

## İĞDIR İLİ ARALIK İLÇESİ SELLERİNİN GPM İÇİN UYDULARDAN BÜTÜNLEŞTİRİLMİŞ VERİLER (IMERG) KULLANILARAK ANALİZİ

Ramazan Koçak<sup>1</sup>, Senayi Dönmez<sup>2</sup>, Ahmet Emre Tekeli<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 16. Bölge Müdürlüğü, ramazankocak111@gmail.com

<sup>2</sup>İğdir Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, senayi.donmez@igdir.edu.tr

<sup>3</sup>İğdir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, aemre.tekeli@igdir.edu.tr

### Özet

İğdir ili Aralık ilçesinde meydana gelen sellerin uluslararası yollar, tarım arazileri ve insan yaşamı üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Sellerin incelenmesi, analizi ve tahmini iklim değişimi ile beraber artması beklenen afetlerin etkisini azaltmak için önem arz etmektedir. Seller analiz edilirken kullanılan noktasal yer yağış gözlemleri zamana, konuma ve yüksekliğe bağlı olarak kısıtlı bir alan için geçerli olduğundan taşkınların analizi ve tahmini için yetersiz kalmaktadır. 2000'li yıllardan itibaren uydu verilerinin kullanımı ile topografyadan nispeten daha az etkilenen yağış verileri üretilmeye başlanmıştır. Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) 1997-2014 yılları 0,25°x0,25° konumsal çözünürlükte ve 3 saatlik zamansal çözünürlükte çeşitli yağış ürünleri sağlamıştır. Global Precipitation Measurement (GPM) uydusu, Şubat 2014'ten beri artan konumsal ve zamansal çözünürlüklerle (0,1°x0,1° ve 0,5 saat) çeşitli yağış ürünleri sağlayarak TRMM uydusunun misyonunu sürdürmektedir. Bu çalışmada, Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) ilk ürünlerine ait yağış verileri ile 2014-2021 yılları arasında, İğdir ili Aralık ilçesinde meydana gelen seller incelenmiştir. Analizlerde Sabit Eşik Değer (SED), İğdir Sel İndeksi (İSİ) ve Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (KDF) yöntemleri kullanılmıştır. SED yöntemi ile sabit eşik değeri 12,2 mm olarak elde edilmiş ve meydana gelen sellerin SED yöntemi ile tespit edilemediği görülmüştür. İSİ'nin 1'den büyük olan değerleri dikkate alındığında kaydı bulunan üç selden sadece bir sel tespit edilmiştir. KDF yönteminin İSİ'den daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Yağışa ek olarak sel oluşumunda etkili olan toprak nemi parametresinin de dahil edilmesiyle yanlış sel uyarılarının azaltılabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle gelecek çalışmalarda İğdir ili Aralık ilçesindeki taşkınlar analiz edilirken bölgenin mikroklima özellikleri ve toprak yapısı da göz önünde bulundurulmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** GPM, IMERG, Sel, İğdir, Aralık, Uzaktan Algılama

## ANALYSIS OF ARALIK TOWN IN İĞDIR PROVINCE FLOODS USING THE INTEGRATED MULTI-SATELLITE RETRIEVALS FOR GPM (IMERG) DATA

### Abstract

The floods occurring in Aralık town of İğdir province have negative effects on international roads, agricultural lands, and human life. The investigation, analysis, and prediction of floods are important to reduce the impact of disasters expected to increase with climate change. Since point rainfall observations used in flood analysis are valid for a restricted area depending on time, location, and elevation, they are insufficient for analysis and estimation of floods. With the availability and use of satellite data since 2000s, rainfall products that are not affected by topography are being produced. Between 1997 and 2014, Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) provided various precipitation products with 0.25°x0.25° spatial and 3-hour temporal resolutions. Global Precipitation Measurement (GPM) satellite continues the mission of TRMM by providing various precipitation products with increased spatial and temporal resolutions (0.1°x0.1° and 0.5 hour) since February 2014. In this study, floods that occurred in Aralık district of İğdir province between 2014-2021 were investigated using the Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) Early Precipitation data. Constant Threshold (CT), İğdir Flood Index (IFI), and Cumulative Distribution Function (CDF) methods are used in the analysis. A constant threshold value of 12.2 mm was obtained with the CT method, and it was observed that the floods that occurred could not be detected with the CT method. Only out 1 of the 3 recorded floods could be detected with IFI greater than 1. It was seen that the CDF gave better results than IFI. It is thought that false flood warnings can be reduced by including the soil moisture parameter, which is effective in flood formation, in addition to precipitation. Thus, soil structure and microclimate characteristics of Aralık town of İğdir province should be included in flood investigations of the region.

**Keywords:** GPM, IMERG, Flood, İğdir, Aralık, Remote Sensing

**Sorumlu Yazar:** Ramazan Koçak

**Geliş Tarihi:** 7 Aralık 2023

**Kabul Tarihi:** 3 Nisan 2024

**Yayın Tarihi:** 3 Temmuz 2024

**Atıf Şekli:** Koçak, R., Dönmez, S., Tekeli, A.E. (2024). İğdir İli Aralık İlçesi Sellerinin GPM İçin Uydulardan Bütünleştirilmiş Veriler (IMERG) Kullanılarak Analizi, *Atmosfer ve İklim Dergisi*, 1(1), 13-26.

**Makale Tipi:** Araştırma Makalesi

**e-ISSN:** 3023-8560

## GİRİŞ

İklim değişiminin tarımsal üretimi, gıda güvenliğini, canlı türlerinin soylarının tehlikeye girmesini, viral bulaşıcı hastalıkların yayılımını, böcek istilalarını (Dino ve Akgül, 2019), kıyı tahribatını, kuraklığı, sıcaklık stresini, orman yangınlarını, atmosferik patenlerin değişimini, deniz seviyelerindeki artışları, afetlerin meydana gelme sıklık ve şiddetini etkilediği bilinmektedir (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2023). Ayrıca, küresel iklim değişimi ile birlikte muhtemel aşırı yağışların sıklığının ve sel riskinin artması beklenmektedir (Tabari, 2020). Bu bağlamda, iklim değişimine uyum sağlanabilmesi için iklim değişimi anlaşılmalı ve gelecek için tutarlı projeksiyonlar oluşturulmalıdır.

Uluslararası kayıtlara göre biyolojik ve teknolojik afetler hariç son yirmi yılda 7348 tane afet meydana gelmiştir. Ayrıca, toplam 1,23 milyon insan afetlerden dolayı hayatını kaybetmiştir. Bu sayılar önceki yirmi yıl ile karşılaştırıldığında afetlerin sayısı ve verdiği zararın arttığı görülmektedir. Tablo 1’de son yirmi yılda önceki yirmi yıla göre doğal afetlerin sayısı ve etkilerinin artışı ortaya konmuştur (United Nations Office for Disaster Risk Reduction [UNDRR], 2023).

**Tablo 1.** Doğal afetlerin sayısı ve sebep olduğu küresel kayıplar (1980-1999/2000-2019) (UNDRR, 2023)

Tarih	Rapor Edilen Afet Sayısı	Seller (Sayı-Yüzde)	Can Kaybı	Etkilenen İnsan	Ekonomik Kayıp (ABD \$)
1980-1999	4212	1389-%33	1,19 milyon	3,25 milyon	1,63 trilyon
2000-2019	7348	3254-%44	1,23 milyon	4,03 milyon	2,97 trilyon

Son yirmi yılda seller 651 milyar ABD Doları maddi kayba sebep olmuştur. Ayrıca afetlerden etkilenen insanların tamamının %41’ini sellerden etkilenen insanlar oluşturmaktadır (UNDRR, 2023).

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) tarafından 2023’te yayınlanan ve Türkiye’de gerçekleşen sellerin etkilerinin araştırıldığı çalışmada, sel etkisinin meydana geldiği şehrin nüfus ve tarımsal yoğunluğuna göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. 8-12 Eylül 2009 tarihlerinde İstanbul’da gerçekleşen selde 32 can kaybının yanı sıra 3816 konut ve 1490 iş yeri zarar görmüştür. 22 Eylül 2010 tarihinde Konya’ya bağlı Bozkır ilçesinde gerçekleşen selde ise 485 dekar tarımsal arazi zarar görmüş, herhangi bir can kaybı yaşanmamıştır (SYGM, 2023). Seller meydana geldikleri bölgede toprak verimi, toprak kirliliği, tuzluluk, tarım, hayvancılık, insan sağlığı, içilebilir su miktarı, biyoçeşitlilik ve ekosistem konularında olumsuz etkilere sebep olabilmektedir (Jonkman ve Vrijling, 2008; SYGM, 2023).

Sellerin ortaya çıkmasına sebep olan tetikleyici faktörler; meteorolojik faktörler, jeomorfolojik faktörler ve yüzey durumu şeklinde sınıflandırılabilir (Dölek, 2013). Çalışmada meteorolojik faktörlerden olan yağış şiddeti incelenmiştir. Yağış verileri noktasal gözlem istasyonları, uzaktan algılama sistemleri ve iklim modelleri olmak üzere üç yöntemle elde edilebilmektedir. Yağış miktarı ölçümünde kullanılan klasik yer-gözlem sistemleri sel afeti sırasında veri aktarımında, sonrasında bakım onarımının sebep olacağı maliyetler, ekonomik sebeplere bağlı olarak sayıca nispeten az ve kentsel alanlara daha yakın konumlandırılması gibi dezavantajlara sahiptir. Uydu verileri ile yağış verisi toplamının da ilk ölçümde operasyonel, atmosferik ve yersel şartlardan kaynaklı hatalı veri üretmek gibi dezavantajları vardır. Bu bağlamda yer gözlemi destekli, uydu sistemlerinden elde edilen yağış verileri ile taşkın izleme ve tahmin sistemleri hakkında araştırmaların sayısı artmaktadır (Tekeli, 2015; Yılmaz vd., 2017; Maggioni vd., 2021). Global Precipitation Measurement (GPM) misyonu, yeni nesil küresel yağmur ve kar gözlemlerini sağlayan uluslararası bir uydu ağıdır. Tropikal Yağış Ölçümü Görevi (TRMM) başarısı üzerine inşa edilen GPM konsepti, meydana gelen yağışı ölçmek için gelişmiş bir radar sistemi taşır. GPM çekirdek uydusunun yörüngeye oturtularak gözlem yapmasının sağlanması prensibine dayanır ve küresel gözlemlere imkan sağlar. Küresel olarak iyileştirilmiş yağış ölçümleri sayesinde GPM misyonu, Dünya’nın su ve enerji döngüsünün daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, doğal riskler ve afetlere neden olan aşırı yağışların tahminini iyileştirmek için doğru ve zamanında yağış bilgilerini elde etme ve kullanma imkanlarını genişletmeye yardımcı olmuştur (National Aeronautics and Space Administration [NASA], 2023a).

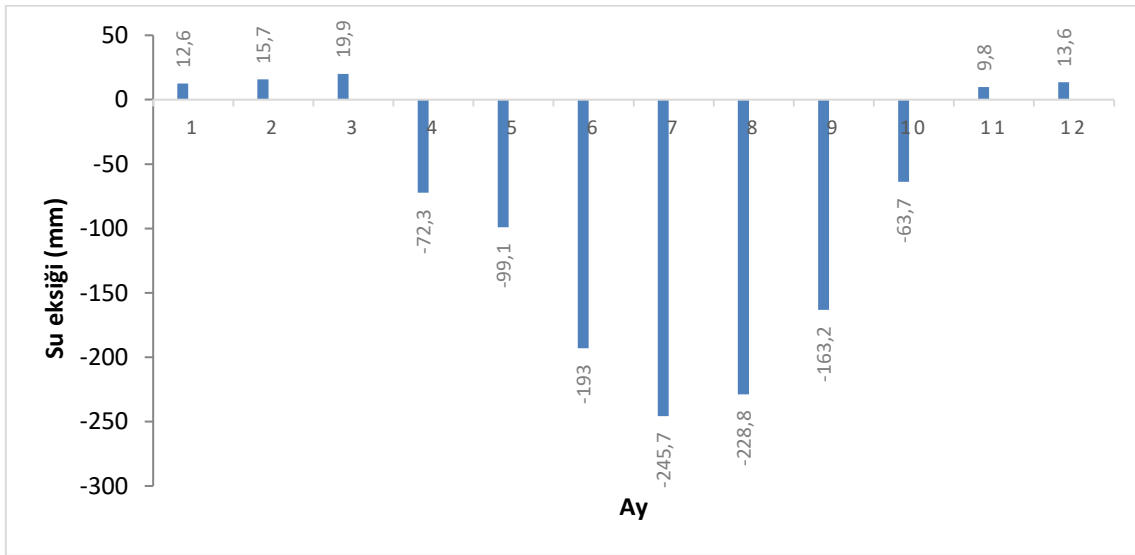
GPM farklı bir dizi yağış verileri üretmektedir. Üretilen bu verilerden; Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM–GPM için Uydulardan Bütünleştirilmiş Veriler (IMERG) yağış verisi diğer uydulara göre daha doğru sonuçlar verdiği için (Amiad, 2020) bu çalışmada tercih edilmiştir. Çalışma sel analizini içerdiğinden IMERG veri grubunda ilk veriler (Early) olarak tanımlanan ve uydu gözlemleri elde edildikten sonra en kısa sürede yayınlanan veriler temel veri seti olarak seçilmiştir.

Çalışmada, IMERG ilk veriler kullanılarak Iğdır ili Aralık ilçesinde gözlemlenmiş sel olayları incelenip sel tehlikesini tetikleyen yağış değerleri tespit edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilecek bulgular, çalışmanın devamı niteliğinde sonraki çalışmalara ve geliştirilmesi düşünülen sel erken uyarı sistemlerine temel oluşturacaktır.

## ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

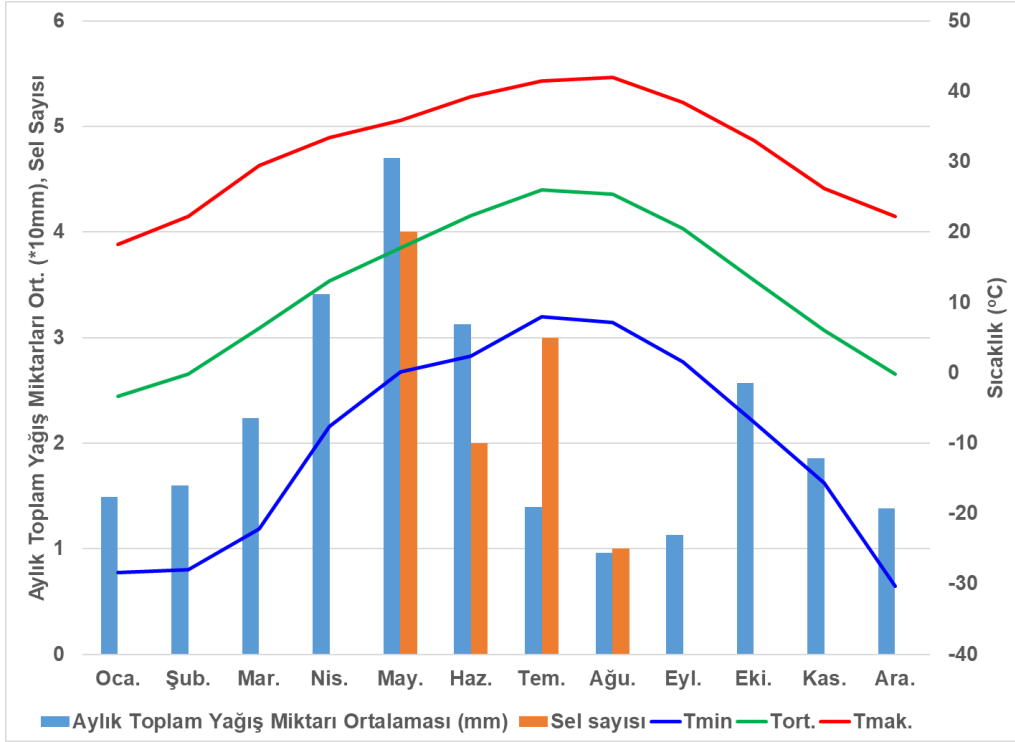
### Çalışma Alanı

Çalışma alanı Türkiye'nin en doğusunda 44,12° - 44,36° Doğu boylamları ile 39,43° - 39,54° Kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanı yaklaşık 761,13 km<sup>2</sup> yüzeye sahiptir ve 812 ile 5137 metre aralığındaki yükseklikleri barındırmaktadır. Iğdır şehri çevresine nispeten düşük rakıma sahip olduğundan, etrafında bulunan yükseltilerin arasında kalmıştır ve mikroklima özelliğine sahiptir. Iğdır ili, Merkez (17100) Otomatik Meteorolojik Gözlem İstasyonu (OMGİ)'nden elde edilen uzun yıllar (1990-2019) verileri ile aylık toplam yağış ve açık yüzey buharlaşma ortalamaları farkı alınarak Iğdır ili için su bütçesi bilgisi elde edilerek Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Iğdır aylık su eksikliği (1990-2019 ortalama değerleri)

Konya havzası ve Doğu Akdeniz'in bazı kısımları ile birlikte Iğdır ovası, toprak nemi eksikliğinin yanı sıra kurak ve yarı kurak olması sebebiyle Sub-tropikal step iklimi (BSk) sınıfındadır (Türkeş, 2020). Iğdır ili, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) yayınladığı iklim sınıflandırma katsayılarından Aydeniz iklim sınıflandırmasına göre çok kurak, Erinç iklim sınıflandırmasına göre kurak ve DeMartonne ile Trewartha iklim sınıflandırmalarına göre yarı kurak iklim sınıfındadır (MGM, 2023a). Merkez/Iğdır (17100) istasyonunda 1941-2022 yılları arasında ölçülen verilere göre Iğdır'ın yıllık ortalama sıcaklığı 11-12°C'dir. Ekstrem sıcaklıklar minimum -31°C, maksimum ise 42°C'dir. Seller Mayıs-Ağustos ayları arasında görülmüştür (Şekil 2). Bu mevsimde yerel gök gürültülü sağanak yağışlar bölgede hakim yağış türüdür. Kumulonimbus bulutlarından meydana gelen gök gürültülü sağanak yağışlar su ihtiyacının önemli bir kısmını karşılamının yanı sıra şiddetli yağışlar üretebilmesi sebebiyle ani sellere sebep olabilmektedir (Cotton vd., 2011). Ayrıca bazı sellerin Ağrı dağından buzul erimelerinden beslendiği bilgisi saha araştırması yapılırken elde edilmiştir. Toprak yüzeyinin sel ve erozyonlar ile taşınması, toprak karışımını bozarak geçimini daha çok tarım ve hayvancılıkla sağlayan yerel halka problem oluşturmaktadır.



Şekil 2. Aylık minimum, ortalama ve maksimum sıcaklık (°C), aylık toplam yağış miktarları ortalaması (\*10 mm) ve Iğdır'da gözlenen sel sayıları

## Veriler

Çalışmada kullanılan IMERG verilerine NASA'nın web sitesinden (<https://gpm.nasa.gov/data>) ulaşılmıştır. IMERG verileri 0,1°x0,1° konumsal ve 0,5 saat zamansal çözünürlüktedir. IMERG verileri ilk (early), geç (late) ve son (final) olarak üç farklı şekilde üretilmektedir. Uydu taramasından 4 saat, 14 saat ve 3,5 ay sonra sırasıyla ilk, geç ve son veriler kullanıcılara sunulmaktadır. İlkten son ürüne doğru olan zamandaki uzama diğer uydu ölçümlerinin (kızıl ötesi, mikrodalga) ve plüviyometre değerlerinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır (NASA, 2023b). Çalışmada ilk verilerinin kullanılma sebebi sel tahminleri yapabilmek için kullanılacak gerçek zamanlıya en yakın IMERG veri tipi olması ve bu verilerin daha çok geleceğe dönük yağış tahminleri yapmak amacıyla üretilmiş olmasıdır (Mazzoglio, 2022).

Çalışmada, kullanılan OMGİ verileri MGM'den temin edilmiştir. Iğdır ilinde, 39° 55' K, 44° 03' D koordinatlarında yer alan Merkez/Iğdır (17100) ve 39° 52' K, 44° 30' D koordinatlarında yer alan Aralık/Iğdır (18195) OMGİ'lerin verileri kullanılmıştır.

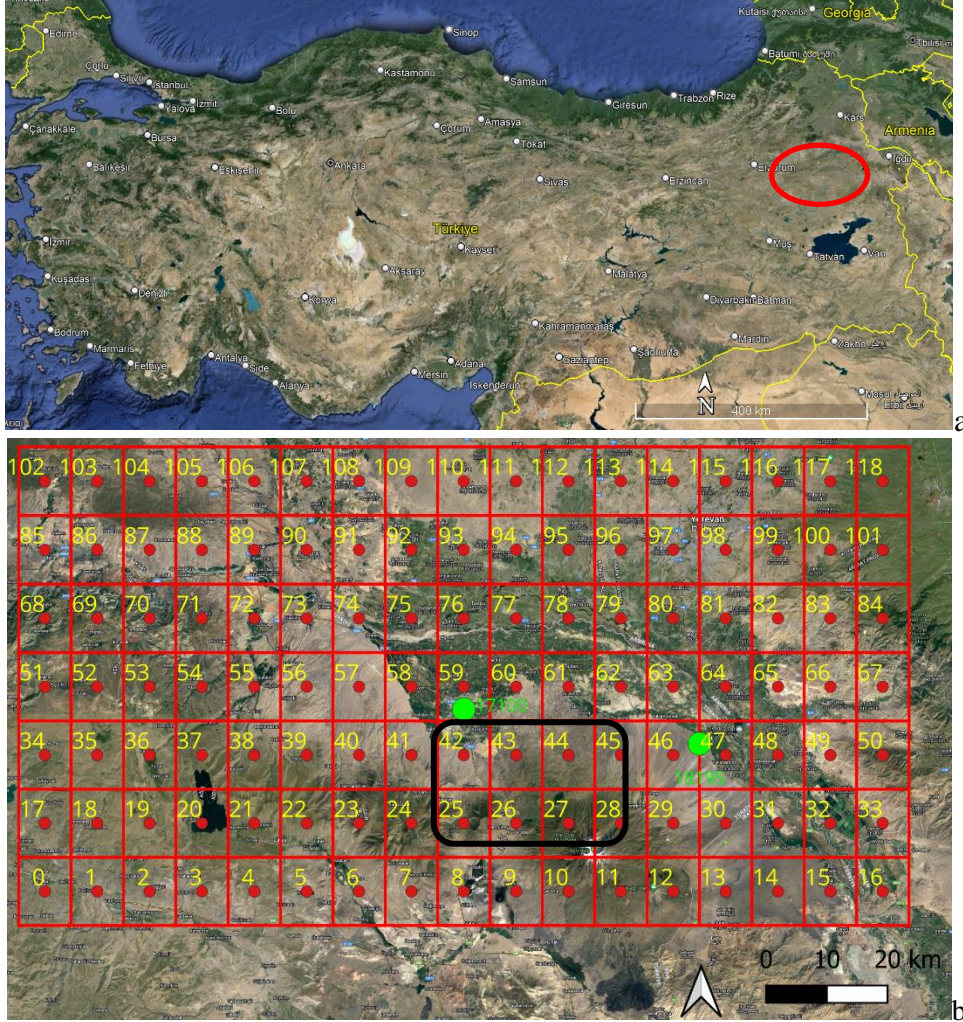
Aralık ilçesinde, 2014-2021 yılları arasında meydana gelen sellerin tarihleri geçmiş haber kaynakları taranarak elde edilmiş ve Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Aralık İlçesindeki Sel Tarihleri

Sel Tarihi (Gün.Ay.Yıl)	Selin Gerçekleştiği Yer
05.06.2015	Aralık, Merkez
07.05.2018	Aralık, Gödekli
23.05.2021	Aralık, Gödekli

NASA'nın resmi web sayfasından ulaşılan verilerden Geospatial Data Abstraction Library-Konumsal Veri Ayırma Kitaplığı (GDAL) programı ile GPM piksellerinden Iğdır ili Aralık ilçesi ile eşleşen veriler ayıklanmış

ve işlenen veriler çalışmada kullanılmıştır. Şekil 3a'da Iğdır ilinin Türkiye'deki konumu ve Şekil 3b'de Iğdır ilini kapsayan GPM pikseller gösterilmiştir. Şekil 3b'deki siyah dikdörtgen ile gösterilen 27-30 ila 44-47 numaralı pikseller çalışma alanını kapsamaktadır.



Şekil 3. Türkiye'de Iğdır (a) ve çalışma alanını kapsayan GPM IMERG pikselleri <27-30 ve 44-47 pikselleri Aralık ilçesini kapsamaktadır> (b)

## YÖNTEM

Kuramsal temeller dikkate alınarak, çalışmada Sabit Eşik Değer (SED) (Asante vd., 2007; Hamada vd., 2014; Tekeli, 2015) Iğdır Sel İndeksi (İSİ) (Alfieri vd., 2011; Tekeli ve Dönmez, 2016; Tekeli ve Fouli, 2016) ve Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (KDF) (Tekeli ve Fouli, 2016; Dönmez ve Tekeli, 2017) analizlerinin yapılarak, Iğdır ili Aralık ilçesi sellerinin incelenmesi için uygun olduğu düşünülmüş ve analizler yapılmıştır.

### Sabit Eşik Değer (SED)

SED sayısal yöntemler kullanarak elde edilen sabit bir yağış değerini temsil etmektedir. MGM belirli sürede belirli bir miktar ve üzerinde gerçekleşen yağışları şiddetli yağış olarak tanımlamıştır ve bunu Eşitlik 1 ile formüleştirmiştir. Sel ve taşkınların vereceği zarara karşı daha etkin önlemler alınabilmesi için bu yağış değerinin doğru tahmin edilmesi son derece önem arz etmektedir (MGM, 2023b).

$$R = \sqrt{5t + \left(\frac{t}{24}\right)^2} \quad (1)$$

Eşitlik 1’de;  $R$  ve  $t$  sırasıyla milimetre ve dakika birimleriyle yağış miktarını ve süresini göstermektedir. IMERG ilk verileri 30 dakikalık olduğundan Eşitlik 1, şiddetli yağış ( $R$ ) 12,2 mm verir. Çalışmada, elde edilen bu SED değeri (12,2 mm) ile çalışma alanındaki IMERG 27-30 ila 44-47 pikselleri içine düşen tüm veriler karşılaştırılarak, bu değeri aşan veriler olup olmadığı kontrol edilmiştir.

### **İğdır Sel İndeksi (İSİ)**

Dönmez ve Tekeli (2017) tarafından elde edilen Gaziantep Taşkın İndeksi (GATİ) baz alınarak elde edilen Eşitlik 2’de verilen İSİ denkleminde;  $N$  veri sayısını,  $P_i$  yağış verisini,  $Max(P_i)$  ise ilgili aya ait maksimum yağış verisini temsil etmektedir. The European Precipitation Index based on simulated Climatology (EPIC) kullanılarak yapılan çalışmalarda taşkın olan zamanlarda EPIC değerinin 1 ve 1,5 üzerinde olduğu bilindiğinden (Alfieri ve Thielen, 2015) GATİ kullanılırken de bu değerler üzerine odaklanılarak değerlendirme yapılmıştır (Dönmez ve Tekeli, 2017). Çalışmada Aralık ilçesini kapsayan IMERG piksellerindeki veriler için İSİ değerleri hesaplanarak, sel tarihleri ile indeks değerleri karşılaştırılmıştır.

$$ISİ = \frac{P_i}{\frac{\sum_{i=1}^N Max(P_i)}{N}} \quad (2)$$

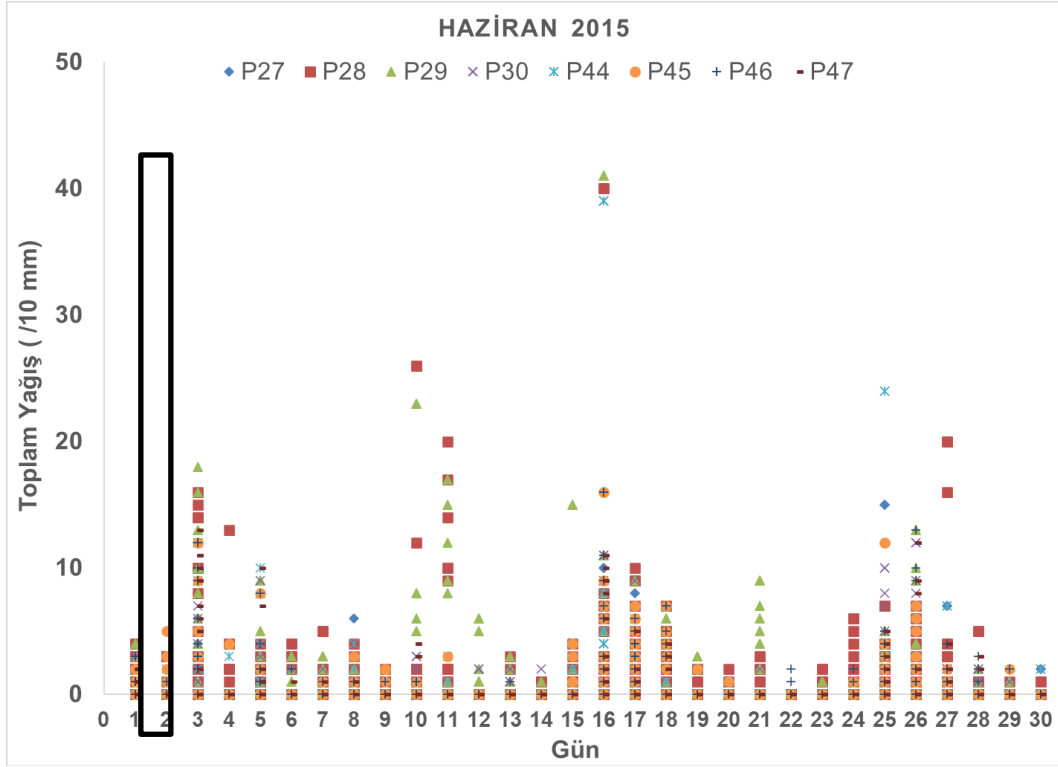
### **Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (KDF)**

KDF, bir rassal değişkenin veya olayın belirli bir değeri veya daha küçük bir değeri alması olasılığını gösteren fonksiyondur. Çalışma süreci olan 2014-2021 periyodu için çalışma alanındaki her bir IMERG pikseli için üzerine gelen yarım saatlik yağış değerleri aylık olarak gruplandırılmış ve KDF grafikleri oluşturulmuştur. Literatür taraması yapıldığında İğdır ili iklimine benzer karasal iklime sahip şehirler için sel ve taşkın analizi yapılırken %90 ve %99 KDF değerlerinin eşik değer olarak seçildiği görülmüştür (Tekeli ve Fouli, 2016; Dönmez ve Tekeli, 2017). Sel ve taşkın analizinde kullanmak için KDF’nin %90 ve %99 değerlerine işaret eden yağış değerlerini bulmak amacıyla çalışma alanında (27-30 ve 44-47 pikselleri) sellerin meydana geldiği Mayıs-Haziran aylarında IMERG ilk verileri kullanılarak KDF grafikleri elde edilmiştir.

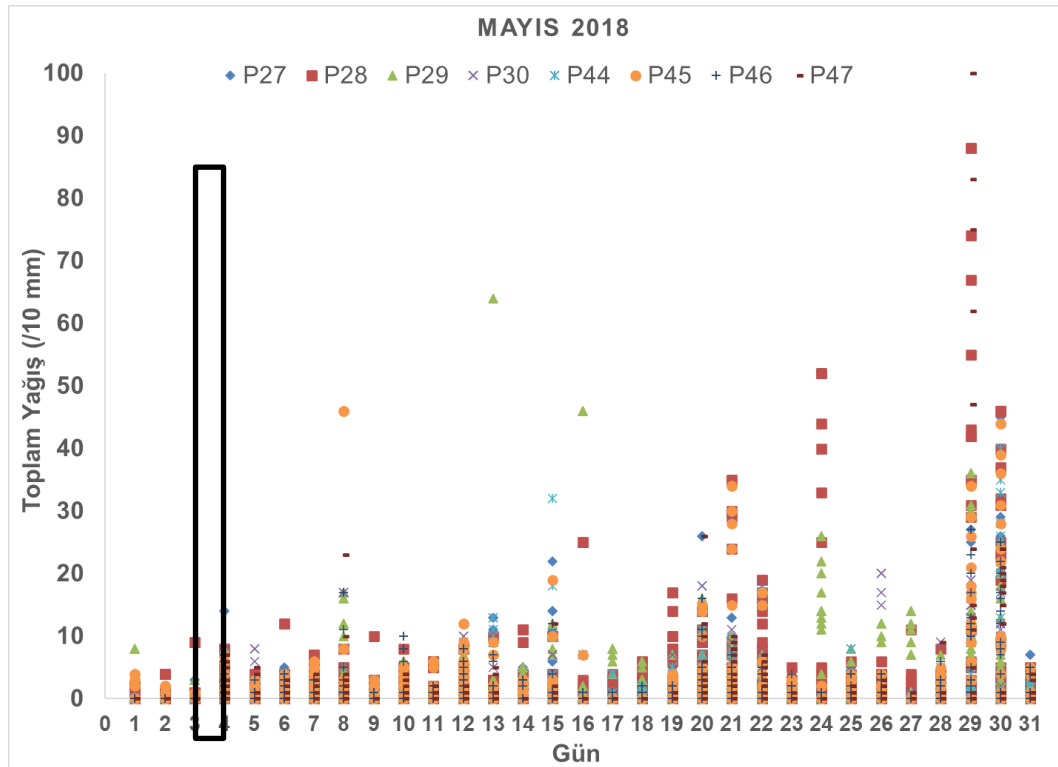
## **BULGULAR**

### **Sabit Eşik Değer (SED)**

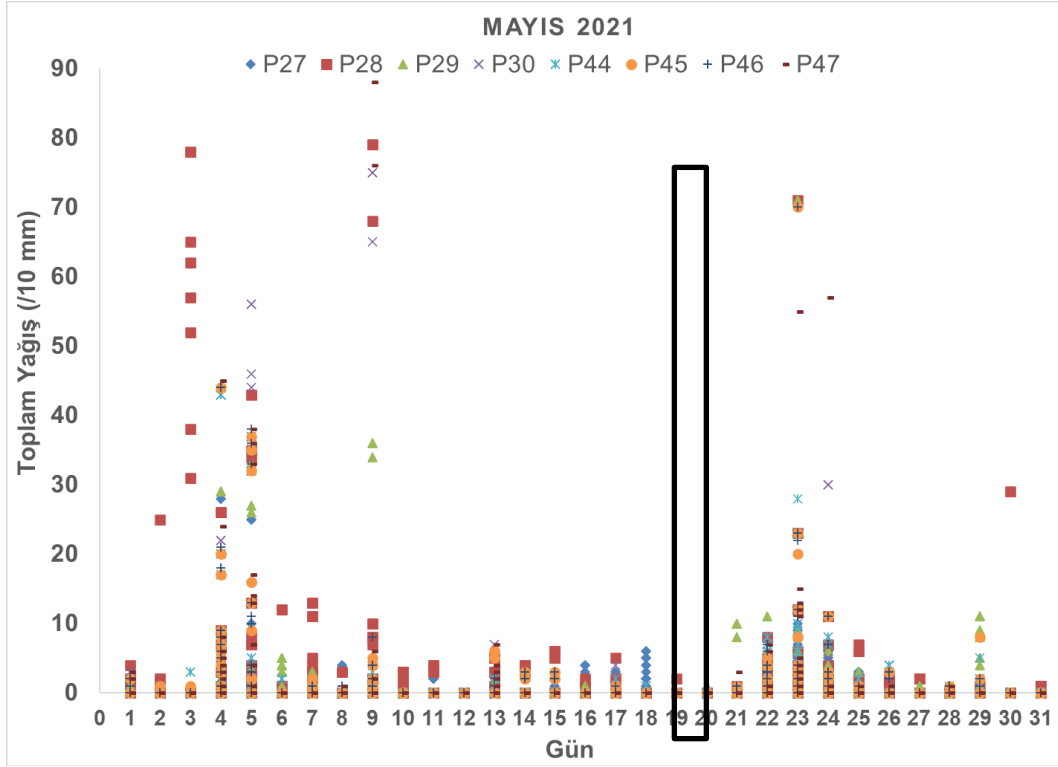
Çalışma alanındaki piksellerin IMERG ilk verilerin dağılımı sellerin vuku bulduğu Haziran 2015, Mayıs 2018 ve Mayıs 2021 ayları için Şekil 4-5-6’da sırasıyla gösterilmiştir. Sel günleri ilgili şekillerde siyah kutu ile işaretlenmiştir. Çalışma alanını kapsayan GPM piksellerinde tespit edilen sel tarihlerine karşılık gelen yağış değerlerinin; Eşitlik 1’den hesaplanan sabit eşik değere (12,2 mm) göre eşit veya büyük değerler olmadığı görülmüştür. Ayrıca, çalışma alanı içerisinde yer alan Aralık OMGI günlük yağış verileri de incelenmiş ve sabit eşik değeri aşan bir yağış verisine rastlanmamıştır.



Şekil 4. 2015 Haziran ayı için IMERG ilk verileri



Şekil 5. 2018 Mayıs ayı için IMERG ilk verileri



Şekil 6. 2021 Mayıs ayı için IMERG ilk verileri

### İğdır Sel İndeksi (ISİ)

IMERG ilk verilerinin ISİ hesaplamaları için çalışma alanında yer alan her pikselin sellerin olduğu mayıs ve haziran ayları için maksimum değerlerinin ortalaması hesaplanmıştır (Tablo 3).

**Tablo 3.** 2014-2021 Mayıs aylarında ISİ hesabında kullanılan IMERG verileri Aralık ilçesi pikselleri için en büyük 30 dakikalık yağış değerleri ortalamaları (Değerler 1/10mm)

	P27	P28	P29	P30	P44	P45	P46	P47
Mayıs	41,4	54,1	49,1	35,5	33,5	32,9	29,8	44,1
Haziran	25,1	35,5	36,1	28,6	30,6	19,4	22,8	36,5

ISİ değerleri içerisinde 1'in üzerinde olanlar seçildiğinde sel tarihlerinden sadece 23.05.2021 tarihli sel tespit edilebilmiştir (Tablo 4).

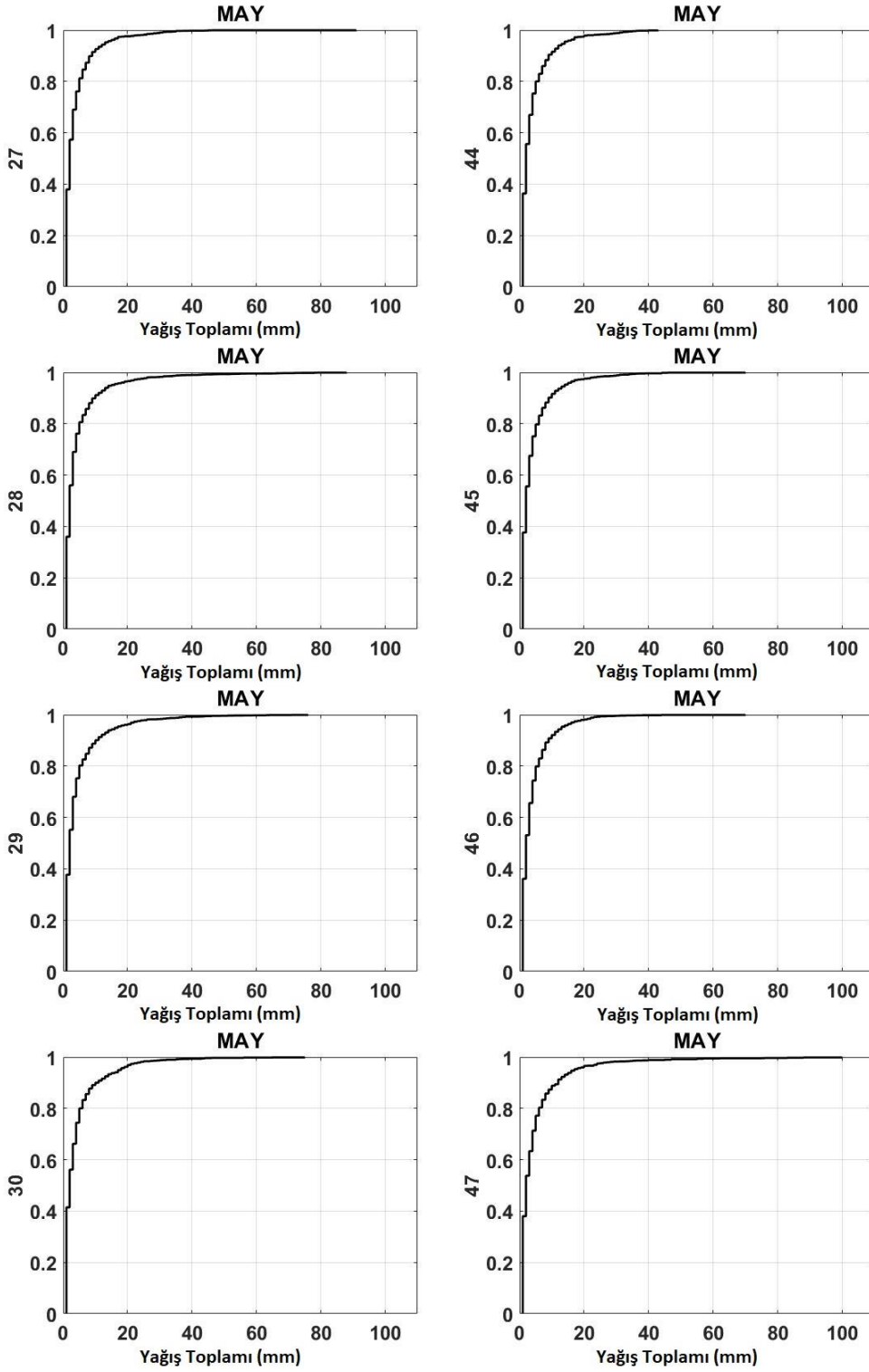
**Tablo 4.** IMERG ilk verileri ile 27-30 ila 44-47 piksellerinin 23.05.2021 seli için hesaplanmış 1'den büyük ISİ değerleri

Zaman	Piksel	ISİ	Piksel	ISİ
14:30	28	1,31	29	1,44
17:30	47	1,25	---	---
18:00	47	1,25	---	---

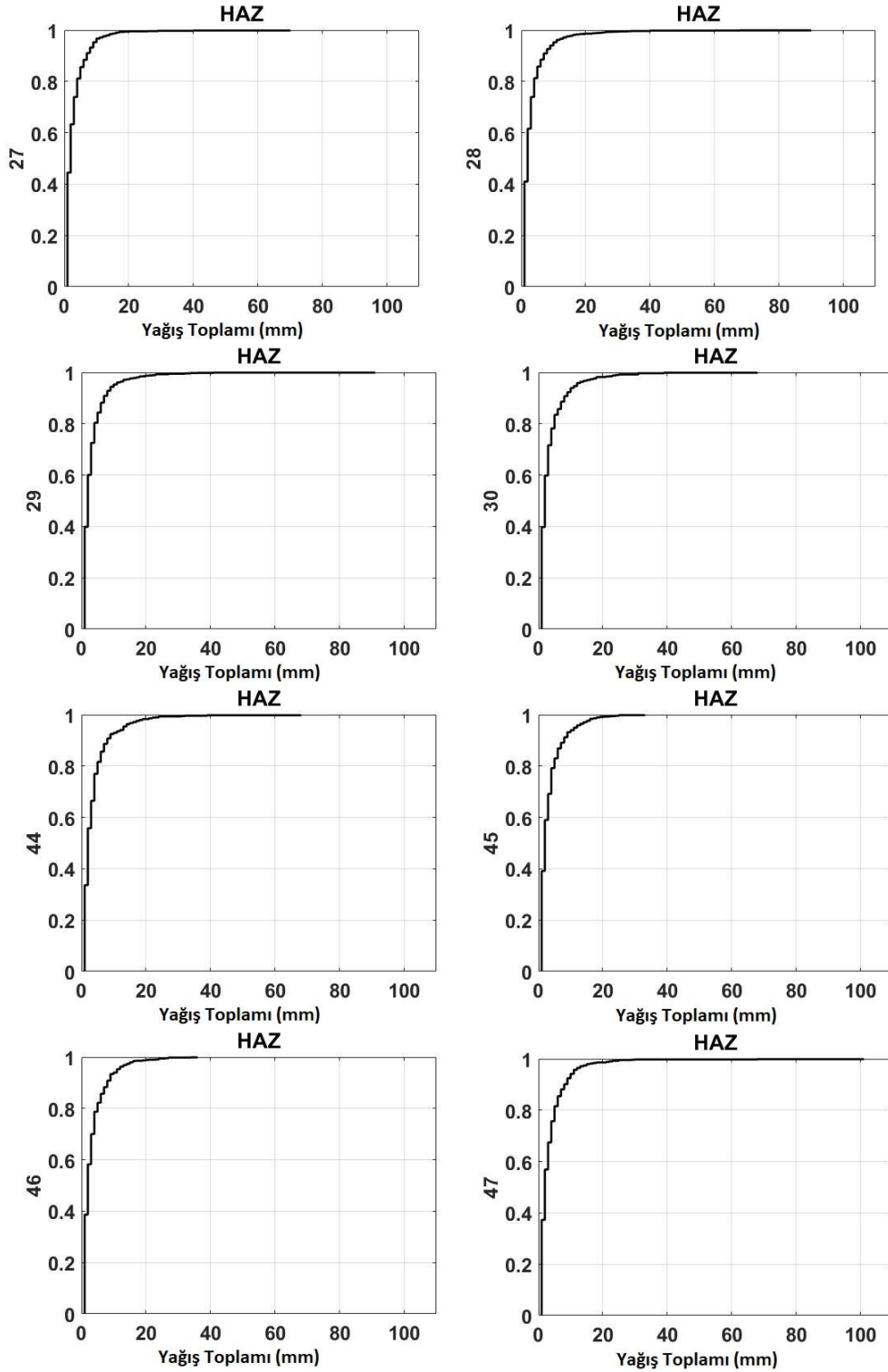
### Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (KDF)

IMERG ilk verileri ile KDF değerleri hesaplanmış, 27-30 ile 44-47 pikselleri için grafikleri çizdirilerek Şekil 7 ve 8'de sunulmuştur. Mayıs ayı için grafiklerin oluşturulmasında her pikselde 11904 tane ilk verisi kullanılırken, Haziran ayı için her pikselde 11517 tane ilk verisi kullanılmıştır.





Şekil 7. İlk IMERG verileri ile Mayıs ayı KDF dağılımları (x-ekseni 1/10mm)



Şekil 8. İlk IMERG verileri ile Haziran ayı KDF dağılımları (x-ekseni 1/10mm)

Çalışmalarında KDF'lerin benzer çıkmadığını söyleyen araştırmacılar olduğu gibi (Tekeli ve Fouli, 2016; Dönmez ve Tekeli, 2017) KDF'lerin benzer özellik gösterdiğini belirten araştırmacılar da olmuştur (Pombo ve Olivera, 2015).

05.06.2015 ve 23.05.2021 tarihli seller IMERG ilk verilerinden %90 ve üzerindeki KDF değerleri ile tesbit edilebilmiştir. 23.05.2021 tarihinde meydana gelen selde IMERG ilk verileri aynı zamanda %99 üzerindeki KDF değerleri içerisinde olduğu tespit edilmiştir.

Hatalı sel alarmlarını en aza indirmek için MGM'ye ait Aralık ilçesi OMGİ verilerinden günlük toplam yağış miktarları alınıp analizlerde kullanılmıştır. Aralık ilçesindeki OMGİ (18195) içinde bulunduğu 47 numaralı GPM IMERG pikseli için hesaplanmış, ISİ ve KDF değerleri IMERG ilk verileri için sel öngörüsü sağlayan ISİ ve KDF tarihleri bir araya getirilmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5.** İlk IMERG verileri ile 47. Piksel için ISİ, KDF analizleri ve OMGİ yağış verisinin karşılaştırması

Tarih (Gün.Ay.Yıl)	ISİ			KDF		Aralık OMGİ Yağış Verisi $\geq 0$
	$\geq 1,0$	$\geq 1,5$	$\geq 2$	$\geq \%90$	$\geq \%99$	
29.05.2018	+	+	+	+	+	+
04.05.2021	+			+		+
09.05.2021	+	+		+	+	+
<b>23.05.2021</b>	+			+	+	+
24.05.2021	+			+	+	-
04.06.2018	+	+	+	+		+
21.06.2019	+	+		+		+

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çalışmada, IMERG ilk yağış verileri kullanılarak Aralık ilçesinde 2014-2021 yılları arasında gerçekleşen sel olayları incelenmiştir. Sabit Eşik Değer (SED), İğdır Sel İndeksi (ISİ) ve Kümülatif Dağılım Fonksiyonu (KDF) yöntemleri kullanılarak Aralık ilçesini etkileyen piksellerden (27-30 ve 44-47 pikseller) sel alarmı oluşup oluşmadığı kontrol edilmiştir.

SED analizi sonucunda elde edilen 12,2 mm değerini geçen IMERG ilk verisinin olmadığı tespit edilmiştir. Bu değer (12,2 mm) çalışma alanında sel oluşumuna sebep olan yağış değerlerinin üzerinde olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin, uzun yıllar yıllık toplam yağış miktarının Türkiye geneli ve Doğu Anadolu bölgesine kıyasla az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Karaoğlu, 2011). Ayrıca, İğdır ovası çevresinde bulunan görece yüksek rakımlı (Erzurum 1900 m, Ağrı 1640 m, Kars 1760 m) bölgelerin arasında 850 m rakıma sahip olmasından dolayı mikroklima özelliği göstermektedir (Yaltı ve Aksu, 2019). SED hesaplamalarının bölgenin iklim özellikleri gözetilerek yapılmasının ve bölgesel eşik değerlerin elde edilerek kullanılmasının daha iyi sonuç vereceği bulgusu Hamada ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmanın bulguları ile uyumludur.

Hesaplanan ISİ değerlerinin 1'den büyük olanları incelendiğinde kaydına ulaşılan üç selden sadece bir tanesinin tespit edilebildiği görülmüştür. Bunun temel sebebi ISİ konvektif-ani yağışları tespit etmekte başarılıyken, uzun süreli ve düşük şiddetli yağışları tespit etmekte başarısız olmasıdır. Bu konuda yapılan çalışmalar sellerin tetiklenmesinde başlangıç suyu, sel bölgesindeki eğim, toprak nemi ve kar erimelerinin etkili olacağından söz edilmiştir (Alfieri vd., 2011; Liu, 2023). Tespit edilemeyen diğer iki selin de uzun süreli ve düşük şiddetli yağışların tetiklediği ve Ağrı dağından buzul erimesiyle beslendiği düşünülmektedir.

Çalışmada, ulaşılabilen sel kayıtlarının zamansal ve konumsal çözünürlüklerinin sınırlı olduğu görülmüştür. Bu, kaydına ulaşılabilen sellerin de olma ihtimalini arttırmaktadır. Ayrıca, ulaşılan sel olayları ile ilgili zaman ve konum bakımından hatalı sel kayıtları olma ihtimali gibi olumsuz durumlar sel tahmin çalışmalarında gerek global (Alamri, 2011; Borga vd., 2014; Tekeli, 2017) gerekse Türkiye ölçeğinde (Dönmez ve Tekeli, 2017) karşılaşılan zorluklar olarak belirtilmiştir. Analizler sonucunda yanlış alarmları azaltmak için Aralık OMGİ yağış verilerinin kullanılması da olumlu sonuç vermiştir. Bu durum, teknolojik gelişmeler ile yeni ölçüm teknikleri bulunsa da yer gözlem ve ölçümlerinin gerekliliğini ve önemini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, SED yönteminin bölgesel iklim verileri kullanılarak güncellenmesi, gelecek çalışmalarda daha iyi sonuç vereceği düşünülmektedir. ISİ yöntemi ile yanlış alarmların azaldığı görülmüştür. KDF ile yanlış sel alarmları azalırken, SED ve ISİ yöntemlerine göre daha fazla sel tespit edilebilmiştir. Gelecek çalışmalar için yağış verileri ile birlikte toprak nemi parametresini de analizlere dahil etmenin (Tekeli ve Fouli, 2017) yanlış sel alarmlarını azaltarak daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmektedir. Ayrıca, çalışma alanı için yapılacak çalışmalarda bölgenin mikroklima özelliği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmanın dağlık alanlarda GPM verilerinin kullanımı (Derin ve Yılmaz, 2014) konusunda gelecek çalışmalar için bir referans olabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Alamri, Y. A. (2011). Rains and floods in Saudi Arabia. Crying of the sky or of the people? Saudi Medical Journal, 32(3), 311-313.
- Alfieri, L., Velasco, D., ve Thielen, J. (2011). Flash flood detection through a multi-stage probabilistic warning system for heavy precipitation events. Advances in Geosciences, 29, 69-75.
- Alfieri, L., ve Thielen, J. (2015). European precipitation index for extreme rain-storm and flash flood early warning. Meteorological Applications, 22(1), 3-13.
- Amiad, M. (2020). Evaluating and merging model and satellite-based precipitation products over varying climate and topography. Ankara, Türkiye: Ortadoğu Teknik Üniversitesi.
- Asante, K. O., Macuacua, R. D., Artan, G. A., Lietzow, R. W., ve Verdin, J. P. (2007). Developing a flood monitoring system from remotely sensed data for the Limpopo basin. Geoscience and Remote Sensing, 45(6), 1709-1714.
- Borga, M., Stoffel, M., Marchi, L., Marra, F., ve Jakob, M. (2014). Hydrogeomorphic response to extreme rainfall in headwater systems: Flash floods and debris flows. Journal of Hydrology, 518, 194-205.
- Cotton, W. R., Bryan, G., ve van der Heever, S. C. (2011). Cumulonimbus clouds and severe convective storms. A. P. Roger içinde, International Geophysics (s. 315-454). Academic Press.
- Derin, Y., ve Yılmaz, K. K. (2014). Evaluation of multiple satellite-based precipitation products over complex topography. Journal of Hydrometeorology, 15(4), 1498-1516.
- Dino, I. G., ve Akgül, C. M. (2019). Impact of climate change on the existing residential building stock in Turkey: An analysis on energy use, greenhouse gas emissions and occupant comfort. Renewable energy, 141, 828-846.
- Dölek, İ. (2013). Muş'ta yaşanan sel ve taşkınlara neden olan doğal faktörlerin analizi. Marmara Coğrafya Dergisi, 28, 408-422.
- Dönmez, S., ve Tekeli, A. E. (2017). Comparison of TRMM-based flood indices for Gaziantep, Turkey. Natural Hazards, 88, 821-834.
- Hamada, A., Murayama, Y., ve Takayabu, Y. N. (2014). Regional characteristics of extreme rainfall extracted from TRMM PR measurements. Journal of Climate, 27(21), 8151-8169.
- IPCC. (2023, Ocak). <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/SRCCL-Full-Report-Compiled-191128.pdf> adresinden alındı
- Jonkman, S., ve Vrijling, J. K. (2008). Loss of life due to floods. Journal of Flood Risk Management, 1(1), 43-56.
- Karaoğlu, M. (2011). Zirai meteorolojik açıdan İç Anadolu iklim etüdü. Journal of the Institute of Science and Technology, 1(1), 97-104.
- Liu, Z. (2023). Evaluation of rainfall thresholds triggering debris flows in western China with gauged and satellite-based precipitation measurement. Journal of Hydrology, 620, 129500.
- Maggioni, V., Massari, C., ve Kidd, C. (2021). Errors and uncertainties associated with quasiglobal satellite precipitation products. S. Michaelides içinde, Precipitation Science (s. 377-390). ScienceDirect.
- Mazzoglio, P. (2022). Insights on a global extreme rainfall detection system. S. Michaelides içinde, Precipitation Science (s. 135-155). Science Direct.
- MGM. (2023a, Ekim). <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=IGDIR> adresinden alındı
- MGM. (2023b, Haziran). <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/maksimum-yagislar.aspx> adresinden alındı
- NASA. (2023a, Aralık). <https://gpm.nasa.gov/missions> adresinden alındı
- NASA. (2023b, Aralık). <https://gpm.nasa.gov/resources/faq/what-are-differences-between-imerge-early-late-and-final-runs-and-which-should-be-used> adresinden alındı
- Pombo, S., ve Olivera, R. P. (2015). Evaluation of extreme precipitation estimates from TRMM in Angola. Journal of Hydrology, 523, 663-679.
- SYGM (2023, Aralık). [https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ta%C5%9Fk%C4%B1n%20Y%C3%B6netim%20Kitab%C4%B1/Taskin%20Yonetimi\\_16x24cm.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ta%C5%9Fk%C4%B1n%20Y%C3%B6netim%20Kitab%C4%B1/Taskin%20Yonetimi_16x24cm.pdf)
- Tabari, H. (2020). Climate change impact on flood and extreme precipitation increases with water availability. Scientific reports, 10(1), 13768.
- Tekeli, A. E. (2015). Uydu Tabanlı Yağış Verileri ile Gaziantep Taşkınlarının İncelenmesi. II. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, (s. 400-405).
- Tekeli, A. E., ve Dönmez, S. (2016). Gaziantep sellerinin tespiti için uydu tabanlı yağış taşkın indeksinin elde edilmesi. VI. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, (s. 400-405).
- Tekeli, A. E., ve Fouli, H. (2016). Evaluation of TRMM satellite-based precipitation indexes for flood forecasting over Riyadh City, Saudi Arabia. Journal of Hydrology, 541, 471-479.

- Tekeli, A. E. (2017). Exploring Jeddah floods by tropical rainfall measuring mission analysis. *Water*, 9(8), 612.
- Tekeli, A. E., ve Fouli, H. (2017). Reducing false flood warnings of TRMM rain rates thresholds over Riyadh City, Saudi Arabia by utilizing AMSR-E soil moisture information. *Water Resources Management*, 31, 1243-1256.
- Türkeş, M. (2020). Climate and drought in Turkey. *Water Resources of Turkey*, 85-125.
- UNDRR. (2023, Haziran). <https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019> adresinden alındı
- Yaltı, S., ve Aksu, H. (2019). Drought Analysis of Iğdır Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technolgy*, 7(12), 2227-2232.
- Yılmaz, M. T., Amiad, M., ve Yücel, İ. (2017). TRMM ve GPM uzaktan algılama ve ECMWF numerik model kaynaklı yağış verilerinin doğrulanması. III. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, (s. 354-355)

