

# Standart Yağış İndeksi Yöntemi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Kuraklık Analizi\*\*

Mete Özfidaner<sup>1\*</sup>

Fatih Topaloğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakùltesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

\*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): mete.ozfidaner@tarim.gov.tr

Geliş tarihi (Received) : 09.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 07.09.2020

DOI: 10.21657/topraksu.767002

## Öz

Su, ekolojik düzenin işleyişinde önemli role sahip olan doğal bir kaynaktır. Bu nedenle su kaynaklarının kullanılabilirliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamak gerekmektedir. Ancak kaynakların plansız kullanımı ve kirlenmesi iklim değişikliğine sebep olan faktörlerdendir. İklim değişikliği su kaynaklarının rejimlerini direkt etkilemektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak değişen yağış rejimleri akarsuların akış rejimlerini de etkileyerek zamansız taşkınlara ya da kuraklıklara neden olmaktadır. Bu çalışmada kuraklık indekslerinden biri olan Standart Yağış İndeksi kullanılmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 17210 (Siirt), 17261 (Gaziantep) ve 17912 (Siverek) nolu istasyonlardan elde edilen 40 yıllık yağış verileri analiz edilerek 1 ve 12 aylık meteorolojik kuraklık belirlenmiştir. 1 ay kaydırma durumunda % 52 ile %71 oranında normal, %16 ile %48 oranında şiddetli kuraklık meydana gelmiştir. Çok şiddetli kuraklık ise sadece 17261 nolu istasyonda %8 olarak tespit edilmiştir. 12 ay kaydırma durumunda ise %80 ile %88 oranında normal, %12 ile %20 oranında şiddetli kuraklık yaşanmıştır. Çok şiddetli kuraklık belirlenmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yağış, standart yağış indeksi, kuraklık, Güneydoğu Anadolu Bölgesi

## Drought Analysis in Southeast Anatolia with Standard Precipitation Index Method

### Abstract

Water is a natural resource that plays an important role in the functioning of the ecological order. For this reason, it is necessary to ensure the availability and sustainability of water resources, but the unplanned use and pollution of the resources are factors that cause climate change. Climate change directly affects the regimes of water resources. Changing precipitation regimes depending on climate change also affects the flow regimes of rivers and causes timeless floods or droughts. In this study, Standard Precipitation Index, one of the drought indices, was used. Monthly and annual meteorological drought was determined by analyzing the precipitation data obtained from the stations numbered 17210 (Siirt), 17261 (Gaziantep) and 17912 (Siverek) in the Southeastern Anatolia Region. In the 1-month shift, 52% to 71% normal, 16% to 48% severe drought occurred. Very severe drought was detected only at the station numbered 17261 as 8%. In the 12-month shift, 80% to 88% normal drought and 12% to 20% severe drought. Very severe drought has not been identified.

**Keywords:** Precipitation, standard precipitation index, drought, Southeastern Anatolia Region

\*\*Türkiye Ölçeğinde Yağış ve Akım Kuraklık İndeksi ile Kuraklık Analizi ve Kurak Olma Olasılıklarının Belirlenmesi isimli doktora tezinden üretilmiştir.

## GİRİŞ

Su, ekolojik düzenin işleyişinde önemli role sahip olan doğal bir kaynaktır. Bu nedenle su kaynaklarının kullanılabilirliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamak gerekmektedir. Ancak kaynakların plansız kullanımı ve kirlenmesi iklim değişikliğine sebep olan faktörlerdendir. İklim değişikliği su kaynaklarının rejimlerini direkt etkilemektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak değişen yağış rejimleri akarsuların akış rejimlerini de etkileyerek zamansız taşkınlar ya da kuraklıklara neden olmaktadır (Toknaz, 2008). Kuraklık, genel olarak yağışların kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi ve su kaynaklarının olumsuz olarak etkilenmesi ve doğal dengenin bozulması şeklinde ifade edilmektedir (Okkan, 2013). Kuraklık, taşkın gibi ani olarak meydana gelmemesine rağmen önem sırasına göre dünyada 31 çeşit doğal afet arasında ilk sırada yer almaktadır. Kuraklık olayının başlangıcı ile bitişinin belirsiz oluşu ve pek çok doğal kaynağı aynı anda etkilemesi nedeniyle ekonomik açıdan en fazla zarar veren doğal afettir (Ilgar, 2010).

Kuraklık; deprem, sel, taşkın gibi diğer afetlerden farklı olarak yavaş bir şekilde gerçekleşir. Yapılan çalışmalar sonucunda ülkemiz de kuraklık tehlikesine sahip ülkeler arasında yer almaktadır. Bu nedenle kuraklık sürekli bir şekilde izlenmelidir. Kuraklığa karşı önlem alabilmek ve en az zararla o süreci atlatabilmek için kuraklığın gerçekleşme sürecini ve şiddetini gözlemlemeyi sağlayan pek çok indeks geliştirilmiştir (Ilgar, 2010).

Dünya ve ülkemizde bugüne kadar çeşitli amaçlara yönelik olarak kuraklık araştırmaları yapılmıştır. Genelde kuraklık olayına araştırmacılar kendi uzmanlıkları açısından yaklaşmışlardır. Bunlardan (Kemali ve Nikzad, 1990), (Rostemi, 1997), (Bakanoğulları, 2020a) tarımsal kuraklık, (Özkan, 2001); (Fereczadeh, 2001); (Türkeş, 1990, 2002); (Türkeş ve Tatlı, 2009), (Sırdaş, 2002), (Sırdaş ve Şen 2003), (Loukas ve Vasiliades 2004), (Pamuk vd. 2004), (Çaldağ vd. 2004), (Yetmen, 2013), (Topçuoğlu vd. 2004), (Deniz, 2009), (Kadioğlu,

2000), (Yeğnidemir, 2005), (Gökkur, 2003), (Apak, 2009), (Sağlamoğlu, 2016), (İrvem ve Özbek, 2019) ve (Fidan, 2011), (Bakanoğulları, 2020b) meteorolojik kuraklık, ve (Erdoğan, 1989); (Köşe ve Dorum 2002), (Siyadeti ve Ensari, 2001), (Nalbantis ve Tsakiris, 2009), (Topaloğlu, 2006a, 2006b), (Topaloğlu vd. 2012) ve (Bakanoğulları ve Yeşilköy, 2014) ise hidrolojik kuraklık konularında çalışma yapmışlardır.

Bu çalışmada da kuraklık indekslerinden biri olan Standart Yağış İndeksi kullanılmıştır. Standart Yağış İndeksi, yağış verilerinden yararlanarak hesaplama yapmayı sağlamaktadır ve kuraklık analizlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Standart Yağış İndeksi, Mckee vd. (1993) tarafından kuraklığı tanımlamak ve takip etmek amacıyla geliştirilmiştir. Standart Yağış İndeksi ile herhangi bir bölgenin belirli bir zaman süresinde kurak ya da nemli dönemlerdeki anormallikleri belirlenebilir (Fidan, 2011).

Bu çalışmanın amacı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 3 adet (Siirt, Gaziantep ve Siverek) yağış gözlem istasyonlarından elde edilen 1968-2007 yılları arasındaki aylık toplam yağış verilerinden Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi ile kuraklık değerlerini belirlemektir. Bu bağlamda çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 3 istasyondan elde edilen yağış verileri analiz edilerek meteorolojik kuraklığı 1 aylık ve 12 aylık olarak belirlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Standart yağış indeksi (SYİ) yöntemiyle Türkiye'de kuraklık oluşumunun analiz edilebilmesi için Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan 3 istasyonla ait aylık ortalama yağış miktarlarına gerek duyulmuştur. Bu amaçla bölgede yer alan istasyonların 1968-2007 dönemine ait yağış değerleri Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bölgede yer alan istasyonların seçiminde, yeri zaman içerisinde değişmemiş, yağış gözlemleri 59 yıl ve kesintisiz olanlar kullanılmıştır. Belirlenen istasyonların özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir,

**Çizelge 1.** Yağış gözlem istasyonlarının bazı özellikleri

**Table 1.** Some features of precipitation observation stations

İstasyon	Rakım (m)	Enlem	Boylam	Ölçüm Periyodu
17210 (Siirt)	896	37.55°	41.57°	1968-2007
17261 (Gaziantep)	854	37.04°	37.23°	1968-2007
17912 (Siverek)	801	37.46°	39.19°	1968-2007

**Standart yağış indeksi (SYİ) yöntemi**

Bir bölgedeki kuraklık olaylarının incelenmesinde, kuraklık tipine göre farklı birçok yöntem kullanılır. Meteorolojik kuraklık olayının incelenmesinde ise standart yağış indeksi yöntemi (SYİ) sıklıkla kullanılan yöntemlerden biridir. SYİ, belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir.

Burada,  $X_i$ ; Yağış miktarı,  $\bar{X}_i$ ; Yağış ortalaması ve  $S_x$ ; Standart sapma miktarını göstermektedir.

$$SYİ = \frac{X_i - \bar{X}_i}{S_x} \quad (1)$$

Gerçekte indeksin hesaplanması yağışın 12 ay ve daha az periyotlarda normal dağılıma uymaması sebebiyle karmaşıktır ve bu yüzden yağış dizileri öncelikle normal dağılıma uygun hale getirilir. Sonuçta elde edilen SYİ değerleri yağış eksikliği ile lineer olarak artan ve azalan bir eğilim gösterir. SYİ değerlerinin normalize edilmesi sonucu seçilen zaman dilimi içerisinde hem kurak ve hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olur. SYİ değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu "kurak dönem" olarak tanımlanır. İndeksin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indeksin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (McKee ve ark. 1995). Bu yöntemle göre kurak ve nemli dönemlerin sınıflandırılması Çizelge 2'de gösterilmiştir.

SYİ değerlerinin hesaplanmasında; en az 30 yıllık sürekli periyoda sahip aylık yağış dizileri (m boyutunda) hazırlanır. Yağış eksikliğin farklı su kaynaklarına etkisi dikkate alınarak indekslerdeki değişimlerin gözleneceği 1, 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık (i) gibi farklı zaman dilimleri belirlenir. Bu zaman dilimleri yağıştaki eksikliğin kullanılabilir

**Çizelge 2.** SYİ kuraklık sınıflandırılması**Table 2.** Drought categories of SPI

SYİ	Kuraklık Kategorisi
$2 \leq 0$	Çok Aşırı Nemli
1.99 - 1.5	Aşırı Nemli
1.49 - 1.0	Orta Derece Nemli
0.99 - (-0.99)	Normal
(-1.0) - (-1.49)	Orta Derece Kurak
(-1.5) - (-1.99)	Aşırı Kurak
$-2 \geq$	Çok Aşırı Kurak

su kaynaklarına olan etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği bir mantığa göre seçilmiştir. Örneğin, herhangi bir ayda yağışta meydana gelen azalma toprak nemine hemen etki edebilirken, yeraltı sularının ve nehirlerin bundan etkilenmesi daha uzun süreli bir zaman dilimi içinde olur. Her zaman dilimindeki veri dizileri kayan bir özellikte olup o ayın indeks değeri önceki (i) ayları değerlerine göre belirlenir. Daha sonra her veri setine Gama dağılımı uydurulur ve böylece gözlenmiş yağış olasılıkları tanımlanır. Gama dağılımı klimatolojik zaman serilerine en uygun dağılımdır. Gama dağılımı, dağılım frekansı veya olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanmaktadır (Thom, 1958).

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad x > 0 \text{ için} \quad (2)$$

$\alpha > 0$ ,  $\alpha$  şekil parametresi;  $\beta > 0$ ,  $\beta$  ölçek parametresi;  $x > 0$ ,  $x$  yağış miktarını ve  $\Gamma(\alpha)$  gama fonksiyonunu ifade eder. Yine  $\alpha$  ve  $\beta$ 'nin tahmininde maksimum olasılık çözümlerini kullanılır. Buna göre;

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad \text{ve} \quad \beta = \frac{\bar{X}}{\alpha}$$

olarak tanımlanır.

Bu eşitliklerde,

$$A = \ln \bar{x} - \frac{\sum \ln x}{n} \quad (3)$$

$n$ ; yağış gözlemlerinin sayısıdır. Eldeki mevcut verilerden elde edilen bu olasılık tanımlamaları daha sonra herhangi bir ayda gözlenmiş bir değer için kümülatif olasılığını bulmak için kullanılabilir. Bu durumda kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (4)$$

Gama fonksiyonu  $x=0$  için tanımsızdır ve yağış dağılımı sıfır (0) değerler içerebilir; bu durumda kümülatif olasılık dağılımı aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$H(x) = q + (1 - q)xG(x) \quad (5)$$

Yukarıdaki eşitlikte  $q$  sıfır değeri için olasılığı ifade eder. Eğer  $m$  herhangi bir yağış serisindeki sıfır (0) değerleri ifade etmek için kullanılırsa  $q=m/n$  olarak tanımlanabilir. Kümülatif olasılık değeri  $H(x)$ , ortalaması sıfır (0) ve bir (1) varyans değeri taşıyan,

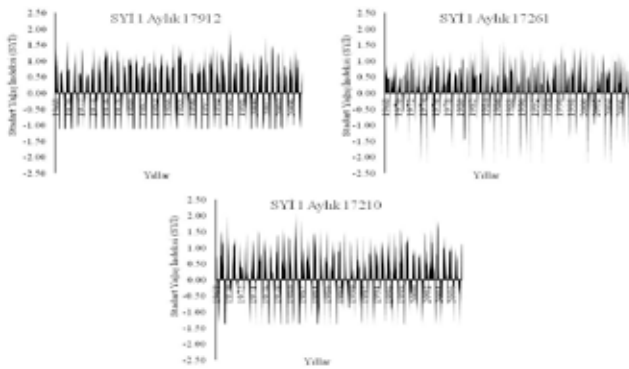
SYİ değerini ifade eden standart normal rastgele değerli Z değişkenine dönüştürülür.  $H(x)$ , SYİ'nin değeridir. Bu durum Panofsky and Brier (1958) tarafından tanımlanan formun dağılımının, bir değişim olarak yeni bir dağılıma dönüşümü için gerekli olan bir özelliktir. SYİ değerlerinin normalize edilmesi ile o istasyona ait yağış dizilerinde hem zaman ve hem de alan bazında olan değişkenliklerin dikkate alınması sağlanmaktadır (McKee vd. 1993; Guttman, 1999).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Güney Doğu Anadolu Bölgesi yağış gözlem istasyonlarına ait 1968-2007 yılları arasındaki aylık yağış verilerinin Standart Yağış İndeksi sonuçları aşağıda verilmiştir. Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde incelen istasyonların 1 aylık kaydırma dönemine ait SYİ sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. 1968-2007 yılları arasında genel olarak yağışlı dönemler fazladır. 1 aylık kaydırmada 1968-2007 yılları arasında çok şiddetli kuraklık belirlenmemiştir. Şiddetli kuraklık meydana gelmesi son 10 yıl içinde diğer yıllara göre artış olmuştur. 17912 nolu (Siverek) istasyonda toplam 174 adet kuraklık olayı yaşanmış olup, bunların 91 tanesi normal, 83 tanesi ise şiddetli kuraklık olarak meydana gelmiştir. 1 aylık kaydırma durumunda 1970 yılı Mayıs ayı ile 1970 Kasım ayı arasında 5 ay boyunca kuraklık yaşanmıştır. Güngen (2019), Şanlıurfa istasyonu için çok şiddetli kuraklığı 1989 yılında -2.97 olarak belirlemiştir. Oruç (2017) çalışmasında 3 aylık kaydırma döneminde 2012-2014 arasında şiddetli kuraklık değerini -1.5 olarak bulmuştur. 17261 nolu (Gaziantep) istasyonunun 1 aylık kaydırma dönemine ait SYİ sonuçlarına göre 1968-2007 yılları arasında genel olarak yağışlı

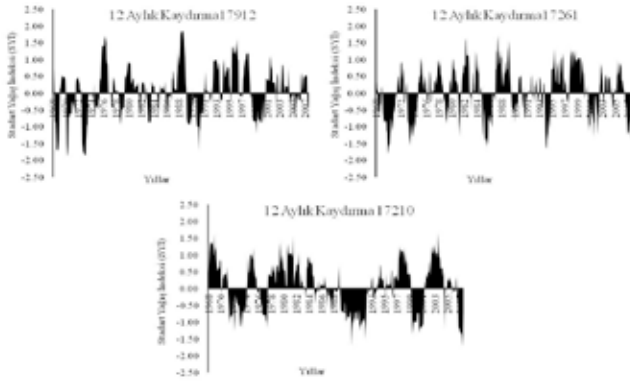
geçmiştir. 1 aylık kaydırmada toplam 11 defa çok şiddetli kuraklık değeri -2.16 değeri ile en yüksek değerini almıştır. Toplam olarak 145 adet kuraklık yaşanmış, bunların 111 tanesi normal, 23 tanesi şiddetli ve 11 tanesi ise çok şiddetli kuraklık sınıfına girmiştir. 1 ay kaydırma durumunda 2001 yılı Ekim ayı ile 2002 yılı Şubat ayları arasında 5 ay kuraklık meydana gelmiştir. Fidan (2011), 1995 yılında ardışık 1 ay-sürelili SYİ serilerinde kuraklık etkisinin azaldığı ve yağışlı döneme geçişlerin olduğunu belirtmiştir. Oruç (2017) ve Güngen (2019) 3 ay kaydırma durumunda 1973 yılında -3.15 ve -3.10 değeri ile çok şiddetli kuraklığı belirlemiştir. Oruç (2017) ve Güngen (2019) 6 ay kaydırma durumunda 1973 yılında -3.20 ve -3.17 değeri ile çok şiddetli kuraklığı belirlemiştir. 17210 nolu (Siirt) istasyonunun 1 aylık kaydırma dönemine ait SYİ sonuçlarına göre yağışlı dönemler oldukça fazla sayıda meydana gelmiştir. 1 aylık kaydırmada çok şiddetli kuraklık belirlenmemiştir. Son 5 yılda şiddetli kurak ve yağışlı dönemler birbirini takip etmektedir. Toplam olarak 174 adet kuraklık yaşanmış, bunların 123 tanesi normal, 51 tanesi şiddetli kuraklık sınıfına girmiştir. 1 ay kaydırma durumunda 2007 yılı Mayıs ayı ile 2007 yılı Ekim ayları arasında 5 ay boyunca kuraklık meydana gelmiştir. Oruç (2017) ve Güngen (2019) de 1989 yılında ve -3.4 ve -3.47 değerini tespit etmiştir.

Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde incelen istasyonların 12 aylık kaydırma dönemine ait SYİ sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. 17912 nolu istasyon için 12 aylık kaydırma durumunda 1968-2007 yılları arasında çok şiddetli kurak dönem yaşanmamıştır. 12 ay kaydırmada şiddetli kuraklık değeri -1.9 ile 1971 yılı olarak belirlenmiştir. Oruç (2017) çalışmasında 12 aylık kaydırma döneminde 2014 yılında şiddetli kuraklık değerini -1.70 olarak bulmuştur. 1968-1975 (1969 ve 1972 yağışlı) yılları arasında kurak dönemler belirlenmiştir. 12 ay kaydırma durumunda 1999 yılı Nisan ayı ile 2002 yılı Mayıs ayları arasında 21 ay boyunca kuraklık yaşanmıştır. İstasyonda toplam 213 adet kuraklık olayı meydana gelmiştir. Meydana gelen kuraklıkların büyüklüğü ise 187 adet normal, 26 adet şiddetli kuraklık olarak belirlenmiştir. 12 aylık kaydırma 1991-1997 ve 2002-2007 yılları arasında şiddetli yağışlı dönemler birbirini takip etmiştir. Güngen (2019) Şanlıurfa istasyonu için 12 ay için çok şiddetli kuraklığı 1973 yılında -3.45 olarak belirlemiştir. Yetmen ve ark. (2017) Şanlıurfa ve Akçakale istasyonlarında, 1975'ten günümüze kadar farklı kuraklık karakterine sahip iki dönem (1975-1999



Şekil 1. GDA bölgesi meteoroloji istasyonu için ardışık 1 ay süreli SYİ sonuçları

Figure 1. SPI results for 1 consecutive month for the SAR region meteorology station.



**Şekil 2.** GDA bölgesi meteoroloji istasyonu için ardışık 12 ay kaydırmalı SYİ değerleri

**Figure 2.** SPI results for 12 consecutive month for the SRA region meteorology station.

ve 1999 sonrası) olduğu, kuraklık şiddetinin ve kurak dönemin uzunluğunun arttığı saptamıştır. 1999 yılına kadar gerçekleşen kuraklıklar, çok hafif kuraklık kategorisinde, 1999 yılından sonra ise orta, şiddetli ve olağanüstü kurak koşullarını ve 1979, 1984, 1987, 1989, 1990, 1991, 1999, 2000, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 ve 2013 yılları önemli kurak yıllar olarak kaydedilmiştir. 17261 nolu istasyonda 12 aylık kaydırmada 1968-1974 (1972 yağışlı), 1985-1987 ve 2002-2002 yılları arasında tüm aylar kurak geçmiştir. 12 ay kaydırmada 1969 Aralık ayı ile 1971 Kasım ayları arasında 24 ay kuraklık belirlenmiştir. Kuraklığın meydana gelme sayısı 209 olup, 167 tanesi normal ve 42 tanesi şiddetli kurak olarak belirlenmiştir. 12 aylık kaydırma durumunda 1968-2007 yıllında çok şiddetli kurak dönem yaşanmamıştır. 12 ay kaydırma durumunda şiddetli kurak değeri -1.83 ile 1970 yılında yaşanmıştır. Uzun süreli yağışlı dönemler 1975-1978, 1980-1984, 1995-1999 ve 2003-2006 yılları arasında ortaya çıkmıştır. Fidan (2011), 2005 yılına kadar yağışlı, 2006 yılından sonra şiddetli kuraklıkların artacağını belirlemiştir. Oruç (2017) ve Güngen (2019) 12 ay kaydırma durumunda 1973 yılında -3.3 değeri ile çok şiddetli

kuraklığı belirlemiştir. 17210 nolu istasyonu için 12 aylık kaydırma sonuçlarına göre istasyonda en uzun süreli kuraklık 1971-1974, 1988-1993 ve 1998-2000 yılları arasında belirlenmiştir. 12 aylık kaydırma durumunda şiddetli kurak olarak 2007 yılında -1.72 olarak yaşanmıştır. 12 ay kaydırmada 1989 Mart ayı ile 1993 Nisan ayları arasında toplam 51 ay boyunca devam eden kuraklık belirlenmiştir. Kuraklığın meydana gelme sayısı 209 olup, 167 tanesi normal ve 42 tanesi şiddetli kurak olarak belirlenmiştir. Benzer sonuç olarak Oruç (2017), 12 ay kaydırmada 1971 ve 1975 yılında ve -2.75 değerini belirlemiştir. Güngen (2019) ise 1974 yılında şiddetli kuraklık değerini -2.75 olarak bildirmiştir. 17210 nolu istasyon da 1978-1987, 1994-1998 ve 2001-2006 (2004 kurak) yılları arasında yağışlı dönemler tespit edilmiştir.

Yağış gözlem istasyonlarının kaydırma sürelerine göre kuraklık olasılıkları (%) Çizelge 3’de verilmiştir. 1 aylık normal kuraklık oranlarına göre 17912 nolu istasyonda %52, 17261 nolu istasyonda %77 ve 17210 nolu istasyonlarda ise %71 olarak bulunmuştur. Güney Doğu Anadolu Bölgesi incelendiği zaman 1 istasyonda (17912) 1 ay kaydırma durumunda şiddetli kuraklık (%48) en yüksek olarak belirlenmiştir. 12 ay kaydırma durumunda 17261 ve 17210 nolu istasyonda %80, 17912 nolu istasyonda %88 oranında normal kurak belirlenmiştir. Bu istasyonlarda şiddetli kuraklık için belirlenen oran ise % 20 ve %22 olarak bulunmuştur. Çok şiddetli kuraklık oranı 17261 nolu istasyonda 1 ay kaydırma durumunda (%8) en yüksek çıkmıştır. 17912 ve 17210 nolu istasyonlarda çok şiddetli kuraklık ortaya çıkmamıştır. Oruç (2017) çalışmasında 17912 (Siverek) istasyonu için şiddetli kuraklık olasılığını en yüksek 12 ay kaydırmada % 22.19 olarak belirlemiştir. Fidan (2011), 17261 (Gaziantep) istasyonunda 6 ay kaydırmada %8.5 olasılıkla çok şiddetli olacağını belirtmiştir. Oruç (2017) çalışmasında 24 ay kaydırmada

**Çizelge 3.** Yağış gözlem istasyonlarının kaydırma sürelerine göre kuraklık olasılıkları (%)

**Table 3.** Drought probabilities of precipitation observation stations according to shift time (%)

SYİ Sınıfları	17210		17261		17912	
	1 Aylık SYİ (%)	12 Aylık SYİ (%)	1 Aylık SYİ (%)	12 Aylık SYİ (%)	1 Aylık SYİ (%)	12 Aylık SYİ (%)
Normal Kurak	71	80	77	80	52	88
Şiddetli Kurak	29	20	16	20	48	12
Çok Şiddetli Kurak	0	0	8	0	0	0

17261 nolu istasyonda şiddetli kuraklık olasılığını %17.25 olarak bulmuştur. 17261 (Gaziantep) nolu istasyonunda 3 aydan 24 aya kadar kuraklık sıklıklarında artış gözlemlenmektedir. Kısa dönemlerde (3-6 ay) normale yakın kuraklık ve orta şiddetli kuraklıklar daha çok görülmektedir (Oruç 2017). Güngen (2019) 17261 nolu istasyon için çalışmasında 24 ay kaydirmada şiddetli kuraklık gözlenme olasılığını % 14.14 olarak belirlemiştir. Oruç (2017) ve Güngen (2019), 17210 (Şiirt) istasyonunda 12 ay kaydirmada şiddetli kuraklık değerini benzer olarak sırası ile %18.61 ve %15.57 ile en yüksek olarak belirlemiştir. Güngen (2019) Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaklaşık olarak %65 oranında normal kuraklık şartlarının, %5 oranında ise çok şiddetli kuraklıkların hüküm sürdüğü, şiddetli ve çok şiddetli kuraklık toplamları dikkate alındığında, kuraklığın 3 aylık dönemler için %10.76 - %14.76, 6 aylık dönemler için %12.96 - %16.29, 12 aylık dönemler için %12.57 - %17.7 ve 24 aylık dönemler için %11.56 - %17 arasında değiştiğini ve Güneydoğu Anadolu bölgesi için orta şiddetin üzerinde bir kuraklığın görülme riskinin her zaman var olduğunu belirtmiştir. Şimşek (2010) doktora çalışmasında SYİ kuraklık analizine göre en uzun süreli kesintisiz kuraklık 1985-1994 yılları arasında (10 yıl) Güneydoğu Anadolu'da görüldüğünü bildirmiştir. Turgu ve Kömüşçü (2011) 1 aylık SYİ değerlerinin kuraklık eğilimlerinde artma belirlemişlerdir. Oruç (2017), Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaptığı tez çalışmasında SYİ-12 için % 25.78- % 35.69 arasında ve değiştiğini belirtmiştir. Yetmen ve ark. (2017) Harran Ovasında kuraklık olasılığının ovanın güneyine doğru küçük bir artış gösterdiğini, ovanın kuzeyinde toplam kuraklık olasılığı %48.2, ovanın güneyinde ise bu oran %48.8 olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, hafif ve orta düzeydeki kuraklık olasılıkları ovada homojen bir dağılım gösterirken, şiddetli kuraklık olasılığı ovanın güney kısımlarında, olağanüstü kuraklık olasılığı ise ovanın kuzeyinde daha yüksek olduğunu, kuraklık şiddeti, dönemsel olarak değişmekle birlikte ovanın genelinde birbirine yakın değerler gösterdiğini belirtmişlerdir. Kuraklık şiddetinin 1999 yılından sonra ovada artma eğiliminde olduğunu söylemişlerdir.

## SONUÇLAR

Elde edilen sonuçlardan uzun dönemler halinde hidrolojik, tarımsal ve sosyoekonomik kuraklığın etkilerini belirlemek ve bu etkilere göre

çözümler üretmek gerekmektedir. Bölge açısından kuraklığın önemi tarımsal faaliyetlerin sonucunu doğrudan etkilemektedir. Kısa dönemli (1,3 ay) kuraklık dönemlerinde ki artma eğilimi tarımsal faaliyetlerde kullanılan suyun önemini arttıracaktır. Kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır (Öztürk ve Yıldız, 2018). Su kaynakları yönetimi çalışmalarında, özellikle iklim değişikliğine bağlı yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıkların farklı bölgelerdeki hidrolojik sistemler üzerindeki etkilerini irdelemek gerekmektedir. Bu sebeple, su kaynaklarının yağış eksikliklerine karşı tepkilerinin belirlenmesi dünyada, ülkemizde ve nehir havzalarında kuraklık olaylarının kolay bir şekilde tanımlanması ve izlenmesi için önemlidir. İklim değişikliğinin son dönemlerde öneminin ortaya çıkması ile birlikte özellikle yaşanılacak kuraklıklar son derece önem kazanmıştır. Türkiye gibi yağış rejimi farklı olan, her bölgesinde farklı yağış miktarı olan ülkelerde bu önem daha da ön plana çıkmaktadır. Özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi gibi tarımın yoğun olarak yapıldığı yerlerde zamanla yağışlarda oluşacak azalma üretimi ciddi olarak etkileyecektir.

## KAYNAKLAR

- Apak E (2009). Standart yağış indeksi (SPI) yöntemi ile Ege Bölgesinde kuraklık analizi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. İzmir, 12-47.
- Bakanoğulları F, Yeşilköy S (2014) Determination of meteorological and hydrological drought in Damlica Creek Watershed in Çatalca-Istanbul, Turkey Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special Issue: 1, p:1152-1157 2014 ISSN 2148-3647
- Bakanoğulları F (2020a) Kırsal havzalarda kuraklığın iki yöntem (SPEI ve SPI) kullanılarak belirlenmesi: Kumdere Havzası örneği. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi.; 7(1): 156-146.
- Bakanoğulları F (2020b). SPEI ve SPI indisleri kullanılarak İstanbul-Damlica Deresi Havzasında kuraklık şiddetlerinin analizi. Toprak Su Dergisi, Cilt 9 Sayı: 1 (1-10)
- Çaldağ B Şaylan L Toros H Sırdaş S Bakanoğulları F (2004). Drought analysis in northwest Turkey, Role of multi-purpose agriculture in sustaining global environment udine, Italy 20 - 24, October 2004. pp.175-180.
- Deniz D (2009). Türkiye'deki kuraklığın standart yağış indeksi (SPI) ile incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Sosyal Bilimler Enstitüsü. Çanakkale.
- Erdoğan F (1989). Türkiye'de yaygın kuraklık. Meteoroloji Mühendisleri Odası Bülteni,2, 1-4.
- Fereczadeh M (2001). Kuraklık olayına karşı olan bazı yeni önlemler ve yöntemleri. Drought. FC. S.777-786.

- Fidan HI (2011). Doğu Akdeniz Bölgesinde standardize yağış indeksi (SYI) ile kuraklık analizi ve markov zinciri yöntemini kullanarak kurak olma olasılıklarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens.
- Gökkür S (2003). Ege Bölgesinde Kuraklık analizi ve uzun yıllar kuraklık salınımları. Ege Üniv. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 77 s., İzmir.
- Guttman N (1999). Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm. J. Am. Water Res. Assoc, 35 (2), 311–322
- Güngen Y (2019). Standart yağış indisi (SYI) ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kuraklık analizi. Yüksek Lisans Tezi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Syf 66
- Ilgar R (2010). Çanakkale’de kuraklık durumu ve eğilimlerinin standartlaştırılmış yağış indisi ile belirlenmesi. Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 22, Temmuz - 2010, S. 183 – 204
- İrvem A, Özbülde M (2019). Türkiye’nin Muğla ili için syi yöntemi ile kurak dönem analizi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi 24 (Özel Sayı):142-148,
- Kadioğlu M (2000). Regional variability of seasonal precipitation over Turkey. International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society, 20(14), 1743-1760.
- Kemali K, Nikzad M (1990). Tarımsal kuraklıkla ilgili meteorolojik indeksler. Nivar Dergisi. Kış 1990.S: 9-19.
- Köşe Ö, Dorum A (2002). Orta Anadolu kapalı havzası kuraklık parametrelerinin olasılık dağılımı. Turkish J. Eng. Env. Sci. 26 (2002) , 85-93. C TÜBİTAK.
- Loukas A, Vasiliades L (2004). Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in Thessaly Region. Greece, Natural Hazards And Earth System Sciences 4: 719–731
- Mckee TB, Doesken NJ, Kleist J (1993).The relationship of drought frequency and duration to time scales. Reprints, 8th Conference On Applied Climatology, Anaheim, CA, USA, Pp.179–184, 1993.
- Mckee TB, Doesken NJ, Kleist J (1995). Drought monitoring with multiple time scales, January 15-20, 1995. American Meteorological Society, Proceeding of The 9th Conference on Applied Climatology, Boston, pp.233-236.
- Nalbantis I, Tsakiris G (2009). Assessment of hydrological drought revisited. Water Resource Management 23:881-897.
- Okkan U (2013). İklim değişikliğinin akarsu akışları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi. DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Oruç N (2017). Güneydoğu Anadolu Bölgesinin kuraklık analizi. Yüksek Lisans Tezi. Syf 112 Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Özkan K (2001). Eğirdir Gölü Havzası’nın kuraklık etüdü ve tarım-ormanlık açısından değerlendirmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi. Seri: A,Sayı 2, 2001,ISSN: 1320-7085, Sayfa: 75-96.
- Pamuk G, Özgürel M, Topçuoğlu K (2004). Standart yağış indisi (SPI) ile Ege Bölgesinde kuraklık analizi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2004, 41 (1):99-106
- Panofsky, H. A., and G. W. Brier (1958),Some applications of statistics to meteorology, 224 pp., Pa. State Univ. Press, University Park.
- Rostemi FF (1997). 1990’ın onluğunda kuraklık olayı. Bahar 1997. S; 19-28. İran.
- Sağlamoğlu A (2016). Doğu Akdeniz Bölgesinde yağışların trend ve kurak dönem analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sırdaş S, Şen Z (2003). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması. İTÜ Dergisi/D Mühendislik 2(2), 95–103.
- Sırdaş S (2002). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulamaları, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), İstanbul. p. 260
- Siyadeti SB, Ensari J (2001). Erak çölünde yeraltı su kaynaklarına kuraklık olayının etkisi. Preceding of First National Conference on Drought Mitigation and Water Shortage. S.736-741.
- Thom H.C.S., 1958. A Note on the gamma distribution. Monthly Weather Review. Office of Climatology, U. S. Weather Bureau, Washington, D. C. Vol. 86 num.4 pp. 117-122
- Tonkaz T (2008). Birinci dereceden Markov Zinciri analizi ile Güneydoğu Anadolu Projesi alanında kuraklık analizi. Harran. Ü. Z. F dergisi,12(1), 13-18.
- Topaloğlu F, İrvem A, Özfidaner M (2012). Re-evaluation of Trends in Annual Streamflows of Turkish Rivers for the Period 1968-2007. Fresen. Environ. Bull. 21, 2043-2050.
- Topaloğlu F. (2006a). Regional trend detection of Turkish river flows. Nordic Hydrology 37 (2): 165–182.
- Topaloğlu F (2006b). Trend detection of stream flow variables in Turkey. Fresenius Environmental Bulletin 15(7): 644–653.
- Topçuoğlu K, Özgürel M, Pamuk G (2004). Türkiye için yeni bir kuraklık indisi denemesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41(3).
- Türkes M (2002). Spatial and temporal variations in precipitation and aridity index series of Turkey. In: Mediterranean Climate Variability and Trends, Hans- Jürgen Bolle, (ed.), Regional Climate Studies. Springer Verlag, Heidelberg, 181–213.
- Türkes M, Tatlı H (2009). Use of the standardized precipitation index (SYI) and modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. International Journal of Climatology 29: 2270–2282
- Türkes M (1990). Türkiye’de kurak bölgeler ve önemli kurak yıllar, Doktora Tezi, İstanbul.
- Yeğnidemir MK (2005). İç Anadolu Bölgesinin standartlaştırılmış yağış indisi (SYI) Metodu ile Kuraklık Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale.
- Yetmen H (2013). Van Gölü Havzası’nın kuraklık analizi. Education and Society in the 21st Century, 2(5), 184-198.
- Yetmen H, Aytaç AS, Özcanlı M (2017). Harran Ovası’nın kuraklık analizi. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 5, Sayı: 46, Mayıs 2017, S. 132-146.