

## Standartlaştırılmış Yağış İndeksi İle Seyfe Gölünün Kuraklık Dönemlerinin Belirlenmesi

Sultan KIYMAZ<sup>1</sup> Vedat GÜNEŞ<sup>2</sup> Murat ASAR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ahi Evran Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Terme Cad., Kırşehir

<sup>2</sup>Kırşehir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Kırşehir

<sup>3</sup>Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

**Özet:** Çalışmada, Seyfe Gölü'nün geçmiş yıllardaki yağışa bağlı olarak ifade edilen meteorolojik kuraklığın irdelenmesi amaçlanmıştır. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) yöntemi kullanılarak, Seyfe Gölü kuraklık oluşumları 1. Dönem (1975–1991) ve 2. Dönem (1992–2008) halinde analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, birinci dönem ile ikinci dönem kuraklık değerlerinin birbirlerinden farklı olduğunu göstermiştir. 2. Dönem hafif kuraklık değerleri tüm kurak dönemlerde (3, 6, 12 ve 24 aylık) 1. Döneme göre artarak çeşitli şiddetlerde kendini göstermiştir. Buna karşın normal nem şiddetinin 1. Dönemden 2. Döneme doğru azaldığı görülmüştür. Şiddetli ve çok şiddetli kuraklık oluşumları her iki dönemde de kısa ve uzun dönemler açısından minimum değerler göstermiştir. Bu değerler Kırşehir İlinin önümüzdeki yıllarda su stresinin artacağını göstermektedir. Bu açıdan gerekli kuraklık önlemlerin alınması önemli bir konudur.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklık, standartlaştırılmış yağış indeksi, yağış, zamansal kuraklık izleme, Seyfe Gölü

## Determination of Drought Periods for Seyfe Lake by Standardized Precipitation Index

**Abstract:** In the study, meteorological drought depending on precipitation of Seyfe Lake in past years has been examined. The occurrence of drought of Seyfe Lake in case of the first Period (1975-1991) and the second period (1992-2008) has been analyzed by using the Standardized Precipitation Index (SPI) method. The results of the analysis, the drought values of the first period and the second period showed that different from each other. The values of the second period mild drought during all dry periods (3, 6, 12 and 24 months) increasing the compared to the first period showed itself in various intensities. However; normal humidity severity is observed to decrease from 1<sup>st</sup> Period to 2<sup>nd</sup> Period. The occurrences drought of the severe and very severe in both periods in terms of short and long periods of time showed that the minimum values. These values show that water stress will increase in the coming years Kırşehir Province. In this respect, taking of the necessary drought measures are an important issue.

**Key words:** Drought, standardized precipitation index (SPI), precipitation, temporal drought monitoring, Seyfe Lake

### 1.Giriş

Kuraklık, yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesi ve hidrolojik dengede bozulmalara neden olan doğal olay olarak tanımlanır (WMO, 1997). İklimsel değişimlerin neden olduğu geçici bir olay olan kuraklık, kurak ve yarı kurak bölgelerin yanı sıra, orta enlemlerin nemli-denizel iklimleri gibi öteki iklim bölgelerinde de oluşabilir (Türkeş, 1999). Küresel ısınmaya bağlı olarak değişik iklim senaryolarına göre zamanla özellikle orta enlemlerde kuraklığın etkili olacağı tahmin edilmektedir. Bu senaryolar, başta tarımsal ve enerji üretimi olmak üzere pek çok alanda kuraklığın yakın gelecekte önemli bir sorun olacağını göstermektedir.

Belirli bir zaman periyodunda, yağışın normal değerlerin altına düşmesi meteorolojik kuraklık olarak tanımlanmaktadır. Meteorolojik kuraklığın süresine göre, tarım alanlarının sulanmasında önemli sorunların yaşanması, mühendislik açısından ise, barajlarda yeterli miktarda su toplanamaması, içme suyu kaynaklarının yetersiz kalması, çevrenin ve sosyal yapının olumsuz yönde etkilenmesi gibi bir takım sorunlar ortaya çıkabilmektedir (Tonkaz ve Çetin 2005).

Yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklık etkisinin süre ve şiddet bakımından farklı olması, meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve ekonomik kuraklık olarak sınıflandırılma ihtiyacını ortaya koymuştur. Bu nedenle, kuraklığın izlenmesinde, yağış eksikliğinin farklı zaman periyotlarında (3, 6, 9, 12, 24 ay

vb.) araştırılması gerekir. Bu amaçla çeşitli kuraklık indeksleri kullanılmaktadır. Kuraklık olaylarını incelemek için çeşitli yaklaşım ve yöntemler önerilmiştir. Bunlardan en çok bilinenleri, Palmer Kuraklık Şiddet İndisi (PDSI, Palmer, 1965) ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI, McKee ve ark. 1993, 1995) yaklaşımlarıdır. Bu kuraklık indisleri kullanılarak elde edilen sonuçlar, bir ülke ya da bölgenin iklimi ile ilgili bilgi vermesinin yanında belli dönemler arasında meydana gelen kuraklık eğilimleri (artış ya da azalış) hakkında da bilgi edinmeyi sağlamaktadır. Elde edilen bu bilgiler, kuraklık yönetimi ve kuraklıkla savaşıma yeteneklerinin ve olanaklarının gelişmesinde kullanılabilir.

Farklı iklimlere sahip bölgelerin kuraklığını tanımlamak amacıyla yağış parametresini tek bir sayısal değere dönüştüren Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) yöntemi ilk olarak McKee ve ark. (1993) tarafından geliştirilmiştir. Anılan yöntemin güvenilir ve yaygın olarak kullanılması nedeniyle, Dünya’da ve Ülkemizde araştırmacılar tarafından kuraklığın izlenmesinde kullanılmaktadır.

Dünyanın farklı bölgelerinde ortaya çıkan kuraklık beraberinde açlığı, kıtlığı ve işsizliği getirdiğinden toplum üzerinde kalıcı etkileri olan meteorolojik karakterli doğal afetlerdir (Sırdaş ve Şen 2003). Kuraklığın başlangıç ve bitiş zamanlarının belirsiz olması, toplam etkisinin artması, aynı anda birden fazla kaynak üzerinde etkisi ve ekonomik boyutunun yüksek olması onu diğer afetlerden ayıran en önemli özellikleridir (Kömüşçü ve ark. 2002).

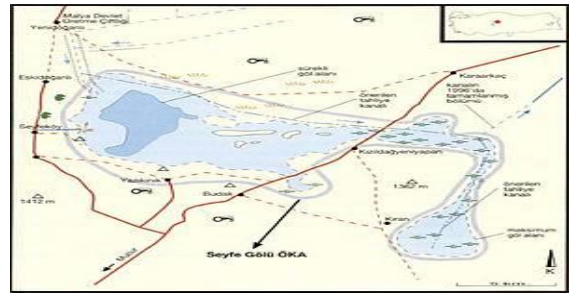
Kuraklık etkilerinin azaltılması ve önceden tahmin edilebilmesi için kuraklık şiddetinin zamansal ve alansal olarak belirlenmesine ihtiyaç vardır (Topçuoğlu ve ark. 2008). Yapılan ön araştırmaya göre, Kırşehir ili Seyfe Gölünün kuraklık dönemlerinin belirlenmesine ilişkin bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, Seyfe Gölü’nün geçmiş yıllardaki yağışa bağlı olarak ifade edilen meteorolojik kuraklığın incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, SPI yöntemi ile uzun süreli yağış ölçümlerine sahip Kırşehir ili Merkez meteoroloji istasyonu verileri kullanılarak, kuraklığın geçmişte ve günümüzde oluşma sıklığını karşılaştırabilmek için 1. Dönem (1975–1991) ve 2. Dönem (1992–2008) halinde Seyfe Gölü sulak alanı için kuraklık oluşumları analiz edilmiştir. Büyük sıkıntılara yol açan

kuraklığın, uluslararası öneme sahip Seyfe Gölü’nde meydana getirebileceği sorunları azaltabilmek için, kuraklık şiddeti daha da artmadan önlemlerin alınabilmesinin, kuraklığı önceden belirleme ve izleme çalışmaları ile mümkün olması araştırmacının önemini ortaya koymaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Çalışma alanının tanıtımı

Seyfe Gölü, İç Anadolu Bölgesinin tam ortasında, Kırşehir İli Mucur ilçesi sınırları içerisinde yer alan, ortalama 1110 m rakıma sahip bir sulak alandır (Şekil 1). Ankara’ya 220 km. uzaklıkta bulunan Göl, kuşbakışı Kırşehir’in 15 km. doğusunda, Mucur’un 11 km. kuzeyinde Malya Çölü olarak bilinen çorak düzlüklerin en çukur yerinde yer almaktadır. Coğrafi olarak 39°18’ kuzey, 34°23’ doğu koordinatları arasındadır. Bölge 1989 yılında 1. Derece Doğal Sit Alanı, 1990 yılında da Tabiatı Koruma Alanı ilan edilmiştir. 1993 yılında Türkiye’nin Ramsar (Özellikle Sukuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası Öneme Sahip Sulak Alanların Korunması) sözleşmesine taraf olmasıyla birlikte, 1994 yılında da Ramsar sözleşmesine dahil edilmiştir. Tatlı ve tuzlu su ekosistemlerinin bir arada bulunduğu nadir bir ekosisteme sahip, kuş göç anayolları üzerinde bulunan Seyfe Gölü 10700 hektarlık alanı kapsamaktadır.



Şekil 1. Seyfe gölü sulak alanının yeri

### 2.2. Sıcaklık

Havzanın yıllık ortalama sıcaklığı 9.5 °C-11.4 °C arasında değişir. Göl ve çevresinde ise yıllık ortalama sıcaklıklar 10.6 °C-10.7 °C’dir. Küçük klima istasyonları ölçüsünde havza sıcaklıkları değerlendirildiğinde, gölün varlığının havza sıcaklıkları için yaşamsal önemi dikkat çeker. Ocak ayında havzanın genelinde ortalama sıcaklıklar -4.9 °C ile 0.9 °C arasında değişiklik gösterir. Havza sınırları

inde özellikle Seyfe Gölü'nün olduğu noktada Ocak ayı sıcaklıkları 0-2 °C'dir. Göl oluşturduğu mikroklima ile çevresini hem don tehlikesine karşı korumuş hem de küçük bir alanda çevresinin iklimini yumuşatmıştır. Kış mevsiminde havzanın sıcaklık ortalaması -4.9 °C ile 4 °C, ilkbahar da -0.9 °C ile 4 °C, yaz mevsiminde 12 °C ile 24 °C, sonbahar da 18 °C ile 7 °C arasında değişir (Anonim, 2009).

### 2.3.Yağış

#### 2.3.1.Ortalama Toplam Yağış ve Yağışın Mevsimsel Dağılışı

Türkeş (1996, 2007)'ye göre havzanın da içinde yer aldığı Kırşehir Karasal İç Anadolu (KİAN) yağış rejiminde yer alır. Bu rejim orta yağışlı, soğuk bir ilkbahar, kış ve az yağışlı sıcak bir yaz mevsimi ile birlikte yarı-kurak ve kurak-yarı nemli bozkır olarak tanımlanır. Yağışın büyük bir kısmının özellikle soğuk dönem ve geçiş dönemlerinde görülüyor olmasının, alandaki gezici siklon ve antisiklonların hareketliliğine ve genel atmosfer dolaşımındaki uzun dönemli salınımsal değişimlerle bağlantısı kurulabilir. Özellikle ilkbahar sonu ve yaz başı kararsızlığın en belirgin olduğu dönemlerdir.

Havzanın büyük klima istasyonlarının yanında küçük klima istasyonlarının verileriyle oluşturulan yıllık ortalama yağış dağılışı haritası incelendiğinde, özellikle kış mevsiminde havzaya düşen yağış miktarı 5 mm ile 45 mm arasında değişir. Havza bu dönemde en fazla yağışı Aralık ayında alır. İlkbahar yağışlarının artması ile birlikte havza sınırları içine düşen yağış miktarı 15-70 mm arasında değişir. Yaz mevsimin de karasal iklim havza da kendini belli eder. Bu dönemde alana düşen ortalama maksimum yağış 30 mm, ortalama minimum yağış 5 mm'dir. Sonbahar da gezici antisiklon ve siklonların etkisi, Basra alçak basıncının etkinliğini azaltması ile artmıştır. Bu dönem de havza ortalama minimum 30 mm, ortalama maksimum 55 mm yağış almıştır. Havzaya uzun yıllar boyunca 270-450 mm arasında yağış düşmüştür (Anonim, 2009).

Bu çalışmada klimatolojik/meteorolojik veri olarak 17160 numaralı Kırşehir (Merkez) meteoroloji istasyonunun 1975-2008 yıllarına ilişkin 34 yıllık aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Kuraklığın geçmişte ve günümüzde oluşma sıklığını karşılaştırabilmek için bu veriler Kırşehir (Merkez) istasyonundan

alınarak 17 yıllık iki dönem halinde incelenmiştir.

Çalışmada Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) kullanılarak Kırşehir (Merkez) ilinde yer alan Seyfe Gölü'nün geçmiş yıllardaki yağışa bağlı olarak ifade edilen meteorolojik kuraklığı incelenmiştir. Her bir dönem için 3-6-12 ve 24 aylık yağış toplamları SPI analizine tabii tutulmuştur. Çoklu zaman dilimlerine ait SPI değerlerinin yorumunu kolaylaştırmak için her bir kategoride meydana gelen SPI miktarları toplam miktarlar ile karşılaştırılarak yüzde dağılımları oluşturulmuştur. Böylece Seyfe Gölü için 1. Dönemde meydana gelen kuraklıklar ile 2. Dönemde meydana gelen kuraklıklar karşılaştırılmıştır. Bu amaçla Kırşehir (Merkez) yağış istasyonunun 1975-2008 dönemine ait aylık yağış değerleri Devlet Meteoroloji İşleri (DMI) Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Standart Yağış İndeksi hesaplamasında kullanılan yağış serisi verilerinde eksik veri olmaması gerekir. Yağış serisi uzunluğunun en az 30 yıllık olması istenir. Bu nedenle Seyfe gölü kuraklık değerlendirmesinde Kırşehir (Merkez) istasyonu verileri kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) McKee ve ark. (1993) tarafından geliştirilmiştir. SPI basittir, zamanla esnek ve kuraklıkların bütün zaman dilimleri için izlenmesine izin verir (Sırdaş ve Şen, 2003). SPI'nın uygulamada ihtiyaç duyulan tek meteorolojik değişkenin yağış olması da, yöntemin kuraklığın izlenmesinde tercih edilmesini sağlamaktadır. SPI'nın sağladığı bu avantajlar düşünülerek çalışmada, Seyfe gölü kuraklık dönemlerini belirlemek için bu yöntem tercih edilmiştir.

Standart Yağış İndeksi (SPI) esas olarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile eşitlik (1)'den elde edilir.

$$SPI = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (1)$$

Burada,  $X_i$ : i. yılda düşen yağış miktarı (mm),  $\bar{X}$ : yıllık ortalama yağış miktarı (mm),  $\sigma$ : yağış değeri standart sapma (mm), SPI: Standart Yağış İndeksi değeri, i: sınıflandırmanın yapılacağı yıllara ilişkin indis değeridir.

SPI'nın hesaplanması yağışın 12 ay ve daha kısa dönemlerde normal dağılıma uymaması nedeniyle karmaşıktır. Bu yüzden yağış dizileri öncelikle normal dağılıma uygun hale getirilir. SPI değerlerinin normalize edilmesi sonucunda seçilen zaman periyodu içerisinde hem kurak hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olur. Sonuçta elde edilen SPI değerleri yağış eksikliği ile lineer olarak artan ve azalan bir eğilim gösterir. SPI değerlerinin normalize edilmesi sonucu seçilen zaman dilimi içerisinde hem kurak ve hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olur. SPI değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indisin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu "kurak dönem" olarak tanımlanır. İndisin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indisin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (McKee ve ark. 1995). Bu yöntemle göre kurak ve nemli dönemlerin sınıflandırılması Çizelge 1'de gösterilmiştir. Çizelge 1'den görüldüğü gibi SPI değerleri hem nemli hem de kurak değerleri içermektedir. Dolayısı ile SPI analizi ile incelenen bölgedeki hem kurak hem de nemli dönemlerin başlangıç dönemleri ve şiddetleri incelenebilmekte ve bunların göreceli olarak kıyaslanması yapılabilmektedir.

**Çizelge 1.** SPI metoduna göre indeks değerleri ve sınıflandırma

SPI	Kuraklık Sınıfı
$2 \leq$	Olağanüstü nemli
1.60-1.99	Aşırı nemli
1.30-1.59	Çok nemli
0.80-1.29	Orta nemli
0.51-0.79	Hafif nemli
0.50-(-0.50)	Normal
-0.50 -(-0.79)	Hafif kurak
-0.80 -(-1.29)	Orta kurak
-1.30 -(-1.59)	Şiddetli kurak
-1.60 -(-1.99)	Çok şiddetli kurak
$-2 \geq$	Olağanüstü kurak

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

hissedilebileceği gibi subjektif 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 indis 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).

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

Burada,  $\alpha > 0$ ,  $\alpha$  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;

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

olarak tanımlanır.

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (4)$$

Burada,  $n$ : 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.

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

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

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

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, SPI değerini ifade eden standart normal rastgele değerli  $Z$  değişkenine dönüştürülür.  $H(x)$ , SPI'nin değeridir. Bu durum Panofsky and Brier (1958) tarafından tanımlanan formun dağılımının, bir değişim olarak yeni bir dağılıma dönüşümü için gerekli olan bir özelliktir. SPI değerlerinin normalize edilmesi ile o istasyona ait yağış dizilerinde hem zaman ve hem de alan bazında olan değişkenliklerin dikkate alınması sağlanmaktadır (McKee ve ark. 1993; Guttman, 1999; Kömüşçü ve ark. 2002).

Bu çalışmada yukarıda açıklanan yöntemler izlenerek Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) Genel Müdürlüğü Araştırma Şubesinde Delphi V yazılımı ile gerçekleştirilen bir paket program kullanılmıştır. Bu yazılım sayesinde tek ya da çoklu istasyon seçeneği ile aylık toplam yağış verileri kullanılarak geçmiş yıllara ait kuraklık analizi yapılabileceği gibi, ileriye dönük kuraklık tahmini de yapılabilen ve farklı kategorilerde kuraklık oluşumlarını sağlayan kritik yağış değerleri elde edilebilmektedir.

### 3. Bulgular

Kırşehir (Merkez) meteoroloji istasyonu yağış verileri kullanılarak Seyfe Gölü'nün geçmiş yıllardaki yağışa bağlı olarak ifade edilen meteorolojik kuraklığı Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) kullanılarak incelenmiştir. Söz konusu istasyona ait üç aylık, altı aylık, yıllık ve iki yıllık SPI değerleri yüzde oluşumlarına göre Çizelge 2 ve 3'te verilmiştir. Çizelge 2 ve 3'te belirtilen yüzdelik zaman dilimleri, o kategorilerde zamanın ne kadarında kuraklık şiddetinin görülme olasılığını ifade eder. Bu şekilde o andaki kuraklığın ne kadar az sıklıkta tekrar edebileceği ve kuraklığın bitmesi için gerekli olan yağış olasılığının bilinmesi sağlanabilir.

I. Dönem (1975–1991) gözlem süresince yapılan kuraklık SPI yüzde oluşum değerlerine göre; olağanüstü kuraklık dağılımları 3 aylık zaman periyodunda tüm kurak dönemlerde en yüksek %8 oranında 1978, 1983, 1984, 1986 ve 1989 yıllarında yaşandığı gözlenmiştir. Orta kuraklık dağılımı, üç aylık kısa zaman periyodundan 24 aylık uzun zaman periyoduna %21'den %9'a azaldığı görülmektedir. Yıllık ve 24 aylık zaman periyodunda hafif kuraklıkların yaşandığı gözlenmiştir. Buna karşın, normal nem şiddetinin azaldığı saptanmıştır (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Kırşehir (Merkez) istasyonuna ait kuraklık % oluşum değerleri (1975–1991)

Kuraklık Sınıfı	3 Ay %	6 Ay %	12 Ay %	24 Ay %
Olağanüstü nemli	1	3	3	0
Aşırı nemli	7	5	9	7
Çok nemli	11	9	7	13
Orta nemli	29	18	24	28
Hafif nemli	22	25	22	10
Normal	71	81	66	65
Hafif kurak	16	12	23	18
Orta kurak	21	26	18	9
Şiddetli kurak	8	7	5	10
Çok şiddetli kurak	4	4	6	11
Olağanüstü kurak	8	7	5	5

II. Dönem (1992–2008) gözlem süresince yapılan 3, 6, 12 ve 24 aylık değerlendirmede; orta kuraklık bir dönemin yaşanmadığı, tüm kuraklık dönemlerinde hafif kuraklıkların çeşitli şiddetlerde yaşandığı görülmektedir. Buna

karşılık normal nem şiddetinin tüm kuraklık dönemlerinde azaldığı görülmektedir. Şiddetli kuraklık dağılımları yıllık ve 24 aylık zaman periyodunda en yüksek değere ulaştığı 2007 ve 2008 yıllarında ulaşmıştır (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Kırşehir (Merkez) istasyonuna ait kuraklık % oluşum değerleri (1992–2008)  
Kuraklık Sınıfı

Kuraklık Sınıfı	3 Ay %	6 Ay %	12 Ay %	24 Ay %
Olağanüstü nemli	1	0	0	1
Aşırı nemli	6	8	12	9
Çok nemli	15	14	13	16
Orta nemli	24	28	25	20
Hafif nemli	25	13	16	13
Normal	75	75	59	55
Hafif kurak	51	55	47	59
Orta kurak	0	0	0	0
Şiddetli kurak	5	7	12	10
Çok şiddetli kurak	11	4	4	5
Olağanüstü kurak	5	8	4	0

Olağanüstü kuraklık döneminde belirlenen üç aylık zaman periyodundaki en yüksek SPI değeri -2,56 olarak 1978 yılı Temmuz ayında yaşandığı ve Temmuz ayında hiç yağış düşmediği belirlenmiştir (Şekil 2). 1983 yılında olağanüstü kuraklık döneminde üç ve altı aylık zaman periyodundaki en yüksek SPI değeri -3.0 ve -2.92 olarak Ocak ayında yaşanmış ve Ocak ayı yağış miktarı 21,1 mm'dir (Şekil 2 ve 3). Söz konusu yılda yıllık ve 24 aylık zaman periyodunda olağanüstü kuraklık dönemi en yüksek SPI değeri sırasıyla Haziran ayında (-2.75) ve çok şiddetli kuraklık dönemi olarak Eylül ayında (-1.99) gözlenmiştir (Şekil 4 ve 5). Yağış eksikliğine bağlı olarak çeşitli düzeylerde çok şiddetli kuraklık ve olağanüstü kuraklık dönemi uzun dönemde yaşanmıştır. Bulunan bu maksimum değerlerin 1984 yılında yaşanan kuraklığın bir ön habercisi olarak algılanabilir.

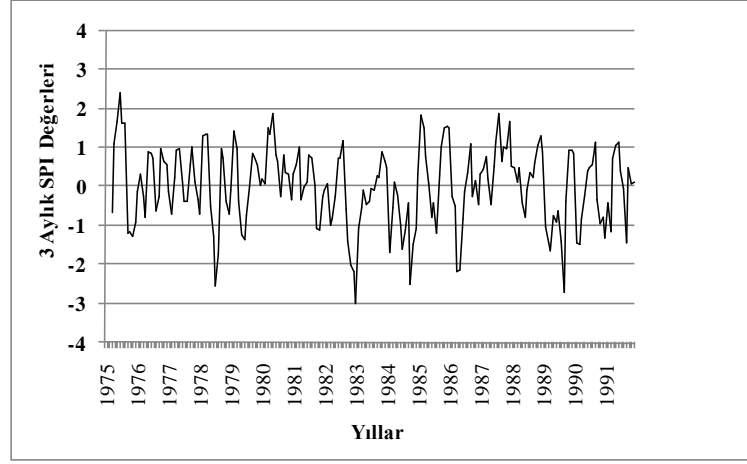
1984 yılında olağanüstü kuraklık dönemi belirlenen 3 ve 6 aylık zaman periyodunda SPI değeri en yüksek -2.52 ve -2.96 olarak Ekim ayında gözlenmiş olup; Ekim ayı yağış miktarı 0.1 mm'dir (Şekil 2 ve 3). Yıllık ve 24 aylık zaman periyodunda ise olağanüstü kuraklık dönemi en yüksek SPI değeri sırasıyla -2.21 ve -2.25 olarak Kasım ve Ekim ayında yaşanmıştır

(Şekil 4 ve 5). Yağış eksikliğine bağlı olarak Haziran ayından Ekim ayına kadar çeşitli düzeylerde olağanüstü kuraklık dönemi 24 aylık uzun dönemde yaşanmıştır.

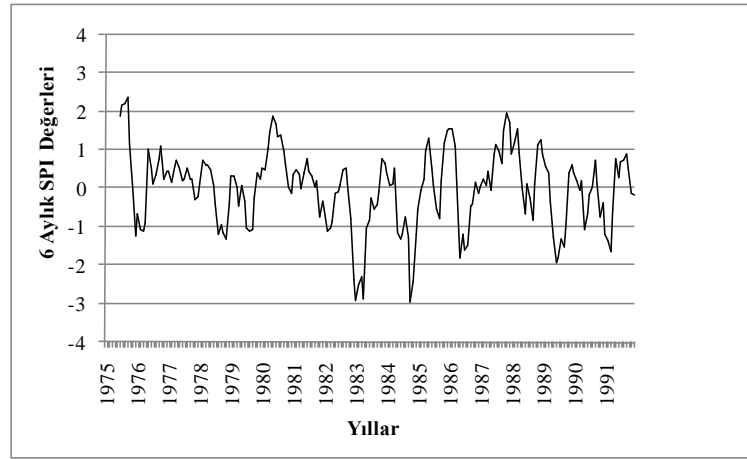
1986 yılında olağanüstü kuraklık dönemi 3 aylık zaman periyodunda SPI -2.17 olarak en yüksek nisan ayında; 6 aylık zaman periyodunda ise çok şiddetli kuraklık -1.79 olarak en yüksek mayıs ayında gözlenmiştir (Şekil 2 ve 3). 1989 yılında olağanüstü kuraklık dönemi 3 aylık zaman periyodunda SPI değeri -2.72 olarak en yüksek eylül ayında gerçekleşmiştir (Şekil 3). Belirlenen 6 aylık zaman periyodunda ise çok şiddetli kuraklık dönemi SPI -1.92 olarak en yüksek eylül ayında gerçekleşmiştir.

Yağışlardaki uzun süreli azalma eğilimleri ve belirgin kurak koşullar, özellikle 1970'lerin başından başlayarak, subtropikal kuşağın ve Türkiye'yi de içerecek bir biçimde Akdeniz Havzasının önemli bir bölümünde etkili olmuştur. Sözü edilen bu kurak koşullardan Türkiye'de en fazla Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri etkilenmiştir. Türkiye'deki kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları, 1971-1974 dönemi ile, 1983, 1984, 1989, 1990, 1996 ve 2001 yıllarında olmuştur (Türkeş, 1999, 2007; Türkeş

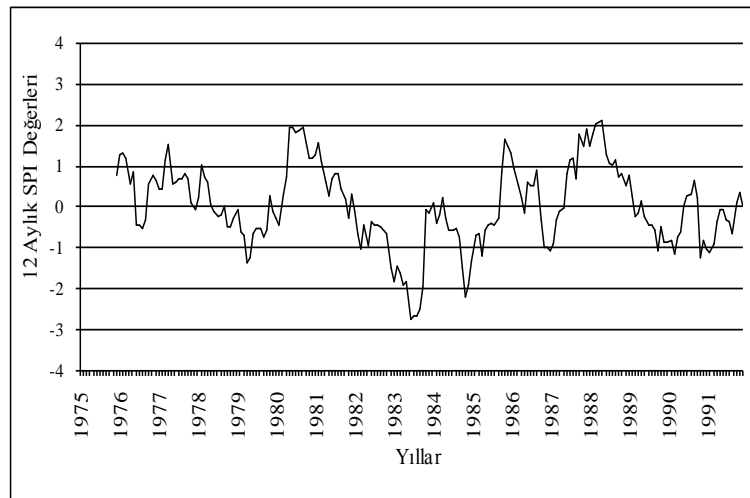
ve Erhat, 2005). Bu çalışmanın sonuçları, Türkiye genelinde yapılan çalışmanın sonuçları benzerlik göstermektedir. Bu durum Türkiye'yi etkileyen belirgin kuraklık koşullarından Kırşehir Bölgesi'nin de etkilendiğini açıkça göstermektedir.



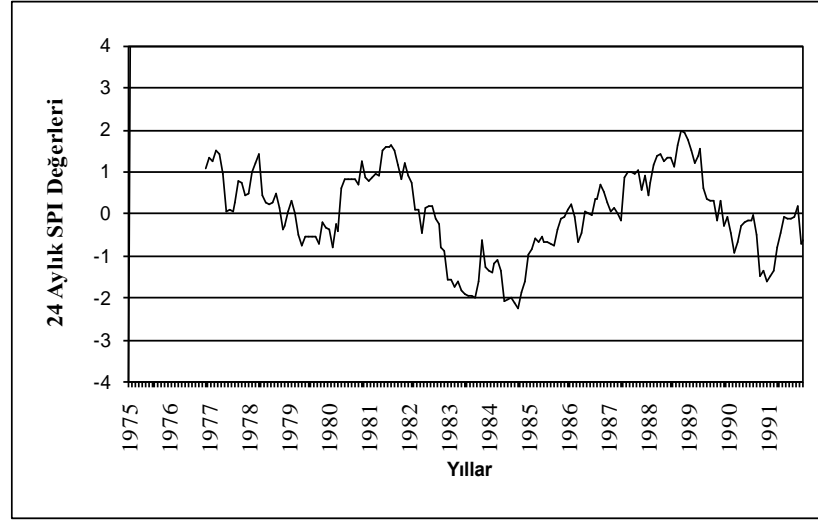
Şekil 2. Kırşehir (Merkez) istasyonunun 3 Aylık SPI Değerleri (1975–1991)



Şekil 3. Kırşehir (Merkez) istasyonunun 6 Aylık SPI Değerleri (1975–1991)



Şekil 4. Kırşehir (Merkez) istasyonunun 12 Aylık SPI Değerleri (1975–1991)



Şekil 5. Kırşehir (Merkez) istasyonunun 24 Aylık SPI Değerleri (1975–1991)

II. Dönem 1992–2008 yıllarına ait gözlem süresince yapılan kuraklık değerlendirmelerinde kuraklığın en yoğun geçtiği yıllar, Şekil 6, 7, 8 ve 9 doğrultusunda özetlenerek sunulmuştur. Buna göre; olağanüstü kuraklık dönemi 3 aylık zaman periyodunda SPI değeri -2.84 olarak en yüksek 1993 yılı Ekim ayında gözlenmiştir ve Ekim ayında düşen yağış miktarı 0.2 mm'dir (Şekil 6). Belirlenen 6 aylık zaman periyodunda olağanüstü kuraklık değeri -2.33 olarak en yüksek Kasım ayında gözlenmiştir (Şekil 7). Yağışların büyük bir bölümü Ocak ve Aralık ayında düşmüştür. 1994 yılında çok şiddetli kuraklık dönemi 3 aylık zaman periyodunda SPI değeri -1.85 olarak en yüksek Haziran ve Temmuz aylarında gözlenmiş olup, düşen yağış miktarı sıfır (0) mm'dir (Şekil 6). Ağustos ve Eylül aylarında ise çeşitli düzeylerde şiddetli kuraklık gözlenmiştir. Belirlenen 6 aylık zaman periyodunda ise olağanüstü kuraklık SPI değeri -2.88 olarak en yüksek Eylül ayında gözlenmiş olup, düşen yağış miktarı 2.7 mm'dir (Şekil 7).

1999 yılında 3 aylık zaman periyodunda çok şiddetli kuraklık dönemi SPI -1.86 olarak en yüksek Aralık ayında gözlenmiştir. 2001 yılında olağanüstü kuraklık dönemi 3 aylık zaman periyodunda SPI -2.44 olarak en yüksek Ocak ayında gerçekleşmiş ve Ocak ayı yağış miktarı 1.4 mm'dir. Mart, Nisan ve Temmuz aylarında üç aylık zaman periyodunda çeşitli düzeylerde çok şiddetli kuraklık dönemin yaşandığı gözlenmiştir (Şekil 6). Belirlenen 6 aylık zaman periyodunda olağanüstü kuraklık değeri -2.40 olarak en yüksek Ocak ayında gözlenmiştir (Şekil 7). 12 aylık zaman

periyodunda ise Nisan ayından Kasım ayına kadar çeşitli düzeylerde orta kuraklık yaşanmıştır. Kırşehir Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yapılan 2001 yılı Seyfe gölü su seviyesi ölçüm sonuçlarına göre, Haziran ayından Ekim ayına kadar gölde su bulunmamaktadır.

2007 yılında 3 aylık zaman periyodunda çok şiddetli kuraklık SPI değeri -1.65 olarak en yüksek Ocak ayında gözlenmiştir (Şekil 6). Belirlenen 6 aylık zaman periyodunda şiddetli kuraklık değeri -1.58 olarak en yüksek Mayıs ayında gözlenmiştir (Şekil 7). 12 aylık zaman periyodunda ise SPI değeri -1.67 olarak en yüksek ekim ayında çok şiddetli kuraklığın yaşandığı gözlenmiştir (Şekil 8). Bulunan bu maksimum değerlerin 2008 yılında yaşanan kuraklığın bir ön habercisi olarak algılanabilir. Ayrıca, 2007 yılı göl su seviyesi ölçüm sonuçlarına göre, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında gölde su bulunmamaktadır (DSİ, 2009).

2008 yılında olağanüstü kuraklık dönemi 3 aylık zaman periyodunda SPI -2.36 olarak en yüksek Haziran ayında gözlenmiş olup; Haziran ayında düşen yağış miktarı 6 mm'dir (Şekil 6). Belirlenen 6 aylık zaman periyodunda olağanüstü kuraklık -2.73 olarak en yüksek Haziran ayında gözlenmiştir (Şekil 7). 12 aylık zaman periyodunda ise olağanüstü kuraklık SPI değeri -2.09 olarak en yüksek Temmuz ayında belirlenmiş olup; Temmuz ayı yağış miktarı 0.4 mm'dir. Haziran ve Ağustos aylarında da benzer şekilde farklı düzeylerde olağanüstü kuraklık dönemin yaşandığı



gözlenmiştir. Yıllık zaman periyodunda Mart, Nisan ve Mayıs aylarında çeşitli düzeylerde şiddetli ve çok şiddetli kuraklıkların yaşandığı gözlenmiştir (Şekil 8). Belirlenen 24 aylık zaman periyodunda ise çok şiddetli kuraklık SPI değeri -1.76 olarak en yüksek Kasım ayında gözlenmiştir. 24 aylık zaman periyodunda Nisan ayından Aralık ayına kadar çeşitli düzeylerde şiddetli ve çok şiddetli kuraklığın yaşandığı gözlenmiştir (Şekil 9). Herhangi bir zamanda yağışta meydana gelen azalmanın toprak neminde hemen hissedilebilirken, yeraltı sularında ve yüzey sularında bu etki daha uzun zaman diliminde olur.

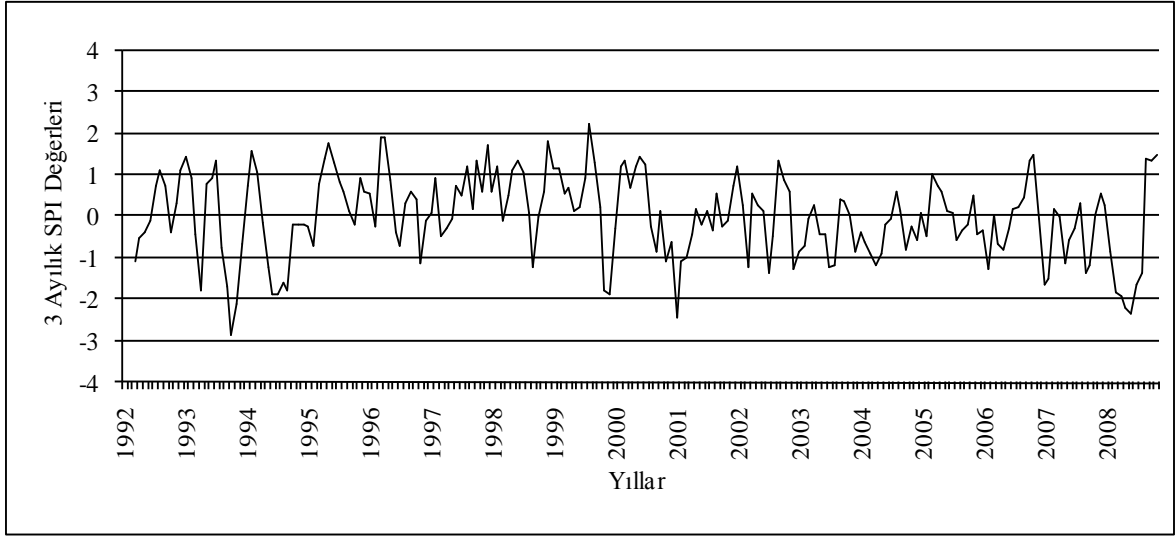
2008 yılı Seyfe gölü su seviyesi ölçüm sonuçlarına göre, Haziran ayından Aralık ayına kadar gölde su bulunmamaktadır. Göl ve çevresinde tarımsal sulamalar nedeniyle yeraltı su seviyelerinde de düşmeler olduğu gözlenmiştir. Bu durum gölün su dengesinin bozulmasına, başta tarımı ve göldeki su kuşlarını tehdit etmektedir. Kırşehir ili Bölge Meteoroloji Müdürlüğü'nden alınan verilere göre; 1999, 2001 ve 2008 yılları arasındaki dönemde yıllık toplam yağış miktarı uzun yıllar (1975-2007) ortalamasının altında gerçekleşmiş olup; uzun yıllar ortalamalarına göre, 1998–2007 yıllarını kapsayan son 10 yılda ortalama sıcaklık değerinin 0,5 °C arttığı ve yıllık yağış toplamının ise 29,3 mm azaldığı gözlenmiştir.

Az yağışlı bir yörede bulunduğu için özellikle yazın (Haziran, Temmuz ve Ağustos) göl alanı küçülmekte ve büyük kesimi tuzlu bir bataklığa dönüşmektedir. Bu durum; göl ve çevresinin rüzgâr erozyonuna maruz kalmasına neden olmakta, tarım alanlarında çöl etkisini ve kuraklığı artırmakta; dolayısıyla tarım ürünlerinde verim azalmasına neden olmaktadır (Kıymaz, 2009). Ayrıca I. Dönemden II. Döneme doğru aylık toplam yağış tutarlarının azaldığı, buna karşın aylık ortalama sıcaklık ve buharlaşma miktarlarının arttığı gözlenmiştir (Çizelge 4). Bu değerler Kırşehir İlinin önümüzdeki yıllarda su stresinin artacağını göstermektedir.

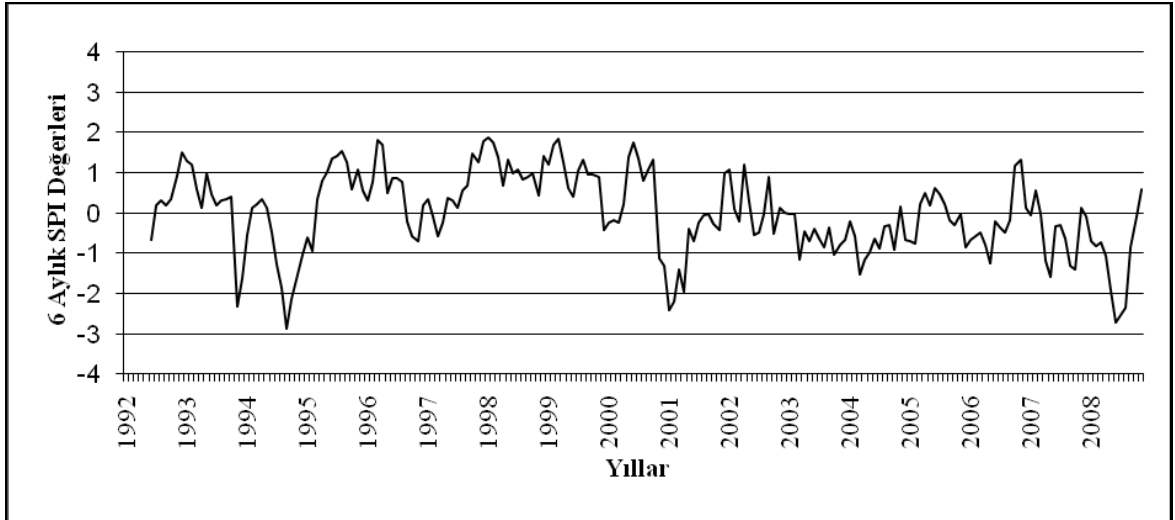
Bu çalışmanın sonucunda; 1975-2008 yılları arasındaki gözlem süresince yapılan SPI kuraklık değerlerine göre; olağanüstü kuraklığın 3 ve 6 aylık kısa dönemli periyotlarda en yüksek değere ulaştığı gözlenmiştir. Bu durum toprak neminde önemli ölçüde azalmanın olduğunu göstermektedir. Buna karşın, 1992-1993 yılları arasında hafif kuraklık değerleri tüm kurak dönemlerde (3, 6, 12 ve 24 aylık) I. Döneme(1975-1992) göre sırasıyla %16'dan %51'e 3,18 kat, %12'den %55'e 4,58 kat, %23'ten % 47'e 2,04 kat %18'den %59'a 3,27 kat artarak çeşitli şiddetlerde etkisini göstermektedir.

**Çizelge 4.** I. Dönem ve II. Döneme ilişkin bazı iklimsel aylık ortalama değerler (DMI, 2009)

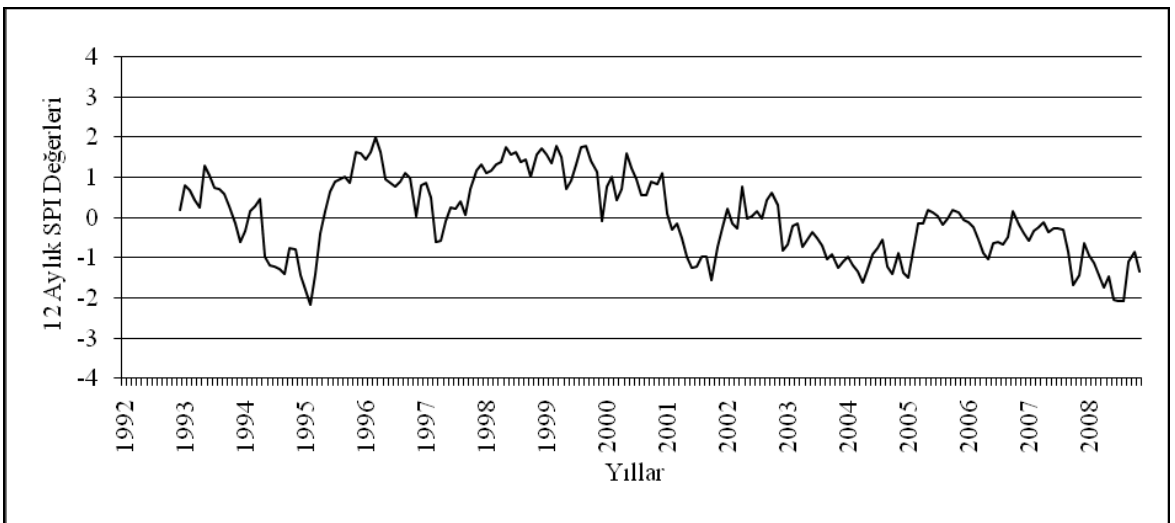
Aylık Ortalama Değerler	I. Dönem (1975–1992)			II. Dönem (1992–2008)		
	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Buharlaşma (mm)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Buharlaşma (mm)
Ocak	44.7	-0.8	-	39.8	-0.1	-
Şubat	32.1	0.6	-	31.6	1.0	-
Mart	33.7	5.1	-	35.7	5.6	-
Nisan	50.2	10.6	100.0	50.1	10.7	108.7
Mayıs	45.7	14.7	153.2	44.8	15.9	185.0
Haziran	33.2	19.2	202.2	31.1	20.1	253.4
Temmuz	8.0	22.6	280.4	6.3	23.7	340.3
Ağustos	1.1	22.4	271.5	5.1	23.6	320.7
Eylül	10.9	18.2	185.0	13.8	18.7	209.8
Ekim	34.3	12.2	98.5	30.6	13.0	123.8
Kasım	46.2	5.9	-	42.4	6.3	21.4
Aralık	50.4	1.2	-	45.7	1.7	-



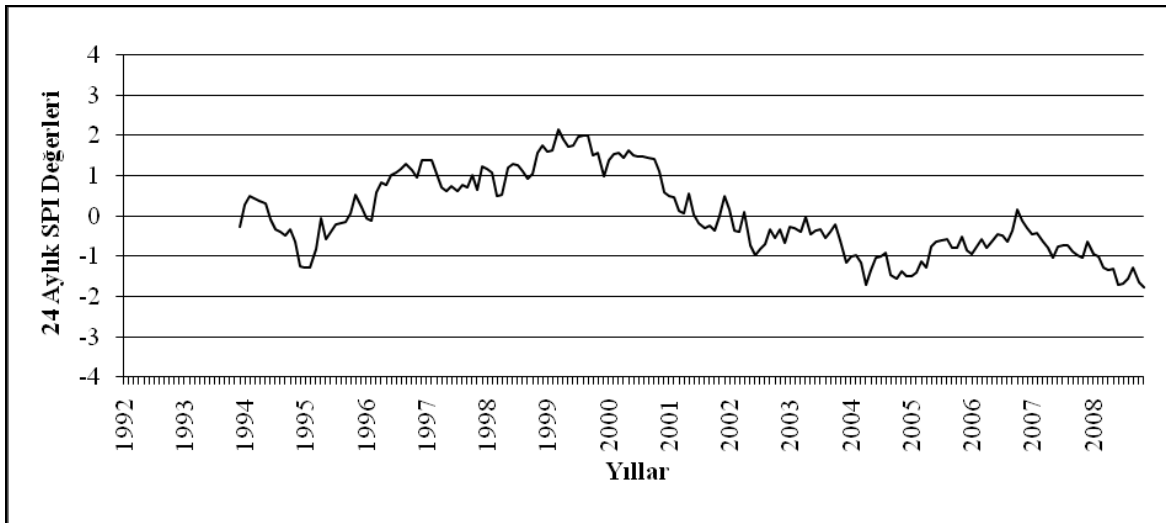
Şekil 6. Kırşehir (Merkez) istasyonunun 3 Aylık SPI Değerleri (1992–2008)



Şekil 7. Kırşehir (Merkez) istasyonunun 6 Aylık SPI Değerleri (1992–2008)



Şekil 8. Kırşehir (Merkez) istasyonunun 12 Aylık SPI Değerleri (1992–2008)



Şekil 9. Kırşehir (Merkez) istasyonunun 24 Aylık SPI Değerleri (1992–2008)

#### 4. Sonuç

Türkiye'nin yıllık yenilenebilir yerüstü su potansiyeline, 12 milyar m<sup>3</sup> güvenli çekim sınırlarındaki yeraltı suyu da eklendiğinde, ülkenin su potansiyelinin ancak 120 milyar m<sup>3</sup>'e ulaştığı bulunur. Türkiye nüfusunun 72 milyon olduğu ve hızlı arttığı da dikkate alındığında, kişi başına ortalama yıllık 1500 m<sup>3</sup> kadar su düştüğü görülür. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmüştür. Bu durumda 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1000 m<sup>3</sup>/yıl civarında olacağı söylenebilir (DSİ, 2008). Bu sonuçlar bize, Türkiye'nin kurak dönemlerde ciddi sorunlarla karşılaşabileceğini açıkça gösterir.

Çalışmanın sonuçlara göre, Kırşehir ve Seyfe Gölü'nde 1975–2008 yılları arasında hafif, orta, şiddetli, çok şiddetli ve olağanüstü düzeylerde kuraklık yaşanmıştır. İkinci dönem hafif kuraklık değerleri tüm kurak dönemlerde (3, 6, 12 ve 24 aylık) birinci döneme göre kıyasla artarak çeşitli şiddetlerde kendini göstermiştir. Buna karşın normal nem şiddetinin birinci dönemden ikinci döneme doğru azaldığı görülmüştür. Şiddetli ve çok şiddetli kuraklık oluşumları her iki dönemde de kısa ve uzun dönemler açısından minimum değerler göstermiştir.

Yağış eksikliğine bağlı olarak hesaplanan Kuraklığın küresel boyutta yaşanan iklimsel farklılık ve değişimler nedeniyle son yıllarda dünyada ve ülkemizde de çok ciddi bir tehdit

oluşturduğu görülmektedir. Bu nedenle, kuraklığın bir merkez tarafından izlenmesi ve her sektör için kuraklık eylem planlarının hazırlanması gerekmektedir. Ayrıca, meteorolojik kuraklık çalışmalarının su kaynaklarının izlenmesi, etkilerinin belirlenmesi ve yönetim modellerinin oluşturulması açısından ele alınması önerilir.

#### Kaynaklar

- Anonim, 2009. Seyfe Gölü Acil Eylem Planı. Seyfe Kurak Alanı Göl Oluyor Projesi, Kırşehir.
- DSİ, 2008. [http://www.dsi.gov.tr/iby/iby\\_cozum\\_oneri.htm](http://www.dsi.gov.tr/iby/iby_cozum_oneri.htm)
- DSİ, 2009. Seyfe Gölü Su Seviye Ölçüm Verileri (2001-2008). Kırşehir DSİ Bölge Şube Müdürlüğü, 2009. Kırşehir.
- DMİ, 2009. Kırşehir (Merkez) İklim İstasyonu Yağış, Sıcaklık, Buharlaştırma Verileri (1975-2008). DMİ Genel Müdürlüğü, 2009, Ankara.
- Guttman, N.B., 1999. Accepting the Standardized Precipitation Index: A Calculation Algorithm, Journal of the American Water Resources Association, Vol.35, No.2, pp.311-322.
- Hıms, M.A., 2008. Standart Yağış İndeksi İle Konya'nın Geçmişten Günümüze Kuraklık Değerlendirmesi. Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı, 11-12 Eylül 2008, Konya, 238-245.
- Kıymaz, S., 2009. Seyfe gölü sulak alanı ve su kaynakları yönetimine ilişkin sorunlar ve çözüm önerileri. Journal of New World Sciences Academy 5 (2):174-185.
- Kömüştü, A.Ü. Erkan, A. Turgu, E., 2002. Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu (SPI) ile Türkiye'de Kuraklık Oluşum Oranlarının Bölgesel Dağılımı. DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Yayını, 2002, Ankara.
- 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 1993, Anaheim, CA, 179-184.
- Mckee, T.B, Doesken N.J., Kleist, J., 1995. Drought Monitoring with Multiple Time Scales, American Meteorological Society, Proceeding of The 9th Conference on Applied Climatology, 15-20 January 1995, Boston, 233-236.
- Palmer, W.C., 1965. Meteorological Drought, Research Paper No. 45. United States Department of Commerce, Weather Bureau.
- Sırdaş, S. Şen S., 2003. Meteorolojik kuraklık modellenmesi ve türkiye uygulaması. İTÜ Dergisi/d Mühendislik 2, 95-103.
- Thom, H.C.S., 1958. A Note on the Gamma Distribution, Monthly Weather Review, 86 (4): 117-122.
- Tonkaz, T. Çetin, M., 2005. Şanlıurfa'da Kuraklık Şiddetinin Standardize Yağış İndisi (SPI) ile Belirlenmesi ve Kuraklık Gidiş Analizi. GAP IV. Tarım Kongresi, 21-23 Eylül 2005, Şanlıurfa.
- Topçuoğlu, K. Pamuk Mengü, G. Anaç, S., 2008. Ege Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi. Konya Kapalı Havzası Yeraltı Suyu ve Kuraklık Konferansı, 11-12 Eylül 2008, Konya, 175-184.
- Türkeş M., 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16, 1057-1076.
- Türkeş, M., 1999. Vulnerability of Turkey to Desertification With Respect to Precipitation and Aridity Conditions. Tr. J. of Engineering and Environmental Science 23 , 363 – 380. Tübitak.
- Türkeş, M., 2007. Orta Kızılırmak Bölümü güney kesiminin (Kapadokya Yöresi) iklimi ve çölleşmeden etkilenebilirliği (Climate of southern part of the Middle Kızılırmak Sub-Region (Cappadocia District) and its vulnerability to desertification). Ege Üniversitesi Coğrafya Dergisi 14: 75-99.
- Türkeş, M. ve Erlat, E., 2005. Climatological responses of winter precipitation in Turkey to variability of the North Atlantic Oscillation during the period 1930-2001. *Theoretical and Applied Climatology* 81: 45-69.
- WMO, 1997. Extreme Agrometeorological Events, CagM-X Working Group, Geneva.