



## Mersin'in Farklı Kuraklık İndeksleri Aracılığıyla Kuraklık Tehdidinin Araştırılması

\*Makale Bilgisi / Article Info

Geliş/Received: 23.07.2023

Kabul/Accepted: 03.01.2024

Yayınlanma/Published: 27.02.2024

### Investigation of Mersin's Drought-Threat through Different Drought Indexes

Mehmet Özgür ÇELİK<sup>\*</sup>, Murat YAKAR

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

#### Öz

Dünya genelinde küresel iklim değişikliğinin etkileri giderek artmaktadır. Akdeniz havzasında bulunan yerler için küresel iklim değişikliğinin temel olumsuz etkileri arasında kuraklık gelmektedir. Çalışma alanı Türkiye'nin güneyinde Akdeniz havzasında yer alan Mersin'dir ve kuraklık tehdidi altındadır. Bu yüzden, çalışma alanının kuraklık analizi farklı kuraklık indeksleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bunun için iklimsel verileri kullanan Palmer Drought Severity Index (PDSI), Palmer Hydrological Drought Index (PHDI), Standardized Precipitation Index (SPI) ve Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) standart kuraklık indeksleri tercih edilmiştir. Bu indeksler kuraklık analizinde standart kabul edilmektedir. Söz konusu indeksler hesaplanmış ve grafikler oluşturulmuştur. Buna göre, Mersin'in kuraklık analizi gerçekleştirilmiş ve kuraklık riski altında olduğu saptanmıştır. Ayrıca, gelecek yıllardaki olası durumu tahmin edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklık, PDSI, PHDI, SPI, SPEI, Akdeniz havzası, Mersin

#### 1. Giriş

Dünya genelinde küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkileri giderek artmakta ve doğrudan canlıların yaşamını tehdit etmektedir. Hâlihazırda, dünya 1.1° ısınmıştır ve iklim sınırı 1.5° olarak kabul edilmektedir (Öztürk ve Gürsoy 2022). Artış trendinin devam etmesi küresel ısınmanın atmasına, dolayısıyla iklim değişikliğinin dünya üzerindeki negatif etkilerinin giderek yükselmesine yol açacağı aşikârdır. Sel, taşkın, yangın ve kuraklık gibi doğal afetler daha da sık görülmeye başlayacaktır. Bu noktada, farklı iklim ve coğrafi özelliklere sahip bölgeler bu afetlerden farklı derecede etkilenecektir. Akdeniz havzasında yer alan bölgelerde kuraklık, iklim değişikliğinin en önemli etkileri arasında yer alacaktır (Hadri et al. 2021). Mevcut durumda bu havzada kuraklaşan yerler bulunmaktadır (İban 2022). Kuraklık, uzun zaman dilimi içerisinde olumsuz etkisi giderek artan

#### Abstract

Global climate change is having a growing impact all around the world. Drought is one of the most destructive effects of global climate change in the Mediterranean basin. The study area is Mersin, which is located in southern Türkiye and is threatened by drought. Therefore, a drought analysis of the research area was conducted. Palmer Drought Severity Index (PDSI), Palmer Hydrological Drought Index (PHDI), Standardized Precipitation Index (SPI), and Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) were chosen as drought indices that employ climatic data. The indices are considered standard indices in drought analysis. The indices were calculated, and graphs were created. As a result, it was concluded that Mersin is at risk of drought. The prospective condition in the future was also forecasted

**Keywords** Drought; PDSI; PHDI; SPI; SPEI; Mediterranean basin; Mersin

ve geniş kapsamlı sonuçları doğuran bir doğal afettir. Kuraklık meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Hobbins et al. 2008). Meteorolojik kuraklık, normalin altında yağışların olması sonucunda aylar ile yıllar süren kuraklık olarak ifade edilmektedir (Palmer 1965). Tarımsal kuraklık, ortalamanın altında yağış, yoğun ancak seyrek yağış veya normalin üzerinde buharlaşma olan dönemler olarak tanımlanmaktadır (Liu et al. 2016). Hidrolojik kuraklık ise, akarsu akışı ve su depolamanın uzun vadeli ortalama seviyenin altına düştüğü dönemler olarak ifade etmek mümkündür (Van Loon 2015). Kuraklığın meydana getirdiği olumsuz etkilerin belirlenmesi, ortadan kaldırılması ya da en aza indirilmesi için analiz edilmesi gerekmektedir (Yılmaz vd. 2023, Alahacoon and Edirisinghe 2022, Sawadogo et al. 2020, Ateşoğlu vd. 2017, Mishra and Singh 2011). Kuraklığın analiz edilmesi ve mekânsal ölçekte kuraklığın

tanımlanabilmesi için Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (Palmer Drought Severity Index - PDSI) (Palmer 1965), Palmer Hidrolojik Kuraklık İndeksi (Palmer Hydrological Drought Index - PHDI) (Palmer, 1968), Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (Standardized Precipitation Index - SPI) (Pande et al. 2023) Standartlaştırılmış Yağış-Buharlaştırma İndeksi (Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index - SPEI) (Beguería et al. 2014) Ürün Nem İndeksi (Crop Moisture Index - CMI), Soil Moisture Drought Index (SMDI) (Afshar et al. 2022), Vegetation Condition Index (VCI) (Zhang et al. 2022), Keşif Kuraklık İndeksi (Reconnaissance Drought Index – RDI) ve Akış Kuraklık İndeksi (Streamflow Drought Index - SDI) gibi indeksler kullanılmaktadır. Bununla birlikte, PDSI, PHDI, SPI ve SPEI kuraklığın tanımlanmasında ve analiz edilmesinde standart indeksler olarak kabul görmektedir (İnt. Kyn. 1, Peña-Gallardo et al. 2018). Literatürde yer alan bazı

**Çizelge 1.** KAK / AÖ ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalarda kullanılan yöntem ve veriler

Referans	İndeksler								
	PDSI	PHDI	SPI	SPEI	CMI	SMDI	VCI	SDI	RDI
Shoumik et al. (2023)	●		●	●					
Kheyri et al. (2023)	●								
Katipoğlu (2023)								●	
Vicente-Serrano (2006)			●						
Varol et al. (2023)				●				●	
Nie et al. (2018)	●	●	●						
Sohrabi et al. (2015)	●		●	●		●			
Zambrano et al. (2016)							●		
Tigkas et al. (2017)									●
Karadirek (2022)	●		●		●				
Zhang et al. (2023)		●	●	●					

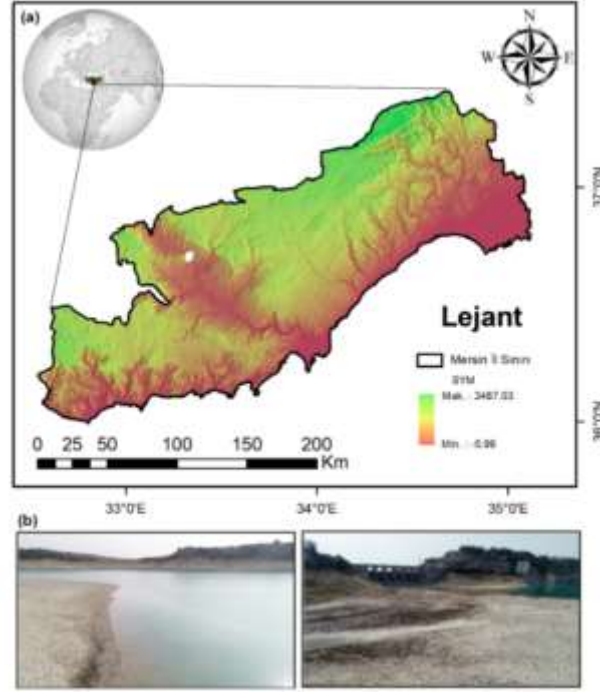
Çalışma bölgesi olan Mersin Akdeniz havzasında yer alması nedeniyle kuraklaşma tehditi altında bulunmaktadır. Ayrıca, arazi kullanımındaki tercihler ve sürdürülebilir olmayan arazi yönetimi anlayışı (Çoruhlu and Çelik 2022, Yıldız et al. 2018, Sertel vd. 2017) da kuraklığı tetiklemektedir. Bu yüzden kuraklık analizinin yapılması son derece önemlidir. Bu çalışmada, iklimsel verileri (sıcaklık ve yağış) kullanan PDSI, PHDI, SPI ve SPEI indeksleri aracılığıyla Mersin'in kuraklık analizi gerçekleştirilmiş ve gelecekteki kuraklığı tahmin edilmiştir. Mersin gibi il ölçeğinde geniş çaplı ve detaylı kuraklık analizinin yapılmamış olması çalışmanın gerçekleştirilmesinde önemli etken olmuştur.

## 2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Türkiye'nin güneyinde 36-37° Kuzey enlemleri ile 33-35° Doğu boylamları arasında bulunan Mersin ilidir (Şekil 1). Nüfusu 1,916,432 ve yüzölçümü 15,853  $km^2$ 'dir (İnt. Kyn. 2). Mersin il merkezinde ve sahil ilçelerinde rakım 0-10 m arasında değişirken,

çalışmalarda kullanılan indeksler Çizelge 1'de sunulmuştur. Tigkas et al. (2015) tarafından yapılan çalışmada RDI, SDI ve SPI indekslerini kullanılarak Yunanistan'ın Nakşa adasının kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Dubrovsky et al. (2009)'un yapmış olduğu çalışmada SPI ve PDSI kullanılarak Çekya'nın kuraklığı analiz edilmiştir. Kim et al. (2002) tarafından yapılan çalışmada Meksika'daki Conchos Nehri Havzasında kuraklık şiddetinin tespit edilebilmesi amacıyla PDSI kullanılmıştır. Mishra and Desai (2005) ve Mishra and Singh (2009), tarafından yapılan çalışmalarda Hindistan'ın Kansabati Havzasında farklı zaman konfigürasyonları kullanılarak SPI ile kuraklığın şiddeti, alanı ve sıklığı arasındaki nicel ilişki analiz edilmiştir. Tam et al. (2023)'ün gerçekleştirmiş olduğu çalışmada ise SPEI kullanılarak Kanada'nın kuraklık analizi yapılmış ve gelecek yıllardaki olası kuraklık tahmin edilmiştir.

Mersin'in tepe noktası olan Toros Dağları'nda rakım 3500 m'ye ulaşmaktadır. Nüfus ekseriyetle il merkezinde ve sahil kısmında yer almaktadır. 2022 yılı sonu itibarıyla kent merkezde yaşayan nüfus oranı %86.34'tür (İnt. Kyn. 2). Rakımın yüksek olduğu alanlarda ise nüfus seyrek olup, ormanlık alan fazlalık göstermektedir. Bununla birlikte, bu alanlarda en önemli geçim kaynağı hayvancılıktır (Bekçi, 2022). Rakımın düşük olduğu az eğimli alanlarda ve ovalarda (3,315.27  $km^2$ ) ise tarımsal faaliyetler aktif şekilde yapılmaktadır (İnt. Kyn. 3). Akdeniz havzasında yer alan ve Akdeniz iklimi görülen bölgede kuraklık tehdit oluşturmaktadır. Özellikle, yaygın şekilde tarım yapılan alanlar için kuraklık ciddi şekilde risk oluşturmaktadır. Türkiye'nin tarımsal ürünlerinin birçoğunun üretildiği, iç-dış piyasaya gönderildiği ve tarımsal üretim değerinin yaklaşık 17 milyar ₺ olan Mersin'de (İnt. Kyn. 4) gıda güvenliğinin sağlanması için kuraklığın analiz edilmesi son derece önem arz etmektedir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) verilerine göre, yıllık ortalama sıcaklık yaz döneminde



Şekil 1. (a) Çalışma alanı, (b) Mersin'de meydana gelen kuraklık örneği (İnt. Kyn. 7)

27.1°C, kış döneminde 11.1°C; yıllık ortalama yağış miktarı ise yazın 28.8 mm, kışın 344.3 mm'dir (İnt. Kyn. 5). Dünya yağış ortalamasının 900 mm olduğu dikkate alındığında, Mersin'in kuraklık tehdidi altında söylemek mümkündür. İfade edilen problem durumunu MGM desteklemekte ve Mersin'de son yıllarda şiddetli kuraklık görüldüğü belirtilmektedir (İnt. Kyn. 6). Etkisi giderek artan kuraklaşmanın incelemesi için Mersin çalışma alanı olarak seçilmiştir.

### 3. Materyal ve Metot

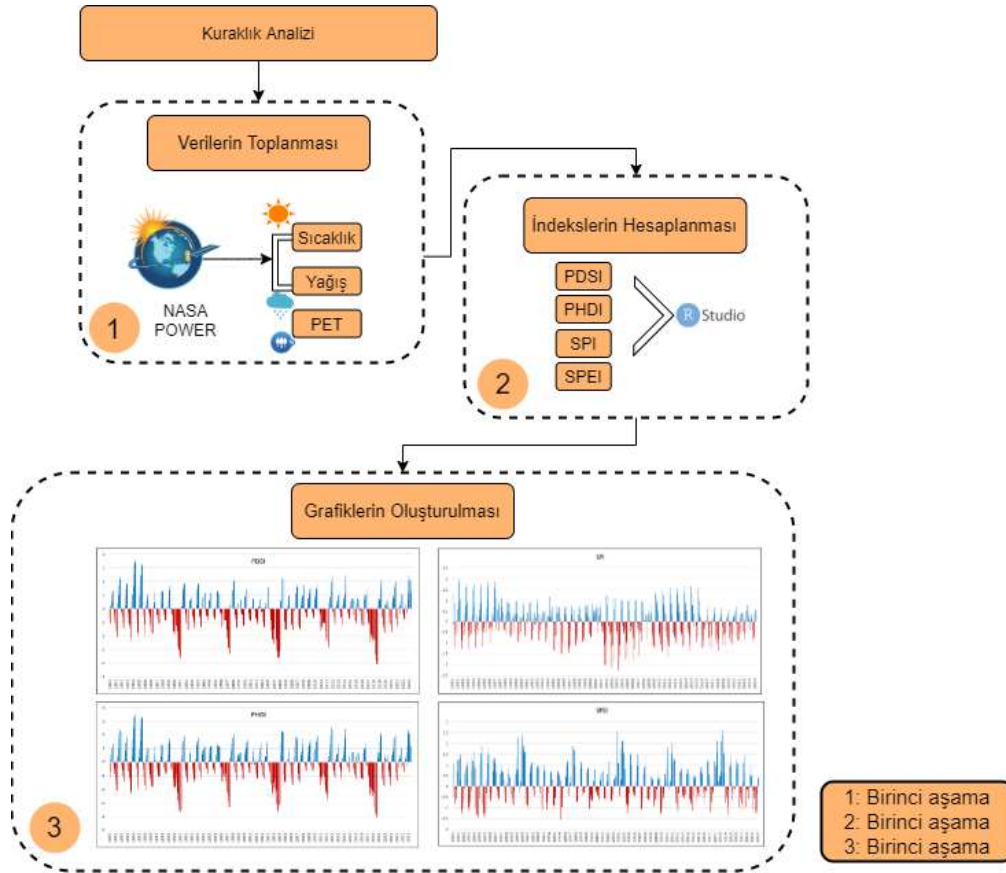
Kuraklık analizinin gerçekleştirilebilmesi için PDSI, PHDI, SPI ve SPEI indeksleri hesaplanmıştır. Bunun için üç aşamalı bir metot uygulanmıştır (Şekil 2). İlk olarak, temel iklimsel veriler olan maksimum ile minimum sıcaklık ve yağış NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER) sitesinden temin edilmiştir (İnt. Kyn. 8). Kuraklık indekslerinin hesaplanması ve analizlerin gerçekleştirilebilmesi için Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization - WMO) en az 30 yıllık verilerin olması gerektiğini ifade etmektedir (İnt. Kyn. 9). Daha uzun zaman dilimine sahip veriler ile çalışmak doğruluğu artırmaktadır. Bu doğrultuda, çalışma alanının 1981-2023 zaman dilimine ait 42 yıllık veri hesaplar için kullanılmıştır. İkinci olarak, veriler düzenlendikten sonra sırasıyla PDSI, PHDI, SPI ve SPEI indeksleri R Studio programında hesaplanmıştır. Bu program istatistiksel hesaplamalar ve grafiklerin oluşturulmasına imkân tanıyan, bir programlama dili olan

R için geliştirilmiş ortam olma özelliği taşımaktadır. Son olarak, hesaplanan indeksler için grafikler oluşturulmuştur.

#### 3.1. PDSI Hesabı

PDSI, 1965 yılında Wayne Palmer tarafından geliştirilen bir meteorolojik kuraklık indeksidir (Palmer 1965). Bir bölgedeki kuraklık olaylarını izlemek, kuraklık olaylarının alansal boyutunu ve şiddetini incelemek için kullanılan yaygın bir indekstir (Hobbins et al. 2008, Jacobi et al. 2013). Toprak neminin ve buharlaşma, su kaybı gibi neme bağlı etkilerin belirlenmesinde etkili olan bir indekstir (Palmer 1965, Karl 1986). PDSI ABD'nin bölgesel iklim verileri (Kansas ve Central Iowa merkezlerinden elde edilen ampirik sabitler) kullanılarak test edilmiş ve kuraklık indeksi olarak literatüre eklenmiştir. Ancak, dünyanın her yerinde aynı sabitleri kullanmak kuraklık analizinin doğruluğunu olumsuz etkilemektedir. Çünkü iklimsel özellikler her yerde aynı değildir. Mevcut sorunu çözmek adına, Wells et al. (2004) çalışma alanına bağlı olarak farklı iklim verilerinin kullanılarak PDSI'nin düzenlenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Bunun sonucunda, PDSI'nin kümülatif toplamı alınarak ampirik sabitlerin bölgeye göre değiştiği ve otomatik olarak kalibre edildiği scPDSI geliştirilmiştir.

Böylece, bölgesel iklim koşullarına uygun daha doğru PDSI değerleri elde edilebilmektedir. Bu çalışmada da Mersin'nin 42 yıllık iklim verilerine göre scPDSI hesaplanmış, kolaylık için PDSI olarak ifade edilmiştir.



Şekil 2. Çalışma metodunu gösteren akış şeması

PDSI sıcaklık ve yağış verileri kullanarak hesaplanmaktadır (Jacobi et al. 2013, Ramirez 2023). Bunlara ek olarak, potansiyel buharlaşma (potential evapotranspiration - PET) parametresi de kullanılarak kuraklık analizi yapılmaktadır. Hesaplanan PDSI değerleri standartlaştırılmış sınıflara ayrılmaktadır. Buna göre değerler -10 (kuru) ile +10 (ıslak) arasında değişmekte, -4 ve altındaki değerler aşırı kuraklığı, +4 ve üzerindeki değerler ise aşırı ıslaklığı temsil etmektedir. Çalışmada Mersin iline ait sıcaklık, yağış ve maksimum ile minimum sıcaklık farkına göre hesaplanan PET verileri kullanarak PDSI hesaplanmış ve grafiği oluşturulmuştur. Bunun için öncelikle PET verisi hesaplanmıştır. Thornthwaite, Penman-Monteith ve Hargreaves yöntemleri PET hesabında kullanılan başlıca yöntemlerdir. Thornthwaite yöntemi ile sınırlı sayıda girdi parametreleri kullanarak PET kolaylıkla hesaplanabilmektedir (Wells et al. 2004). Penman-Monteith yönteminde meteorolojik istasyonlardaki hava durumu verileri sayesinde hesap gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, bu istasyonların büyük bölümünde aynı tipte veri bulunmamakta ya da doğruluğu düşük ölçümler sonucunda veriler elde edilmektedir. Bundan dolayı, Penman-Monteith yöntemi kullanılarak oluşturulan PET verisinin doğruluğu her bölgede aynı seviyede olmamaktadır. Ancak, Birleşmiş

Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO) bu yöntemi PET hesabı için standart yöntem kabul etmektedir (Allen et al. 1998). Bu yüzden, yöntemin dezavantajını elimine etmek için Hargreaves yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem ile ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık değerleri kullanılarak hesap yapılmaktadır (Hargreaves and Samani 1985). İfade edilen diğer iki yöntemle göre daha hassas olması, bu çalışmada PET hesabı için tercih edilme sebebidir (Eşitlik 1-3).

```
> install.packages("SPEI") (1)
```

```
> library(SPEI)
```

```
> library(readxl) (2)
```

```
>
```

```
PET_data <-  
-read_excel("G:/kuraklik_uygulamaları/  
PET_data")
```

```
> view(PET_data)
```

```
> PET_data <- hargreaves(Tmin =  
PET_data$Tmin, Tmax = PET_data$Tmax, lat =  
36.25 (3)
```

```
> PET_data$PET
```

İkinci olarak, sıcaklık, yağış ve PET verileri ile R Studio programında PDSI hesaplanmıştır. Hesap için düzenlenmiş yağış verisi programa aktarılmış (Eşitlik 4),

PDSI hesaplanmış (Eşitlik 5) ve grafiği üretilmiştir (Eşitlik 6).

```
> install.packages(scPDSI) (4)
```

```
> library(readxl)
```

```
> PDSI <- read_excel("G:/kuraklik_uygulamaları/PDSI")
```

```
> view(PDSI)
```

```
> scpdsi <- pdsi(PDSI$Precipitation, PDSI$PET, start = 1981, sc = FALSE) (5)
```

```
> plot(scpdsi) (6)
```

### 3.2 PHDI Hesabı

PHDI uzun süreli hidrolojik kuraklığı ve yağış koşullarını tanımlamak için kullanılan PDSI'dan geliştirilmiş bir kuraklık indeksidir (Alley, 1984). Yeraltı suyunun seviyesi hakkında güvenilir bilgilerin elde edilmesini sağladığı için dikkat çekmektedir. PHDI hidrolojik kuraklığın izlenmesinde kullanıldığından dolayı daha kısa süreli kuraklıkların tanımlanmasında PDSI kadar başarılı değildir (Nie et al. 2018). PDSI'dan türetilmiş ve ekseriyetle su depolama, akarsu akışı ve de hidrolojik kuraklığı analiz etmek için geliştirilen PHDI hesabında sıcaklık ve yağış verileri kullanılmaktadır. Kullanılan veriler ve hesaplanması yönüyle PDSI ile benzer özellik göstermektedir. Bu yüzden, eşitlikler tekrardan kaçınmak adına sunulmamıştır.

### 3.3. SPI Hesabı

SPI belirli zaman konfigürasyonunda (1, 3, 6, 9, 12, 36 ve 48 ay) bir bölgedeki meteorolojik kuraklığın tanımlanmasında kullanılan standart kuraklık indeksidir (İnt. Kyn. 1). 1-6 aylık gibi kısa süreli zamanlarda toprak neminin belirlenmesinde başarılı sonuçlar veren SPI, 6-48 ay gibi daha uzun sürelerde yeraltı suyu ve depolanan su hakkında güvenilir bilgilerin toplanmasında aktif rol oynamaktadır (İnt. Kyn. 9). Sadece yağış verisi kullanılarak hesaplanan SPI'da farklı zaman konfigürasyonlarında analiz yapılabildiği için PDSI'ya kıyasla daha detaylı bilgiler elde edilebilmektedir. Ancak, kuraklığın sadece yağışa değil, sıcaklığa da bağlı olması ve PDSI'nın her iki veriyi de kullanarak kuraklığı analiz etmesi SPI'nın önüne geçmesini sağlamaktadır (Mishra and Singh 2011). Bu bakımdan, PDSI ile SPI'nın birlikte kullanılması bir bölgedeki kuraklık analizinin daha sağlıklı yapılmasına katkı sunmaktadır.

İklimsel özellikleri farklı olan bölgelerde yağış verileri aracılığıyla standartlaştırılmış yağış anomalisi belirlenir ve

SPI indeksi hesaplanır (Eşitlik 7). Hesaplanan SPI değerleri standart sınıflara ayırılır. (-2 ve altı) aşırı kuraklığı, (+2 ve üzeri) ise aşırı ıslaklığı temsil etmektedir.

$$SPI = PP^* / \sigma_p \quad (7)$$

Burada yağış  $P$ , ortalama yağış  $P^*$  ve standart sapma  $\sigma_p$  ile gösterilmektedir. Eşitlik 8 ile SPI R Studio programında hesaplanmıştır. Düzenlenmiş yağış verisi programa aktarılmış ve çalışma alanına ait 12 aylık periyotta SPI hesaplanmış ve grafiği oluşturulmuştur (Eşitlik 8-11). Çalışmada uzun süreli kuraklık analizi yapılması nedeniyle 12 ay zaman konfigürasyonu tercih edilmiştir.

```
> install.packages("SPEI") (8)
```

```
> library(SPEI)
```

```
> library(readxl)
```

```
> SPI_data <- read_excel("G:/kuraklik_uygulamaları/SPI_data") (9)
```

```
> view(SPI_data)
```

```
> spi <- pdsi(SPI_data$Precipitation, 12) (10)
```

```
> plot(spi) (11)
```

### 3.4. SPEI Hesabı

SPEI, yağış ve PET (maksimum ve minimum sıcaklık ile belirlenen) bir kuraklık indeksidir (Vicente-Serrano et al. 2010). Bu yönüyle, SPI'nın üst versiyonu olarak nitelendirilmektedir (İnt. Kyn. 10). Sıcaklığa bağlı olarak buharlaşmanın meydana gelmesi, kuraklığı tetiklemektedir. SPEI da ağırlık olarak buharlaşma ve mevcut su kapasitesinin karşılaştırılmasında tercih edilen bir indekstir. Bu yüzden, SPEI hesabında yağış ve PET verileri kullanılmaktadır. SPEI, kuraklık türlerinin ayırt edilmesinde ve hidrolojik kuraklığın tanımlanmasında diğer kuraklık indekslerine göre daha başarılıdır (Tigkas et al. 2015).

SPEI, sıcaklık verisini kullanmasından dolayı SPI'dan farklılaşır ve sıcaklık değişimine bağlı olarak meydana gelen etkilerin analiz edilmesini sağlamaktadır. Ancak, doğrudan küresel ısınma ve kuraklık üzerindeki sıcaklığın ne derecede rolü olduğunu bulmada kullanılamaz. Bunun yerine, herhangi bir yerdeki kuraklığın belirlenmesi ve analiz edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, SPEI hesabında PET verisi kullanılmasından dolayı PET hesabında tercih edilen yöntemle bağlı olarak SPEI'nin doğruluğu farklılık göstermektedir. SPEI hesabı için ilk olarak düzenlenmiş

yağış ve PET verisi programa aktarılmış (Eşitlik 12), ikinci olarak çalışma alanına ait SPEI, SPI'da olduğu gibi 12 aylık zaman konfigürasyonu seçilerek hesaplanmıştır (Eşitlik 13) ve son olarak da grafik oluşturulmuştur (Eşitlik 14).

```
> install.packages("SPEI") (12)
```

```
> library(SPEI)
```

```
> library(readxl)
```

```
>
```

```
SPEI_data <-  
read_excel("G:/kuraklik_uygulamaları/  
SPEI_data")
```

```
> view(SPEI_data)
```

```
> wBal <- SPEI_data$Precipitation -  
SPEI_data$PET
```

```
> wBal (13)
```

```
> spei <- spei(wBal, 12)
```

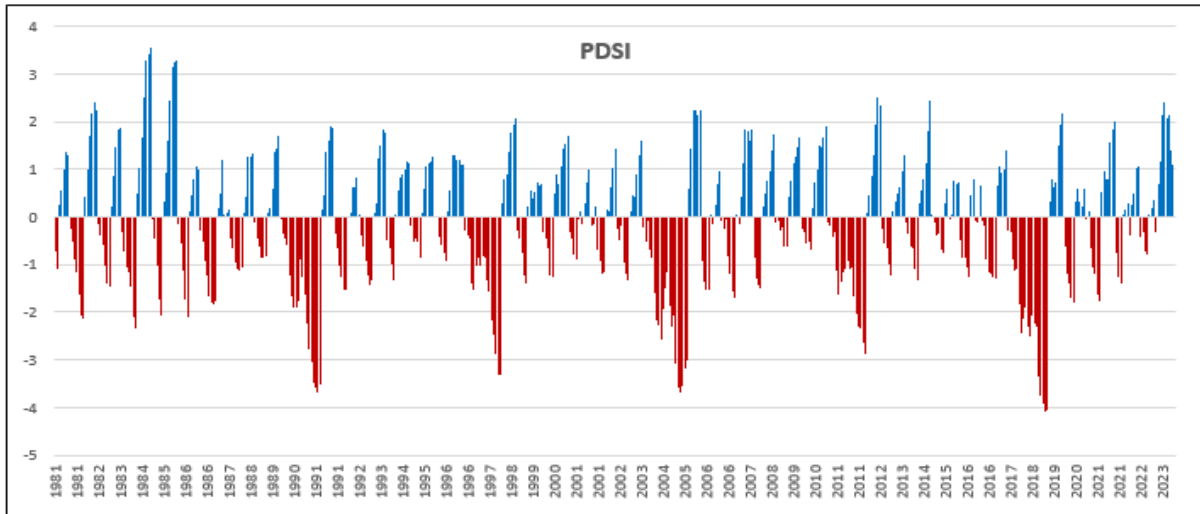
```
> plot.spei(spei12) (14)
```

#### 4. Bulgular

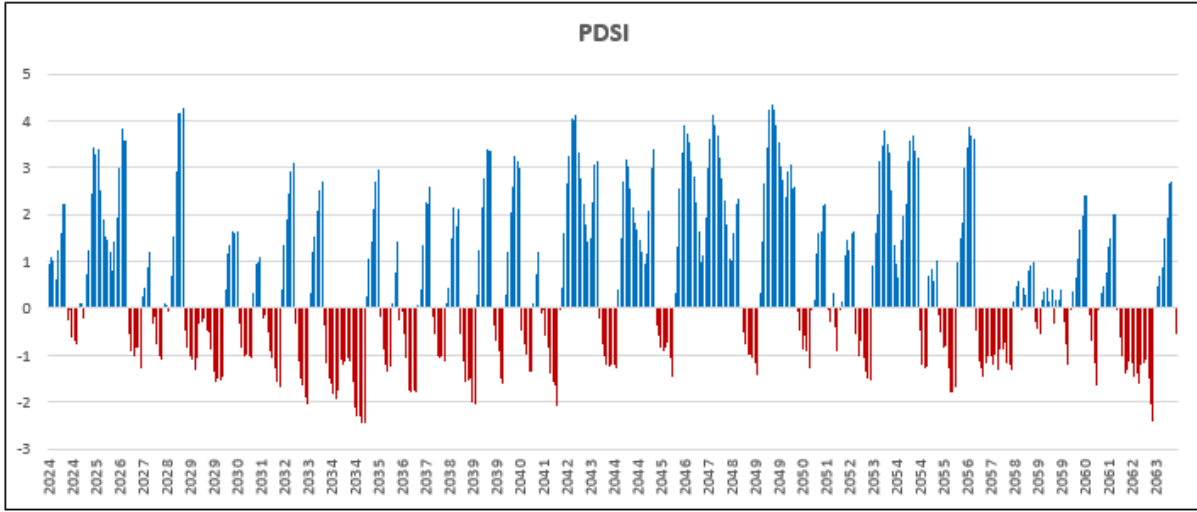
(1981-2023)<sub>1</sub> ve (2024-2063)<sub>2</sub> yıllarına ait kuraklık indeksleri hesaplanmış ve grafikler oluşturulmuştur.

(1981-2023)<sub>1</sub> yıllarına ait grafikler geçmiş ve hâlihazırdaki durumu ifade ederken, (2024-2063)<sub>2</sub> yıllarına ait grafikler ise gelecekteki olası kuraklık durumunu tahmin etmektedir.

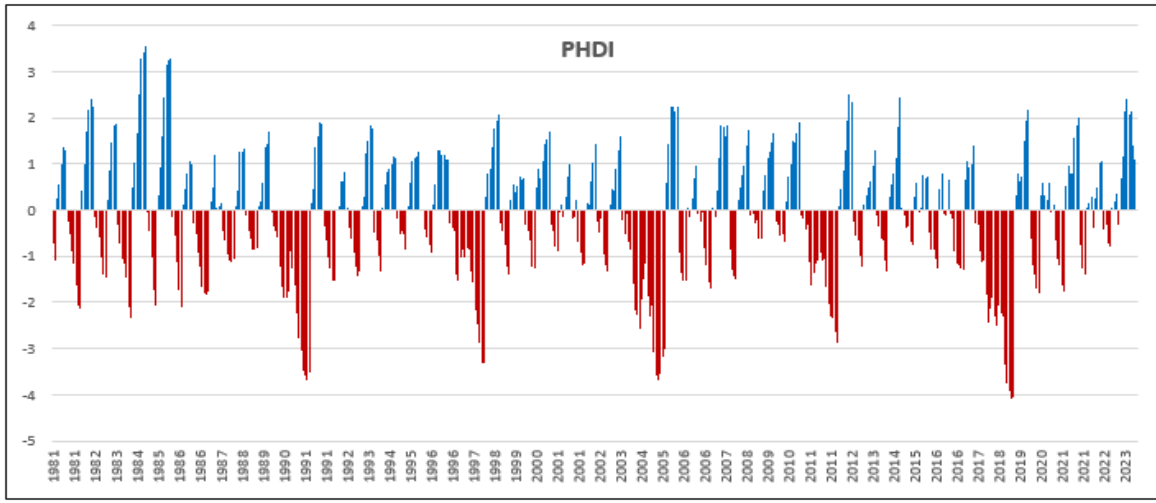
PDSI<sub>1</sub> grafiği incelendiğinde, özellikle son yıllarda (2018, 2019 ve 2020) kuraklığın arttığı gözlenmektedir (Şekil 3). Ayrıca, 42 yıllık süre içerisinde PDSI değerlerine bakıldığında, maksimum değerlerin aşırı ıslaklık değerine (+4 ve üzeri) ulaşmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, (1989-1991), (1996-1998), (2003-2006) ve (2018-2020) olmak üzere 5 farklı zaman diliminde aşırı kuraklık değerine (-4 ve altı) yaklaşıldığı belirlenmiştir. Çıkan bu sonuçların, bölgenin bulunduğu coğrafi konum ve iklimsel verilerle örtüşünü söylemek mümkündür. PDSI<sub>2</sub> grafiğinde ise önümüzdeki 40 yıl boyunca kuraklığın bazı dönemlerde (2027-2030), (2033-2035), (2056-2058) ve (2061-2062) artacağı ancak kuraklık şiddetinin (-2 ile -3 arası) nispeten daha az olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4). Bazı dönemlerde ise (2024-2026), (2042-2043), (20244-2045), (2046-2048) ve (2053-2054) azalma trendine girebileceğini söylemek mümkündür.



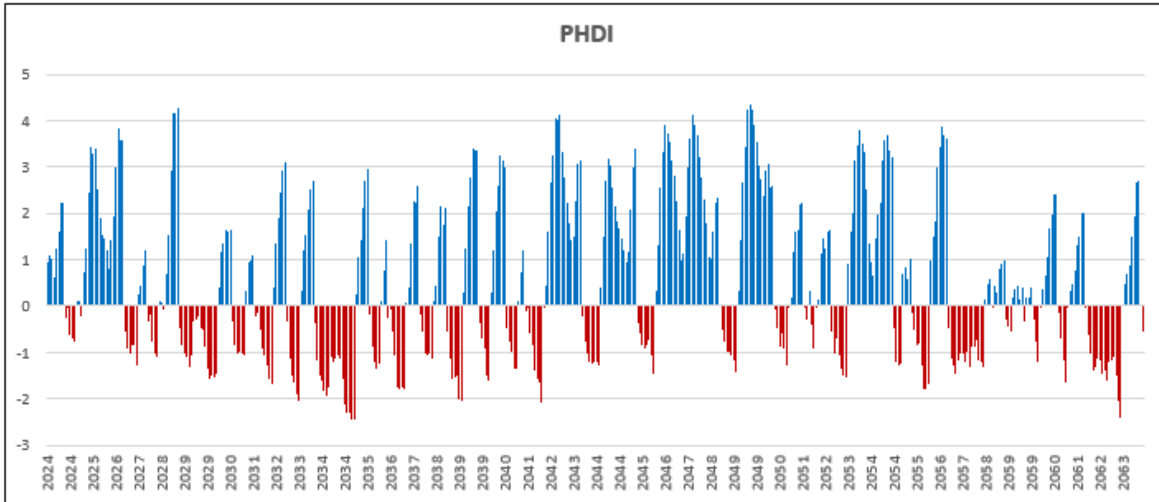
Şekil 3. PDSI<sub>1</sub>



Şekil 4. PDSI<sub>2</sub>



Şekil 5. PHDI<sub>1</sub>



Şekil 6. PHDI<sub>2</sub>

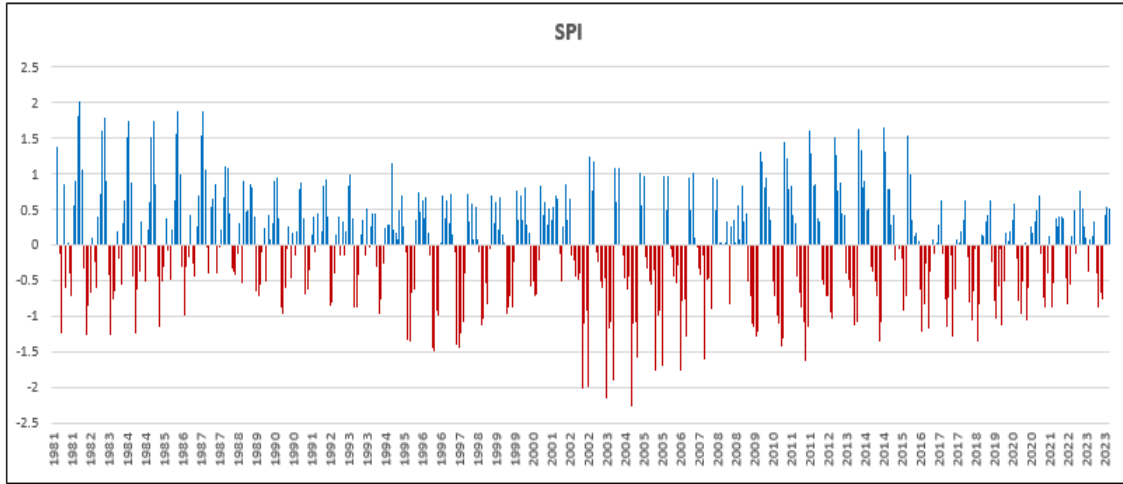
PHDI, PDSI'dan geliştirilmiş olmasından dolayı grafikteki değerler benzer sonuçlar göstermiştir (Şekil 5). Bununla birlikte, PHDI çalışma alanının hidrolojik kuraklığı hakkında güvenilir bilgiler sunmaktadır. PHDI<sub>1</sub> grafiği analiz edildiğinde, son yıllarda (2018-2023) kuraklık artış

eğilimindedir. Gerçekten de aynı zaman dilimi içerisinde doğal ve yapay su kaynaklarının seviyesi azalış göstermiştir. PHDI<sub>2</sub> ise PDSI<sub>2</sub>'de olduğu gibi kuraklığın şiddetinde azalma olabileceğini tahmin etmektedir (Şekil 6). SPI<sub>1</sub> grafiğinde 42 yıllık zaman dilimi içerisinde SPI

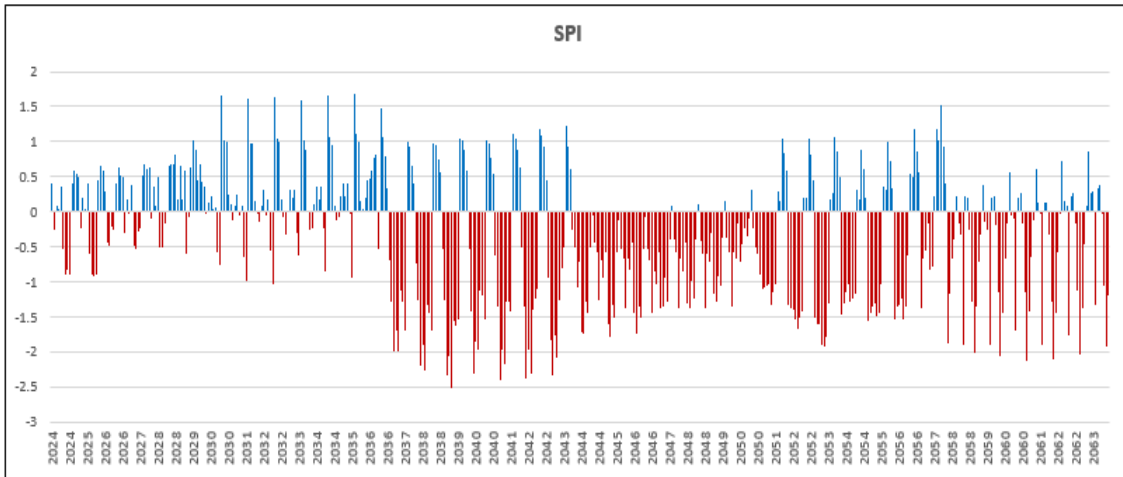
değerlerinde dalgalanmalar görülmektedir (Şekil 7). PDSI'ya benzer olarak maksimum değerler aşırı ıslaklık değerine (+2 ve üzeri) ulaşmazken, minimum değerler aşırı kuraklık değerine (-2 ve altı) ulaşmıştır. Özellikle 2001 yılında sonra (2001-2002), (2003-2004) ve (2005-2006) kuraklık şiddetinde artış olduğu gözlenmektedir. SPI<sub>2</sub> grafiği incelendiğinde, gelecek 40 yılda ıslaklık şiddetinin azalacağı ve kuraklık şiddetinin artacağı öngörülmektedir (Şekil 8). 2036 yılından itibaren kuraklığın daha uzun süreler süreceği, yağışın azalacağı ve kuraklığın olağan bir durum haline geleceği tahmin edilmektedir. (2043-2051) yıllarında uzun süreli bir kuraklığın olma ihtimalinin bulunduğu ve (2057-2063) döneminde ise kuraklık şiddetinin yine artış trendine girebileceği öngörülmektedir.

SPEI yağış ve PET verisini kullanan, SPI'nın gelişmiş versiyonu olan bir indeks olmasından dolayı SPEI

değerlerine bakılarak daha detaylı analizler yapılabilmektedir. SPEI<sub>1</sub> grafiğine göre son iki yılda (2021, 2022) ve günümüzde (2023) küresel ısınmanın da etkisiyle Akdeniz havzasında yer alan çalışma alanında kuraklığı arttığı gözlenmektedir (Şekil 9). Kuraklığın tahmini için oluşturulan SPEI<sub>2</sub> grafiğine bakıldığında, SPI<sub>2</sub>'de olduğu gibi burada da kuraklığın şiddetinin artış gösterebileceği öngörülmektedir (Şekil 10). 2028, 2051 ve 2052 yıllarında kuraklık şiddetinin aşırı kuraklık değerinde (-2 ve altı) olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, sadece 2036 yılında (Ekim ayı, değer: 2.04) aşırı ıslaklık değerine (+2 ve üzeri) ulaşabileceği öngörülmektedir. Bunun dışında, genel olarak ıslak değerinin ve şiddetinin azalma eğiliminde olabileceğini ifade etmek mümkündür.

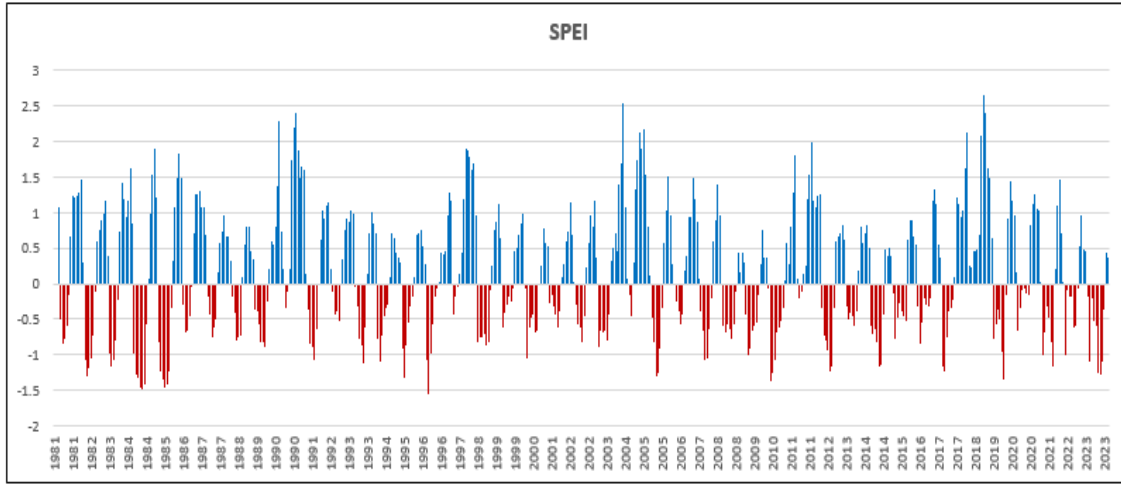


Şekil 7. SPI<sub>1</sub>

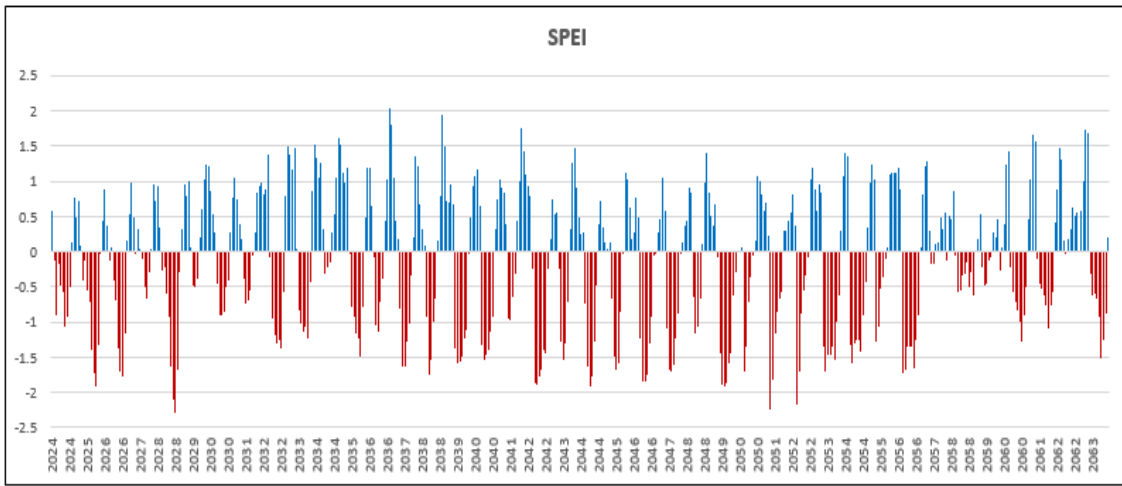


Şekil 8. SPI<sub>2</sub>





Şekil 9. SPEI<sub>1</sub>



Şekil 10. SPEI<sub>2</sub>

## 5. Tartışma

Farklı indeksler (PDSI, PHDI, SPI ve SPEI) kullanılarak gerçekleştirilen kuraklık analizinden elde edilen sonuçlara bakıldığında, çalışma alanının ciddi şekilde kuraklık tehdidi altında olduğu ve gelecek yıllarda kuraklığın artış gösterebileceği saptanmıştır. MGM'den elde edilen mevcut iklimsel veriler (yağış, sıcaklık) de analiz sonuçları desteklemektedir.

Çalışmada dört farklı kuraklık indeksi tercih edilmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir. Bu yönüyle literatürdeki pek çok çalışmadan ayrılmaktadır. Mishra and Desai (2005) ve Mishra and Singh (2009), çalışmalarında sadece SPI kullanarak kuraklığı analiz etmiştir. Tam et al. (2023) tarafından gerçekleştirilmiş çalışmada, yine tek bir indeks (SPEI) tercih edilmiş ve kuraklık analizi yapılmıştır. Dubrovsky et al. (2009) tarafından yapılan çalışmada da SPI ve PDSI olmak üzere iki indeks kullanılmıştır. Shoumik et al. (2023) ise çalışmasında üç indeks (SPI, SPEI ve PDSI) ile analiz yapmıştır. Bu çalışmada ise kuraklık analizi için standart kabul edilen dört indeks de kullanılmış ve gerekli analiz yapılmıştır. Bu kapsamda, ifade edilen

çalışmalara göre daha detaylı analiz yapıldığını söylemek mümkündür.

Akdeniz havzasında yer alan ve yarı kurak iklim kuşağı altında olan Mersin için kuraklık en temel sorunların başında gelmektedir (İnt. Kyn. 11). Bu sorun, %20.91'inde tarım yapılan ve tarımsal üretim hacminin 17 milyar ₺ olan çalışma alanında tarım alanların azalmasına yol açacağı ve de tarımın sürdürülebilirliğini olumsuz etkileyeceği aşikârdır. Seyam et al. (2023) tarafından yapılan çalışmada ifade edildiği üzere tarım alanların azalması sürdürülebilir gıda güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Çelik ve Yakar (2023)'ün de çalışmasında ifade ettiği üzere Mersin'in 2000-2022 yılları arasında tarım alanı azalmıştır. Buna göre, hâlihazırda azalma trendine giren tarım alanların kuraklık sonucunda olumsuz etkileneceği ve azalacağı tahmin edilmektedir. Kuraklığın etkisinin giderek artması, Mishra and Singh (2011)'in de ifade ettiği üzere kuraklığın bilimsel normlar eşliğinde ve uzun vadede bir kuraklık yönetiminin benimsenmesini zorunlu kılmaktadır. Bunun için kuraklığın tespit edilmesi, analiz edilmesi ve buna göre bir yönetim modelinin hazırlanması gerekmektedir.

Bayissa (2018) ve Dikici & Aksel (2021)'nin çalışmalarında vurguladığı üzere kuraklığın tespiti için de standart kabul edilen indekslerin sadece biri değil, mümkünse hepsinin kullanılarak yapılması ve analiz edilmesi son derece önem arz etmektedir. Bu çalışmada da standart kabul edilen PDSI PHDI, SPI ve SPEI indeksleri kullanılmış, analizler yapılmış ve kuraklık yönetimi için ilk şart olan kuraklığın belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Ancak, bu çalışmada Savari vd. (2022), Drisyia & Sathish Kumar (2023) ve Kikon and Deka (2022) çalışmalarında vurguladığı gibi detaylı bir kuraklık yönetimi yapılmamıştır.

## 6. Sonuçlar

Çalışma alanı olan Mersin bulunduğu Akdeniz havzası nedeniyle küresel ısınmanın olumsuz etkilerine maruz kalmaktadır. Bu etkilerin başında da kuraklık gelmektedir. Ayrıca, yanlış arazi kullanımı ve sürdürülebilir olmayan arazi yönetimi anlayışı kuraklığı artırıcı etki oluşturmaktadır. Tüm bunlar, çalışmanın yapılmasına ilham kaynağı olmuştur. Kuraklığın incelenmesi için 4 farklı indeks hesaplanmış ve grafikler oluşturulmuştur. Elde edilen değerler yorumlanmış ve kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Buna göre, yarı kurak iklim kuşağı bölgesinde yer alan Mersin için kuraklığın hâlihazırda problem teşkil etmeye başladığı saptanmıştır. Dört (PDSI, PHDI, SPI ve SPEI) kuraklık indeksiyle analizler yapılmış ve 42 yıllık zaman dilimi içerisinde (1981-2023) kuraklığın özellikle son yıllarda artış trendine girdiği dört indekste de görülmüştür. İlerleyen periyotta (2024-2063) ise kuraklığın başlıca problem durumu haline geleceği tahmin edilmiştir.

Yapılan uygulama neticesinde, sürdürülebilir arazi yönetimi ve kullanımı için çıkan değerlerin karar vericilere katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Yapılan çalışma sürecinde literatür araştırması, gerçekleştirilen uygulama ve makalenin yazım sırasında elde edilen bilgiler ışığında kuraklık konusunda çalışan araştırmacıların bazı noktalara dikkat edilmesi tavsiye edilmektedir.

(1) Kuraklık çok değişkenli bir olay olmasından dolayı farklı iklimsel veriler kullanılarak analizler gerçekleştirilmelidir. Sadece yağış veya sadece sıcaklık ile yapılan kuraklık analizleri özellikle uzun süreli hidrolojik kuraklığın belirlenmesinde başarılı sonuçların elde edilmesini olumsuz etkilemektedir.

(2) Farklı indekslerin entegre edildiği bir yaklaşımla kuraklığın analiz edilmesi son derece önemlidir. Bununla birlikte, kuraklık tek çeşit olmayıp üç farklı (meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik) kuraklık tipi bulunmaktadır. Bu yüzden, farklı indeksler kullanılarak kuraklık detaylı şekilde analiz edilmelidir.

(3) Kuraklık analizinde kullanılacak verilerin çalışma alanına ait ve doğru olması gerekmektedir. Ölçüm istasyonları arasındaki mesafenin fazla olması, bazı ölçüm istasyonlarında eksik ve hatalı ölçümler yapılması analizi doğrudan etkilemektedir. Böyle bir durumda uzaktan algılama (UA) verileri kullanılarak problemler aşılabilir.

(4) UA verilerinin kullanılması alternatif bir çözüm sunarken, bu verilerin farklı çözünürlükte olması uzun vadeli kuraklık analizini ve tahminini olumsuz etkilemektedir. Bundan dolayı, UA ve iklimsel verilerin entegrasyonu çalışmanın güvenilirliği için önemlidir.

Çalışmanın güçlü yanlarının bulunduğu kadar sınırlı olduğu noktalar da mevcuttur. Bu çalışmada detaylı şekilde ve uzun süreli (42 yıllık) iklim verileri kullanılarak mevcut kuraklık analizi yapılmış ve önümüzdeki 40 yılın tahmini gerçekleştirilmiştir. Bu yönüyle avantajlı konumda olduğunu ifade etmek yanlış olmayacaktır. Ancak, kuraklığın neden olduğu sorunlar ve çözüm önerileri detaylı şekilde çalışmaya konu olmamıştır. Her ne kadar bu konu üzerinde durulmamış olsa da tarım alanların korunması ve gıda üretiminin güvenilir şekilde devam etmesi için kuraklığın tespit edilmesi, analizlerin yapılması ve çözüm önerileri geliştirilmesi gerekmektedir. Böylece, karar vericilere ve bu konuda politika üreticilere destek sağlanmış olacaktır. Ayrıca, kuraklık yönetimi konusunda da bu çalışmada ayrıntılı bir araştırma yapılmamıştır. Bu çalışmada temel olarak kuraklığın standart kuraklık indeksleriyle doğru ve hassas tespit edilmesi ve de analizlerin yapılması konu olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, çalışma tasarlanmış ve uygulama gerçekleştirilmiştir. Gelecek çalışmalarda, bu çalışmanın üzerinde çok fazla durmadığı konular da ele alınarak daha kapsamlı bir araştırma yapılması planlanmaktadır.

### Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

### Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Araştırma, Metodoloji, Görselleştirme, Yazma – orijinal taslak  
Yazar 2: Biçimsel analiz, İnceleme

### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

### Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

## 7. Kaynaklar

Afshar, M.H., Bulut, B., Duzenli, E., Amjad, M. and Yilmaz, M.T., 2022. Global spatiotemporal consistency between meteorological and soil moisture drought

- indices. *Agricultural and Forest Meteorology*, **316**, 108848.  
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2022.108848>.
- Alahacoon, N. and Edirisinghe, M., 2022. A comprehensive assessment of remote sensing and traditional based drought monitoring indices at global and regional scale. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, **13**, 762-799.  
<https://doi.org/10.1080/19475705.2022.2044394>.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. Fao, Rome, 300(9), D05109.
- Alley, W.M., 1984. The Palmer drought severity index: limitations and assumptions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **23**, 1100-1109.  
[https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1984\)023<1100:TPDSIL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1984)023<1100:TPDSIL>2.0.CO;2).
- Ateşoğlu, A., Arslan, M., Yılmaz, M., Arıkan, T.B. ve Yıldız, S., 2017. Collect Earth Programı kullanılarak Türkiye kurak alanlarının izleme ve değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **17**, 252-261.
- Bayissa, Y., 2018. Developing an impact-based combined drought index for monitoring crop yield anomalies in the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. CRC Press.  
<https://doi.org/10.1201/9780429399510>.
- Beguiría, S., Vicente-Serrano, S.M., Reig, F and Latorre, B., 2014. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. *International journal of climatology*, **34**, 3001-3023.  
<https://doi.org/10.1002/joc.3887>.
- Bekçi, R.N., 2022. Güneş Potansiyeli Analizi Ve İnternet Tabanlı CBS Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 112.
- Çelik, M.Ö. and Yakar, M., 2023. Arazi kullanımı ve Arazi Örtüsü Değişikliklerinin Uzaktan Algılama ve CBS Yöntemi ile İzlenmesi: Mersin, Türkiye Örneği. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, **5**, 43-51.  
<https://doi.org/10.56130/tucbis.1300704>.
- Çoruhlu, Y.E. and Çelik, M.Ö., 2022. Protected area geographical management model from design to implementation for specially protected environment area. *Land Use Policy*, **122**, 106357.  
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106357>.
- Dikici, M. and Aksel, M., 2021. Comparison of drought indices in the case of the Ceyhan Basin. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, **8**, 113-125.  
<https://doi.org/10.30897/ijgeo.792379>.
- Drısyay, J. And Sathish Kumar, D., 2023. Evaluation of the drought management measures in a semi-arid agricultural watershed. *Environment, Development and Sustainability*, **25**, 811-833.  
<https://doi.org/10.1007/s10668-021-02079-4>.
- Dubrovsky, M., Svoboda, M.D., Trnka, M., Hayes, M.J., Wilhite, D.A., Zalud, Z. and Hlavinka, P., 2009. Application of relative drought indices in assessing climate-change impacts on drought conditions in Czechia. *Theoretical and Applied Climatology*, **96**, 155-171.  
<https://doi.org/10.1007/s00704-008-0020-x>.
- Hadri, A., Saidi, M.E.M. and Boudhar, A., 2021. Multiscale drought monitoring and comparison using remote sensing in a Mediterranean arid region: a case study from west-central Morocco. *Arabian Journal of Geosciences*, **14**, 1-18.  
<https://doi.org/10.1007/s12517-021-06493-w>.
- Hargreaves, G.H. and Samani, Z.A., 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, **1**, 96-99.  
<https://doi.org/10.13031/2013.26773>.
- Hobbins, M.T., Dai, A., Roderick, M.L. and Farquhar, G. D., 2008. Revisiting the parameterization of potential evaporation as a driver of long-term water balance trends. *Geophysical Research Letters*, **35**. L12403  
<https://doi.org/10.1029/2008GL033840>.
- İban, M.C., 2022. MODIS Verileri ve VHI İndeksi ile Adana ve Mersin'de Kuraklık Şiddetinin İzlenmesi. 11. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) Teknik Sempozyumu, 12-14 Mayıs 2022, Mersin, Türkiye, 16-19.
- Jacobi, J., Perrone, D., Duncan, L.L. and Hornberger, G. (2013). A tool for calculating the Palmer drought indices. *Water Resources Research*, **49**, 6086-6089.  
<https://doi.org/10.1002/wrcr.20342>.
- Karadirek, I. E., 2022. Drought Management. In *Water and Wastewater Management: Global Problems and Measures* Cham. Springer International Publishing, 27-34.
- Karl, T.R., 1986. The sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmer's Z-index to their calibration coefficients including potential

- evapotranspiration. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 77-86.
- Katipoğlu, O.M. (2023). Prediction of streamflow drought index for short-term hydrological drought in the semi-arid Yesilirmak Basin using Wavelet transform and artificial intelligence techniques. *Sustainability*, **15**, 1109. <https://doi.org/10.3390/su15021109>.
- Kheyruri, Y., Sharafati, A. and Shahid, S., 2023. Evaluation of the impact of large-scale atmospheric indicators and meteorological variables on drought in different regions of Iran. *Environmental Earth Sciences*, **82**, 317. <https://doi.org/10.1007/s12665-023-11015-w>.
- Kikon, A. and Deka, P.C., 2022. Artificial intelligence application in drought assessment, monitoring and forecasting: a review. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, **36**, 1197-1214. <https://doi.org/10.1007/s00477-021-02129-3>.
- Kim, T.W., Valdés, J. B. and Aparicio, J., 2002. Frequency and spatial characteristics of droughts in the Conchos River Basin, Mexico. *Water International*, **27**, 420-430. <https://doi.org/10.1080/02508060208687021>.
- Liu, X., Zhu, X., Pan, Y., Li, S., Liu, Y. and Ma, Y., 2016. Agricultural drought monitoring: Progress, challenges, and prospects. *Journal of Geographical Sciences*, **26**, 750-767. <https://doi.org/10.1007/s11442-016-1297-9>.
- Mishra, A.K. and Desai, V.R., 2005. Spatial and temporal drought analysis in the Kansabati river basin, India. *International Journal of River Basin Management*, **3**, 31-41. <https://doi.org/10.1080/15715124.2005.9635243>.
- Mishra, A.K. and Singh V.P., 2011. Drought modeling—A review. *Journal of Hydrology*, **403**, 157-175. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.049>.
- Mishra, A.K. and Singh, V.P., 2011. Drought modeling—A review. *Journal of Hydrology*, 403(1-2), 157-175. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.049>.
- Mishra, A.K., and Singh V.P., 2009. Analysis of drought severity-area-frequency curves using a general circulation model and scenario uncertainty. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **114**. <https://doi.org/10.1029/2008JD010986>.
- Nie, N., Zhang, W., Chen, H. and Guo, H., 2018. A global hydrological drought index dataset based on gravity recovery and climate experiment (GRACE) data. *Water Resources Management*, 32, 1275-1290. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1869-1>.
- Öztürk, T. ve Gürsoy, F., 2022. Küresel iklim değişikliğinin Arktik Okyanusu'na Jeopolitik Etkisi. *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **22**, 117–31. <https://doi.org/10.25294/auibfd.1053878>.
- Palmer W.C., 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new crop moisture index. *Weatherwise*, **21**, 156.161. <https://doi.org/10.1080/00431672.1968.9932814>.
- Pande, C.B., Costache, R., Sammen, S.S., Noor, R. and Elbeltagi, A., 2023. Combination of data-driven models and best subset regression for predicting the standardized precipitation index (SPI) at the Upper Godavari Basin in India. *Theoretical and Applied Climatology*, **152**, 535-558. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04426-z>.
- Peña-Gallardo, M., Vicente-Serrano, S.M., Camarero, J. J., Gazol, A., Sánchez-Salguero, R., Domínguez-Castro, F. and Galván, J.D., 2018. Drought sensitiveness on forest growth in peninsular Spain and the Balearic Islands. *Forests*, **9**, 524. <https://doi.org/10.3390/f9090524>.
- Ramirez, S.G., 2023. Applied Machine Learning in Development of Geospatial Information Tools for Sustainable Groundwater Management PhD thesis, Brigham Young University, Department of Civil and Construction Engineering, Brigham, 93.
- Savari, M., Damaneh, H.E. and Damaneh, H.E., 2022. Drought vulnerability assessment: Solution for risk alleviation and drought management among Iranian farmers. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **67**, 102654. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102654>.
- Sawadogo, A., Tim, H., Gündoğdu, K.S., Demir, A.O., Ünlü, M. and Zwart, S.J., 2020. Comparative analysis of the pysebal model and lysimeter for estimating actual evapotranspiration of soybean crop in Adana, Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 5(2), 60-65. <https://doi.org/10.26833/ijeg.573503>.
- Sertel, E., Algan, I. Y., Alp, G., Musaoğlu, N. and Kaya, Ş., 2017. Yüksek çözünürlüklü uydu verileri kullanılarak 1: 25000 ölçekli ulusal arazi örtüsü/kullanımı sınıflandırma sisteminin geliştirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **17**, 232-241.

- Seyam, M.M.H., Haque, M.R. and Rahman, M.M., 2023. Identifying the land use land cover (LULC) changes using remote sensing and GIS approach: A case study at Bhaluka in Mymensingh, Bangladesh. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, **100293**, <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100293>.
- Shoumik, B.A.A., Khan, M.Z. and Islam, M.S., 2023. Spatio-temporal characteristics of meteorological and agricultural drought indices and their dynamic relationships during the pre-monsoon season in drought-prone region of Bangladesh. *Environmental Challenges*, **11**, 100695. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100695>.
- Sohrabi, M.M., Ryu, J.H., Abatzoglou, J. and Tracy, J., 2015. Development of soil moisture drought index to characterize droughts. *Journal of Hydrologic Engineering*, **20**(11), 04015025. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0001213](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001213).
- Tam, B.Y., Cannon, A.J. and Bonsal, B.R., 2023. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) for Canada: assessment of probability distributions. *Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne des ressources hydriques*, **1-17**. <https://doi.org/10.1080/07011784.2023.2183143>.
- Tigkas, D., Vangelis, H. and Tsakiris, G., 2015. DrinC: a software for drought analysis based on drought indices. *Earth Science Informatics*, **8**, 697-709. <https://doi.org/10.1007/s12145-014-0178-y>.
- Tigkas, D., Vangelis, H. and Tsakiris, G., 2017. An enhanced effective reconnaissance drought index for the characterisation of agricultural drought. *Environmental Processes*, **4**, 137-148. <https://doi.org/10.1007/s40710-017-0219-x>.
- Van Loon, A. F., 2015. Hydrological drought explained. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, **2**, 359-392. <https://doi.org/10.1002/wat2.1085>.
- Varol, T., Atesoglu, A., Ozel, H.B. and Cetin, M., 2023. Copula-based multivariate standardized drought index (MSDI) and length, severity, and frequency of hydrological drought in the Upper Sakarya Basin, Turkey. *Natural Hazards*, **116**, 3669-3683. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05830-4>.
- Vicente-Serrano, S.M., 2006. Differences in spatial patterns of drought on different time scales: an analysis of the Iberian Peninsula. *Water resources management*, **20**, 37-60. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-2974-8>.
- Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S. and López-Moreno, J.I., 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of climate*, **23**, 1696-1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>.
- Wells, N., Goddard, S. and Hayes, M.J., 2004. A self-calibrating Palmer drought severity index. *Journal of climate*, **17**, 2335-2351. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<2335:ASPSDI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<2335:ASPSDI>2.0.CO;2).
- Yilmaz, C. B., Bodu, H., Yüce, E. S., Demir, V. Ve Sevimli, M.F., 2023. Türkiye'nin uzun dönem ortalama sıcaklık (° C) değerlerinin üç farklı enterpolasyon yöntemi ile tahmini. *Geomatik*, **8**(1), 9-17. <https://doi.org/10.29128/geomatik.984310>.
- Yıldız, O., Coruhlu, Y. E. and Biyik, C., 2018. Registration of agricultural areas towards the development of a future Turkish cadastral system. *Land use policy*, **78**, 207-218. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.041>.
- Zambrano, F., Lillo-Saavedra, M., Verbist, K. and Lagos, O., 2016. Sixteen years of agricultural drought assessment of the BioBío region in Chile using a 250 m resolution Vegetation Condition Index (VCI). *Remote Sensing*, **8**, 530. <https://doi.org/10.3390/rs8060530>.
- Zhang, C., Yang, Z., Zhao, H., Sun, Z., Di, L., Bindlish, R. and Yueh, S.H. (2022). Crop-CASMA: A web geoprocessing and map service based architecture and implementation for serving soil moisture and crop vegetation condition data over US Cropland. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **112**, 102902. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102902>.
- Zhang, N., Li, Z. and Quiring, S.M., 2023. Developing Impacts-Based Drought Thresholds for Ohio. *Journal of Hydrometeorology*, **1225-1240**. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-22-0054.1>.

#### İnternet kaynakları

- 1-<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-index-spi>, (14.05.2023).
- 2-<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kent-Kir-Nufus-Istatistikleri-2022-49755>, (17.05.2023).
- 3- <https://cip.tuik.gov.tr/#>, (17.05.2023).
- 4- <http://www.mersin.gov.tr/tarim>, (15.06.2023).

5-<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=MERSIN>, (20.06.2023).

6- <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=aylik&k=spi#sfB>, (20.06.2023).

7- <https://www.mersin.bel.tr/haber/mersin-cok-siddetli-kuraklik-kategorisine-gecti-1677827585>, (20.06.2023).

8-<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>, (20.06.2023).

9-[https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/factsheets/factsheet\\_spi\\_ado.pdf](https://edo.jrc.ec.europa.eu/documents/factsheets/factsheet_spi_ado.pdf) , (05.07.2023).

10- <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/standardized-precipitation-evapotranspiration-index-spei>, (05.07.2023).

11- <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Haber/1139/Gida-Guvenligi-Ve-Su-Yonetimi>, (10.07.2023).