

AKÜ FEMÜBİD 22 (2022) 055601 (1108-1121)

AKU J. Sci. Eng. 22 (2022) 055601 (1108-1121)

DOI: 10.35414/akufemubid.1072464

Araştırma Makalesi / Research Article

Yağış ve Sıcaklık Anomali Hesaplanmasında Referans Veri Etkinliğinin Araştırılması

Hasan Törehan BABACAN¹, Ömer YÜKSEK²¹ Amasya Üniversitesi, Taşova Yüksel Akın Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Amasya.² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon.Sorumlu yazar e-posta: hasan.babacan@amasya.edu.tr. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9570-1966>
yuksekk@ktu.edu.tr. ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3425-1890>

Geliş Tarihi: 12.02.2022

Kabul Tarihi: 18.10.2022

Öz

İklimde yaşanan değişiklikler hissedilir etkilerini göstermeye başlamıştır. Bu etkiler bazı yerlerde sıcak hava dalgaları ve kuraklık olarak görülürken bazı yerlerde ise soğuk hava dalgaları, ani şiddetli yağışlar ve sel-taşkınlar ile kendini göstermektedir. Bu durumlar, iklim değişikliği konusunda yapılan araştırmaların önemini arttırmaktadır. İklim değişikliğinin etkilerini ve olası sonuçlarını tahmin edebilmek için istasyon ölçüm değerlerinin yanı sıra iklim projeksiyonları geliştirilmiştir. Tahmin edilen senaryolar yardımı ile gelecekte iklimde oluşabilecek değişiklikler öngörülerek iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini bertaraf etmek amaçlanmaktadır. Yapılan bu çalışmada, iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklık ve yağış parametrelerinde gelecek tahminlerini değerlendirmek üzere kullanılan referans verilerin etkinliği incelenmiştir. Araştırma bölgesi olarak belirlenen Doğu Karadeniz Havzası'nda farklı konumlarda bulunan 11 Meteoroloji Gözlem İstasyonu (MGİ)'nin gözlenmiş yağış ve sıcaklık verileri ile GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR Küresel Dolaşım Modeli (KDM)'lerinin yağış ve sıcaklık projeksiyon verileri kullanılmıştır. Çalışmada KDM'lerin geçmiş verileri tahminlemesi ile elde edilen 1971-2000 yılları arasındaki veriler ve aynı yıl aralığında kaydedilmiş veriler referans alınarak 2022-2040 (P1), 2041-2070 (P2) ve 2071-2099 (P3) yılları arasındaki dönemler için sıcaklık ve yağışta dönemsel ortalama anomaliler değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, projeksiyon ve gözlenmiş olmak üzere referans veri seçimindeki farklılıkların anomali hesaplamalarını etkilediği belirlenmiştir. Çalışma kapsamında; doğal engebe durumu yüksek olan bölgelerde, farklı referans verilerden elde edilen anomali değerleri arasındaki rölatif farkın yüksek olması sebebiyle, doğal engebese fazla olan bölgeler için referans veri seçiminin daha büyük önem arz ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler

İklim Değişikliği;
Küresel Dolaşım
Modeli; Referans Veri
Etkinliği; Yağış ve
Sıcaklık Anomalisi

Investigation of the Efficiency of Reference Data Selection for the Precipitation and Temperature Anomaly Determination

Abstract

Climate change has increased the importance in recent years. With the help of the developed scenarios, by predicting the future climate, it is aimed to eliminate the negative effects of climate change. In this study, the effectiveness of the reference data used to evaluate the future forecasts of climate change in temperature and precipitation parameters has been examined. Observed data of 11 Meteorology Stations (MS) located at different locations in the Eastern Black Sea Basin, which was determined as the research region, and precipitation and temperature projection data, obtained from GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES and MPI-ESM-MR Global Circulation Model(GCM), have been used. In the study, by taking the data between 1971-2000 years, obtained by running the GCMs backwards, and the observed data in the same years as a reference, the precipitation and temperature changes for the periods between 2022-2040(P1), 2041-2070(P2) and 2071-2099(P3) average anomalies have been evaluated. As a result, it has been determined that the differences in the reference data selection, projection data and observed data, have an effect on the anomaly calculations. It has been concluded that the selection of reference data in regions with high natural relief is of critical importance for the performance of the climate analyzes.

Keywords

Climate Change; Global
Circulation Model;
Reference Data
Effectiveness;
Precipitation and
Temperature Anomaly

1. Giriş

Yaşamın tüm gerekliliklerini barındıran yerküre içinde iklimsel değişkenlere bağlı hidrolojik ve meteorolojik döngüler, doğal denge durumunda gerçekleşmektedir. Bu doğal denge durumu çeşitli dış etkenler nedeniyle günümüzde sürekli olarak değişim göstermektedir. Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından yayımlanan 5. değerlendirme raporunda hidrolojik ve meteorolojik prosesleri etkileyen en önemli dış etkenlerden olan iklim değişikliğinin esas kaynağı olarak insan aktiviteleri gösterilmektedir (IPCC 2013). Hızla artan nüfusla birlikte artan ihtiyaçların daha hızlı karşılanması için gün geçtikçe daha fazla üretim yapma ihtiyacı oluşmaktadır (Lübke 2022). Bu üretim ihtiyacının karşılanmasının temel yolu endüstriyel tesislerin geliştirilmesi ve arttırılması ile mümkün olmaktadır. Endüstriyel faaliyetlerin sürdürülmesi sırasında iklim değişikliğinin kaynağını oluşturan sera gazları açığa çıkmaktadır ve açığa çıkan bu gazlar atmosferde birikmekte, güneşten gelen yüksek enerjili ışınları geçirmekte ancak yeryüzünde kırılan bu ışınların tekrar çıkışına izin vermemektedir (Snyder *et al.* 2009). Bu etki nedeniyle yerküre ısınmakta ve iklimsel parametreler sürekli değişime uğramaktadır. İklimde yaşanan değişimlerin gelecek projeksiyonları küresel ölçekte geliştirilen Küresel Dolaşım Modeli (KDM) çıktılarından elde edilen veriler kullanılarak değerlendirilmektedir (Salman *et al.* 2020).

İklim, bir yerde etkili olan (30-40 yıl) hava durumunun uzun yıllık ortalamalarını ifade etmektedir (Pal *et al.* 2022). İklim değişikliği dünyanın varoluşundan itibaren belirli aralıklarla yaşanmaktadır. Ancak özellikle sanayi devrimi ile atmosferde artan karbondioksit miktarı, iklimin normal değişim sürecine etki ederek, iklimde büyük değişimlere sebep olmaktadır. İklim değişikliğinin küresel olarak atmosferik olayları direkt olarak etkilediği ve buna bağlı olarak canlı aktiviteleri üzerinde doğrudan etkisi olacağı öngörülmektedir (Stocker *et al.* 2014). Geçmişte yapılan uzun süreli gözlemler ve gelecek projeksiyonları ile yapılan kıyaslamalar neticesinde, buzul alanlarındaki

küçülmeler, deniz seviyelerinde yaşanan artışlar, taşkın ve kuraklık hadiseleri ve yağış rejimlerinde yaşanan değişimler iklim değişikliğinin en önemli ispatı niteliğindedir (WMO, 2021). Türkiye’de iklimsel değişimin etkileri küresel ölçekteki benzer olmaktadır. Son 25 yıllık gözlenmiş sıcaklık değerleri incelendiğinde, sıcaklıklarda son yıllarda hızlı bir artış olduğu göze çarpmaktadır. Bu durum neticesinde ortaya çıkan sıcaklık artışları; Türkiye’nin orta ve güney kesimlerinde son yıllarda yaşanan kuraklığın, kuzey kesimlerinde ise yaşanan ani ve şiddetli yağışların ve buna bağlı olan taşkınların ana etkeni olarak gösterilebilmektedir. Bu taşkınlara, son yıllarda Trabzon, Rize, Artvin ve Kastamonu’da yaşanan taşkın felaketleri örnek olarak gösterilebilir. IPCC bulgularına göre Türkiye’nin içinde bulunduğu kuzey yarımkürede sıcaklıkların 21. yüzyıl sonlarına doğru 1,5 ile 2°C civarında artış göstermesi beklenmektedir (IPCC 2013).

İklim değişikliği ile ilgili yapılan çalışmalar uzun yılları temsil edecek nitelikte gerçekleştirilmektedir. Elde edilen bulguların performans değerlendirmeleri için, referans olarak belirlenen geçmiş veriler kullanılmaktadır. (Swain ve Petra, 2019.) İklim değişikliğinin etkilediği atmosferik süreçlerin incelenmesi, tarımsal faaliyetler, taşkın ve kuraklık gibi felaketlere karşı erken önlem alınabilmesi ve içme ve kullanma suyu temini için oldukça önemli bir konudur (Swain ve Petra 2019, Kohnova *et al.* 2019, Khan *et al.* 2018, Meissl *et al.* 2017). Nüfusa paralel şekilde artan içme ve kullanma suyu ihtiyacı, suyun sürdürülebilirliğinin sağlanması konusundaki temel araştırma konuları arasına iklim değişikliğini getirmiştir. İklim birçok araştırmanın konusu olmuş ve araştırmacılar bölgesel faktörlere bağlı olarak iklim değişikliği etkilerinin akarsu sistemlerinde, taşkın ve kuraklık riskini beraberinde getirdiğini bildirmiştir. Bu durumun bazı bölgelerde gıda ve içme suyu temininin sürdürülebilirliği ve akarsuya bağlı flora ve faunanın tehdit altında olması gibi sorunlarla, bazı bölgelerde ise akarsularda yüksek debi değerlerinin gözlenme sıklığının artmasına bağlı olarak taşkın gözlenme sıklığının artışı kaynaklı sorunlara yol açabileceği öngörülmektedir (Valeriy

et al. 2021, Yano et al. 2007, Toros et al. 2019, Khoi ve Phi, 2018).

Geçmiş araştırmalar, iklim değişikliğinin günümüzde meydana getirdiği olumsuz etkilerin ortaya koyulması ve bu durumun gelecek etkilerinin araştırılması hakkında yapılan çalışmaların parametre bazlı olarak geleceğe yönelik sayısal modelleme ağırlıklı olduğunu göstermektedir (Apata 2011, Kay *et al.* 2021, Gaur *et al.* 2021). Yapılan modellemeler gelecekte özellikle hidrolojik proseslerin değişim yönünü ve miktarını belirlemek için yapıldığından, bu modellemelerde geçmiş referans değerlerin kullanılması gerekmektedir. Tahmin edilen değişimlere bakılarak gelecek planlamaları yapılacağından belirlenen referans değerler çalışma sonuçlarının uygulanabilirliği için önemli bir yere sahiptir. Referans değerlerin seçiminde literatürde önerilen bir yöntem olmamakla birlikte araştırmacılar projeksiyon verileri yorumlarken kaydedilmiş geçmiş verilerden yararlanmaktadır (Gaur *et al.* 2021, Lelieveld *et al.* 2012, Kay *et al.* 2021). Referans olarak seçilecek verilerin iklim değişikliğinden etkilenmemiş veya düşük mertebelerde etkilenmiş olması istenir. Bu sebeple anomali incelemesi yapılarak anomali değerlerinin en düşük olduğu yıllar seçilmeye çalışılır. Literatürde geçmiş yıl verilerinin, anomali hesaplanması ve buna bağlı yapılacak planlamalarda dikkate alınması hususunda kullanımı kabul görmektedir (Peterson ve Vose, 1997). Geçmiş çalışmalarda, iklim değişikliğinin parametre bazında modellenmesinde, referans veri olarak, KDM'lerin geçmişe yönelik tahminlerinden elde edilen projeksiyon verilerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışma geçmiş projeksiyon verilerinin referans olarak kullanılması durumunda elde edilecek yağış ve sıcaklık anomalilerine alternatif olarak, kaydedilmiş gerçek verilerin referans alındığı durumun incelemesini içermektedir. Çalışma bu yönüyle, yapılan iklimsel modellemelerden elde edilen çıktıların farklı bir perspektifle

değerlendirilmesini olanaklı kılacaktır. Ayrıca çalışma kapsamında elde edilen anomali bulgularının gelecek çalışmalara katkıda bulunması beklenmektedir.

Bu çalışmada, IPCC 5. Değerlendirme raporunda önerilen RCP4.5 ve RCP8.5 konsantrasyon senaryosu etkisi altında GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR KDM yağış ve sıcaklık anomalileri incelenmiştir. Referans periyot olarak 1971-2000 yılları aralığındaki gözlenmiş verilerin ve geçmiş projeksiyon verilerinin dönemsel ortalamaları kullanılmıştır. Geçmiş projeksiyon verilerine karşılık olarak gözlenmiş verilerin etkinliği hakkında değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada referans olarak seçilen projeksiyon veya gözlenmiş verilerin etkinlikleri hususunda geniş kapsamlı bulgular elde edilmiştir. Çalışmanın, kritik öneme sahip olan veri seçimi konusunda gelecek çalışmalar için referans oluşturması beklenmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Havza, yeryüzünün geniş alanlı çukurlukları olarak tanımlanmaktadır (İzberak 1992). Havzalar özelliklerine göre jeolojik, jeomorfolojik, hidrografik havza gibi tiplere ayrılmaktadır. Hidrografik havza herhangi bir yerde suların direne edildiği alanları kapsamaktadır. Bir bakıma, su kütlesinin yağış alanı ile eşleşmektedir. Hidrografik havzalar, bir akarsu havzası olabileceği gibi bazen bir göl veya deniz havzası da olabilir (Garipağaoğlu 2012). Türkiye'de belirlenmiş 26 ana akarsu havzası bulunmaktadır. Bunlar içerisinde Doğu Karadeniz Havzası Türkiye'de 2018 yılında 1149 mm yağış alarak Türkiye'nin en fazla yağış alan havzası konumundadır (MGM 2019). Bu özelliğiyle Çoruh Havzası, Akdeniz Havzası ve Fırat Havzası gibi diğer önemli havzaların önündedir.



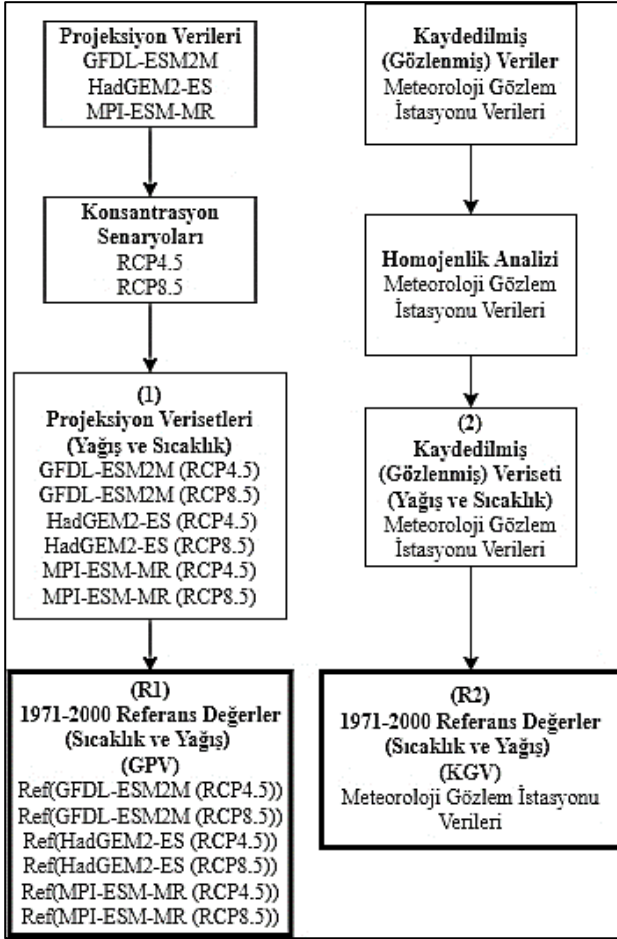
Şekil 1. Doğu Karadeniz Havza sınırları



Şekil 2. Doğu Karadeniz Havzası üzerinde çalışmada kullanılan MGİ'lerin konumu

2019 yılı verilerine göre; Doğu Karadeniz Havzası'nın ortalama yıllık akışı $16,4 \text{ km}^3$ olup, havzanın Türkiye su potansiyeline iştirak oranı %8,9'dur ve Doğu Karadeniz Havzası Fırat-Dicle Havzası'nın ardından Türkiye'de en yüksek su potansiyeline iştirak oranına sahip ikinci havzadır (Int Kyn. 1). Türkiye su potansiyeli açısından önemli bir yeri olan Doğu Karadeniz Havzası'nda Trabzon, Rize illerinin tamamı, Ordu'nun çok büyük bir kısmı, Giresun ve Gümüşhane'nin büyük çoğunluğu ile Artvin ilinin merkezi ve karasal ilçeleri dışında Karadeniz kıyı kuşağında bulunan ilçeleri yer almaktadır (Şekil 1). Çalışmada referans veri olarak kullanılacak kaydedilmiş veriler, farklı özelliklere sahip 11 Meteoroloji Gözlem İstasyonu'ndan (MGİ) sağlanmıştır. Şekil 2'de Doğu Karadeniz Havzası'nda çalışmada kullanılan MGİ'ler gösterilmiştir. Seçilen bu 11 MGİ'de kaydedilmiş günlük sıcaklık ve yağış

verileri ham olarak alınmıştır. Alınan verilerin kalibrasyon kusurları, kayıt hataları gibi etkenlerden etkilenmesi durumuna karşılık tüm verilerin homojenliği incelenmiştir. Yapılan homojenlik incelemesine ait çıktılar Bölüm 3'te sunulmuştur. Geçmiş projeksiyon verileri, RCP4.5 ve RCP8.5 etkisi altında, GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR KDM'lerin geriye doğru çalıştırılması ile elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan referans verilerin ve anomali hesaplamasında kullanılan verilerin hazırlanma aşamaları Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan verilerin ve referans verilerin hazırlanması

2.2 Küresel Dolaşım Modelleri ve Konsantrasyon Senaryoları

KDM'ler küresel ölçekte, iklimsel parametreleri, okyanusları ve canlı aktivitelerini esas alarak geliştirilen iklimsel modellerdir. KDM'ler yüksek donanım gücü gerektirdiğinden geliştirilmesi ve geliştirilen modelin çalıştırılması yalnızca yüksek işlem gücü barındıran tesislerde yapılabilmektedir. Dünya'da Amerika, İngiltere, Almanya gibi ülkeler başta olmak üzere çeşitli ülkelerden enstitüler KDM geliştirmektedir. Gelişen teknoloji ile bilgisayar kaynaklarının artan işlem gücü, KDM gelişimini de olumlu yönde etkilemiştir. Sınırlı girdi parametresi kullanılarak çalıştırılan KDM'ler günümüzde deniz buzları, sülfat, aerosoller gibi gazlar ve bitki örtüsü çeşitliliği de dahil olmak üzere çok sayıda parametrenin eklenmesiyle geliştirilmiştir (Watanabe *et al.* 2008).

Çalışmada farklı iklimsel eğilimlerin değerlendirilebilmesi amacıyla, GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR olmak üzere üç farklı KDM verisi kullanılmıştır. GFDL Amerikan Ulusal

Okyanus ve Atmosfer İdaresi tarafından geliştirilmiş bir modeldir. GFDL modelinde birleştirilmiş atmosfer ve okyanus çevrimi ve atmosfer kimyası parametreleri girdi olarak kullanılmaktadır. HadGEM2-ES KDM İngiltere Meteoroloji Servisi tarafından geliştirilen bir modeldir. Bu model GFDL model parametrelerine ek olarak dinamik vejetasyon parametrelerini de içermektedir. Çalışmada kullanılan diğer bir model Max Plank Enstitüsü tarafından geliştirilen MPI-ESM-MR su ve karbondioksit alışverişi neticesinde atmosfer-kara yüzeyi arasındaki enerji alışverişi de eklenerek diğer etkilerle ortak değerlendirme yapılması sağlanmıştır.

Konsantrasyon senaryoları, atmosferde birikerek iklimde değişikliklere neden olan sera gazı konsantrasyonlarının incelenmesi ve yerküredeki aktivitelerin gelecekteki durumuna göre 22. yüzyıla kadar erişileceği düşünülen seviyelere göre belirlenerek IPCC AR5 raporunda yer almıştır (Stocker *et al.* 2014). Konsantrasyon senaryoları radyatif zorlama ve karbondioksit (CO₂) konsantrasyonuna göre sınıflandırılmaktadır. RCP8.5 olumsuz kategorideki konsantrasyon senaryosu olup, RCP4.5 olumsuz etkilerin belirli bir değerde sabit kalacağı öngörüsünü içerdiğinden iyimser kategoridedir. Çizelge 1'de çalışmada kullanılan RCP4.5 ve RCP8.5 konsantrasyon senaryolarının detayları görülmektedir.

Çizelge 1. RCP4.5 ve RCP8.5 konsantrasyon senaryolarının radyatif zorlama ve CO₂ eşdeğer konsantrasyon değerleri

RCP	Radyatif Zorlama (W/m ²)	Z	Radyatif Zorlama Değişimi	2100'de Toplam Kons. (CO ₂ eşdeğer)	Kons. (KYOTO Protokolü sera gazları)
8.5	>8,5	2100' de	Yükselme	~1370 ppm	2100'e kadar artış devam ediyor
4.5	~4,5	2100 önce si	Hedefi geçmeden stabilizasyon	~650 ppm	21. yüzyılın ortalarından itibaren düşüş

Z: Zaman; Kons.: Konsantrasyon

2.3 Homojenlik İncelemesinde Kullanılan Yöntemler

Hidrolojik ve meteorolojik gözlemlere dayanan veri toplama işlemleri modelleme çalışmalarından elde

edilecek bulguların doğruluğu açısından önemlidir. Atmosferik koşulların ani değişimi, istasyonun bulunduğu bölgelerdeki lokal değişimler, veri aktarma ve dijitalleştirme sırasında çıkabilecek problemler, istasyonların zarar görmesi, eksik verilerin sentetik olarak tamamlanması, ölçüm aletlerindeki kalibrasyon kusurları gibi nedenlerle istasyonlarda kaydedilen verilerin homojenliğinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Hidrolojik veri setlerinin homojenliğinin sınanmasında kullanımı literatürde önerilen (Che Ros *et al.* 2016, Toreti *et al.* 2011) sırasıyla; Buishand's Test (BT) (Buishand, 1982), Pettitt's Test (PT) (Pettitt, 1972), Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) (Alexandersson, 1986) ve von Neumann Ratio Test (VNRT) (Von Neumann, 1941) yöntemleri çalışmada gözlem verilerinin homojenliği olmak üzere kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Çalışmada seçilen 11 MGİ'de kaydedilmiş günlük yağış ve sıcaklık verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'den temin edilmiştir. Günlük hassasiyette alınan veri setlerinde veri sayısının fazla olması kullanılacak homojenlik testlerini sınırlamaktadır. Bu duruma karşı literatürde önerilen çözüm, veri setlerinin daha küçük alt serilere ayrılması olmuştur (Kang ve Yusof 2012). Literatürde hidrolojik ve meteorolojik veri setlerinin homojenlik incelemelerinde kullanılan BT, PT, SNHT ve VNRT yöntemlerinin kullanılması için veri setleri aylık alt serilere ayrılmıştır. Her parametre için ana kütle temsil edecek şekilde sırasıyla, aylık ortalama, aylık medyan ve aylık maksimum değerlerinden oluşan üç alt seri elde edilmiştir. Alt seriler, BT, PT, SNHT ve VNRT analizleri ile değerlendirilerek her ana kütle için toplam 12 Performans Katsayısı (PK) elde edilmiştir. Homojenlik analizlerinin değerlendirilmesi için çok sayıda PK'nın birlikte yorumlanması gerekliliği oluşmuştur. PK'lar skor değerlendirmesi adı altında her bir alt serinin her bir yöntemdeki homojenliğine bakılarak değerlendirilmiştir. Skor değerlendirmesinde kullanılan sınır değerler

Çizelge 2'de gösterilmiştir. Homojenlik analizlerinden elde edilen PK'lar sıcaklık için Çizelge 3'te, yağış için Çizelge 4'te ve skor değerlendirmesi sonucunda sıcaklık ve yağış parametreleri için homojenlik durumu Çizelge 5'te gösterilmektedir.

Homojenlik analizlerinden elde edilen performans katsayılarına göre skor değerlendirmesi yapılmıştır. Skor değerlendirmesi sonuçlarına bakıldığında MGİ'lerde kaydedilmiş sıcaklık ve yağış verilerinin homojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sayede gözlenmiş sıcaklık ve yağış verilerinin anomali hesaplamasında gerçeğe uygun olmayan çıktı elde etmeyeceği düşünülmüştür.

Çizelge 2. Homojenlik skor değerlendirmesi kritik sınır değerleri

Önerme	Durum
$\sum S \geq 8$	Homojen
$5 \leq \sum S < 8$	Kullanılabilir
$\sum S < 5$	Şüpheli

$\sum S$: alt serinin toplam skoru

3.2 Anomali Hesaplamalarında Referans Veri Etkinliği Değerlendirmesi

Çalışmanın bu bölümünde yağış ve sıcaklık parametrelerinde anomaliler belirlenirken esas alınan referans verilerin etkinliği incelenmiştir. Çalışmada referans alınan dönem 1971-2000 aralığı olarak belirlenmiştir. 2022-2040 (P1), 2041-2070 (P2) ve 2071-2099 (P3) dönemlerinde, sıcaklık ve yağış verileri için GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR KDM'lerin RCP4.5 ve RCP8.5 projeksiyon verileri kullanılarak, dönemsel ortalama anomali değerleri hesaplanmıştır. Anomali incelemeleri ayrı ayrı iki kısımda yapılmış ve elde edilen bulgular kıyaslanarak değerlendirilmiştir. İlk kısımda Geçmiş Projeksiyon Verileri (GPV) referans alınmış, ikinci kısımda Kaydedilmiş Geçmiş Veriler (KGV) referans alınmış ve bu değerler gelecek projeksiyon verilerinin P1, P2 ve P3 dönemlerinde ortalama anomali hesaplamalarında kullanılmıştır. GPV'lerin P1, P2 ve P3 ortalamaları alınarak dönemsel ortalama referans veriler

oluşturulmuştur. Gelecek projeksiyon verilerinde de aynı dönemler için uzun yıllar ortalama değerler belirlenmiş, bu ortalama değerlerin referans verilerden farklılıkları tespit edilerek, sıcaklık ve yağış veri setlerinde anomaliler hesaplanmıştır. Sıcaklık ve yağış verileri için anomali çıktıları Çizelge 6a ve 6b'de gösterilmiştir.

KGV'lerde dönemsel ortalama değerler belirlenerek referans değerler oluşturulmuştur. Farklı KDM verilerinin anomalileri benzer şekilde P1, P2 ve P3 dönemleri için hesaplanmıştır. Hesaplanan sıcaklık ve yağış anomalileri Çizelge 7a ve 7b'de gösterilmiştir. Çalışmanın esas amacı olan referans verideki değişimin anomali değerleri üzerindeki etkinliği, KGV ve GPV referans değerlerinden hesaplanan anomalilerin birbirine göre rölatif farklılığı belirlenerek değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmede negatif verilerin bulunması nedeniyle iki farklı verinin mutlak farkları kullanılmıştır. Mutlak farkların, GPV referans alınarak hesaplanmış anomali değerine göre yüzdesine bakılmıştır. Farklı referans verilerden hesaplanmış anomalilerin değerlendirilmesi Eşitlik 1'deki gibi yapılmıştır. Burada, RF rölatif fark, A_{KGV} KGV referans değerleri esas alınarak, A_{GPV} GPV referans değeri esas alınarak hesaplanan anomali değerini göstermektedir.

$$RF = \frac{|A_{KGV}| - |A_{GPV}|}{A_{GPV}} \quad (1)$$

Hesaplanan rölatif farklarda GPV referans alınarak elde edilen anomali değerleri esas alınmıştır. GPV KDM'lerin geriye doğru çalıştırılması ile elde edilmiş projeksiyon verileri olup literatürde benzer hesaplarda kullanımı yaygındır. Gerçek veriler kullanılarak referans oluşturulan durum, literatürde elde edilen bulguları değerlendirme imkanı sunmaktadır. Sıcaklık ve yağış anomalilerindeki rölatif farklar Çizelge 8a ve 8b'de görülmektedir.

KGV referans alındığında sıcaklık anomalilerinin istasyonların çoğunda negatif değer aldığı görülmektedir. Negatif bulunan bu değerler incelenen P1, P2 ve P3 dönemlerinde uzun yıllar ortalama sıcaklıkların, referans verilerden daha düşük olacağını göstermektedir. Bu durumda literatürdeki yaygın bulgulardan farklı olarak, incelenen bölgelerde iklim değişikliğinin, uzun

dönem sıcaklık ortalamalarında düşüş olarak kendini göstereceği belirlenmiştir. GPV referans alınarak belirlenen sıcaklık anomalileri literatürdeki bulgulara paralel olmuş ve istasyonların çoğunda pozitif değerler almıştır.

GPV referans alındığında sıcaklık anomalilerinin pozitif yönde olduğu ve havzada referans değerlere göre daha yüksek sıcaklıkların gerçekleşeceği görülmektedir. GPV referans durumunda sıcaklık anomalilerinin değişim yönü benzer olsa da P1'den P3 doğru gidildikçe artan yönde olduğu görülmektedir. Havza genelinde GPV referans alındığında sıcaklıklarda P3 dönemine kadar ortalama 2,5°C artış olacağı görülmektedir. Artan sıcaklıklara karşın yağışlarda ciddi farklılıkların yaşanmayacağı, istasyonlarda dönemsel yağışların referans değerlere yakın olacağı görülmektedir.

Elde edilen rölatif fark bulgularının negatif olması KGV'lerin referans alındığı durumdan elde edilen anomalilerin, GPV'lerin referans alındığı duruma göre daha küçük olduğunu göstermektedir. Çizelge 8a ve 8b'deki bulgulara göre gözlenmiş gerçek verilerin, projeksiyon verilerinin yerine referans veri olarak kullanılması anomalilerde literatüre göre büyük farklılıklar ortaya çıkarmıştır. KGV referans kullanımında sıcaklıklarda gelecek dönemde kritik düşüşler olacağı görülmüştür. Bu düşüşlerle birlikte yağışlarda 17040, 17089, 17628 ve 17033 istasyonlarında negatif anomali değerleri bulunmuştur. Bu durumda Rize, Bayburt ve Ordu illerinde bulunan bu istasyonlarda dönemsel ortalama yağışların ciddi oranda azalacağı görülmektedir. GPV'lerin referans kullanılması durumuna göre KGV'lerin referans kullanılmasından elde edilen anomali bulgularındaki rölatif farklılıklar konsantrasyon senaryoları ve KDM setlerine göre Çizelge 9'da gösterilmiştir. Çizelge 9'a göre KDM seti ve konsantrasyon senaryosu seçiminin, aynı zaman aralığında elde edilecek anomali değerlerinde farklılık oluşturduğu görülmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, KDM seti ve konsantrasyon senaryosu seçiminin sıcaklık ve yağış anomali bulgularını direkt etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Bunlara ek olarak çalışmadan elde edilen bulgular, anomalileri hesaplamalarını etkileyen en önemli parametreler arasında referans veri seçiminin olduğunu göstermiştir. Referans veri olarak KGV ve GPV'lerin incelendiği bu çalışmada, farklı referans veri grubu seçiminin sıcaklık anomalilerinde 3 kata, yağış anomalilerinde ise 34 kata kadar değişim gösterebileceği görülmüştür. KGV referans alınarak hesaplanan anomalilerde bölgelere göre büyük farklılıklar olduğu görülmüştür. Bu farklılıkların esas kaynağı olarak, projeksiyon verileri elde edilirken yapılan istatistiki ön kabuller neticesinde bölgesel ortalama değerler elde edilmesi gösterilebilmektedir. Projeksiyon verileri büyük alanları (20*20 km gibi) kapsayacak gridler için üretilmekte ve üretilen bu değerler daha küçük alanları kapsayacak şekilde çeşitli istatistiksel metotlar veya dinamik yöntemler kullanılarak iteratif olarak sürüklenmektedir. Verinin sürüklenmesi sırasında istasyonun bulunduğu bölgenin topografik yapısı, yakınında bulunan yükselteler, arazi kullanım durumu gibi pek çok dış faktör pratikte etkindir ancak istatistiksel sürüklemeye göz ardı edilebilmektedir. Bu sebeple projeksiyon verileri istatistiki ön kabuller içermektedir. Aynı projeksiyon verilerinin geçmiş yönde çalıştırılması sırasında da benzer ön kabuller yapıldığından anomali hesaplamalarında büyük farklılıklar oluşmamaktadır. KGV'lerde ise bölgeden ölçülen gerçek veriler kullanıldığından istatistiksel ön kabullerle bölgeye indirgenmiş verilere kıyasla büyük farklılıklar oluşmaktadır. Bu farklılıklar özellikle topografik yapının etkin rol oynadığı yağış parametresi için hesaplanan anomali değerlerinde kendini göstermektedir.

Çalışmada en büyük negatif yağış anomali değerine erişen istasyonlar Rize ilindeki 17040 ve 17628 numaralı istasyonları olmuştur. Farklılıklar gerçek verilere kıyasla -1800 mm'ye ulaşan düzeyde belirlenmiştir. İncelenen P1, P2 ve P3 dönemleri için iki istasyonun ortalama yağış anomali ortalama -1450 mm civarında görülmektedir. Büyük negatif yağış anomali değeri elde edilen 17089 ve 17033 istasyonları için de toplu yapılan değerlendirme neticesinde, bu istasyonlar dışında kalan istasyonlarda yağış anomalilerinin referans değerden benzer şekilde değişim göstermiş olması

ve ekstrem farklı değerler almamış olması, gelecek projeksiyon verilerinin bölgeye uygunluğu açısından detaylı olarak irdelenmesi gereken bir konudur.

Bu durumda özellikle yağış anomalilerinde eğim ve engebeli topoğrafyanın büyük alanlar kapladığı Doğu Karadeniz Havzası gibi yerlerde KDM'lerin mevcut çözünürlükleri yeterli kalmamakta ve lokal alanların projeksiyonlarını zorlaştırmaktadır. Bu sebeple özellikle eğimli, engebeli ve yükseltinin fazla olduğu alanlarda yapılan iklim projeksiyonlarında topografik engeller, yükselti durumu ve çevre arazilerinin kullanım biçimi de veri indirgeme esnasında parametre olarak dikkate alınmalıdır. Ülkemizin en dağlık engebeli topoğrafyalarından olan Doğu Karadeniz Havzasında ancak yükselti ve eğim gibi parametreler dikkate alındığında projeksiyon verileriyle daha gerçekçi sonuçlara erişileceği ve iklim değişikliğinin olası olumsuz sonuçları ile mücadele için yapılan planlama çalışmalarının da daha başarılı olabileceği söylenebilmektedir. Ayrıca bu durum iklim projeksiyonları üzerinde lokal faktörlerin de genel koşullar kadar etkili olduğunu göstermektedir ve yapılacak çalışmalarda dikkate alınmalıdır. Kullanılacak projeksiyon ilk geliştirildiği haliyle kullanılmamalıdır. Yörenin lokal doğal ortam özelliklerini dikkate alarak ölçek küçültme yapılmalıdır. Gelecek çalışmalarda bölge için farklı KDM setlerinin incelenmesi ve geliştirilmesi literatüre ve bölgede yapılacak planlamalara katkı sağlayacaktır.

Çizelge 3. İstasyonlara göre sıcaklık verileri için aylık ortalama, aylık medyan ve aylık maksimum alt serilerin homojenlik analizi performans katsayıları

İstasyon	HA ^a	Ort ^b	Med ^c	Mak ^d	İstasyon	HA ^a	Ort ^b	Med ^c	Mak ^d
17034	BT	13,705	14,370	15,783	17626	BT	12,527	13,594	17,442
	PT	1954	1870	1965		PT	2286	2070	2625
	SNHT	2,978	3,068	2,179		SNHT	2,687	2,883	3,583
	VNRT	0,338	0,340	0,854		VNRT	0,354	0,355	0,806
17037	BT	8,269	8,248	8,419	17628	BT	9,118	9,625	7,866
	PT	278	275	217		PT	368	364	447
	SNHT	6,177	6,53	2,799		SNHT	2,791	3,054	3,727
	VNRT	0,345	0,357	0,775		VNRT	0,353	0,355	0,61
17040	BT	8,15	8,481	7,568	17682	BT	11,942	11,745	15,183
	PT	351	336	387		PT	1855	1740	2832
	SNHT	2,958	3,201	4,33		SNHT	2,158	2,156	2,346
	VNRT	0,33	0,34	0,502		VNRT	0,363	0,394	0,414
17088	BT	7,421	7,555	7,243	17033	BT	12,896	12,168	16,333
	PT	249	251	233		PT	2556	2316	3078
	SNHT	5,59	5,915	5,243		SNHT	3,144	3,29	4,017
	VNRT	0,344	0,361	0,402		VNRT	0,332	0,334	0,714
17089	BT	12,525	12,187	10,063	17624	BT	12,551	13,527	17,774
	PT	1982	1846	1668		PT	2222	1969	2735
	SNHT	2,392	2,210	3,310		SNHT	5,966	6,116	4,144
	VNRT	0,339	0,358	0,378		VNRT	0,344	0,345	0,801
17042	BT	11,588	12,25	9,273					
	PT	3,686	442	407					
	SNHT	6,027	4,529	1,861					
	VNRT	0,372	0,371	0,862					

^aHomojenlik Analizi Yöntemi, ^bAylık Ortalama Alt Seri, ^cAylık Medyan Alt Seri, ^dAylık Maksimum Alt Seri

Koyu punto ile yazılmış performans katsayıları homojenlik için referans dışı birim olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. İstasyonlara göre yağış verileri için aylık ortalama, aylık medyan ve aylık maksimum alt serilerin homojenlik analizi performans katsayıları

İstasyon	HA ^a	Ort ^b	Med ^c	Mak ^d	İstasyon	HA ^a	Ort ^b	Med ^c	Mak ^d
17034	BT	19,243	16,118	21,337	17626	BT	24,545	28,917	23,036
	PT	1981	5751	2345		PT	4251	3917	3769
	SNHT	3,702	6,098	2,508		SNHT	4,435	5,482	2,459
	VNRT	1,669	1,917	1,840		VNRT	1,581	1,333	1,761
17037	BT	7,588	10,804	10,251	17628	BT	10,72	12,888	12,217
	PT	216	373	329		PT	503	1035	423
	SNHT	4,223	17,367	3,307		SNHT	2,442	2,507	2,856
	VNRT	1,576	1,558	1,725		VNRT	1,492	1,876	1,389
17040	BT	11,606	8,562	10,217	17682	BT	13,317	24,398	23,210
	PT	689	346	436		PT	1713	2598	4442
	SNHT	2,8	1,877	2,372		SNHT	2,772	5,662	5,325
	VNRT	1,301	1,931	1,455		VNRT	1,462	2,036	1,744
17088	BT	14,511	9,729	14,198	17033	BT	8,025	25,531	16,463
	PT	432	383	637		PT	2566	2316	3078
	SNHT	3,734	4,147	6,336		SNHT	3,581	7,659	3,053
	VNRT	1,319	1,954	1,847		VNRT	1,778	1,720	1,953
17089	BT	25,342	16,145	28,746	17624	BT	15,373	27,482	27,340
	PT	5416	2223	5042		PT	3007	4275	2418
	SNHT	4,426	4,426	7,829		SNHT	3,013	7,911	4,803
	VNRT	1,549	1,872	1,802		VNRT	1,842	1,754	1,886
17042	BT	8,715	8,117	14,72					
	PT	615	576	506					
	SNHT	6,225	1,536	5,908					
	VNRT	1,368	1,964	1,161					

^aHomojenlik Analizi Yöntemi, ^bAylık Ortalama Alt Seri, ^cAylık Medyan Alt Seri, ^dAylık Maksimum Alt Seri

Koyu punto ile yazılmış performans katsayıları homojenlik için referans dışı birim olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5. BT, PT, SNHT ve VNRT homojenlik analizleri performans katsayılarından elde edilen skor değerleri

İstasyon	P	Sonuç	T	Sonuç	İstasyon	P	Sonuç	T	Sonuç
17034	10	Homojen	9	Homojen	17626	9	Homojen	9	Homojen
17037	9	Homojen	9	Homojen	17628	10	Homojen	9	Homojen
17040	9	Homojen	9	Homojen	17682	9	Homojen	8	Homojen
17088	11	Homojen	6	Kullanılabilir	17033	9	Homojen	9	Homojen
17089	10	Homojen	8	Homojen	17624	11	Homojen	9	Homojen
17042	10	Homojen	9	Homojen					

Çizelge 6a. İstasyonlara göre GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR KDM'leri için farklı konsantrasyon senaryosu etkisi altında GPV referans alınarak (1971-2000) oluşturulan sıcaklık anomali tablosu

İstasyon	Veri Türü*	GFDL-ESM2M (°C)			HadGEM2-ES (°C)			MPI-ESM-MR (°C)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
17034	S45	0,9	1,5	1,4	1,8	2,5	2,9	0,9	1,4	1,6
	S85	1,3	2,1	3,0	1,9	3,2	4,8	0,9	2,0	3,6
17037	S45	0,9	1,4	1,3	1,8	2,4	2,9	0,9	1,4	1,7
	S85	1,2	2,0	2,9	1,9	3,1	4,7	0,9	2,1	3,6
17040	S45	1,0	1,5	1,3	1,9	2,5	3,0	0,8	1,3	1,6
	S85	1,3	2,1	2,9	2,1	3,3	5,0	0,8	2,0	3,6
17042	S45	1,0	1,5	1,4	1,8	2,4	2,9	1,0	1,4	1,7
	S85	1,3	2,1	3,1	2,0	3,2	4,9	0,9	2,1	3,8
17088	S45	0,9	1,7	1,6	1,9	2,6	3,1	1,0	1,6	1,9
	S85	1,4	2,3	3,4	2,1	3,5	5,3	1,0	2,4	4,1
17089	S45	1,1	1,8	1,8	1,8	2,6	3,2	1,1	1,7	2,1
	S85	1,5	2,5	3,6	2,1	3,5	5,4	1,2	2,6	4,3
17626	S45	0,9	1,4	1,4	1,8	2,4	2,9	0,9	1,4	1,7
	S85	1,2	2,1	3,0	1,9	3,2	4,8	1,0	2,1	3,8
17628	S45	0,9	1,4	1,3	1,8	2,4	2,8	0,9	1,3	1,6
	S85	1,2	2,0	2,9	1,9	3,1	4,8	0,8	2,0	3,7
17682	S45	1,0	1,8	1,7	1,8	2,6	3,1	1,0	1,6	2,0
	S85	1,5	2,5	3,5	2,1	3,4	5,3	1,1	2,5	4,2
17624	S45	1,0	1,5	1,4	1,9	2,5	3,0	0,9	1,5	1,7
	S85	1,3	2,1	3,0	1,9	3,2	4,9	1,0	2,1	3,6
17033	S45	0,9	1,4	1,3	1,9	2,4	2,9	0,8	1,4	1,6
	S85	1,2	2,0	3,0	1,9	3,2	4,8	0,9	2,1	3,6

*S45: RCP4.5 etkisi altında sıcaklık veri seti, S85:RCP8.5 etkisi altında sıcaklık veri seti

Çizelge 6b. İstasyonlara göre GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR KDM'leri için farklı konsantrasyon senaryosu etkisi altında GPV referans alınarak (1971-2000) oluşturulan yağış anomali tablosu

İstasyon	Veri Türü*	GFDL-ESM2M (mm)			HadGEM2-ES (mm)			MPI-ESM-MR (mm)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
17034	Y45	-167,6	-85,6	-21,2	-185,7	-160,9	-44,1	38,0	18,0	-40,2
	Y85	-8,6	-66,4	-130,9	-51,3	-145,5	-126,2	-20,0	-103,5	-266,5
17037	Y45	-5,8	2,6	13,1	-97,7	-35,8	44,5	9,2	-41,7	-65,9
	Y85	59,9	57,5	41,6	74,7	-55,0	-52,2	-54,9	-92,5	-219,7
17040	Y45	-12,8	39,9	69,2	-7,5	-20,6	61,7	64,2	49,3	25,3
	Y85	36,9	93,5	100,2	-37,3	27,7	12,4	89,7	17,9	-38,8
17042	Y45	-36,7	63,3	119,9	-11,2	-11,4	160,2	31,1	44,3	34,8
	Y85	58,3	145,6	128,1	53,1	31,3	27,1	80,3	13,0	-15,2
17088	Y45	-23,3	9,0	15,0	-36,0	-29,4	38,4	27,8	-0,5	-13,5
	Y85	45,6	21,9	-13,0	-23,8	-21,1	-23,5	31,5	-32,5	-31,9
17089	Y45	-38,5	-24,6	-10,1	20,1	-26,9	50,8	20,3	18,7	-3,5
	Y85	26,4	-9,5	-29,8	-5,0	6,3	-2,2	26,9	-33,1	15,3
17626	Y45	3,3	46,4	38,2	-56,3	-25,8	50,7	34,0	7,5	-31,3
	Y85	56,6	69,2	47,4	34,8	-56,1	-17,5	-15,4	-65,0	-135,2
17628	Y45	7,5	71,3	134,5	91,3	79,2	244,8	54,5	88,6	40,5
	Y85	59,7	130,7	154,3	49,6	145,2	91,1	111,2	11,8	-6,5
17682	Y45	-45,1	-31,9	-15,9	-19,8	-24,9	22,1	9,8	-8,6	-5,6
	Y85	12,4	-30,6	-53,1	6,0	-5,8	-11,4	22,2	-29,3	-10,6
17624	Y45	-7,5	8,1	11,7	-3,7	-6,6	4,6	6,7	2,0	1,8
	Y85	-2,5	5,6	4,2	2,8	3,3	19,3	1,1	-1,1	-3,6
17033	Y45	-110,0	-93,1	14,2	-112,9	-56,4	-9,7	37,1	8,0	-1,1
	Y85	1,4	-37,8	-97,1	-20,1	-65,4	-44,4	-17,0	-73,3	-138,1

*Y45: RCP4.5 etkisi altında yağış veri seti, Y85:RCP8.5 etkisi altında yağış veri seti

Çizelge 7a. İstasyonlara göre GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR KDM'leri için farklı konsantrasyon senaryosu etkisi altında KGV referans alınarak (1971-2000) oluşturulan sıcaklık anomali tablosu

İstasyon	Veri Türü*	GFDL-ESM2M (°C)			HadGEM2-ES (°C)			MPI-ESM-MR (°C)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
17034	S45	-5,0	-4,5	-4,6	-2,3	-1,6	-1,1	-3,1	-2,6	-2,3
	S85	-4,8	-3,9	-2,9	-2,1	-0,9	0,8	-3,1	-2,0	-0,3
17037	S45	-5,2	-4,7	-4,7	-2,4	-1,7	-1,2	-3,1	-2,6	-2,3
	S85	-4,9	-4,1	-3,1	-2,2	-1,1	0,7	-3,1	-2,0	-0,3
17040	S45	-3,2	-2,7	-2,8	-0,6	0,1	0,6	-1,5	-1,0	-0,6
	S85	-3,0	-2,1	-1,2	-0,4	0,7	2,6	-1,5	-0,3	1,4
17042	S45	-5,0	-4,2	-4,2	-2,1	-1,3	-0,8	-3,1	-2,5	-2,1
	S85	-4,5	-3,5	-2,4	-1,8	-0,5	1,5	-3,1	-1,7	0,1
17088	S45	-3,6	-2,8	-2,8	-0,6	0,3	0,8	-1,6	-1,0	-0,5
	S85	-3,1	-2,1	-0,9	-0,3	1,1	3,1	-1,5	-0,1	1,7
17089	S45	-5,4	-4,8	-4,9	-2,6	-1,9	-1,3	-3,3	-2,8	-2,5
	S85	-5,0	-4,2	-3,2	-2,3	-1,2	0,6	-3,3	-2,1	-0,4
17626	S45	-4,8	-4,2	-4,3	-1,9	-1,3	-0,7	-2,8	-2,2	-1,9
	S85	-4,5	-3,6	-2,6	-1,8	-0,6	1,2	-2,7	-1,5	0,1
17628	S45	-2,4	-2,0	-2,1	-0,1	0,6	1,1	-0,6	-0,1	0,2
	S85	-2,2	-1,4	-0,4	0,2	1,3	3,2	-0,6	0,6	2,2
17682	S45	-3,4	-2,6	-2,7	-0,6	0,3	0,8	-1,5	-0,9	-0,5
	S85	-3,0	-2,0	-0,8	-0,3	1,0	3,0	-1,4	0,0	1,8
17624	S45	-4,1	-3,6	-3,6	-1,4	-0,7	-0,2	-2,2	-1,6	-1,3
	S85	-3,8	-3,0	-2,0	-1,3	-0,1	1,7	-2,1	-0,9	0,7
17033	S45	-4,0	-3,5	-3,5	-1,3	-0,6	-0,1	-2,1	-1,5	-1,2
	S85	-3,7	-2,9	-1,9	-1,2	0,0	1,8	-2,1	-0,9	0,8

*S45: RCP4.5 etkisi altında sıcaklık veri seti, S85:RCP8.5 etkisi altında sıcaklık veri seti

Çizelge 7b. İstasyonlara göre GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR KDM'leri için farklı konsantrasyon senaryosu etkisi altında KGV referans alınarak (1971-2000) oluşturulan yağış anomali tablosu

İstasyon	Veri Türü*	GFDL-ESM2M (mm)			HadGEM2-ES (mm)			MPI-ESM-MR (mm)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
17034	Y45	345	355	400	332	122	279	-31	-51	-128
	Y85	521	375	294	438	192	188	-89	-173	-350
17037	Y45	620	555	554	649	512	627	217	166	128
	Y85	679	611	582	788	541	520	153	116	-24
17040	Y45	-1741	-1719	-1692	-1682	-1744	-1659	-1651	-1665	-1694
	Y85	-1706	-1666	-1661	-1714	-1702	-1715	-1625	-1697	-1757
17042	Y45	342	338	338	342	245	324	250	222	203
	Y85	410	351	311	342	268	256	254	190	184
17088	Y45	450	426	436	385	253	338	217	215	185
	Y85	524	441	412	360	300	275	223	163	203
17089	Y45	-1082	-1042	-1003	-840	-990	-793	-1297	-1284	-1305
	Y85	-990	-959	-983	-777	-915	-946	-1248	-1315	-1356
17626	Y45	567	543	520	601	452	565	184	157	107
	Y85	605	566	533	669	464	477	134	85	1
17628	Y45	-1386	-1358	-1303	-930	-1065	-889	-1240	-1206	-1263
	Y85	-1344	-1298	-1281	-989	-1000	-1051	-1183	-1283	-1305
17682	Y45	9	-3	11	-25	-110	-51	-108	-126	-130
	Y85	73	-1	-29	-13	-73	-90	-95	-147	-136
17624	Y45	-91	-120	-26	-129	-211	-129	-317	-347	-366
	Y85	30	-65	-135	-44	-186	-169	-372	-428	-502
17033	Y45	-204	-233	-139	-242	-324	-242	-430	-460	-479
	Y85	-83	-178	-248	-157	-299	-282	-485	-541	-615

*Y45: RCP4.5 etkisi altında yağış veri seti, Y85:RCP8.5 etkisi altında yağış veri seti

Çizelge 8a. İstasyonlara göre GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR KDM'leri için farklı konsantrasyon senaryosu etkisi altında GPV-KGV referans alınarak (1971-2000) oluşturulan sıcaklık anomalisi rölatif fark tablosu

İstasyon	Veri Türü*	GFDL-ESM2M (RF*)			HadGEM2-ES (RF*)			MPI-ESM-MR (RF*)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
17034	S45	4,4	2,1	2,3	0,3	-0,3	-0,6	2,6	0,9	0,4
	S85	2,8	0,9	0,0	0,1	-0,7	-0,8	2,7	0,0	-0,9
17037	S45	4,7	2,3	2,5	0,4	-0,3	-0,6	2,5	0,9	0,4
	S85	2,9	1,0	0,1	0,2	-0,7	-0,9	2,5	0,0	-0,9
17040	S45	2,3	0,9	1,1	-0,7	-1,0	-0,8	0,8	-0,3	-0,6
	S85	1,4	0,0	-0,6	-0,8	-0,8	-0,5	0,9	-0,9	-0,6
17042	S45	4,1	1,8	1,9	0,2	-0,5	-0,7	2,2	0,7	0,2
	S85	2,4	0,7	-0,2	-0,1	-0,8	-0,7	2,3	-0,2	-1,0
17088	S45	2,9	0,7	0,7	-0,7	-0,9	-0,7	0,6	-0,4	-0,7
	S85	1,3	-0,1	-0,7	-0,9	-0,7	-0,4	0,5	-1,0	-0,6
17089	S45	4,1	1,7	1,7	0,4	-0,3	-0,6	1,9	0,6	0,2
	S85	2,3	0,7	-0,1	0,1	-0,7	-0,9	1,8	-0,2	-0,9
17626	S45	4,4	1,9	2,1	0,1	-0,5	-0,8	2,0	0,6	0,1
	S85	2,6	0,8	-0,1	-0,1	-0,8	-0,7	1,9	-0,3	-1,0
17628	S45	1,6	0,4	0,6	-1,0	-0,7	-0,6	-0,3	-0,9	-0,9
	S85	0,7	-0,3	-0,9	-0,9	-0,6	-0,3	-0,2	-0,7	-0,4
17682	S45	2,3	0,5	0,6	-0,7	-0,9	-0,7	0,4	-0,5	-0,7
	S85	1,0	-0,2	-0,8	-0,9	-0,7	-0,4	0,3	-1,0	-0,6
17624	S45	3,0	1,4	1,6	-0,3	-0,7	-0,9	1,3	0,1	-0,2
	S85	2,0	0,4	-0,3	-0,4	-1,0	-0,6	1,2	-0,5	-0,8
17033	S45	3,4	1,4	1,7	-0,3	-0,7	-1,0	1,5	0,1	-0,2
	S85	2,1	0,4	-0,4	-0,4	-1,0	-0,6	1,4	-0,6	-0,8

*S45: RCP4.5 etkisi altında sıcaklık veri seti, S85:RCP8.5 etkisi altında sıcaklık veri seti, RF: Rölatif fark.

Çizelge 8b. İstasyonlara göre GFDL-ESM2M, HadGEM2-ES ve MPI-ESM-MR KDM'leri için farklı konsantrasyon senaryosu etkisi altında GPV-KGV referans alınarak (1971-2000) oluşturulan yağış anomalisi rölatif fark tablosu

İstasyon	Veri Türü*	GFDL-ESM2M (°C, mm)			HadGEM2-ES (°C, mm)			MPI-ESM-MR (°C, mm)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
17034	Y45	-1,1	-3,2	-17,9	-0,8	0,2	-5,3	-0,2	1,8	-2,2
	Y85	-59,4	-4,6	-1,2	-7,5	-0,3	-0,5	-3,5	-0,7	-0,3
17037	Y45	-105,3	213,4	41,4	-5,6	-13,3	13,1	22,5	-3,0	-0,9
	Y85	10,3	9,6	13,0	9,5	-8,8	-9,0	-1,8	-0,2	0,9
17040	Y45	-134,7	42,1	23,5	-223,7	-83,8	25,9	24,7	32,8	66,0
	Y85	45,2	16,8	15,6	-44,9	60,5	137,0	17,1	93,9	-44,2
17042	Y45	-8,3	4,3	1,8	-29,5	-20,5	1,0	7,1	4,0	4,8
	Y85	6,0	1,4	1,4	5,4	7,5	8,4	2,2	13,6	-11,2
17088	Y45	-18,3	46,5	28,0	-9,7	-7,6	7,8	6,8	-429,5	-12,7
	Y85	10,5	19,1	-30,7	-14,1	-13,2	-10,7	6,1	-4,0	-5,4
17089	Y45	-27,1	-41,3	-98,0	40,8	-35,7	14,6	62,9	67,5	-374,5
	Y85	36,6	-100,4	-32,0	-153,5	144,0	-421,3	45,5	-38,7	87,6
17626	Y45	171,7	10,7	12,6	-9,7	-16,5	10,2	4,4	19,8	-2,4
	Y85	9,7	7,2	10,2	18,2	-7,3	-26,2	-7,7	-0,3	1,0
17628	Y45	184,2	18,0	8,7	9,2	12,4	2,6	21,8	12,6	30,2
	Y85	21,5	8,9	7,3	19,0	5,9	10,5	9,6	108,1	-201,2
17682	Y45	0,8	0,9	0,3	-0,3	-3,4	1,3	9,9	-13,7	-22,2
	Y85	4,9	1,0	0,5	1,2	-11,6	-6,9	3,3	-4,0	-11,8
17624	Y45	-11,2	13,7	1,2	-33,6	-30,9	27,1	46,1	168,6	201,0
	Y85	-11,3	10,6	31,2	14,8	55,2	7,8	324,9	-386,8	-139,4
17033	Y45	-0,9	-1,5	8,8	-1,1	-4,7	-24,0	10,6	56,4	-423,9
	Y85	59,1	-3,7	-1,6	-6,8	-3,6	-5,4	-27,5	-6,4	-3,5

Y45: RCP4.5 etkisi altında yağış veri seti, Y85:RCP8.5 etkisi altında yağış veri seti, RF: Rölatif fark.

Çizelge 9. KGV ve GPV referans değerlerine göre hesaplanan anomalilerin Doğu Karadeniz Havzası genelinde ortalama RF değişim bulguları

Veri Türü	Konsantrasyon Senaryosu	GFDL-ESM2M (RF*)			HadGEM2-ES (RF*)			MPI-ESM-MR (RF*)		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Sıcaklık	RCP4.5	3,4	1,4	1,5	-0,2	-0,6	-0,7	1,4	0,2	-0,2
	RCP8.5	2,0	0,4	-0,4	-0,4	-0,8	-0,6	1,4	-0,5	-0,8
Yağış	RCP4.5	4,5	27,6	0,9	-24,0	-18,5	6,8	19,7	-7,5	4,5
	RCP8.5	12,1	-3,1	1,3	-14,4	20,7	-28,7	33,5	-20,5	12,1

*Rölatif Fark

5. Kaynaklar

- Alexandersson, H., 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, **6**, 661-675.
- Apata, T. G., 2011. Effects of global climate change on Nigerian agriculture: An empirical analysis. *CBN Journal of Applied Statistics*, **2**(1), 31-50.
- Buishand, T. A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, **58**, 11-27.
- Che Ros, F., Tosaka, H., Sidek, L. M. ve Basri, H., 2016. Homogeneity and trends in long-term rainfall data, Kelantan River Basin, Malaysia. *International Journal of River Basin Management*, **14**, 151-163.
- Garipağaoğlu, N., 2012. Havza planlamalarında coğrafyanın rolü ve Türkiye’de havza planlamacılığı. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **16**, 303-336.
- Gaur, S., Bandyopadhyay, A., ve Singh, R. 2021. Modelling potential impact of climate change and uncertainty on streamflow projections: a case study. *Journal of Water and Climate Change*, **12**, 384-400.
- IPCC, 2013. Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, 1245-1535.
- İzbirak, R. 1992. Coğrafya terimleri sözlüğü. İstanbul: Milli Eğitim Basımevi.
- Kang, H. M. ve Yusof, F., 2012. Homogeneity tests on daily rainfall series. *International Journal of Contemporary Mathematical Sciences*, **7**, 9-22.
- Kay, A. L., Rudd, A. C., Fry, M., Nash, G., ve Allen, S. 2021. Climate change impacts on peak river flows: combining national-scale hydrological modelling and probabilistic projections. *Climate Risk Management*, **31**, 1-10.
- Kay, A. L., Rudd, A. C., Fry, M., Nash, G., ve Allen, S. 2021. Climate change impacts on peak river flows: combining national-scale hydrological modelling and probabilistic projections. *Climate Risk Management*, **31**, 1-9.
- Khan, N., Shahid, S., Ahmed, K., Ismail, T., Nawaz, N. ve Son, M., 2018. Performance assessment of general circulation model in simulating daily precipitation and temperature using multiple gridded datasets. *Water*, **10**, 1-18.
- Khoi, D. N. ve Phi, H. L., 2018. Impact of climate change on streamflow and water quality in the upper Dong Nai River Basin, Vietnam. *La Houille Blanche*, **1**, 70-79.
- Kohnova, S., Roncak, P., Hlavcova, K., Szolgay, J. ve Rutkowska, A., 2019. Future impacts of land use and climate change on extreme runoff values in selected catchments of Slovakia. *Meteorology Hydrology and Water Management Research and Operational Applications*, **7**, 47-55.
- Lelieveld, J., Hadjinicolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C., ve Xoplaki, E. 2012. Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and the Middle East. *Climatic Change*, **114**, 667-687.
- Lübke, C., 2022. Socioeconomic roots of climate change denial and uncertainty among the European population. *European Sociological Review*, **38**, 153-168.
- Meissl, G., Formayer, H., Klebinder, K., Kerl, F., Schoberl, F., Geitner, C. ve Bronstert, A., 2017. Climate change effects on hydrological system conditions influencing generation of storm runoff in small Alpine Catchments. *Hydrological Processes*, **31**, 1314-1330.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2019. 2018 Yılı İklim Değerlendirmesi, Yayın No: 2019, Ankara.
- Pal, S. C., Chowdhuri, I., Das, B., Chakraborty, R., Roy, P., Saha, A., ve Shit, M., 2022. Threats of climate change and land use patterns enhance the susceptibility of future floods in India. *Journal of Environmental Management*, **305**, 1-10.

- Peterson, T. C., ve Vose, R. S., 1997. An overview of the global historical climatology network temperature database. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **78**, 2837-2850.
- Pettitt, A. N., 1972. A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, **28**, 126-135.
- Salman, S. A., Nashwan, M. S., Ismail, T., ve Shahid, S. 2020. Selection of CMIP5 general circulation model outputs of precipitation for peninsular Malaysia. *Hydrology Research*, **51**, 781-798.
- Snyder, C. S., Bruulsema, T. W., Jensen, T. L. ve Fixen, P. E., 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **133**, 247-266.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J. ve Midgley, P. M., 2014. Climate change 2013: The physical science basis. Cambridge University Press, Cambridge.
- Swain, J. B. ve Patra, K. C., 2019. Impact assessment of land use/land cover and climate change on streamflow regionalization in an ungauged catchment. *Journal of Water and Climate Change*, **10**, 554-568.
- Toreti, A., Kuglitsch, F. G., Xoplaki, E., Della-Marta, P. M., Aguilar, E., Prohom, M. ve Luterbacher, J., 2011. A note on the use of the standard normal homogeneity test to detect inhomogeneities in climatic time series. *International Journal of Climatology*, **31**, 630-632.
- Toros, H., Mokari, M. ve Abbasnia, M., 2019. Regional variability of temperature extremes in the maritime climate of Turkey: A case study to develop agricultural adaptation strategies under climate change. *Modeling Earth Systems and Environment*, **5**, 857-865.
- Valeriy, O., Anastasiia, C., Nataliia, O., Svitlana, K. ve Volodymyr, O., 2021. Water resources of the Desna River Basin under future climate. *Journal of Water and Climate Change*, **12**, 1-18.
- Von Neumann, J., 1941. Distribution of the ratio of the mean square successive difference to the variance. *The Annals of Mathematical Statistics*, **12**, 367-395.
- Watanabe, S., Kawatani, Y., Tomikawa, Y., Miyazaki, K., Takahashi, M., ve Sato, K. 2008. General aspects of a T213L256 middle atmosphere general circulation model. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **113**, 1-11.
- World Meteorological Organization (WMO)., 2021. State of the Global Climate 2020, Yayın No: 1264, Geneva.
- Yano, T., Aydin, M. ve Haraguchi, T., 2007. Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean Environment of Turkey. *Sensors*, **7**, 2297-2315.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1344>. (24 Ekim 2021)