



Basılı ISSN 1302-5856

Türk Coğrafya Dergisi

Turkish Geographical Review


www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



Yerel yağış değişkenliğine bir örnek: Fethiye-Söğütlüdere karşılaştırması

An example for local precipitation variability: Fethiye-Söğütlüdere comparison

Faize Sarış^a  Ferhat Keserci^{*b}  Cihan Bayrakdar^c 

^a Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

^b Ardahan Üniversitesi, Ardahan İnsani Bilimler ve Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Türkiye.

^c İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İstanbul, Türkiye.

ORCID: F.S. 0000-0002-1721-4959; F.K. 0000-0002-8653-6177; C.B. 0000-0001-5542-700X

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 27.04.2021

Kabul/Accepted: 25.05.2021

Anahtar Kelimeler:

Yağış değişkenliği
Ekstremler
Topografya
Güneybatı Anadolu

Keywords:

Precipitation variability
Extremes
Topography
Southwestern Anatolia

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(F.Keserci) ferhatkeserci@ardahan.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.928567

Atf/Citation:

Sarış, F., Keserci, F., & Bayrakdar, C. (2021). Yerel yağış değişkenliğine bir örnek: Fethiye-Söğütlüdere karşılaştırması. *Türk Coğrafya Dergisi*, (77), 87-98.
<https://doi.org/10.17211/tcd.928567>

ÖZ / ABSTRACT

Yağış, alansal ve zamansal değişkenliği yüksek ve yeryüzünde başta su erişilebilirliği olmak üzere çeşitli fiziksel süreçler ile afetler üzerinde doğrudan etkili meteorolojik bir etmendir. Bu çalışmada, Türkiye'nin en yağışlı bölgelerinden biri olan Güneybatı Anadolu'daki Fethiye (kıyı, 3 m) ve yaklaşık 40 km kuzeydoğusunda yer alan Söğütlüdere (iç kesim, 780 m) istasyonlarının saatlik yağış verilerinin karşılaştırmalı analizi gerçekleştirildi. 1 yıllık süreç özelinde, yağışın büyüklük, şiddet ve diğer ekstrem özelliklerini yani istasyonların yağış klimatolojisini çözümlenmek ve belirlenen farklılığın nedenlerini tartışmak amaçlandı. Analizler sonucunda, Söğütlüdere'de Fethiye'ye oranla yıllık 1,7 kat daha fazla yağış ve 1,20 kat yağışlı gün tespit edilirken; yağış şiddeti sınıflarının frekansı açısından istasyonlar arasında önemli bir fark saptanmadı. Ancak, Söğütlüdere'de yağışlar (geçiş mevsimlerini de içine alan) daha geniş bir dönemde gözlenmiştir. Kış yağış maksimumunun (Ocak-Aralık) belirgin olduğu istasyonlarda; 2 saatlik maksimum yağış değeri, ardışık 5-günlük yağış maksimumu ve 10,1-20 mm'lik yağışlı gün sayıları ve yağış yoğunluğu bakımından da Söğütlüdere'nin öne çıktığı ve kümülatif yağış etkisinin bu istasyonda belirgin olduğu belirlendi. Söğütlüdere istasyonunun yükseltisi ve güneybatı yönlü konumu cephesel sistemlerin hareket doğrultusunda olmasına bağlı olarak vadi morfolojisi etkisiyle birlikte, yağışlı sistemin bölgeye yerleşerek, Fethiye'ye oranla daha uzun süreli yağışların oluşmasına neden olduğundan söz edilebilir.

Precipitation is a meteorological factor with high spatial and temporal variability and has direct impact on especially water availability on earth together with various physical processes and disasters. In this study, a comparative analysis of hourly precipitation data of Fethiye (coastal, 3 m) and Söğütlüdere (inland, 780 m) located in the Southwestern which is one of the rainiest region of Turkey was carried out. Specific to the 1-year period, it was aimed to analyze the magnitude, intensity and other extreme precipitation characteristics of the stations and to discuss the reasons for the differentiation. As a result of the analysis, 1.7 times more precipitation totals and 1.20 times rainy days were detected in Söğütlüdere compared to Fethiye; but there was no significant difference between the stations regarding frequency of the precipitation intensity classes. However, precipitation was observed in a wider period in Söğütlüdere. Winter precipitation maxima is evident at both stations; while Söğütlüdere stands out for 2-hour maximum precipitations, consecutive 5-day precipitation maxima and the number of days with 10,1-20 mm of precipitation and precipitation concentration. This implies the significance of cumulative precipitation effect at this station. The elevation, aspect towards the frontal systems and the valley morphology of the Söğütlüdere, may cause the system to settle and generate longer precipitation durations compared to Fethiye.

Extended Abstract

Introduction

Precipitation is a meteorological element with high variability and controlled by geographical location, general circulation conditions and local factors (Erinç, 1996). In addition to the spatial variability of precipitation; components such as quantity, duration, intensity, periodicity and type should be

considered. These components determines the presence and availability of water on the earth; and are closely related to the hydrometeorological disasters such as floods, landslides and drought. Turkey is located on the Eastern Mediterranean area between Polar and Subtropical zones characterized with Mediterranean macroclimate and south-southwest section of the country was expressed as the rainiest region in several precipitation variability studies.

In this study, comparative analysis of hourly precipitation data of two stations located in the coastal (Fethiye, 3 m) and inland (Söğütlüdere, 780 m) sections in Southwest Anatolia was performed. Söğütlüdere station which was established within the scope of the TUBITAK 117Y391 Project located approximately 40 km northeast of Fethiye. The aim of this study is to analyze the magnitude, intensity and other extreme characteristics of the precipitation in these stations and to discuss the reasons of differentiation.

Data and Method

The hourly precipitation data recorded for 1 year between 15 July 2018 and 15 July 2019 were evaluated for the following parameters:

1. Precipitation character: total daily precipitation and monthly total precipitation, number of rainy days and precipitation concentration
2. Precipitation intensity
3. Characterization of extreme precipitation: the highest two-hour precipitation, consecutive 5-day precipitation, number of days exceeding 10 and 20 mm/day precipitation.

Results

The annual precipitation total between 15 July 2018 and 15 July 2019 was 983.9 mm in Fethiye and 1695.6 mm in Söğütlüdere. In total annual rainy days, Söğütlüdere is higher than Fethiye (109) with 131 days. During the observation period at both stations, the highest monthly total precipitation and the number of rainy days recorded in December and January. Winter precipitation maxima is evident at the stations whereas Söğütlüdere is dominant in terms of precipitation concentration. There are 10 days in Söğütlüdere when the total daily precipitation is over 50 mm, and these days are mostly observed in January (5 days) and also in September, October, November, December and April. On the other hand, it was observed that the total daily precipitation in Fethiye was over 50 mm in only two days for the observation period.

Hourly precipitation events classified into Light (1-5 mm/h), Moderate (6-20 mm/h) and Strong (21-50 mm/h) precipitation intensity classes. There is no significant difference between the two stations in terms of the number of precipitation events; however, precipitation was observed in a larger period in Söğütlüdere. On 31st January 2019, heavy precipitation event known as "Fethiye Flash Flood" occurred. A rainy system was dominant for 24 hours on this date and various number of precipitation events above 10 mm/h occurred. The highest hourly precipitation intensity was recorded as 22.1 mm/h in Fethiye and 20.6 mm/h in Söğütlüdere. There is not a remarkable difference between the two stations in hourly precipitation events in terms of precipitation intensity. However, it can be stated that moderate rainfalls were observed in earlier period for Söğütlüdere; especially in transition seasons.

Söğütlüdere has higher values in terms of the 2-hour maximum precipitation, consecutive 5-day precipitation and the number of days with precipitation of 10.1-20 mm. This situation shows that cumulative precipitation effect is dominant in Söğütlüdere, rather than extremes.

Higher precipitation amount recorded in Söğütlüdere station where located in the direction of movement of the frontal systems and with the effect of the valley morphology, the rainy system settled in the region and caused longer precipitation occurrence compared to Fethiye. Indeed, although the total precipitation in Söğütlüdere is almost twice that of Fethiye; There is no equal difference in terms of heavy precipitation events. Söğütlüdere differs from Fethiye by the frequency of precipitation events and a wider rainy period rather than extreme precipitation magnitude.

Conclusions

The results of this study carried out on the Fethiye and Söğütlüdere noticeably reveal the effect of local topographic variability on precipitation. In the spatial and temporal analysis of precipitation variability, the importance of data resolution becomes evident once again. When the long-term records of the Fethiye station are examined, it is striking that the daily maximum precipitation has increased since the 2000's. This situation may probably increase the frequency of flash flood events that one was occurred during the observation period of this study. Detailed studies are needed for this region in terms of flood and erosion events. Detailed analysis of different local processes (such as meteorology, physiographic characteristics, land cover) is important in order to prevent damages caused by heavy rainfall.

In climate studies, the necessity of establishing meteorology stations in high and mountainous areas should be emphasized once again in order to analyze local and regional meteorological variables in complex topographies.

1. Giriş

Yağış, coğrafi konum ve genel dolaşım koşulları (basınç sistemleri ve rüzgarlar ile bunlara bağlı hava kütleleri ve cephele) ile birlikte yerel etkenler (topografya, yükselti, karasallık-denizellik) tarafından kontrol edilen (Erinç, 1996) ve değişkenliği yüksek olan meteorolojik bir elemandır. Yağış değişkenliği kapsamı içerisinde; miktar, süre, şiddet, dönemsellik ve tür gibi bileşenlerden söz edilebilir. Bu bileşenler, hidrolojik döngü başta olmak üzere, pek çok doğal süreç üzerinde etkilidir. Ayrıca, yeryüzünde insan etkinliklerini kontrol eden su varlığı ile sel, heyelan ve kuraklık gibi hidrometeorolojik kökenli afetler de yağış değişkenliği ile yakından bağlantılıdır.

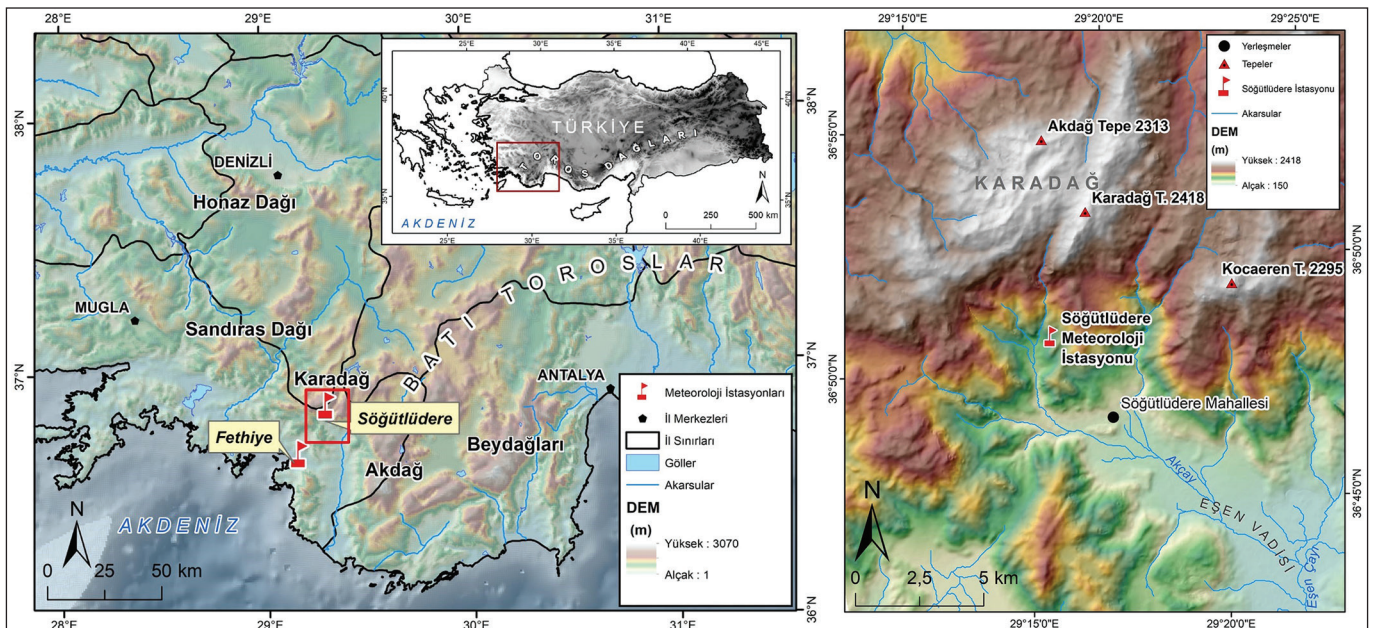
Akdeniz havzasının doğu bölümünde bulunan Türkiye, kuzeyde Batı Rüzgarları sisteminin etkisinde bulunan Orta ve Batı Avrupa'nın her mevsim yağışlı ılıman iklimi, Doğu Avrupa'nın karasal iklimi ve güneyde Subtropikal Yüksek Basınç rejiminin etkisinde bulunan, kuraklığın en belirgin özellik olarak şekillendiği tropikal (sıcak) kuşağın arasında bulunur (Koçman,1993). Belirtilen klimatolojik konum özelinde ise, Türkiye Subtropikal kuşakta yer alan karaların batı bölümlerinde gözlenen Akdeniz makroklima bölgesine dahildir (Sarış, 2006). Türkiye'nin iklim bölgelerinin çeşitlenmesinde, kış döneminde genel atmosfer dolaşımı, yaz döneminde ise daha çok yerel koşulları etkilidir. Türkiye'de yağış değişkenliğinin atmosfer dolaşımı tarafından denetlendiğini, aynı zamanda topoğrafik şartların da değişkenlik üzerinde etkili olduğunu ve önemli farklılıklar

oluşturduğunu ifade eden Ölgün (2010), Türkiye’de zamansal yağış değişkenliğinin yıllık değerlendirmesinde, güneyden kuzeye doğru azaldığını ve güneyde başta Antalya olmak üzere pek çok kıyı istasyonunda mevsimsel olarak da yüksek yağış değişkenliği oranları olduğunu tespit etmiştir. Türkiye’nin güney-güneybatısı, alansal yağış değişkenliği çalışmalarında en yağışlı bölge olarak ifade edilmiştir (Türkeş vd., 2008; Sarış vd., 2010). Ege bölgesindeki yağışın mekansal dağılımını farklı enterpolasyon yöntemleriyle ele alınan çalışmada (Aydın ve Çiçek, 2013), Muğla ve Bozburun Yarımadası çevresinin en yağışlı alanlar olduğu (1000 mm/yıl) belirlenmiştir.

Herhangi bir alana düşen toplam yağış tutarı dışında, özellikle afet (sel, heyelan, erozyon gibi) risklerinin belirlenmesinde ön plana çıkan yağış şiddeti; temelde akış-sızma süreçlerinin ayırt edilmesi için kritik bir bileşendir. Türkiye’de yağış şiddetinin en yüksek olduğu illerin Akdeniz yağış rejimine sahip olduğu ve günlük 50 mm’yi geçen yağışların yıl içindeki oranının %10’unun üzerinde olduğu belirlenen bir çalışmada Muğla, Marmaris, Fethiye ve Köyceğiz de ise bu oranın %19.9 ile %32.4 arasında değiştiği ifade edilmiştir (Erlat, 1996). Koç ve İrdem, (2007) Türkiye genelinde günlük toplam yağışları yağış şiddeti sınıflarına göre düzenleyerek, bu serilerdeki uzun dönemli eğilimleri analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarında, Akdeniz yağış rejimi bölgesindeki istasyonlarda hafif yağışlardan orta şiddetli yağışlara doğru bir geçiş ve istatistiksel olarak anlamlı değişimlere dikkat çekilmiştir. Türkiye geneli için yağış şiddeti trendlerinin değerlendirildiği daha güncel bir çalışmada Zeybekoğlu ve Karahan, (2018) standart süreli yağış şiddeti (kısa, orta ve uzun) serilerindeki eğilimleri analiz etmiş, Güneybatı Anadolu’daki istasyonlarda kısa ve orta süreli yağış şiddetinde artış trendi tespit etmişlerdir. Yağış şiddetinin yanı sıra herhangi bir dönemde düşen toplam yağışın yağışlı günlere bölünmesiyle elde edilen bir oran olarak yağış yoğunluğu da yağış karakterini anlamak için önemlidir (Erol, 2004). Yağış yoğunluğu toplam yağış ile yağışlı gün sayıları arasındaki ilişkiyi tanımlar. Akdeniz yağış rejimi bölgesinde kış ve sonbahar mevsimlerinde yağış yoğunluğu ortalamaları 12-16 mm ile Türkiye’deki yüksek değerlere sahip alanlardan biridir (Sarış, 2006).

Türkiye’de önemli sel afetlerine neden olan ekstrem hava olaylarına dair yapılan çalışmalarda da yağış şiddeti koşullarına dikkat çekilmiştir. 8-12 Eylül 2009 tarihlerinde Türkiye’nin Trakya bölgesinde ve özellikle Tekirdağ ve İstanbul’ un batı kesimlerinde etkili olan şiddetli yağışlar analiz edilmiş; > 50 mm/s ve sel oluşturan yağışların atmosferik kökeni incelenmiştir (Kömüçü vd., 2011). Şiddetli yağışların oluşumuna zemin hazırlayan atmosferik kararsızlık koşullarına, deniz ile kara yüzeyleri arasındaki farklı ısınmanın ve orografinin getirdiği yağış oluşumunu destekleyici yan etkilere dikkat çekilmiştir. Ayrıca tropik ve polar hava kütleleri ile jet eksenleri Türkiye’nin bulunduğu enlemler üzerinde daha fazla birbirine yaklaşarak meteorolojik olayların şiddetini arttırmaktadır (Kömüçü vd., 2011). Antalya’da şiddetli yağışların doğal afetler üzerindeki etkilerinin araştırdığı çalışmada, uzun yıllar ortalama yağış tutarının 1000 mm’nin üzerinde olduğu, yağışların %55’inin kış mevsiminde kaydedildiğini ve çok şiddetli yağışların %41 oranında aralık ayında gözlemlendiğini belirten Kafalı, (2008); bu şiddetli yağış karakterinin hemen hemen her yıl Antalya’da önemli bir sel afetine neden olduğunu ve seralara ciddi zararlar verdiğini belirtmiştir. Türkiye’nin güney ve batısında şiddetli yağışların neden olduğu sellere ilişkin bir başka çalışma ise Benli ve Özçelik, (2020) tarafından gerçekleştirilmiştir. 22-23 Eylül 2015 Bodrum sel felaketini inceledikleri çalışmada, alt havzalara göre hesapladıkları taşkın hidrograflarına göre 55 mm/s şiddetinde bir yağışın, infiltrasyon kapasitesi düşük kent dokusunda 200 m³/s büyüklüğünde bir taşkın debisi oluşturabileceğine dikkat çekilmiştir. Fethiye’de 31 Ocak 2019 tarihinde meydana gelen ani taşkın Turgu vd. (2020) ile Bayrakdar vd. (2020) tarafından analiz edilmiştir. Söz konusu ani taşkın, bu çalışmanın zaman aralığı ile örtüştüğünden, Bölüm 3.3’te detaylı olarak irdelenmiştir.

Bu çalışmada, Türkiye’nin en yağışlı bölgelerinden biri olan Güneybatı Anadolu’da kıyı ve iç kesimde yer alan iki istasyonun (Şekil 1) saatlik yağış verilerinin karşılaştırmalı analizi gerçekleştirildi. Kıyıda yer alan Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) istasyonlarından 17296 kodlu Fethiye (3 m) ve yaklaşık 40 km kuzeydoğusunda yer alan TÜBİTAK 117Y391 no’lu



Şekil 1. Fethiye ve Söğütüdere istasyonlarının güneybatı Anadolu’daki konumu.
Figure 1. Location of Fethiye and Söğütüdere stations in southwestern Anatolia.



Şekil 2. Söğütüdere OHGI'nin kurulumu ve konumu.
Figure 2. Installation and location of Söğütüdere AWOS.

proje kapsamında tarafımızdan kurulan Söğütüdere (780 m) otomatik hava gözlem istasyonlarına ait yağış ölçümlerinden yola çıkarak; 1 yıllık süreç özelinde, yağışın büyüklük, şiddet ve diğer ekstrem özelliklerini yani istasyonların yağış iklimolojisini çözümlemek ve belirlenen farklılığın nedenlerini tartışmak amaçlanmıştır. Türkiye ölçeğinde yapılan literatür değerlendirmesinde, yerel yağış değişkenliğini analiz etmek için doğrudan birincil veri üretimi gerçekleştirilen uygulamalı bir çalışmaya rastlanılmadı. Doğrudan kıyı ve iç bölge arasındaki yağış değişkenliği çözümlenmesine yönelik karşılaştırmalı çalışmalardan biri Doğu Karadeniz (Eriş ve Ağırlioğlu, 2007), diğeri ise Batı Akdeniz (Sarı, 2009) için gerçekleştirilmiş olup MGM istasyonlarından enterpolasyon ile veri üretimi yoluna gidilmiştir. Söğütüdere'de kurulan otomatik hava gözlem istasyonu ile saatlik veri elde edilmesi ve MGM Fethiye istasyonu ile karşılaştırarak yerel yağış değişkenliğinin 1 yıllık karakterinin çözümlenmesi, bu araştırmanın özgün değerini ve geliştirilebilir potansiyelini vurgulamaktadır.

2. Veri ve Yöntem

Çalışma sahasında 13-14.07.2018 tarihlerinde yapılan arazi çalışmasında, Otomatik Hava Gözlem İstasyonu (OHGI) kurulumu için yer seçimi yapıldı. 14 Temmuz 2018 tarihinde kurulum gerçekleştirildi (Şekil 2).

Karadağ'ın güneyinde Muğla iline bağlı Seydikemer ilçe sınırları içinde yer alan Söğütüdere Mevkine (36°49'40.07"K-29°16'55.26"E,780 m) TÜBİTAK 117Y391 no'lu proje kapsamında

Davis Vantage Pro2 PLUS model bir OHGI kuruldu. İstasyon verilerinin sağımı için 28.10.2018, 01.02.2019, 11.05.2019 ve 16.07.2019 tarihlerinde arazi çalışmaları düzenlendi. Fethiye istasyonunun (36°37'36.5"N 29°07'26.0"E,3 m) aynı dönem meteorolojik kayıtları MGM'den alındı. Söğütüdere ve Fethiye istasyonlarında, 15 Temmuz 2018 ile 15 Temmuz 2019 tarihleri arasında 1 yıl boyunca kaydedilen yağış verileri için aşağıdaki veri setleri düzenlendi ve değerlendirmeler gerçekleştirildi:

1. Yağışın büyüklüğü ve mevsimselliğini ortaya koymak için; günlük toplam yağış ve aylık değerlendirme kapsamında: toplam yağışlar, yağışlı gün sayısı ve yağış yoğunluğu hesaplandı.
2. Yağış şiddeti saatlik veriden hesaplandı. MGM tarafından önerilen beş adet yağış şiddet sınıfına göre değerlendirildi. Yağış şiddeti sınıflandırmasında, 1 mm ve üzerindeki saatlik yağış kayıtları dikkate alındı. MGM tarafından önerilen yağış şiddet sınıfları Tablo 1'de gösterildi.

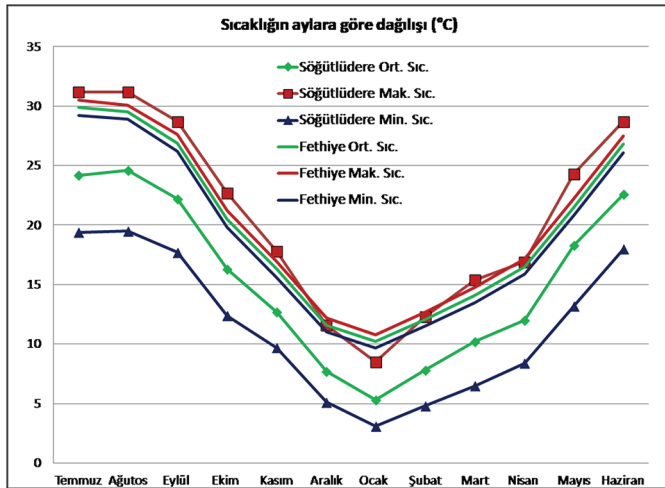
Tablo 1. Yağış şiddeti sınıflandırması.
Table 1. Precipitation intensity classification.

Yağış şiddet sınıfı	Saatlik yağış tutarı
Hafif Yağış	1- 5 mm
Orta Kuvvette Yağış	6- 20 mm
Kuvvetli Yağış	21- 50 mm
Çok Kuvvetli Yağış	51- 75 mm
Şiddetli Yağış	76-100 mm
Aşırı Yağış	100 mm üzeri

3. Ekstrem yağış karakterini ortaya koymak için yağış şiddetine ek olarak; aylara göre en yüksek iki saatlik yağış miktarı, ardışık (5 günlük) yağış toplamı, her ay için günlük toplam yağışın sırasıyla 10mm ve 20mm den büyük olduğu gün sayıları hesaplandı. Seçilen bu parametreler Dünya Meteoroloji Örgütü-Klimatoloji Komisyonu (World Meteorological Organization-Commission for Climatology) ve İklim Değişkenliği ve Tahmin Edilebilirlik Araştırma Programı indisleri arasından seçildi (Klein Tank & Können, 2003).

3. Bulgular

Güneybatı Anadolu, Türkiye'ye ait iklimsel sınıflandırmalarda Akdeniz İklimi ile karakterize olur. İklim tipi olarak yarı nemli (Eriñç İndisi), step-nemli (De Martonne), yarı-kurak, az nemli, mezotermal (Thorntwaite) olarak tanımlanmıştır (MGM, 2017). Kış mevsiminde yağışın fazla (kıyılarda yağmur, yükseklerde kar) dolayısıyla su fazlasının çok kuvvetli olduğu, yazları ise sıcak ve kuvvetli buharlaşma oranlarının gözlemlendiği bir bölümdür (Yılmaz & Çiçek, 2016). 15 Temmuz 2018 ile 15 Temmuz 2019 tarihleri arasındaki yağış karakterini analiz etmeden önce, gözlem dönemindeki sıcaklık değişimi karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3).



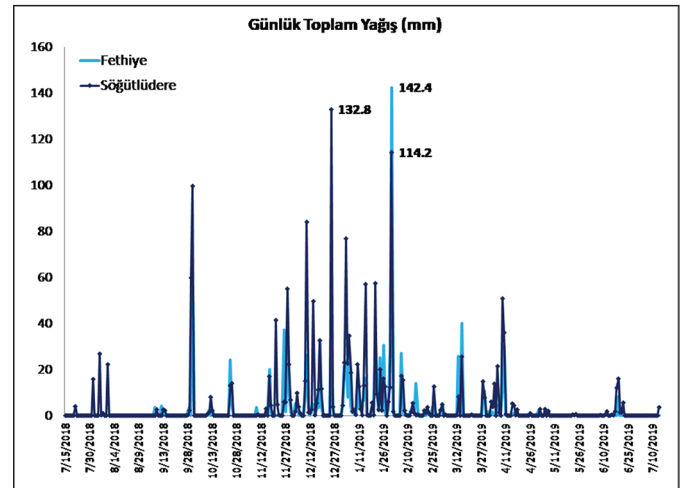
Şekil 3. Fethiye ve Söğütüdüere'de aylık sıcaklık değişimi (15 Temmuz 2018- 15 Temmuz 2019).

Figure 3. Monthly temperature change in Fethiye and Söğütüdüere (15 July 2018 -15 July 2019).

Araştırmanın gerçekleştirildiği gözlem döneminde istasyonların sıcaklık karakterine bakıldığında, Fethiye istasyonunda en sıcak ay ortalama 29,9 °C ile temmuz 2018, en soğuk ay ise ortalama 10,2 °C ile ocak'tır. En yüksek günlük ortalama sıcaklık değeri 33,8 °C ile 15.07.2018 tarihinde gerçekleşmiştir. Günlük en düşük ortalama sıcaklık değerinin ise 4,4°C ile 09.01.2019 tarihinde gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 2'ye bakıldığında minimum sıcaklıkların haziran, temmuz, ağustos ve eylül aylarında 25 °C'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Buna karşın aralık, ocak, şubat ve mart aylarında 10 °C ve civarında seyrettiği tespit edilmiştir. Söğütüdüere istasyonunda ise en sıcak ay ortalama 24,2 °C ile temmuz, en soğuk ay ise ortalama 5,3 °C ile ocak'tır. En yüksek günlük ortalama sıcaklık değeri 29°C ile 03.07.2019 tarihinde gerçekleşmiştir. Günlük en düşük ortalama sıcaklık değerinin ise -0,6°C ile 09.01.2019 tarihinde gerçekleştiği görülmektedir. Sıcaklığın yıl içindeki değişimi (mevsimsellik) açısından kıyı ve iç istasyon arasında fark gözlenmezken; minimum ve maksimum arasındaki sıcaklık farkları açısından, denizellik-karasallık ayrımı net bir şekilde

de görülür. Söğütüdüere'de karasallık etkisiyle sıcaklık farkları daha yüksektir.

Şekil 4'te, Fethiye ve Söğütüdüere'de gözlem döneminde kaydedilen saatlik veriden hesaplanan günlük toplam yağışlar gösterilmiştir. Günlük toplam yağış, Fethiye'de 31 Ocak 2019 (142,4 mm) en yüksek değerine ulaşırken; Söğütüdüere'de ise günlük maksimum yağış toplamına 25 Aralık 2018 tarihinde, 132,8 mm yağış değeri ile ulaşıldığı gözlenir (Şekil 4). Fethiye'de 100 mm'nin üzerindeki tek maksimum yağış hadisesi dışında, günlük yağış toplamı 60 mm'yi geçmemektedir. Söğütüdüere'de 20-100 mm aralığında günlük toplam yağış kayıtları, Fethiye'ye göre belirgin biçimde fazladır (Şekil 4). Fethiye için yağışın 20 mm'yi aştığı gün sayısı 19, Söğütüdüere'de 23'tür. Ancak Söğütüdüere de bu günlerin yağış tutarı ortalaması 50 mm'nin üzerindedir; çünkü günlük yağışın 50 mm'den fazla olduğu 10 gün vardır. Bu günler en fazla ocak ayında (5 gün) gözlenmekle birlikte, eylül, ekim, kasım, aralık ve nisan dönemlerinde gerçekleşmiştir (Şekil 4). Fethiye'de ise günlük toplam yağışın 50 mm üzerinde olduğu iki gün vardır: 1 Ekim 2018 ve 31 Ocak 2019. 15 Temmuz 2018 ile 15 Temmuz 2019 tarihleri arasında bir yıllık yağış toplamı, Fethiye'de 983,9 mm iken, Söğütüdüere'de 1695,6 mm olarak kaydedilmiştir.



Şekil 4. Fethiye ve Söğütüdüere'de günlük toplam yağış (15 Temmuz 2018- 15 Temmuz 2019).

Figure 4. Total daily precipitation in Fethiye and Söğütüdüere (July 15, 2018- July 15, 2019).

Aylık toplam yağışlarda (Tablo 2), her iki istasyonda da gözlem döneminde yağış pik'inin ocak ayında gerçekleştiği; Fethiye için ocak ayı toplam yağış değerinin (425 mm), yıllık yağışın yaklaşık yarısına karşılık geldiği tespit edilmiştir. Söğütüdüere'de ocak gibi aralık ayı yağış değerleri de oldukça yüksektir ve bu iki ayın toplam yağışı yıllık yağışın %54'üne karşılık gelmektedir. Fethiye'de toplam yağışın 100 mm'nin üzerinde olduğu aylar kasım, aralık ve ocak'tır. Söğütüdüere'de ise bu aylara ek olarak ekim ve nisan aylarında da yüksek yağış toplamlarına ulaşıldığı gözlenir. İstasyonlarda, Akdeniz Makro İklimi'nin tipik özelliği olarak, önemli bir yağış mevsimselliği, kış aylarında öne çıkan bir yağış konsantrasyonu ve yaz kuraklığı gözlenir. Söğütüdüere'de mart ayı dışında diğer aylarda, yağış toplamı Fethiye'den yüksektir. Burada özellikle aralık ayındaki büyük farklılık dikkat çekicidir. Bu farklılığın nedeni, Söğütüdüere'de hava sıcaklığı özellikleri ile açıklanabilir; nitekim bu ayda Fethiye'de minimum sıcaklık ortalaması 10°C'nin üzerindeyken, Söğütüdüere'de 5°C dolayındadır.

Tablo 2. Fethiye ve Söğütüdüere'de aylık toplam yağış, yağışlı gün sayısı ve yağış yoğunluğu.**Table 2.** Monthly total precipitation, the number of rainy days and precipitation concentration in Fethiye and Söğütüdüere.

Yağış (mm)	2018 Tem.	2018 Ağus.	2018 Eylül	2018 Ekim	2018 Kasım	2018 Aralık	2019 Ocak	2019 Şubat	2019 Mart	2019 Nisan	2019 Mayıs	2019 Haz.	2019 Tem.	Yıllık Toplam
Söğütüdüere	4	66	69,6	138,8	167	367,8	551	66	64,6	147,2	8,8	41,2	3,6	1695,6
Fethiye	0	0	13,3	88	105,2	134,4	425,2	59,2	93,4	53,2	4,2	8,4	0	984,5
Yağışlı Gün Sayısı														
Söğütüdüere	1	5	6	7	12	17	28	15	9	13	6	11	1	131
Fethiye	0	0	5	9	12	17	28	16	7	8	5	2	0	109
Yağış Yoğunluğu														
Söğütüdüere	4,0	13,2	11,6	19,8	13,9	21,6	19,7	4,4	7,2	11,3	1,5	3,7	3,6	12,9
Fethiye	0,0	0,0	2,7	9,8	8,8	7,9	15,2	3,7	13,3	6,7	0,8	4,2	0,0	9,0

Gözlem döneminde, her iki istasyonda da toplam yağışlı gün sayıları, ocak ayında maksimuma ulaşır ve kış aylarında en yüksektir (15-28 gün arasında) (Tablo 2). Kasım, aralık ve ocak aylarında iki istasyon için hesaplanan yağışlı gün sayısı aynı iken, ekim ve şubat aylarında 1-2 gün farkla Fethiye'de yağışlı gün yüksektir. Ancak, iki istasyon arasındaki, esas anlamlı fark ilkbaharda öne çıkar. İlkbahar aylarında Söğütüdüere'de yağışlı gün sayısı daha yüksektir. Bu durum, Söğütüdüere'deki termal koşullarla ilişkili olabilir. Bölgede kasım-şubat (genişletilmiş kış) döneminde gerçekleşen aylık yağışlı gün sayısı 15 günün üzerindedir. Yıllık yağışlı gün toplamında da Söğütüdüere 131 gün ile Fethiye'den daha yüksek bir değere sahiptir. Ancak oransal olarak yağışlı gün sayılarındaki fark (1.20) toplam yağış kadar (1.7) yüksek değildir. Bu durum yağış yoğunluğu bakımından Söğütüdüere'de gözlenen yüksek değerlerle de ortaya çıkmaktadır. Söğütüdüere'de aralık, Fethiye'de ocak ayında yağış yoğunluğu en yüksektir.

Yağış karakterini tanımlarken, yağış türü açısından da bilgi vermek gereklidir. İstasyonlarda yağış türüne ait ayrıntılı bilgi olmamakla birlikte, çiy noktası sıcaklığından yola çıkarak bazı yorumlarda bulunulabilir. Çiy noktası sıcaklığı, atmosferdeki nemin yani su buharının yoğunlaşmaya geçme sıcaklığını, aynı zamanda da atmosferik nem içeriğini ifade etmenin bir ölçüsü olarak tanımlanabilir. Gerçek hava sıcaklığı ile hava nemliliği arasındaki ilişki temelde çiy noktası sıcaklığının belirlenmesinde oldukça önemlidir. Çiy noktası sıcaklığının belirlenmesinde kullanılan ölçüm yöntemleri ve hesaplamalara göre gerçek hava sıcaklığının 4°C ve altında, hava nemliliğinin ise %75 olduğu durumda çiy noktası sıcaklığının 0°C ve altında olduğu görülmektedir (<http://www.dpcalc.org/>). Yine aynı hesaplamalara göre hava sıcaklığının 0°C ve altında olduğu hava nemliliğinin ise %90-100 olduğu durumlarda çiy noktası sıcaklığının 0°C olduğu görülmektedir. Bu perspektiften bakılacak olunursa hava sıcaklığının 4°C ve altında olduğu yağışlı şartlar altında hava nemliliği dikkate alınarak olası kar yağışı durumları öngörülebilir. Söğütüdüere'de çiy noktası sıcaklığı kaydedilmesine rağmen, Fethiye'de veri olmadığından karşılaştırmalı bir analiz sunulmasa da Söğütüdüere'ye ilişkin değerlendirme yapmak gereklidir. Söğütüdüere'de aralık ayından itibaren ise özellikle ocak ayında ortalama çiy noktası sıcaklığının 0,5°C, minimum çiy noktası sıcaklığının ise -1,7°C'ye düştüğü görülmektedir ve toplamda 94 gün 0°C'nin altındadır. Buradan hareketle, aralık ayının ortalarından itibaren ocak ve şubat ayları ile mart ayının ortalarına kadar olan dönem, Söğütüdüere'de kar yağışlarının gerçekleşebileceği olası dönemler olarak değerlendirilebilir. Fethiye'de ise 4°C'nin altına düştüğü ve nem-

liliğin %75 ve civarında olduğu gün sayısı (3 Gün ve bu günlerin belli saatlerinde) oldukça düşük olduğundan, kar yağışı ihtimali de oldukça düşüktür.

Sonuç olarak Fethiye ve Söğütüdüere'de yağış mevsimselliği üzerinde genişletilmiş kış döneminde frekansı artan Akdeniz siklonlarının etkisi (Oikonomou vd., 2008) belirgindir. Öte taraftan yağış büyüklüğü indikatörleri (yağış toplamı, yağışlı gün sayısı ve yağış yoğunluğu) açısından Söğütüdüere belirgin bir şekilde Fethiye'den yüksek değerlerle karakterize olmaktadır. Söğütüdüere istasyonunun yükseltisi ve güneybatı yönlü konumu cephesel sistemlerin hareket doğrultusunda olmasının yanı sıra vadi morfolojisi etkisiyle birlikte, yağışlı sistemin bölgeye yerleşerek (Cephe Kapanması), Fethiye'ye oranla daha uzun süreli yağışların oluşmasına neden olduğundan söz edilebilir. Bu kesimde yüksek yağış etkinliğinin ve özellikle sıcaklık özelliklerinin bir tezahürü olarak da bitki örtüsünde de çeşitli değişimler göze çarpmaktadır. Fethiye kıyı kesimi ve çevresinde kurakçıl Akdeniz orman formasyonu ağaç türleri (Kızılcım, Maki Türleri) hâkim iken Söğütüdüere ve gerisindeki Karadağ kütlesinin yamaçları boyunca sıcaklığın düşmesine bağlı olarak Akdeniz bölgesi bitki coğrafyası içerisinde yarı nemli bir karakter gösteren Lübnan Sediri, Ardic ve Karaçam kendini göstermektedir (Günel, 2013). Karadağ'ın kuzey yamaçlarında ise güneyinden farklı olarak orman katlarını ve yarı nemli orman formasyonlarını görmek pek mümkün değildir. Kuzey bölümünde Alpin çayır katına kadar kuru orman formasyonları hakimdir (Sayhan, 1990).

3.1. Yağış Şiddeti

Yağış şiddeti sınıflandırmasında 1 mm/s üzerindeki yağış hadiseleri dikkate alınır. MGM Fethiye istasyonunda saatlik yağış kaydı alındığı için, bu yağış hadiseleri şiddet sınıflarına göre doğrudan değerlendirilmiştir. Söğütüdüere'de proje kapsamında kurulan istasyonda ise 2 saatlik toplamlar şeklinde kayıt alındığından, bu yağış hadiseleri ikiye bölünerek saatlik yağış şiddeti hesaplandı, şiddet sınıflarına göre dağılımları belirlendi ve Tablo 3'te gösterildi.

Tablo 3. Yağış şiddet sınıflarına göre yağış hadiselerinin dağılışı.**Table 3.** Distribution of precipitation events according to precipitation intensity classes.

SINIFLAR/ İSTASYONLAR	Hafif Yağış 1- 5 mm/s	Orta Kuvvette Yağış 6- 20 mm/s	Kuvvetli Yağış 21- 50 mm/s
Söğütüdüere	172	25	2
Fethiye	171	29	2

Her iki istasyonda da çok şiddetli ve aşırı yağış hadiseleri tespit edilememiştir. Yağış hadiseleri Hafif (1-5 mm/s, Orta Kuvvette (6-20 mm/s) ve Kuvvetli (21-50 mm/s) yağış sınıflarında gerçekleşmiştir. Hadise sayısı arasında iki istasyon arasında önemli bir fark yoktur. Saatlik kayıtlar açısından iki istasyon arasındaki farklılıktan yukarıda söz edildi. Bu fark grafik üzerinde karşılaştırma yapmayı kısıtladığından, yağış şiddetinin zamansal değişkenliği göstermek için günlük yağış şiddeti referans alınarak hesaplandı. Her bir gün için kaydedilen toplam yağış değeri, yağışın gerçekleştiği saate bölündü. İki istasyon arasında kayıt çözünürlüğünün aynı olmaması önemli bir faktör olmasına rağmen, yağış şiddeti bakımından öne çıkan dönemleri göstermek için bu yol benimsendi.

Şekil 5'te günlük ölçekte yağış şiddeti analizi sonuçları gösterilmiştir. Burada kasım ayı sonlarından itibaren şiddetli yağışların artış gösterdiği ve aralık-ocak ayında en yüksek frekansa ulaştığı görülebilir. Önemli yağış hadiseleri Söğütlüdere'de daha geniş bir dönemde gözlenmektedir. Ağustos ve eylül aylarında 10 mm/s üzeri yağışlar gerçekleştiği belirlenirken, aynı dönemde Fethiye'de yağış gerçekleşmediği tespit edilmiştir. Söğütlüdere'de 30 Eylül 2018'de kuvvetli bir yağış (16,7 mm/gün) hadisesi de varken, Fethiye'de etkili bir yağış söz konusu olmamıştır. 1 Ekim 2018'deki şiddetli yağış Söğütlüdere 29,8 mm/gün ve Fethiye'de 23,2 mm/gün olarak gerçekleşmiştir. 1 Ekim 2018 dışında gerçekleşen ikinci şiddetli yağış hadisesi 25 Aralık 2018 tarihinde kaydedilmiş; bu tarihte günlük yağış şiddeti Söğütlüdere'de 23,5 mm/gün, Fethiye'de ise 9 mm/gün olarak tespit edilmiştir.

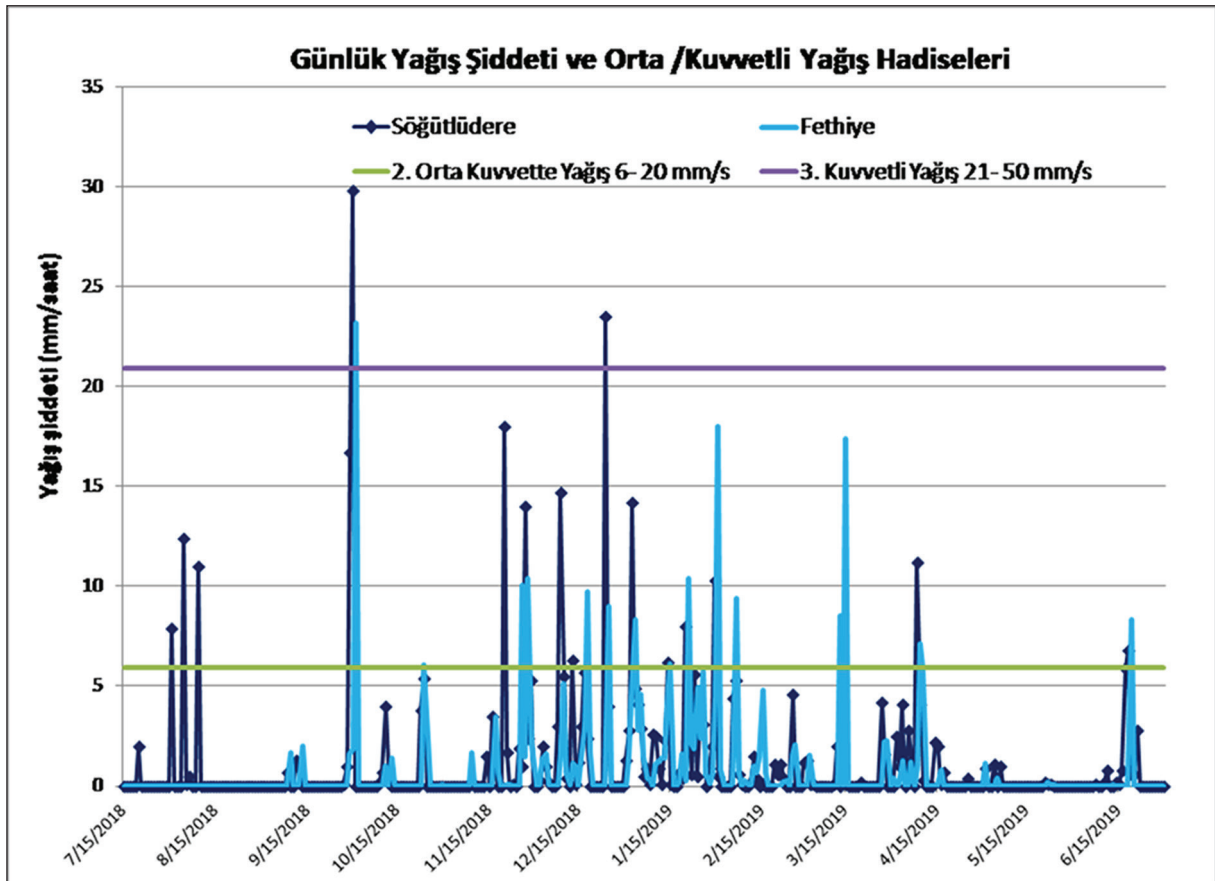
31 Ocak 2019'da "Fethiye Ani Taşkını" olarak anılan şiddetli yağışlar gerçekleşmiştir. Bu tarihte 24 saat boyunca yağışlı bir

sistemin egemen olduğu ve 10 mm/s üzerinde çok sayıda yağış hadisesi gerçekleştiği ifade edilmelidir. En yüksek saatlik yağış hadisesi Fethiye'de 22,1 mm/s, Söğütlüdere'de 20,6 mm/s olarak kaydedilmiştir. 31 Ocak 2019 tarihinde günlük yağış şiddeti Fethiye'de 18 mm/gün ve Söğütlüdere'de 10,6 mm/gün olarak hesaplanırken; günlük toplam yağış ise Fethiye'de 142,4 mm, Söğütlüdere'de 114,2 mm olarak gerçekleşmiştir.

Yağış şiddeti bakımından saatlik yağış hadiselerinde iki istasyon arasında çok büyük farklılıklar yoktur; ancak dönem olarak Söğütlüdere'de daha erken dönemde orta kuvvette yağışların gözlemlendiği ifade edilebilir. Özellikle geçiş mevsimlerinde, nemli cephesel sistemlerde yeterli soğuma, kıyıdan iç bölgelere doğru hareket ederken, orografik yükselme ile birlikte gerçekleşmekte ve bu durum yağış oluşumuna neden olmaktadır.

3.2. Ekstrem Yağış Analizi

Ekstrem yağış analizi için ilk olarak iki saatlik maksimum yağışlar değerlendirilmiştir. Söğütlüdere'de en yüksek iki saatlik yağış tutarlarına ekim ve aralık aylarında ulaşıldığı, 01.10.2018 tarihinde 59.6 mm ve 25.12.2018'de 47 mm ile 2 saatlik maksimum yağış gerçekleştiği tespit edilmiştir. Söğütlüdere'de iki saatlik en yüksek yağış tutarlarının ağustos'dan nisan ayına kadar 10 mm'nin üzerinde gerçekleştiği ve genel olarak Fethiye'ye göre yağış büyüklüğünün öne çıktığından söz edilebilir. Fethiye'de en yüksek iki saatlik yağış tutarları ekim ve ocak aylarında gözlenmiş, 01.10.2018 tarihinde 46.3 mm ve 31.01.2019 'da 35.9 mm ile diğer 2 saatlik maksimum yağış değerleri gerçekleşmiştir (Şekil 6a).

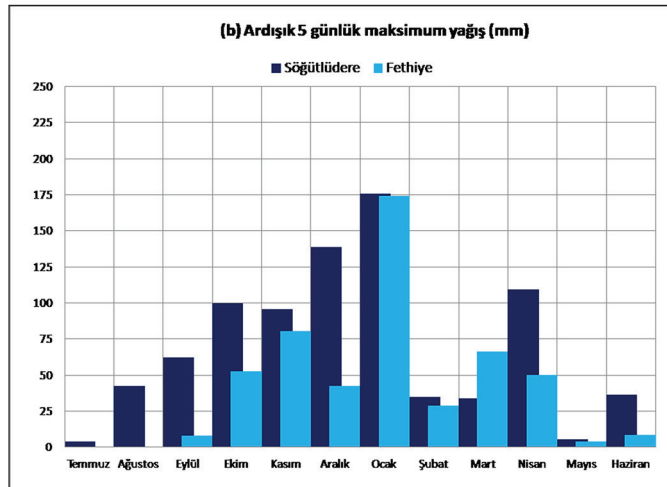
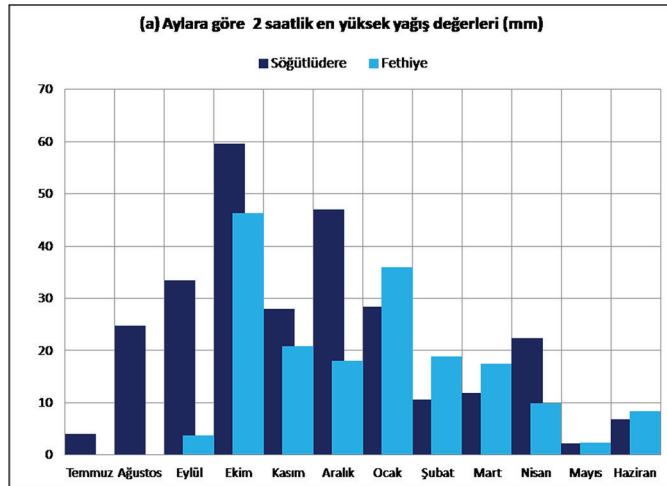


Şekil 5. Fethiye ve Söğütlüdere'de günlük yağışların şiddeti ve orta / kuvvetli yağışlar (15 Temmuz 2018- 15 Temmuz 2019).

Figure 5. Daily precipitation intensity and moderate / strong precipitations in Fethiye and Söğütlüdere (15 July 2018- 15 July 2019).

Tablo 4. Fethiye ve Söğütlüdere'de 10mm ve 20mm'yi aşan yağışlı gün sayıları.**Table 4.** Number of days exceeding 10 and 20 mm/day precipitation in Fethiye and Söğütlüdere.

Gün Sayısı 10-20 mm yağış	2018 Tem.	2018 Ağus.	2018 Eylül	2018 Ekim	2018 Kasım	2018 Aralık	2019 Ocak	2019 Şubat	2019 Mart	2019 Nisan	2019 Mayıs	2019 Haz.	2019 Tem.	Yıllık Toplam
Söğütlüdere	0	1	0	2	1	3	7	3	1	1	0	2	0	21
Fethiye	0	0	0	0	2	0	3	1	1	1	0	0	0	9
Gün Sayısı 20.1 mm yağış	Tem.	Ağus.	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haz.	Tem.	Toplam
Söğütlüdere	0	2	1	1	3	4	8	0	1	3	0	0	0	23
Fethiye	0	0	0	2	2	3	8	1	2	1	0	0	0	19



Şekil 6. Fethiye ve Söğütlüdere'de aylık (a) en yüksek iki saatlik yağış toplamı ve (b) ardışık beş günlük yağış toplamı (15 Temmuz 2018- 15 Temmuz 2019).
Figure 6. Monthly (a) The highest two-hour total precipitation and (b) consecutive 5-day precipitation in Fethiye and Söğütlüdere (15 July 2018- 15 July 2019).

Fethiye'de, Söğütlüdere'ye oranla daha geç başlayan bir yağış dönemi vardır. 2 saatlik maksimum yağış büyüklüğü bakımından Fethiye, gözlem döneminde yalnızca şubat ve mart aylarında Söğütlüdere'den daha yüksek değerlere ulaşmış ancak yağış büyüklüğü 20 mm'nin altında gerçekleşmiştir. Her iki istasyonda ekim-ocak dönemi, gözlem döneminde ekstrem yağışların gerçekleştiği dönem olarak ifade edilebilir. Şekil 6b'de ise ardışık 5 günlük maksimum yağışların aylık değerlendirilmesi verilmiştir. Aylık değerlendirmeye geçmeden gözlem dönemi içerisindeki en yüksek (>100 mm) ardışık 5 günlük yağış toplamı dönemleri değerlendirildi. Fethiye'de yalnızca 27-31 Ocak 2019 tarihlerinde 174.5 mm ile gerçekleşirken; Söğüt-

lüdere için ise (1) 27.09.2018-01.10.2018 160 mm, (2) 10-14 Aralık 2018 138.8 mm, (3) 22-25 Aralık 208 136.6 mm, (4) 1-6 Ocak 2019 175.6 mm, (5) 27-31 Ocak 2019 145 mm ve (6) 6-10 Nisan 2019 109.6 mm ile 6 aylık dönem aralığında gerçekleşmiştir.

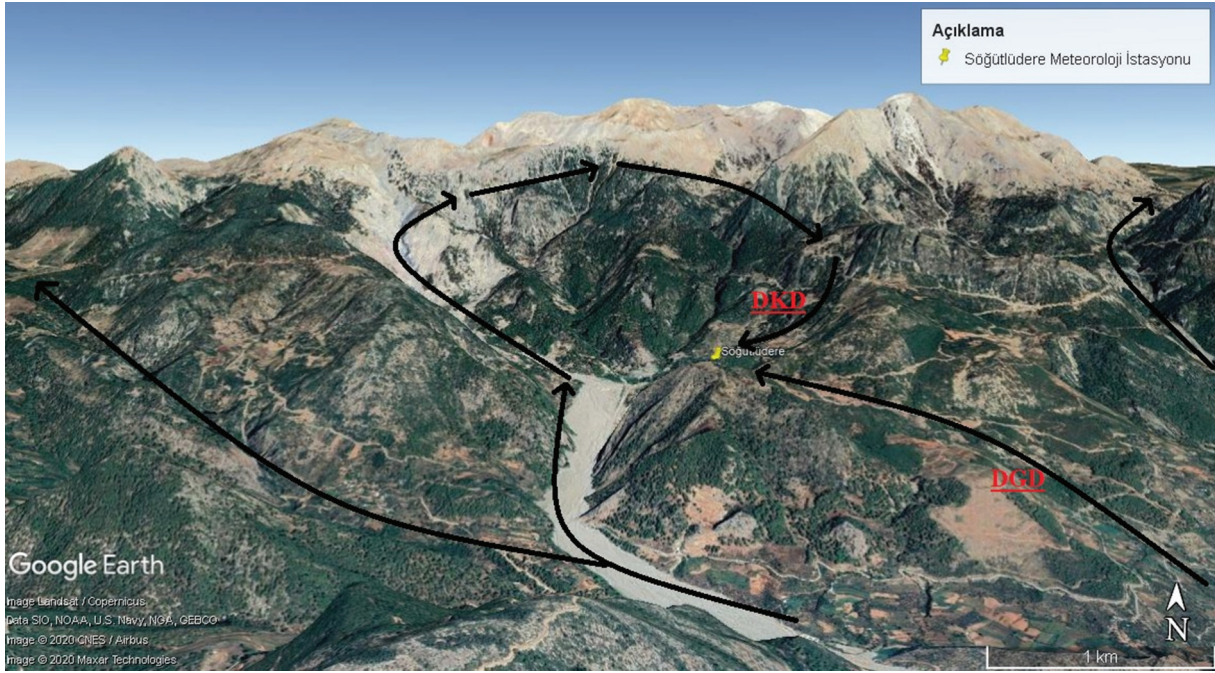
Aylık değerlendirmelerde ise her ay içinde belirlenmiş en yüksek ardışık 5 günlük yağış değerleri dikkate alınmıştır (Şekil 6b). Ardışık 5 günlük yağış toplamının en yüksek olduğu (175 mm) dönem her iki istasyon için de ocak ayıdır. Söğütlüdere'de mart ayı dışında diğer aylarda Fethiye'den daha yüksek ardışık 5 günlük yağış toplamları belirlenmiş ve ayrıca aralık, ocak ve nisan aylarında 100 mm'nin üzerinde yağışların öne çıktığı görülmüştür. Söğütlüdere'de gözlem döneminde, temmuz ve mayıs ayları dışında, diğer aylarda ardışık 5 günlük yağış maksimumları 25 mm'nin üzerindedir. Fethiye'de ise ocak ayı dışında 100 mm üzerinde ardışık 5 günlük yağış toplamı yoktur; ekim ve nisan arası dönemde ardışık 5 günlük yağış maksimumları 25 ile 75 mm arasında değişmiştir.

Tablo 4'te aylık ve yıllık olarak Fethiye ve Söğütlüdere'de 10 mm ve 20 mm'yi aşan yağışlı gün sayıları verilmiştir. Buna göre 10-20 mm arası yağışa sahip gün sayısı Söğütlüdere'de 21, Fethiye'de 9 gün iken;>20.1 mm üzeri gün sayısı Söğütlüdere'de 23, Fethiye'de ise 19'dur. Fethiye'de 20 mm üzeri yağışlı günlerin fazlalığı dikkat çekicidir. Aylık dağılımda, her iki istasyonda da en yüksek ekstrem yağışlı gün sayılarının, Söğütlüdere'de toplam 15, Fethiye'de ise toplam 11 gün ile ocak ayında olduğu gözlemlenmiştir.

Söğütlüdere, 2 saatlik maksimum yağış değeri, ardışık 5-günlük yağış maksimumu ve 10,1-20 mm'lik yağışlı gün sayılarında Fethiye'ye oranla daha yüksek değerlerle karakterize olmaktadır. Bu durum, Söğütlüdere'de saatlik ani ekstremelerin değil, kümülatif yağış etkisinin dominant olduğunu göstermektedir. Gerçekten de yağış toplamı açısından Fethiye'nin neredeyse iki katı yağışa sahip olmasına rağmen; şiddetli yağış hadiselerinde aynı oranda bir farktan söz edilemez. Yağış şiddeti bölümünde de ifade edildiği gibi, Söğütlüdere ekstrem büyüklüğünden ziyade, yağış hadiselerinin sıklığı ve daha geniş bir yağışlı dönem ile Fethiye'den farklılaşmaktadır.

3.3. Ekstrem Yağış Dönemlerinin Değerlendirilmesi

Turgu vd. (2020), bu çalışmanın gözlem dönemi içerisinde 31 Ocak 2019 tarihinde Fethiye'de meydana gelen ani taşkın hadisesine neden olan meteorolojik şartları incelemiş ve ani taşkın



Şekil 7. Söğütüdere vadisinde kış döneminde etkili rüzgâr hareketinin temsili gösterimi (Google Earth Görüntüsü (Erişim:01.03.2020)).

Figure 7. Representation of the effective wind movement in the Söğütüdere valley during the winter period (Google Earth Image (Access: 01.03.2020)).

uyarı sistemlerinin kabiliyetlerini değerlendirmiştir. Fethiye’de 31 Ocak 2019’da 02:00-02.30 arasında maksimum şiddetine ulaşan yağışlı hava, İtalya üzerinde bulunan alçak basınç merkezi ile birlikte batı-doğu istikametinde hareket eden bir cephesel sistemin oluşturduğu meteorolojik koşullarla ilişkilidir. Anadolu’da ilk olarak güney Ege kıyıları ve Batı Akdeniz’in batısında etkili olmuştur. Sistemin sıcak cephesi güneybatı- kuzeydoğu doğu istikametinde hareket ettiğinden nem yığılmasının ve yağışın en kuvvetli olduğu alan güneybatı Anadolu kıyılarındadır Dalaman- Kaş arasında gerçekleşmiştir (Turgu vd., 2020).

Akdeniz’deki cephesel sistemler, Güneybatı Anadolu’da kış döneminde yağış rejimi üzerinde hakimdir ve bu nedenle bu bölge Türkiye’de en yüksek yıllık yağış ve kış yağışı değerlerine sahiptir (Türkeş vd., 2008; Sarış vd., 2010). Doğu Akdeniz Havzası üzerindeki alçak basınç sistemleri, Türkiye’nin güneyinde ekstrem yağışlara neden olduğu, günlük yağış şiddeti ve ekstrem frekansının yüksek olduğu ifade edilmiştir (Lolis & Türkeş, 2016; Sarış, 2020). Bu karakteristik atmosferik sirkülasyona ek olarak, fizyografik özellikleri (yüksekti, bakı, morfoloji, karasallık vd.) ise Akdeniz havzasına kıyı ülkelerde, bölgesel yağış değişkenliği üzerinde önemli farklılıklar yaratır (Maheras vd., 2001; Ulbrich vd., 2009). Fizyografik yapı hava akımlarının yönlendirilmesinde önemli bir rol oynar. Bu durum, Söğütüdere özelinde Şekil 7’deki temsili gösterim ile ele alınabilir. 31 Ocak 2019 örneğinde olduğu gibi, kış döneminde Türkiye’ye güneybatı yönünden gelen alçak basınç sistemlerinin; güney ve güneydoğudan sokulan vadi boyunca kanalize olarak ana akarsu vadisi içerisine hareket etmesi muhtemeldir. Arazi çalışmalarında gözlemlendiği ve Google Earth görüntüsünden de anlaşılacağı üzere, Söğütüdere vadisinde önemli bir erozyonla sediman taşınımı vardır. Yataktaki bu yük, mevsimlik bir akarsuyun yer aldığı bu vadede erozyon ve taşkın oluşturan şiddetli yağışların oldukça etkili olduğunu göstermektedir (Avcıoğlu vd., 2020).

Fethiye	TARİH	Söğütüdere
52,4 mm	1 Ekim 2018	99,6 mm
26,2 mm	10 Aralık 2018	84 mm
34,1 mm	25 Aralık 2018	132,8 mm
23,5 mm	3 Ocak 2019	76,8 mm
142,4 mm	31 Ocak 2019	114,2 mm

Tablo 5. Gözlem döneminde kaydedilen en yüksek günlük yağış tutarları karşılaştırması.

Table 5. Comparison of the highest daily precipitation amounts recorded during the observation period.

25 Aralık 2018 ve 31 Ocak 2019 tarihleri Söğütüdere’de günlük en yüksek yağışlara ulaşılan tarihlerdir. 25 Aralık 2018’de hâkim rüzgâr yönünün DKD; 31 Ocak 2019’da ise rüzgâr kayıtları incelendiğinde yağışlı saatler içerisinde rüzgâr yönünün K-KD-D-DKD-SD yönler arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Gözlem dönemi boyunca kaydedilen günlük maksimum yağışlardan ilk beşi incelendiğinde, 31 Ocak 2019 tarihi hariç Söğütüdere’de yağış tutarının belirgin bir biçimde yüksek olduğu görülür (Tablo 5). Bu tarihlerde cephesel sistemin hareket yönünün yerel topografya şartlarına göre modifiye edildiği; nemli ve yağışlı hava kütlelerinin vadiler boyunca kanalize olduğu ve Karadağ’ın güney bölümündeki Söğütüdere vadisi içerisinde sıkıştığı ve orografik zorlanmaya uğrayarak bölgede etkili yağışın şiddet ve süresini artırdığı açık bir şekilde ifade edilebilmektedir. 31 Ocak 2019 tarihindeki hadisede Fethiye’nin daha şiddetli yağış alması, Turgu vd. (2020) tarafından detaylı bir şekilde açıklandığı gibi, Orta Akdeniz’den hareket eden sistemin, Türkiye’ye gelene kadar deniz üzerinde kat ettiği çok uzun yol boyunca nem oranını artırması, Güneybatı Anadolu kıyılarına tamamen tüm seviyelerde doymuş halde ulaşması ve hareket yönüne göre Anadolu Yarımadası’na ilk ulaştığı noktada kuvvetli yağışlara sebep olmasından kaynaklanmaktadır.

Akdeniz'e kıyısı olan pek çok şehir için yapılan ekstrem yağış çalışmalarında, kuvvetli sağanaklardan ve yağışların oluşturduğu ani taşkın ve erozyon etkisinden söz edilmiştir (Peñarrocha vd., 2002; Alpert vd., 2002; Rebora vd., 2012; Molinie vd., 2012; Fiori vd., 2014; Vallebona vd., 2015; Blanchet vd., 2017; Douka vd., 2018; Cipolla vd., 2020). Örneğin, Valensiya körfezinde günlük 800 mm'ye varan aşırı yağışlar söz konusudur (Peñarrocha vd., 2002). Diğer taraftan İtalya ve İspanya'da toplam yağışlar azalırken, ekstremlerdeki artışa da dikkati çekilmiştir (Alpert vd., 2002). Akdeniz havzasında artan bu ekstrem yağışların bileşenlerini (kararsız hava kütleleri, nemli düşük seviyeli jetler, ve yavaş gelişen bir sinoptik desen) analiz eden çalışmalarda, orografik süreçler de değerlendirilmektedir (Molinie vd., 2012; Rebora vd., 2012). Vallebona vd. (2015), İtalya'nın Toskana bölgesi için şiddetli yağışlarda, maksimum şiddet frekansında ve yağış erozyonunda son 20 yılda anlamlı artışlar gözlenmiştir. Artan yağış şiddeti özellikle kurak, yarı-kurak bölgeler için su yönetimi, toprak erozyonu ve ani sel etkileri açısından risk oluşturmaktadır.

4. Tartışma ve Sonuç

Yerel yağış değişkenliğinin, aynı bölge içerisinde yakın mesafelerde ancak fizyografik olarak farklı iki istasyonun birer yıllık saatlik verisi ve 8 alt bileşen çerçevesinde değerlendirildiği bu çalışmada ulaşılan sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- 15 Temmuz 2018 ile 15 Temmuz 2019 tarihleri arasında bir yıllık yağış toplamı, Fethiye'de 983,9 mm iken, Söğütlüdere'de 1695,6 mm olarak kaydedilmiştir. Yıllık yağışlı gün toplamında da Söğütlüdere 131 gün ile Fethiye'den daha yüksek bir değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Her iki istasyonda da gözlem döneminde aylık en yüksek toplam yağış ve yağışlı gün sayısı ocak ayında gerçekleşmiş, kış yağış maksimumunun belirgin olduğu istasyonlarda; yağış yoğunluğu bakımından da Söğütlüdere'nin baskın olduğu belirlenmiştir.
- Saatlik yağış hadiseleri Hafif (1-5 mm/s, Orta Kuvvette (6-20 mm/s) ve Kuvvetli (21-50 mm/s) yağış sınıflarında gerçekleşti. Hadise sayısı arasında iki istasyon arasında önemli bir fark yoktur; ancak Söğütlüdere'de yağışlar (geçiş mevsimlerini de içine alan) daha geniş bir dönemde gözlenmiştir.
- Söğütlüdere, 2 saatlik maksimum yağış değeri, ardışık 5-günlük yağış maksimumu ve 10,1-20 mm'lik yağışlı gün sayıları bakımından daha yüksek değerlere sahiptir. Bu durum, Söğütlüdere'de saatlik ani ekstremlerin değil, kümülatif yağış etkisinin dominant olduğunu göstermektedir ki; bulunduğu vadi içerisinde Söğütlüdere istasyonunun nemliliğin yüksek bir mikroklima alanını yansıttığı ifade edilebilir.
- Söğütlüdere istasyonunun yükseltisi ve güneybatı yönlü konumu cephesel sistemlerin hareket doğrultusunda olmasına bağlı olarak ve vadi morfolojisi etkisiyle birlikte, yağışlı sistemin bölgeye yerleşerek, Fethiye'ye oranla daha uzun süreli yağışların oluşmasına neden olduğundan

söz edilebilir. Özellikle geçiş mevsimlerinde, nemli cephesel sistemlerde yeterli soğuma, kıyıda iç bölgelere doğru hareket ederken, orografik yükselme ile birlikte gerçekleşmekte ve bu durum yağış oluşumuna neden olmaktadır. Söğütlüdere istasyonunun da kurulu bulunduğu Söğütlüdere vadisinin 600-700 metre rakıma sahip yükselti değerlerinden kuş uçuşu 5-6 km kuzeyinde yer alan ve 2400 metre rakım seviyelerine ani bir şekilde yükselmesi, bölge üzerine hareket eden nemli hava kütlelerinin Karadağ'ın hemen güney eteğinde yer alan ve istasyonun da kurulu bulunduğu vadi ve yamaçlarda cephelerin sıkışması ve orografik etkinin daha da kuvvetli hale gelmesi ile yağışın şiddet ve süresinde önemli değişimler yarattığı ifade edilebilir. Bu çıkarımı temelde istasyonların karşılaştırılması olarak verilen yağışın ve/veya yağışlı günlerin Söğütlüdere çok daha uzun olmasından da tespit edilmesi bu ifade edilen süreci destekler niteliktedir.

Yalnızca yıllık toplam yağış açısından bakıldığında, Türkiye veya bölge yağış haritalarında enterpolasyon yöntemlerinde girdi olarak kullanılan ve uzun yıllık yağış verisine sahip Fethiye meteoroloji istasyonunda 984 mm yağış gerçekleşirken; aynı dönemde Karadağ'ın hemen güney eteğinde bulunan Söğütlüdere istasyonunda ise 1695 mm yağış kaydedilmiştir. Yasan vd. (2019)'nin yapmış olduğu, Güneybatı Anadolu'da alansal yağış değişkenliği analizine yönelik ve IDW, Kriging ve Spline enterpolasyon yöntemlerinin kullandığı çalışmada, veri olarak Karadağ'ın hemen kuzey eteğinde (1600 m) kurulu olan ve 2018-2019 rasat yılı içinde ölçüm yapmış olan Elmalyurt istasyonu verisi de kullanmıştır. Bu istasyonun 1350 mm'lik yağış değerinin dahil edilmesi ile yapılan enterpolasyonda, bu çalışmada incelenen Söğütlüdere istasyonunun olduğu alan için 1000-1300 mm arası yağış belirlenmiştir (Yasan vd., 2019). Yine aynı şekilde bu karşılaştırmaya WorldClim verilerini dahil edilmiştir. WorldClim verisi de yükseklik faktörünü hesaba katmasına rağmen Söğütlüdere istasyonunun konumu için 900-1000 mm civarında yağış öngörmüştür.

Yağış verisinin enterpolasyonunda en büyük zorluk, kompleks topografik yapıdaki dağlık alanlar için gerçeğe uygun veri üretmektir. Bu noktada yalnızca, farklı yükselteleri temsil eden istasyonların varlığı yeterli olmamaktadır ki bu çalışmada elde edilen bulgular da buna işaret etmektedir. Fethiye'den yalnızca 40 km kuzeydoğuda bulunan ve 780 m yükseltide yer alan Söğütlüdere'de, Fethiye'nin yıllık yağışının iki katına yakını kaydedilmiştir. Yağışın alansal modellemesinde, farklı değişkenlik desenlerini yakalayabilmek için yükseltinin yanı sıra; eğim, morfoloji, engebelilik ve bakı gibi faktörler de mutlaka değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, iklim çalışmalarında dağlık sahalar gibi karmaşık topoğrafyalarda yerel ve bölgesel meteorolojik değişkenlerin doğru analiz edilebilmesi için yüksek ve dağlık alanlarda meteoroloji istasyonlarının kurulması gerekliliği bir kez daha vurgulanmalıdır.

Kompleks topografik alanlar için yoğun meteorolojik gözlem ağı gerekliliği Batı Toroslar bölümünde yer alan diğer yüksek ilçe ve köylere kurulan meteoroloji istasyonlarında da görülebilir. Örneğin kış döneminde etkili cephesel sistemlerin hareket rotalarına dik uzanan Toros Dağları güney eteklerinde yer

alan ve Söğütlüdere ile benzer morfolojik yapıya sahip olan Antalya ili İbradi ilçesi (1036 m) meteorolojik rasatları da bunu doğrular niteliktedir. MGM verilerine göre bu istasyon 13 yıllık (2005-2018) rasat dönemi boyunca yıllık ortalama 1843 mm yağış almıştır. Yine MGM'ye göre Alanya-Gündoğmuş arasında bulunan 24 yıl yağış ölçümü yapmış olan ve Akdağ (Alanya) (2433 m) ile Geyik Dağları (2877 m) arasında bulunan Köprülü köyü istasyonu (1650 m) da yıllık ortalama 1635 mm yağış almıştır. Bu ve bunun gibi birkaç örnek daha verilebilir. Bu bakış açısı ile özellikle topoğrafik olarak karmaşık olan yüksek ve dağlık sahalarda meteoroloji istasyon ağlarının genişletilmesi bu gibi alanlarda yerel ve bölgesel iklim özelliklerinin ortaya çıkarılmasında ve değerlendirilmesinde oldukça önemli olacaktır.

Fethiye ve Söğütlüdere örneğinde gerçekleştirilen bu çalışmanın sonuçları, yerel topografik değişkenliğin yağış üzerindeki etkisini belirgin bir şekilde ortaya koymaktadır. Yağış değişkenliğinin alansal ve zamansal analizinde, veri çözünürlüğünün önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Fethiye istasyonunun uzun dönem kayıtları incelendiğinde, günlük maksimum yağışlarda 2000'li yıllardan bu yana artma eğilimi göze çarpmaktadır. Bu açıdan, çalışmanın gözlem döneminde gerçekleşmiş olan ani taşkın hadiselerinin de frekansının artması da olasıdır. Bu bölge için taşkın ve erozyon açısından detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır. Şiddetli yağışlardan kaynaklanan zararların önlenmesi için farklı yerel süreçlerin (meteoroloji, fizyografi, arazi örtüsü gibi) detaylı analizi önem taşır.

Katkı Belirtme

Bu çalışma TÜBİTAK ÇAYDAG 117Y391 no'lu araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Fethiye istasyonu verileri, Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlandı. Doç. Dr. Zeynel Çilgin, Onur Yasan, Onur Altınay ve Aydoğan Avcıoğlu'na arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

Alpert, P., Ben-Gai, T., Baharad, A., Benjamini, Y., Yekutieli, D., Colacino, M., Diodato, L., Ramis, C., Homar, V., Romero, R., Michaelides, S., & Manes, A. (2002). The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values. *Geophysical Research Letters*, 29, 31-1-31-4. <https://doi.org/10.1029/2001GL013554>

Avcıoğlu, A., Bayrakdar, C., Erol, S., & Kaya, T. N. A. (2020). TanDEM-X12m sayısal yükselti verisine dayalı toprak erozyonu tespiti (Rusle). *Coğrafya Dergisi*, (41),93-107. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-0047>

Aydın, O., & Çiçek, İ. (2013). Ege Bölgesi'nde yağışın mekânsal dağılımı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 11 (2), 101-120. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3417798>

Bayrakdar, C., Döker, M., & Keserci, F. (2020). Polyelerde hatalı arazi kullanımların sebep olduğu afetlere bir örnek: 31 Ocak 2019 Kayaköy Polyesi Taşkını. *Coğrafya Dergisi*, (41), 109-128. <https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-0046>

Benli, K., & Özçelik, C. (2020). 22-23 Eylül 2015 Bodrum sel felaketi. *Teknik Dergi*, 31, 10013-10032. <https://doi.org/10.18400/tek-derg.503017>

Blanchet, J., & Creutin, J. (2017). Co-occurrence of extreme daily rainfall in the French Mediterranean Region. *Water Resources Research*, 53, 9330-9349. <https://doi.org/10.1002/2017WR020717>

Cipolla, G., Francipane, A., & Noto, L. (2020). Classification of extreme rainfall for a Mediterranean Region by means of atmospheric circulation patterns and reanalysis data. *Water Resources Management*, 34, 3219- 3235. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02609-1>

Douka, M., & Karacostas, T. (2017). Statistical analyses of extreme rainfall events in Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Research*, 208, 60-77. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2555>

Erinç, S. (1996). *Klimatoloji ve metodları*. Alfa Basım ve Dağıtım.

Eriş, E., & Ağırlioğlu, N. (2007). Ölçümleri az olan kıyı bölgelerinde yağışın yerel dağılımının belirlenmesi: Doğu Karadeniz Bölgesi. *İMO Teknik Dergi*, 2017, 7685-7702. <https://doi.org/10.18400/tekderg.299125>

Erlat, E. (1996). Türkiye'de günlük yağışların şiddeti üzerine bir inceleme. *Ege Coğrafya Dergisi*, 9(1), 159-184. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ecd/issue/4885/66976>

Erol, O. (2004). *Genel Klimatoloji*. Çantay Kitabevi.

Fiori, E., Comellas, A., Molini, L., Rebora, N., Siccardi, F., Gochis, D., Tanelli, S., & Parodi, A. (2014). Analysis and hindcast simulations of an extreme rainfall event in the Mediterranean area: The Genoa 2011 case. *Atmospheric Research*, 138, 13-29. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.10.007>

Günal, N. (2013). Türkiye'de iklimin doğal bitki örtüsü üzerindeki etkileri. *Çevrimiçi Tematik Türkoloji Dergisi*, 1. <https://www.acarindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423865263.pdf>

<http://www.dpcalc.org/>(Erişim: 08.09.2020).

Kafalı, Y.F. (2008). "Antalya'nın günlük yağış özellikleri ve şiddetli yağışların doğal afetler üzerine etkisi". Afyon Kocatepe Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1),19-65. <http://hdl.handle.net/11630/3705>

Klein Tank, A.M.G., & Können, G.P. (2003). Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-1999. *Journal of Climate* 16, 3665-3680. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<3665:TIIODT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TIIODT>2.0.CO;2)

Koç, T., & İrdem, C. (2007). Türkiye'de yağışların şiddet bakımından zamansal ve alansal değişkenliği. *Türk Coğrafya Dergisi*, 49, 1-42. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tcd/issue/21232/227835>

Koçman, A. (1993). *Türkiye iklimi*. Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.

Kömüşçü, A.Ü., Çelik, S., & Ceylan, A. (2011). 8-12 Eylül 2009 tarihlerinde Marmara Bölgesi'nde meydana gelen sel olayının yağış analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9 (2), 209-220. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000125

Lolis, C., & Türkeş, M. (2016). Atmospheric circulation characteristics favouring extreme precipitation in Turkey. *Climate Research*, 71, 139-153. <https://doi.org/10.3354/cr01433>

Maheras, P., Flocas, H. A., & Patrikas I. C. (2001). "A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: Spatial and Temporal distribution". *International Journal of Climatology*, 21, 109-130. <https://doi.org/10.1002/joc.599>

- MGM. 2017. https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari.pdf (Erişim: 06/08/2020).
- Molinie, G., Ceresetti, D., Anquetin, S., Creutin, J., & Boudevillain, B. (2012). Rainfall regime of a mountainous Mediterranean Region: Statistical analysis at short time steps. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51, 429-448. <https://doi.org/10.1175/2011JAMC2691.1>
- Oikonomou, C., Flokas, H.A., Hatzaki, M., Asimakopoulos, D.N., & Giannakopoulos, C. (2008). Future changes in the occurrence of extreme precipitation events in Eastern Mediterranean. *Global NEST Journal*, 10 (2): 255-262. <https://doi.org/10.30955/gnj.000531>
- Ölgen, M. (2010). Türkiye’de yıllık ve mevsimsel yağış değişkenliğinin alansal dağılımı. *Ege Coğrafya Dergisi*, 19(1), 85-95. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ecd/issue/4873/66903>
- Peñarrocha, D., Estrela, M., & Millán, M. (2002). Classification of daily rainfall patterns in a Mediterranean area with extreme intensity levels: the Valencia region. *International Journal of Climatology*, 22, 677-695. <https://doi.org/10.1002/joc.747>
- Rebora, N., Molini, L., Casella, E., Comellas, A., Fiori, E., Pignone, F., Siccardi, F., Silvestro, F., Tanelli, S., & Parodi, A. (2013). Extreme rainfall in the Mediterranean: What can we learn from observations?. *Journal of Hydrometeorology*, 14, 906-922. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-083.1>
- Sarı, S. (2009). *Batı Akdeniz Bölümü’nden İç Anadolu’ya Geçiş İklimleri* (Yayın no: 234775) [Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Sarış, F. (2006). *Türkiye’de yağış yoğunluğunun alansal ve zamansal değişimi* (Yayın no: 187311) [Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi] <https://tezarsivi.com/turkiyede-yagis-yogunlugunun-alansal-ve-zamansal-degisimi>
- Sarış, F. (2020). The spatial pattern of selected extreme precipitation indices for Turkey (1975-2012). *Bulletin of Geography. Physical Geography Series*, 19, 19- 30. <https://doi.org/10.2478/bgeo-2020-0007>
- Sarış, F., Hannah, D., & Eastwood, W. (2010). Spatial variability of precipitation regimes over Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 55, 234- 249. <https://doi.org/10.1080/02626660903546142>
- Sayhan, S. (1990). *Teke Yarımadasının bitki coğrafyası*. [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi] <https://www.ulusaltezmerkezi.net/teke-yarimadasinin-bitki-cografyasi/>
- Turgu, E., Kömüşçü A.Ü., Yavuz, Y.Z., & Hazer, A. (2020). *Muğla ili Fethiye ilçesinde 31 Ocak 2019 tarihinde meydana gelen ani taşkınların ffgs ürünleriyle analizi*. 11-15 Kasım IV. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, Antalya. <http://uzalmet.mgm.gov.tr/tammetin/2019/62.pdf>
- Türkeş, M., Koç, T., & Sarış F. (2008). Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29, 1056-1074. <https://doi.org/10.1002/joc.1768>
- Ulbrich, U, Leckebusch, G.C., & Pinto, J.G. (2009). "Extratropical cyclones in the present and future climate: a review". *Theoretical and Applied Climatology*, 96,117–131. <https://doi.org/10.1007/s00704-008-0083-8>
- Vallebona, C., Pellegrino, E., Frumento, P., & Bonari, E. (2014). Temporal trends in extreme rainfall intensity and erosivity in the Mediterranean region: a case study in southern Tuscany, Italy. *Climatic Change*, 128, 139-151. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1287-9>
- Yasan, O., Sarış, F., & Bayrakdar. C. (2019). Dağlık alanların iklim özelliklerini belirlemede cbs tabanlı enterpolasyon yöntemlerinin kullanımı: Batı Toroslar Örneği. İçinde Akköprü E., Döker F. M., (Eds.), *Coğrafya araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemi kullanımı kitabı* (ss. 197- 215). Pegem Akademi
- Yılmaz, E., & Çiçek, İ. (2016). "Türkiye Thorntwaite iklim sınıflandırması", *Journal of Human Sciences*, 13(3), 3973-3994. <https://www.j-humansciences.com/ojs/index.php/IJHS/article/view/3994>
- Zeybekoglu, U., & Karahan, H. (2018). Standart süreli yağış şiddetlerinin eğilim analizi yöntemleriyle incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(6), 974-1004. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/pajes/issue/40976/498230>