



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Susurluk havzasında üç farklı grid yağış veri setinin ölçüm verileriyle karşılaştırılarak performanslarının değerlendirilmesi

Evaluating the performance of three different gridded precipitation datasets by comparing the measurement dataset in the Susurluk basin

Yazar(lar) (Author(s)): Fevziye Ayça SARAÇOĞLU¹, Kebir Emre SARAÇOĞLU²

ORCID¹: 0000-0002-9626-7652

ORCID²: 0000-0002-0837-9110

To cite to this article: Saraçoğlu, F. A. ve Saraçoğlu, K. E., “Susurluk Havzasında üç farklı grid yağış veri setinin ölçüm verileriyle karşılaştırılarak performanslarının değerlendirilmesi”, *Journal of Polytechnic*, *(*) : *, (*).

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz: Saraçoğlu, F. A. ve Saraçoğlu, K. E., “Susurluk Havzasında üç farklı grid yağış veri setinin ölçüm verileriyle karşılaştırılarak performanslarının değerlendirilmesi”, *Politeknik Dergisi*, *(*) : *, (*).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.1655165

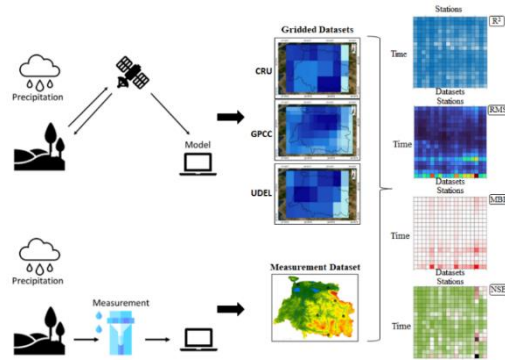
Susurluk Havzasında Üç Farklı Grid Yağış Veri Setinin Ölçüm Verileriyle Karşılaştırılarak Performanslarının Değerlendirilmesi

Evaluating the Performance of Three Different Gridded Precipitation Datasets by Comparing the Measurement Dataset in the Susurluk Basin

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Farklı Grid Yağış Veri Setlerinin Performansları / Performance Of Different Gridded Precipitation Datasets.
- ❖ CRU, GPCC Ve UDEL Veri Setlerinin Karşılaştırılması / Comparison Of CRU, GPCC and UDEL.
- ❖ Aylık, Mevsimsel ve Yıllık Ölçekte Karşılaştırma / Comparison Of Datasets On Monthly, Seasonal and Annual Scale.

Grafik Özet (Graphical Abstract)



Şekil. Farklı Grid Yağış Veri Setlerinin Performansı / **Figure.** Performance of Different Gridded Precipitation Datasets

Amaç (Aim)

Bu çalışmanın amacı, Susurluk Havzası'nda CRU, GPCC ve UDEL grid yağış veri setlerinin ölçüm verileriyle karşılaştırılarak performanslarının değerlendirilmesidir. / The aim of this study is to evaluate the performance of CRU, GPCC, and UDEL gridded precipitation datasets by comparing them with measurement data in the Susurluk Basin.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Bu çalışmada, Susurluk Havzası'nda CRU, GPCC ve UDEL grid yağış veri setlerinin performansı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait ölçüm verileriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Grid ve ölçüm verileri arasındaki tutarlılık, R^2 , RMSE, MBE ve NSE istatistiksel indeksleri kullanılarak aylık, mevsimsel ve yıllık ölçeklerde analiz edilmiştir. / In this study, the performance of CRU, GPCC, and UDEL gridded precipitation datasets was evaluated by comparing them with measurement data from the Turkish State Meteorological Service. The consistency between gridded and measurement datasets was analyzed at monthly, seasonal, and annual scales using statistical indices such as R^2 , RMSE, MBE, and NSE.

Özgünlük (Originality)

Bu çalışma, Susurluk Havzası'nda CRU, GPCC ve UDEL grid yağış veri setlerinin ölçüm verileriyle kapsamlı bir şekilde karşılaştırıldığı ilk çalışmalardan biridir. Ayrıca, bu veri setlerinin hidrolojik modelleme çalışmalarında potansiyel kullanımını da değerlendirilmiştir. / This study is one of the first comprehensive evaluations of CRU, GPCC, and UDEL gridded precipitation datasets in the Susurluk Basin. Additionally, the potential use of these datasets for hydrological modeling studies has been assessed.

Bulgular (Findings)

Bu çalışmada, GPCC veri setinin ölçüm verileriyle en yüksek tutarlılığı sağladığı, CRU veri setinin ise en düşük performansı gösterdiği belirlenmiştir. / This study found that the GPCC dataset exhibited the highest consistency with measurement data, while the CRU dataset showed the lowest performance.

Sonuç (Conclusion)

Sonuçlar, grid yağış verilerinin doğruluklarının bölgesel ve mevsimsel değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuş ve hidrolojik modelleme çalışmalarında veri seti seçiminin önemini vurgulamıştır. / The results highlighted the regional and seasonal variability in the accuracy of gridded precipitation datasets and emphasized the importance of dataset selection in hydrological modeling studies.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Susurluk Havzasında Üç Farklı Grid Yağış Veri Setinin Ölçüm Verileriyle Karşılaştırılarak Performanslarının Değerlendirilmesi

Araştırma Makalesi/Research Article

Fevziye Ayça Saraçoğlu^{1,2}, Kebir Emre Saraçoğlu^{2,*}

¹ Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye

² Biyoloji ve Ziraat Mühendisliği Bölümü, North Carolina State Üniversitesi, Kuzey Karolina, ABD.

(Geliş/Received : 10.03.2025 ; Kabul/Accepted : 16.05.2025 ; Erken Görünüm/Early View : 22.05.2025)

ÖZ

Son yıllarda, uzamsal-zamansal dağılımı doğru yansıtan uzun dönemli yağış verilerine olan ihtiyaç artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak amacıyla grid formatında çeşitli yağış veri setleri geliştirilmektedir. Ancak, grid yağış veri setlerinin kullanılmadan önce doğruluklarının ölçüm veri setleriyle kıyaslanarak analiz edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Susurluk Havzasında 3 farklı aylık grid yağış veri seti (Climatic Research Unit (CRU), Global Precipitation Climatology Center (GPCC) ve University of Delaware (UDEL)) ile ölçüm veri seti aylık, mevsimsel ve yıllık ölçekte 1966-2017 yıllarını kapsayacak şekilde karşılaştırılmıştır. Ölçüm veri seti, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Bandırma, Bursa, Dursunbey, Keles, Simav ve Tavşanlı istasyonlarından edinilmiştir. Grid yağış veri setleri ile ölçüm veri seti arasındaki uyum, Belirtme Katsayısı (R^2), Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE), Ortalama Sapma Hatası (MBE) ve Nash-Sutcliffe Verim İndeksi (NSE) istatistiksel indeksleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Grid yağış veri setleri arasında, GPCC genel olarak en iyi performansı sergilerken, CRU en düşük performansı göstermiştir. Ayrıca, grid veri setlerinin düşük rakımlı bölgelerde ölçüm veri setiyle daha uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Yağışlı dönemlerde (kış ve sonbahar), grid yağış veri setlerinin ölçüm veri setiyle daha iyi bir uyum sağladığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yağış, grid yağış veri seti, performans değerlendirme, Susurluk Havzası

Evaluating the Performance of Three Different Gridded Precipitation Datasets by Comparing the Measurement Dataset in the Susurluk Basin

ABSTRACT

In recent years, the need for long-term precipitation datasets that accurately represent spatiotemporal distribution has significantly increased. To meet this need, various gridded precipitation datasets have been developed. However, before utilizing these datasets, their accuracy must be assessed by comparing them with measurement datasets. For this purpose, the performance of three different monthly gridded precipitation datasets (Climatic Research Unit (CRU), Global Precipitation Climatology Center (GPCC) and University of Delaware (UDEL)) was evaluated in the Susurluk Basin over the period 1966–2017 at monthly, seasonal, and annual scales. The measurement dataset was obtained from six meteorological stations (Bandırma, Bursa, Dursunbey, Keles, Simav, and Tavşanlı) operated by the Turkish State Meteorological Service. The agreement between gridded and measurement datasets was assessed using statistical indexes such as the Coefficient of Determination (R^2), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Bias Error (MBE), and Nash-Sutcliffe Efficiency Index (NSE). Among the gridded datasets, GPCC demonstrated the best overall performance, while CRU showed the lowest performance. Additionally, it was observed that the gridded datasets exhibited higher consistency with measurement dataset in low-altitude regions. During wet seasons (winter and autumn), gridded precipitation datasets showed better agreement with the measurement dataset.

Keywords: Precipitation, gridded precipitation dataset, performance evaluation, Susurluk Basin.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yağış, ülkelerin sosyo-ekonomik gelişimlerinde önemli rol oynayan hidrolojik döngü öğelerinden bir tanesidir [1]. Günümüzde, kuraklıktan iklim değişikliği çalışmalarına kadar birçok alanda yağış verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tip çalışmalarda, ölçüm verileri, ölçüme dayalı mo del verileri, uydu tabanlı veriler ile yeniden analiz verileri kullanılabilir. Ancak ölçüm istasyonu sayısı, istasyon dağılımı ve ölçüm veri seti uzunluklarının yeterli olmadığı durumlarla

karşılaşılabilmektedir. Kısa dönemli ve az sayıdaki ölçüm istasyonundan temin edilen yağış verileri kullanarak herhangi bir çalışma alanı için elde edilecek yağış haritalarının uzamsal-zamansal değişimi doğru yansıtamayacağı açıktır. Bu gibi durumlarda, grid yağış verileri, hidrolojik modelleme, iklim değişikliği ve kuraklık analizi gibi birçok çalışmada tercih edilmektedir [2-8]. Ancak grid yağış verilerinin çalışmalarda kullanılmadan önce performanslarının ortaya konması gerekmektedir. Çünkü grid yağış verileri de elde edilme

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : kesaraco@ncsu.edu

yöntemlerinden kaynaklı bazı sistematik ve rastgele hatalar içerebilmektedir. Bu bağlamda, literatürde grid yağış verilerinin performansını farklı bölgeler için ortaya koyan birçok çalışmanın yürütülmekte olduğu ve bu tip çalışmalara büyük önem verildiği görülmüştür.

Afrika Kıtasında, farklı zamansal çözünürlüklere sahip birçok grid yağış veri setinin performanslarını ortaya koymayı amaçlayan çalışmalar yürütülmüştür [9-15]. Dinku vd. (2008) ve Musie vd. (2019), Etiyopya için günlük ve aylık ölçekteki grid yağış veri setlerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda, grid yağış veri setlerinin yağışlı dönemlerde (Ocak-Ağustos) daha iyi performans sundukları sonucuna ulaşılmıştır [9, 12]. Lamprey (2008), Akinsanola vd. (2017) ve Satge vd. (2020), Afrika Kıtasının batısı için grid yağış veri setlerini değerlendirmiştir [10, 11, 14]. Lamprey (2008), Akinsanola vd. (2017), TRMM, UDEL ve ARC veri setlerinin ölçüm verileriyle benzer uzamsal dağılım sergilediklerini ortaya koymuştur [10, 11]. Satge vd. (2020), 23 grid yağış veri setinin performansını karşılaştırmış ve bu veri setlerinden CMORPH-BLD ile TMPA-Adj veri setlerinin yüksek güvenilirlik ortaya koyduklarını göstermiştir [14]. Abdelwares vd. (2020), Afrika'nın Doğu Nil Havzasını çalışma alanı olarak belirlemiştir. Aylık ölçekteki 3 farklı grid yağış veri setini 1998-2001 yılları için karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırmada, GPCC veri setinin ölçüm veri setiyle en yüksek korelasyonu ve uyumu ortaya koyduğunu göstermiştir [13]. Afrika Kıtası için yürütülen bir diğer çalışmada da, ERA5, IMERG ve COSMO-CLM(CPM) veri setleri değerlendirilmiştir. 2000-2003 yılları için yapılan bu değerlendirmede, IMERG veri setinin en iyi performansı sergilediği sonucuna ulaşılmıştır [15].

Asya Kıtası için grid yağış veri setlerinin performanslarını araştıran çok sayıda çalışmanın literatürde yer aldığı görülmüştür [16-32]. Bu çalışmaların büyük bir kısmı Çin'i kapsamaktadır [16-21]. Çin için yürütülen bu çalışmalar farklı zamansal çözünürlüklere sahip çok sayıda grid yağış veri setinin performanslarını ortaya koymayı amaçlamıştır [16-21]. Yang vd. (2017) yürütmüş oldukları çalışmada APHRODITE veri setinin iyi bir performansı ortaya koyduğunu belirlemiştir [16]. Benzer şekilde, Çin'in Kuzeydoğu bölgesini çalışma alanı olarak seçen ve CRU, GPCC, UDEL veri setlerinin performanslarını araştıran bir diğer çalışmada, UDEL veri setinin ölçüm veri setiyle en iyi uyumu sergilediğini göstermiştir [17]. Haziran 2019-Ağustos 2019 dönemini kapsayan bir diğer çalışmada Çin'in güneyinde bulunan iki eyaleti çalışma alanı olarak belirlemiştir. 30 dakikalık ve saatlik zamansal çözünürlüklere sahip veri setlerinin karşılaştırıldığı bu çalışmada, IMERG ve GSMaP veri setlerinin öne çıktıkları belirtilmiştir [18]. Çin'in batısında yer alan Min Jiang Havzası ve Qinghai-Tibet Platosu içinde çok sayıda grid veri setinin performansları incelenmiştir [19, 20]. Bu çalışmalarda öne çıkan grid yağış veri setleri IMERG, MSWEP ve TPhIPr'dir [19, 20]. Li vd. (2022), Çin'in güneydoğu bölgesi için 2018-2019 yıllarındaki tayfun dönemlerinde üç farklı grid

yağış veri setini değerlendirmiştir [21]. Bu değerlendirme sonucunda, belirtilen yıllardaki tayfun dönemleri için IMERG-Early, GSMaP-NRT veri setlerinin FY4A QPE veri setine göre daha iyi performans sergilediklerini ortaya konmuştur [21]. Hindistan için yürütülen çalışmalarda ise saatlik, günlük ve aylık zamansal çözünürlüğe sahip grid yağış veri setleri kullanılmıştır [22-24]. Hindistan'ın Mandakini Nehir havzası için en iyi performans IMD veri setiyle sağlanırken, Kuzeybatı Himalaya Bölgesi için ise ERA-I, GPCC ve TMPA veri setlerinin öne çıktıkları belirtilmiştir [22,23]. Bir diğer çalışmada, Hindistan'daki Nagavali Nehir Havzası için oluşturulan SWAT modelinde en iyi performansın bias düzeltmesi yapılan TRMM veri setiyle sağlandığını ortaya koymuştur [24]. İran için yürütülen kapsamlı çalışmalarda zamansal çözünürlükleri yüksek olan çok sayıda grid yağış veri seti karşılaştırılmıştır [25-27]. Eini vd. (2021), 2007-2013 yıllarını kapsayacak şekilde SM2RAIN-ASCAT, PERSIANN-CCS, CMORPH grid yağış veri setlerinin performansını araştırmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda, SM2RAIN-ASCAT veri setinin karşılaştırma yapılan diğer veri setlerine göre daha iyi performans sergilediği belirtilmiştir [25]. Nassaj vd. (2022), İran için karşılaştırdıkları 8 farklı grid yağış veri setinden GPCC veri setinin çoğu havzada çok daha iyi sonuçlar sunduğunu ortaya koymuştur [26]. İran için yürütülen diğer çalışmada da Araghi ve Adamowski (2024), zamansal çözünürlükleri oldukça yüksek olan 30 grid yağış setinden GPCC veri setinin en iyi performansı ortaya koyduğunu belirtirken, NCEPNCAR veri setinin ise en düşük performansı sergilediğini sunmuştur [27]. Pakistan için yürütülmüş çalışmalarda da çok sayıda grid yağış veri seti değerlendirilmiştir [28, 29]. Ullah vd. (2019), TMPA veri setini öne çıkarırken, Iqbal vd. (2022), GPCC veri setini tüm zaman ölçeklerindeki yüksek korelasyon nedeniyle en güvenilir grid yağış veri seti olarak önermiştir [28, 29]. Asya Kıtasının Tibet Platosu ve çevresi, Hindu Kush-Himalaya Bölgesi ve Nam Ngum Nehir Havzası ile Vietnam Mekong Deltası için yürütülen çalışmalarda literatürde yer almaktadır [30-32]. Tibet Platosu ve çevresi ile Hindu Kush-Himalaya Bölgesi için APHRODITE, Ngum Nehir Havzası ile Vietnam Mekong Deltası için ise GPCC veri setinin öne çıktığı görülmüştür [30-32].

Avustralya için 5 farklı grid yağış veri seti (IMERG, TRMM-TMPA, CMORPH, PERSIANN, PERSIANN-CDR) referans veri setiyle karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda, IMERG ve TMPA veri setlerinin diğer veri setlerine göre daha iyi performans sergiledikleri sonucuna varılmıştır [33].

Henn vd. (2018), yürütmüş oldukları çalışmada 6 yüksek çözünürlüklü grid verisini Amerika Birleşik Devletleri'nin batısı için karşılaştırmıştır. Saatlik, günlük ve aylık zamansal çözünürlüklere sahip bu veri setlerinden L15 and PRISM-M veri setlerinin yüksek rakımlı bölgelerde çok daha tutarlı davranış sergilediklerini göstermiştir [34]. Benzer şekilde, Kuzey

Amerika'da bulunan Laurentian Great Lakes havzası içinde AORC veri setinin öne çıktığı belirtilmiştir [35].

Prat vd. (2021), küresel ölçekte, günlük zamansal çözünürlüğe sahip PERSIANN-CDR, CMORPH-CDR, GPCP veri setlerini uzun dönemli (1998-2018) değerlendirmiştir [36]. Küresel değerlendirme sonucunda, CMORPH veri setinin daha iyi performans sunduğunu belirtilmiştir.

Türkiye'de, ölçüm yağış veri setleri genel olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından oluşturulan ölçüm istasyon ağından elde edilmektedir. Ancak bazı bölgelerdeki ölçüm istasyon ağının homojen bir dağılım sergilememesi ve kısa dönemli veri sunmaları nedeniyle grid yağış veri setlerinin kullanımı önem kazanmıştır. Bu kapsamda çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Ahady vd. (2022), CHIRPS-2.0 ve GPM IMERG-V6 grid yağış verilerini hem ölçüm verileriyle karşılaştırmış hem de sundukları hidrolojik model sonuçları açısından değerlendirmiştir. CHIRPS-2.0 veri seti kullanılan model sonuçlarının diğer veri setine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür [37]. Swalih ve Kahya (2021), CFSR, ERA-Interim, APHRODITE, MSWEP grid yağış verilerini SWAT hidrolojik modelinde değerlendirmeden önce ölçüm istasyonlarından edinilen verilerle karşılaştırmıştır. Ardından SWAT modelindeki performansları ortaya koymuştur. Genel değerlendirmede, ortalama aylık yağış yüzdelik sapma değerlerinin ERA-Interim, CFSR, APHRODIT ve MSWEP veri setleri için sırasıyla %19.9, %33.4, %41.4 ve %85.0 oldukları görülmüştür [38]. Derin ve Yılmaz (2014), Türkiye'nin Batı Karadeniz bölgesi için 4 grid yağış veri setini değerlendirmiştir. Bu çalışmada, TRMM, CMORPH, MPE, PRISM veri setleri dikkate alınmıştır [39]. Irvem ve Ozbuldu (2019), 1998-2010 dönemi için TRMM 3B42V7 ve NCEP-CFSR veri setlerini Türkiye'deki tüm havzalar için değerlendirmiştir. TRMM 3B42V7 veri seti için hesaplanan belirtme katsayısı değerlerinin 0.88'den yüksek olduğu, NCEP-CFSR veri seti için hesaplanan değerlerin ise 0.35 (Doğu Karadeniz Havzası) ile 0.93 (Batı Akdeniz Havzası) arasında değiştiği görülmüştür [40]. Aksu ve Akgül (2020), MGM'ye ait 77 istasyondan elde edilen ölçüm verileriyle CHIRPS veri setini Türkiye genelinde günlük, 10 günlük ve aylık ölçeklerde karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda, Türkiye genelinde pozitif yanlılığın ortaya konduğu ve CHIRPS veri setinin 0-25 mm/10 gün and 0-80 mm/ay için yüksek değerler sunduğu görülmüştür [41]. Amjad vd. (2020), yine Türkiye genelinde olmak üzere GPM IMERGv05, TMPA 3B42V7, ERA-Interim ve ERA5 yağış verilerini 256 ölçüm istasyonundan elde edilen verilerle kıyaslamıştır. 2014-2018 dönemini kapsayan bu çalışmada, IMERG, TMPA ve ERA-Interim veri setlerinin ölçüm istasyonlarına göre yağışlı bölgelerde daha düşük tahminler sunarken, kurak bölgelerde ise daha yüksek tahminler ortaya koyduğu sonucuna varılmıştır [42]. Hafizi ve Sorman (2022), 13 farklı veri seti için performans analizini 2015-2019 dönemini dikkate alarak Karasu Havzası için gerçekleştirmiştir.

Değerlendirme sonucunda, en yüksek performansı sergileyen grid yağış veri setinin CPCv1 olduğu, IMERG Final, PERSIANN-CDR ve TMPA-3B42v7 veri setlerinin ise düşük performans sergilediği belirtilmiştir [43]. Literatürde yer alan çalışmalar Tablo 1'de özetlenmiştir.

Literatür incelendiğinde, grid yağış verilerinin günümüzde kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir. Ancak bu tip verilerin çalışma alanları için tercih edilmeden önce ölçüm verileriyle kıyaslanarak performanslarının ortaya konması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, Susurluk Havzasında CRU, GPCC ve UDEL grid yağış veri setleri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen aylık toplam yağış verileri aylık, mevsimsel ve yıllık ölçekte karşılaştırılarak grid veri setlerinin performansları ortaya konmuştur. Susurluk Havzasının çalışma alanı olarak seçilmesindeki en önemli neden, havza içerisindeki MGM'ye ait ölçüm istasyon sayısının yetersiz olması ve homojen olarak dağılmamasıdır. Bununla birlikte havzadaki ölçüm istasyonlarının uzun dönemli veri temini açısından yetersiz olduğu da görülmüştür. 1966-2017 yıllarını kapsayacak şekilde yürütülen bu karşılaştırmada, Belirtme Katsayısı (R^2), Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE), Ortalama Sapma Hatası (MBE) ile Nash-Sutcliffe Verim İndeksi (NSE) istatistiksel indeksleri ölçüm ve grid veri setleri için hesaplanmıştır. Grid yağış veri setlerinin kullanılabilirliğinin ortaya konduğu bu çalışma, grid veri setlerinden yararlanılarak yürütülebilecek uzun dönemli (1891/1900 yıllarından itibaren) iklim değişikliği, kuraklık analizi ve hidrolojik modelleme gibi çalışmalara temel teşkil etmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

2.1. Çalışma Alanı (Study Area)

Çalışma alanı olarak belirlenen Susurluk Havzası 39°-40° Kuzey enlemleri ile 27°-30° Doğu boylamları arasında kalıp Anadolu yarımadasının kuzeybatısında yer almaktadır [44] (Şekil 1). Toplam havza alanı yaklaşık 26790 km² iken (Türkiye'nin yüzölçümünün %3.1'i) 24319 km²'lik yağış alanına sahiptir [45]. Balıkesir, Bursa, Kütahya, Bilecik, Çanakkale, Manisa ve İzmir illerinin bir bölümü havza sınırı içerisinde yer almaktadır. Yüzölçümü açısından büyük bir bölümü havza sınırı içerisinde kalan Balıkesir, Bursa ve Kütahya illerinin yıllık toplam yağış ortalamaları sırasıyla 604.5 mm (1999-2023), 708.8 mm (1928-2023) ve 563.5 mm (1929-2023)'dir [46]-[48]. Yeşilirmak ve Atatanır (2016), bölgenin yağışının azalan eğilim gösterdiğini belirlemiştir [49]. Havzanın sahip olduğu iklim özellikleri genel olarak yarı kurak ve yarı nemli, yazları ılık ve sıcak, kışları serindir. Havzada kuvvetli derecede su fazlası kış mevsiminde, su eksiği ise yaz mevsiminde görülmektedir [44].

Tablo 1. Literatürde Yer Alan Çalışmalar (*Studies in literature*)

Referans No.	Çalışma Alanı	Kullanılan Veri Seti	Veri Seti Zamansal Çözünürlük	Karşılaştırma Yapılan Zaman Aralığı
[9]	Etiyopya (Afrika)	GPCC, UEA-CRU, NOAA-CPC	Aylık	1981–2000
[10]	Batı Afrika	GPCP, GPCC VASCLimO	Aylık	1979–2000
[11]	Batı Afrika	TRMM TMPA, UDEL, CRU, GPCC, ARC2	Saatlik, Günlük, Aylık	1990-2008
[12]	Lake Ziway Havzası (Etiyopya/Afrika)	CHIRPS, PERSIANN-CDR, TRMM, CFSR	Günlük	1985–2004
[13]	Doğu Nil Havzası (Afrika)	CRU, GPCC, TRMM-TMPA	Aylık	1998–2001
[14]	Batı Afrika	ARC-2, CHIRP, CHIRPS, CMORPH-Raw, CMORPH-CRT, CMORPH-BLD, CPC, ERA-Interim, GSMaP-RT, GSMaP-Adj, GPCC, JRA-55, JRA-55 Adj, MERRA-2, MSWEP, PERSIANN-RT, PERSIANN-Adj, PERSIANN-CDR, SM2Rain-CCI, TAMSAT, TMPA-RT, TMPA-Adj, WFDEI	Saatlik, 3 Saatlik, 6 Saatlik, Günlük ve Aylık	2000–2003
[15]	Rwenzori Dağları (Afrika)	ERA5, IMERG, COSMO-CLM (CPM)	15 Dakikalık, 30 Dakikalık, Saatlik	2011–2016
[16]	Heihe Nehir Havzası (Kuzeybatı Çin)	TRMM, CMORPH-RAW, CMORPH-CRT, APHRODITE, CN05.1, ITPCAS	Saatlik, Günlük	1998–2012
[17]	Heilongjiang Eyaleti (Kuzeydoğu Çin)	CRU, GPCC, UDEL	Aylık	1961–2005
[18]	Guangdong ve Guangxi Eyaletleri (Güney Çin)	PERSIANN-CCS, ERA5-Land, FY-4A, GSMaP, IMERG	30 Dakikalık, Saatlik	Haziran 2019-Ağustos 2019
[19]	Min Jiang Havzası (Batı Çin)	MSWEP V2.2, TRMM-TMPA, IMERG V6 Final	30 Dakikalık, 3 Saatlik	Temmuz 2000 – Mayıs 2016
[20]	Qinghai-Tibet Platosu (Batı Çin)	CHIRPS, CMFD, CLDAS, CMADS, CMORPH, GSMAP, IMERG, ERA5, MSP, MSWEP, TPHiPr	30 Dakikalık, Saatlik, 3 Saatlik, Günlük	2010-2017
[21]	Zhejiang Eyaleti (Güneydoğu Çin)	IMERG-Early V06, GSMaP-NRT V07, FY4A QPE	Saatlik	2018–2019
[22]	Mandakini Havzası (Hindistan)	TRMM, PERSIANN, APHRODITE, IMD	Saatlik, Günlük	2000–2007
[23]	Kuzeybatı Himalaya (Hindistan)	TRMM-TMPA, GPCC, CRU, UDEL, APHRODITE, PGF, ERA-Interim	Günlük, Aylık	1998–2014
[24]	Nagavali Nehir Havzası (Hindistan)	IMD, TRMM, Bias-Corrected TRMM, CFSR	Günlük	1998–2012
[25]	İran	SM2RAIN-ASCAT, PERSIANN-CCS, CMORPH	Günlük	2007–2013
[26]	İran	GPCC, CRU, CPC, CHIRPS, PERSIANN-CDR, GPCP, MERRA2, ERA5	Saatlik, Günlük, Aylık	1987–2016

Tablo 1. (Devam). Literatürde Yer Alan Çalışmalar-Devam (*Studies in literature*)

Referans No.	Çalışma Alanı	Kullanılan Veri Seti	Veri Seti Zamansal Çözünürlük	Karşılaştırma Yapılan Zaman Aralığı
[27]	İran	20CR v3, CHIRPS, CMAP, CMORPH, CPC, CRU, EM-Earth, ERA5, FLDAS, GLDAS CLSM, GLDAS NOAH, GLDAS VIC, GPCC, GPCP, IMERG, HydroGFD3, JRA-55, MERRA-2, MSWEP, NASA/POWER, NCEP/DOE, NCEP/NCAR, PERSIANN-CDR, PGF, PREC/L, S14FD, SM2RAIN-CCI, TerraClimate, TRMM, UDEL	30 Dakikalık, Saatlik, 3 Saatlik, 6 Saatlik, Günlük, Aylık	2001–2013
[28]	Pakistan	CHIRPS, MSWEP, PERSIANN-CDR, TRMM-TMPA	Günlük	1998–2016
[29]	Pakistan	GPCC, CPC, CRU, CIHGGG, EWEMBI1, ERA-Interim, ERA5, 20CR, JRA55, MERRA2	Saatlik, Günlük, Aylık	1981–2015
[30]	Tibet Platosu ve çevresi (Asya)	APHRODITE, CHIRPS, PERSIANN-CDR	Günlük	APHRODITE: 1951–2015, CHIRPS: 1981–2015, PERSIANN-CDR: 1983–2015
[31]	Hindu Kush-Himalaya Bölgesi (Asya)	APHRODITE, PERSIANN-CDR, CHIRPS, CMORPH, WFDEI, GPCC, TRMM	Günlük	2001–2016
[32]	Nam Ngum Nehir Havzası (Lao PDR) ve Mekong Deltası (Vietnam)	APHRODITE, CPC, CRU, GPCC, SAOBS, CHIRPS, CMORPH, TRMM	Günlük, Aylık	1998–2014
[33]	Avustralya	IMERG, TRMM-TMPA, CMORPH, PERSIANN, PERSIANN-CDR	30 Dakikalık, Saatlik, 3 Saatlik, Günlük	Ekim 2014 – Eylül 2019
[34]	Amerika Birleşik Devletlerinin Batısı	PRISM-M, H10, L15, NLDAS-2, N15, Daymet	Saatlik, Günlük ve Aylık	1982–2006
[35]	Great Lakes Havzası (ABD-Kanada)	AORC, CaPA, MPE, Merged CaPA-MPE	Saatlik, 6 Saatlik, Günlük	2010–2019
[36]	Küresel	PERSIANN-CDR, CMORPH-CDR, GPCP	Günlük	1998–2018
[37]	Karasu Havzası (Türkiye)	CHIRPS-2.0, GPM IMERG V6 Final	Aylık	2008–2017
[38]	Rize (Türkiye)	CFSR, ERA-Interim/Land, APHRODITE, MSWEP	3 Saatlik, Günlük	1979-1996
[39]	Batı Karadeniz (Türkiye)	TMPA-7A, TMPA-7RT, CMORPH, MPE	15 Dakikalık, 3 Saatlik	2007–2011
[40]	Türkiye	TRMM, CFSR	6 Saatlik, Aylık	1998–2010
[41]	Türkiye	CHIRPS	Günlük, 10 Günlük, Aylık	2008–2018
[42]	Türkiye	IMERG-Final, TRMM-TMPA, ERA-Interim, ERA5	30 Dakikalık, Saatlik, 3 Saatlik, 6 Saatlik	Nisan 2014 – Mart 2018
[43]	Karasu Havzası (Türkiye)	CPC, MSWEP, ERA5, CHIRPS, CHIRP, IMERG-Final, IMERG-Early, IMERG-Late, TRMM-TMPA-3B42 v7, TRMM-TMPA-3B42RT v7, PERSIANN-CDR, PERSIANN-CCS, PERSIANN	30 Dakikalık, Saatlik, 3 Saatlik, Günlük	Ekim 2014 – Eylül 2019

2.2. Veriler (Data)

Bu çalışma kapsamında 2 farklı tipte yağış verisi kullanılmıştır. Bunlardan ilki ölçüm verileri diğerleri ise grid yağış verileridir. Ölçüm verileri olarak Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) 17114, 17116, 17695, 17700, 17704, 17748 numaralı Bandırma, Bursa, Keles, Dursunbey, Tavşanlı ve Simav istasyonlarından temin edilen aylık toplam yağış verilerinden yararlanılmıştır. Seçilen MGM istasyonlarının konumları Şekil 1'de görülürken, bu istasyonlara ilişkin bilgiler ise Tablo 2'de sunulmuştur. Küresel grid yağış veri setleri; ölçüme dayalı veriler, uydu verileri, uydu-ölçüm verisi kombinasyonu ve yeniden analiz verileri olarak sınıflandırılmaktadır [50].

Bu çalışmada; ölçüme dayalı veri setleri olarak tanımlanan CRU, GPCC ve UDEL aylık toplam grid yağış verileri kullanılmıştır. CRU ve UDEL veri setleri $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ uzamsal çözünürlüğe sahip iken, GPCC veri seti $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ uzamsal çözünürlüktedir. CRU verileri [51] 1900-2023 yıllarını kapsamaktadır [52]-[56]. Daha yüksek çözünürlüğe sahip GPCC veri seti [57] ise 1891-2022 yılları için veri içermektedir [58].

Diğer aylık toplam yağış grid verisi olan UDEL [59] ise 1900-2017 yılları için veri sağlamaktadır [60]. Kullanılan grid yağış verilerine ilişkin bilgiler Tablo 3'te yer almaktadır. Grid yağış verilerinin ölçüm verileriyle kıyaslanabilmeleri için grid verilerinden de zaman serilerinin elde edilmesi gerekmektedir.

Bu bağlamda, grid yağış verileri kullanarak MGM istasyonlarının koordinatlarından aylık toplam yağış zaman serileri elde edilmiştir. Elde edilen zaman serilerinin istatistiksel özellikleri Tablo 4'te görülmektedir. Tüm istasyonlar için aylık toplam yağış zaman serileri Şekil 2'de verilmiştir.

2.3. Yöntem (Method)

Yağış gibi hidrometeorolojik veriler mevsimsel davranış sergilemektedirler. Bu nedenle, grid yağış verilerinin performansının mevsimsel olarak ortaya konmasının daha doğru bir yöntem olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda yapılan birçok araştırma ([25],[26]) mevsimsel ölçekte gerçekleştirilmiştir.

Ancak mevsimsel değerlendirmede göz önüne alınan zaman dilimindeki ekstrem değerlerin varlığı mevsimsel ortalamaları çok değiştirdiğinden birçok çalışmada ([26], [29], [61]) aylık değerlendirme de yapılmıştır. Mevsimsel irdeleme için hem ölçüm hem de grid yağış zaman serileri kış (Aralık-Ocak-Şubat), ilkbahar (Mart-Nisan-Mayıs), yaz (Haziran-Temmuz-Ağustos) ve sonbahar (Eylül-Ekim-Kasım) mevsimsel ortalamalarına ayrıştırılmıştır. Mevsimsel ölçekle birlikte, grid veri setlerinin performansı aylık ve yıllık ölçekte de değerlendirilmiştir.

Ölçüm ile grid yağış veri setlerinin karşılaştırmaları iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Ölçüm istasyonlarından elde edilen veriler noktasal verilerdir. Ancak grid verileri ise alansal veriler olarak tariflenebilirler. Ölçüm ve grid veri setlerinin kıyaslanmasında tercih edilebilecek yöntemlerden ilki, ölçüm istasyonlarının koordinatları

kullanılarak grid veri setinden zaman serilerinin elde edilmesidir (grid to point). Literatürde bu yöntem birçok çalışmada ([62]-[65]) kullanılmış ve yöntemin avantajları belirtilmiştir. Diğer bir karşılaştırma yönteminde ise ölçüm istasyonlarından temin edilen verilerle farklı interpolasyon yöntemleri kullanılarak yağış haritaları oluşturulabilir. Böylelikle hem ölçüm hem de grid yağış verileri alansal kıyaslamaya tabi tutulabilir. Ancak bu çalışmada, ölçüm istasyonu sayısının yetersiz olması, ölçüm veri setlerinin kısıllığı ve ölçüm istasyonlarının çalışma alanında homojen bir dağılım sergilememesi bu kıyaslama yönteminin tercih edilmemesine neden olmuştur.

Bu çalışma kapsamında, grid yağış veri setlerinin performans değerlendirmesi için kullanılan istatistiksel indeksler; Belirtme Katsayısı (R^2), Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE), Ortalama Sapma Hatası (MBE) ile Nash-Sutcliffe Verim İndeksi (NSE)'dir. R^2 , RMSE, MBE ve NSE değerleri hesaplanırken kullanılan denklemler sırasıyla Denk. (1)-(4)'de verilmiştir. Denk. (1)-(4)'te yer alan $x_{ölçüm}$, y_{grid} , $\bar{x}$ ve $\bar{y}$ sırasıyla MGM ölçüm istasyonlarından ve grid verilerinden elde edilen yağış değerlerini, ölçüm verilerinin ortalamasını ve grid verilerinin ortalamasını ifade etmektedir. Bununla birlikte, n ise toplam veri sayısını temsil etmektedir.

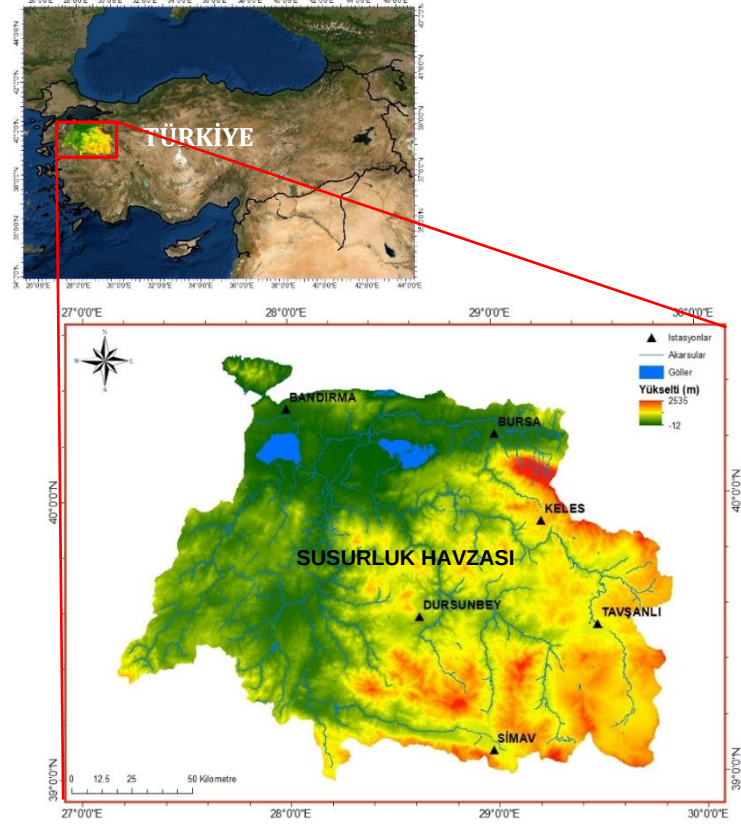
$$R^2 = \frac{(\sum (x_{ölçüm} - \bar{x})(y_{grid} - \bar{y}))^2}{\sum (x_{ölçüm} - \bar{x})^2 \sum (y_{grid} - \bar{y})^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ölçüm} - y_{grid})^2}{n}} \quad (2)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ölçüm} - y_{grid}) \quad (3)$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ölçüm} - y_{grid})^2}{\sum_{i=1}^n (x_{ölçüm} - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Hesaplanan R^2 ile NSE değerlerinin 1'e yakın olması ölçüm ile grid veri setleri arasındaki kuvvetli uyumu ortaya koymaktadır. NSE'nin negatif değerler alması durumunda grid yağış veri setinin sunduğu yağış tahminlerinin ölçüm veri seti ortalamasından da düşük olduğunu göstermektedir. MBE değerlerinde ise elde edilen negatif değerler ölçüm verilerinin, grid yağış veri setindeki değerlerden daha yüksek seyrettiğini, pozitif değerlerde ise tam tersi bir durumun söz konusu olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve seçilen istasyonların konumları (Study area and the locations of the selected stations)

Tablo 2. MGM ölçüm istasyonlarına ilişkin bilgiler (Main characteristics of the gauged stations)

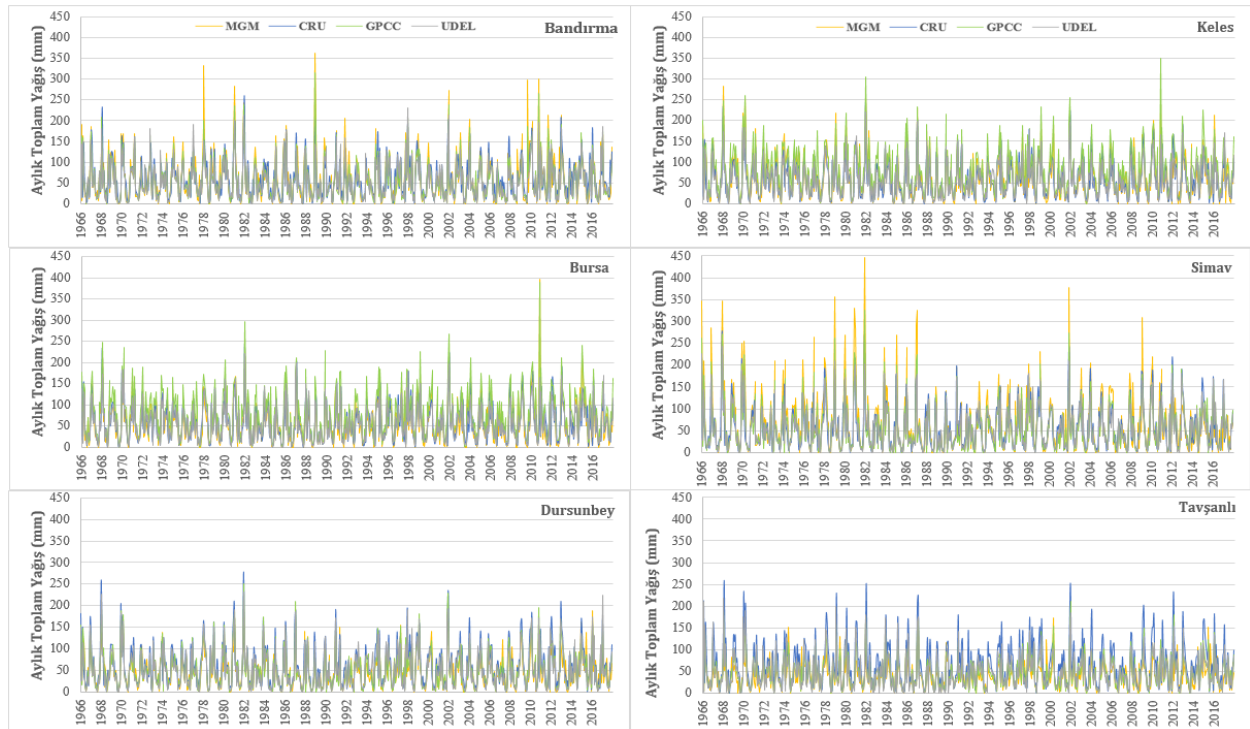
İstasyon No.	İstasyon Adı	Enlem (°)	Boylam (°)	Rakım (m)	Veri Tipi	Zaman Aralığı
17114	Bandırma	40.3315	27.9965	59	Aylık Toplam	1960-2022
17116	Bursa	40.2308	29.0133	99	Aylık Toplam	1960-2022
17695	Keles	39.9150	29.2313	1057	Aylık Toplam	1966-2022
17700	Dursunbey	39.5778	28.6322	644	Aylık Toplam	1965-2022
17704	Tavşanlı	39.5384	29.4941	837	Aylık Toplam	1966-2022
17748	Simav	39.0925	28.9786	810	Aylık Toplam	1960-2022

Tablo 3. Grid yağış veri setlerine ilişkin bilgiler (Main characteristics of gridded datasets)

Veri Seti	Uzamsal Çözünürlük	Uzamsal Boyut	Zamansal Çözünürlük	Zaman Aralığı	Kaynak
CRU	0.5°x0.5°	90°N-90°S	Aylık Toplam	1900-2022	[52], [53]
GPCC	0.25°x0.25°	90°N-90°S	Aylık Toplam	1891-2020	[58]
UDEL	0.5°x0.5°	90°N-90°S	Aylık Toplam	1900-2017	[60]

Tablo 4. Aylık ölçüm ve grid yağış zaman serilerinin istatistiksel özellikleri (*Statistical Characteristics of observed and gridded monthly precipitation datasets*)

<i>İstasyon Adı</i>	<i>Veri Tipi</i>	<i>Min.</i>	<i>Ort.</i>	<i>Maks.</i>	<i>Med.</i>	<i>St. Sapma</i>	<i>Çarpıklık</i>
Bandırma	MGM	0	59.51	362.2	45.90	54.88	1.51
	CRU	0.6	58.16	259.7	47.50	44.43	1.04
	GPCC	0	55.79	314.3	44.63	47.52	1.34
	UDEL	0	53.75	229.7	44	43.60	1.05
Bursa	MGM	0	58.72	396.6	50.60	46.63	1.28
	CRU	0.4	59.04	243.4	50.15	43.18	0.93
	GPCC	0	77.71	389.4	69.73	54.36	0.99
	UDEL	0	56.35	220.1	49.30	40.39	0.87
Dursunbey	MGM	0	47.11	200.7	40.75	38.60	1.05
	CRU	0.4	56.49	277.5	46.90	46.42	1.20
	GPCC	0	50.74	251.7	41.43	43.04	1.21
	UDEL	0	50.41	232.5	38.80	43.71	1.17
Keles	MGM	0	62.31	283	50.70	50.05	1.08
	CRU	0.4	59.04	243.4	50.15	43.18	0.93
	GPCC	0	78.94	351.1	69.05	53.79	0.94
	UDEL	0	56.35	220.1	49.30	40.39	0.87
Simav	MGM	0	64.77	446.2	45.35	66.61	1.89
	CRU	0.4	56.43	278.3	43.25	48.96	1.31
	GPCC	0	55.79	326.6	40.99	51.79	1.52
	UDEL	0	54.36	243.7	42.90	46.11	1.16
Tavşanlı	MGM	0	40.02	176.5	35.20	29.75	1.05
	CRU	0.2	62.59	258	49.10	48.86	1.15
	GPCC	0	46.41	211.1	38.98	36.03	1.18
	UDEL	0	47.05	218.2	38.60	38.88	1.28



Şekil 2. Tüm istasyonlar için aylık toplam yağış zaman serileri (*Monthly precipitation time-series for all stations*)

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA (RESULTS and DISCUSSION)

1966-2017 zaman aralığını kapsayacak şekilde Bandırma, Bursa, Dursunbey, Keles, Simav, Tavşanlı MGM ölçüm istasyonlarından elde edilen aylık toplam yağış verileri ile aynı istasyon koordinatları için elde edilen CRU, GPCC ve UDEL aylık grid yağış verileri aylık, mevsimsel ve yıllık ölçekte karşılaştırılarak grid yağış veri setlerinin performansları ortaya konmuştur.

3.1. Veri Setlerinin Aylık Ölçekte Karşılaştırılması (Comparison of Datasets on a Monthly Scale)

Aylık ölçekte yapılan karşılaştırmada, MGM istasyonlarından edinilen aylık toplam yağış zaman serileri ile CRU, GPCC ve UDEL grid veri setlerinden elde edilen aylık toplam zaman serileri kullanılmıştır. Şekil 3 ve Şekil 4'te bütün istasyonlar için aylık ortalama ve aylık maksimum yağış verilerinin karşılaştırılması sunulmuştur.

Her iki şekilde de ilk sütun (a) aylık ortalama, ikinci sütun (b) aylık maksimum yağışlar için yapılan karşılaştırmayı göstermektedir. Havzada en düşük yağışın Temmuz ve Ağustos aylarında, en yüksek yağışın ise Aralık ve Ocak aylarında meydana geldiği görülmektedir. Tavşanlı istasyonunda ise neredeyse tüm sene CRU grid veri seti daha yüksek ortalama yağış değerleri tahmin etmiştir. Aylık ölçekte karşılaştırılan veri setlerinin uyumunu ortaya koymak amacıyla hesaplanan istatistiksel parametreler Şekil 5'te sunulmuştur. Bununla birlikte, aynı şekil üzerinde mevsimsel ve yıllık ölçekte yapılan karşılaştırmalar için elde edilmiş istatistiksel indekslerde yer almaktadır. Bütün grid veri setleri, ölçüm verileri ile güçlü bir korelasyon göstermektedir. Bütün istasyonlarda GPCC grid yağış veri setinin diğer veri setlerine göre ölçüm verileriyle daha uyumlu olduğu açıkça görülmektedir. En iyi uyum ($R^2=0.94-0.95$) GPCC veri seti ile Bursa ve Bandırma istasyonlarında, havzada yağışın fazla olduğu Aralık-Ocak-Şubat aylarında meydana gelmektedir. Bursa ve Bandırma istasyonları, havzanın kuzeyinde yer alan düşük rakımlı istasyonlardır. Diğer aylara göre yağışın az olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında, CRU ve UDEL grid veri setlerinde ölçüm verileri ile daha zayıf korelasyonlar belirlenmiştir. Yani kurak dönemlerde, grid verileri ölçüm verilerini yakalamakta zorlanmıştır. Bu sonuç literatürdeki ([11], [26]) kurak dönem analizlerinden elde edilen sonuçlar ile uyumludur. RMSE hesaplarında en büyük fark, yağışın fazla olduğu Ocak ve Aralık aylarında Simav ve Tavşanlı istasyonlarında belirlenmiştir. Havzanın güney ve güneydoğusunda yer alan rakımı yüksek bu iki istasyonda en fazla fark CRU veri seti için hesaplanmıştır. Özellikle bu veri seti için Tavşanlı istasyonunda Aralık-Ocak-Şubat-Mart aylarında biasların (MBE) çok yüksek olduğu, NSE'nin ise yine aynı aylarda negatif değerler aldığı görülmektedir. Negatif NSE değerleri yorumlandığında, NSE'nin negatif değerler alması ölçüm değerlerinin ortalamasından da daha düşük değerler sunduğu anlamına gelmektedir. Bu durum, Tavşanlı İstasyonu için Aralık-Ocak-Şubat -Mart aylarında CRU yağış

tahminlerine dikkatle yaklaşılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu durumun çeşitli sebepleri olabilir. Tavşanlı istasyonunun rakım değeri 837 m'dir. Yüksek rakımlı bölgeler ile topoğrafik olarak karmaşık alanlarda grid yağış tahminlerinin performans açısından geride kaldıkları literatürde yer alan bazı çalışmalarda da belirtilmiştir [29, 34, 35].

NSE değerlerinde Aralık-Ocak-Şubat aylarında UDEL grid veri setinin de ölçüm değerlerinden daha yüksek tahminler sunduğu belirlenmiştir. Özellikle Tavşanlı istasyonunda diğer istasyonlara göre bu fark dikkat çekicidir.

3.2. Veri Setlerinin Mevsimsel Ölçekte Karşılaştırılması (Seasonal Comparison of Datasets)

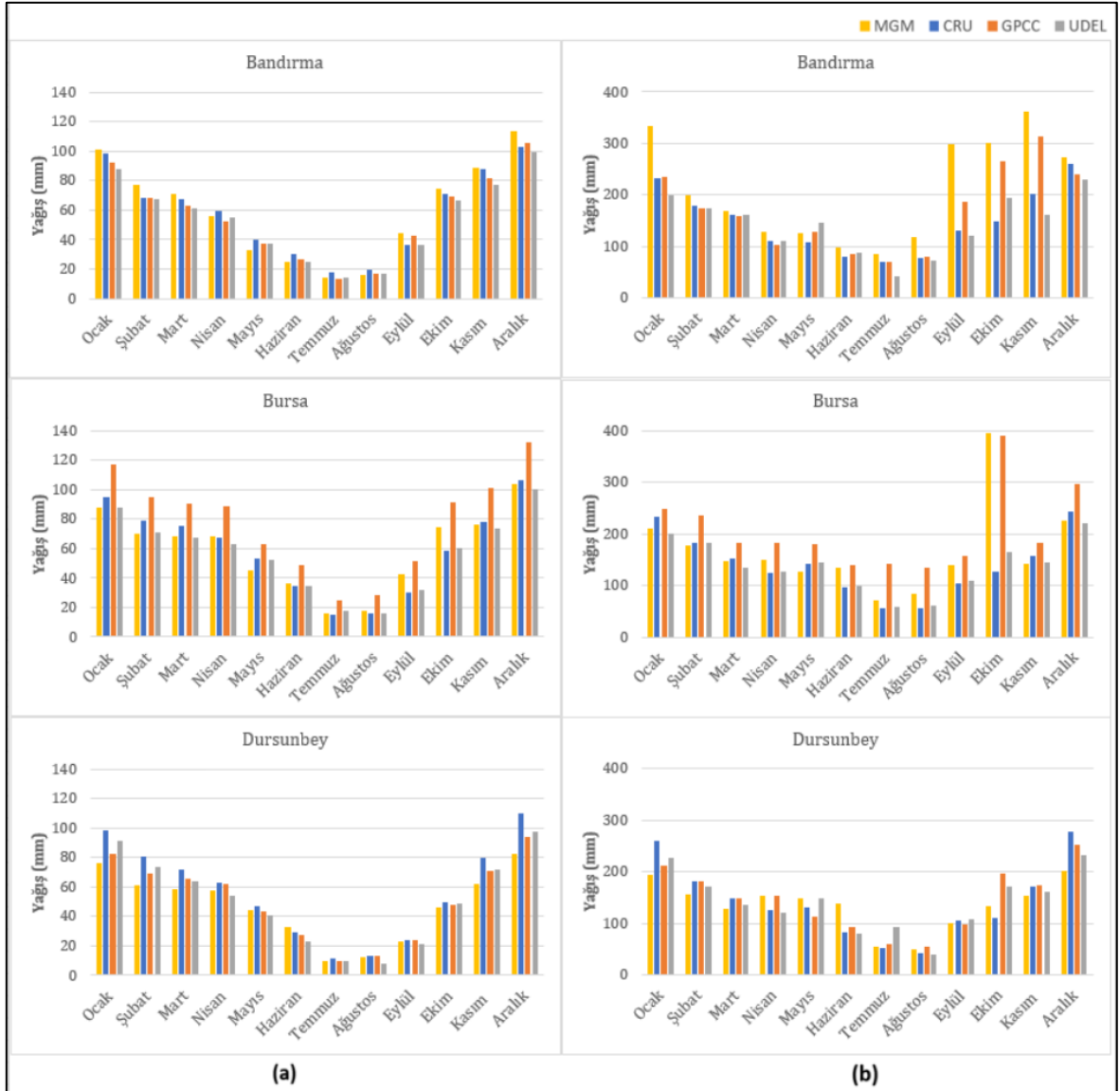
Bütün istasyonlar için mevsimsel maksimum ve ortalama yağışların karşılaştırmaları sırasıyla Şekil 6 ve Şekil 7'de sunulmuştur. Mevsimsel ortalama yağış değerleri için yapılan karşılaştırmalara göre ölçüm ile grid yağış veri setleri arasındaki uyumun daha belirgin olduğu görülmektedir. Mevsimsel ortalama değerler kış mevsimi için karşılaştırıldığında, Bandırma ve Simav istasyonlarında daha yüksek ölçüm değerleri gözlemlenirken; Bursa, Dursunbey ve Tavşanlı istasyonları için bunun tam tersi bir durumla karşılaşmıştır.

Aynı şekilde, tüm grid verileri yağışın en fazla olduğu kış mevsimindeki ekstrem yağışları Bandırma ve Simav istasyonlarında daha düşük belirlerken, Bursa, Dursunbey ve Tavşanlı istasyonlarında ise daha yüksek belirlemiştir.

Tavşanlı istasyonu için kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde aylık verilere benzer olarak CRU veri setinin daha büyük değerler tahmin ettiği görülmektedir. Havzanın kuzey ve kuzeydoğusunda bulunan Bursa ve Keles istasyonlarında, GPCC veri seti bütün mevsimlerde hem ortalama hem de maksimum yağışlar için daha yüksek değerler sunmaktadır.

Mevsimsel olarak en yüksek uyum ($R^2=0.84-0.93$) tüm mevsimler için Bursa istasyonunda GPCC veri seti ile sağlanmıştır (Şekil 5). NSE'ye göre ise yine tüm mevsimlerde ölçüm ile grid yağış veri setleri arasındaki en iyi uyum ($0.82-0.84$) Bandırma istasyonunda GPCC veri seti ile yakalanmıştır. En düşük uyum; kış mevsiminde Simav-UDEL veri setinde ($R^2=0.64$), ilkbaharda Simav ve Tavşanlı'da CRU veri setinde ($R^2=0.50$), yaz mevsiminde Dursunbey-UDEL veri setinde ($R^2=0.36$), sonbaharda ise Bandırma ve Bursa CRU veri setinde ($R^2=0.49-0.50$) belirlenmiştir.

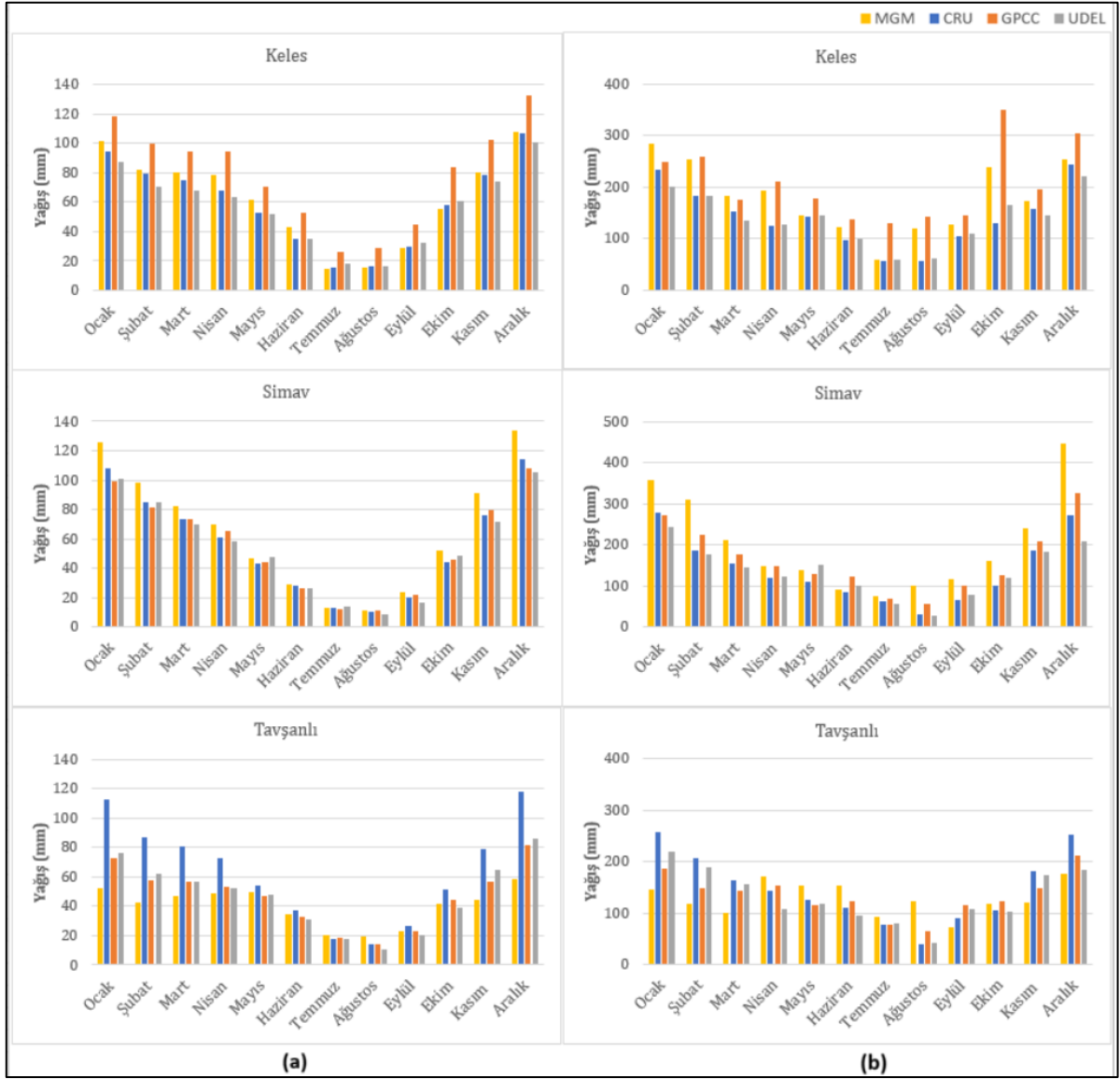
RMSE hesaplarına bakıldığında; özellikle kış mevsiminde tüm veri setleri ile en yüksek farkların Simav istasyonunda olduğu görülmektedir. Tavşanlı istasyonu için kış mevsiminde CRU veri seti ile belirlenen uyuma rağmen ($R^2=0.78$); RMSE ve MBE'nin en fazla olduğu, NSE'nin de yine negatif değer aldığı görülmüştür.



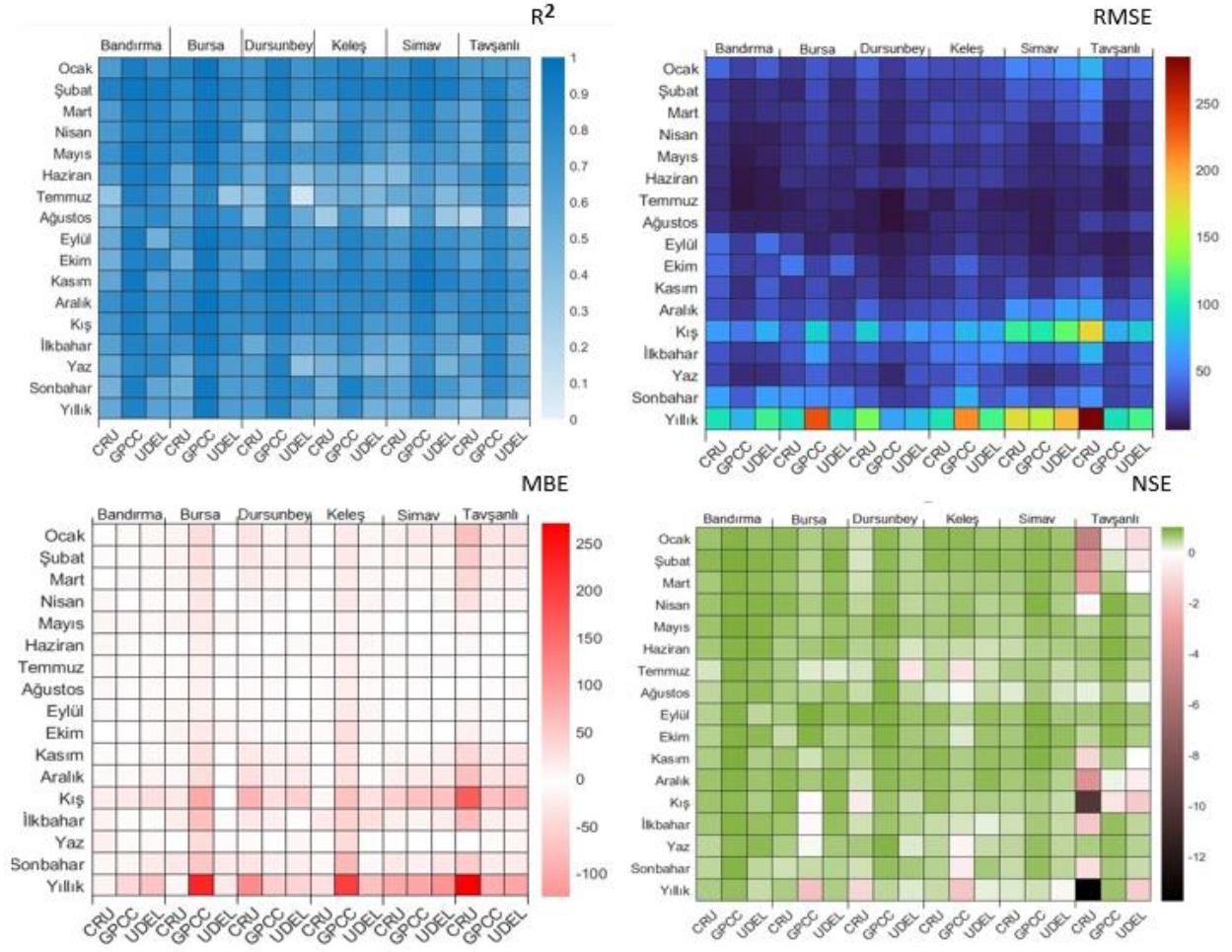
Şekil 3. Aylık (a) ortalama yağış (b) maksimum yağış (Bandırma-Bursa-Dursunbey) (*Monthly (a) average precipitation (b) maximum precipitation (Bandırma-Bursa-Dursunbey)*)

Negatif NSE değerleri, grid yağış veri setinin ölçüm değerlerinin ortalamasından da daha düşük yağış tahminleri sunduğunu göstermektedir. Bu farklılığın istasyonun yüksek rakımlı ve karmaşık topoğrafyada olmasıyla birlikte mevsimsel değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mevsimsel olarak en az uyum ($R^2=0.36$) Dursunbey istasyonunda UDEL veri seti ile yaz mevsiminde görülmektedir.

Yaz mevsiminde, grid veri setleri ile ölçüm verileri arasındaki uyumun daha az olmasına rağmen RMSE ve MBE değerlerinin diğer mevsimlere göre düşük hesaplanma sebebi, yaz mevsimindeki toplam yağış değerlerinin oldukça düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

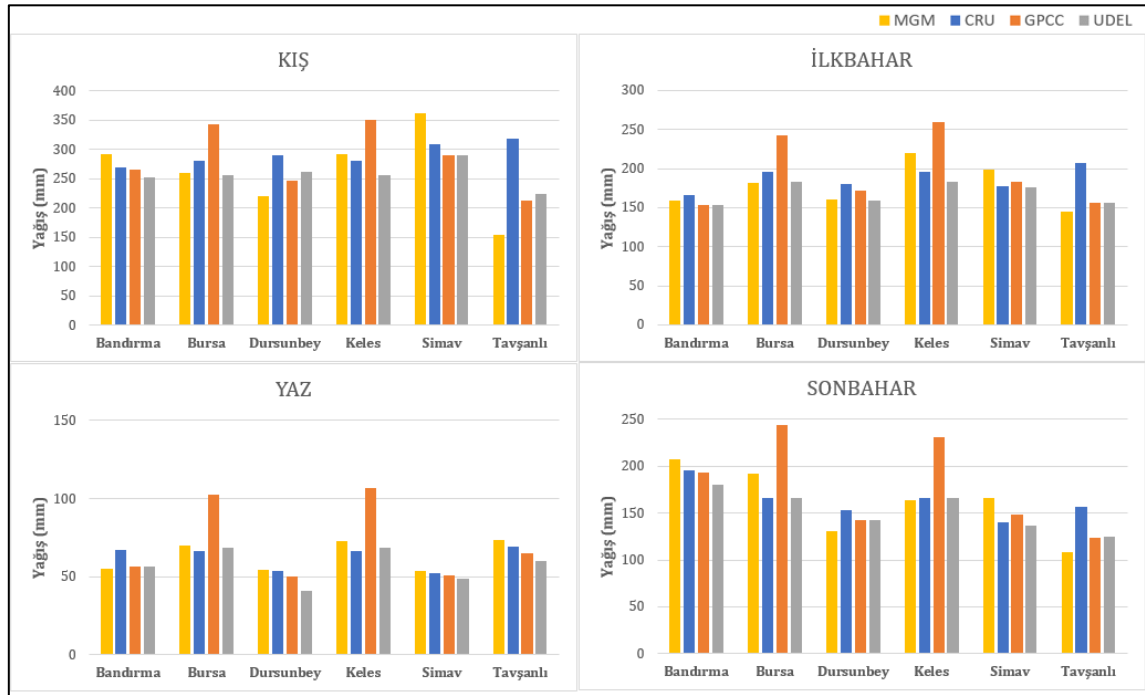


Şekil 4. Aylık (a) ortalama yağış (b) maksimum yağış (Keles-Simav-Tavşanlı) (Monthly (a) average precipitation (b) maximum precipitation (Keles-Simav-Tavşanlı))

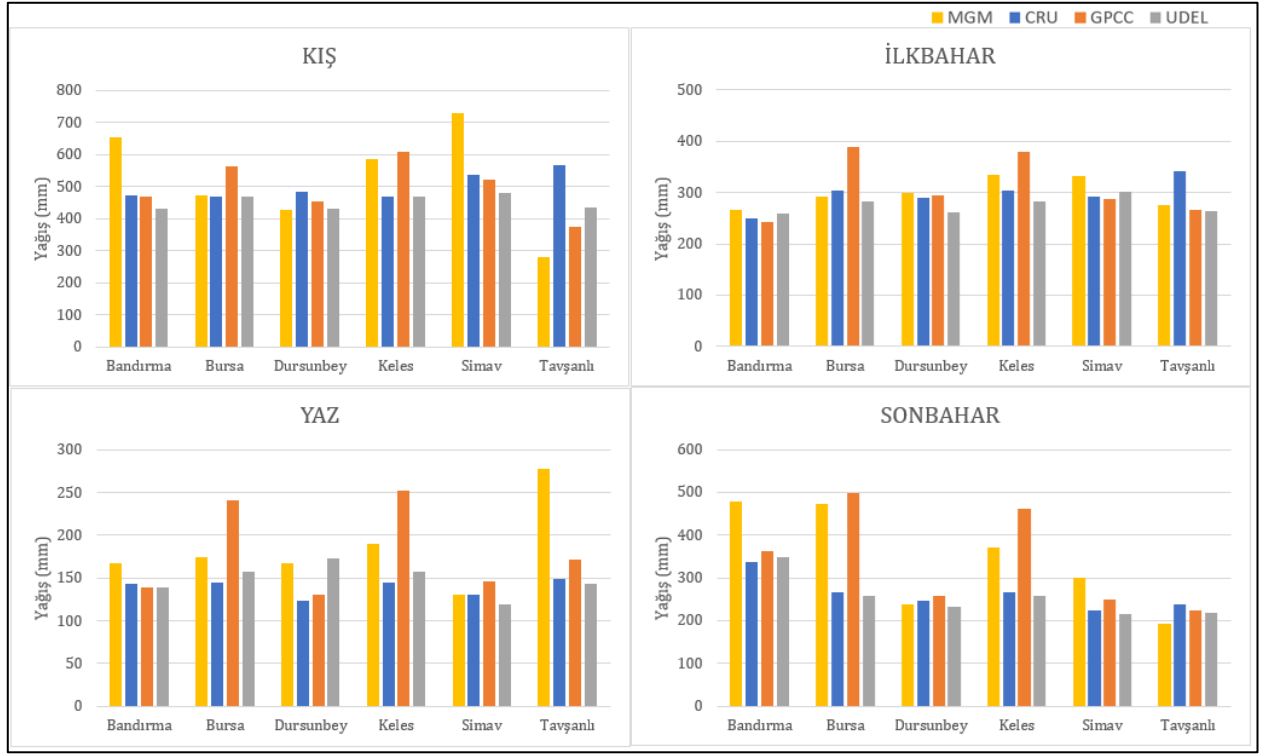


*RMSE değerleri, değerlendirme yapılan zaman ölçeğine bağlı olarak mm/ay veya mm/yıl'dır.

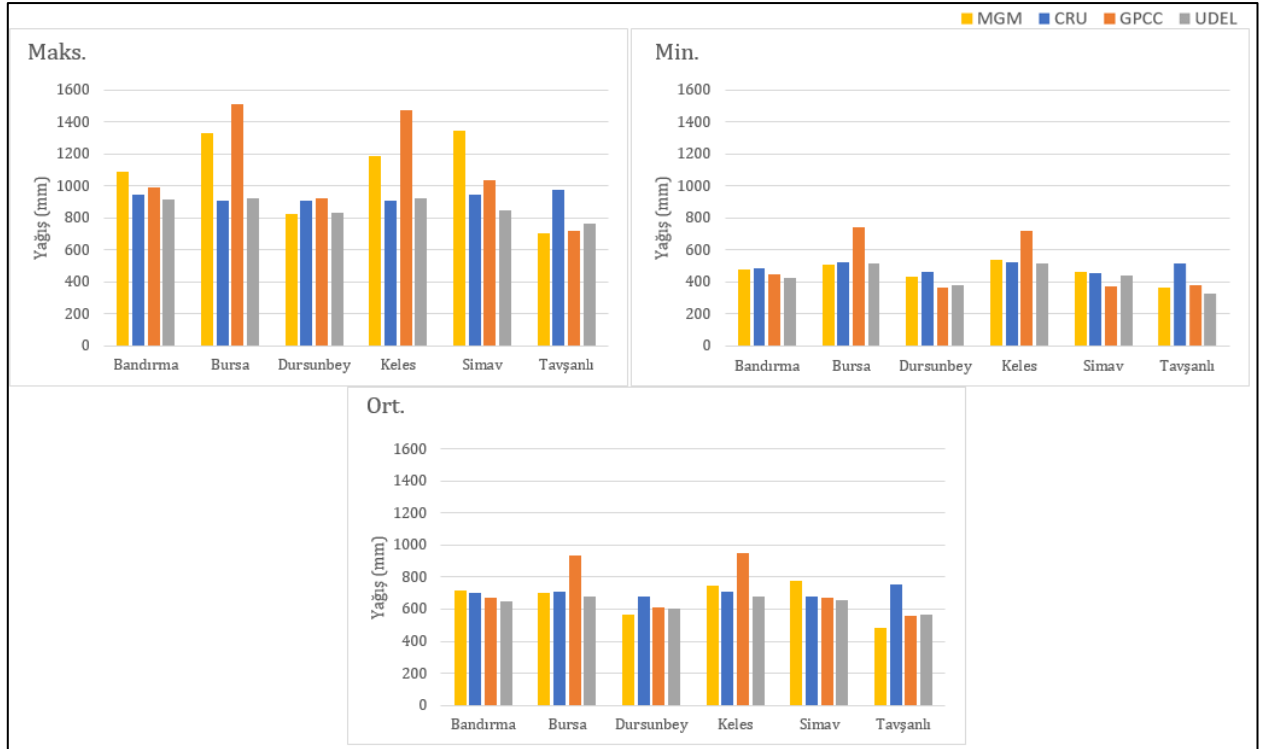
Şekil 5. Aylık, mevsimsel ve yıllık ölçekte istatistiksel indislerin değişimi (Variation of statistical indices on a monthly, seasonal, and annual scales)



Şekil 6. Mevsimsel ortalama yağış (Seasonal mean precipitation)



Şekil 7. Mevsimsel maksimum yağış (Seasonal mean precipitation)



Şekil 8. Yıllık maksimum, minimum ve ortalama yağış (Annual maximum, minimum and mean precipitation)

3.3. Veri Setlerinin Yıllık Ölçekte Karşılaştırılması (Comparison of Datasets on An Annual Scale)

Şekil 8’de bütün istasyonlar için tüm veri setlerinin yıllık maksimum, yıllık ortalama ve yıllık minimum yağışlara göre karşılaştırılması sunulmuştur. Yıllık yağışlarda da, tüm grid veri setleri Bandırma ve Simav istasyonlarında ölçüm verilerine göre daha düşük yağış değerleri sunarken, Dursunbey ve Tavşanlı istasyonlarında daha yüksek yağış değerleri sunmaktadır. Bursa, Keles ve Simav istasyonlarındaki maksimum yıllık toplam yağış değerlerine en yakın değerler GPCC veri seti tarafından sağlanmıştır. Ancak, Bursa ve Keles istasyonlarında, GPCC veri seti ölçüm verilerine göre daha yüksek değerler sergilerken, Simav istasyonunda daha düşük yağış değerleri tahmin ettiği görülmüştür. Yıllık yağışlardaki en iyi uyumun Bursa İstasyonunda ($R^2=0.91$) görülmesine rağmen, RMSE ve MBE değerlerindeki en büyük farkın oluştuğu ve NSE’nin de yine negatif değer olarak grid veri setinin, ölçüm değerlerinden daha yüksek tahminler sunduğu anlaşılmaktadır (Şekil 5). Bununla birlikte, en az uyum Tavşanlı istasyonunda UDEL yıllık veri setinde ($R^2=0.32$) belirlenmiştir.

RMSE ve MBE değerlerindeki en büyük farkların Bursa ve Keles istasyonlarında GPCC veri setiyle; Dursunbey ve Tavşanlı istasyonlarında ise CRU veri setiyle elde edilmiştir. Simav istasyonunda, CRU ve UDEL verilerinde daha büyük RMSE farkları hesaplanmıştır. NSE’ye göre en iyi uyumun (0.75) Bandırma istasyonunda GPCC veri setinde sağlandığı sonucuna varılmıştır.

Genel olarak, Tavşanlı istasyonunda gözlemlenen düşük uyum istasyonun rakım değerlerine bağlanabilir. Literatürde, grid veri setlerinin yüksek rakımlı bölgeler ve topoğrafik olarak karmaşık alanlarda ölçüm verileriyle düşük bir uyum sergiledikleri görülmektedir. Bu durumun, uzamansal çözünürlükteki farklılıklar, ölçüm istasyonlarının sayısı ve dağılımındaki yetersizlik, ölçüm istasyonların düşük rakımlı bölgelerde bulunması, grid yağış veri setlerinin oluşturulmasında kullanılan yöntemsel farklılıklar ve mevsimsel değişimlerden kaynaklandığı belirtilmiştir [29, 34, 35]. Bununla birlikte, grid yağış veri setlerinin performanslarının ortaya konulmasında kullanılan yaygın yöntemlerden birisi de grid-to-point yöntemidir. Bu yönteminde özellikle yüksek rakımlı bölgeler ile topoğrafik olarak karmaşık alanlarda bazı sınırlılıklar içerebilmektedir.

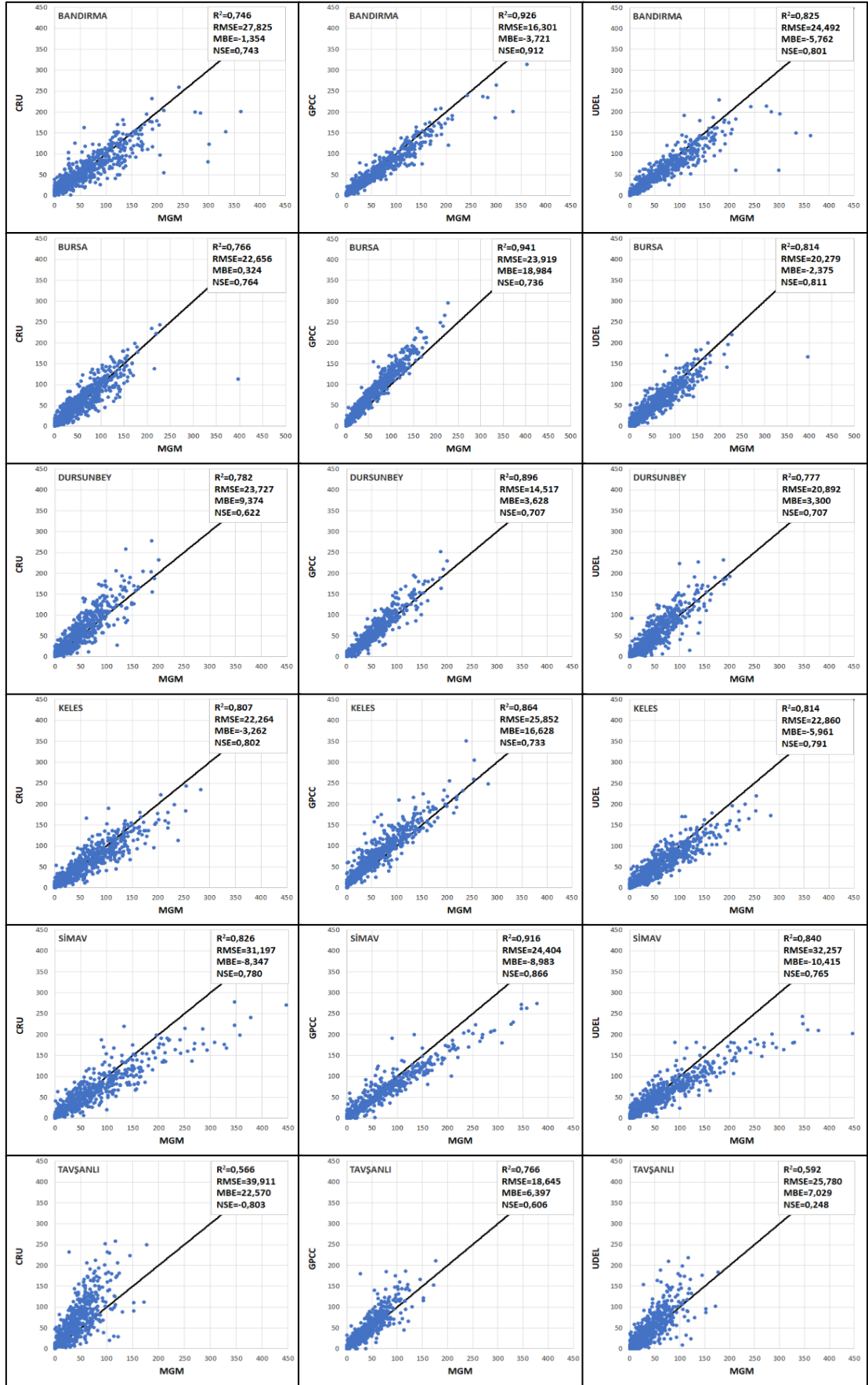
Bu analizlere ek olarak, 1966-2017 yıllarını kapsayacak şekilde uzun dönemli analizlerde gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde Şekil 9’da sunulan saçılım grafiklerinden yararlanılmıştır. Bu saçılım grafiklerinde, yatay eksenler MGM istasyonlarından elde edilen yağış değerlerini, düşey eksenler ise sırasıyla CRU, GPCC ve UDEL veri setlerinden elde edilen yağış değerlerini ifade etmektedir. Tüm istasyonlar için sunulan saçılım grafiklerinin sağ üst köşelerinde ise ölçüm ile grid yağış verilerinin uzun dönemli karşılaştırmaları için hesaplanan R^2 , RMSE, MBE ile NSE değerleri görülmektedir. Uzun dönemli analiz için hesaplanan istatistiksel indisler değerlendirildiğinde en yüksek R^2 ile NSE değerlerinin

0.941 ve 0.912 olarak GPCC veri seti için sırasıyla Bursa ve Bandırma istasyonlarında hesaplandığı görülmektedir. RMSE değerleri ise 14.517 ile 39.911 değerleri arasında seyretmektedir. Uzun dönemli analizdeki maksimum yağış değerleri dikkate alındığında hesaplanan RMSE değerlerinin oldukça düşük olduğu söylenebilir. Yine hesaplanan en düşük RMSE değerine de GPCC veri setiyle ulaşılmıştır. MBE değerleri incelendiğinde, negatif ve pozitif değerlerin hesaplandığı görülmektedir. Dursunbey ve Tavşanlı istasyonları için hesaplanan MBE değerleri hep pozitif iken, Bandırma ve Simav istasyonları için hesaplanan değerlerin ise tüm grid yağış veri setleri için negatif olduğu görülmektedir. Saçılım grafiklerinde de, ölçüm ile grid veri yağış setleri arasındaki uyumun en yüksek olduğu veri setinin [5], [26], [29], [66] ve [67] ‘de elde edilen sonuçlar ile uyumlu olarak GPCC olduğu anlaşılmaktadır. İslam vd. (2020), çalışmalarında, hidrolojik çalışmalarda grid yağış veri setlerinin çalışılan havza alanına ve çalışma amaçlarına göre seçilmesini önermektedir [33]. Bu çalışmamız ile Susurluk havzası için yapılacak olan çalışmalarda GPCC veri setinin tercih edilmesinin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, Susurluk Havzası için 1966-2017 zaman aralığını kapsayacak şekilde 3 farklı grid yağış veri seti (CRU, GPCC ve UDEL), MGM ölçüm istasyonlarından edinilen aylık toplam yağış verileriyle aylık, mevsimsel ve yıllık ölçekte karşılaştırılarak performansları ortaya konmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. GPCC grid veri seti diğer grid veri setlerine göre aylık, mevsimsel ve yıllık ölçekteki analizlerin hepsinde daha yüksek performans sergilerken, CRU veri seti ise en düşük performansı göstermiştir.
2. Çoğunlukla bütün veri setleri havzanın kuzeyindeki düşük rakımlı istasyonlarda (Bursa-Bandırma) daha iyi performans göstermiştir. Ölçüm-grid veri setleri arasındaki uyumun yüksek rakımlı bölgelerdeki istasyonlarda azaldığı gözlemlenirken, düşük rakımlı bölgelerdeki istasyonlarda ise arttığı görülmüştür.
3. Bütün veri setlerinin performansları yağışlı dönemlerde (özellikle kış ve sonbahar mevsimlerinde) yağışların düşük olduğu (özellikle yaz mevsiminde) dönemlere göre daha yüksektir.
4. Susurluk Havzası için GPCC yağış veri setinin, hidrolojik modelleme, iklim değişikliği ve kuraklık analizi gibi çalışmalarda CRU ve UDEL veri setlerine tercih edilebileceği ortaya konmuştur.



Şekil 9. Ölçüm ve grid yağış veri setlerinin uzun dönemli (1966-2017) karşılaştırılması (Long-term (1966-2017) comparison of measurement and gridded precipitation datasets)

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Ölçüm yağış verileri için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne, grid yağış veri setleri için Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi'ne (NOAA) ve Birleşik Krallık Ulusal Çevre Araştırma Konseyi'ne (NERC) teşekkür ederiz.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI

(DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZAR KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Fevziye Ayça Saraçoğlu: veri toplama, literatür taraması, analizlerin gerçekleştirilmesi, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi, yazım denetimi başlıklarında katkı sunmuştur.

Kebir Emre Saraçoğlu: fikrin oluşması, literatür taraması, veri toplama, analizlerin gerçekleştirilmesi, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi, yazım denetimi başlıklarında katkı sunmuştur.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Behrangi A, Khakbaz B, Jaw TC, AghaKouchak A, Hsu K, Sorooshian S. "Hydrologic evaluation of satellite precipitation products over a mid-size basin". *Journal of Hydrology*, 397 (3–4), 225–237, (2011).
- [2] Wang F, Yang H, Wang Z, Zhang Z, Li Z. "Drought evaluation with CMORPH satellite precipitation data in the Yellow River Basin by using Gridded Standardized Precipitation Evapotranspiration Index". *Remote Sensing*, 11 (485), (2019).
- [3] Gago-Silva A, Lehmann A, Goyette S. "Daily gridded temperature and precipitation datasets over the Black Sea catchment: 1961–1990 and climate change scenarios for 2071–2100". *Theoretical and Applied Climatology*, 142, 805–830, (2020).
- [4] Tarek M, Brissette F, Arsenault R. "Large-scale analysis of global gridded precipitation and temperature datasets for climate change impact studies", *Journal of Hydrometeorology*, 21 (11), 2623–2640, (2020).
- [5] Nassaj BN, Zohrabi N, Shahbazi AN, Fathian H. "Evaluation of three gauge-based global gridded precipitation datasets for drought monitoring over Iran", *Hydrological Sciences Journal*, 66 (14), 2033–2045, (2021).
- [6] Ang R, Kinouchi T, Zhao W. "Evaluation of daily gridded meteorological datasets for hydrological modeling in data-sparse basins of the largest lake in Southeast Asia". *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 42, (2022).
- [7] Usman M, Ndehedehe CE, Ahmad B, Manzanar R, Adeyeri OE. "Modeling streamflow using multiple precipitation products in a topographically complex catchment". *Modeling Earth Systems and Environment*, 8 (2), 1875–1885, (2022).
- [8] Yılmaz M. "Konya Kapalı Havzası'nın TMPA uydu kaynaklı yağış verileri ile kuraklık analizi". *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32:2, 541–549, (2017).
- [9] Dinku T, Connor SJ, Ceccato P, Ropelewski CF. "Comparison of global gridded precipitation products over a mountainous region of Africa". *International Journal of Climatology*, 28, 1627–1638, (2008).
- [10] Lamptey BL. "Comparison of gridded multisatellite rainfall estimates with gridded gauge rainfall over West Africa". *Journal of Applied Meteorology Climatology*, 47 (1), 185–205, (2008).
- [11] Akinsanola AA, Ogunjobi KO, Ajayi VO, Adefisan EA, Omotosho JA, Sanogo S. "Comparison of five gridded precipitation products at climatological scales over West Africa". *Meteorology and Atmospheric Physics*, 129 (6), 669–689, (2017).
- [12] Musie M, Sen S, Srivastava P. "Comparison and evaluation of gridded precipitation datasets for streamflow simulation in data scarce watersheds of Ethiopia". *Journal of Hydrology*, 579, (2019).
- [13] Abdelwares M, Lelieveld J, Zittis G, Haggag M, Wagdy A. "A comparison of gridded datasets of precipitation and temperature over the Eastern Nile Basin region". *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 5 (3), (2020).
- [14] Satgé F, Defrance D, Sultan B, Bonnet MP, Seyler F, Rouché N, Pierron F, Paturel JE. "Evaluation of 23 gridded precipitation datasets across West Africa". *Journal of Hydrology*, 581, (2020).
- [15] Nakulopa F, Vanderkelen I, Walle JV, Van Lipzig NPM, Tabari H, Jacobs L, Tweheyo C, Dewitte O, Thiery W. "Evaluation of high-resolution precipitation products over the Rwenzori Mountains (Uganda)". *Journal of Hydrometeorology*, 23 (5), 747–768, (2022).
- [16] Yang Y, Tang J, Xiong Z, Dong X. "Evaluation of high-resolution gridded precipitation data in arid and semiarid regions: Heihe River Basin, Northwest China". *Journal of Hydrometeorology*, 18 (12), 3075–3101, (2017).
- [17] Faiz MA, Liu D, Fu Q, Sun Q, Li M, Baig F, Li T, Cui S, "How accurate are the performances of gridded precipitation data products over Northeast China?". *Atmospheric Research*, 211, 12–20, (2018).
- [18] Gao Z, Huang B, Ma Z, Chen X, Qiu J, Liu D. "Comprehensive comparisons of state-of-the-art gridded precipitation estimates for hydrological applications over Southern China". *Remote Sensing*, 12 (23), 1–20, (2020).
- [19] Zhang L, Lan P, Qin G, Mello CR, Boyer EW, Luo P, Guo L. "Evaluation of three gridded precipitation products to quantify water inputs over complex mountainous terrain of Western China". *Remote Sensing*, 13 (3975), (2021).
- [20] Rao P, Wang F, Yuan X, Liu Y, Jiao Y. "Evaluation and comparison of 11 sets of gridded precipitation products over the Qinghai-Tibet Plateau", *Atmospheric Research*, 302, (2024).

- [21] Li D, Min X, Xu J, Xue J, Shi Z, “Assessment of three gridded satellite-based precipitation products and their performance variabilities during typhoons over Zhejiang, Southeastern China”. *Journal of Hydrology*, 610, (2022).
- [22] Bhardwaj A, Ziegler AD, Wasson RJ, Chow WTL. “Accuracy of rainfall estimates at high altitude in the Garhwal Himalaya (India): A comparison of secondary precipitation products and station rainfall measurements”. *Atmospheric Research*, 188, 30–38, (2017).
- [23] Kanda N, Negi HS, Rishi MS, Kumar A. “Performance of various gridded temperature and precipitation datasets over Northwest Himalayan Region”. *Environmental. Research Communications*, 2 (8), (2020).
- [24] Setti S, Maheswaran R, Sridhar V, Barik KK, Merz B, Agarwal A. “Inter-comparison of gauge-based gridded data, reanalysis and satellite precipitation product with an emphasis on hydrological modeling”. *Atmosphere*, 11, 1–26, (2020).
- [25] Eini MR, Olyaei MA, Kamyab T, Teymoori J, Brocca L, Piniewski M, “Evaluating three non-gauge-corrected satellite precipitation estimates by a regional gauge interpolated dataset over Iran”. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 38, (2021).
- [26] Nassaj BN, Zohrabi N, Shahbazi AN, Fathian H. “Evaluating the performance of eight global gridded precipitation datasets across Iran”. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 98, (2022).
- [27] Araghi A, Adamowski JF, “Assessment of 30 gridded precipitation datasets over different climates on a country scale”. *Earth Science Informatics*, 17, 1301–1313, (2024).
- [28] Ullah W, Wang G, Ali G, Hagan DFT, Bhatti AS, Lou D. “Comparing Multiple Precipitation Products against In-Situ Observations over Different Climate Regions of Pakistan”. *Remote Sensing*, 11 (6), 628, (2019).
- [29] Iqbal SW, Latif M, Ahmed R, Adnan S, Umar M, Ahmad B, Azam M, Syed JH. “Performance evaluation and comparison of observed and reanalysis gridded precipitation datasets over Pakistan”. *Theoretical and Applied Climatology*, (2022).
- [30] Tan X, Ma Z, He K, Han X, Ji Q, He Y. “Evaluations on gridded precipitation products spanning more than half a century over the Tibetan Plateau and its surroundings”. *Journal of Hydrology*, 582, (2020).
- [31] Mishra B, Panthi S, Ghimire BR, Poudel S, Maharjan B, Mishra Y. “Gridded precipitation products on the Hindu Kush-Himalaya: Performance and accuracy of seven precipitation products”. *PLOS Water*, 2(8): e0000145, (2023).
- [32] Dhungana S, Shrestha S, Van TP. et al. “Evaluation of gridded precipitation products in the selected sub-basins of Lower Mekong River Basin”. *Theoretical and Applied Climatology*, 151, 293–310, (2023).
- [33] Islam MA, Yu B, Cartwright N. “Assessment and comparison of five satellite precipitation products in Australia”. *Journal of Hydrology*, 590, (2020).
- [34] Henn B, Newman AJ, Livneh B, Daly C, Lundquist JD, “An assessment of differences in gridded precipitation datasets in complex terrain”. *Journal of Hydrology*, 556, 1205–1219, (2018).
- [35] Hong Y, Do HX, Kessler J, Fry L, Read L, Nasab AR, Gronewold AD, Mason L, Anderson EJ. “Evaluation of gridded precipitation datasets over international basins and large lakes”. *Journal of Hydrology*, 607, (2022).
- [36] Prat OP, Nelson BR, Nickl E, Leeper RD. “Global evaluation of gridded satellite precipitation products from the NOAA Climate Data Record Program”. *Journal of Hydrometeorology*, 22, 2291–2310, (2021).
- [37] Ahady AB, Pekkan E, Sorman AA, Deliry SI. “Evaluating the hydrological performance of gridded precipitation datasets using GR2M for a mountainous watershed in Turkey”. *Arabian Journal of Geosciences*, 15 (8), (2022).
- [38] Swalih SA, Kahya E. “Performance of gridded precipitation products in the Black Sea region for hydrological studies”. *Theoretical and Applied Climatology*, 149 (1–2), 465–485, (2022).
- [39] Derin Y, Yılmaz KK. “Evaluation of Multiple Satellite-Based Precipitation Products over Complex Topography”. *Journal of Hydrometeorology*, 15(4), 1498–1516, (2014).
- [40] Irvem A, Özbülü M. “Evaluation of Satellite and Reanalysis Precipitation Products Using GIS for All Basins in Turkey”. *Advances in Meteorology*, 2019 (1), (2019).
- [41] Aksu H, Akgül MA. “Performance evaluation of CHIRPS satellite precipitation estimates over Turkey”. *Theoretical and Applied Climatology*, 142, 71–84, (2020).
- [42] Amjad M, Yılmaz MT, Yücel İ, Yılmaz KK, “Performance evaluation of satellite- and model-based precipitation products over varying climate and complex topography”. *Journal of Hydrology*, 584, (2020).
- [43] Hafizi H, Sorman AA. “Assessment of 13 Gridded Precipitation Datasets for Hydrological Modeling in a Mountainous Basin”. *Atmosphere*, 13, 143, (2022).
- [44] Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Sakarya ve Susurluk Havzaları Kuraklık Yönetim Planının Hazırlanması Projesi, Susurluk Havzası Kuraklık Yönetim Planı, Stratejik Çevresel Değerlendirme Nihai Raporu, Ankara, Türkiye, (2023).
- [45] Tarım ve Orman Bakanlığı, Susurluk Nehir Havzası Yönetim Planı, Havza Koruma Eylem Planlarının Nehir Havzası Yönetim Planlarına Dönüştürülmesi için Teknik Yardım, TR2011/0327.21-05-01-001, Ankara, Türkiye (2018).
- [46] Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Resmi İklim İstatistikleri-Balıkesir”. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=BALIKESIR> . (16.01.2025).
- [47] Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Resmi İklim İstatistikleri-Bursa”. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=BURSA> . (16.01.2025).
- [48] Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Resmi İklim İstatistikleri-Kütahya”. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KUTAHYA> . (16.01.2025).

- [49] Yeşilirmak E, Atatanır L. "Spatiotemporal variability of precipitation concentration in western Turkey". *Natural Hazards*, 81, 687-704, (2016).
- [50] Sun Q, Miao C, Duan Q, Ashouri H, Sorooshian S, Hsu K. "A review of global precipitation data sets: Data sources, estimation, and Intercomparisons". *Review of Geophysics*. 56 (1), 79–107, (2018).
- [51] "High-Resolution Gridded datasets (and derived products)", <https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/> (02.02.2024)
- [52] Harris I, Jones PD, Osborn TJ, Lister DH. "Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset". *International Journal of Climatology*, 34, 623-642, (2014).
- [53] Harris I, Osborn TJ, Jones PD, Lister DH. "Version 4 of the CRU TS Monthly High-Resolution Gridded Multivariate Climate Dataset". *Scientific Data*, 7, 109, (2020).
- [54] New M, Hulme M, Jones PD, "Representing twentieth-century space-time climate variability. Part I: development of a 1961–90 mean monthly terrestrial climatology". *Journal of Climate*, 12, 829–856, (1999).
- [55] New M, Hulme M, Jones PD. "Representing twentieth-century space-time climate variability. Part II: development of 1901–96 monthly grids of terrestrial surface climate". *Journal of Climate*, 13(333), 2217–2238, (2000).
- [56] Mitchell TD, Jones PD, "An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high resolution grids". *International Journal of Climatology*, 25, 693–712, (2005).
- [57] Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) at Deutscher Wetterdienst, "GPCC Full Data Monthly Product Version 2020", https://opendata.dwd.de/climate_environment/GPCC/html/fulldata-monthly_v2020_doi_download.html. (01.02.2024).
- [58] Schneider U, Becker A, Finger P, Rustemeier E, Ziese M, "GPCC Full Data Monthly Product Version 2020 at 0.25°: Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges built on GTS-based and Historical Data", Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), (2020).
- [59] NOAA, Physical Sciences Laboratory, "University of Delaware Terrestrial Precipitation". https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.UDel_AirT_Precip.html (02.02.2024).
- [60] Willmott CJ, Matsuura K, "Terrestrial air temperature and precipitation: monthly and annual time series (1950–1999)". Center for Climatic Research, Department of Geography, University of Delaware, (2001).
- [61] Zhang M, Leon C, Migliaccio K. "Evaluation and comparison of interpolated gauge rainfall data and gridded rainfall data in Florida, USA", *Hydrological Sciences Journal*, 63 (4), 561-582, (2018).
- [62] Ma L, Zhang T, Frauenfeld OW, Ye B, Yang D, Qin D. "Evaluation of precipitation from the ERA-40, NCEP-1, and NCEP-2 reanalysis and CMAP-1, CMAP-2, and GPCP-2 with ground-based measurements in China", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114 ,D09105, (2009).
- [63] Blacutt LA, Herdies DL, Gonçalves LGG., Vila DA, Andrade M. "Precipitation comparison for the CFSR, MERRA, TRMM3B42 and combined scheme datasets in Bolivia". *Atmospheric Research*, 163,117–131, (2015).
- [64] Hu Z, Li Q, Chen X, Teng Z, Chen C, Yin G, Zhang Y. "Climate changes in temperature and precipitation extremes in an alpine grassland of central Asia", *Theoretical and Applied Climatology*, 126, 519–531, (2016).
- [65] Satgé F, Defrance D, Sultan B, Bonnet MP, Seyler F, Rouché N, Pierron F, Paturel JE. "Evaluation of 23 gridded precipitation datasets across West Africa", *Journal of Hydrology*, 581, (2020).
- [66] Ahmed K, Shahid S, Wang X, Nawaz N, Khan N. "Evaluation of Gridded precipitation datasets over arid regions of Pakistan". *Water*, 11 (2), 210, (2019).
- [67] Saemian P, Hosseini-Moghari SM, Fatehi I, Shoarinezhad V, Modiri E, Tourian MJ, Tanng Q, Nowak W, Bárdossy A, Sneeuw N. "Comprehensive evaluation of precipitation datasets over Iran". *Journal of Hydrology*, 603, (2021).