

## Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Göller Yöresinde Bir Uygulama

Ali Demir KESKİNER\*<sup>1</sup>, Oğuz ŞİMŞEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 63050, Şanlıurfa, Türkiye

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 63050, Şanlıurfa, Türkiye

(Alınış / Received: 02.12.2022, Kabul / Accepted: 27.01.2023, Online Yayınlanma / Published Online: 25.04.2023)

### Anahtar Kelimeler

Göller yöresi,  
Meteorolojik kuraklık,  
SYİ,  
Frekans analizi

**Öz:** Akdeniz bölgesinin Göller Yöresinde katma değeri yüksek tarım ürünleri yetiştirilmektedir. Bu çalışmada; Göller Yöresinde bulunan üç meteoroloji gözlem istasyonunun 3, 6 ve 12 aylık periyotları için elde edilen Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) serilerine frekans analizi uygulanarak meteorolojik kuraklığın izlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Göller Yöresinde bulunan Isparta, Eğirdir ve Seydişehir meteoroloji gözlem istasyonlarında 1980-2021 hidrolojik yılları arasında elde edilen aylık toplam yağış miktarları kullanılarak her bir istasyonun 3, 6 ve 12 aylık periyotlar için SYİ değerleri hesaplanmıştır. SYİ serileri 1980-2011 ve 2012-2021 hidrolojik yıllarını temsil edecek şekilde ikiye bölünerek 1980-2011 dönemine frekans analizi uygulanmıştır. Frekans analizine dahil edilmeyen son on yılı temsil eden 2012-2021 dönemi için hesaplanan SYİ değerlerinin gerçekleştiren yinelenme yılları; 1980-2011 dönemini temsil eden en uygun olasılık dağılım modelleri kullanılarak hesaplanmıştır. Son 10 yılın SYİ değerlerinin yinelenme yılları esas alındığında Isparta, Eğirdir ve Seydişehir istasyonlarında her periyot ve dönemde en az bir kez 5 yıl ve üzerinde yinelenmeye sahip kurak dönemlerin gerçekleştiği ve istasyonların meteorolojik kuraklık riski altında olduğu saptanmıştır. Seydişehir istasyonunun, Isparta ve Eğirdir istasyonlarına göre gelecek yıllarda daha şiddetli kuraklıklara maruz kalacağı öngörülmüştür.

## Probabilistic Meteorological Drought Analysis: An Application in the Lake District

### Keywords

Lake district,  
Meteorological drought,  
SPI,  
Frequency analysis

**Abstract:** The Lake District located in the Mediterranean region, and high-value agricultural products are grown. This study aims to monitor meteorological drought by applying frequency analysis to the Standardized Precipitation Index (SPI) series obtained for 3, 6, and 12-month periods of three meteorological observation stations in the Lake District. In this context, the SPI values of each station for the 3, 6, and 12-month periods were calculated by using the monthly total precipitation amounts for the 1980-2021 hydrological years obtained from Isparta, Eğirdir, and Seydisehir meteorological observation stations located in the lakes region. The SPI series obtained were divided into two parts to represent the hydrological years 1980-2011 and 2012-2021 and then frequency analysis was performed on the SPI series of the 1980-2011 period. The recurrence interval in years of SPI values for the period 2012-2021 which represents the last ten years not included in the frequency analysis, was calculated using the most suitable probability distribution models representing the 1980-2011 period. Based on return years of the SPI values in the last 10 years, a drought event with 5-year return periods or more has occurred at least once in each period at Isparta, Eğirdir, and Seydisehir stations and it has been determined that the stations are at risk of meteorological drought. It is likely that Seydisehir station will be exposed to more severe droughts in the near future compared to Isparta and Eğirdir stations.

### 1. Giriş

Kuraklık, canlıların yaşamında olumsuz etkilere yol açabilecek meteorolojik kökenli bir afettir [1]. Bu

nedenle, kuraklığın meydana gelme sebeplerini incelemek; küresel ısınma ve iklim değişiminin kuraklığa etkisini saptayabilmek adına uzun dönem iklim elemanlarının analiz edilmesi oldukça önemli

\*İlgili yazar: adkeskiner@harran.edu.tr

hale gelmektedir. Kuraklığın türleri ve etkilerinin bölgeden bölgeye farklılık göstermesi kuraklık tanımının bölgeye ve sektörlere göre değişmesine neden olmaktadır. En yalın haliyle kuraklık; canlıların yaşamsal faaliyetleri için ihtiyaç duyulan su talebinin karşılanamaması olarak tanımlanabilir [2]. Günümüzde küresel bir sorun haline gelen kuraklığın başlangıç ve bitiş sürelerinin belirsizliği çarpan etkisi oluşturarak birçok doğal ve beşerî kaynakları olumsuz yönde etkileyebilmektedir [3, 4].

Son yıllarda küresel ısınma ile birlikte meteorolojik hava olaylarında meydana gelen ekstrem değişimler ülkemizi de etkisi altına almaktadır. Yarı kurak iklim kuşağında bulunan ülkemizde, güney ve batı bölgelerde sıcaklıkların artması beklenirken yağış miktarlarında azalmalar öngörülmektedir. Nitekim, coğrafi bölgelerimizin tamamında 1970'lerin başından beri mevsimlerde oluşabilen meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklığın yinelenmesi ve şiddetinde artışlar söz konusudur [5, 6]. Dolayısıyla, kuraklıkta meydana gelen değişikliklerin belirlenip olası kuraklıkların analiz edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması bir ihtiyaç haline gelmektedir. Kuraklığın izlenmesinde kuraklığın ilk aşaması olarak kabul edilen meteorolojik kuraklığın zamansal değişiminin bilinmesi su kaynaklarının yönetimi ve risklerin paylaşımı açısından göz ardı edilemeyecek bir husus olarak değerlendirilmektedir. Meteorolojik kuraklığın başlangıç ve bitiş zamanının, süresinin, şiddetinin ve yerinin belirsiz olması kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla birçok yöntemin geliştirilmesine sebep olmuştur [7-10]. Meteorolojik kuraklığın teorik olarak belirlenmesinde sadece yağış verilerine ihtiyaç duyan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) en çok kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Yağış serilerini tek bir sayısal değere dönüştüren Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) McKee vd. [11] tarafından kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla geliştirilmiştir. SYİ yöntemi, gamma dağılımına uydurulmuş yağış verileri için, seçilmiş bir zaman dilimi içinde yağışın ( $X_i$ ) ortalamadan ( $X_{ort}$ ) olan farkının standart sapmaya ( $\sigma$ ) bölünmesi ile elde edilmektedir. Bu metodun hesaplama kolaylığı ve sadece yağış verilerine ihtiyaç duymasından dolayı dünyada farklı araştırmacılar tarafından meteorolojik kuraklığın analizinde oldukça sık tercih edilmektedir [4, 12-19].

Kuraklık ile ilgili çalışmalarda kuraklık indis serilerine frekans analizi uygulanmasıyla meteorolojik kuraklık olasılıksal olarak da ifade edilebilmektedir [20-22]. İklim değişikliği ile birlikte su kıtlığının diğer bir ifadeyle kuraklığın frekansını artırması ve küresel boyutta mevcut kullanılabilir tatlı su kaynaklarının %70'inin tarım sektöründe kullanılması tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir [23, 24]. Bu bağlamda, katma değeri yüksek tarım ürünlerinin yetiştirildiği Göller Yöresinde kuraklığın izlenmesi oldukça önem arz etmektedir.

Yürütülen bu çalışmada:

1. Göller Yöresinde bulunan Isparta, Eğirdir ve Seydişehir meteoroloji gözlem istasyonlarının 1980-2021 hidrolojik yılları için 3, 6 ve 12 aylık periyotlar ve bu periyotların her farklı dönemi için SYİ serilerinin elde edilmesi,
2. Hesaplanan SYİ serilerinin; 1980-2011 ve 2012-2021 hidrolojik yıllarını temsil edecek şekilde ikiye ayrılması ve 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden SYİ serilerine frekans analizi uygulanarak olasılık dağılım modellerinin belirlenmesi,
3. Her istasyon için 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden SYİ serilerinin uyduğu olasılık dağılım modelleri kullanılarak 2012-2021 hidrolojik yılları için hesaplanan SYİ indeks değerlerinin son 10 yıl içerisinde meydana gelen yinelenme (tekerrür) yılları esas alınarak meteorolojik kuraklığın izlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

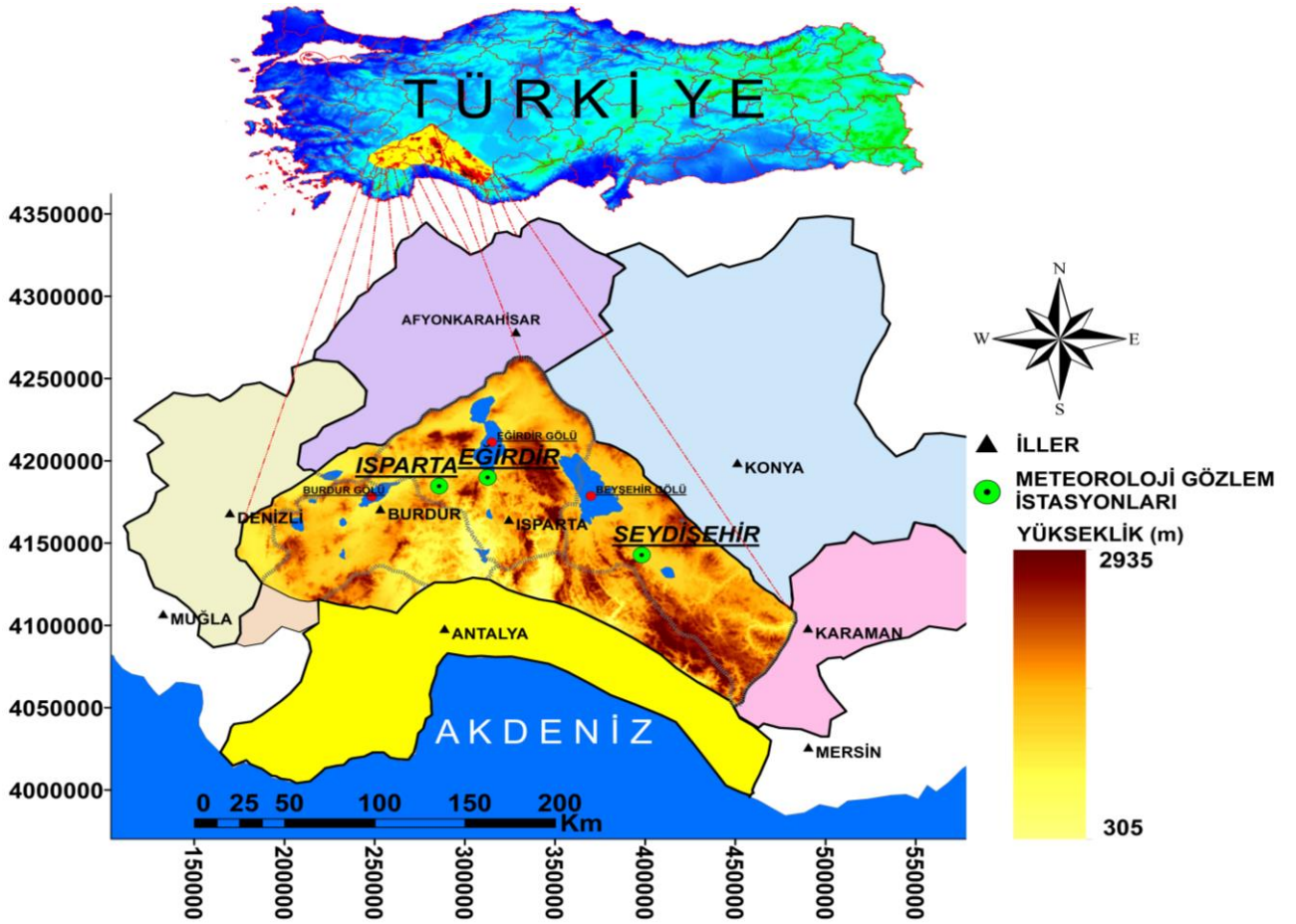
Çalışmanın yürütüldüğü Göller Yöresi (Şekil 1); Batı Akdeniz'in kuzeyi ile Orta Anadolu ve Ege bölgesine doğru yayılım gösteren Afyonkarahisar, Denizli, Konya, Antalya ve Burdur illerinin bir kısmı ile Isparta ilinin tamamını kapsayan bir çok büyüklü küçükölü gölün bulunduğu havza olarak tasvir edilebilir [25].

Yapılan çalışmada, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait Göllere Yöresinde bulunan Isparta, Eğirdir ve Seydişehir meteoroloji gözlem istasyonlarında 1980-2021 Hidrolojik Yılları (Su Yılları) arasında gözlemlenen aylık toplam yağış serileri meteorolojik kuraklık analizinde kullanılmıştır. Aylık toplam yağış serileri yardımıyla, 3, 6 ve 12 aylık periyotlar ve bu periyotların her farklı dönemi için SYİ değerleri hesaplanarak SYİ serileri elde edilmiştir. İstasyon bilgileri ve yıllık toplam yağış serilerine ait istatistikler Tablo 1'de verilmiştir. Çalışma bölgesinin en doğusunda Seydişehir istasyonu, en batısında ise Isparta istasyonu bulunmaktadır. Ele alınan istasyonlarda minimum ve maksimum yıllık toplam yağışlar 333 mm ile 1256 mm arasında değişirken, bu istasyonlar arasında en büyük ortalama yıllık toplam yağış değeri Eğirdir istasyonunda 806 mm olarak elde edilmiştir. Yağış verilerinde en büyük standart sapma ve çarpıklık değeri Seydişehir istasyonunda, en büyük baskınlık değeri ise Eğirdir istasyonunda elde edilmiştir.

### 2.2. Metot

#### 2.2.1. Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ)

Kuraklığın belirlenmesinde sadece yağış değişkenine göre analiz yapan yöntemlerden bir tanesi



Şekil 1. Göller yöresinin sayısal yükseklik modeli ve Türkiye'deki konumu

Tablo 1. İstasyonların 1980-2021 su yıllarını kapsayan yıllık toplam yağış serilerine ait tanımlayıcı istatistikleri

Adı	No	Enlem (°)	Boylam (°)	Ölçüm aralığı	Min. (mm)	Mak. (mm)	Ortalama (mm)	Stan. Sap. (mm)	Çarpıklık	Basıklık
Isparta	17240	37.78	30.57	1980-2021	333.60	738.90	514.36	101.63	0.49	-0.15
Eğirdir	17882	37.84	30.87	1980-2021	476.20	1256.90	805.99	144.25	0.49	1.47
Seydişehir	17898	37.43	31.85	1980-2021	474.90	1202.00	762.12	149.27	0.65	1.17

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemidir [8]. Yağış toplamalarına gamma olasılık yoğunluk fonksiyonunu uydurulması esasına dayanan SYİ yöntemi Eşitlik 1'de verildiği gibi aylık yağışlar ve uzun dönemli yağış ortalamaları arasındaki farkın standart sapmaya bölünmesiyle normalize edilerek saptanabilmektedir.

$$SYİ = \frac{x_{ij} - x_{im}}{\sigma} \quad (1)$$

Burada;  $x_{ij}$ ,  $i$ . yağış istasyonundaki  $j$ . gözlemdaki aylık yağışı;  $x_{im}$ , uzun dönemli yağış ortalamasını ve  $\sigma$  standart sapmayı ifade etmektedir.

SYİ değerinin; sıfırın altına düştüğü dönemler kuraklığın olduğu dönemler olarak kabul edilirken, pozitif değere sahip dönemler kuraklığın bittiği, yani yağışlı dönemler olarak değerlendirilir. SYİ değerleri sürekli olarak negatif ise bu zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. SYİ yöntemi kuraklık şiddetleri ve buna bağlı kuraklık sınıflandırılması Tablo 2'de gösterilmiştir [11, 26].

Tablo 2. SYİ kuraklık sınıflandırılması

İndis Değeri	Kuraklık Sınıfları
$2.0 > SYİ$	Aşırı yağışlı (AY)
$1.5 < SYİ \leq 2.0$	Çok yağışlı (ÇY)
$1.0 < SYİ \leq 1.5$	Orta yağışlı (OY)
$0 < SYİ \leq 1.0$	Hafif yağışlı (HY)
$-1.0 < SYİ \leq 0$	Hafif kurak (HK)
$-1.5 < SYİ \leq -1.0$	Orta kurak (OK)
$-2.0 < SYİ \leq -1.5$	Çok kurak (ÇK)
$-2.0 \leq SYİ$	Aşırı kurak (AK)

## 2.2.2. Frekans analizi

Isparta, Eğirdir ve Seydişehir meteoroloji gözlem istasyonlarının 1980-2021 hidrolojik yılları için 3, 6 ve 12 aylık periyotlarında hesaplanan SYİ serileri; 1980-2011 ve 2012-2021 hidrolojik yıllarını temsil edecek şekilde ikiye ayrılmıştır. İkiye ayrılan bu serilerden 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden SYİ serilerine uygulanan frekans analizleri BestFit [27] ortamında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen olasılık dağılımlarının uygunluk testleri, %5 güven düzeyinde

Kolmogorov-Smirnov testi ile yapılmıştır [28]. 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden SYİ serileri için belirlenen olasılık dağılımlarına ilişkin “*frekans faktör eşitliği*” [29] kullanılmak suretiyle 2012-2021 hidrolojik yıl için hesaplanan SYİ indeks değerlerinin son 10 yıl içerisinde meydana gelen yinelenme (tekerrür) yılları her istasyon için ayrı ayrı elde edilmiştir (Eşitlik 2).

$$\left. \begin{aligned} X_{p\%} &= \bar{X} + K_{p\%}S \\ Tr &= \frac{1}{P\%} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Burada:  $S$ , standart sapmayı;  $\bar{x}$ , frekans analizine tabi tutulan veri setinin ortalamasını;  $X_{p\%}$ , incelenen değişkenin belirlenen olasılık düzeyinde ( $P\%$ ) beklenen değerini;  $Tr$ , belirlenen olasılık düzeyinin yinelenme yılı ve  $K_{p\%}$ , frekans faktörü olup, belirlenen olasılık düzeyinde ( $P\%$ ) verilen frekans dağılımının bir özelliğidir. Yağış ve kuraklık ters orantılı olaylardır. SYİ serilerine yapılan frekans analizlerinde belli bir olasılıkta beklenen SYİ değerlerinin küçülmesi olma olasılıklarının azalması anlamına gelmektedir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. SYİ kuraklık analizi sonuçları

Göller yöresinde Isparta, Eğirdir ve Seydişehir meteoroloji gözlem istasyonlarının 1980-2021 hidrolojik yılları SYİ serilerinin 3, 6 ve 12 aylık tüm periyotların ve bu periyotların her farklı dönemini kapsayan ortalama meteorolojik kuraklık oluşum yüzdesi sırasıyla; %49, %47 ve %45 olarak gerçekleşmiştir (Tablo 3). Isparta ve Eğirdir istasyonlarının 3 aylık zaman periyodunun 1. dönemleri (SYİ3-1) dışında 3 gözlem istasyonunda da kurak oluşumunun %50'nin altında meydana geldiği bulunmuştur. Altı aylık zaman periyodu için ise benzer bir şekilde Isparta ve Eğirdir istasyonlarının 6 aylık zaman periyodunun ilk döneminde (Ekim-Mart) SYİ6-1 dışında, üç istasyonda da kuraklığın %50'nin altında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Seydişehir istasyonunun 12 aylık zaman periyodunda kuraklık oluşumu %45 olmuştur. Seydişehir istasyonunun diğer iki istasyona göre nispeten daha yağışlı bir karaktere sahip olduğu görülmektedir. Isparta ve Eğirdir istasyonlarının 12 aylık zaman periyodunda

ise kuraklık oluşumu sırasıyla %57 ve %52 olarak gerçekleşmiştir.

Isparta, Eğirdir ve Seydişehir istasyonlarının SYİ yöntemi ile kuraklık şiddeti farklı kategorilere göre sınıflandırılarak incelenmiştir. Hakim kuraklık sınıfının Tablo 4'te görüldüğü üzere “Hafif kurak” ve “Hafif yağışlı” olduğu belirlenmiştir. Bu istasyonlarda; 3, 6 ve 12 aylık tüm periyotların “Hafif kurak” ve “Hafif yağışlı” iklim sınıflarının oluşum yüzdeleri ortalama %30 ve %37 olarak gerçekleşmiştir. Tüm istasyonlarda kurak dönemlerin (AK, ÇK, OK ve HK) oluşum yüzdelerinin toplamının en yüksek olduğu dönemler ise; Isparta istasyonunda SYİ6-1 ve SYİ12 dönemlerinde aynı değerle %57.2, Eğirdir istasyonunda Isparta istasyonu ile aynı dönemlerde (SYİ6-1 ve SYİ12) %52.4, Seydişehir istasyonunda SYİ3-2 ve SYİ3-4 dönemlerinde aynı değerle %47.6 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Isparta ve Eğirdir istasyonlarında çalışma kapsamında, zaman ölçeğinin büyümesiyle (6 aylıktan 12 aylığa) kuraklık oluşumunun artış eğilimine girdiği tespit edilmiştir.

İstasyonların 1980-2021 hidrolojik yılları arasında her farklı zaman periyodu ve dönemi için hesaplanan kuraklık şiddetleri yardımıyla SYİ serilerinin de görülen en büyük kuraklık şiddetleri ve en uzun ardışık meydana gelen kurak yıllar ise Tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5 incelendiğinde, en şiddetli geçen hidrolojik yıl Eğirdir istasyonunda 1998-1999 su yılında -2.92 şiddetinde SYİ3-3 döneminde gerçekleşmiştir. En uzun süren ardışık kuraklık ise 10 yıl ile yine Eğirdir istasyonunda SYİ12 periyodunda 1984-1994 yılları arasında meydana geldiği görülmektedir. İkinci olarak en şiddetli kuraklığın yaşandığı istasyon ise 1990 su yılının SYİ3-2 döneminde, -2.46 değeri ile Isparta istasyonudur. Yine ikinci olarak en uzun süren ardışık geçen kurak dönem (1988-1994) 6 yıl ile Isparta istasyonunda yaşanmıştır. Seydişehir istasyonunda ise 2012 su yılında SYİ3-4 döneminde en büyük kuraklık şiddeti -2.41 olarak meydana gelmiştir. Ardışık geçen kurak dönem (1988-1993/2003-2008) ikişer dönem 6 yıl süre ile Isparta istasyonunda yaşanmıştır. Seydişehir istasyonunun daha öncede değinildiği üzere, Isparta ve Eğirdir istasyonlarına nazaran daha yağışlı bir karaktere sahip olduğu Tablo 5'te verilen bulgularla örtüşmekle birlikte şiddetli kuraklıklara maruz kaldığıda dikkat çekmektedir.

**Tablo 3.** Araştırmada kullanılan İstasyonların 1980-2021 hidrolojik yıllarında gerçekleşen kurak dönemlerin oluşum yüzdeleri (%)

Periyotlar	Dönemler	Dönemlerin Kapsadığı Aylar	Isparta	Eğirdir	Seydişehir
SYİ3	SYİ3-1	Ekim, Kasım, Aralık	50	50	45
	SYİ3-2	Ocak, Şubat, Mart	43	38	48
	SYİ3-3	Nisan, Mayıs, Haziran	43	45	40
	SYİ3-4	Temmuz, Ağustos, Eylül	48	43	48
SYİ6	SYİ6-1	Ekim-Mart	57	52	45
	SYİ6-2	Nisan-Eylül	43	45	45
SYİ12	SYİ12	Ekim-Eylül	57	52	45
		Ortalama	49	47	45

**Tablo 4.** İstasyonlarının 1980-2021 hidrolojik yıllarında farklı zaman periyotlarına bağlı kuraklık sınıflarının oluşum yüzdeleri (%)

	Periyot	AK	ÇK	OK	HK	HY	OY	ÇY	AY
ISPARTA	SYİ3-1	4.8	2.4	11.9	31.0	40.5	2.4	2.4	4.8
	SYİ3-2	4.8	4.8	9.5	23.8	40.5	14.3	0.0	2.4
	SYİ3-3	2.4	9.5	7.1	23.8	42.9	7.1	4.8	2.4
	SYİ3-4	2.4	4.8	9.5	31.0	31.0	19.0	2.4	0.0
	SYİ6-1	2.4	2.4	9.5	42.9	23.8	7.1	9.5	2.4
	SYİ6-2	2.4	7.1	7.1	26.2	38.1	14.3	4.8	0.0
	SYİ12	0.0	7.1	14.3	35.7	26.2	4.8	11.9	0.0
	<b>Ortalama</b>	<b>2.7</b>	<b>5.4</b>	<b>9.9</b>	<b>30.6</b>	<b>34.7</b>	<b>9.9</b>	<b>5.1</b>	<b>1.7</b>
EĞİRDİR	SYİ3-1	0.0	11.9	7.1	31.0	35.7	9.5	2.4	2.4
	SYİ3-2	0.0	7.1	14.3	16.7	45.2	14.3	0.0	2.4
	SYİ3-3	4.8	4.8	2.4	33.3	38.1	16.7	0.0	0.0
	SYİ3-4	7.1	2.4	2.4	31.0	47.6	2.4	7.1	0.0
	SYİ6-1	2.4	4.8	9.5	35.7	33.3	9.5	2.4	2.4
	SYİ6-2	4.8	2.4	9.5	28.6	33.3	21.4	0.0	0.0
	SYİ12	2.4	4.8	7.1	38.1	35.7	7.1	2.4	2.4
	<b>Ortalama</b>	<b>3.1</b>	<b>5.4</b>	<b>7.5</b>	<b>30.6</b>	<b>38.4</b>	<b>11.6</b>	<b>2.0</b>	<b>1.4</b>
SEYDİŞEHİR	SYİ3-1	4.8	4.8	7.1	28.6	38.1	14.3	0.0	2.4
	SYİ3-2	2.4	4.8	11.9	28.6	40.5	7.1	2.4	2.4
	SYİ3-3	2.4	9.5	7.1	21.4	47.6	7.1	0.0	4.8
	SYİ3-4	4.8	4.8	4.8	33.3	35.7	11.9	2.4	2.4
	SYİ6-1	2.4	4.8	9.5	28.6	35.7	11.9	7.1	0.0
	SYİ6-2	2.4	7.1	9.5	26.2	38.1	9.5	7.1	0.0
	SYİ12	2.4	4.8	9.5	28.6	33.3	16.7	2.4	2.4
	<b>Ortalama</b>	<b>3.1</b>	<b>5.8</b>	<b>8.5</b>	<b>27.9</b>	<b>38.4</b>	<b>11.2</b>	<b>3.1</b>	<b>2.0</b>

\* Aşırı kurak (AK), Çok kurak (ÇK), Orta kurak (OK), Hafif kurak (HK), Hafif yağışlı (HY), Orta yağışlı (OY), Çok yağışlı (ÇY), Aşırı yağışlı (AY)

**Tablo 5.** Farklı zaman periyotları ve dönemlerde istasyonlarda görülen en şiddetli kuraklık değerleri ve kurak geçen ardışık yıllar

	Isparta		Eğirdir		Seydişehir	
	Şiddetli Kuraklık (Su Yılı / Şiddet)	Kurak Dönem (Tarih / Yıl)	Şiddetli Kuraklık (Su Yılı / Şiddet)	Kurak Dönem (Tarih / Yıl)	Şiddetli Kuraklık (Su Yılı / Şiddet)	Kurak Dönem (Tarih / Yıl)
SYİ3-1	1999-2000 / -2.14	1984-1988 / 4	2015-2016 / -1.81	1982-1988 / 6	1999-2000 / -2.22	2004-2007 / 3
SYİ3-2	1989-1990 / -2.46	1988-1993 / 5	1990-1991 / -1.96	1988-1992 / 4	1996-1997 / -2.09	1988-1993 / 5
SYİ3-3	1998-1999 / -2.38	2003-2008 / 5	1998-1999 / -2.92	2004-2010 / 6	2006-2007 / -2.28	2003-2008 / 5
SYİ3-4	1992-1993 / -2.18	1984-1987 / 3	1992-1993 / -2.68	1984-1988 / 4	2011-2012 / -2.41	1981-1985 / 4
SYİ6-1	1999-2000 / -2.39	1984-1987 / 3	1990-1991 / -2.19	1984-1991 / 7	2000-2001 / -2.38	1981-1985 / 4
SYİ6-2	1988-1989 / -2.26	1997-2001 / 4	1980-1981 / -2.41	1983-1986 / 3	1984-1985 / -2.06	1982-1986 / 4
SYİ12	1999-2000 / -1.98	1988-1994 / 6	2006-2007 / -2.50	1984-1994 / 10	2000-2001 / -2.03	1982-1986 / 4

### 3.2. Frekans analizi sonuçları

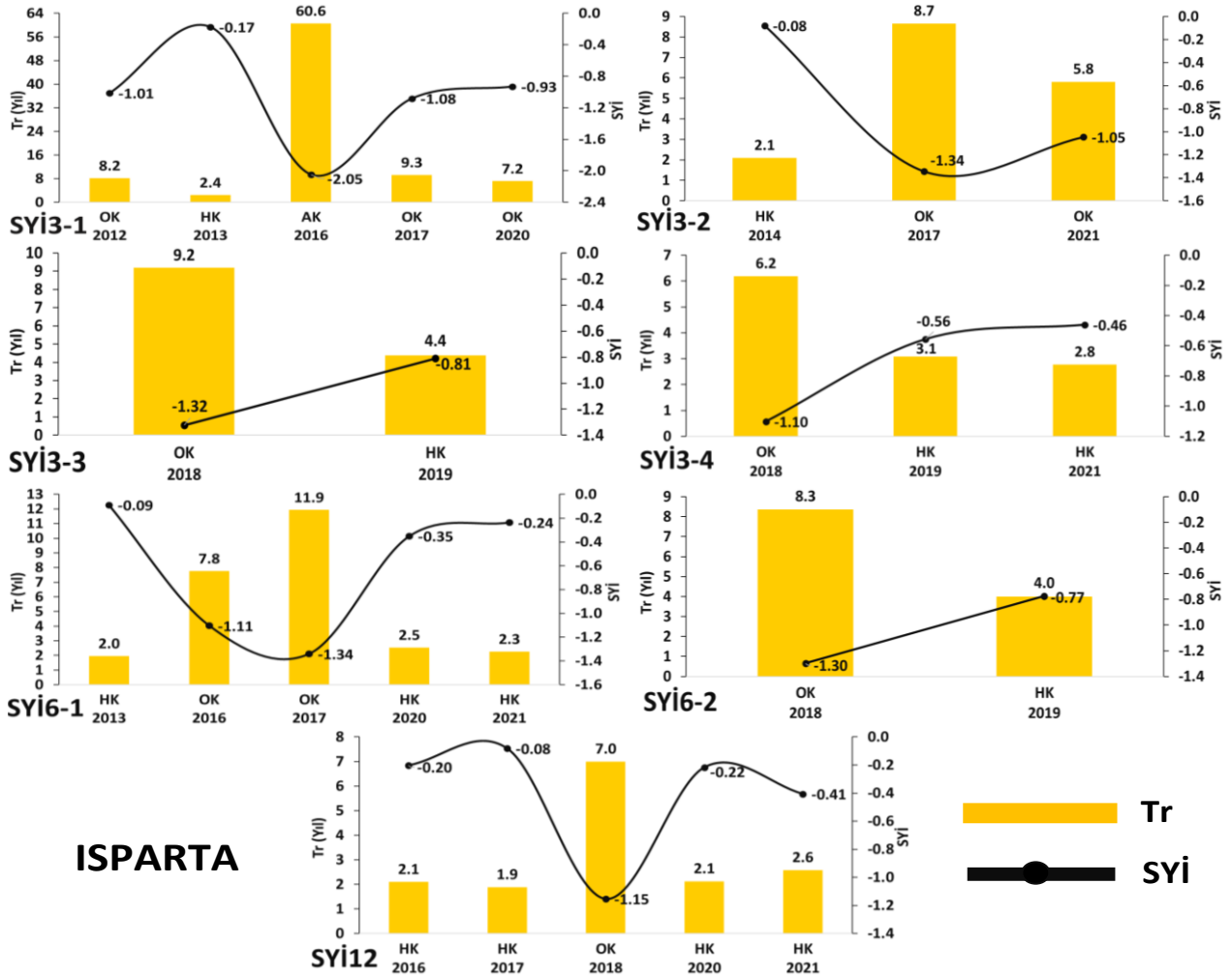
Isparta, Eğirdir ve Seydişehir meteoroloji gözlem istasyonlarının 1980-2021 hidrolojik yılları için 3, 6 ve 12 aylık periyotlar ve bu periyotların farklı dönemlerini temsil eden SYİ serileri hesaplanmıştır. Bu seriler; 1980-2011 ve 2012-2021 hidrolojik yıllarını temsil edecek şekilde ikiye ayrılarak 1980-2011 hidrolojik yılları için frekans analizi uygulanmıştır. Frekans analizi sonucunda yapılan Kolmogorov-Smirnov uygunluk testine göre 21 adet SYİ serisi 4 farklı olasılık dağılımı ile uyum göstermiştir. Yedi farklı periyotta; Isparta 3, Eğirdir 4, Seydişehir istasyonunun ise 3 farklı olasılık dağılımı ile temsil edildiği görülmektedir (Tablo 6).

Tablo 6'da verilen 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden SYİ serilerinin uyduğu olasılık dağılım fonksiyonlarını kullanılarak kurak dönemleri temsilen 2012-2021 hidrolojik yılları için hesaplanan sıfırdan küçük SYİ indeks değerlerinin hangi yinelenme

süresinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Diğer bir ifadeyle; 2012-2021 yılları için elde edilen sıfırdan küçük SYİ değerleri 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden SYİ serilerinin uyduğu olasılık dağılım modeline göre son 10 yıl içerisinde hangi yinelenme yılı ile gerçekleştiği hesaplanmıştır. Bu kapsamda; Isparta istasyonuna ait 2012-2021 hidrolojik yılları için hesaplanan sıfırdan küçük SYİ değerleri ve yinelenme yılları (Tr) Şekil 2'de verilmiştir.

**Tablo 6.** İstasyonlarının 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden SYİ serilerinin uyduğu olasılık dağılım modelleri

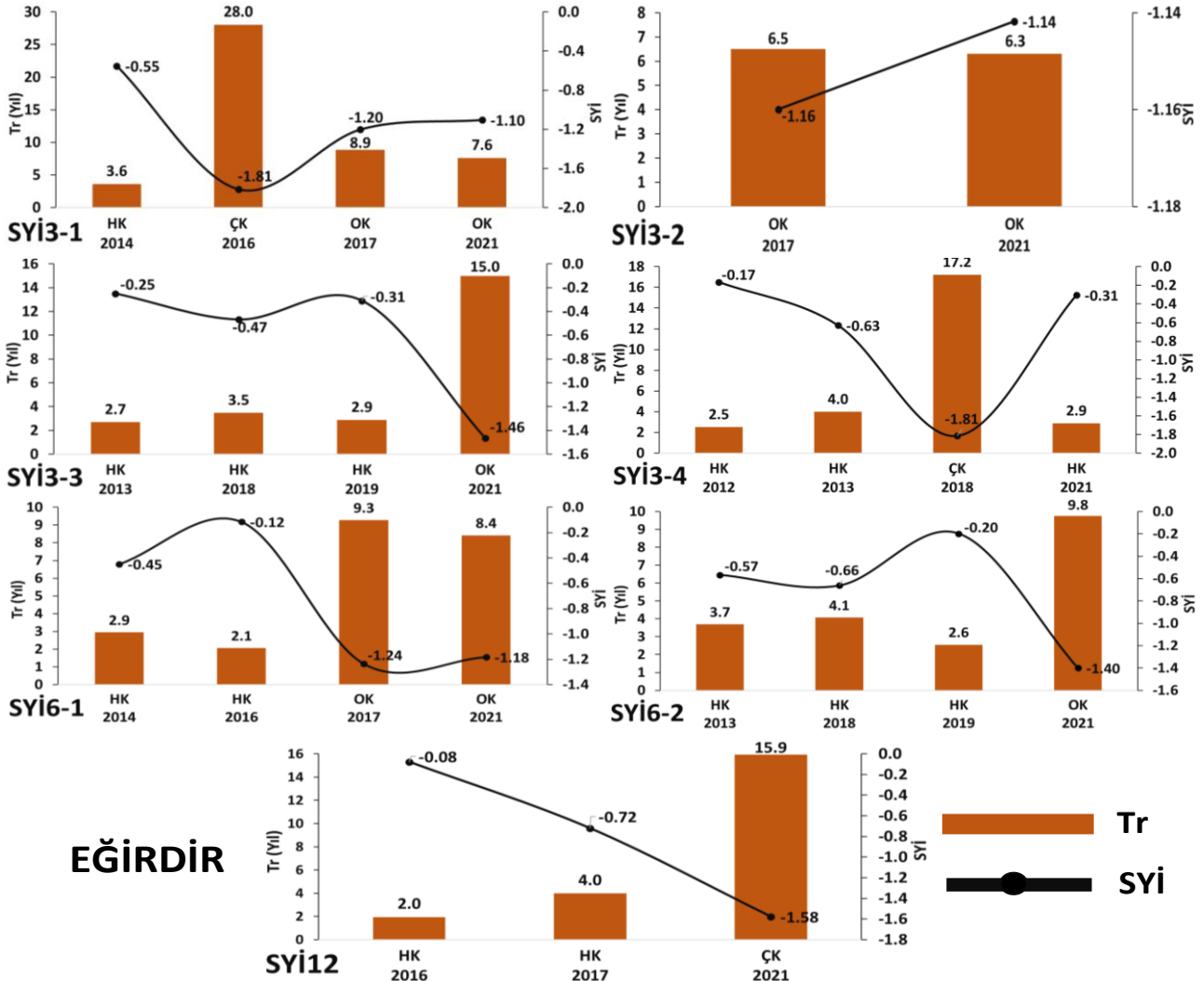
Periyot	Isparta	Eğirdir	Seydişehir
SYİ3-1	Log-Lojistik	Normal	Weibull
SYİ3-2	Weibull	Normal	Lojistik
SYİ3-3	Lojistik	Lojistik	Lojistik
SYİ3-4	Lojistik	Weibull	Lojistik
SYİ6-1	Log-Lojistik	Lojistik	Lojistik
SYİ6-2	Weibull	Weibull	Lojistik
SYİ12	Lojistik	Log-Lojistik	Normal



**Şekil 2.** Isparta meteoroloji gözlem istasyonunun farklı periyotlar için 2012-2020 hidrolojik yıllarında gerçekleşen kurak dönem SYİ indeks değerleri ve bu değerlerin 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden SYİ serilerinin uyduğu olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak hesaplanan yinelenme (Tr) yılları

Şekil 2'de görüldüğü üzere; Isparta istasyonunun SYİ3-1 döneminin (Ekim, Kasım, Aralık) 2012-2021 hidrolojik yılları dikkate alındığında ÇK hariç diğer bütün kuraklık sınıflarının (HK, OK, AK) son on yıl içerisinde oluştuğu görülmektedir. Özellikle de 2016 yılında 60.6 yıl yinelenmeli -2.05 şiddetinde meydana gelen kuraklık 2012-2021 yıllarında Isparta istasyonunun AK ile karşı karşıya kaldığını göstermektedir. Yinelenme süresi 5 yıldan büyük olan kuraklık şiddetleri dikkate alındığında; 2012, 2017 ve 2020 yıllarında sırasıyla 8.2, 9.3 ve 7.2 yinelenmeli-1.01, -1.08 ve -0.93 şiddetinde OK'e oluşum göstermiştir. SY3-2 döneminde (Ocak, Şubat, Mart); 2017 ve 2021 yıllarında yinelenme süresi 5 yıldan büyük sırasıyla 8.7 ve 5.8 yinelenmeli -1.34 ve -1.05 şiddetinde OK gözlenmiştir. SY3-3 (Nisan, Mayıs, Haziran) döneminde meydana gelen en büyük kuraklık; 2018 yılında gerçekleşen 9.2 yinelenmeli -1.32 kuraklık şiddetinde OK'dır. SYİ3-4 döneminde (Temmuz, Ağustos, Eylül); 2019 ve 2021 yıllarında gerçekleşen HK dışında 6.2 yıl yinelenmeli 2018 yılında meydana gelen -1.10 şiddetinde OK bu dönemde gözlemlenen en büyük kuraklıktır. SYİ6-1 döneminde (Ekim-Mart); 2013, 2020 ve 2020 HK'nin

gözlemlendiği yıllardır. Altıncı periyodun 1. döneminde 2016 ve 2017 yıllarında sırasıyla 7.8 ve 11.9 yıl yinelenmeli -1.1 ve -1.34 şiddetinde OK gerçekleşmiştir. SYİ6-2 döneminde (Nisan-Eylül); 2018 ve 2019 hidrolojik yıllarında sırasıyla 8.3 ve 4 yıl yinelenmeli -1.30 ve -0.77 şiddetinde OK ve HK oluşum göstermiştir. SYİ12 döneminde (Ekim-Eylül); 12 aylık periyotluk bu dönemde 2016, 2017, 2020 ve 2021 yıllarında HK meydana gelmiştir. Kuraklık şiddeti olarak (SYİ=-1.15) 7 yıl yinelenmeli OK bu dönemin yaşandığı en büyük kuraklıktır. Sonuç olarak, Isparta istasyonunda frekans analizi uygulanarak elde edilen bulgular neticesinde; 2012-2021 hidrolojik yıllarında hesaplanan SYİ indeks değerlerine göre Isparta istasyonunda tüm periyotlarda en az bir kez "Hafif" ve "Orta" kuraklık gözlemlenmiştir. Dolayısıyla on yıllık periyot dikkate alındığında gelecek yıllarda Isparta istasyonunda HK'ye göre daha fazla risk oluşturabilecek Tr=5 yıl yinelenmenin üstünde beklenen "Orta" kuraklığın gerçekleşme olasılığı yüksektir. Bu kapsamda; Şener & Şener [30] göller yöresinde SYİ yöntemiyle yaptıkları çalışmalarında benzer bulgular elde ederek bölgenin meteorolojik kuraklık riski altında olduğunu saptamıştır.

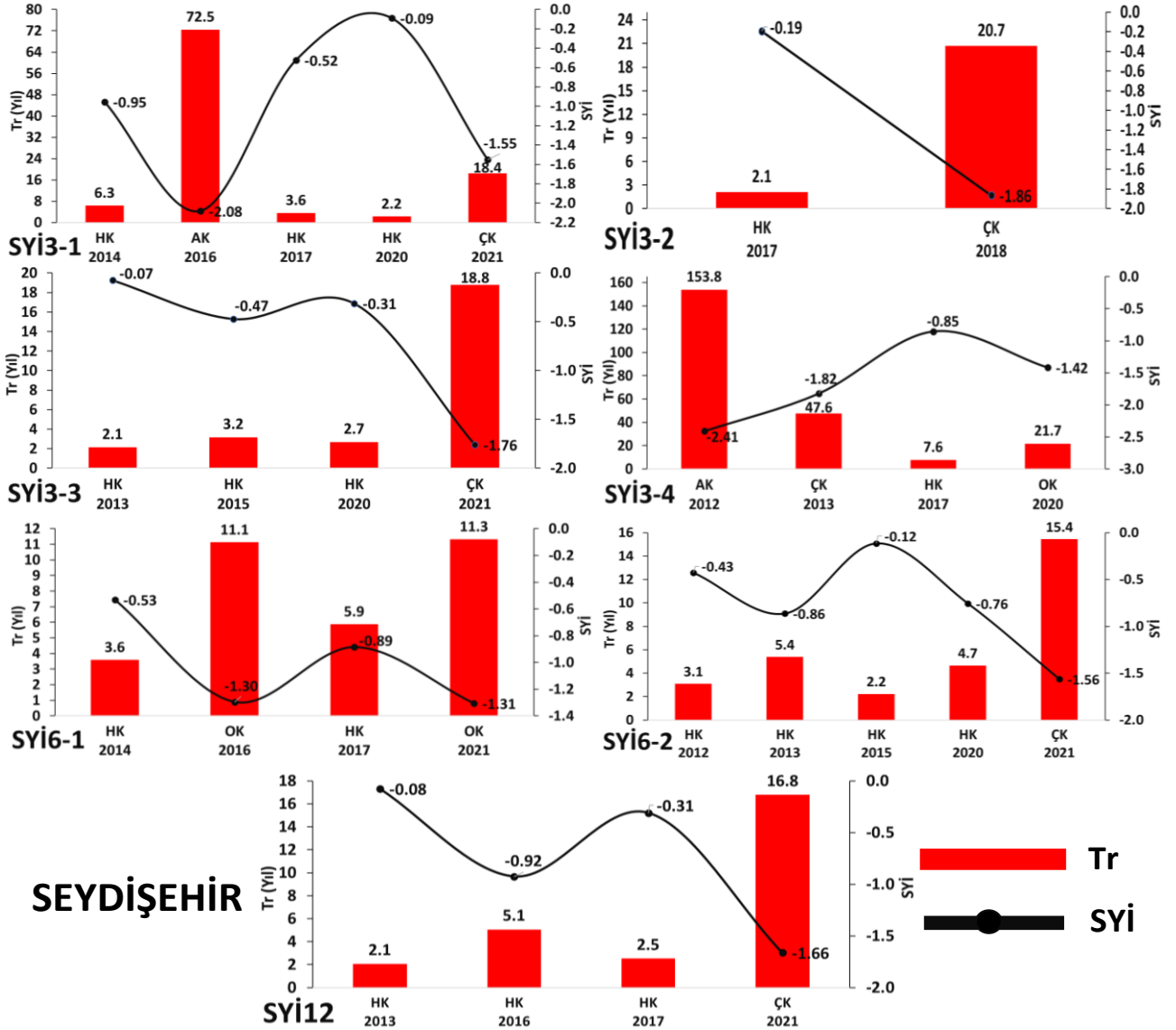


**Şekil 3.** Eğirdir meteoroloji gözlem istasyonunun farklı periyotlar için 2012-2020 hidrolojik yıllarında gerçekleşen kurak dönem SYİ indeks değerleri ve bu değerlerin 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden SYİ serilerinin uyduğu olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak hesaplanan yinelenme (Tr) yılları

Şekil 3 incelendiğinde ise Eğirdir meteoroloji gözlem istasyonunun Isparta istasyonundan sağlanan bulgular ile benzeşim gösterdiği anlaşılmıştır. Ancak en büyük fark Isparta istasyonunda 3. Periyodun 1. Döneminde (SYİ3-1) 60.6 yıl yinelenmeli -2.05 şiddetinde meydana gelen ÇK dönem Isparta istasyonunda 2012-2021 hidrolojik yıllarında oluşan en ekstrem kuraklık iken; Eğirdir istasyonunda SYİ3-1, SYİ3-4 ve SYİ12 periyotlarında sırasıyla 28, 17.2 ve 15.9 yıl yinelenmeli ÇK'nın gerçekleştiği saptanmıştır. HK tüm periyotlarda gözlemlenirken OK ise 3. Periyodun 4. Dönemi (SYİ3-4) haricinde diğer tüm periyotlarda oluşmuştur. Sonuç olarak; Eğirdir meteoroloji gözlem istasyonunda 2012-2021 hidrolojik yıllarında meydana gelen ekstrem kuraklıkların (ÇK) Isparta istasyonuna göre daha fazla gerçekleştiği dikkati çekmiştir. Eğirdir istasyonunda on yıllık periyot dikkate alındığında gelecek yıllarda HK ve OK'nın olma olasılıklarının yüksek olduğu göze çarpmakla birlikte ÇK dönemlerinde Eğirdir istasyonunda beklenmesi olasıdır. Elde edilen bu bulgular Aktaş vd. [31] tarafından Eğirdir Gölü havzasında yapılan kuraklık çalışması sonuçlarıyla da örtüştüğü görülmektedir

Şekil 4'te ise Seydişehir istasyonunun 2012-2020 hidrolojik yıllarında gerçekleşen kurak dönem SYİ indeks değerlerinin 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden SYİ serilerinin uyduğu olasılık dağılım fonksiyonları yardımıyla hesaplanan yinelenme (Tr) yılları incelediğimizde; Isparta ve Eğirdir meteoroloji gözlem istasyonundan daha farklı bir karakter sergilediğini görmekteyiz.

Diğer iki istasyonda HK ve OK'nın olma olasılıkları benzerlik arz ederken Seydişehir istasyonunda 2012-2020 hidrolojik yıllarında OK oluşumu 3. Periyodun 4. Dönemi (SYİ3-4) ve 6. Periyodun 1. (SYİ6-1) dönemi dışında gerçekleşmemiştir. Üstelik her dönem HK gerçekleşirken SY6-1 periyodu dışında diğer bütün periyotlarda ekstrem kuraklık oluşumları (AK ve ÇK) meydana gelmiştir. Bu ekstrem kuraklıklar, SYİ3-1, SYİ3-2, SYİ3-3, SYİ3-4, SYİ6-2 ve SYİ12 periyotlarında sırasıyla 72.5 (AK), 20.7 (ÇK), 18.8 (ÇK), 153.8 (AK), 15.4 (ÇK) ve 16.8 (ÇK) yinelenme yıllarına sahip kuraklıkları temsil etmiştir. Sonuç olarak; Seydişehir meteoroloji gözlem istasyonunda 2012-2021 hidrolojik yıllarında meydana gelen ekstrem kuraklıklar dikkat çekmektedir. Üstelik bu kuraklık



**Şekil 4.** Seydişehir meteoroloji gözlem istasyonunun farklı periyotlar için 2012-2020 hidrolojik yıllarında gerçekleşen kurak dönem SYİ indeks değerleri ve bu değerlerin 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden SYİ serilerinin uyduğu olasılık dağılım fonksiyonları kullanılarak hesaplanan yinelenme (Tr) yılları

oluşumlarının HK, ÇK ve AK şeklinde olması kuraklığın düşük şiddetten daha yüksek şiddete sıçramalar yaparak gerçekleştiğini göstermektedir. Bu nedenle Seydişehir istasyonunda on yıllık periyot dikkate alındığında Isparta ve Eğirdir istasyonlarına göre gelecek yıllarda şiddetli kuraklıklara maruz kalma olasılığının yüksek olacağı öngörülmektedir. Seydişehir istasyonunun şiddetli kuraklık riski taşıdığı Sarış & Gedik [32] tarafından yapılan çalışma ile de uyum göstermektedir. Üstelik; Göller Yöresinde bulunan 36 gölün 20'si son 30 yılda tamamen kurumuş, 16 gölün su seviyelerinde kuraklık nedeniyle ciddi azalmalar meydana gelerek kuraklığın şiddet ve frekansını artırdığı gözlenmiştir [33, 34].

#### 4. Sonuç

Akdeniz bölgesinde bulunan Göller Yöresi, bölgede yürütülen tarımsal, enerji üretim ve turizm faaliyetlerinin yanı sıra ve göçmen kuşların göç

noktası olmasından dolayı oldukça önemli bir bölgedir. Bu faaliyetlerin sürdürülebilir olması açısından, bölgedeki yağış başta olmak üzere meteorolojik parametrelerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Göller Yöresinde bulunan Isparta, Eğirdir, ve Seydişehir meteoroloji gözlem istasyonlarında 42 yıl boyunca kesintisiz kaydedilen yağış verileri kullanılarak farklı zaman periyotlarında bölgenin meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Meteorolojik kuraklığın saptanmasında sadece yağış verilerine gereksinim duyan SYİ yönteminden ve frekans analizinden faydalanılmıştır. Yapılan kuraklık analizi sonucunda ardışık olarak gerçekleşen en kurak dönemler Isparta istasyonunda; SYİ12 döneminde 1988-1994 yılları arasında 6 yıl, Eğirdir istasyonunda; SYİ12 döneminde 1984-1994 yılları arasında 10 yıl, Seydişehir istasyonunda ise sırasıyla SYİ-2 ve SYİ-3 dönemlerinde 1988-1993 ve 2003-2008 yılları arasında 5'er yıl devam etmiştir. Ardışık olarak meydana gelen meteorolojik kuraklığın



tarımsal ve hidrolojik kuraklık oluşumunu zincirleme bir reaksiyona dönüştüreceği aşıkardır. Kuraklık afetine çarpan etki yaratan bu durumun tarımsal üretimin yoğun bir şekilde uygulandığı Göller Yöresinde dikkate alınması oldukça önemli bir husustur. SYİ serilerine uygulanan frekans analizi sonuçlarına göre ise 2012-2020 hidrolojik yıllarında gerçekleşen SYİ kuraklık şiddetlerinin 1980-2011 hidrolojik yıllarını temsil eden olasılık dağılım modelleri yardımıyla hesaplanan yinelenme yıllarına göre; her üç istasyonunda farklı yinelenme yıllarında HK, ÇK OK ve AK'ye maruz kaldığı saptanmıştır. Isparta ve Eğirdir istasyonları HK ve OK'den daha çok etkilenirken Seydişehir istasyonunda HK, ÇK ve AK şeklinde kuraklığın düşük şiddetten daha yüksek şiddete sıçramalar yaptığı diğer bir ifadeyle; ekstrem kuraklık oluşumunun daha sık yaşandığı dikkat çekmektedir. Bu nedenle, Seydişehir istasyonunun, Isparta ve Eğirdir istasyonlarına göre gelecek yıllarda şiddetli kuraklıklara maruz kalma olasılığının daha yüksek olacağı öngörülmektedir. Sonuç olarak; frekans analizine dahil edilmeyen son 10 yılı kapsayan 2012-2021 dönemi için hesaplanan SYİ değerlerinin yinelenme yılları esas alındığında Isparta, Eğirdir ve Seydişehir istasyonlarında her periyot ve dönemde en az bir kez 5 yıl ve üzerinde yinelenmeye sahip kurak dönemler gözlenmiştir. Göller Yöresinde bulunan Isparta, Eğirdir ve Seydişehir istasyonlarında meteorolojik kuraklık riski söz konusudur. Kuraklık analizlerinde serilerin bölünerek frekans analizlerinin yapılmasının ve frekans analizine dahil edilmeyen serilerin yinelenme yıllarının belirlenmesinin geleceğe yönelik meteorolojik kuraklığın izlenmesi bakımından oldukça önemli bulgular içerdiği saptanmıştır. Noktasal ölçekte yapılan bu çalışmada kullanılan istasyon sayısı artırılarak Göller Yöresini temsil edebilecek gözlem ağı yoğunluğu oluşturulmalıdır. Bu istasyonlardan temin edilecek veriler ile Göller Yöresine ait olasılıklı kuraklık haritaları üretilerek kuraklığın alansal yayılımı hakkında bilgi elde edilebilir. Önemli akarsu ve göllerin bulunduğu verimli tarım arazilerine sahip Göller Yöresinde, gelecekte kuraklığın belirgin olarak hissedileceği ve buna karşı önlemlerin uygulamacı kuruluşlar tarafından alınması önerilmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan yağış verilerini tarafımıza sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğüne (MGM) katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

### Etik Beyanı

*Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.*

### Kaynakça

- [1] Şahin, C., Sipahioğlu, Ş. 2003. Doğal afetler ve Türkiye. Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara, 472s.
- [2] Kadioğlu, M. 2012. Türkiye'de iklim değişikliği risk Yönetimi. Türkiye'nin iklim değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, 172s.
- [3] Gümüş, V., Algin, H.M. 2017. Meteorological and Hydrological Drought Analysis of the Seyhan-Ceyhan River Basins, Turkey. Meteorological Applications, 24(1), 62-73.
- [4] Gümüş, V., Simsek, O., Avsaroglu, Y., Agun, B. 2021. Spatio-temporal Trend Analysis of Drought in the GAP Region, Turkey. Natural Hazards, 109(2), 1759-1776.
- [5] Türkes, M., Akgündüz, A.S., Demirörs, Z. 2009. Palmer Kuraklık İndisi'ne Göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümündeki Kurak Dönemler ve Kuraklık Şiddeti. Coğrafi Bilimler Dergisi, 7(2), 129-144.
- [6] Şimşek, O. 2010. Türkiyede tarım yılı kuraklık değerlendirilmesi ve bitki gelişim modeli ile buğdayda kuraklık-verim analizi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 138s, Ankara.
- [7] Gümüş, V., Başak, A., Oruc, N. 2016. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) Yöntemi ile Şanlıurfa İstasyonunun Kuraklık Analizi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 1(1), 36-44.
- [8] Aktaş, S., Kalyoncuoğlu, Ü.Y., Anadolu Kılıç, N.C. 2018. Eğirdir Göl Havzasının Hidrolojik ve Meteorolojik İncelemesi (1975-2015). Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(2), 229-238.
- [9] Keskiner, A.D., Çetin, M. 2022. Kuraklık Gidiş ve Büyüklüğünün Zaman ve Mekan Boyutunda Belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Alanında Bir Uygulama. Journal of Polytechnic, 1-13.
- [10] Taylan, E.D., Bahşi, A.M. 2021. Gaziantep İli Meteorolojik Kuraklık Analizi ve KAS İlişkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 25(2), 371-382.
- [11] McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, 179-184.
- [12] Sırdaş, S. 2002. Meteorolojik kuraklık modellenmesi ve Türkiye uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 237s, İstanbul.

- [13] Pamuk, G., Özgürel, M., Topçuoğlu, K. 2004. Standart Yağış İndisi (SPI) ile Ege bölgesinde Kuraklık Analizi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41(1), 99-106.
- [14] Türkes, M., Tatlı, H. 2008. Aşırı Kurak ve Nemli Koşulların Belirlenmesi İçin Yeni Bir Standartlaştırılmış Yağış İndisi (Yeni-SPI): Türkiye'ye Uygulanması. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 25-28 Mart, İstanbul, 528-538.
- [15] Fidan, H. 2011. Doğu Akdeniz Bölgesinde standardize yağış indeksi (SYI) ile kuraklık analizi ve markov zinciri yöntemini kullanarak kurak olma olasılıklarının belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 88s, Adana.
- [16] Sarıcan, Y. 2015. Avrupa Birliği ve Türkiye'de kuraklık yönetimi uygulamalarının değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 136s, Ankara.
- [17] Arslan, O., Bilgili, A., Veske, O. 2016. Standart Yağış İndisi Yöntemi İle Kızılırmak Havzası'nın Meteorolojik Kuraklık Analizi. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5(2), 188-194.
- [18] Keskiner, A., Çetin, M., Uçan, M., Şimşek, M. 2016. Meteorological Drought Analysis with Different Return Periods by Using Standardized Precipitation Index in Geographic Information Systems Environment: a case study in the Seyhan River Basin. Çukurova Journal of Agriculture and Food Sciences, 31(2), 79-90.
- [19] Paulo, A., Martins, D., Pereira, L.S. 2016. Influence of Precipitation Changes on the SPI and Related Drought Severity. An Analysis Using Long-Term Data Series. Water Resources Management, 30(15), 5737-5757.
- [20] Smakhtin, V. U., Hughes D. A. 2004. Review, Automated Estimation and Analyses of Drought Indices in South Asia. International Water Management Institute Working Paper, 83, 1-25.
- [21] Oğuztürk, G., Yıldız, O. 2014. Kırıkkale İli'nde Farklı Zaman Periyotları İçin Kuraklık Analizi. International Journal of Engineering Research and Development, 6(2),1-7.
- [22] Keskiner, A. D., Çetin, M., Uçan, M., Şimşek, M. 2016. Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Standardize Yağış İndeksi Yöntemiyle Olasılıklı Meteorolojik Kuraklık Analizi: Seyhan Havzası Örneği. Çukurova Tarım Gıda Bilim Dergisi, 31(2), 79-90.
- [23] Akalın, M. 2014. İklim Değişikliğinin Tarım Üzerindeki Etkileri: Bu Etkileri Gidermeye Yönelik Uyum Ve Azaltım Stratejileri. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(2), 351-378.
- [24] FAO. 2019. Water use in livestock production systems and supply chains-Guidelines for assessment (Version 1). Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership. Rome.
- [25] Coşkun, S. 2020. Göller Yöresi'nde Sıcaklık, Yağış ve Akım Değerlerinde Meydana Gelen Eğilimler (Akdeniz Bölgesi-Türkiye), International Social Sciences Studies Journal, 6, 3142-3155.
- [26] Vermes, L. 1998. How to work out a drought mitigation strategy. An ICID Guide, DVWK Guidelines for water management, 309, ICU, KWVGWmbh, Bonn, 29p.
- [27] BestFit, 2003. Users's Guide @risk Risk Analysis and Simulation Add-In for Microsoft®Excel. <http://www.palisade.com/risk/>, (Erişim tarihi: 28.11.2022).
- [28] Tülücü, K. 2002. KT-310 Uygulamalı Hidroloji. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 138 Ders Kitabı:A-143, Adana, 315s.
- [29] Chow, V.T., Maidment D.R. and Wags L.W. 1988. "Applied Hydrology", McGraw-Hill, Inc., Civil Engineering Series, New York, 572p.
- [30] Şener, E., Şener, Ş. 2019. Meteorolojik Kuraklığın Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Zamansal ve Konumsal Analizi: Çorak Gölü Havzası (Burdur-Türkiye) Örneği, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(3),596-607.
- [31] Aktaş, S., Kalyoncuoğlu, U.Y., Anadolu, N.C. 2018. Eğirdir Göl Havzasının De Martonne Yöntemi İle Kuraklık Analizi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6(2), 229-238.
- [32] Sarış, F., Gedik, F. 2021. Konya Kapalı Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık Analizi, Coğrafya Dergisi, 42, 295-308.
- [33] Tulan, H., Yalçın Ercoşkun, Ö. 2021. Göller Yöresinde Sürdürülebilirlik ve Dirençlilik, Journal of Management Theory and Practices Research, 2(2), 89-116.
- [34] Yetmen, H. 2013. Türkiye'nin kuraklık analizi. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 194s, Ankara.