

BÖLGESEL SICAKLIK VE YAĞIŞ VERİLERİNE GÖRE KAZDAĞI VE YAKIN ÇEVRESİNİN İKLİMİNDE ÖNGÖRÜLEN DEĞİŞİKLİKLER (2000-2099)¹

Projected Climate Changes in Kazdağı (Mount Ida) and Its vicinity according to Regional Temperature and Precipitation Data (2000-2099)

Berna HEPBİLGİN²

Telat KOÇ³

Özet

İklim değişikliği çağımızın önemli bir çevresel sorunudur. İklimdeki değişim süreci devam ettiği için iklim değişikliğinin potansiyel etkileri net olarak anlaşılamamaktadır. Bununla birlikte daha bölgesel ve yerel ölçeklerde iklim araştırmaları hızlanmıştır. Bu araştırmada Kazdağı ve yakın çevresinin ikliminde 2099 yılına kadar meydana gelebilecek değişiklikler araştırılmıştır. Kazdağı, konumu, uzanışı, yükseltisi, sahip olduğu doğal varlığı ile üzerindeki tüm beşeri faaliyetleri şekillendirmesi ve bölgenin su kaynağı durumunda olması açısından önemli bir araştırma alanıdır. İklim tiplerinin Kazdağı'ndaki güncel dağılışı ve yaşanacak iklim değişikliklerinin bilinmiyor olması problem olarak algılanmıştır. İklim değişikliklerinin sahadaki su bilançosunu, biyolojik çeşitliliği ve sosyo-ekonomik faaliyetleri olumsuz yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Bu nedenle çalışmanın sahadaki doğal ve beşeri kaynakların sürdürülebilirliğine ve planlama çalışmalarına bilimsel bir katkı sağlayacağı beklenmektedir.

İklim değişiklikleri Erinç, Emberger ve De-Martonne indislerine göre CBS programı yardımıyla analiz edilmiştir. 2000-2099 yılları arasında Erinç iklim sınıflandırmasına göre, çok nemli iklim alanları %86 oranında; nemli alanlar %47 ve yarı nemli iklim alanı %12 oranında küçülmüştür. Yarı kurak iklim alanları ise %7348 genişlemiştir. Emberger iklim sınıflandırmasına göre, yağışlı Akdeniz iklim alanı %463 genişlemiş, az yağışlı Akdeniz ve yarı kurak Akdeniz iklim alanı ise sırasıyla %11 ve %93 oranlarında daralmıştır. De-Martonne iklim sınıflandırmasına göre, nemli iklim alanları %35 daralmış, yarı kurak alanlar ise %73 genişlemiştir. Sonuçlara göre sahada kuraklaşmanın yaşanacağı beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kazdağı, RegCM4.3.4, iklim değişikliği, Erinç, Emberger, De Martonne

Abstract

Climate change is an important environmental issue in our time. As the climate change process continues, the potential impacts of climate change can not be clearly understood. However, climate research is accelerated at more regional and local scales. In this research, changes in the climate of Kaz Mount and its vicinity were investigated until 2099. The current distribution of climate types and climate changes in Kaz Mount are perceived as a problem. Climate changes are thought to affect the field water balance, biological diversity and socio-economic activities negatively. It is expected that the study will contribute scientifically to the sustainability of natural and human resources on the field and to planning studies.

Climate changes were analyzed using the GIS according to Erinç, Emberger and De-Martonne indices. Between 2000 and 2099, according to the Erinç climate classification, very humid, humid and semi-humid climate areas reduced by 86%, 47%, 12% respectively. Semi-arid climate areas expanded by 7348%. According to the Emberger climate classification, the rainy Mediterranean climate area expanded by 463% and low-rain and semi-arid Mediterranean climate areas narrowed by 11% and 93% respectively. According to the De-Martonne climate classification, humid climate areas have narrowed by 35% and semi-arid areas have expanded by 73%.

Keywords: Kaz Mount, RegCM4.3.4, climate change, Erinç, Emberger, De-Martonne

¹ Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen doktora tezinden üretilmiştir (Proje No: 2016/877). Desteklerinden dolayı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ve Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederiz.

² Arş. Gör., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, bernahepbilgin@comu.edu.tr

³ Prof. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Bölümü., tkoc@comu.edu.tr

dikey doğrultuda kısa mesafelerde değişmektedir (Koçman, Koç ve Sezer, 2007). Kazdağı ayrıca, sahip olduğu yükselti ve doğu- batı yönlü uzanışı ile Akdeniz ve Marmara iklimi arasında geçiş koşullarını barındıran bir konuma sahiptir. Böylece güney ve kuzey yamacı ve bu ikisi arasında iklim ile birlikte bitki örtüsü ve beşeri unsurlar da çeşitlilik gösterir.

Kazdağı ikliminin oluşmasında basınç sistemleri, hava kütleleri, güneş ışınlarının geliş açısı ve miktarı ile güneşlenme süreleri ve rölyef özellikleri (uzanış doğrultusu, yükselti, eğim ve bakı koşulları), denizel etkiler ve karasallık derecesi gibi genetik-dinamik unsurlar etkilidir. Bu genetik-dinamik etkenlerden iklim özelliklerini belirleyen iki unsur basınç sistemleri ve hava kütleleridir. Bu iki unsur yıl içerisinde (sıcak, soğuk ve geçiş dönemlerinde) ve yıllar arasında belirgin bir değişkenlik gösterir. Yörede etkili basınç sistemleri, sıcak dönemde Azor Yüksek ve Basra Alçak Basınç sistemleri; soğuk dönemde Azor Yüksek Basıncı, orta enlem gezici depresyonları (İzlanda ve Akdeniz Alçak Basıncı) ve Sibirya Yüksek Basıncı'dır (Koçman ve ark., 2007).

Kazdağı yöresinin ikliminde rol oynayan hava kütleleri ise yıllık olarak Denizel Polar, soğuk dönemde Akdeniz, karasal ve Akdeniz ile karasal polar ve sıcak dönemde denizel tropikal, denizel polar ile karasal tropikal birlikte ve karasal tropikal'dir. Geçiş dönemlerinde (ilkbahar ve sonbahar) sıcak ve soğuk dönemde etkili olan hava kütleleri yöredeki iklime ya tek başına ya da birlikte etki etmektedir (Koçman ve ark., 2007).

İklim sınıflandırma yöntemlerinin evrimsel sürecine bakıldığında FLOWN, KÖPPEN, DINIE, CADEZ, SCHUPP, PEDELABORDE gibi ilk araştırmacılar iklim formüllerini iklimin rejimini belirleyen genetik-dinamik unsurlara (İntertropikal Konverjans hattı çevresindeki mevsimlik durum ile ılıman kuşaktaki kötü havanın durumuna) dayandırmışlardır. Daha sonraki araştırmacılar (GAUSSEN, MARTONNE, SORRE...gibi) soğuk, nemli ve sıcak aylar gibi belirleyici ve sınırlayıcı iklimsel parametrelere göre iklim formülü geliştirmişlerdir. Fakat daha sonra iklim sınıflandırma formülleri birçok iklim parametresinin birleşimi kullanılarak geliştirilmeye başlanmıştır (THORNTHWAITE, KOPPEN, EMBERGER, DE-MARTONNE, ERİNÇ) (Akman, 1990 s.160). Günümüzde çeşitli paket programlar yardımıyla pek çok iklim parametresi dahil edilerek araştırma alanlarının iklim ve topografik özelliklerine göre iklim sınıflandırmaları üretilebilmektedir.

Kazdağı'nın karmaşık genetik-dinamik iklimsel faktörlerin etkisi altında olması, bunların sıcak ve soğuk dönemlerde tek başına ya da birlikte yöreye etki etmesi, Kazdağı'nın topografik yapısına paralel olarak yatayda ve düşeyde kısa mesafelerde iklim koşullarının değişmesi gibi nedenlerden dolayı bu çalışmada temel iklim parametreleri olan sıcaklık ve yağışa dayanan ve yaygın olarak kullanılan Erinç, Emberger ve De-Martonne iklim formülleri uygulanmıştır.

Bu çalışmada uygulanan Erinç Yağış Etkinliği formülü (1965) yıllık yağış miktarı ile yıllık ortalama maksimum sıcaklık parametrelerine dayanır. Erinç, indis sonuçlarını vejetasyon formasyonlarının yayılış alanları ile kontrol ederek, yağış etkinliği sınıfları oluşturmuştur (Erinç, 1984 s.485). De-Martonne iklim sınıflandırması (1929), yıllık ortalama sıcaklık, yıllık ortalama toplam yağış; temmuz ve ocak aylarındaki sırasıyla en yüksek ve en düşük sıcaklık ortalamaları ve bu ortalamalar arasındaki farka dayanır. Yıllık yağış miktarı kurak ve yağışlı iklimleri ayırt eder. Kuraklık, yağış miktarı yanında buharlaşma etkeni olan sıcaklığa da bağlıdır (Akman, 1990). Fransız botanikçi ve fitocoğrafyacı olan Emberger'in (1933) iklim sınıflandırmaları ekofizyolojiktir. Emberger, daha çok Akdeniz iklimi ve bu bölgenin iklimsel problemleri üzerinde durmuştur. Akdeniz iklimini fotoperiodizme, kurak mevsim süresi ve yaz yağışı miktarına, yağışlı mevsimde seyrek ve sağanak yağış olup olmadığına ve yağış miktarlarındaki aylık ve yıllık değişkenlik özelliklerine göre tanımlamıştır (Akman, 1990).

Bu çalışma Kazdağı ve yakın çevresinin ikliminde ve buna bağlı olarak baskın ağaç formasyon alanlarında içinde bulunduğumuz yüzyılın sonuna kadar öngörülen değişiklikleri konu alan ve doktora tezinin iklim analizleri bölümünü oluşturmaktadır. Bu araştırma ile yörenin su kaynağı durumunda olan ve tüm fiziki ve beşeri yapıyı şekillendiren Kazdağı'nda yıllık sıcaklık ve yağış dağılımlarındaki değişikliklere (Hepbilgin ve Koç, 2017a-b) bağlı olarak iklim yapısındaki değişimler üç temel iklim indisine dayanarak (Erinç, Emberger, De-Martonne) Coğrafi Bilgi Sistemlerinde alansal olarak analiz edilmiştir. Böylece çalışma alanında iklim sınıflarının dağılım alanlarındaki daralma ve genişlemeler tespit edilmiş ve sahanın kuraklaşma durumu ortaya konulmuştur.

Araştırma sonuçlarının sahadaki doğal ve beşeri kaynakların sürdürülebilirliğine ve planlama çalışmalarına bilimsel katkı sağlayacağı beklenmektedir.

VERİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada referans dönemi olarak (1971-2000) Kazdağı çevresindeki sekiz meteoroloji istasyonuna (Bergama, Ayvalık, Bozcaada, Burhaniye, Edremit, Balıkesir, Gönen, Çanakkale) ait yıllık ortalama sıcaklık, en sıcak ayın maksimum sıcaklık ve en soğuk ayın minimum sıcaklık değerleri ile yıllık ortalama toplam yağış değerleri kullanılmıştır (Tablo 1).

No	Istasyon Adı	Enlem	Boylam	Yükselti
1	Bergama	39.1098°K	27.1100°D	53 m
2	Ayvalık	39.3133°K	26.4200°D	4 m
3	Bozcaada	39.8326°K	26.0728°D	30 m
4	Burhaniye	39.4983°K	26.9755°D	20 m
5	Edremit	39.5895°K	27.0192°D	21 m
6	Balıkesir	39.6326°K	27.9201°D	100 m
7	Gönen	40.1135°K	27.6226°D	37 m
8	Çanakkale	40.1410°K	26.3993°D	6 m

Ayrıca RCP 4.5 (Representative Concentration Pathways –Temsili Konsantrasyon Yolu) senaryosuna ait GFDL-ESM2M küresel model çıktıları ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 20 km çözünürlükte RegCM4.3.4 bölgesel iklim modeli⁴ ile üretilmiş olan 2016-2040; 2041-2070 ve 2071-2099 dönemlerine ait yukarıda verilen iklim parametrelerinin anomali değerleri kullanılmıştır (Akçakaya ve ark., 2015). Tablo 1.'de ayrıntısı verilen istasyonların bazılarında ait sıcaklık ve yağış verilerinin küçük bir kısmında ölçüm eksiklikleri olduğu görülmüş ve bu eksikler fark yöntemi (Ardel, Kurter ve Dönmez, 1969:92) ile Excel ortamında hesaplanarak giderilmiştir.

$$\text{Fark Yöntemi: } T=T'+d$$

Rasat süresindeki boşlukları tamamlamak için bu formül kullanılır. Burada, T, rasat süresinde boşluk olan istasyonun eksik devresinin kıyaslama ile bulunacak sıcaklığı; T' aralıksız rasat yapan kıyaslama istasyonunun eksik rasat devresine karşılık gelen sıcaklığını; d, ortalama farkı gösterir. Ortalama fark için her rasatı eksik istasyonun sıcaklığından rasatı tam istasyonun sıcaklıkları çıkarılır, elde edilen farklar toplanır ve eksik rasat istasyonunun rasat sayısına bölünür; böylece ortalama fark elde edilmiş olur (Ardel ve ark., 1969 s.92,93).

Ölçüm boşlukları giderilmiş olan sıcaklık ve yağış değerleri Excel 2016 programı ortamında düzenlenmiştir. Deniz seviyesine indirgenmiş sıcaklık değerleri ile veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri programında analizlere hazır hale getirilmiş ve TIN (Triangulated Irregular Network) enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. TIN yöntemi, araştırmada kullanılan meteorolojik verilerin dağınık dokulu ve yükselti özellikli meteorolojik verilerin analizine uygun olması nedeniyle tercih edilmiştir. TIN yönteminin engebeli arazilerde gerçeğe daha yakın sonuç verdiği bilinmektedir. Bununla birlikte tezde verileri kullanılan ölçüm istasyonlarının yoğunluğunun yetersiz oluşu da TIN yöntemi tercih edilmesinin bir diğer sebebidir. Sıcaklık ve yağışların istasyon noktalarındaki deniz seviyesine indirgenmiş değerleri yardımıyla tüm sahada 10x10 m çözünürlükte hücrelerin merkez değerleri TIN yöntemi ile enterpole edilmiştir.

Sıcaklık modelinin oluşturulması için araştırma alanının yüzeyindeki 10x10 m hücre merkezlerindeki sıcaklık değerleri, Mapinfo 2015 Pro, Vertical Mapper programlarında tüm istasyonların yukarıdaki verilen deniz seviyesi değerleri ile 10x10 m hücre boyutunda TIN sıcaklık ve yağış yüzeyleri oluşturulmuştur. Ardından çalışma alanının 10x10 m sayısal yükselti modeli ile sahanın her 10x10 m gerçek yüksekliklerdeki sıcaklık ve yağış model değerleri elde edilmiştir. Burada sıcaklık için katsayılar yaz değerleri için 0.6; kış değerleri için 0.4; bahar dönemleri ve yıllık olarak 0.5 olarak ele alınmıştır (Ardel ve ark., 1969). Sıcaklık modeli oluşturulduktan sonra analizlere uygun bir sıcaklık aralığı belirlenerek (Tablo 2) kontürleme işlemi ardından sıcaklık haritaları üretilmiştir.

⁴ Bölgesel İklim Modeli, daha küçük alanların ayrıntılı iklim analizi için küresel iklim modellerinin dinamik olarak ölçeklerinin küçültülmesiyle yüksek çözünürlük sağlanmasıdır. Küresel iklim modelleri büyük alanlı modeller olarak düşük çözünürlüklü gridlenmiş verilere sahiptir. Yüksek çözünürlük elde etmek için girdi olarak tekrar kullanılan bu veriler ile daha ayrıntılı bilgiler üretilmesini sağlayan modeller bölgesel iklim modelleri (RCMs) olarak ifade edilmektedir (Akçakaya ve ark., 2015 s. 44). Bölgesel iklim model sistemi (RegCM) Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi (NCAR)'nde geliştirilmiştir. Uluslararası Teorik Fizik Merkezi (ICTP)'nin Yer Sistem Fiziği (ESP) Bölümü tarafından yönetilmektedir. Modelin ilk versiyonu (RegCM1) 1989'da geliştirildi. 1993'te ilk büyük güncelleme (RegCM2) ardından 1999'da (RegCM2.5), 2006'da (RegCM3) ve en sonuncusu 2010 yılında güncellenmiştir (RegCM4). Modelin en son versiyonu, RegCM4, tamamen ESP tarafından desteklenmektedir, önceki versiyonlar ise kullanılmamaktadır. Bu versiyonda kod yapısı ile önceki ve sonraki işlemcilerinin yapısında yeni fizik parametreleri içermesi ile önemli güncellemeler yapılmıştır. Bu model esnek ve kullanımı kolaydır. 10 km hidrostatik limite kadar grid alanı ile paleoiklim ve gelecek iklim simülasyonlarına kadar çok çeşitli çalışmalarda ve yeryüzünde herhangi bir bölgeye uygulanabilir (ICTP, 2018).

Öngörüşel haritalar için ise GFDL-ESM2M küresel model çıktılarından, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 20x20 km çözünürlüklü RegCM4.3.4 bölgesel model çalıştırılarak elde edilmiş olan RCP 4.5 senaryosuna ⁵ait sıcaklık ve yağış anomali değerleri kullanılmıştır. Her üç dönem için (2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099) CBS ortamında TIN yöntemi ile enterpole edilerek hesaplanmış, sıcaklık aralıklarının kapladığı alan ve oranlar hesaplanarak grafiklendirilmiştir. Son olarak, referans dönemi ve üç iklim değişikliği döneminde sıcaklık aralıklarındaki öngörülen alansal ve oransal değişiklikler bir tablo halinde verilerek değerlendirilmiştir.

Tablo 2: Belirlenen Sıcaklık Aralıkları
7 ^o -10 ^o C
10 ^o -13 ^o C
13 ^o -16 ^o C
16 ^o -19 ^o C
19 ^o -22 ^o C
22 ^o -25 ^o C

Yağış modellerinin oluşturulması için, istasyon değerlerine Excel ortamında Schreiber formülü (Ardel ve ark., 1969) uygulanarak deniz seviyesindeki yağış değerleri elde edilmiş, ardından sahanın deniz seviyesindeki 10x10 m hücre merkezlerinin yağış değerleri CBS programında TIN yöntemi ile entepole edilerek elde edilmiştir.

$$\text{Schreiber Formülü: } Ph = Po \pm 54h$$

Bu formülde, Ph = Dağda yükseltisi bilinen bir noktanın bulunacak yağış tutarı (mm); Po = Dağ eteğinde yükseltisi bilinen ve yağış rasadı yapan bir istasyonun yağış tutarı (mm); 54 = Her 100 m yükseldikçe yıllık yağışın 54 mm arttığını gösteren katsayıdır. h = Dağın eteğindeki istasyon ile yağış miktarı bulunacak nokta arasındaki yükselti farkını (hektometre olarak) göstermektedir (Ardel ve ark., 1969 s.195).

Bu işlemin ardından CBS programında sahanın sayısal yükselti modeli üzerine yağış enterpolasyonu çalıştırılarak ve 10x10 m hücre merkezlerinin saha yüzeyine karşılık gelen yağış değerleri hesaplanmış, sahanın yıllık ortalama yağış modeli elde edilmiştir.

$$X = a + ((b * h) / 100)$$

Topografya yüzeyinin yağış değerlerini bulmak için Map Info Pro15 Vertical Mapper programında yukarıdaki formül uygulanmıştır. Bu formülde X: Topografyada yağış değeri elde etmek istenen nokta, a: İstasyonun deniz seviyesindeki yağış miktarıdır. b: Yıllık ortalama toplam yağış değeri kullanıldığı için her 100 metrede yağış 54 mm artacağı kabul edilir. h: Topografyada yağış değeri elde edilmek istenen noktanın yükseltisidir.100: her yüz metrede yağış değişimi referans alındığı için 100'e bölünmüştür. Daha sonra, analizlere uygun yağış aralıkları belirlenmiştir (Tablo 3). Bu aralıklara göre yeniden sınıflandırma ile iklim sınıfları kontürlenerek yıllık ortalama toplam yağış haritası elde edilmiştir.

Tablo 3: Belirlenen Yağış Aralıkları
200-400 mm
400-600 mm
600-800 mm
800-1000 mm
1000-1200 mm
1200-1400 mm
1400-1600 mm
1600-1800 mm

RCP 4.5 senaryosu ve her üç dönem için 2016-2040, 2041-2070 ve 2071-2099 aynı yöntem uygulanarak öngörüşel yağış haritaları elde edilmiş, yağış aralıklarının kapladığı alan ve oranlar hesaplanarak Excel ortamında grafiklendirilmiştir. Son olarak, referans dönem ve üç iklim değişikliği döneminde yağış aralıklarında öngörülen alansal ve oransal değişiklikler bir tablo halinde verilerek değerlendirilmiştir.

İklim modellerinin üretilmesi için yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama toplam yağış, yıllık ortalama en yüksek sıcaklık, en sıcak ayın en yüksek sıcaklık ortalaması ve en soğuk ayın en düşük sıcaklık ortalaması parametreleri kullanılmıştır. Bu

⁵ RCP 4.5 bir denge senaryosudur ve sera gazı salımlarına yönelik tüm stratejik ve teknolojik önlemlerle 2100 yılına kadar toplam ışımsal zorlamanın 4.5 W/m² değerine ulaşacağını ve daha sonrasında bu değerde kararlılık göstereceğini tasvir eder. RCP 8.5 ise sera gazı salımlarında sürekli bir artışı baz alarak ışımsal zorlamanın 2100 itibariyle 8.5 W/m² değerine ulaşacağını karakterize eder (Turp, Öztürk, Türkeş, Kurnaz 2014 s.5; Hepbilgin ve Koç 2017b).

parametrelere dayanan ve araştırmada kullanılan Erinç, 1965 (Erinç, 1984 s.485), De Martonne, 1926 (Erinç 1984 s.478) ve Emberger formülleri (Akman, 1990) aşağıda verilmiştir.

$$\text{Erinç Formülü : } I_m = \frac{P}{T_{om}}$$

P:Yıllık Ortalama Toplam Yağış; Tom=Yıllık Ortalama Maksimum Sıcaklık

$$\text{De Martonne Formülü : } I = \frac{P}{T+10}$$

P:Yıllık Ortalama Toplam Yağış; T:Yıllık Ortalama Sıcaklık

$$\text{Emberger Formülü (°C): } I = \left(\frac{2000.P}{(M+m+546.4).(M-m)} \right)$$

M:En sıcak ayın en yüksek sıcaklık ortalaması

m:En soğuk ayın en düşük sıcaklık ortalaması

P:Yıllık ortalama toplam yağış

Erinç, Emberger ve De-Martonne iklim indislerine göre iklim formülleri CBS programında uygulanmış ve sahanın iklim modelleri elde edilmiştir. Elde edilen iklim modellerinden indis değerlerine göre (Tablo 4) yeniden sınıflandırma (reclassify) işlemi gerçekleştirilmiş ve iklim sınıfları kontürlenerek iklim haritaları elde edilmiştir.

Tablo 4: İklim İndisleri	
Erinç İklim Indisi	
<8	Tam Kurak
8-15	Kurak
15-23	Yarı Kurak
23 - 40	Yarı Nemli
40-55	Nemli
>55	Çok Nemli
De Martonne İklim Indisi	
0 - 10	Çok Kurak
11 - 15	Kurak
15 - 20	Az Kurak
20 - 30	Yarı – Kurak
30 +	Nemli
Emberger İklim Indisi	
<20	Çok Kurak Akdeniz
20 - 32	Kurak Akdeniz
32 - 63	Yarı Kurak Akdeniz
63 - 98	Az-Yağışlı Akdeniz
>98	Yağışlı Akdeniz

İklim senaryolarına yönelik iklim modelleri de aynı şekilde, her üç öngörülen dönem için gerekli parametrelerin programın hesaplama modülünde formüllerdeki yerlerine yerleştirilmesi ile hesaplanmış ve yeniden sınıflandırma ve kontürleme işlemleri gerçekleştirilerek öngörülen iklim haritaları elde edilmiştir. Haritaların öznelik tablolarında iklim sınıflarının kapladığı alan ve oranlar hesaplanarak grafikleri oluşturulmuştur. Son olarak, referans dönem ve üç iklim değişikliği dönemindeki Erinç, Emberger ve De-Martonne iklim sınıflarında öngörülen alansal ve oransal değişiklikler bir tablo halinde verilerek değerlendirilmiştir.

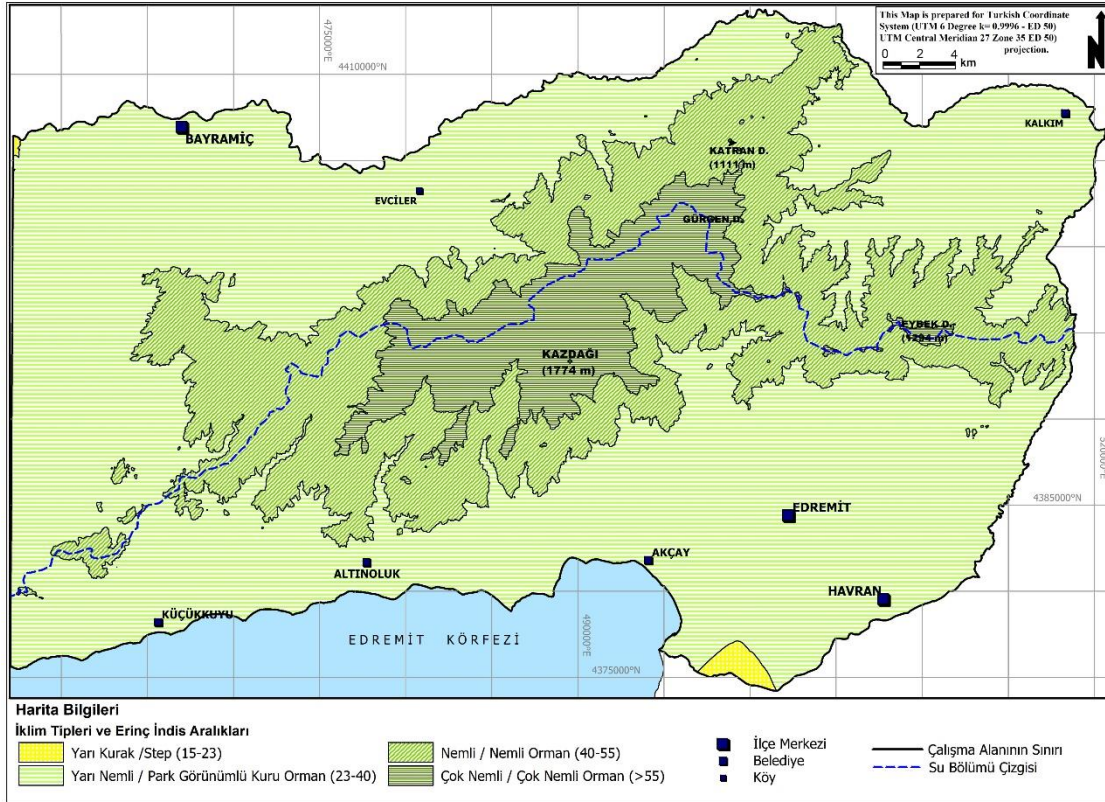
BULGULAR

Bu bölümde Erinç, Emberger ve De-Martonne iklim indislerine göre çalışmanın referans dönem (1971-2000) iklim haritaları açıklandıktan sonra iklim sınıflarındaki birinci (2016-2040), ikinci (2041-2070) ve üçüncü dönem (2071-2099) öngörülen değişiklikler sunulmaktadır.

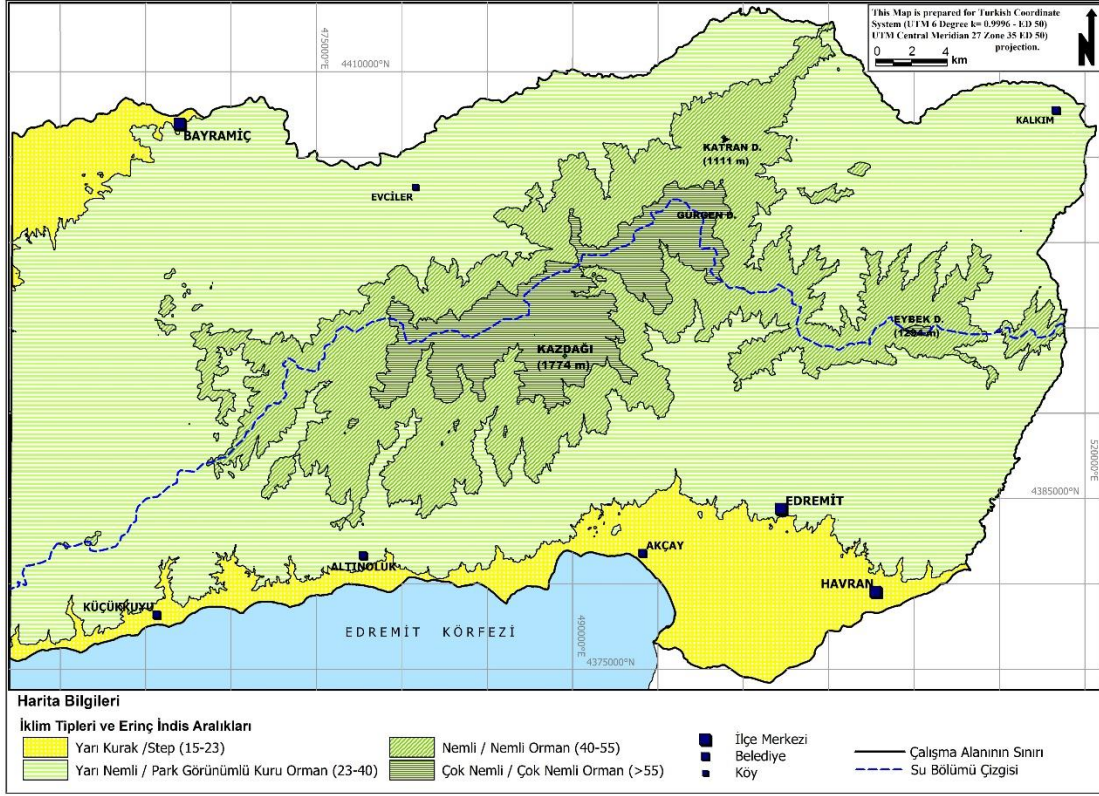
Erinç İklim Sınıflarında Öngörülen Değişiklikler

Çalışma alanının referans dönemi (1971-2000) yıllık ortalama sıcaklık değeri, en düşük 7.2°C, en yüksek 16.4°C; yıllık ortalama toplam yağış değeri ise, en düşük 569 mm, en yüksek 1608 mm'dir. Referans dönemi Erinç iklim

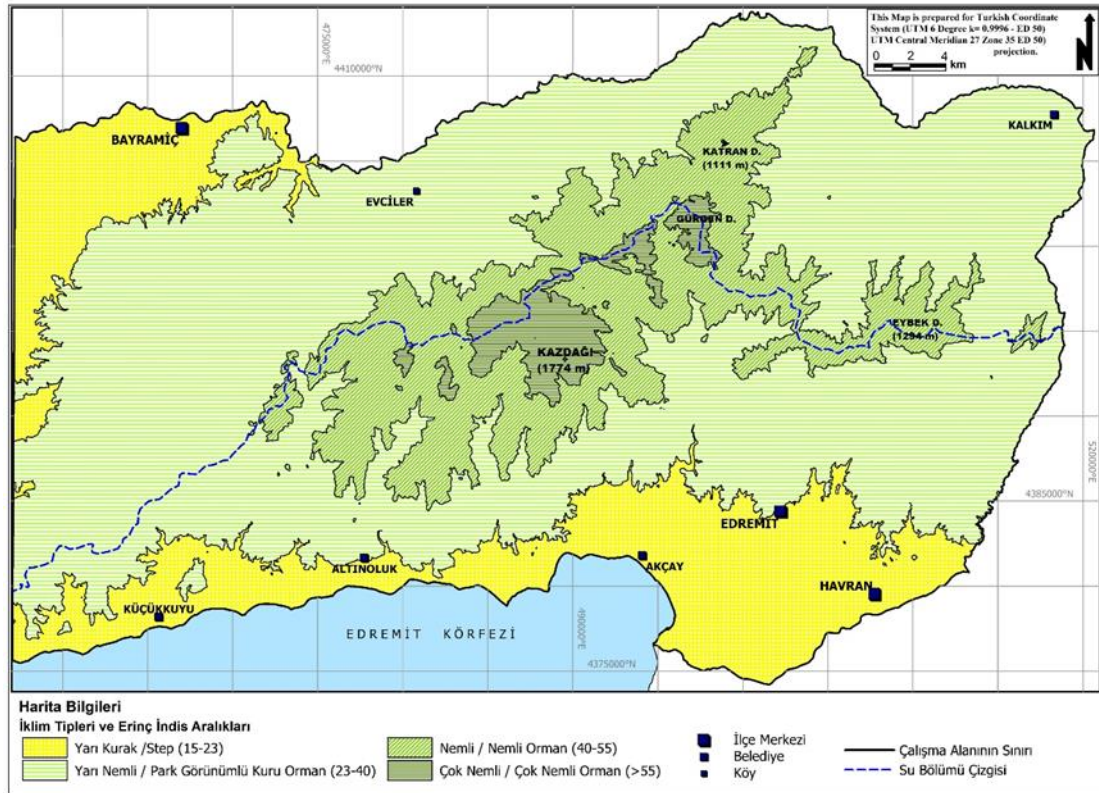
sınıflandırmasına göre oluşturulan haritaya göre, çalışma alanındaki yerleşmeler yarı nemli iklim özelliklerine sahiptir (Şekil 2). Bu dönemde Erinç iklim sınıflandırmasına göre çalışma alanının %65'i yarı nemli, %26'sı nemli ve %9'u çok nemli iklime sahiptir (Şekil 6). İkinci dönemde (2016-2040) su bölümü çizgisinin kuzeyinde kalan nemli ve çok nemli iklim sınıflarının önemli ölçüde daraldığı göze çarpmaktadır (Şekil 3). Bu dönemde yarı nemli, nemli ve çok nemli iklim alanlarının daraldığı ve yarı kurak iklim alanının genişlediği görülmektedir (Şekil 6). Bu dönemde Kazdağı'nın güney yamacının alçak kesimlerinin yarı nemli iklimden yarı kurak iklime dönüştüğü öngörülmektedir. Referans döneminde sahada yarı kurak iklim özelliklerine sahip alan neredeyse bulunmazken, 2041-2070 döneminde sahanın alçak kesimlerindeki %20'lik alanı kaplamıştır (Şekil 4). Bu dönemde, önceki dönemde olduğu gibi, yarı nemli, nemli ve çok nemli alanlar daralırken, yarı kurak iklim alanı genişlemiştir. 2071-2099 döneminde Edremit körfezi batı kıyılarında kurak-çöl iklimi sınıfı doğmuştur (Şekil 5). Yarı nemli, nemli ve çok nemli iklim alanları daralırken yarı kurak iklim alanı %27 genişlemiştir (Şekil 6). Sahada referans döneminde çok nemli iklim alanı %9 oranında iken 2099 yılına gelindiğinde (son dönem) %1'e düşmüş, yarı kurak iklim alanı ise sahada bulunmazken %27'ye yükselmiştir (Şekil 2 ve 5).



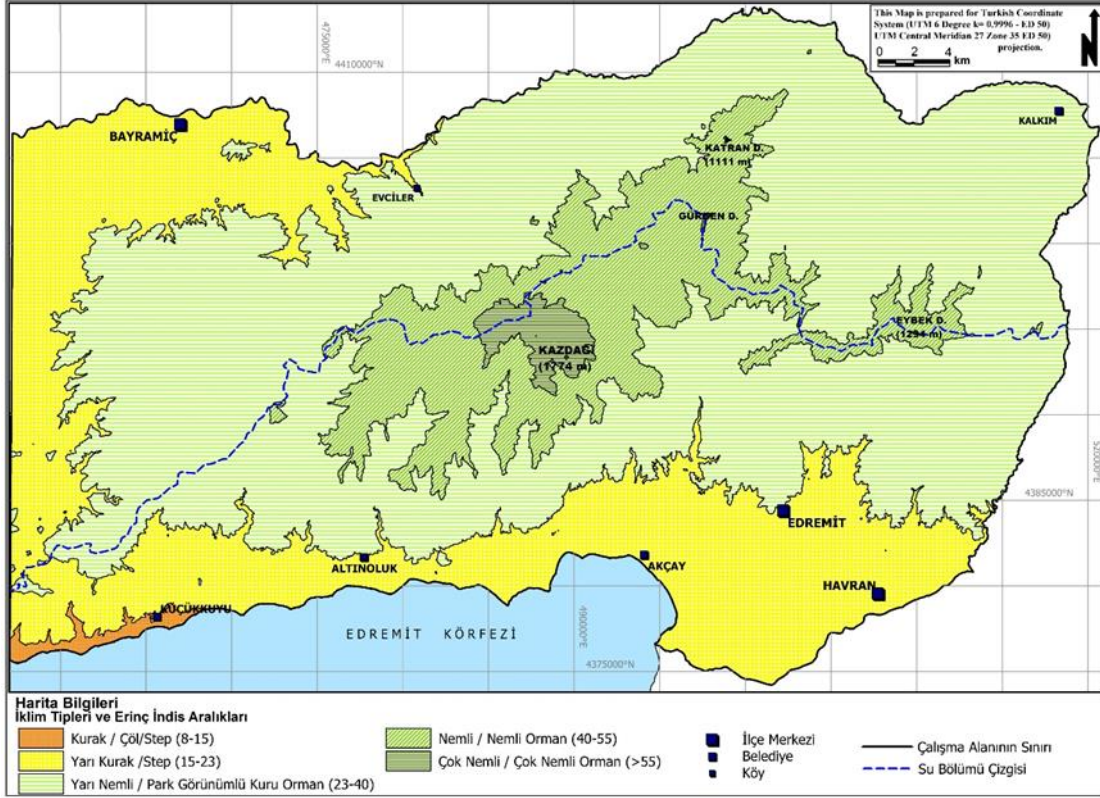
Şekil 2: Erinç İklim Sınıflarının Referans Dönemi (1971-2000) Dağılım Haritası



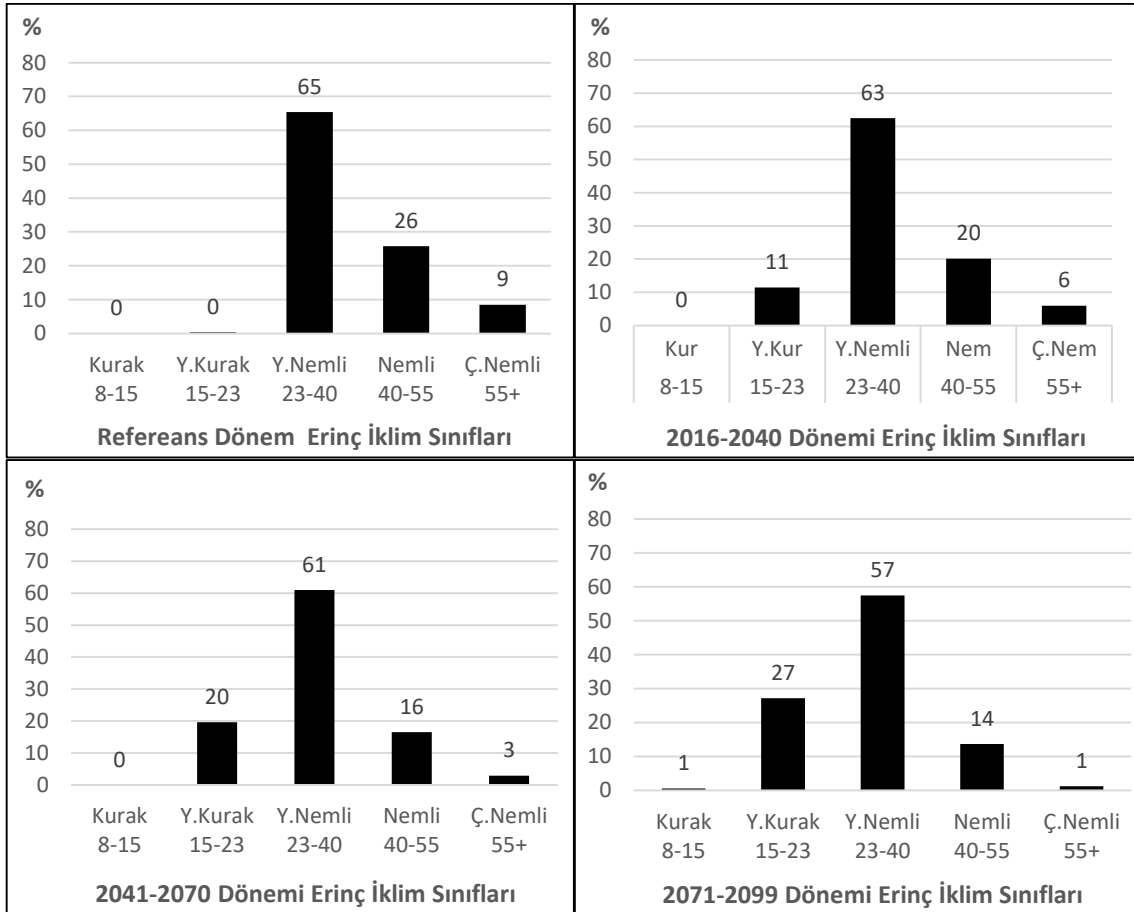
Şekil 3: Erinç İklim Sınıflarının 2016-2040 Dönemi Öngörülen Dağılışı Haritası



Şekil 4: Erinç İklim Sınıflarının 2041-2070 Dönemi için Öngörülen Dağılışı Haritası



Şekil 5: Eriş İklim Sınıflarının 2071-2099 Dönemi için Öngörülen Dağılım Haritası



Şekil 6: Eriş İklim Sınıflarının Referans ve Öngörü Dönemleri için Oransal Dağılım Grafikleri

Erinç iklim sınıflandırmasında elde edilen sonuçlara göre en büyük değişimlerin yarı kurak, nemli ve çok nemli iklim alanlarında olacağı öngörülmüştür (Tablo 5). Dönemler arasındaki değişimler incelendiğinde, sahada 2071-2099 döneminde Edremit körfezi batı kıyılarındaki küçük bir alanda yeni bir iklim sınıfı, kural-çöl iklimi doğmuştur (Şekil 5, Tablo 5). Yarı kurak iklim alanında sürekli bir genişleme gözlenirken, en büyük değişimlerin referans dönemi ile 2016-2040 dönemi arasında olduğu görülür (Tablo 5). Yarı kurak iklim alanı referans dönemi ile 2071-2099 dönemi arasında %7348 oranında genişlemiş, 38 km² alana yayılmıştır (Şekil 2, 5; Tablo 5). Yarı nemli iklim alanında Referans ile 2071-2099 dönemleri arasında %12 oranında bir daralma meydana gelmiştir. Nemli iklim alanında dönemler sürecinde oransal olarak sürekli bir daralma izlenmektedir. 2071-2099 döneminde nemli iklim alanı %47 oranında daraldığı öngörülmektedir. Nemli ve çok nemli iklim alanlarının referans dönem ile 2099 yılı arasında sırasıyla %47 ve %86 oranlarında daraldığı görülmektedir (Tablo 5).

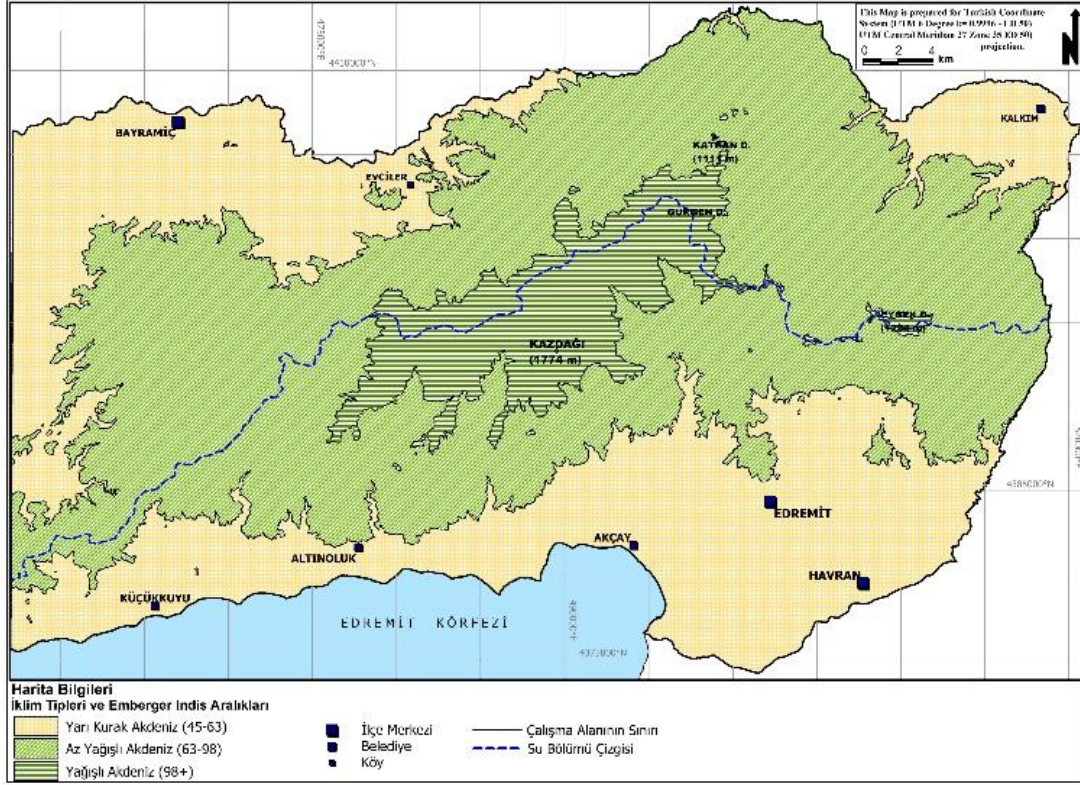
Tablo 5: Erinç İklim Sınıflarındaki Öngörülen Alansal ve Oransal Değişim Tablosu

Indis	İklim Tipleri	Ref (km ²)	2040 (km ²)	Ref-40 DY (%)	2070 (km ²)	40-70 DY (%)	2099 (km ²)	70-99 DY (%)	Ref-99 DY (%)
8-15	Kur/Çöl-Step						10		
15-23	Y.Kur/Step	7	209	3042	358	72	494	38	7348
23-40	Y.Nemli	1192	1140	-4	1113	-2	1048	-6	-12
40-55	Nem/Orm	471	368	-22	301	-18	250	-17	-47
55+	Ç.Nem/Orm	155	108	-30	53	-51	22	-58	-86

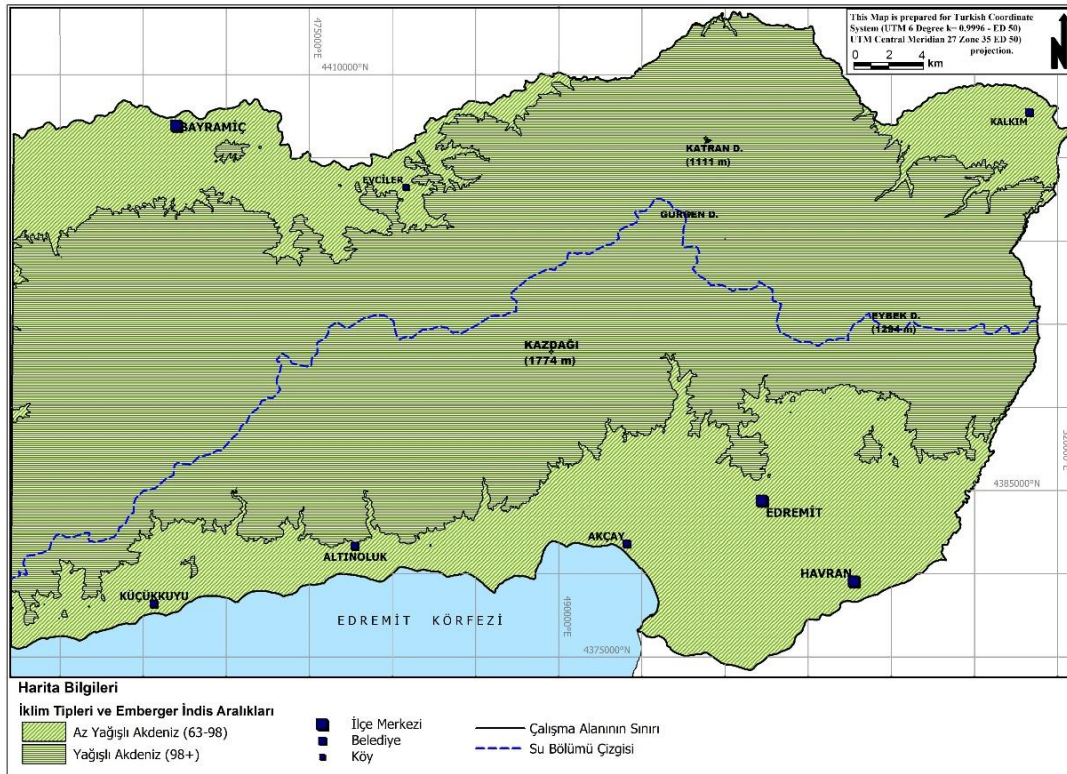
Emberger İklim Sınıflarında Öngörülen Değişiklikler

Emberger iklim sınıflandırması sonuçlarına göre sahada yağışlı Akdeniz iklimi aynı dönemde daha çok güney yamaçta etkilidir. Araştırma alanındaki yerleşmeler yarı kurak iklim etkisi altındadır (Şekil 7). Kazdağı ve yakın çevresi, referans döneminde %38 oranında yarı kurak Akdeniz iklim alanı, %53 oranında az yağışlı Akdeniz iklim alanı ve %9 oranında yağışlı Akdeniz iklimi etkisi altındadır (Şekil 7).

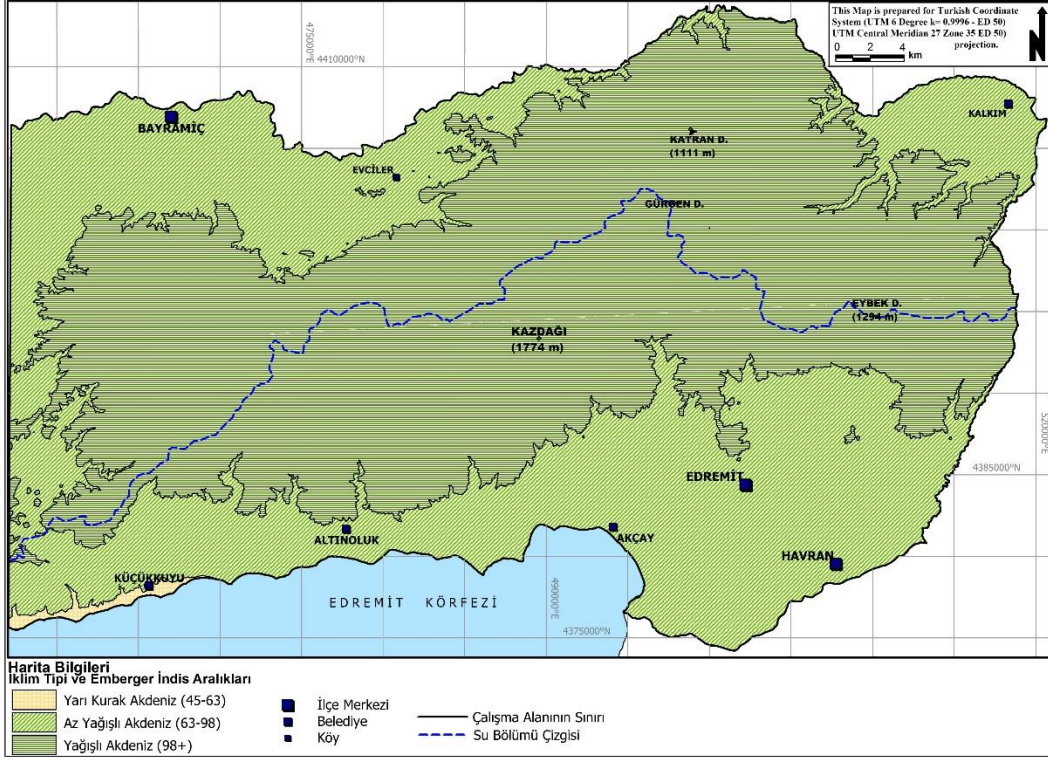
Emberger iklim sınıflandırmasına göre oluşturulan haritaya göre ilk dönemde (2016-2040), araştırma alanında çarpıcı bir değişim görülmektedir. Referans dönemi değerlerine göre sahada %38 oranında etkili olan yarı kurak iklim alanı bu dönemde ortadan kalkmış, az yağışlı ve yağışlı Akdeniz iklimi etkisi altına girmiştir (Şekil 7, 8). Bu durum bu dönemde sahada yağışların artacağı ve sıcaklıkların beklenen derecede yükselmeyeceği şeklinde değerlendirilebilir. Yağışlı Akdeniz iklim alanı referans dönemindeki toplam alanın %9'unu kapsıyorken, bu dönemde %68'lik bir alana genişlemiştir (Şekil 11). 2041-2070 döneminde sahada yağışlı Akdeniz iklim alanı %10'luk bir alan kaybederken az yağışlı Akdeniz iklimi alanı genişlemiş ve Edremit körfezi batı kıyıları etkileyen yarı kurak Akdeniz iklim alanı doğmuştur (Şekil 9, 11). 2071-2099 döneminde sahada az yağışlı Akdeniz iklimi toplam araştırma alanının %47'sini, yağışlı Akdeniz iklimi ise %50'sini kaplamakta; sahada ilk kez 2041-2070 döneminde varlığı öngörülen yarı kurak Akdeniz iklimi bu dönemde alan kazanarak etkisini genişletmiştir (Şekil 9, 11). 2071-2099 döneminde tüm iklim sınıfları genişlemiştir (Şekil 10, 11).



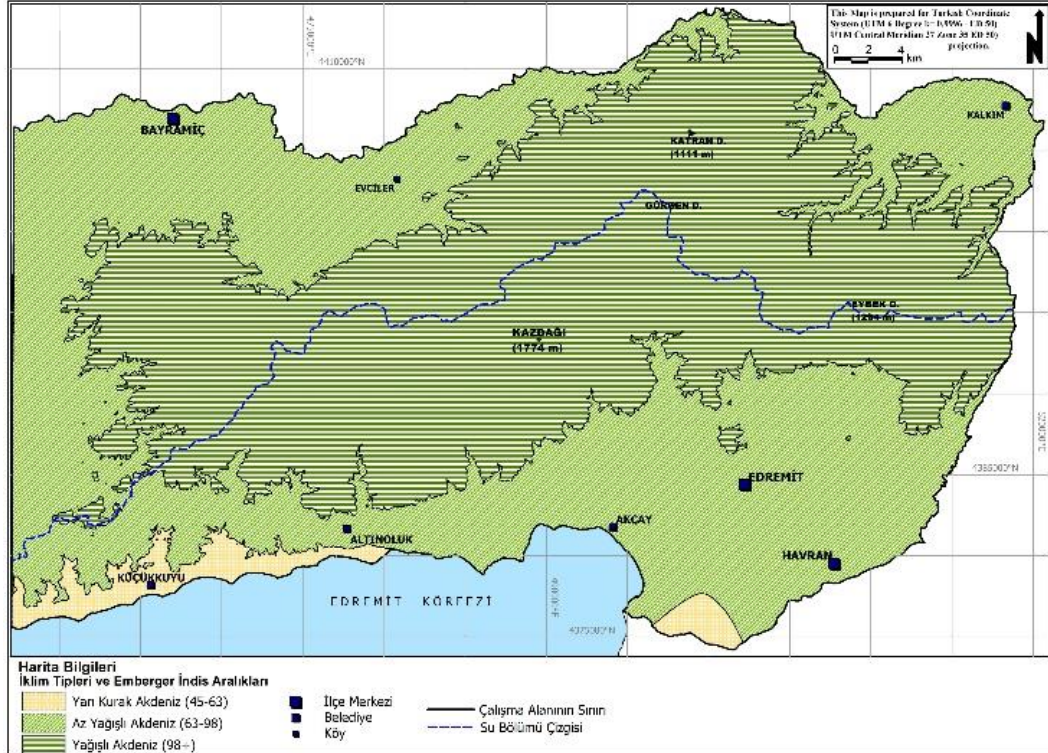
Şekil 7: Emberger İklim Sınıflarının Referans Dönemi (1971-2000) Dağılım Haritası



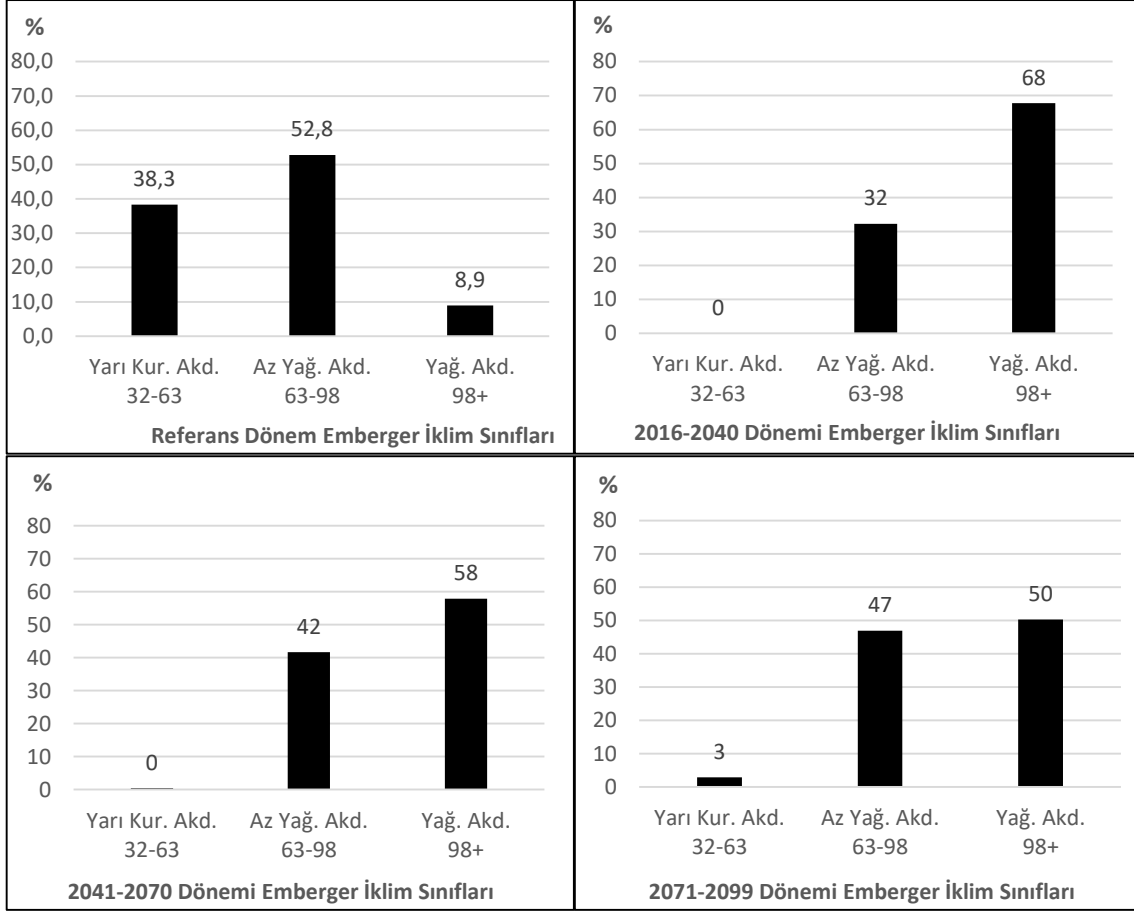
Şekil 8: Emberger İklim Sınıflarının 2016-2040 Dönemi için Öngörülen Dağılım Haritası



Şekil 9: Emberger İklim Sınıflarının 2041-2070 Dönemi için Öngörülen Dağılışı Haritası



Şekil 10: Emberger İklim Sınıflarının 2071-2099 Dönemi için Öngörülen Dağılışı Haritası



Şekil 11: Emberger İklim Sınıflarının Referans ve Öngörü Dönemlerindeki Oransal Dağılım Grafikleri

Emberger iklim sınıfları değişim grafiğinde, yarı kurak Akdeniz iklim alanının tüm dönemlerde genişlediği, en büyük gelişimin 2071-2099 döneminde elde edildiği görülmektedir (Tablo 6). Az yağışlı Akdeniz iklim alanı 2016-2040 döneminde %39 oranında daralırken daha sonraki dönemlerde oran azalsa da genişlemiştir. Yağışlı Akdeniz iklim alanı ise 2016-2040 döneminde %659 genişlemiştir; daha sonraki dönemlerde alansal olarak %15 ve %13 oranlarında daralmıştır (Tablo 6). Kazdağı ve yakın çevresinde Emberger iklim sınıflarına göre yarı kurak iklim alanında ilk üç dönemde sürekli bir alansal genişleme gözlenirken referans dönemine göre 2099 yılında bu iklim alanının %93 oranında daraldığı görülür. Keza, az yağışlı Akdeniz iklim alanı ilk dönemde önemli ölçüde alan kaybederken son iki dönemde (2041-2070 ve 2071-2099) alan kazanıyor, ancak referans dönemine göre 2099 yılında %11 oranında alan kaybetmiştir. Yağışlı Akdeniz iklim alanında ise ilk dönemde büyük oranda genişleme, son iki dönemde alansal daralma olsa da 2099 yılına gelindiğinde referans dönemine göre %463 oranında alansal genişleme olduğu görülür (Tablo 6).

Tablo 6: Emberger İklim Sınıflarındaki Öngörülen Alansal Ve Oransal Değişim Tablosu

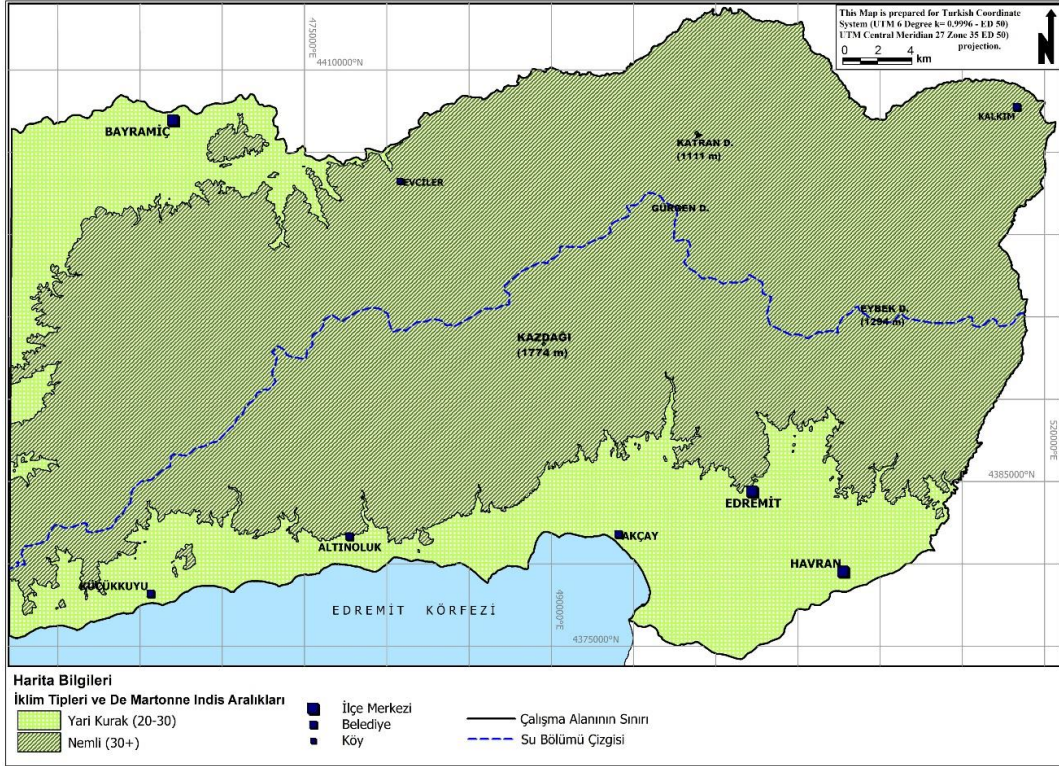
İndis	İklim Tipleri	Ref. (km ²)	2040 (km ²)	Ref-40 DY (%)	2070 (km ²)	41-70 DY (%)	2099 (km ²)	71-99 DY (%)	Ref-99 DY (%)
32-63	Yarı Kur. Akd.	698			8		52	576	-93
63-98	Az Yağ. Akd.	963	588	-39	761	29	855	12	-11
98+	Yağ. Akd.	163	1236	659	1056	-15	917	-13	463

Kısaltmalar: Ref, Referans Dönemi (1970-2000); DY: Değişim Yüzdeleri; Değişim Yüzdeleri başlıklarında yılların son iki rakamı kullanılmıştır.

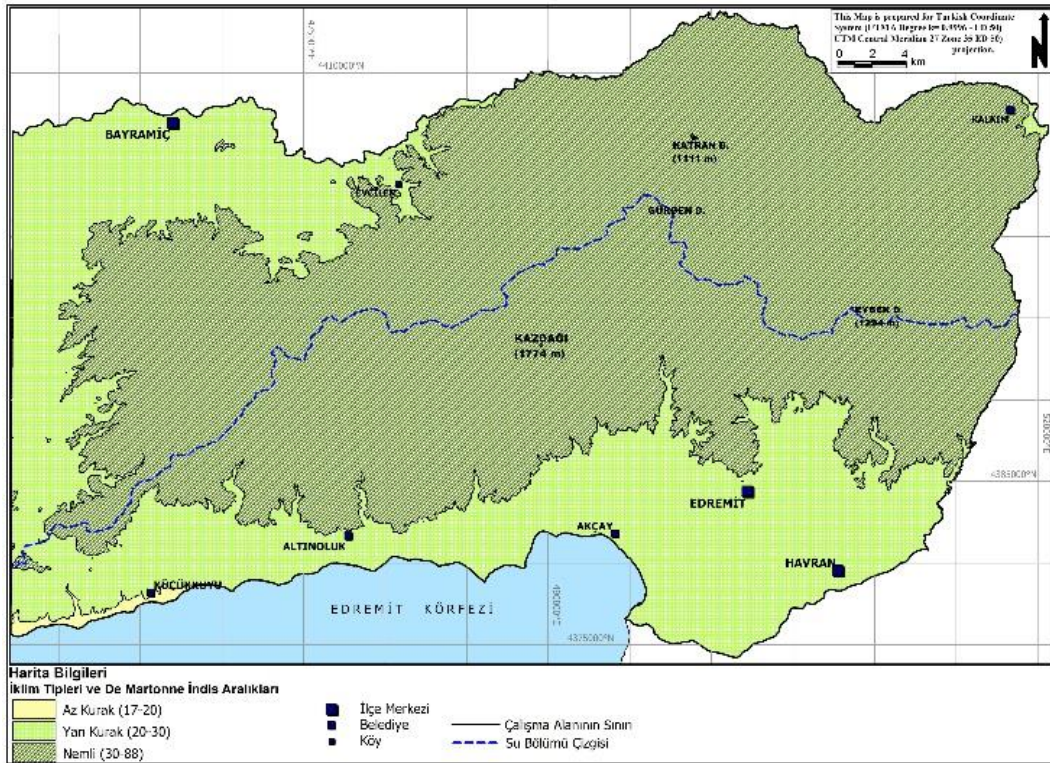
De-Martonne İklim Sınıflarında Öngörülen Değişiklikler

De-Martonne iklim sınıflandırma sonuçlarına göre, araştırma alanında ilçe merkezi durumundaki ve belediye yerleşim alanları yarı kurak iklim etkisi altındadır (Şekil 12). Referans döneminde nemli iklim alanı sahanın %76'sını; yarı kurak iklim alanı ise %24'ünü kaplamaktadır (Şekil 16). 2016-2040 döneminde sahanın %66'sı nemli, %33'ü yarı kurak iklimin etkisi altındadır. Bununla birlikte bu dönemde Edremit körfezi batı kıyılarında az kurak iklim alanı doğmuştur (Şekil 13). Önceki döneme göre az kurak ve yarı kurak iklim alanı genişlerken, nemli iklim etki alanı daralmıştır (Şekil 12,13). 2041-2070 döneminde Edremit körfezi batı kıyılarında kurak iklim alanı doğmuştur (Şekil 22). Tüm çalışma alanında nemli iklim alanı daralarak, sahanın %56'sını kaplamaktadır. Yarı kurak ve az kurak iklim alansal olarak genişlemiştir (Şekil 16). 2071-2099

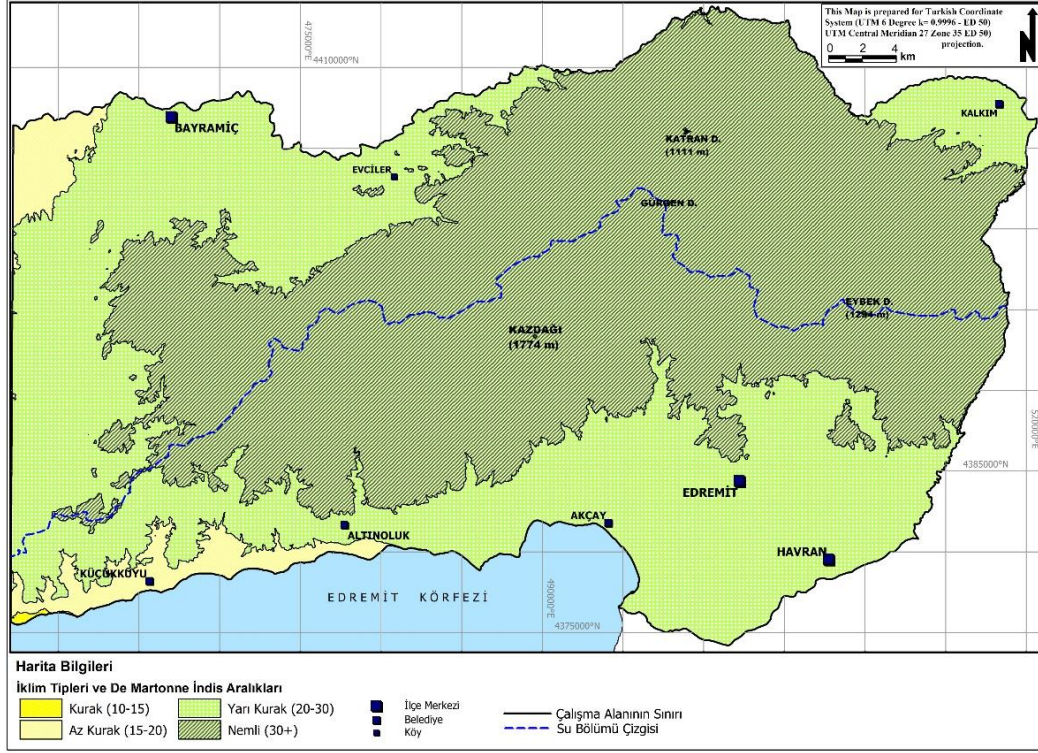
döneminde çalışma alanının %50'si nemli, %41'i yarı kurak, %8'i az kurak ve %1'i kurak iklimin etkisi altındadır. Bu dönemde nemli iklim alanı önceki döneme göre daralmış; kurak, az kurak ve yarı kurak iklim etki alanları genişlemiştir (Şekil 15, 16).



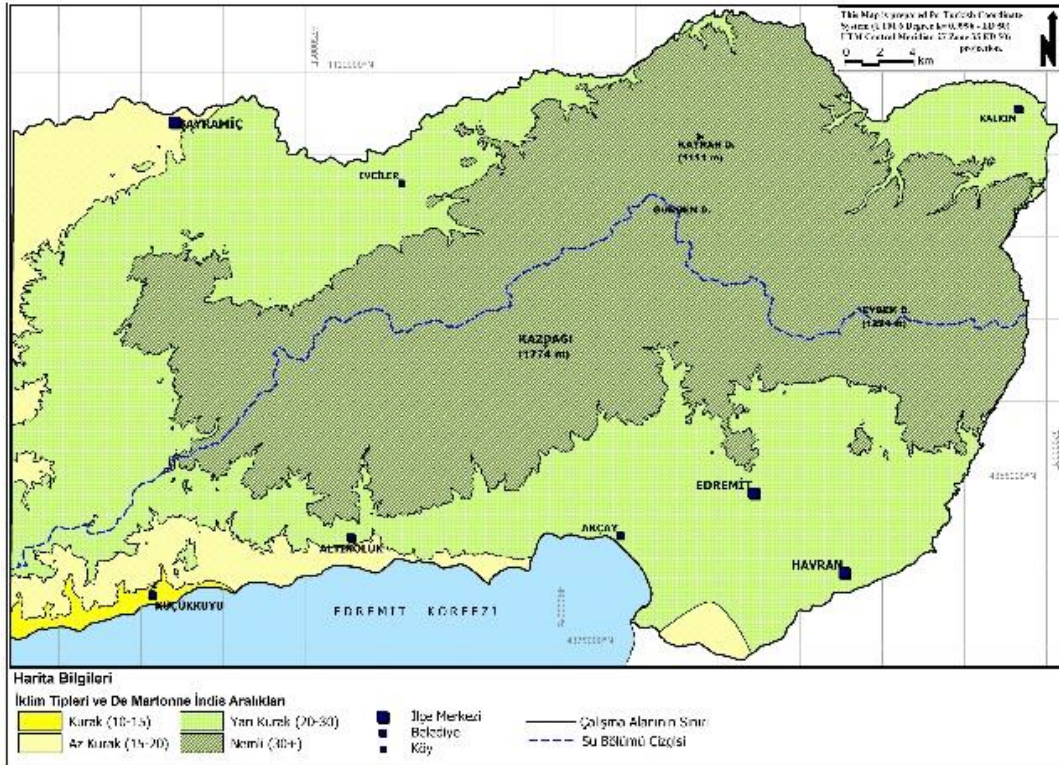
Şekil 12: De-Martonne İklim Sınıflarının Referans Dönemi (1971-2000) Dağılım Haritası



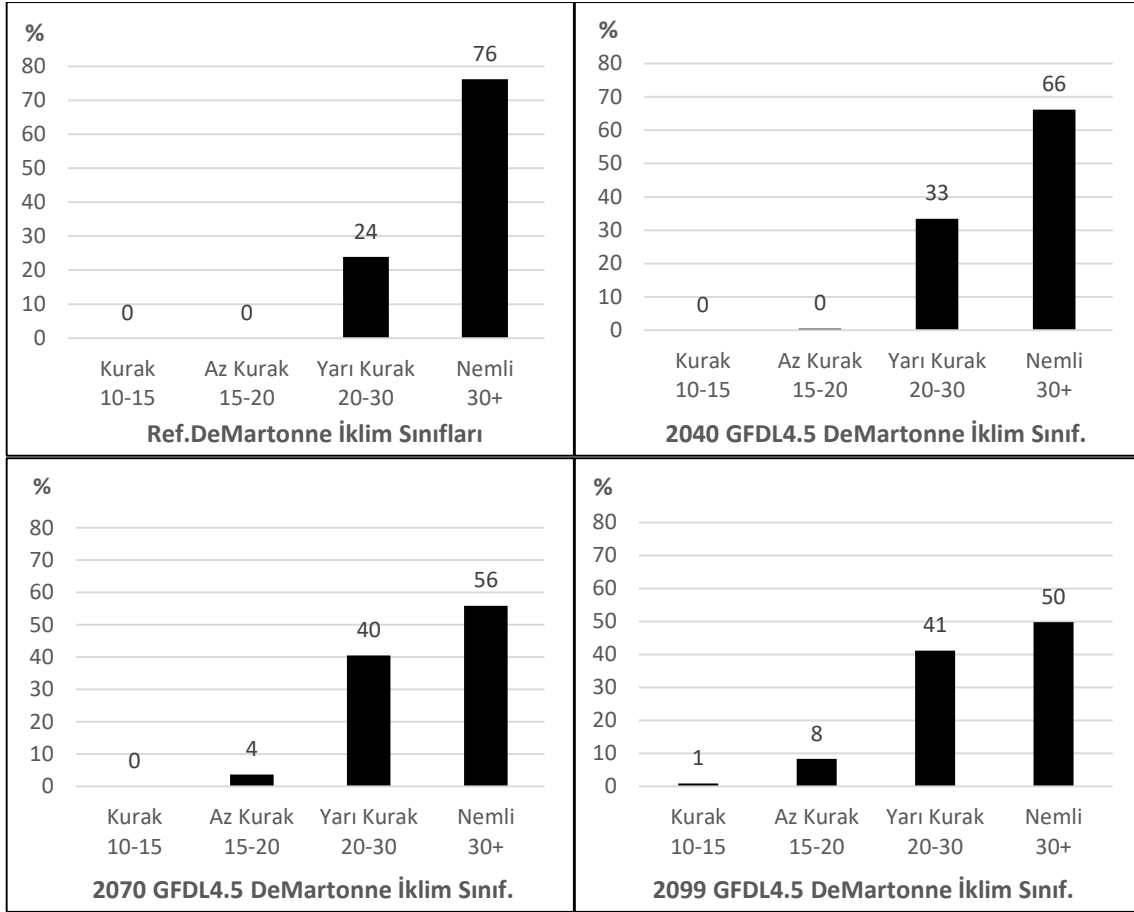
Şekil 13: De-Martonne İklim Sınıflarının 2016-2040 Dönemi için Öngörülen Dağılım Haritası



Şekil 14: De-Martonne İklim Sınıflarının 2041-2070 Dönemi için Öngörülen Dağılışı Haritası



Şekil 15: De-Martonne İklim Sınıflarının 2071-2099 Dönemi için Öngörülen Dağılışı Haritası



Şekil 16: De-Martonne İklim Sınıflarının Referans Dönemi (1971-2000) Oransal Dağılım Grafiği

De-Martonne iklim sınıflandırması sonuçlarına göre, araştırma alanındaki iklim değişikliği genel olarak değerlendirilirse, sahada nemli iklim etki alanı tüm dönemlerde daralırken kurak, az kurak ve yarı kurak iklim etki alanları tüm dönemlerde alan kazanarak genişlemiştir (Tablo 7). Referans döneminde sahada kurak ve az kurak iklim alanı yer almazken, 2071-2099 döneminde kurak iklim alanı %1168 genişlemekte, az kurak iklim alanı ise %128 genişlemiştir. Yarı kurak iklim alanı ilk dönemde %40 oranında genişlerken, daha sonraki dönemlerde oranı azalsa da genişlemeye devam etmiştir. Yarı kurak iklim alanı 2071-2099 döneminde referans dönemine göre %73 oranında genişlemiştir. Nemli iklim alanı ise dönemler içerisinde sürekli daralmış ve 2071-2099 döneminde referans dönemine göre %35 oranında daralmıştır (Tablo 7).

Tablo 7: De-Martonne İklim Sınıflarının 2071-2099 Dönemi için Öngörülen Alansal Değişim Tablosu

Indis	İklim Tipleri	Ref (km ²)	40 (km ²)	Ref-40 DY (%)	70 (km ²)	41-70 DY (%)	99 (km ²)	71-99 DY (%)	Ref-99 DY (%)
10-15	Kurak	0	-	-	1	-	15	1168	-
15-20	Az Kurak	0	7	-	66	801	151	128	-
20-30	Yarı Kurak	435	610	40	738	21	751	2	73
30+	Nemli	1389	1207	-13	1019	-16	908	-11	-35

Kısaltmalar: Ref, Referans Dönemi (1970-2000); DY: Değişim Yüzdesi; Değişim Yüzdeleri başlıklarında yılların son iki rakamı kullanılmıştır.

TARTIŞMA VE SONUÇ

İklim Değişikliğinin Kazdağ'ı ve Yakın Çevresinin Ağaç Formasyonuna Olası Etkilerinin Modellenmesi konulu doktora tezinin iklim değişiklikleri analizini kapsayan bu çalışmada RCP 4.5 senaryosuna ait GFDL-ESM2M küresel/RegCM4.3.4 bölgesel model verileri ile sahanın 2099 yılına kadar üç dönem halinde iklim değişikliği öngörülleri elde edilmiştir.

Bu araştırmanın temel sonucu olarak Kazdağ'ı ve yakın çevresinde nemli iklim alanlarının küçüldüğü kurak iklim alanlarının genişlediği ve sahada genel kuraklaşma meydana geleceği öngörülmektedir. Kazdağ'ı ve yakın çevresinin üç iklim indisine göre (Erinç, Emberger ve De-Martonne) iklim değişiklikleri sonuçları ana hatlarıyla şöyledir: Erinç iklim sınıflarına göre yarı nemli, nemli ve çok nemli iklim alanları öngörü dönemlerinde sürekli küçülmüştür. 2000-2099 yılları arasında Erinç iklim sınıflandırmasına göre, çok nemli iklim alanları %86 oranında; nemli iklim alanları %47 oranında; yarı nemli iklim alanları ise %12 oranında küçülmüştür. Yarı kurak iklim alanları ise %7348 büyümüştür. Emberger iklim sınıflandırmasına göre, yağışlı Akdeniz iklim alanı referans dönem ile 2016-2040 dönemi arasında %659 genişlemiş sonraki dönemlerde daralmıştır. Yarı kurak ve az yağışlı Akdeniz iklim alanları ilk dönemde önemli ölçüde küçülmüş, sonraki dönemlerde ise büyümüştür. Referans dönem ile 2099 yılları arasında yağışlı Akdeniz iklimi %463 oranında büyümüş, az yağışlı Akdeniz ve yarı kurak Akdeniz iklim alanı ise sırasıyla %11 ve %93 oranlarında küçülmüştür. De-Martonne iklim sınıflandırmasına göre, nemli iklim alanı tüm dönemlerde küçülmüştür. %35 oranında küçülmüş, kurak, az kurak ve yarı kurak iklim alanları ise sürekli genişlemiştir.

Literatürde ulaşılan çevre bölgeler için yapılan benzer çalışmalarda da iklim sınıflandırmalarında nemli iklimden kurak iklime doğru geçiş olduğu öngörülmektedir. İran'da De-Martonne indisinin de dahil edildiği indis grubu ve dendrokronolojik yöntemlerle son 4 yüz yılda yıllık yağışın önemli ölçüde azaldığı ve yarı kurak iklimin kurak iklime kaydığı (Gholami ve ark., 2017) daha sıcak ve kurak zonlara kayma ile iklim değişikliğinin İran'da gelecekte beklenen şiddetli kuraklık üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir (Rahimi, 2013). Doğu Azerbaycan için de 2020, 2055 ve 2090 yıllarında bu sahada yarı kurak iklimden kurak iklime doğru kayma tespit edilmiştir (Zarghami ve ark., 2011). Kuraklığın bu bölgede gelecek dönemlerde daha yoğun, daha uzun ve frekansı yüksek şekilde meydana gelmesi beklenmektedir (Jam ve ark., 2017).

Bölgesel olarak güneydoğu Avrupa'nın ısındığı, yağış miktarlarının sahanın kuzey kesimlerinde artıp güney kesimlerinde azaldığı bilinmektedir (Cheval, 2017). Türkiye havzalarına yönelik yapılan araştırma da araştırma alanı ile ilgili olarak Marmara ve Kuzey Ege havzalarının kuzey ve güney kesimlerinde benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Demircan, 2014). Cheval (2017) çalışmalarında ayrıca denizel etki altında olan kıyı kesimlerde kuraklığın mekânsal dağılışının değişmediğini ancak iç, ova kesimlerinde kurak iklime geçiş olduğunu tespit etmiştir. Türkiye için yapılan projeksiyonlarda denizel etki olduğu halde Türkiye'nin güney ve batı kıyı kesimlerinde yağışın %30 oranında azalacağı; kuzey kesimde özellikle Doğu Karadeniz bölgesinde %20 oranında yağış artışı öngörülmektedir (Şen, Bozkurt, Göktürk, Dündar ve Altürk, 2013).

Kazdağ'ı ve yakın çevresinin önümüzdeki dönemlerde nemli iklimden kurak iklime geçiş sürecinde ve sahanın genel kuraklaşma eğilimi içerisinde olduğu çevre bölgelerde yapılan benzer araştırmaların sonuçları ile de uyumludur.

Kaynakça

- Akçakaya, A., Sümer, U. M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy, S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S. & Çukurçayır, F. (2015). *Yeni Senaryolar ile Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Araştırma Dairesi Başkanlığı, Klimatoloji Şube Müdürlüğü, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Matbaası.
- Akman, Y. (1990). *İklim ve Biyoiklim* (1. Basım). Ankara: Palme Yayınları.
- Altınsoy H. Öztürk, T., Türkes, M & Kurnaz M.L. (2011). Küresel İklim Model Kullanılarak Akdeniz Havzası'nın Gelecek Hava Sıcaklığı ve Yağış Değişikliklerinin Kestirilmesi. *Türk Coğrafya Kurumu, Uluslararası katılımlı Ulusal Coğrafya Kongresi Bildiri Dokümanı*, (s.7-10).
- Ardel, A., Kurter, A., & Dönmez, Y. (1969). *Klimatoloji tatbikatı*. İstanbul Üniversitesi.
- Babaeiana, I., Modiriana, R., Karimian, M. & Zarghamib, M. (2015). Simulation of climate change in Iran during 2071-2100 using PRECIS regional climate modelling system. *Desert*, 20(2), 123-134.
- Bahadır, M. (2011). Türkiye'de iklim değişikliği'nin iklim bölgelerine yansımada kuzey-güney yönlü sıcaklık ve yağış değişim öngörülleri. *Türk Dünyası Araştırmaları Vakfı, Akademik Bakış Dergisi*, (26),1-18.
- Cheval, S., Dumitrescu, A., & Birsan, M. V. (2017). Variability of the aridity in the South-Eastern Europe over 1961–2050. *Catena*, 151, 74-86.
- Demir, Ö. Atay, H., Eskioğlu O., Tuvan A., Demircan, M. & Akçakaya, A. (2013). RCP4.5 senaryosuna göre Türkiye'de sıcaklık ve yağış projeksiyonları. III. *Türkiye İklim Değişikliği Kongresi'nde* sunulmuştur. İstanbul, Türkiye.

- Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A. & Akçakaya, A., (2014). Türkiye’de yeni senaryolara göre iklim değişikliği projeksiyonları., *TUCAUM-VIII. Coğrafya Sempozyumu’nda* sunulmuştur. Ankara, Türkiye.
- Eriñç, S. (1984). *Klimatoloji ve Metodları*. İstanbul: Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayınları.
- Erol, O. (1999). *Genel Klimatoloji*. İstanbul: Çantay Kitabevi
- Gholami, V., Jolandan, M.A. & Torkaman, J. (2017). Evaluation of climate change in northern Iran during the last four centuries by using dendroclimatology. *Nat Hazards*, 85, 1835-1850.
- Gürkan, H., Arabacı, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Şensoy, S. & Yazıcı, B. (2016). GFDL-ESM2M modeli temelinde RCP 4.5 ve RCP 8.5 senaryolarına göre Türkiye için sıcaklık ve yağış projeksiyonları. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 14(2): 77-88.
- Hepbilgin, B. & Koç, T. (2017). HadGEM2-ES/RegCM4. 3.4 küresel/bölgesel model verilerine göre Kaz Dağı ve yakın çevresinin yağışlarında olası değişiklikler (2000-2099). *Türk Coğrafya Dergisi*, 69, 27-34.
- Hepbilgin, B. & Koç, T. (2017b). Bölgesel iklim verilerine göre Kazdağı ve yakın çevresinde olası sıcaklık değişiklikleri (2000-2099). *Marmara Coğrafya Dergisi*, 36, 271-284.
- ICTP, (2018) Regional Model REGCM4. 7 Kasım 2017 tarihinde <https://www.ictp.it/research/esp/models/regcm4.aspx> adresinden edinilmiştir.
- Jam, A.S., Reihan, M.K., Saravi, M.M., Bazrafshan, J. & Sigaroudi, S.K. (2017). Investigation of climate change effect on drought characteristics in the future period using the HadCM3 model (Case study: Khoy station, northwest of Iran). *Desert* 22(1), 43-50.
- Koçman, A., Koç, T. & Sezer, L. İ. (2007). Kazdağı ve çevresinin iklim özellikleri, *Tübitak Proje Raporu*, Proje No: 104Y046
- Li, Y., Ning, Y., Şahin, S., Appels & W.M. (2017). Spatiotemporal variability of four precipitation-based drought indices in Xinjiang, China. *Theor. Appl. Climatol*, 129, 1017-1034.
- MGM, (2018). 13 Kasım 2017 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr/tahmin/il-ve-ilceler.aspx?il=CANAKKALE> adresinden edinilmiştir.
- Önol, B., Ünal, Y. S. & Dalfes, H. N. (2011). İklim değişimi senaryosunun Türkiye üzerindeki etkilerinin modellenmesi. *İTÜ Dergisi*, 8(5), 169-177.
- Pravaliu, R., Sirodoev, I. & Peptenatu, D. (2014). Detecting climate change effects on forest ecosystems in Southwestern Romania using Landsat TM NDVI data. *J. Geogr. Sci.* 24(5), 815-832.
- Pudmenzky, C., King, R. & Butler, H. (2015). Broad scale mapping of vegetation cover across Australia from rainfall and temperature data. *Journal of Arid Environments*, 120, 55-62.
- Rahimi, J., Ebrahimpour, M. & Khalili, A. (2013). Spatial changes of extended De-Martonne climatic zones affected by climate change in Iran. *Theor. Appl. Climatol.*, 112, 409-418
- Sarış, F., Hannah, M.D. & Eastwood, J.W., (2010). Changes in Precipitation and River Flow in Northeast Turkey: Associations With the North Atlantic Oscillation. *Sixth World Friend Conference*, Fez, Morocco.
- Şen, Ö. L., Bozkurt, D., Göktürk, O. M., Dündar, B. & Altürk, B. (2013). Türkiye’de iklim değişikliği ve olası etkileri. 24 Kasım 2017 tarihinde http://ipc.sabanciuniv.edu/wp-content/uploads/2012/11/Bildiri_Omer_L_Sen_vd_2013.pdf adresinden edinilmiştir.
- Tatlı, H., Dalfes N. & Menteş, Ş.S. (2004). Statistical Downscaling Method for Monthly Total Precipitation over Turkey. *International Journal of Climatology*, 24, 161-180.
- Turp, M.,T., Öztürk, T., Türkes, M. & Kurnaz, M.L. (2014). RegCM4.3.5 bölgesel iklim modelini kullanarak Türkiye ve çevresi bölgelerin yakın gelecekteki hava sıcaklığı ve yağış klimatolojileri için öngörülen değişikliklerin incelenmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(1), 1-24.
- Türkes, M. (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International journal of Climatology*, 16(9), 1057-1076.
- Verbruggen, A., Moomaw, W. & Nyboer, J. (2011). Annex 1. Glossary, Acronyms, Chemical, Symbols and Prefixes. 23 Ekim 2017 tarihinde http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_appendix.pdf adresinden edinilmiştir.
- Wang, X., Huang, G. & Baetz, B. W. (2016). Dynamically-downscaled probabilistic projections of precipitation changes: A Canadian case study. *Environmental Research*, 148, 86-101.
- Zarghami, M., Abdi, A., Babaeian, I., Hassanzadeh, Y. & Kanani, R. (2011). Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran. *Global and Planetary Change*, 78, 137-146.