

STANDART YAĞIŞ İNDİSİ YÖNTEMİ İLE KIZILIRMAK HAVZASI'NIN METEOROLOJİK KURAKLIK ANALİZİ

Onur ARSLAN*, Ahmet BİLGİL, Onur VESKE

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Niğde Üniversitesi, Niğde, Türkiye

Geliş / Received: 28.04.2016

Düzeltilmelerin gelişi / Received in revised form: 30.06.2016

Kabul / Accepted: 30.06.2016

ÖZ

Kızılırmak Havzası, Fırat-Dicle Havzası'ndan sonra Türkiye'nin en büyük havzasıdır ve Türkiye'nin en uzun nehrine (Kızılırmak Nehri) sahiptir. Havza batısında Batı Karadeniz ve Sakarya Havzaları, doğusunda Yeşilirmak Havzası, güneybatısında Konya Kapalı Havzası ve güneydoğusunda Seyhan ve Fırat-Dicle Havzaları ile çevrilidir. Kuraklık analizi su kaynaklarının planlanması ve yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Kızılırmak Havzası'nda 1973-2013 yılları arasında meydana gelen kuraklıklar standart yağış indisi (SYİ) yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Kızılırmak Havzası'nın SYİ değerleri 1, 3, 6, 9, 12 ve 60 aylık periyotlar için hesaplanmıştır ve 60 aylık periyot Kızılırmak Havzası'nın SYİ yöntemine dayalı kuraklık analizinde ilk defa kullanılmıştır. Geçmişteki kuraklıklar ile karşılaştırıldığında havzada meydana gelen son kuraklıkların sürelerinde 12 ve 60 aylık periyotlar için önemli artışlar tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuraklık, standart yağış indisi, Kızılırmak Havzası

METEOROLOGICAL DROUGHT ANALYSIS IN KIZILIRMAK BASIN USING STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX METHOD

ABSTRACT

Kızılırmak Basin is the largest basin in Turkey after Fırat-Dicle Basin and has the longest river of Turkey (Kızılırmak River). The basin is surrounded by West Karadeniz and Sakarya Basins in the west, Yeşilirmak Basin in the east, Konya Closed Basin in the southwest, and Seyhan and Fırat-Dicle Basins in the southeast. Drought analysis is important for the planning and management of water resources. In this study, droughts occurred in Kızılırmak Basin between the years 1973 and 2013 were investigated by using standardized precipitation index (SPI) method. SPI values of Kızılırmak Basin were calculated for 1, 3, 6, 9, 12 and 60-month time scales and 60-month time scale was used for the first time for drought analysis of Kızılırmak Basin based on SPI. When compared with the droughts in the past, important increases in the durations of the last droughts occurred in the basin were determined for 12 and 60-month time scales.

Keywords: Drought, standardized precipitation index, Kızılırmak Basin

1. GİRİŞ

Kuraklık, yağışların kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesine bağlı olarak arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına yol açan doğal bir olay olarak tanımlanmaktadır [1]. Meteorolojik kuraklık, tarımsal kuraklık, hidrolojik kuraklık ve sosyo-ekonomik kuraklık olmak üzere literatürde dört tip kuraklık tanımlanmaktadır [2]. Kuraklık, meteorolojik kuraklık olarak başlar ve

*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 388 225 22 67; e-mail/e-posta: onurarslan@nigde.edu.tr

STANDART YAĞIŞ İNDİSİ YÖNTEMİ İLE KIZILIRMAK HAVZASI'NIN METEOROLOJİK KURAKLIK ANALİZİ

sonra meteorolojik kuraklık tarımsal ve hidrolojik kuraklıklara neden olabilir. Meteorolojik kuraklık, bölgenin normale göre daha az yağış alması durumudur [3]. Tarımsal kuraklık; toprakta bitkinin ihtiyaç duyduğu miktarda suyun bulunmadığı durumu, hidrolojik kuraklık; yeraltı suyu, göl ve rezervuar gibi su kaynaklarında ortalamanın altına düşülme durumunu ve sosyo-ekonomik kuraklık ise kuraklığa bağlı olarak sosyal ve ekonomik yaşantıda meydana gelen olumsuzlukları ifade etmektedir [1].

Otuz bir çeşit doğal afet için şiddet, süre, kayıp ve etkiler dikkate alınarak yapılan bir sıralamada kuraklık birinci sırada bulunmaktadır [4]. Kuraklık, meyve, sebze ve hububat gibi tarımsal mahsul ile hayvan yeminin azalmasına ve buna bağlı olarak insanların ekonomik dengelerinin bozulmasına, işsizliğe ve göçe neden olur. Baraj, göl ve akarsu gibi yüzeysel sular ile yer altı sularının azalmasına ve buna bağlı olarak salgın hastalıklara, su kıtlığına, yiyecek sıkıntısına ve hidroelektrik santrallerde üretilen enerjinin azalmasına neden olur. Bu nedenlerle kuraklık analizi büyük önem taşımaktadır [5].

Meteorolojik kuraklıkları takip etmek için birçok kuraklık indisi geliştirilmiştir. Standart yağış indisi (SYİ) yalnızca yağış verisine ihtiyaç duyması, hesaplamalardaki kolaylıkları ve güvenilir olması nedeniyle tüm dünyada kuraklık indisleri arasında en çok kullanılan kuraklık indisidir [6]. Bonaccorso ve ark. [7], Sicilya'da SYİ ile yaptıkları kuraklık analizinde seçilen periyotların hassasiyeti etkilediğini belirlemişlerdir. Patel ve ark. [8], SYİ'nin Hindistan'ın kurak ve yarı kurak alanlarında meteorolojik kuraklığın mevsimsel ölçekte alansal ve zamansal değişkenliği için kullanılabilirliğini araştırmışlardır. 3 aylık periyot için SYİ Gujarat'taki mevsimsel kuraklık durumlarını alansal ve zamansal açıdan yakalamada etkili bulunmuştur. Santos ve ark. [9], Portekiz'de kuraklık büyüklüklerinin bölgesel frekans analizini SYİ zaman serilerine dayalı olarak yıllık maksimum seriler ve kısmi süreli seriler olmak üzere iki yaklaşım ile gerçekleştirmişler ve yıllık maksimum serilerin kısmi süreli serilere göre daha iyi sonuçlar verdiğini görmüşlerdir. Xie ve ark. [10], Pakistan'da 1960-2007 boyunca kuraklıkların görülme sıklığının zamansal ve alansal değişkenliğini araştırmışlardır. Analiz gridlenmiş yağış verisini kullanarak SYİ'nin 3, 6 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanmasına dayalıdır. Temel bileşenler analizi, kuraklıkların geniş alanlarda yaygın ve sık bir şekilde meydana geldiğini ortaya koymuştur. Ayrıca spektral analiz sonucunda 16 yıl kuraklık tekrür periyodu olarak belirlenmiştir.

Türkiye'de de SYİ yöntemi meteorolojik kuraklık analizlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Çaldağ ve ark. [11], SYİ yöntemi ile Türkiye'nin kuzeybatısı (Trakya Bölgesi) için kuraklık analizi yapmışlardır. SYİ değerlerine göre Trakya Bölgesi, İstanbul hariç 2000 ve 2001 yıllarında şiddetli kuraklık etkisi altında kalmıştır. Yeğnidemir [12], İç Anadolu Bölgesi'nin kuraklık karakteristiklerini belirlemek amacıyla 1, 3, 6, 12, 24 ve 48 ay süreli SYİ değerlerini belirlemiştir. Keskin ve ark. [13], Isparta Bölgesi için SYİ yöntemi ile 12 aylık periyot için kuraklık analizi yapmışlar ve çok şiddetli kuraklığa rastlamamışlardır. Yürekli ve Anlı [14], Karaman İli için SYİ yönteminin sınıflandırma değerlerine göre aylık toplam yağmurların meydana gelme frekanslarını hesaplamışlardır. Frekans değerlerinin Şubat ve Mart aylarında şiddetli ve çok şiddetli, Ekim ve Kasım aylarında orta şiddetli ve Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise hafif şiddetli kuraklıklar için maksimum değerlere ulaştıklarını tespit etmişlerdir. Topçuoğlu ve ark. [15], SYİ yöntemi ile Ege Bölgesindeki kuraklıkları aylık, üç aylık ve yıllık periyotlar için incelemişlerdir. Zamansal ve alansal analiz sonucunda bölge genelinde 1977, 1989, 1990 ve 1992 yıllarında kuraklık gözlemlendiğini ve ayrıca kıyı bölgelerde daha şiddetli kuraklık hissedildiğini belirtmişlerdir. Hınıs [16], Konya Kapalı Havzası'nda bulunan Konya ve Ereğli meteoroloji istasyonlarının verilerini kullanarak elde ettiği uzun ve kısa dönem SYİ değerlerini karşılaştırmış ve sonuçların birbirlerinden farklı olduğunu tespit etmiştir.

Oğuztürk [17], Kızılırmak Havzası'nda 1950-2007 yılları için SYİ ile kuraklık analizi yapmış ve 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ değerlerini hesaplamıştır. Havzada yağış eksikliğine bağlı çeşitli kuraklıkların yaşandığını ve son yıllarda kuraklık yönünde bir eğilimin olduğunu belirtmiştir. İstasyon verileri arasında farklılıklar olduğunu, şiddetli ve çok şiddetli kuraklıklara göre havzada hafif ve orta şiddetli kuraklıkların sıklıklarının daha fazla olduğunu, istasyon bazında zamanın büyük çoğunluğunun kurak geçtiğini tespit etmiştir.

Fırat-Dicle Havzası'ndan sonra Türkiye'nin en büyük havzası olan Kızılırmak Havzası'nda Kızılırmak Vadi Sulamaları, Kapulukaya Ovası, Kargı Ovası, Osmaniye Ovası, Kayseri Ovası, Sarımsaklı Ovası, Develi Ovası, Kadişehir Ovası, Karasaz Ovası, Fıratın Ovası, Karasu Ovası, Avanos-Ayhanlar Ovası, Bafra Ovası, Cencin Ovası, Hanlı Ovası, Zara-Hafik Ovaları, Gemerek-Sızır Ovası, Boğazlıyan Ovası, Yerköy-Delice Ovası ve Yaylacık Ovası gibi önemli tarım alanları bulunmaktadır [17]. Havza, Türkiye'nin en uzun nehri olan Kızılırmak Nehri'ne sahiptir ve Kızılırmak ve kolları üzerinde sırasıyla; İmranlı, Yamula, Bayramhacılı, Hirfanlı, Kesikköprü, Kapulukaya, Buğra, Obruk, Dutludere, Boyabat, Altınkaya ve Derbent olmak üzere bitmiş veya inşa halinde olan 12 önemli baraj vardır [18]. Bu nedenle kuraklık analizi havzadaki su kaynaklarının planlanması ve yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, Kızılırmak Havzası'nda 1973-2013 yılları arasında meydana gelen kuraklıklar 8 meteorolojik istasyonunun (Nevşehir, Kırşehir, Kayseri, Yozgat, Sivas, Kırıkkale, Çankırı ve Kastamonu) aylık yağış verilerine bağlı olarak SYİ yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Kızılırmak Havzası'nın SYİ değerleri 1, 3, 6, 9,

O. ARSLAN, A. BİLGİL, O. VESKE

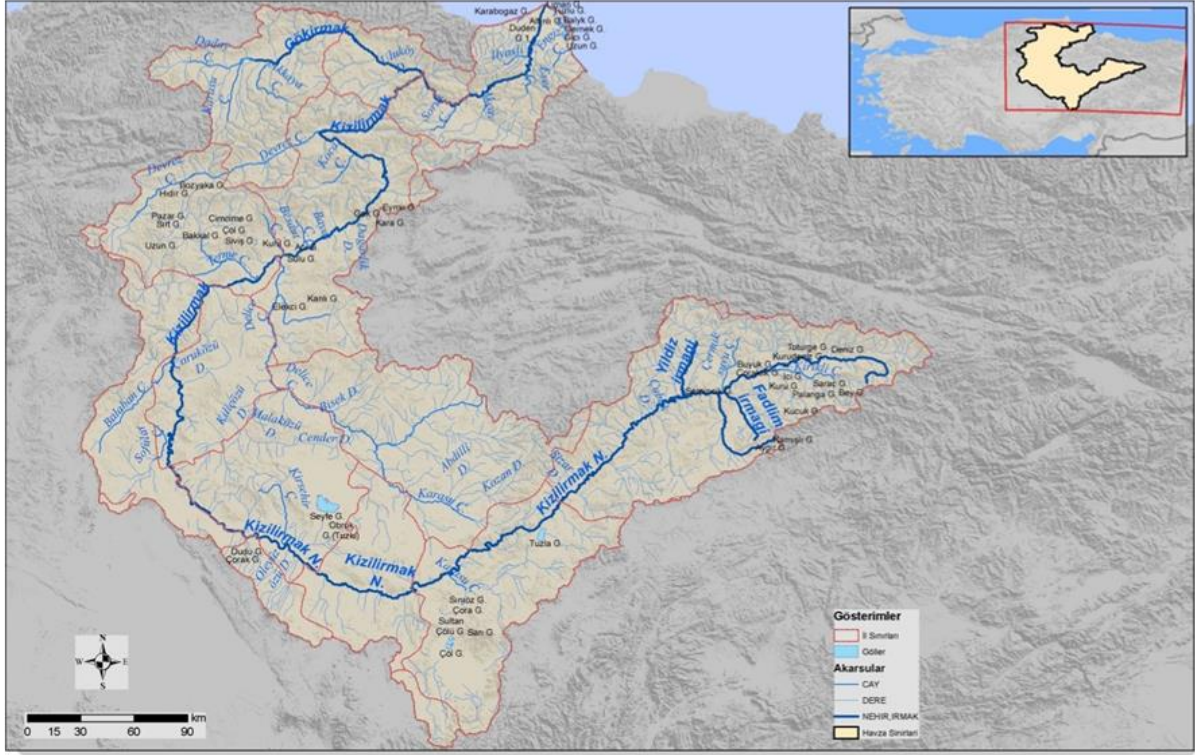
12 ve 60 aylık periyotlar için hesaplanmıştır. Bu çalışmada, 60 aylık periyot Kızılırmak Havzası'nın SYİ yöntemine dayalı kuraklık analizinde ilk defa kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Alanı ve Veriler

37° 58' - 41° 44' kuzey enlemleri ile 32° 48' - 38° 22' doğu boylamları arasında yer alan Kızılırmak Havzası, yıllık 6,48 milyar m³ akış hacmi ile ülkemizin toplam su potansiyelinin % 3,5'ini oluşturmaktadır [17]. Şekil 1'de görülen Kızılırmak Nehri Türkiye'nin en uzun akarsuyu olup 1151 km uzunluğundadır. İmranlı yakınında doğan ve Avanos'tan geçtikten sonra geniş bir yay çizen nehir Osmançık'tan keskin bir dönüşle kuzeybatıya ardından da Kargı'nın güneyinden daha keskin ikinci bir dönüşle doğuya doğru akar ve Karadeniz'e ulaşır [19].

Kıyı kesimlerinde deniz ve iç kesimlerinde karasal iklim özellikleri görülen havzanın yıllık ortalama yağış yüksekliği 446 mm olup toplam yağış alanı da 78646 km²'dir [19].



Şekil 1. Kızılırmak Havzası [19]

Bu çalışmada kullanılan aylık toplam yağış verileri Meteoroloji Müdürlüğü'nden temin edilmiş olup Nevşehir, Kırşehir, Kayseri, Yozgat, Sivas, Kırıkkale, Çankırı ve Kastamonu yağış gözlem istasyonlarına ait 41 yıllık veri (1973-2013) kullanılmıştır. Havza bazında ortalama yağışlar aritmetik ortalama kullanılarak bulunmuştur.

2.2. Standart Yağış İndisi

Mckee ve ark. [20] tarafından geliştirilen yöntemde SYİ değeri yağış değerinin sayısal bir değere dönüştürülmesi ile hesaplanmaktadır. SYİ'nin negatif değer vermesi ile başlayan kurak periyot SYİ'nin pozitif değere dönüşmesi ile bitmektedir. Tablo 1'den görüldüğü üzere dört farklı kuraklık kategorisi vardır. SYİ aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$SYI = \frac{X_i - X_{ort}}{\sigma} \quad (1)$$

STANDART YAĞIŞ İNDİSİ YÖNTEMİ İLE KIZILIRMAK HAVZASI'NIN METEOROLOJİK KURAKLIK ANALİZİ

Burada X_i , belli bir periyot için toplam yağışı (mm), X_{ort} , aynı periyot için ortalama toplam yağışı (mm) ve σ ise standart sapmayı göstermektedir. SYİ değerleri farklı periyotlar (1, 3, 6, 9, 12, 48 gibi) için hesaplanabilirler. Ancak yağış verileri 12 ay ve daha kısa dilimlerde normal dağılıma uymayabilirler. Bu nedenle her bir veri seti Gamma fonksiyonuna uydurulur [20]. Bu çalışmada, SYİ değerlerini hesaplamak için SPI_SL_6 programı kullanılmıştır [21] ve uydurma program tarafından otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Mckee ve ark.[20], SYİ değerlerinin doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için en az 30 yıllık veriye ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle bu çalışmada 41 yıllık veri (1973-2013) kullanılmıştır.

Tablo 1. SYİ değerlerine ilişkin sınıflandırma [20]

SYİ Değerleri	Kuraklık Kategorisi
0 ~ -0,99	Hafif şiddetli kuraklık
-1,00 ~ -1,49	Orta şiddetli kuraklık
-1,50 ~ -1,99	Şiddetli kuraklık
≤ -2	Çok şiddetli kuraklık

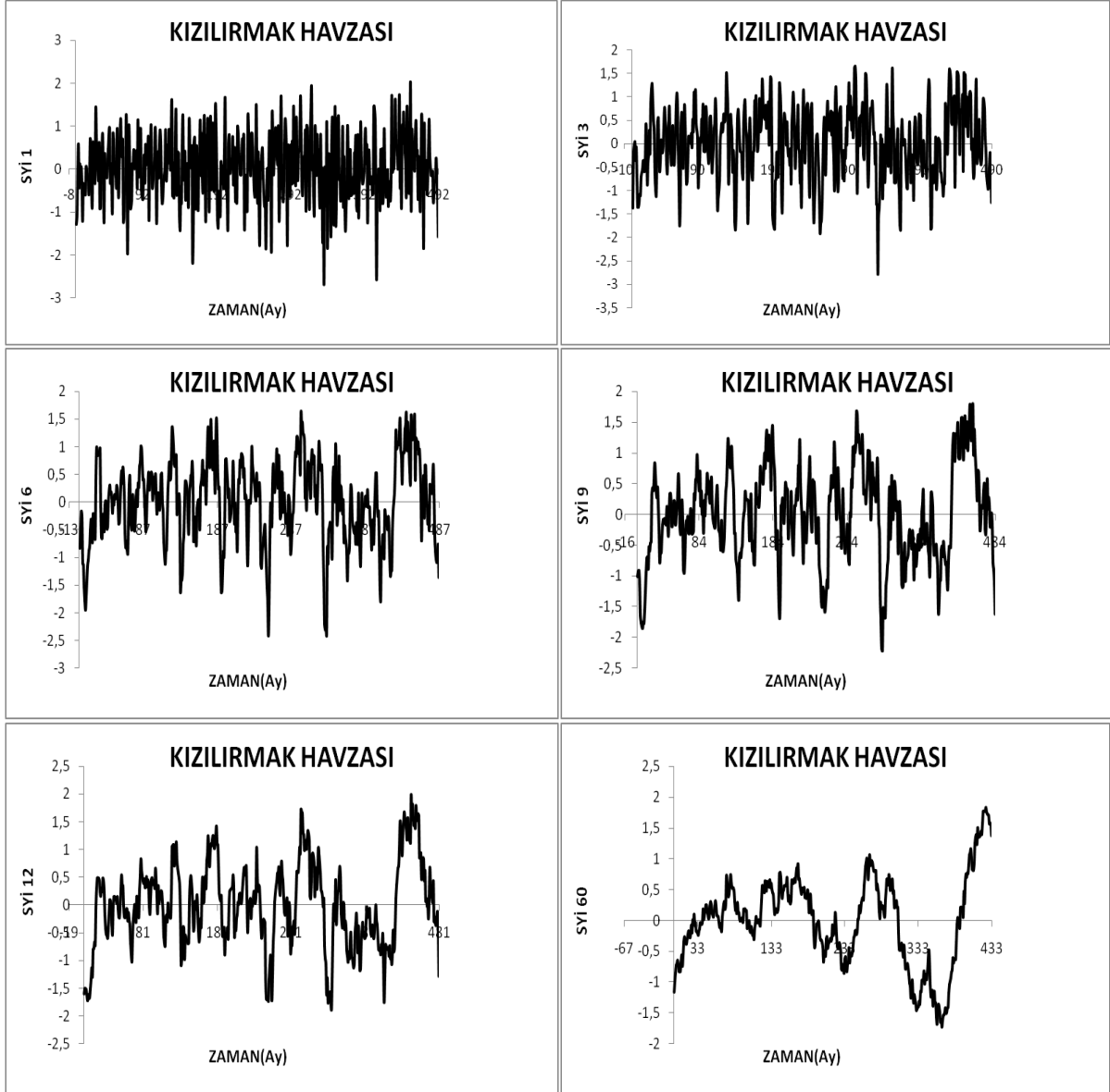
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kızılırmak Havzası'nın kuraklık durumu Tablo 2'de verilmiştir. Bu tabloda, yağışlı ve kurak geçen ay sayıları ile yağışlı ve kurak dönemin zamansal olarak yüzde değerleri verilmiştir. Ayrıca kurak dönem içerisinde hafif, orta, şiddetli ve çok şiddetli kuraklığın yaşandığı ay sayıları da verilmiştir. Kızılırmak Havzası'nın kuraklık durumu ile ilgili şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Havza bazında hafif, orta şiddetli ve şiddetli kuraklıkların çok şiddetli kuraklıklara göre daha sık yaşandığı görülmektedir.
 - Havza bazında zamanın büyük çoğunluğunun kurak geçmediği görülmektedir.
 - Zamansal olarak en yağışlı dönem 6 aylık periyotta, en kurak dönem ise 9 aylık periyottadır.
 - Çok şiddetli kuraklık sayısı 6 aylık periyotta şiddetli kuraklık sayısı ise 12 aylık periyotta maksimuma ulaşmıştır.
 - 12 ve 60 aylık periyotlarda çok şiddetli kuraklık görülmemektedir.
- Kızılırmak Havzası'nın SYİ değerleri Şekil 2'de verilmiş olup şu sonuçlar elde edilmiştir:
- Kızılırmak Havzası'nda son yıllarda yaşanan kuraklıkların daha uzun sürdüğü görülmektedir.
 - Kızılırmak Havzası'nda son yıllarda yaşanan kuraklıklardan bazılarının şiddetinin geçmişe göre daha büyük olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Kızılırmak Havzası'nın kuraklık durumu

		Yağışlı Dönem	Kurak Dönem			
			Hafif Şiddetli Kuraklık	Orta Şiddetli Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Çok Şiddetli Kuraklık
SYİ1	Ay	256	198	24	11	3
	%	52,03	47,97			
SYİ3	Ay	255	188	30	16	1
	%	52,04	47,96			
SYİ6	Ay	259	184	27	12	5
	%	53,18	46,82			
SYİ9	Ay	246	192	29	15	2
	%	50,83	49,17			
SYİ12	Ay	245	193	22	21	0
	%	50,94	49,06			
SYİ60	Ay	230	157	36	10	0
	%	53,12	46,88			



Şekil 2. Kızılırmak Havzası'na ait SYİ 1, SYİ 3, SYİ 6, SYİ 9, SYİ 12 ve SYİ 60 değerleri

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Kızılırmak Havzası'nda 1973-2013 yılları arasında meydana gelen kuraklıklar 8 meteorolojik istasyonunun (Nevşehir, Kırşehir, Kayseri, Yozgat, Sivas, Kırıkkale, Çankırı ve Kastamonu) aylık yağış verilerine bağlı olarak standart yağış indisi yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Havzada hafif, orta ve şiddetli kuraklıklar tespit edilmiştir. 1, 3, 6 ve 9 aylık periyotlarda az sayıda çok şiddetli kuraklıklar mevcut olup 12 ve 60 aylık periyotlarda çok şiddetli kuraklık yoktur. SYİ değerlerine göre, Kızılırmak Havzası'nda farklı periyotlar için 1 yıl veya daha fazla süren 22 kurak periyot belirlenmiş olup maksimum kuraklık süreleri ile başlangıç ve bitiş yılları Tablo 3'te çerçeve içerisine alınmıştır. 1'den 60'a doğru periyot süresi arttırıldığında maksimum kuraklık süresinin arttığı görülmüştür. Ayrıca, Kızılırmak Havzası'nda yaşanan kuraklıklar incelendiğinde son yıllarda yaşanan kuraklıkların daha uzun sürdüğü tespit edilmiştir. Özellikle 12 ve 60 aylık periyotlarda bu süre daha önceki kuraklıkların yaklaşık 3-7 katı kadar daha büyüktür. Bu çalışma havzadaki kuraklık sürelerinde değişim olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle havzadaki kuraklıklar daha dikkatli izlenmeli ve su kaynaklarının planlanması ve yönetimi buna göre oluşturulmalıdır.

STANDART YAĞIŞ İNDİSİ YÖNTEMİ İLE KIZILIRMAK HAVZASI'NIN METEOROLOJİK KURAKLIK ANALİZİ

Tablo 3. Kızılırmak Havzası'nda yaşanan kuraklıklar ve süreleri

İnceleme periyodu	Kurak dönem (Başlangıç Yılı - Bitiş Yılı)	Kuraklık Süresi (ay)
1	-	-
3	1973 - 1974	14
6	1973 - 1975	22
	1993 - 1995	16
	2000 - 2001	13
	2006 - 2008	23
9	1973 - 1975	19
	1984 - 1985	12
	1993 - 1995	19
	2000 - 2001	13
	2003 - 2005	29
12	2006 - 2009	26
	1973 - 1975	17
	1978 - 1979	15
	1984 - 1985	12
	1993 - 1995	19
	2001 - 2001	12
2003 - 2009	70	
60	2003 - 2010	81
	1977 - 1979	25
	1986 - 1987	12
	1993 - 1996	29
	1996 - 1998	29

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.antalya-tarim.gov.tr/upload/File/antkuraklikeylemlani.pdf> (erişim tarihi 26.06.2016).
- [2] WILHITE, D.A., GLANTZ, M.H., "Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions", Water International, 10, 111-120, 1985.
- [3] ANISFELD, S.C., Water Resources, Island Press, Washington DC, The United States of America, 2010.
- [4] BRYANT, E.A., Natural Hazards, Cambridge University Press, Cambridge, England, 1993.
- [5] DOĞAN, S., Konya Kapalı Havzası Kuraklık Karakterizasyonunun Zamansal-Konumsal Analizi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye, 2013.
- [6] DOĞAN, S., BERKTAY, A., SINGH, V.P., "Comparison of Multi-monthly Rainfall Based Drought Severity Indices, with Application to Semi-arid Konya Closed Basin, Turkey", Journal of Hydrology, 470-471, 255-268, 2012.
- [7] BONACCORSO, B., BORDI, I., CANCELLIERE, A., ROSSI, G., SUTERA, A., "Spatial Variability of Drought: An Analysis of the SPI in Sicily", Water Resources Management, 17, 273-296, 2003.
- [8] PATEL, N.R., CHOPRA, P., DADHWAL, V.K., "Analyzing Spatial Patterns of Meteorological Drought Using Standardized Precipitation Index", Meteorological Applications, 14, 329-336, 2007.
- [9] SANTOS, J.F., PORTELA, M.M., PULIDO-CALVO, I., "Regional Frequency Analysis of Droughts in Portugal", Water Resources Management, 25, 3537-3558, 2011.
- [10] XIE, H., RINGLER, C., ZHU, T., WAQAS, A., "Droughts in Pakistan: A Spatiotemporal Variability Analysis Using the Standardized Precipitation Index", Water International, 38, 620-631, 2013.
- [11] ÇALDAĞ, B., ŞAYLAN, L., TOROS, H., SİRDAŞ, S., BAKANOGULLARI, F., "Drought Analysis in Northwest Turkey", Role of Multipurpose Agriculture in Sustaining Global Environment, 169-179. Udine, Italy, 2004.
- [12] YEGNİDEMİR, M.K., İç Anadolu Bölgesinin Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Metodu ile Kuraklık Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, Türkiye, 2005.
- [13] KESKİN, M.E., TERZİ, Ö., TAYLAN, E.D., YILMAZ, A.G., "Isparta Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi", I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK, 350-359, İstanbul, Türkiye, 2007.

O. ARSLAN, A. BİLGİL, O. VESKE

- [14] YÜREKLİ, K., ANLI, S., “Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Karaman İli Kuraklığının Analizi”, 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı, 246-251, Konya, Türkiye, 2008.
- [15] TOPÇUOĞLU, K., MENGÜ, G.P., ANAÇ, S., “Ege Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi”, 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı, 175-184, Konya, Türkiye, 2008.
- [16] HINIS, M.A., “Standart Yağış İndeksi ile Konya'nın Geçmişten Günümüze Kuraklık Değerlendirmesi”, 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı, 238-245, Konya, Türkiye, 2008.
- [17] OGUZTÜRK, G., Kızılırmak Havzası'nda SYİ ile Kuraklık Analizi ve YSA Yöntemi ile Kuraklık Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, Türkiye, 2010.
- [18] ASAN, T., ERDEN, Y.K., ÖZORAL, E., “Bafra Ovası Deltası Kızılırmak Nehri-Karadeniz Birleşimindeki Kıyı Erozyonunda Alınan Önlemler”, IV. Kıyı Mühendisliği Ulusal Sempozyumu, 189-199, Antalya, Türkiye, 2002.
- [19] <http://www.suyonetimi.gov.tr/Files/Havzakormaeylemplanraporlari/K%C4%B1z%C4%B11%C4%B1rmakHavzas%C4%B1.pdf> (erişim tarihi 17.04.2016).
- [20] MCKEE, T.B., DOESKEN, N.J., KLEIST, J., “The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales”, Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, 179-184, Anaheim, California, 1993.
- [21] <http://drought.unl.edu/monitoringtools/downloadablesprogram.aspx> (erişim tarihi 26.06.2016).