.1 projesinden indirilen gelecekteki beklenen açıklayıcı değişkenler, ArcGIS 10.5 aracılığıyla yeniden sınıflandırılan 21. yüzyıl boyunca senaryo haritalarının oluşturulması için temel oluşturmuştur. Çalışma kapsamında seçilen iki adet SSP2 4.5 (4.5 W/m<sup>2</sup>- an intermediate) ve SSP5 8.5 (8.5 W/m<sup>2</sup>- the most extreme) senaryoları ile üç ayrı periyotta (günümüz, 2060 ve 2100) iklim parametreleri ve iklim tipleri değişimi tahminleri yapılmıştır. Bu senaryolar insan faaliyetlerinden kaynaklanan ve sera gazları ile kirleticilerin konsantrasyonunu temsil etmektedir.

Çalışma kapsamında tercih edilen iklim sınıflandırmasından De-Martonne iklim sınıflandırması (1929), yıllık ortalama sıcaklık, yıllık ortalama yağış toplamı; ocak ve temmuz aylarında görülen sırasıyla en yüksek sıcaklık ortalamaları ve en düşük sıcaklık ortalamaları, bu ortalamaların farkına dayanır. Yıllık yağış miktarı yağışlı ve kurak iklimleri birbirinden ayırt eder. Kuraklık, yağış miktarıyla birlikte buharlaşma faktörü olarak karşımıza çıkan sıcaklıkla da bağlantılıdır. Çalışma kapsamında kullanılan De Martonne, sınıflandırma formülleri aşağıda verilmiştir (Akman, 1990).

De Martonne Formülü:

$$IM=P/(T+10)$$

P: Yıllık Ortalama Toplam Yağış

T: Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C)

De Martonne iklim indis değerlerine göre iklim formülleri Coğrafi Bilgi Sistemleri programlarından biri olan Arc GIS 10.5 yazılımıyla uygulanmış ve Muş genelinde iklim modelleri indis değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan iklim modelleri indis değerlerine göre (Tablo 1) yeniden sınıflandırma (reclassify) işlemi uygulanmış ve iklim sınıflandırma indislerine göre Haritalar oluşturulmuştur.

Tablo 1. Muş'da iklim indis değerleri

| Hesaplanan değer | İklim sınıfı   |
|------------------|----------------|
| 0-10             | Kurak          |
| 10,1-20          | Yarı Kurak     |
| 20,1-24          | Akdeniz iklimi |
| 24,1-28          | Yarı Nemli     |
| 28,1-35          | Nemli          |
| 35,1-55          | Çok Nemli      |
| >55              | Aşırı Nemli    |

Çalışmada kullanılan diğer iklim sınıflandırması olan Emberger iklim sınıflandırması Fransız fitocoğrafyacı ve botanikçi Emberger (1933) tarafından oluşturulmuş olup ekofizyolojik temellidir. Emberger, daha ziyade Akdeniz iklimi ve bu bölgelerin iklimsel sorunları üzerinde yoğunlaşmıştır. Akdeniz iklimini fotoperiodizme, yaz yağışı miktarına, kurak mevsim süresine ve yağışlı mevsimde sağanak ve seyrek yağış olup olmadığına, yağış miktarlarında bulunan yıllık ve aylık değişkenlik niteliklerine göre tanımlamıştır (Akman, 1990).

Emberger Formülü (°C):

$$IE= ((100.P)/(M2-m2))$$

M: En sıcak ayın en yüksek sıcaklık ortalaması

m: En soğuk ayın en düşük sıcaklık ortalaması

P: Yıllık ortalama toplam yağış

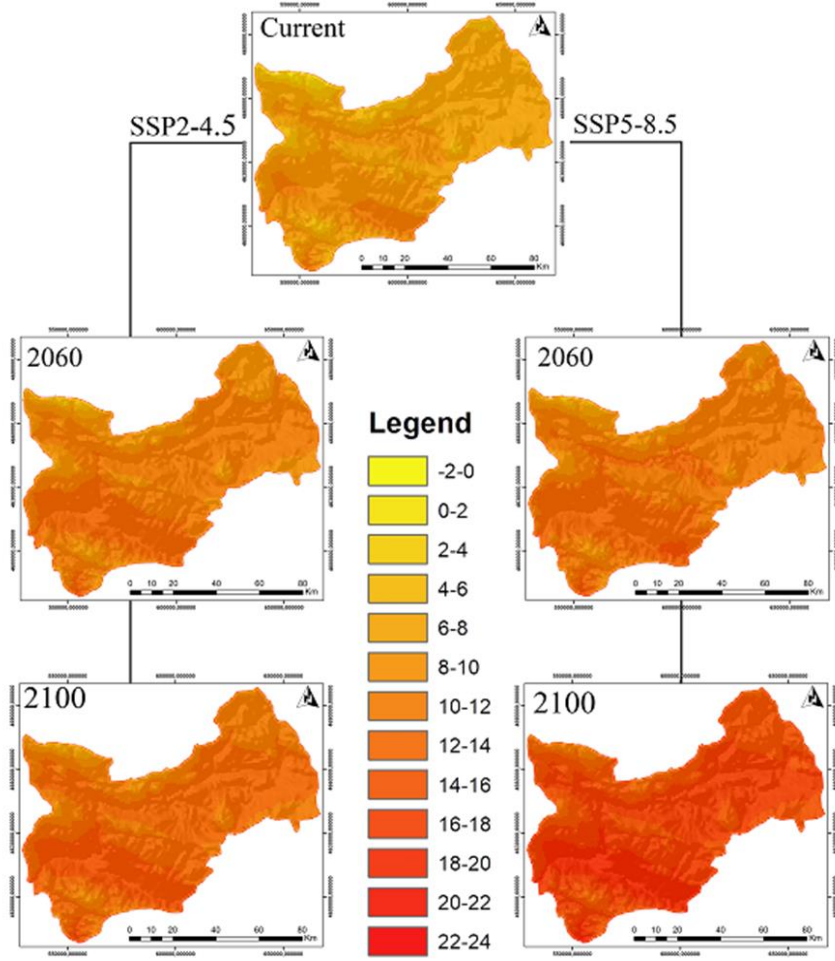
Tablo 2. İlgili iklim sınıf ve değerleri

| Hesaplanan Değer | İklim Sınıfı |
|------------------|--------------|
| <30              | Kurak        |
| 30-50            | Yarı Kurak   |
| 50-90            | Yarı Nemli   |
| >90              | Nemli        |

### 3. Bulgular

Çalışmaya konu senaryolara göre, Muş ilinin günümüz ile 2100 yılına kadar olan süreçte, 40'ar yıllık periyodlarda sıcaklık değişimi görsel olarak Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1'de görüldüğü üzere Muş il genelinde ortalama sıcaklığın 2100 yılına kadar önemli derecede artacağı öngörülmektedir. Günümüzde ilin büyük bölümü 6-10 °C ortalama sıcaklığa sahipken ilin büyük bölümünün 2100 yılına kadar SSP2 4.5 senaryosuna göre 10-14 °C, SSP5 8.5 senaryosuna göre ise 14-18 °C ortalama sıcaklığa sahip olacağı görülmektedir. Muş ilinin günümüz ile 2100 yılına kadar olan süreçte, 40'ar yıllık periyodlarda sıcaklık değişimi alansal olarak Tablo 3'te verilmiştir.



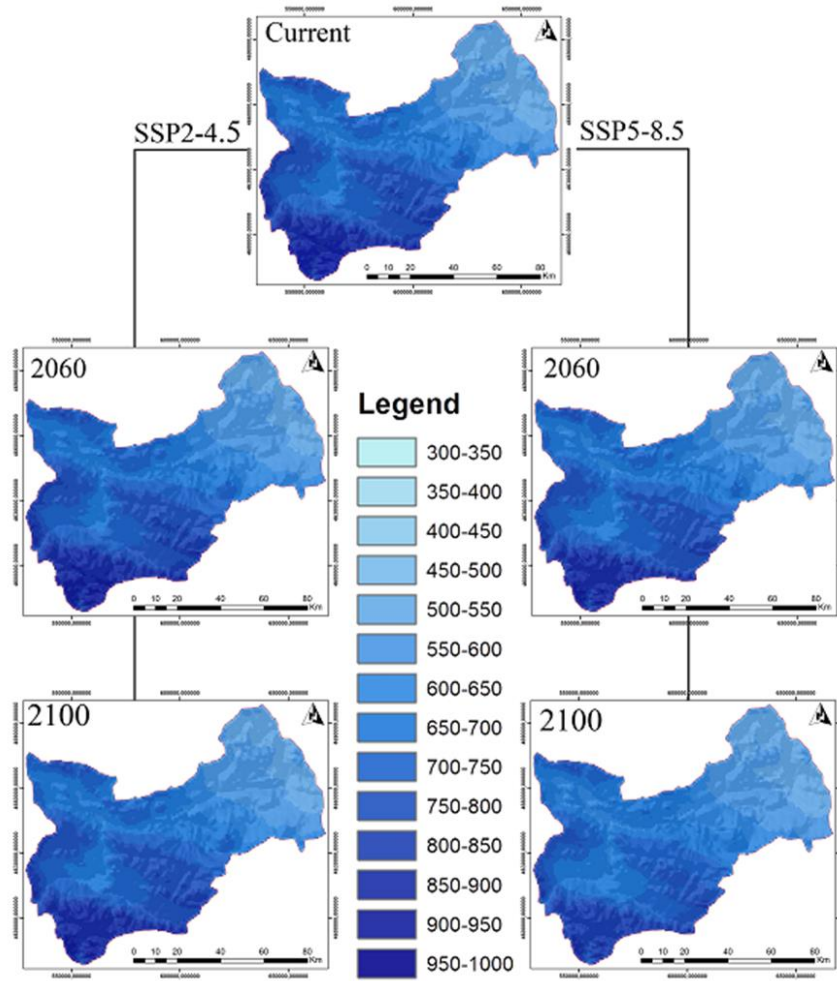
Şekil 1. Sıcaklık değişimi

Tablo 3. Muş'da sıcaklık değişimi

| Sıcaklık aralığı | Günümüz | SSP2 4.5 |       | SSP5 8.5 |       |
|------------------|---------|----------|-------|----------|-------|
|                  |         | 2060     | 2100  | 2060     | 2100  |
| 0-2              | 0,08    |          |       |          |       |
| 2-4              | 1,51    |          |       |          |       |
| 4-6              | 6,84    | 0,88     |       | 0,31     |       |
| 6-8              | 52,46   | 2,62     | 1,06  | 1,75     |       |
| 8-10             | 33,31   | 22,98    | 3,7   | 10,99    | 0,04  |
| 10-12            | 5,8     | 54,28    | 27,45 | 55,43    | 1,3   |
| 12-14            |         | 19,15    | 51,08 | 30,08    | 4,42  |
| 14-16            |         | 0,09     | 16,66 | 1,44     | 31,46 |
| 16-18            |         |          | 0,05  |          | 49,11 |
| 18-20            |         |          |       |          | 13,65 |
| 20-22            |         |          |       |          | 0,02  |

Tablo değerleri incelendiğinde günümüzde ilin yaklaşık %52,46'sı 6-8 °C, %33,31'i 8-10 °C ve %6,84'ü 4-6 °C aralığında ortalama sıcaklığa sahiptir. Dolayısıyla ilin yaklaşık 92,7'si 6-12 °C ortalama sıcaklığa sahiptir. SSP2 4.5 senaryosuna göre 2100 yılına kadar ilin yaklaşık %51,08'i 12-14 °C, %27,45'i 10-12 °C ve %16,66'sı 14-16 °C ortalama sıcaklığa sahip olacaktır. SSP585 senaryosuna göre ise 2100 yılına kadar ilin yaklaşık %49,11'i 16-18 °C, %31,46'sı 14-16 °C ve %13,65'i 18-20 °C ortalama sıcaklığa sahip olacaktır. Kısaca 2100 yılına kadar SSP2 4.5 senaryosuna göre ilin yaklaşık %95,19'u 10-16 °C ortalama sıcaklığa, SSP5 8.5 senaryosuna göre ise ilin yaklaşık %94,23'ü 14-20 °C ortalama sıcaklığa ulaşacaktır. Çalışmaya konu senaryolara göre Muş il genelinde

yağış değişimi Şekil 2’de verilmiştir.



### Şekil 2. Yağış değişimi

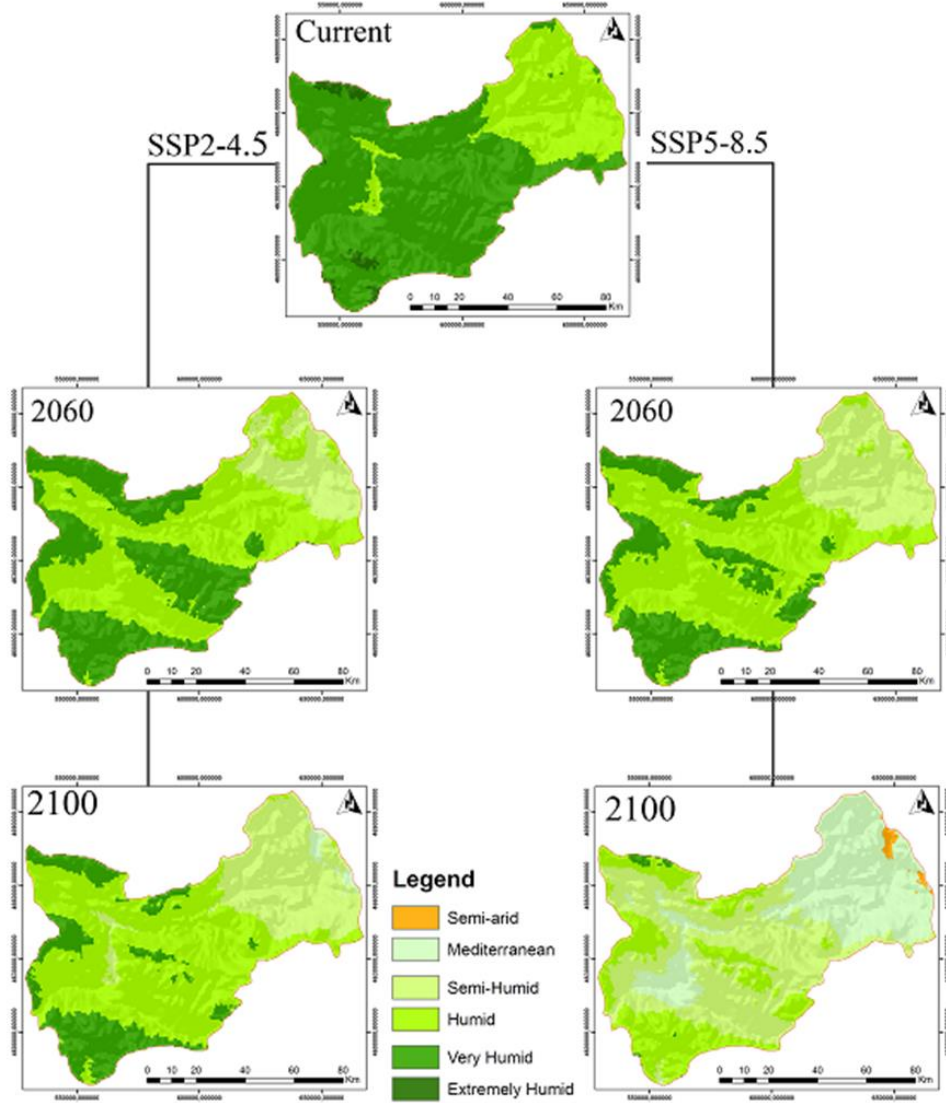
Muş il genelinde yağış değişim haritası incelendiğinde yağış miktarının önemli ölçüde azalacağı, özellikle ilin güney ve batı bölümünde günümüzde 700 mm'nin üzerinde yağış alan bölgelerin önemli ölçüde etkileneceği ve bu bölgede yağış miktarının büyük oranda düşeceği tahmin edilmektedir. Muş il genelinde 2100 yılına kadar olan süreçte, 40'ar yıllık periyodlarda yağış miktarının değişimi alansal olarak Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Muş'da yağış miktarının değişimi

| Yağış aralığı | Günümüz | SSP2 4.5 |       | SSP5 8.5 |       |
|---------------|---------|----------|-------|----------|-------|
|               |         | 2060     | 2100  | 2060     | 2100  |
| 500-550       | 12,31   | 8,8      | 9,51  | 11,41    | 12,26 |
| 550-600       | 11,75   | 13,75    | 13,68 | 12,86    | 13,6  |
| 600-650       | 7,69    | 7,84     | 7,89  | 8,57     | 10,52 |
| 650-700       | 18,38   | 16,93    | 18,99 | 21,18    | 26,12 |
| 700-750       | 19,48   | 21,06    | 20,39 | 19,1     | 19,19 |
| 750-800       | 16,01   | 16,29    | 16,36 | 14,83    | 9,1   |
| 800-850       | 5,04    | 5,83     | 4,76  | 4,31     | 8,52  |
| 850-900       | 6,27    | 6,82     | 7,46  | 7,06     | 0,69  |
| 900-950       | 3,07    | 2,68     | 0,96  | 0,68     |       |

Çalışmaya konu Muş il genelinde yağış durumunun değişimi incelendiğinde genel bir düşüş olduğu görülmektedir. Günümüzde il genelinde 650 mm'nin üzerinde yağış alan bölge il genelinin yaklaşık % 68,25'i iken bu oran 2100 yılında SSP2 4.5 senaryosuna göre %49,93'e, SSP5 8.5 senaryosuna göre ise %37,5'e düşmektedir. Benzer şekilde fazla yağış alan bölge miktarı azalmakta, günümüzde 900 mm'nin üzerinde yağış alan bölge il genelinin yaklaşık %3,07'si iken bu alanların 2100 yılında il genelinin SSP2 4.5 senaryosuna göre %0,96'sına düşeceği, SSP5 8.5 senaryosuna göre ise ortadan kalkacağı tahmin edilmektedir.

Çalışmaya konu senaryolara göre, Muş ilinin günümüz ile 2100 yılına kadar olan süreçte, 40'ar yıllık periyotlarda De Martonne iklim sınıflarına göre, iklim tiplerinin süreç içerisindeki değişimi Şekil 3'te verilmiştir.



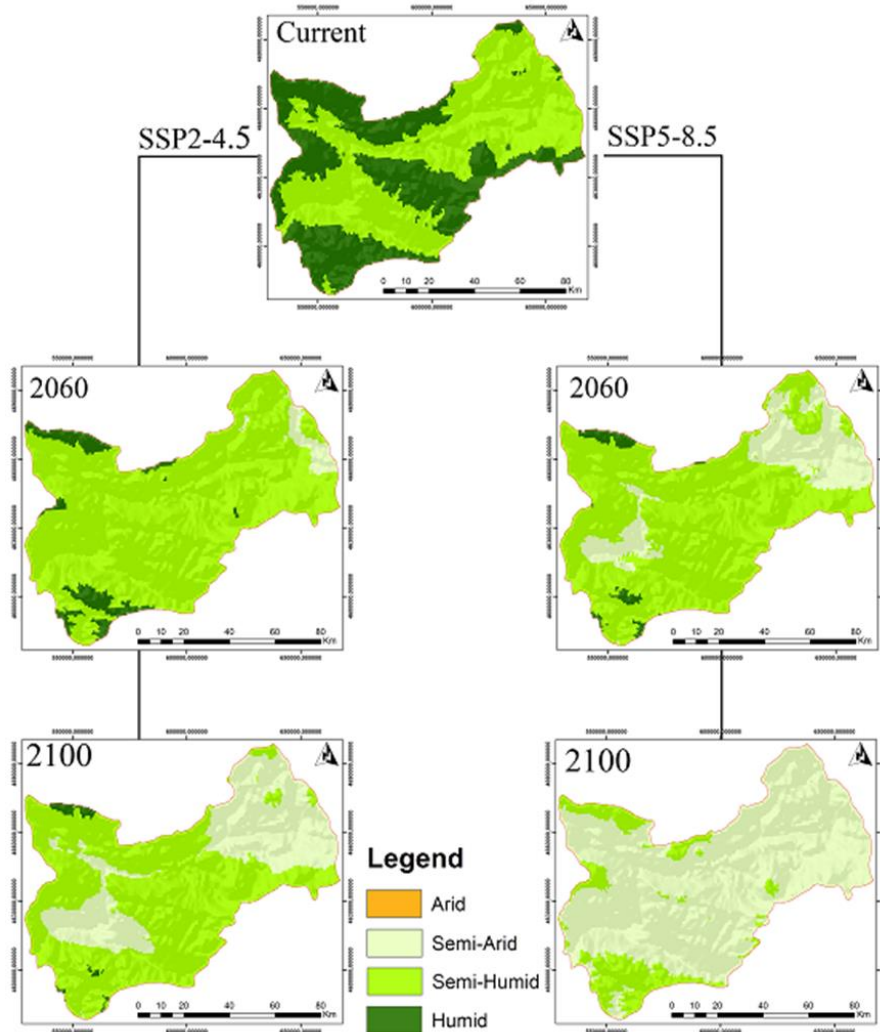
Şekil 3. De Martonne iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının değişimi

Muş'ta De Martonne iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının değişimi incelendiğinde sıcaklık artışı ve yağıştaki azalmanın etkisinin iklim sınıflarına yansıdığı ve büyük oranda kuraklaşma olduğu görülmektedir. Günümüzde ilin büyük bölümünde görülen nemli ve çok nemli iklim tipleri SSP 585 senaryosuna göre 2100 yılına kadar yerini büyük oranda akdeniz iklimi ve yarı nemli iklim tiplerine bırakacaktır. Bu değişimden en fazla etkilenecek kısımların ise ilin orta ve güney bölümü olacağı tahmin edilmektedir. De Martonne iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının alansal değişimi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. De Martonne iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının alansal değişimi

| İklim tipi     | Günümüz | SSP2 4.5 |       | SSP5 8.5 |       |
|----------------|---------|----------|-------|----------|-------|
|                |         | 2060     | 2100  | 2060     | 2100  |
| Yarı Kurak     |         |          |       |          | 0,84  |
| Akdeniz iklimi |         |          | 1,4   | 0,03     | 34,64 |
| Yarı Nemli     |         | 13,21    | 26,42 | 22,64    | 40,60 |
| Nemli          | 27,46   | 49,65    | 54,40 | 52,42    | 23,28 |
| Çok Nemli      | 70,35   | 37,14    | 17,78 | 24,91    | 0,64  |
| Aşırı Nemli    | 2,19    |          |       |          |       |

De Martonne iklim sınıflandırmasına göre günümüzde Muş ilinin yaklaşık %70,35'inde çok nemli, %27,46'sında nemli, %2,19'unda ise aşırı nemli iklim tipi görülmektedir. Yapılan hesaplamalar 2100 yılında SSP2 4.5 senaryosuna göre ilin yaklaşık %54,40'ında nemli, %26,42'sinde ise günümüzde varolmayan yarı nemli iklim tipinin görüleceğini ortaya koymaktadır. SSP5 8.5 senaryosuna göre ise 2100 yılında ilin yaklaşık %40,60'ında yarı nemli, %34,64'ünde ise Akdeniz iklim tipi görülecektir. Emberger iklim sınıflarına göre, Muş'de iklimin süreç içerisindeki değişimi Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Emberger iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının değişimi

Günümüzde ilin tamamında görülen yarı nemli ve nemli iklim tiplerinin yerini hızla kurak iklim tiplerine bırakacağı tahmin edilmektedir. Günümüzde yok denecek seviyede olan yarı kurak alanların 2060 yılına kadar ortaya çıkacağı, SSP5 8.5 senaryosuna göre 2100 yılına kadar bu alanların ilin büyük bölümünü kaplayacağı öngörülmektedir. Emberger iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının alansal değişimi Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Emberger iklim sınıflandırmasına göre iklim sınıflarının alansal değişim

| İklim tipi | Günümüz | SSP2 4.5 |       | SSP5 8.5 |       |
|------------|---------|----------|-------|----------|-------|
|            |         | 2060     | 2100  | 2060     | 2100  |
| Yarı Kurak |         | 3,03     | 33,43 | 20,68    | 85,92 |
| Yarı Nemli | 57,34   | 90,70    | 65,44 | 76,98    | 14,08 |
| Nemli      | 42,66   | 6,27     | 1,13  | 2,34     |       |

Emberger iklim sınıflandırmasına göre günümüzde Muş ilinin yaklaşık %57,34'ünde yarı nemli, %42,66'sında ise nemli iklim tipi hüküm sürmektedir. Tablo değerleri incelendiğinde il genelinde kuraklaşma sürecinin çok hızlı olacağı ve 2060 yılında SSP2 4.5 senaryosuna göre %90,70'inde yarı nemli iklim tipinin görüleceği, 2060 yılında SSP5 8.5 senaryosuna göre ilin %76,98'inde yarı nemli, %20,68'inde ise yarı kurak iklim tipinin hüküm süreceği öngörülmektedir. 2100 yılına gelindiğinde ise günümüzde varolmayan yarı kurak iklim tipinin hüküm sürdüğü alanların SSP2 4.5 senaryosuna göre ilin yaklaşık %33,43'ünde, SSP5 8.5 senaryosuna göre ise %85,92'sinde hakim olacağı tahmin edilmektedir.

#### 4. Tartışma

Çalışma sonuçları küresel iklim değişikliğinin Muş'da iklim parametrelerini önemli ölçüde etkileyeceğini, bu etkilerin 2060 yılında net bir şekilde görüleceğini, 2100 yılında ise büyük çaplı değişiklikler olacağını ortaya koymaktadır. Bu değişimin önemli miktarda sıcaklık artışı, yağışlarda azalma ve bunlara bağlı olarak iklim tiplerinin kurak iklim tiplerine dönüşmesi şeklinde gerçekleşeceğini tahmin edilmektedir. Benzer değişimlerin dünya genelinde yaşanacağı yapılan çalışmalarla ortaya konulmuş olup, Türkiye'nin "risk altındaki ülkeler" arasında yer aldığı, 2100 yılına kadar ülke genelinde 6 °C'yi bulan sıcaklık artışları görülebileceği belirlenmiştir (Arıca vd., 2024). Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak Muş ilinde iklim tiplerindeki değişimin, tarımsal faaliyetlerden bitki türlerinin yayılış alanlarına, ilin enerji ihtiyacından insanların konfor alanlarına kadar hemen her alanda farklı düzeyde etkileri olması beklenmektedir. Çünkü bilindiği üzere iklim, insanların fiziksel çevresini şekillendirdiği gibi, insanoğlunun yaşamı, her türlü sosyal ve ekonomik faaliyeti, bütün canlılar için habitatların oluşumu üzerinde etkilidir. İnsanların giyim tercihlerinden, her türlü ekonomik sürece, toplumların dil ve kültür gelişimine kadar pek çok alanda iklimin etkisi görülmektedir. Hatta iklimin, insanların psikolojik durumlarını da önemli ölçüde etkilediği belirtilmektedir (Koç, 2022a,b; Dogan vd., 2024). Çalışma sonuçları gelecek yıllarda Muş ili genelinde sıcaklık ortalamasında önemli miktarda artış olacağını, yağışın azalacağını ve bunlara bağlı olarak iklim tiplerinin hızla kurak iklim tiplerine doğru kayacağını göstermektedir. Bu süreçten neredeyse bütün canlılar ve ekosistemler önemli ölçüde etkilenecektir. Ancak en fazla etkilenecek canlı grubu etkin bir hareket kabiliyetine sahip olmayan bitkilerdir. Yani tarım, orman ve mera alanları süreçten büyük zarar görecekler. Bunun sonucunda ekonomisi büyük ölçüde tarım ve hayvancılığa dayalı Muş ilinin ekonomik olarak büyük zarar görmesi kaçınılmazdır. Sürecin etkilerini azaltmak için şimdiden gerekli tedbirler alınmalı, örneğin tarımsal alanda su ihtiyacı daha az olan genotiplerin kullanımı, suyun idareli kullanımını sağlayan damla sulama sistemleri gibi ileri sulama sistemlerinin tercih edilmesi, değişen iklim şartlarına göre ürün tercihi, her alanda sürdürülebilirlik prensibinin ön planda tutulması önerilmektedir. Su kullanımı konusunda planlamalar yapılmalı, halkın bilinçlendirilmesinin sağlanarak su israfının önlenmesi, evsel ve sanayi su kullanımının azaltılması, her alanda su tasarrufu sağlayan makinelerin tercih edilmesi, su hasatının yapılarak suların yağışlı mevsimlerde depolanması gibi uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır.

#### 5. Sonuç

İklimin dünya üzerindeki bütün canlıları etkileyen bir faktör olması, iklimsel değişimleri ayrıca önemli kılmaktadır. Yapılan çalışmalar iklim değişikliğinin en fazla göller, nehirler, yeraltı suları gibi tatlı sular üzerinde baskı oluşturacağını, suyun gelecek yıllarda en değerli kaynak olacağını ortaya koymaktadır. Zaten varolan kirlilik sorununun oluşturduğu baskı ile birleşen iklimsel stresler, su kaynaklarını ciddi biçimde tehdit edecektir (Sevik ve Topacoglu, 2015; Demir vd., 2021; Key vd., 2023). Bu durum dünyadaki canlı yaşamı açısından

büyük bir tehdittir çünkü bütün canlı yaşamı suya bağımlıdır ve canlıların bütün fenotipik karakterlerini genetik yapı ile birlikte çevresel faktörler şekillendirir (Kurz vd., 2023; Hrivnak vd., 2023). Çevresel faktörler içerisinde en önemlileri de şüphesiz, küresel iklim değişikliğinin en fazla etkileyeceği sıcaklık ve yağış faktörleridir (Koç, 2021a,b; Cantürk vd., 2024).

Şu aşamada, küresel iklim değişikliği ile yüzleşilmesi gerektiği belirtilmekte, sürecin yıkıcı etkilerinin azaltılabilmesi için de her alanda muhtemel değişimlerin belirlenerek tedbir alınması gerektiği vurgulanmaktadır (Varol vd., 2022; Işınkaralar vd., 2023; Ertürk vd., 2024a,b). Bu sebeple küresel iklim değişikliğinin etkileri ile iklimsel parametrelerdeki değişimlerin belirlenmesi konusunda çok sayıda çalışma yapılmış, ülkemizde yapılan çalışmalarda da bu durum ortaya konulmuştur. Örneğin Bolu'da Lang iklim sınıflandırmasına göre yapılan çalışmada günümüzde Bolu'nun sadece %0,71'inde kurak iklim hüküm sürerken 2070 yılında bu oran RCP 4.5 senaryosuna göre %18,17 ve RCP 8.5 senaryosuna göre ise %30,41 seviyesine çıkacağı belirtilmiştir (Koç, 2021a). Yine Emberger iklim sınıflandırmasına göre günümüzde Bursa ilinde kurak ve yarı kurak alanlar bulunmazken 2100 yılına gelindiğinde SSPs 585 senaryosuna göre ilin yaklaşık %5,8'inde kurak, %82,65'inde yarı kurak iklim tipinin hakim olacağı öngörülmektedir (Arıcak vd., 2024). Düzce'de yapılan bir çalışmada da De Martonne iklim sınıflandırmasına göre günümüzde il genelinin yaklaşık %47.22'sinde nemli, %52.78'inde aşırı nemli iklim tipi hüküm sürerken 2070 yılında RCP 4.5 senaryosuna göre ilin yaklaşık %19.94'ünde yarı nemli, %71.10'unda nemli iklim ve %8.96'sinde de çok nemli iklimin etkisinin görüleceği belirlenmiştir (Koç, 2021b). Yapılan diğer çok sayıda çalışmada da sıcaklık artışı, yağışlarda azalma ve iklim tiplerinde kurak iklim tiplerine doğru kaymalar olacağı vurgulanmıştır (Koç vd., 2022a; Cantürk vd., 2024).

İklim parametrelerinde yaşanacak değişimin bütün canlı yaşamını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyeceği ancak en yıkıcı etkilerin bitkiler üzerinde olacağı belirtilmektedir. Çünkü diğer canlılar gibi bitkilerin de bütün fenotipik karakterleri genetik yapıları ile çevre şartlarının etkileşimi altında şekillenir ve en önemli çevresel faktörlerin başında da iklimatik faktörler yani iklim gelir (Erdem vd., 2024; Ozturk Pulatoglu vd., 2025). Dolayısıyla iklimde yaşanacak kalıcı değişikliklerin bitkiler üzerindeki etkisi daha da yıkıcı olması kaçınılmazdır. Özellikle uzun hayat devresine sahip olan ve etkin bir hareket kabiliyetine sahip olmayan yüksek yapılı ağaçlar, örneğin orman ağaçları, bu süreçten önemli ölçüde etkilenecek, birey, tür ve hatta populasyon kayıpları kaçınılmaz olacaktır (Çobanoğlu vd., 2023). Sürecin etkilerinin en fazla bitkiler üzerinde görüleceği düşünüldüğünde tarım, mera ve ormanlık alanların ileri derecede etkileneceği söylenebilir. Bu durumda Muş gibi ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayalı illerin, bu süreçten ileri derecede muzdarip olması kaçınılmazdır.

## 6. Etik Standartlara Uygunluk

### a) Yazarların katkıları

1. HK: Çalışmayı tasarladı ve verileri yorumladı.
2. ŞÇ: Laboratuvar çalışmasını gerçekleştirdi.
3. HK ve ŞÇ: Laboratuvar çalışmasını gerçekleştirdi ve makaleyi hazırladı.

### b) Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ettiler.

### c) Hayvanların refahına ilişkin beyan

Bu çalışma Deney Hayvanları Yerel Etik Kurul Çalışma protokolünü kapsamamaktadır.

### d) İnsan hakları beyanı

Bu çalışma insan katılımcıları kapsamamaktadır.

### e) Funding

This study was supported by

## 7. Kaynakça

- Akman, Y. (1990). İklim ve Biyoiklim. Palme Yayınları, Ankara, 186-193.
- Arıcak, B., Canturk, U., Koc, I., Erdem, R., Sevik, H. (2024). Shifts That May Appear in Climate Classifications in Bursa Due to Global Climate Change, *Forestist*. 74: 129-137. Doi:10.5152/ forestist.2024.23074
- Bayraktar, O. Y., Özel, H. B., Benli, A., Yilmazoglu, M. U., Türkel, İ., Dal, B. B., Şevik, H. & Kaplan, G. (2024). Sustainable foam concrete development: Enhancing durability and performance through pine cone powder and fly ash incorporation in alkali-activated geopolymers. *Construction and Building Materials*, 457, 139422.
- Cantürk, U., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Possible changes of *Pinus nigra* distribution regions in Türkiye with the impacts of global climate change. *BioResources*, 19(3), 6190- 6214.

DOI:10.15376/biores.19.3.6190-6214

- Cobanoğlu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do annual rings really reveal Cd, Ni, and Zn pollution in the air related to traffic density? An example of the cedar tree. *Water, Air, & Soil pollution*, 234(2), 65.
- Çobanoğlu, H., Canturk, U., Koç, İ., Kulaç, Ş., & Sevik, H. (2023). Climate change effect on potential distribution of anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.) in the Upcoming Century in Türkiye. *Forestist*, 73(3), 247-256. DOI:10.5152/forestist.2023. 22065.
- Demir, T., Mutlu, E., & Gültepe, N. (2024). Bioaccumulation of heavy metals in Capoeta tinca fish and health risk assessment. *Revista Científica de la Facultade de Veterinaria*, 34(2).
- Demir, T., Mutlu, E., Aydın, S., & Gültepe, N. (2021). Physicochemical water quality of Karabel, Çaltı, and Tohma brooks and blood biochemical parameters of *Barbus plebejus* fish: assessment of heavy metal concentrations for potential health risks. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 1-15.
- Dogan, S., Kilicoglu, C., Akinci, H., Sevik, H., & Cetin, M. (2023). Determining the suitable settlement areas in Alanya with GIS-based site selection analyses. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(11), 29180-29189.
- Dogan, S., Kilicoglu, C., Akinci, H., Sevik, H., Cetin, M., & Kocan, N. (2024). Comprehensive risk assessment for identifying suitable residential zones in Manavgat, Mediterranean Region. *Evaluation and Program Planning*, 106, 102465.
- Emin, N., & Mutlu, E. (2024). Akgöl Gölet Havzasının (Sinop-Ayancık) Su Kalitesinin Yerinde Analizlerle Tespiti ve Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(3), 243-252.
- Erdem, R., Koç, İ., Çobanoğlu, H., & Şevik, H. (2024). Variation of magnesium, one of the macronutrients, in some trees based on organs and species. *Forestist*, 74(1), 84-93.
- Ertürk, N., Arıca, B., Yiğit, N., & Sevik, H. (2024a). Potential changes in the suitable distribution areas of *fagus orientalis lipsky* in kastamonu due to global climate change. *Forestist*, 74: 159-165. doi:10.5152/forestist.2024.23024.
- Ertürk, N., Arıca, B., Sevik, H., & Yiğit, N. (2024b). Possible Change in Distribution Areas of *Abies* in Kastamonu due to Global Climate Change. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 24 (1), 81-91.
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Comparison of the rate of certain trace metals accumulation in indoor plants for smoking and non-smoking areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.
- Gur, E., Palta, Ş., Ozel, H. B., Varol, T., Sevik, H., Cetin, M., & Kocan, N. (2024). Assessment of Climate Change Impact on Highland Areas in Kastamonu, Turkey. *Anthropocene*, 46, 100432. DOI: 10.1016/j.ancene.2024.100432
- Gültekin, Y., Kılıç Bayraktar, M., Sevik, H., Cetin, M., Bayraktar, T. (2025) Optimal Vegetable Selection in Urban and Rural Areas Using Artificial Bee Colony Algorithm: Heavy Metal Assessment and Health Risk, *Journal of Food Composition and Analysis*, DOI: 10.1016/j.jfca.2024.107169.
- Hrivnák, M., Krajmerová, D., Paule, L., Zhelev, P., Sevik, H., Ivanković, M., Goginashvili, N., Paule, J., Gömöry, D. (2024). Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato?. *Eur J Forest Res* 143, 451–464. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01634-0>
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., & Sevik, H. (2025a). Health for the future: spatiotemporal CA-MC modeling and spatial pattern prediction via dendrochronological approach for nickel and lead deposition. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1-13. DOI:10.1007/s11869-025-01702-x
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Sevik, H. & Kucuk, O. (2025b). Thermal comfort modeling, aspects of land use in urban planning and spatial exposition under future climate parameters. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1007/s13762-025-06396-3>
- Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Sevik, H., & Küçük, Ö. (2024). Spatial modeling the climate change risk of river basins via climate classification: a scenario-based prediction approach for Türkiye. *Natural Hazards*, 120:511–528. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06220-6>
- Istanbulu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial Distribution of Heavy Metal Contamination in Road Dust Samples from an Urban Environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 110(4), 78.
- Işınkaralar, Ö., Işınkaralar, K., Şevik, H., & Küçük, Ö. (2023). Bio-climatic comfort and climate change nexus: A case study in Burdur basin. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 23(3), 241-249.
- İpek, G. G., Aras, S., Arslan, N. A. İ. M. E., & Mutlu, E. (2024). Evaluation of Freshwater Water Quality with Indexes and GIS-Based: A Case Study, Güren Stream (Küre Mountains National Park, Western Black Sea Basin, Turkey). *Water Resources*, 51(3), 332-343.
- Kalaycı 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 İzmir Katip Çelebi University Çiğli Campus *Environmental Science and Pollution Research* (2021).

<https://doi.org/10.1007/s11356-021-14299-2>

- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2023). Proof of concept to characterize historical heavy-metal concentrations in atmosphere in North Turkey: determining the variations of Ni, Co, and Mn concentrations in 180-year-old *Corylus colurna* L. (Turkish hazelnut) annual rings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(10), 120.
- Koc, İ., Canturk, U., Cobanoglu, H., Kulac, S., Key, K., & Sevik, H. (2025). Assessment of 40-year Al Deposition in some Exotic Conifer Species in the Urban Air of Düzce, Türkiye. *Water Air Soil Pollut* 236, 76. <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07723-z>
- Koç, İ. (2021a). The effect of global climate change on some climate parameters and climate types in Bolu. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 23(2), 706-719.
- Koç, İ. (2021b). Changes that may occur in temperature, rain, and climate types due to global climate change: the example of Düzce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(8), 1545-1554.
- Koç, İ. (2022a). Determining the near-future biocomfort zones in Samsun province by the global climate change scenarios. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(2), 181-192.
- Koç, İ. (2022b). Determining the biocomfort zones in near future under global climate change scenarios in Antalya. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 6-17.
- Kurz, M., Koelz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., ... & Csillery, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech—Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management*, 531, 120801.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., Aricak, B., Onat, S. M., & Sevik, H. (2023). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density, *BioResources* 18(1), 792-803.
- Muş İl Milli Eğitim Müdürlüğü, 2025, <https://mus.meb.gov.tr/www/ekonomi/icerik/15>, erişim tarihi 11/02/2025
- Mutlu, E., & Aydın Uncumusaoglu, A. (2018). Analysis of spatial and temporal water pollution patterns in Terzi Pond (Kastamonu/Turkey) by using multivariate statistical methods. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5), 2900-2912.
- Mutlu, E., & Aydın Uncumusaoglu, A. (2024). Research on Water Quality for Evaluation Using the Water Quality Index and Multivariate Statistical Approach of Evrenye Stream (Kastamonu, Türkiye). *Polish Journal of Environmental Studies*. DOI: 10.15244/pjoes/192355
- Ozturk Pulatoglu, A., Koç, İsmail, Özel, H. B., Şevik, H., and Yıldız, Y. (2025). "Using trees to monitor airborne Cr pollution: Effects of compass direction and woody species on Cr uptake during phytoremediation," *BioResources* 20(1), 121–139
- Özel, H. B., Şevik, H., Yıldız, Y., & Çobanoğlu, H. (2024). Effects of Silver Nanoparticles on Germination and Seedling Characteristics of Oriental Beech (*Fagus orientalis*) Seeds. *BioResources*, 19(2). 2135-2148.
- Sevik, H., & Topacoglu, O. (2015). Variation and inheritance pattern in cone and seed characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) for evaluation of genetic diversity. *Journal of Environmental Biology*, 36(5), 1125.
- Sevik, H., Ucun Ozel, H., Yildiz, Y., & Ozel, H. B. (2025). Effects of adding Fe 2 O 3 and Fe 3 O 4 nanoparticles to soil on germination and seedling characteristics of Oriental beech, *BioResources*, 20(1), 70-82.
- Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2012). Determination of genetic variation between populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf according to some seed characteristics, genetic diversity in plants. Chapter, 12, 231-248.
- Şevik, H., Yildiz, Y., Ozel, H.B. (2024). Phytoremediation and Long-term Metal Uptake Monitoring of Silver, Selenium, Antimony, and Thallium by Black Pine (*Pinus nigra* Arnold)", *BioResources*, 19(3). 4824-4837.
- Şimşek, A., & Mutlu, E. (2023). Assessment of the water quality of Bartın Kışla (Kozcağız) Dam by using geographical information system (GIS) and water quality indices (WQI). *Environmental Science and Pollution Research*, 30(20), 58796-58812.
- Tandogan, M., Özel, H. B., Gözet, F. T., & Şevik, H. (2023). Determining the taxol contents of yew tree populations in western Black Sea and Marmara regions and analyzing some forest stand characteristics, *BioResources* 18(2), 3496-3508.
- Tokatli, C., Mutlu, E., Ustaoglu, F., Islam, A. R. T., & Muhammad, S. (2024). Spatiotemporal variations, health risk assessment, and sources of potentially toxic elements in potamic water of the Anday Stream Basin (Türkiye), Black Sea Region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(5), 420.
- Uncumusaoglu, A. A., & Mutlu, E. (2021). Water quality assessment in Karaboğaz Stream Basin (Turkey) from a multi- statistical perspective. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(5), 4747-4759.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022). Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1), 637-647.

- Yaşar İsmail, T. S., İsmail, M. D., Çobanoğlu, H., Koç, İ., & Sevik, H. (2025). Monitoring arsenic concentrations in airborne particulates of selected landscape plants and their potential for pollution mitigation. *Forestist*, 75: 1-6, DOI:10.5152/forestist.2024.24071
- Yigit, N., Mutevelli, Z., Sevik, H., Onat, S.M., Ozel, H.B., Cetin, M., Olgun, C. (2021). Identification of Some Fiber Characteristics in *Rosa* sp. and *Nerium oleander* L. Wood Grown under Different Ecological Conditions. *BioResources*, 16(3): 5862-5874. DOI:10.15376/biores.14.3.7015-7024.