



## **Yukarı Gediz Havzası Yağışlarının Meteorolojik Kuraklık Analizleri**

### **Meteorological Drought Analysis of Upper Gediz Basin Precipitations**

**Ahmet Ali Kumanlıoğlu<sup>1\*</sup>**, **Okan Fıstıkoğlu<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Manisa, TÜRKİYE

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author \*: [ahmet.kumanlioglu@cbu.edu.tr](mailto:ahmet.kumanlioglu@cbu.edu.tr)

Geliş Tarihi / Received: 16.11.2018

DOI:10.21205/deufmd.2019216216

Kabul Tarihi / Accepted: 23.12.2018

Araştırma Makalesi/Research Article

*Atf şekli/ How to cite: KUMANLIOĞLU, A. A., FISTIKOĞLU, O. (2019). Yukarı Gediz Havzası Yağışlarının Meteorolojik Kuraklık Analizleri. DEUFMD, 21(62), 509-523.*

#### **Öz**

Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından akarsu havzalarında yaşanan kuraklıkların şiddetinin ve süresinin niceliksel olarak tanımlanması oldukça büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla, literatürde pek çok farklı indis yöntemi geliştirilmekle birlikte bunlar arasındaki standartlaştırılmış yağış indisi (SYİ) uygulamada en çok tercih edilen yöntem olmuştur. Sunulan çalışma kapsamında SYİ yöntemi kullanılarak, ülkemizin Ege Bölgesi'nde yer alan Yukarı Gediz Havzası'nda meydana gelen meteorolojik kuraklıklar incelenmiştir. Havzada yer alan Demirci, İcikler, Kula, Selendi, Gediz ve Uşak istasyonlarında 1960-2017 yılları arasında ölçülen aylık toplam yağış değerleri kullanılarak bölgenin aylık, mevsimlik ve yıllık periyotlarda meydana gelen kuraklıklarının şiddeti, süresi ve sınıfları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, son 58 yıllık dönem içinde özellikle kış aylarında dolayısıyla kış mevsiminde görülen kuraklıkların yıllık kuraklar üzerinde etkili olduğu ve son dönemde görülen kuraklıkların şiddet ve sürelerinde artış olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Gediz Havzası, Meteorolojik Kuraklık, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi*

#### **Abstract**

In terms of sustainable management of water resources, the quantification of the severity and duration of drought in river basins is of great importance. For this purpose, many different index methods have been developed in the literature, but the standardized precipitation index (SPI) among them has been the most preferred method in practice. In this study, meteorological droughts occurring in the Upper Gediz Basin in the Aegean Region of the country were investigated by using the SPI method. The intensity and duration of the drought in the monthly, seasonal and annual periods of the region were determined by using the monthly total precipitation values measured between the years 1960-2017 at the Demirci, İcikler, Kula, Selendi, Gediz and Uşak stations in the basin. As a result, it has been pointed out that there is an increase in the duration and the intensities of the winter droughts and winter droughts are dominant in the annual drought periods.

**Keywords:** *Gediz Basin, Meteorological Drought, Standardized Precipitation Index*

## 1. Giriş

Yeryüzü ikliminde yaşanan tedrici değişimler yağış, sıcaklık, buharlaşma ve akış gibi pek çok hidro-meteorolojik sürecin frekans ve şiddetinde değişimlere neden olmaktadır. Bu değişimler neticesinde ortaya çıkan ve engellenemez bir doğal süreç olan kuraklık, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından planlamacılar için önemli bir sınır şart oluşturmaktadır.

Zaman boyutunda meteorolojik olarak başlayıp tarımsal ve hidrolojik kuraklık olarak üç evrede gerçekleşebilen kuraklık süreci, kısa süreli ve hafif şiddete gerçekleşebileceği gibi, uzun süreli ve şiddetli bir biçimde de meydana gelebilmektedir. Kuraklığın süresine ve şiddetine bağlı olarak, yağışlardaki azalmalara paralel, yeraltı ve yerüstü su kaynakları yanında sucul ekosistemler ve sosyo-ekonomik yaşam şartları da kuraklıktan olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle, su kaynaklarının sürdürülebilirlik anlayışı ile planlanabilmesi için akarsu havzalarında yaşanan kuraklık süreçlerinin tip, şiddet ve süre açısından tanımlanması büyük önem arz etmektedir [1-4].

Yağışın belli bir dönem içerisinde normale (ortalamaya) göre daha az seviyede düşmesi olarak tanımlanan meteorolojik kuraklık, kuraklık sürecinin başlangıcını ifade eden en önemli parametredir [5]. Meteorolojik kuraklığın şiddet ve süresinin belirlenebilmesi amacıyla standartlaştırılmış yağış indeksi, normalin yüzdesi indeksi, ondalıklar indeksi, yağış anomali indeksi gibi pek çok indeks tanımlanmıştır.

Bu indekslerden, meteorolojik kuraklığı tanımlamada sadece yağış değerlerini kullanan standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) yöntemi dünyada sıklıkla kullanılır hale gelmiştir [6-9]. Dünya genelinde farklı kıtalardaki 10 ülkede bulunan toplam 12 bölgede gözlenmiş yağışla, farklı meteorolojik kuraklık indekslerini karşılaştırılmış ve bunlardan SYİ yönteminin diğer yöntemlere kıyasla meteorolojik kuraklığı tanımlamada daha tutarlı olduğu gösterilmiştir [7]. Polonya'da 2005 yılından itibaren, kuraklık izleme sistemlerinde 1, 2, 3, 6, 12, 24, 36 ve 48 aylık dönemlerdeki meteorolojik kuraklıklarının belirlenmesinde SYİ yönteminin etkin bir biçimde kullanıldığı belirlenmiştir [10]. Endonezya'da meydana gelen El Nino dönemlerindeki (Haziran-Kasım) 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık kuraklıkları SYİ ile tanımlanmış ve El Nino dönemlerinde meteorolojik kuraklığın her ay

arttığını ve Ekim ayında en şiddetli kuraklığın yaşandığı tespit edilmiştir [11]. Benzer şekilde, 1981-2010 yılları arasında Bangladeş'te meydana gelen kuraklıkları, 30 meteoroloji gözlem istasyonunun yağış verilerinden hesaplanan SYİ'ler ile tanımlanmış ve kuraklık haritaları hazırlanarak Bangladeş'te kuraklığın ortalama 2.5 yıl sürdüğü ve ülkenin kuzey, güney-batı ve doğu bölgelerinde kuraklığın diğer bölgelere kıyasla daha güçlü görüldüğü belirlenmiştir [12]. Türkiye'de 60 büyük klima istasyonunun 1930-1990 yılları arasındaki aylık yağış verilerini kullanarak meteorolojik kuraklıkların genliğini, süre ve şiddetini SYİ yöntemi ile belirleyip ülke geneli için haritalandırılmıştır [13].

Ülkemizde il ve havza ölçeğinde meydana gelen kuraklıkların belirlenmesinde SYİ indis yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. [14-17]. Çanakkale ilinin kuraklık analizleri 1929-2007 yılları arasındaki aylık yağış verileri kullanılarak 3 aylık (mevsimlik) ve 12 aylık (yıllık) SYİ yöntemi ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda, Çanakkale ilinde yıllık kuraklıkların arttığı, mevsimlik kuraklık değişimlerinde kış mevsimi kuraklığında önemli bir artış eğilimi olduğu buna karşın ilkbahar mevsimi kuraklığında azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmada, yaz ve sonbahar kuraklıklarında az da olsa azalma eğiliminin varlığı gösterilmiştir [14]. Ayrıca Kırıkkale ilinde meydana gelen meteorolojik kuraklıklar, 1950-2007 yılları arası dönem için 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periyotlar SYİ yöntemi ile incelenmiştir. Kırıkkale ilinde yaşanan meteorolojik kuraklıkların kısa dönemlerden uzun dönemlere doğru gidildikçe kuraklık sıklığının azaldığını, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmasıyla beraber, ortalama kuraklık şiddetinde azalma yönünde değişimlerin oluştuğunu tespit edilmiştir [15]. Havza ölçeği bazında yapılan çalışmalarda, Kızılırmak Havzası'nda 1973-2013 yılları arasında meydana gelen kuraklıklar Nevşehir, Kırşehir, Kayseri, Yozgat, Kırıkkale, Çankırı ve Kastamonu'nda gözlemlenen aylık yağış değerlerini kullanarak SYİ yöntemi ile 1, 3, 6, 9, 12 ve 60 aylık periyotlar için belirlenmiştir. Kızılırmak Havzası'nda 1, 3, 6, ve 9 aylık periyotlarda az sayıda çok şiddetli kuraklığın meydana gelirken 12 ve 60 aylık periyotlarda çok şiddetli kuraklığın hiç yaşanmadığını belirlenmiştir. Ayrıca incelenen dönem sürelerinin artmasına paralel, yaşanan kuraklık sürelerinin 3 ile 7 kat arttığını tespit edilmiştir. [8]. Seyhan ve Ceyhan Havzası'nın meteorolojik

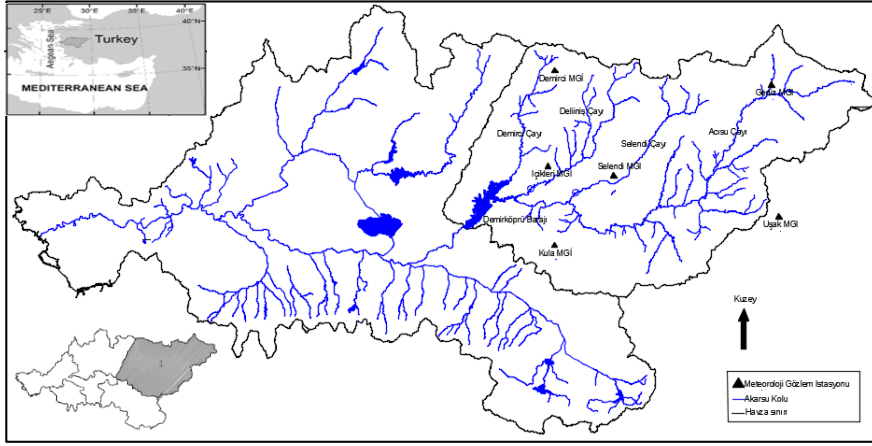
kuraklıklarını 1970-2005 su yılları arasındaki 3, 6 ve 12 aylık dönemler için incelenmiş ve çalışma sonucunda zamansal boyutunda sadece 1988 yılında aşırı kuraklığın yaşandığı, mekan boyutunda ise 1972 yılında incelenen istasyonların yaklaşık %31'inde aşırı kuraklığın meydana geldiği belirlenmiştir [16].

Sunulan çalışma kapsamında da iç Ege bölgesinde yer alan Yukarı Gediz Havzası'nda 1960-2017 yılları arasında meydana gelen kuraklıklar incelenmiştir. Bölgedeki Demirci, İcikler, Kula, Selendi, Gediz ve Uşak meteoroloji istasyonlarında gözlenen aylık yağış verilerine kullanılarak aylık, mevsimlik ve yıllık periyotlarda SYİ değerleri hesaplanmış ve bu dönemlerde görülen kuraklıkların şiddet ve süreleri her bir dönem için tanımlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Uygulama alanı

Batı Anadolu'da yer alan Gediz Havzası yaklaşık 17500 km<sup>2</sup>'lik drenaj alanına sahip olup Türkiye genel yüz ölçümünün %2,2'sini kapsamaktadır. Havzaya ismini veren Gediz Nehri 275 km uzunluğunda olup Ege denizinde boşalmaktadır. Yukarı Gediz Havzası, havzadaki en önemli su yapısı olan Demirköprü barajının memba kesimini tanımlamaktadır (Şekil 1). Taşkın koruma, enerji ve büyük ölçüde sulama suyu temini amaçlı inşa edilen Demirköprü Barajı 5520 km<sup>2</sup> drenaj alanına sahip olup havzadaki 99200 hektarlık Adala, Ahmetli ve Emiralem sulamalarının ana su kaynağıdır. Baraj Gediz Nehri'nin Demirci, Deliiniş, Selendi ve Acısu kollarından beslenmektedir.



Şekil 1. Yukarı Gediz Havzası ve meteoroloji gözlem istasyonları

Çalışma kapsamında, Demirköprü Baraj haznesini besleyen Yukarı Gediz bölgesi ve çevresindeki Demirci, İcikler, Kula, Selendi, Gediz ve Uşak yağış gözlem istasyonlarının 1960-2017 yılları arasında gözlenmiş aylık toplam yağış değerleri kullanılarak, kuraklık analizleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Çalışmada kullanılan istasyonların koordinat

bilgileri ve temel istatistikleri Tablo 1'de özetlenmektedir. Kot olarak 475 m ile 919 m arasında dağılım gösteren meteoroloji istasyonlarının maksimum aylık yağış değerleri 211,1 mm ile 267,8 mm arasında değişim gösterirken, ortalama yağış değerleri 41,8 ile 53,2 mm arasında değişmektedir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Yukarı Gediz Havzası meteorolojik kuraklıkların belirlenmesinde kullanılan yağış gözlem istasyonlarının coğrafi bilgileri ve temel istatistikleri

İstasyon adı	Enlem	Boylam	Kot (m)	Maksimum yağış (mm/ay)	Ortalama yağış (mm/ay)	Standart sapma (mm/ay)
Demirci	39° 03' 49"	28° 64' 82"	855	264,8	53,2	51,3
İcikler	38° 79' 39"	28° 59' 60"	710	242,6	47,1	45,4
Kula	38° 52' 72"	28° 63' 68"	720	267,8	46,3	44,9
Selendi	38° 75' 11"	28° 86' 39"	475	226,9	41,8	36,8
Gediz	38° 99' 47"	29° 40' 03"	736	260,5	48,6	45,3
Uşak	38° 67' 12"	29° 40' 40"	919	211,0	44,8	37,8

## 2.2. Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ)

MckKee vd (1993) tarafından geliştirilen SYİ, meteorolojik kuraklığın niceliksel hale dönüştürülmesinde uluslararası kabul görmüş boyutsuz bir göstergedir [4, 17]. SYİ, gamma dağılımı ile temsil edilen pozitif çarpık yağış dizilerinin, eşdeğer normal dağılımlı hale dönüştürülmesinden sonra standardize edilmesiyle elde edilmektedir [17]. Çeşitli periyotlarda gözlenmiş yağışlara ait SYİ'lerin yeterli doğrulukta belirlenebilmesi için en az 30 yıllık veriyle hesaplanmalıdır [16, 17]. SYİ'ler hesaplanmadan önce, yağış verilerine Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu (Denklem 1) uydurularak dağılım fonksiyonunun parametreleri belirlenmelidir.

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (1)$$

Denklem 1'de x yağış miktarlarını (mm/ay),  $\alpha$  dağılımın şekil parametresini,  $\beta$  ölçek parametresini,  $\Gamma(\alpha)$  ise Gamma fonksiyonunu ifade etmektedir. Gama dağılımının  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri, örnek veri sayısına bağlı olarak Denklem 2 ila 4 arasında verilen bağıntılarla hesaplanabilmektedir.

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (2)$$

Denklem 2'te  $\bar{x}$  yağış verilerinin ortalamasını, n veri sayısını göstermektedir.

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3)$$

$$\beta = \bar{x}/\alpha \quad (4)$$

$\alpha$  ve  $\beta$  parametrelerinin bulunmasıyla herhangi bir aydaki yağış değerinin kümülatif olasılık değeri Denklem 5 ile hesaplanabilmektedir.

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad x > 0 \quad (5)$$

Gamma fonksiyonu x'in 0 değerleri için tanımsız olduğundan, yağış olmayan periyotlara ait kümülatif olasılık değerleri Denklem 6 ile hesaplanmaktadır.

$$H(x) = q + (1 - q) F(x) \quad (6)$$

Burada q, verilerdeki yağışsız veri sayısının (m) toplam veri sayısına (n) bölümü ile hesaplanır ( $q=m/n$ ). H(x) değerleri Denklem 7 ve 8 ile ortalaması 0 ve varyansı 1 olan SYİ indis değerlerini ifade eden standart normal Z değişkenine dönüştürülmektedir.

$$t = \sqrt{\left\{ \ln \left[ \frac{1}{H(x)^2} \right] \right\}} \quad 0 < H(x) \leq 0.5 \quad (7)$$

$$t = \sqrt{\left\{ \ln \left[ \frac{1}{1-H(x)^2} \right] \right\}} \quad 0.5 < H(x) \leq 1.0$$

$$SPI = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right)$$

$$0 < H(x) \leq 0.5 \quad (8)$$

$$SPI = + \left( t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right)$$

$$0.5 < H(x) \leq 1.0$$

Denklem 7 ve 8'de yer alan  $H(x)$ , yağış verilerinin kümülatif olasılık değerlerini;  $c_0, c_1, c_2, d_1, d_2, d_3$  katsayıları ise eşdeğer normal dağılımlı standardize değişken dönüşümünü gerçekleştiren katsayıları göstermektedir. Bu katsayılar sırasıyla, 2.515517, 0.802853, 0.010328, 1.432788, 0.189269 ve 0.001308 sabit değerlerini almaktadır [16, 18].

Gözlenmiş yağış verileriyle hesaplanan SYİ değerlerinin kuraklık sınıflandırması Tablo 2'de verilmektedir [16].

**Tablo 2.** SYİ indislerinin sınıflandırması [16]

SYİ indisleri	Kuraklık Sınıfları
$SYİ \leq -2$	Çok şiddetli kurak
$-2 < SYİ \leq -1.5$	Şiddetli kurak
$-1.5 < SYİ \leq 1$	Orta şiddetli kurak
$-1 < SYİ \leq 0$	Hafif şiddetli kurak
$0 < SYİ \leq 1$	Hafif şiddetli sulak
$1 < SYİ \leq 1.5$	Orta şiddetli sulak
$1.5 < SYİ \leq 2$	Şiddetli sulak
$SYİ > 2$	Çok şiddetli sulak

### 3. Bulgular

#### 3.1. Yukarı Gediz Havzası yağışlarının meteorolojik kuraklık analizi

Yukarı Gediz Havzası'nda bulunan Demirci, İcikler, Kula, Selendi, Gediz ve Uşak yağış gözlem istasyonlarında 1960-2017 yılları arasında gözlenen aylık yağışların SYİ değerleri aylık, mevsimlik ve yıllık periyotlar için ayrı ayrı hesaplanmış ve elde edilen bulgular aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur.

##### 3.1.1. Yukarı Gediz Havzası aylık yağışların meteorolojik kuraklık analizi

Yukarı Gediz Havzası'nda 1960-2017 yılları arasında gözlemlenen aylık yağışların Ocak ve Haziran ayları arasındaki aylık SYİ değerlerinin gidis grafikleri Şekil 2'de, bu aylardaki kuraklık sınıflarının görülme sıklıklar ise Şekil 3'te verilmektedir.

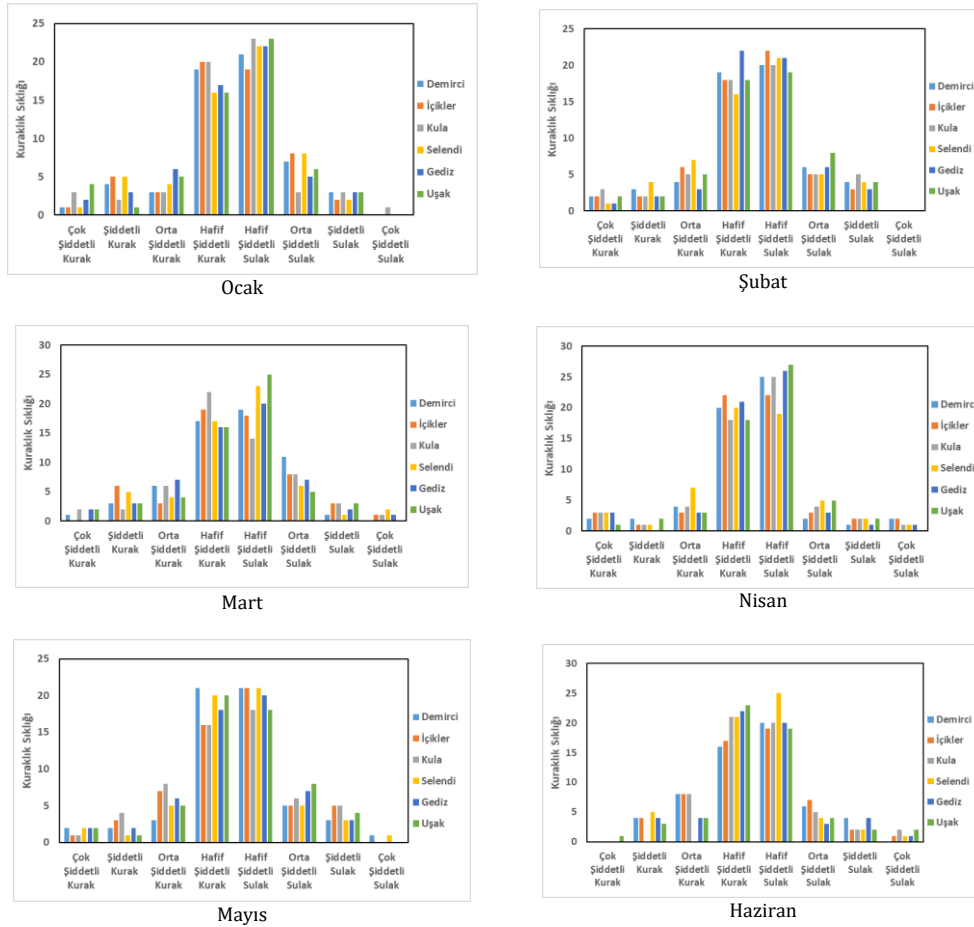
İncelenen Ocak ve Haziran arasındaki aylarının hepsinde 1988-1992, 1995-1999 yılları arasında ve 2008 yılında Yukarı Gediz Havzasında kurak dönemlerin olduğu Şekil 2'den görülmektedir. Ocak ayları 1988-1995 yılları arasındaki 8 yıl boyunca sürekli kurak geçmiş ve 1992 yılında çok şiddetli kuraklıkla karşılaşılmıştır. Şubat aylarında bu dönem 1987-1992 yılları arasında 6 yıl süresince oluşmuş ve çok şiddetli kuraklıklar 1989 ve 2008 yıllarında yaşanmıştır. Ayrıca Şubat ayları için havza düşen yağışlarda 2014 yılından itibaren de kurak dönemin süregeldiği Şekil 2'den görülmektedir. Havzada Mart aylarında yaşanan çok şiddetli kuraklıkların 1983, 1985, 2003 ve 2004 yıllarında oluşmuş ve en uzun kurak dönemin 1989-1992 yılları arasında 4 yıl boyunca devam ettiği görülmektedir. Nisan aylarında çok şiddetli kuraklık 1998 yılında görülürken bu ayda en uzun kurak dönem 2004-2011 yılları arasında 8 yıl sürmüştür. Mayıs yağışlarında ise 1984-1990 yılları arasında en uzun kurak dönem meydana gelmesine karşın, çok şiddetli kuraklıklar 1962, 1981, 1999 ve 2008 yıllarında gerçekleşmiştir. Haziran yağışlarında çok şiddetli kuraklık sadece Uşak yağışlarında olmasıyla birlikte en uzun kurak dönem 1995-2009 yılları arasında 15 yıl boyunca sürmüştür (Şekil 2).



**Şekil 2.** Yukarı Gediz Havzası 1960-2017 yılları arası yağışlarının Ocak-Haziran dönemi SYİ kuraklık indislerinin gidişi.

Şekil 3'te verilen Ocak-Haziran döneminde meydana gelen kuraklık sınıflarının görülme sıklıkları incelendiğinde, havzada genellikle hafif şiddetli kurak ve hafif şiddetli sulak sınıflar görülmektedir. Ocak, Şubat, Nisan ve Mayıs aylarına ait yağışlarda istasyonlarının hepsinde çok şiddetli kurakların en az bir kez gözlenmesi dikkat çekicidir. Mart aylarında İçikler ve Selendi yağışlarında, Haziran aylarında ise Uşak

yağışlarında çok şiddetli kuraklık sınıfı hiç görülmemiştir. Şiddetli kuraklık sınıfı Nisan ayları için Gediz yağışlarında, Haziran ayları için Kula yağışlarında görülmeyip kalan diğer aylarda en az iki kez meydana gelmiştir. Orta şiddetli kuraklık sınıfı yalnızca Haziran aylarında Selendi yağışlarına görülmemiş, diğer tüm aylara ait yağışlarda sıklıkla gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Yukarı Gediz Havzası 1960-2017 yılları arası yağışlarda gözlenen kuraklıkların Ocak-Haziran dönemindeki sıklıkları.

Ocak-Haziran dönemine benzer şekilde, Yukarı Gediz Havzası'nda 1960-2017 yılları arasında gözlemlenen aylık yağışların Temmuz ve Aralık dönemleri için hesaplanan aylık SYİ değerlerinin gidiş grafikleri ve bu dönemdeki görülme sıklıkları sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmektedir.

Şekil 4'te Temmuz yağışlarında kuraklık döneminin 2007-2012 yılları arasında 6 yıl süresince devam ettiği görülmektedir. Ağustos aylarında genelde kuraklıklar kısa süreli oluşmasında karşın en uzun kuraklık dönemi 7 yıl boyunca 1960-1966 yılları arasında yaşanmıştır. Eylül aylarında en uzun kurak dönem 1991-1994 yılları arasında, Ekim yağışlarında ise 1964-1969 yılları arasında görülmüştür. Ayrıca Şekil 4'ten Temmuz ve Ekim

ayları arasındaki yağışlarda 1960-2017 periyodunda çok şiddetli kuraklıkların meydana gelmediği görülmektedir. Kasım ayları için en uzun kurak dönem 2010-2013 yılları arasında görülürken 2010 yılından önceki yıllarda kurak dönemlerin kısa sürelerle meydana geldiği görülmektedir. Bu ayda çok şiddetli kuraklık 2011 yılında görülmüştür. Aralık ayları yağışlarının kuraklık değişimlerinde 1960-1970 yıllar arası sulak olarak geçmesine karşın son yıllara doğru kurak dönemlerin daha yoğun ve uzun süreli meydana geldiği ayrıca sulaklık şiddetlerinin de azaldığı görülmektedir. Bu aydaki en uzun kuraklık süresi 5 yıl olarak 1991-1995 yılları arasında görülmüştür. Çok şiddetli kurak dönemler ise 2013 ve 2015 yıllarında meydana gelmiştir (Şekil4).

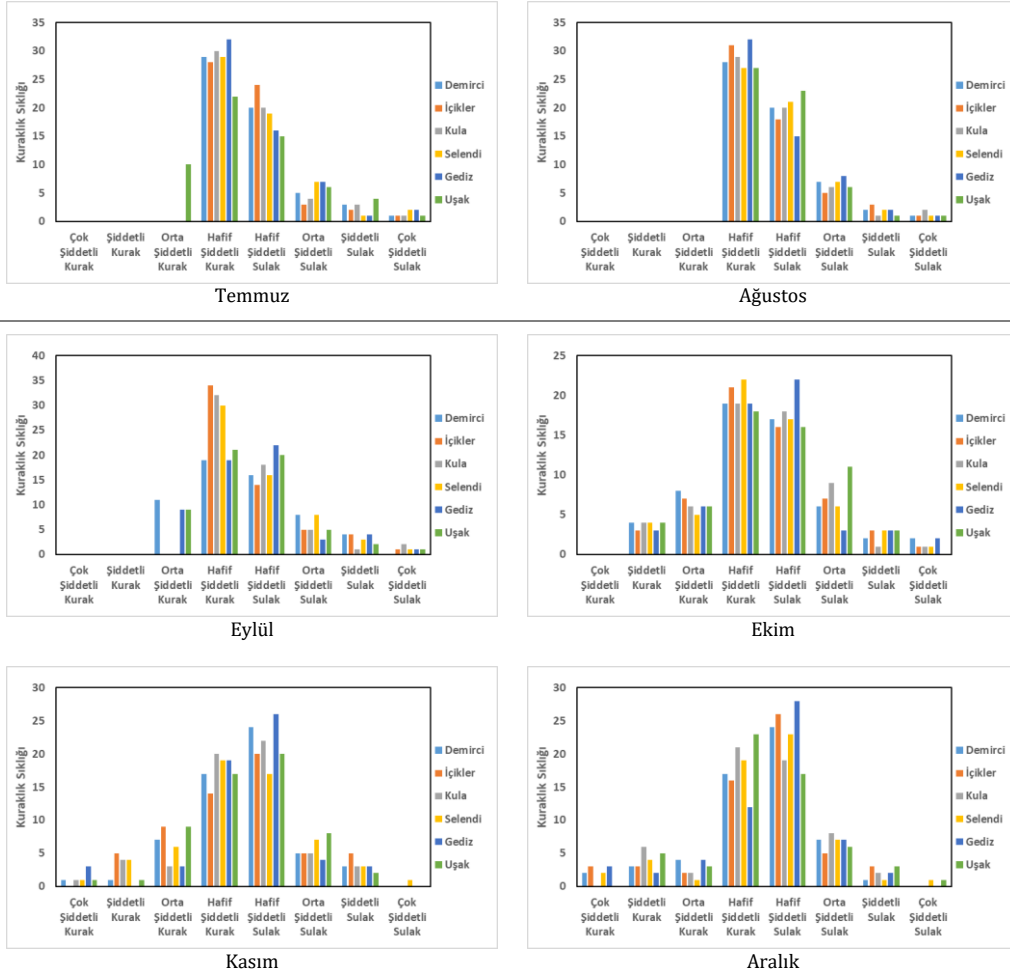


**Şekil 4.** Yukarı Gediz Havzası 1960-2017 yılları arası yağışlarının Temmuz-Aralık dönemi SYİ kuraklık indislerinin gidişi

Şekil 5'te verilen Yukarı Gediz Havzası Temmuz-Aralık dönemi yağışlarının kuraklık sınıfları incelendiğinde, havzadaki yağışların genel olarak hafif şiddetli kurak ve hafif şiddetli sulak sınıflarda meydana geldiği görülmektedir. Temmuz-Ekim arası aylarda en sık görülen kuraklık sınıfı hafif şiddetli kurak sınıfıdır. Kasım ve Aralık aylarında ise hafif şiddetli sulak sınıfların daha sık olduğu görülmektedir. Temmuz-Ekim arasındaki aylarda çok şiddetli kuraklık sınıfının oluşmadığı görülmektedir. Bu sınıf benzer şekilde Kasım ayında İçikler yağışlarında, Aralık ayında da Kula ve Uşak

yağışlarında hiç görülmemiştir. Şiddetli kuraklık sınıfı Temmuz-Eylül arasında yağışlarda ve Kasım aylarındaki Gediz yağışlarında meydana gelmezken, orta şiddetli kuraklık sınıfı Ağustos yağışlarında hiç görülmemiştir. Orta şiddetli kuraklıklar Ekim, Kasım ve Aralık ayları yağışlarının hepsinde en az 5 kez görülmesine karşın, Temmuz aylarında sadece Uşak yağışlarında ve Eylül aylarında Demirci, Gediz ve Uşak yağışlarında gözlenmiştir.





**Şekil 5.** Yukarı Gediz Havzası 1960-2017 yılları arası yağışlarda gözlenen kuraklıkların Temmuz-Aralık dönemindeki sıklıkları.

### 3.1.2. Yukarı Gediz Havzası mevsimlik yağışlarının meteorolojik kuraklık analizi

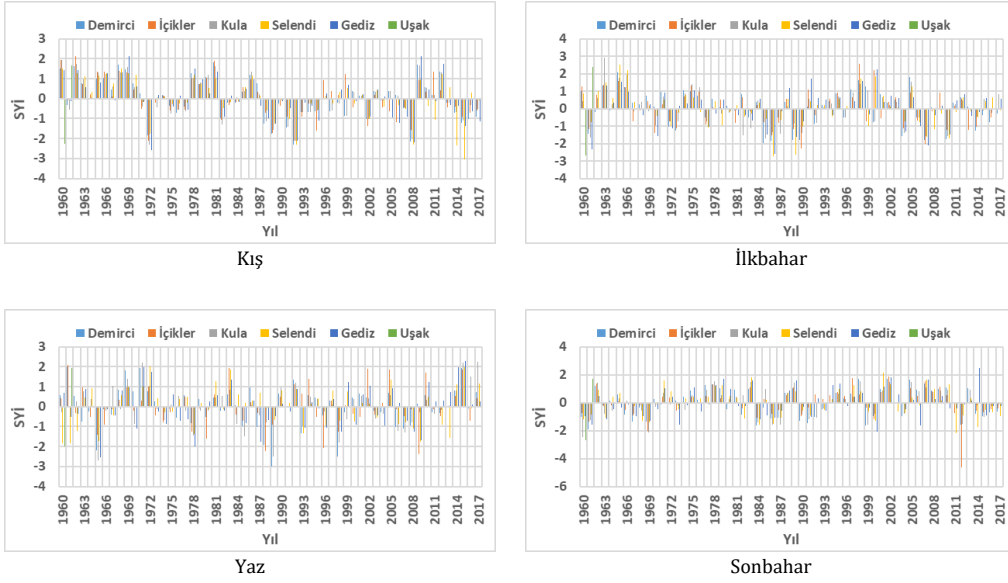
Yukarı Gediz Havzası mevsimsel kuraklıklarının analizinde kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde düşen toplam yağışlar kullanılarak SYİ değerleri hesaplanmıştır. Havzada mevsimsel yağışların SYİ değerleri Şekil 6'da, kuraklık sınıflarının görülme sıklıkları ise Şekil 7'de verilmektedir.

Şekil 6'da yer alan Kış mevsimi SYİ değerleri, en uzun kuraklık periyodunun 1988-1995 yılları arasında oluştuğunu göstermektedir. Çok şiddetli kuraklıklar 1972, 1992 ve 2008 yıllarında görülmüştür. Havzada kış mevsimi

yağışlarının 2013 yılından itibaren kuraklık sürecinde olduğu görülmektedir. Ayrıca 1970 yılından sonraki kış mevsimleri yağışlarında kuraklık olaylarının daha sık meydana geldiği izlenmektedir. İlkbahar mevsimi yağışlarının SYİ indislerinin değişimi incelendiğinde, 1985-1991 yılları arasında (1986 yılı hariç) çok şiddetli ve şiddetli kurak dönemlerin yaşandığı görülmektedir. İlkbahar mevsim yağışlarında özellikle 2000 yılından sonraki yıllarda sulaklık şiddetlerinde azalmanın olduğu ve buna karşılık kuraklık şiddetlerinin de arttığı görülmektedir. Yaz mevsimi yağışlarına ait SYİ değerleri incelendiğinde nispeten düşük yağışların gözlemlendiği bu mevsimde, 1960-2017 yılları arasında sulak dönemlerin daha hakim olduğu

görülmektedir. Yaz mevsimlerinde en uzun kuraklığın, 1987-1990 ve 2006-2009 yılları arasında sırasıyla 4 yıl süresince şiddetli ve çok şiddetli kurak sınıflarında olduğu görülmektedir. Sonbahar mevsimleri yağışlarının SYİ değişimlerinden, havzada kurak dönemlerin daha seyrek meydana geldiği

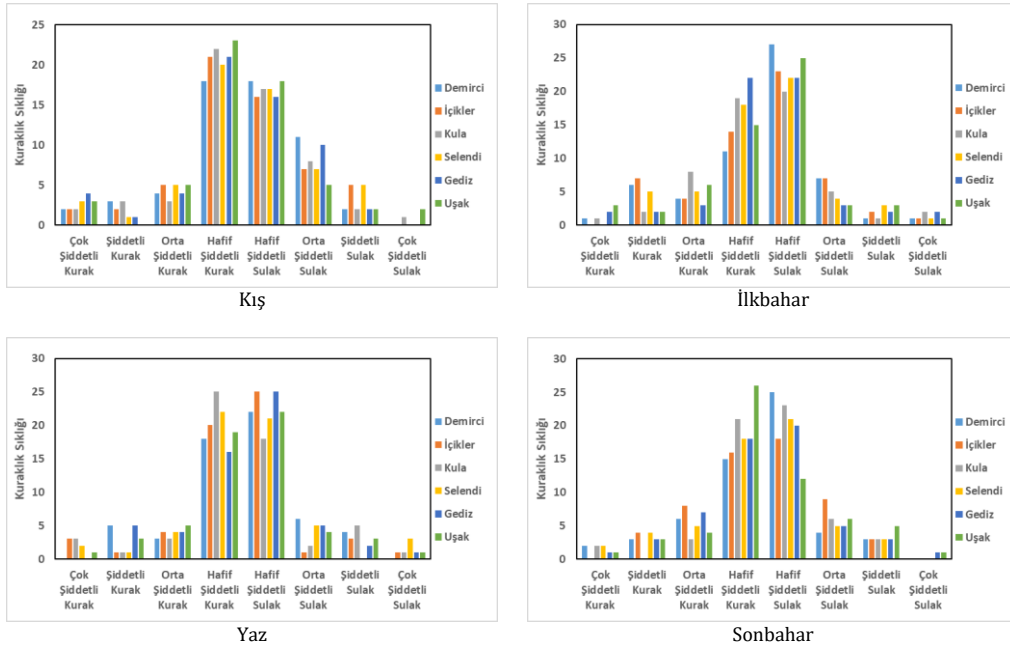
görülmektedir. Bu mevsimde çok şiddetli kurak dönemler 1960, 1961 ve 2012 yıllarında meydana gelmiş ve en uzun kuraklık periyodu 1966-1969 yılları arasında 4 yıl sürmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. Yukarı Gediz Havzası 1960-2017 yılları arası mevsimsel yağışların SYİ değerleri.

Şekil 7'de 1960-2017 periyodu için mevsimsel yağışlarda gözlemlenen kuraklık sıklıkları verilmektedir. Mevsimsel kuraklıkların görülme sıkları incelendiğinde, kuraklığın genel olarak aylık yağışlardakine benzer şekilde hafif şiddetli kurak ve hafif şiddetli sulak sınıfında olduğu görülmektedir. Kış mevsiminde çok şiddetli kuraklık sınıfının havzadaki tüm istasyonlarda en az 2 kez meydana geldiği görülmektedir. İlkbahar mevsiminde İçikler ve Selendi yağışlarında, Yaz mevsiminde Demirci ve Gediz yağışlarında, Sonbahar mevsiminde de İçikler

yağışlarında çok şiddetli kuraklık sınıfı hiç oluşmamıştır. Şiddetli kuraklık sınıfı, Kış mevsiminde Uşak yağışlarında ve Sonbahar mevsiminde Kula yağışlarında oluşmazken orta ve hafif şiddetli kuraklık sınıfları havzadaki tüm mevsimsel yağışlarda sırasıyla en az 5 ve 20 kez meydana gelmiştir. Havzada en sık görülen kuraklık sınıfı olan hafif şiddetli kuraklık incelenen zaman periyodu içerisinde en çok Kış, en az İlkbahar mevsimlerinde görülmektedir (Şekil 7).



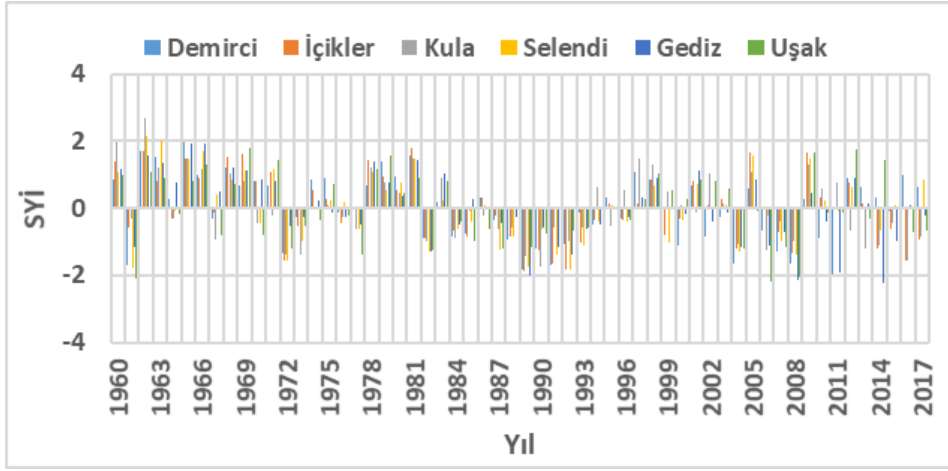
Şekil 7. Yukarı Gediz Havzası 1960-2017 yılları arası mevsimsel yağışların kuraklık sıklıkları.

### 3.1.3. Yukarı Gediz Havzası yağışlarının yıllık meteorolojik kuraklık analizi

Yukarı Gediz Havzası yıllık yağışlarının kuraklık analizinde, 1960-2017 yılları arasında gözlemlenen yıllık toplam yağışlar kullanılarak SYİ değerleri hesaplanmış ve yıllara göre değişimi Şekil 8'de, sıklıkları ise Şekil 9'da verilmiştir.

Şekil 8'den, havzada 1962-1971 yılları arasındaki dönemin sulak olarak yaşandığı görülmektedir. Havzada meydana gelen en uzun yıllık kuraklık periyodunun, 1984-1996 yılları arasındaki 12 yıllık dönem olduğu

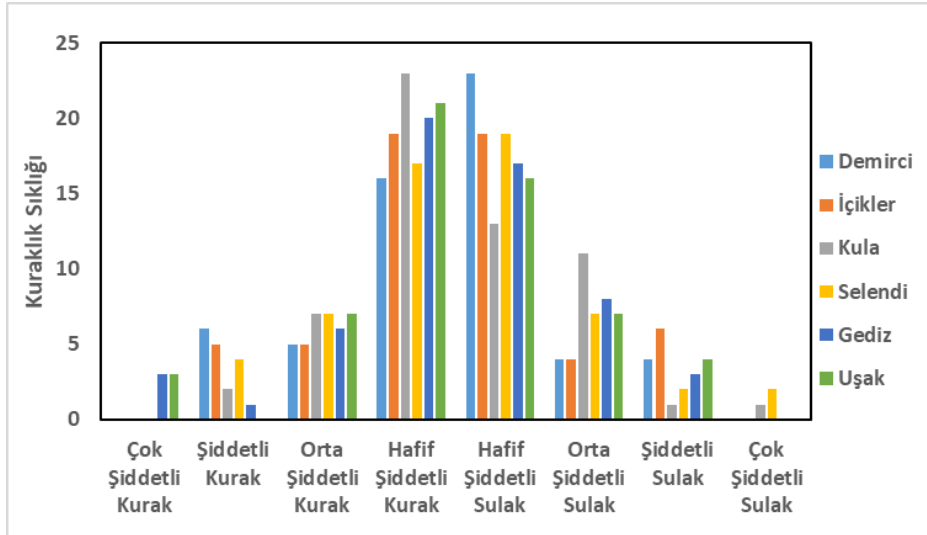
görülmektedir. Kuraklığın yıllar bazında değerlendirilmesinde 1960-2017 arası gözlemlenen yağışlara istinaden 1980 sonrası yıllarda kurak dönem periyotlarının sulak döneme göre daha sık ve uzun sürdüğü görülmektedir. 1961, 1987, 2006, 2008, 2011 ve 2014 yıllarında meydana gelen kuraklıkların çok şiddetli kuraklık sınıfında olduğu, 2010 sonrası havza yağışlarının bölge içinde değişkenlik gösterdiği dikkati çekmektedir. Örneğin 2014 yılı Demirci ve Uşak istasyonları için sulak bir yıl iken, İçikler, Kula, Selendi ve Gediz istasyonlarında kuraklık yaşandığı görülmektedir (Şekil 8).



**Şekil 8.** Yukarı Gediz Havzası 1960-2017 yılları arası yağışların yıllık periyottaki SYİ kuraklık indisleri

Şekil 9'da verilen kuraklık sınıflarının görülme sıklıkları incelendiğinde havzada hafif şiddetli kuraklık ve hafif şiddetli sulaklık sınıfının en sık gözlenen sınıflar olduğu görülmektedir. Çok şiddetli kuraklık sadece Gediz ve Uşak yağışlarında en az 3 kez gözlenirken, şiddetli kuraklık sınıfı Uşak istasyonu haricinde tüm istasyonlarda 1-4 kez görülmüş ve en sık ise

Demirci yağışlarında (6 kez) meydana gelmiştir. Orta şiddetli kuraklık sınıfları havzadaki tüm istasyonlar da en az 5 kez gözlenirken, hafif şiddetli kuraklıklar aynı istasyonlarda en az 15 kez tekrar etmiştir.



**Şekil 9.** Yukarı Gediz Havzası 1960-2017 yılları arası yağışların yıllık periyottaki kuraklıkların görülme sıklığı

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Yukarı Gediz Havzasında yer alan Demirci, İcikler, Kula, Selendi, Gediz ve Uşak meteoroloji istasyonlarında 1960-2017 yılları arasındaki 47 yıllık dönemde ölçülen aylık yağışlarından hareketle, aylık, mevsimlik ve yıllık yağışların kuraklık analizleri SYİ yöntemiyle incelenmiştir. Havzaya düşen yağışların aylık ve mevsimsel kuraklıkları ile mevsimsel ve yıllık kuraklıkları birbirleriyle karşılaştırılarak irdelenmiştir.

Kış mevsimi yağışlarında 1962-1970 arasındaki dönemde kuraklık gözlenmezken aylık bazda Ocak ve Şubat aylarında kuraklıkların meydana gelmesi bu dönemdeki Aralık yağışlarının kış mevsimi yağışları üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Kış mevsimi yağışlarında 1988-1995 yılları arasında görülen en uzun kurak dönemin, aynı dönemde görülen Ocak yağışlarındaki kuraklıktan kaynaklandığı belirlenmiştir. Bu da ilgili yıllarda Ocak aylarında düşen yağışların mevsim ortalamasının çok altında olduğunu göstermektedir. Çok şiddetli kuraklıklar Aralık ayı için 1972, 2013 ve 2015 yıllarında, Ocak ayı için 1992 yılında, Şubat ayı için 1989 ve 2008 yılında ve Kış mevsiminde 1972, 1992 ve 2008 yıllarında meydana gelmiştir. Kış mevsiminde görülen çok şiddetli kuraklıkların, 1972 ve 1992 yıllarında Ocak ayındaki, 2008 yılında ise Şubat ayındaki kuraklıktan kaynaklandığı görülmektedir (Şekil 2, 4, 6). Kış mevsimi ve kış mevsimi aylarının kuraklık sınıflarının görülme sıklıkları açısından birbirleri ile uyumlu olduğu görülmektedir.

İlkbahar mevsiminde en uzun kuraklık döneminin 1985-1991 yılları arasında, aylıklarda Mart yağışlarında 1989-1992, Nisan yağışlarında 2004-20011 ve Mayıs yağışlarında 1984-1990 arasında gerçekleştiği belirlenmiştir. Nisan ayları için en uzun kuraklık döneminin İlkbahar mevsimi için bulunan en uzun kuraklık dönemi ile çakışmamasına rağmen Nisan aylarında bu dönem içinde kısa süreli fakat çok şiddetli kuraklıklar meydana gelmiştir. İlkbahar mevsiminde 2005 sonrası yıllarda kuraklığın sulaklığa göre daha etkin olduğu görülmektedir. 2005 sonrası yaşanan kuraklıkların Nisan aylarındaki kuraklıklardan kaynaklandığı; bir başka ifade ile 2005 sonrasındaki Nisan aylarında mevsim ortalamasından daha az miktarda yağışların gözlemlendiği görülmektedir. İlkbahar mevsimi aylarında çok şiddetli kuraklıklar, 1983, 1985, 2003, 2004 yıllarının Mart aylarında, 1964 ve 1989 yıllarının Nisan aylarında, 1962, 1981 ve 1999 yıllarının

Mayıs aylarında görülmüştür. İlkbahar mevsiminde çok şiddetli kuraklıklar 1961, 1987, 1989 ve 1990 yıllarında yaşanmıştır. İlkbahar mevsimindeki 1989 ve 1990 yıllarında yaşanan çok şiddetli kuraklıkların, aylık kuraklıklarından kaynaklandığını ve bu yıllarda ilkbahar mevsiminde havza yağışlarında önemli ölçüde azalmanın olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 2, 6).

Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları ile yaz mevsiminin için hesaplanan SYİ indislerinin değişimleri ile karşılaştırıldığında, yaz mevsimi en uzun kuraklık süresinin aylık kuraklıklara göre kısa süreli meydana geldiği görülmektedir. Haziran aylarında tüm kuraklık sınıfları görülmesine rağmen Temmuz aylarında orta (Uşak yağışlarında) ve hafif şiddetli kuraklık sınıfları ve Ağustos aylarında sadece hafif şiddetli kuraklık sınıfları meydana gelmiştir. Ancak bu sınıfların mevsimsel bazdaki görülme sıklıkları incelendiğinde çok şiddetli kuraklık sınıfının İcikler, Kula, Selendi ve Uşak yağışlarında, şiddetli ve orta şiddetli kurak sınıflarının havza yağışlarının hepsinde meydana geldiği görülmektedir. Yaz mevsimi kuraklık sınıflarının oluşmasında Haziran ayı yağışlarının etkisinin olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 3, 5, 7). Yaz mevsiminin, en uzun kuraklık dönemleri 1987-1990 ve 2006-2009 yılları arasında yaşanmıştır. Yaz aylarında en uzun kuraklıklar, Haziran için 1995-2005, Temmuz için 2007-2012 ve Ağustos için de 1960-1966 yılları arasında meydana gelmiştir.

Sonbahar mevsimi ile mevsim aylarının en uzun kuraklık periyotları karşılaştırıldığında, Sonbahar mevsimlerinde 1966-1969 ve 1990-1993 yılları arasında, mevsim ayları olan Eylül aylarında 1991-1994, Ekim aylarında 1964-1969, Kasım aylarında 2010-2013 yılları arasında meydana gelmiştir. Sonbahar mevsimi 1966-1969 yılları boyunca süren kuraklığın özellikle Ekim ve Kasım ayları yağışlarından etkilendiği ve bu periyottaki Eylül aylarının ise sulak dönem geçirdiği görülmektedir. Sonbahar mevsiminde 1990-1993 arası süren kuraklığın ise tüm mevsim aylarında da aynı periyot içinde kurak dönem olarak geçtiği görülmüştür. Çok şiddetli kuraklık sınıfı sadece Kasım ayları kuraklıklarında 2011 yılında meydana gelmiş Eylül ve Ekim aylarında hiç görülmemiştir. Sonbahar mevsiminde görülen çok şiddetli kuraklık sınıfı da Kasım aylarında olduğu gibi 2011 yılında meydana gelmiştir. Sonuç olarak diğer aylarda çok şiddetli kurak dönem yaşanmadığından, Kasım ayı yağışlarının

mevsimsel kuraklık üzerinde daha etkili olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 6).

1960-2017 yılları arasında Yukarı Gediz Havzası'nda meydana gelen mevsimsel ve yıllık kurakların beraber değerlendirilmesiyle; yıllık kuraklıkların oluşmasında kış mevsimi kuraklıklarının etkisinin oldukça fazla olduğu anlaşılmaktadır. Gerek yıllık kuraklıklarda gerekse kış mevsimi kuraklıklarında 1962-1970 yılları arasında kuraklığın oluşmadığı; havzada yaşanan 1961 yılı kuraklığının ilkbahar mevsimi yağışlarından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Havzada 1987-1995 yılları arasında süren kuraklığın ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimleri sulak olmasına rağmen kış mevsiminin bu periyotta kurak olmasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Havzada özellikle 1984 yılı sonrasındaki periyotlarda yıllık kuraklığın daha sık ve uzun süreli meydana geldiği, yaz ve sonbahar mevsimlerinde bu kuraklıkların etkisinin çok görülmediği anlaşılmaktadır (Şekil 6, 8). Çok şiddetli kuraklık sınıfının mevsimsel kuraklıkların hemen hemen hepsinde gözlenmesine karşın, yıllık kuraklıklarda sadece Gediz ve Uşak yağışlarında meydana geldiği görülmektedir (Şekil 7, 9).

Yukarıda değinilen tüm bu irdelemelerin ışığı altında;

- kış mevsimi yağışlarında 1972, 1992 ve 2008 yıllarında çok şiddetli kuraklıkların yaşandığı ve bunların yıllık kuraklıklar içinde önemli bir yer tuttuğu;
- mevsimsel kuraklıklarda en sık kuraklığın kış mevsiminde görüldüğü ve mevsimsel en uzun kuraklığın 8 yıl boyunca devam ettiği;
- kış mevsimi kuraklarında Aralık ayı yağışlarının belirleyici olduğu;
- yıllık kuraklıklarda en uzun kuraklık döneminin 12 yıl sürdüğü;
- 1984 ve öncesi yıllarda sulak dönemlerin daha hakim olduğu fakat sonrası yıllara kuraklığın daha sık, daha şiddetli ve daha uzun süreli gerçekleştiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Sonuç olarak Yukarı Gediz Havzası yağışlarında orta ve üstü şiddette kuraklıklar aylık, mevsimlik ve yıllık dönemlerde ve günümüze doğru sıklığı artarak görülmeye devam etmektedir. Yukarı Gediz Havzası yağışları, havzada yer alan ve Demirköprü Barajı'nı besleyen

Gediz Nehri'nin Acısu, Selendi, Deliiniş ve Demirci kollarının ana su kaynağıdır. Havza yağışlarında meydana gelen kuraklıklar, akım miktarlarını önemli ölçüde etkilemekte ve Demirköprü Barajı'nın su teminini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu nedenle baraj mansabında yeterli sulama suyu sağlanamadığı için hâlihazırda yaşanan tarımsal kuraklıkların gelecekte daha sık ve daha şiddetli biçimde meydana gelmesi kaçınılmazdır. Bu sonuç, havzanın kuraklık eylem planlarının gerekliliğini ve aciliyetini ön plana taşımaktadır.

#### Kaynakça

- [1] Trenberth, K.E., Dai, A., van der Schrier, G., et al., 2014. Global warming and changes in drought. *Nat. Clim. Chang.* 4, 17-22.
- [2] Shah R, Bharadiya N, Manekar V. 2015. Drought Index Computation Using Standardized Precipitation Index (SPI) Method For Surat District, Gujarat. *Aquat. Procedia* 4: 1243-1249. Trenberth, K.E., Dai, A., van der Schrier, G., et al., 2014. Global warming and changes in drought. *Nat. Clim. Chang.* 4, 17-22.
- [3] Liu, y., Zhu, Y., Ren, L., Yong, B., Singh, V.P., Yuan, F., Jiang, S., Xiaoli, Y., 2019. On The Mechanisms Of Two Component Methods For Construction Of Multivariate Drought Indices. *Science of the Total Environment*, 647, 981-991.
- [4] Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., and M. Widhalm, 2011. The Lincoln Declaration on Drought: Universal Meteorological Drought Index Recommended. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 92, 485-488.
- [5] R. Nagarajan, 2009. "Drought indices," in *Drought Assessment*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 160-204
- [6] Slahnia, N., Alizadeh, A., Sanaeinejad, H., Bannayan, M., Zarrin, A., Hoogenboom, G., 2017. Estimation of Meteorological Drought Indices Based on AgMERRA Precipitation Data and Station-Observed Precipitation Data. *J. Arid Land*, 9(6), 797-809.
- [7] Montaseri, M., Amirataee, B. 2017. Comprehensive Stochastic Assessment of Meteorological Drought Indices. *International Journal of Climatology*, 37, 998-1013.
- [8] Arslan, O., Bilgil, A., Veske, O., 2016. Standart Yağış İndisi Yöntemi İle Kızılırmak Havzası'nın Meteorolojik Kuraklık Analizi. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2), 188-194.
- [9] Doğan, S., Berktaş, A., Singh, V.P., 2012. Comprasion of Multi-Monthly Rainfall Based Drought Severity Indices with Application of Semi-Arid Konya Closed Basin, Turkey. *Journal of Hydrology*, 470-471, 255-268.
- [10] Labeledzki, L., Bak, B. 2014. Meteorological and Agricultural Drought Indices Used in Monitoring in Poland: A Review. *Meteorology, Hydrology Water Management*, 2(2), 3-13.
- [11] Ma'rufah, U., Hidayat, R., Prasasti, I., 2017. Analysis of Relationship between Meteorological and Agricultural Drought Using Standart Precipitation Index and Vegetation Index. *IOP Conference Series:*

- Earth and Environmental Science, 54, 1-7.  
DOI:10.1088/1755-1315/54/1/012008
- [12] Mondol, A. H., Ara, I., Chandra Das, S., 2017. Meteorological Drought Index Mapping in Bangladesh Using Standardized Precipitation Index Durung 1981-2010. *Advances in Meteorology*, 1-17, DOI:[10.1155/2017/4642060](https://doi.org/10.1155/2017/4642060)
- [13] Sırdaş, S., Şen, Z., 2003. Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 2(2), 95-103.
- [14] Ilgar, R., 2010. Çanakkale’de Kuraklık Durumu ve Eğilimlerinin Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Belirlenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 22, 183-204.
- [15] Oğuztürk, G., Yıldız, O., 2014. Kırıkkale İli’nde Farklı Zaman Periyotları İçin Kuraklık Analizi. *International Journal of Engineering Research and A Development*, 6 (2),1-7.
- [16] Gümüş, V., Algin, H. M., 2017. Meteorological and Hydrological Drought Analysis of Seyhan-Ceyahn River Basin, Turkey. *Meteorological Applications*, 24, 62-73.
- [17] McKee, T.B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. *Eighth Conference on Applied Climatology*. Anaheim, California. No. 1 p. 179-184.
- [18] Wu H, Hayes MJ, Wilhite DA, Svoboda MD. 2005. The Effect of The Length of Record on The Standardized Precipitation Index Calculation. *Int. J. Climatol.* 25: 505-520.