



Samsun İlinde SPI ve PNI Kuraklık İndekslerinin Eğilim Analizi

Trend Analysis of SPI and PNI Drought Indices in Samsun City

Neslihan Beden ¹, Vahdettin Demir ², Aşlı Ülke Keskin ^{3*}

¹ Samsun Üniversitesi, Kavak Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

² KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, TÜRKİYE

³ Ondokuzmayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Samsun, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: asli.ulke@omu.edu.tr

Geliş Tarihi / Received: 28.03.2019

Kabul Tarihi / Accepted: 26.08.2019

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI: 10.21205/deufmd.2020226411

Atıf şekli/How to cite: BEDEN, N., DEMİR, V., KESKİN, A.Ü. (2020). Samsun İlinde SPI ve PNI Kuraklık İndekslerinin Eğilim Analizi. DEUFMD 22(64), 107-116.

Öz

Kuraklık ekosistemleri ve toplumu birçok yönden etkileyen karmaşık bir doğal tehlikedir. Meteorolojik değişkenliğin bir sonucu olan kuraklığın etkilerini hafifletmek için su kaynakları yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve kuraklık riskinin değerlendirilmesi gereklidir. Su kaynaklarının planlamasında ve yönetiminde kuraklıkların tanımlanması, izlenmesi ve karakterizasyonu büyük önem taşımaktadır. Kuraklığın belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri yağış değerleri yardımıyla bulunan kuraklık indeksleridir. Bu çalışmada, Samsun ili Meteoroloji Gözlem İstasyonu (17030-MGİ) 1960-2015 yılları arası kaydedilen aylık toplam yağış değerleri (mm) kullanılarak kuraklık analizi iki aşamada incelenmiştir. İlk aşamada kuraklık indekslerinden; Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Normalin Yüzdesi İndeksi (PNI) değerleri bulunmuştur. İndeks değerlerinin geçmişteki davranışını inceleyip, gelecekteki davranışının nasıl olacağını tahmin etme, uzun süreli kuraklığın tespit edilmesi için önemlidir. Bu amaçla da çalışmanın ikinci aşamasında, elde edilen indeks değerlerine eğilim analizi (Mann-Kendall yöntemi) uygulanmıştır. İlk aşamanın sonuçları incelendiğinde, her iki yöneme göre de normal ve normale yakın kuraklık belirtisine rastlanmıştır. İkinci aşamada, her iki yöneme göre de indeks değerlerinin artan yönde eğilim gösterdiği tespit edilmiştir. Fakat bu eğilimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Samsun, Kuraklık, SPI, PNI, Yağış, Mann-Kendall

Abstract

Drought is a complex natural hazard that impacts ecosystems and society in many ways. Droughts are an inevitable consequence of meteorological variability, and the design of water resource infrastructure and management strategies to mitigate their effects requires assessment of the risk. The identification, monitoring and characterization of droughts are of great importance in water resources planning and management. One of the methods used to determine drought is the drought indexes with the help of precipitation values. In this study, Samsun Meteorological Observation Station (17030-MOS) analyzed the drought analysis in two stages using the total precipitation values (mm) recorded between 1960-2015. First stage drought indices; Standardized Rainfall Index (SPI)

and Normal Percentage Index (PNI) values were found. Examining the behavior of index values in the past and predicting how future behavior will be is important for determining long-term drought. For this purpose, the trend analysis of the index values obtained in the second phase of the study was examined using the Mann-Kendall method. When the results of the first stage were examined, both normal and normal drought symptoms were encountered. In the second step, it was determined that the index values tended to increase directions according to both methods. However, this trend was determined not to be statistically significant.

Keywords: Samsun, Drought, SPI, PNI, Precipitation, Mann-Kendall

1. Giriş

Bir bölgede zamanla, sıcaklık ve yağışlarda yaşanan değişiklikler insan yaşamını etkileyen ve ciddiye alınması gereken önemli olaylara sebep olmaktadır. Sıcaklık değerlerinin sürekli artan eğilim göstermesi ve yağış değerlerinin sürekli azalma eğiliminde olması sonucunda uzun sürelerde gerçekleşen bir fenomen olan kuraklık-çölleşme olayı meydana gelmektedir. Tam tersi durumda yani yağışların sürekli artması veya anlık yağışların sürekli artma eğilimi göstermesi taşkın ve heyelan gibi tehlikelere sebep olmaktadır. Sıcaklık değerleri ve yağış miktarları farklı dönemlerde değişimler gösterebilir, sanayileşmenin artması ile birlikte sıcaklıklarda artışların görülmesi ve yağış miktarlarındaki azalma ya da artma eğilimi dünyanın süregelen düzenini değiştirmektedir. Yapılan çalışmalara göre küresel iklim değişikliğinin bir sonucu olarak 1880-2012 yılları arasında ortalama yüzey sıcaklığı 0.85°C artmış, yüksek enlemlerde yağışlar artarken, düşük seviye enlemlerde ise yağışlar azalmıştır. Bununla beraber 2020-2029 yılları arasında yüzey sıcaklıklarının yaklaşık 2°C artacağı öngörülmektedir [1, 2]. Meydana gelen sıcak hava dalgası olaylarından binlerce kişi etkilenmiş, hatta bazı olaylarda can kayıpları meydana gelmiştir [3, 4].

Kuraklık aniden meydana gelen bir olay değildir. Bir bölgede beklenenden ya da normalden daha az yağış düşmesi sebebiyle oluşan ve kademe kademe gelişen doğal bir süreç, verdiği zarar bakımından ise bir afettir. Ayrıca tahmin edilmesi ya da hesaplanması da oldukça karmaşıktır. Bu olayda bağımlı değişkenler olarak sıcaklık, yağış ve toprak özellikleri sayılabilir [5].

Kuraklık, ülke ekonomisi ve gelişim kapasitesi ile halkın refah seviyesine önemli ölçüde etki edebilecek bir olaydır. Bu nedenle gelecekteki kuraklık senaryolarının değerlendirilmesi, tarım, enerji, ekoloji, biyolojik çeşitlik

ormancılık, sağlık ve su sektörleri dahil olmak üzere ulusal ekonominin birçok yönü için oldukça büyük önem arz etmektedir [6]. Oğuztürk ve Yıldız çalışmalarında, Kırıkkale İli'nde çeşitli zaman periyotları için (1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık) kuraklık analizi yapmışlardır. Bu amaçla Kırıkkale meteoroloji istasyonunda 1950 ile 2007 yılları arasındaki 58 yıllık döneminin aylık yağış verilerine SPI metodu uygulanarak, bu değerlerin seçilen farklı zaman dilimlerindeki kuraklık özellikleri incelenmiştir. Çalışmada kuraklık genliği, süresi ve şiddeti farklı zaman dilimlerinde hesaplanarak, tespit edilen kuraklığın su kaynaklarına etkisi incelenmiştir [7]. Selçuk, Kızılırmak Havzasına ait hidrolojik ve meteorolojik verileri kullanarak havzanın kuraklık durumunu standart yağış indisi (SPI), ve akım kuraklık indisi (SDI) kullanarak analiz etmiş, çalışma sonucunda her iki yöntemin uyumlu sonuçlar gösterdiğini ortaya koymuştur [8]. Hezarani, 1970-2014 yılları arasında Yeşilirmak Havzasındaki kuraklık durumunu belirlemek için SPI, PNI kuraklık indislerini kullanmıştır. İndisler yağış verilerinin yanında akım verilerine de uygulanmış ve kuraklık haritaları elde edilmiştir. Kuraklık indisleri 1, 3, 6, 12, 24, 36 ve 48 aylık zaman dilimlerinde incelenmiştir ve havzanın iç kesimlerdeki kuraklığın kıyı kesimlere göre daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır [9]. Osuch ve ark., Polonya'da iklimlerin değişimini tahmin etmek için SPI yöntemini kullanmıştır. Altı farklı iklim projeksiyonu araştırdığı çalışmada 1-3-6-12 ve 24 aylık yağış verileri kullanmıştır. Ayrıca SPI değerlerini eğilim analiz yöntemlerinden Mann-Kendall ve Sen'in eğilim yöntemlerini kullanarak incelemiş ve haritalandırmıştır. Haritalar incelendiğinde, yaz aylarında önemli artışların olduğunu belirtmiştir [6]. Wang ve ark., Çin'in kuzeybatı bölgesinde 1960'dan 2010'a kadar olan günlük sıcaklık ve yağış verilerini kullanarak, iklim endekslerinin eğilimi ve ani değişimini incelediği çalışmalarında tüm sıcaklık endekslerinin istatistiksel olarak önemli bir artış

gösterdiğini belirtmişlerdir[11]. Konuya ilişkin olarak, Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (International Panel of Climate Change-IPCC) raporları ve çok sayıda bilimsel makale; kuraklık olaylarının iklim değişikliğinin bir sonucu olduğunu ve 20. yüzyılın sonlarında özellikle bazı bölgelerde sıklık ve yoğunluklarında artış olacağını ortaya koymaktadır [11–22]. Türkiye'nin nispeten sınırlı su kaynaklarına sahip olması nedeniyle önümüzdeki dönemlerde su ihtiyacının sağlanması konusunda zorluklar ortaya çıkabilir. Çalışma alanı olan Samsun ili ise, ülkemizde en fazla yağış alan Karadeniz Bölgesi'nin orta bölümünde yer alır ve bölgenin en gelişmiş şehridir.

Bu çalışmada, Samsun ili meteoroloji istasyonunun 1960-2015 yılları arası aylık toplam yağış verileri kullanılarak kuraklık analizleri Standart Yağış indeksi (SPI) ve Normalin Yüzdesi Metodu (PNI) kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen index değerlerinin eğilim analizi ise Mann-Kendall yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Analizler güven aralığının %95'lik kısmında aylık, 3-aylık ve 12-aylık periyotlarda ele alınmıştır.

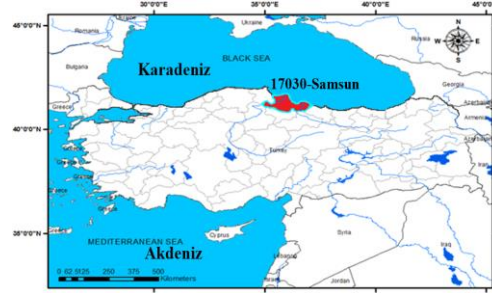
2. Materyal ve Metot

Samsun ili kuraklık analizi için Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nden alınan Samsun istasyonuna ait aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Çalışmada 1960-2015 periyodunda gözlemlenmiş aylık yağış verileri kullanılmıştır. Samsun istasyonu Orta Karadeniz Bölümü'nde, 22 No'lu Doğu Karadeniz Havzası'nda yer almaktadır. Samsun Meteoroloji istasyonuna ait konum bilgileri ve istatistiksel bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Samsun istasyonuna ve yağış verilerine ait istatistiksel bilgiler

<i>17030 - Samsun Meteoroloji İstasyonu</i>	
Enlem	41° 21' K
Boylam	36° 14' D
Yükseklik	4 m
Veri Periyodu	1960-2015
Veri sayısı	672
Maksimum	350,3
Minimum	0
Ortalama	58,866
Standard sapma	8,978
Çarpıklık katsayısı	+0,583

Çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

Tablo 1'de verilen istatistik bilgilere göre, aylık ortalama toplam yağış miktarının 58,866 mm, aylık maksimum toplam yağış miktarının da 350,3 mm olduğu görülmektedir. İstasyonda 56 yıl için toplam 672 adet veri bulunmaktadır.

2.1. Normal dağılım

Kuraklık analizine geçilmeden önce yağış verilerine normal dağılım uygulanmıştır. Gauss dağılımı olarak da bilinen normal dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu Denklem 1'de yer almaktadır.

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

Dağılımın $N(\mu, \sigma^2)$ şeklinde gösterilen iki parametresinden, μ_x rastgele değişkenlerin ortalamasını, σ ise standart sapmasını ifade etmektedir [23].

2.2. Standart yağış indeksi (SPI)

Standart Yağış İndisi (SPI), McKee ve ark. tarafından (1993) yılında önerilmiştir ve iklimin değişkenlik gösterdiği bölgelerde, kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla kullanılmaktadır. SPI analizi yağış verisinin normal, log-normal ve gamma olasılık dağılımlarına uygunluk durumuna göre gerçekleştirilmektedir [24]. Veriler normal dağılımı ise yağışın belirli bir zamandaki ortalama değerden farkının, standart sapmaya bölünmesiyle bölgelerdeki anormallikler belirlenebilir. Bu yöntem Denklem 2'de verilmiştir.

$$SPI = \frac{(x_i - x_i^{ort})}{\sigma} \quad (2)$$

Denklem 2’de x_i ; aktüel yağış miktarını ve x_i^{ort} ; ortalama yağış miktarını ve σ ; standart sapmayı göstermektedir [25]. SPI sonuçlarına göre yapılan sınıflandırma Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. SPI değerlerine göre indeks değerleri ve sınıflandırma [25]

<i>SPI değerleri</i>	<i>Sınıflandırma</i>
> 2	Çok şiddetli yağışlı
1,50 ~ 1,99	Çok yağışlı
1,00 ~ 1,49	Orta şiddetli yağışlı
0,99 ~ 0	Normal
0 ~ -0,99	Normale yakın kuraklık
-1,00 ~ -1,49	Orta şiddetli kuraklık
-1,50 ~ -1,99	Şiddetli kuraklık
< - 2	Çok şiddetli kuraklık

SPI değerlerine göre kuraklık değerlendirmesi yapıldığında indeksin sürekli negatif değer aldığı zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanabilir. İndeksin sıfırın altına düştüğü ilk dönem kuraklığın başlangıcı kabul edilirken, indeksin pozitif değer aldığı ay kuraklığın bitimi olarak nitelendirilir [25].

2.3. Normalin yüzdesi indeksi (PNI)

Normalin yüzdesi indeksi (PNI), belirlenen bir zaman dilimi içerisindeki yağış miktarı, ortalama yağışa bölünerek elde edilir ve birimi yüzdedir. Zaman serisinin 12 ay veya daha az olduğu periyotlar için PNI yöntemi kullanılabilir [26]. Bu yöntem Denklem 3’te verilmiştir.

$$PNI = \frac{(x_i)}{x_i^{ort}} \times 100 \quad (3)$$

Denklem 3’te yer alan PNI; normalin yüzdesi indeksi, x_i ; aktüel yağış miktarını ve x_i^{ort} ; ortalama yağış miktarını göstermektedir. PNI sonuçlarına göre yapılan sınıflandırma Tablo 3’de yer almaktadır.

Tablo 3. PNI değerlerine göre indeks değerleri ve sınıflandırma [26]

<i>Periyot</i>	<i>Normal ve Üzeri</i>	<i>Hafif Kurak</i>	<i>Orta Şiddette Kurak</i>	<i>Şiddetli Kurak</i>
1	>75	65-75	55-65	<55
3	>75	65-75	55-65	<55
6	>80	70-80	60-70	<60
9	>83,5	73,5-83,5	63,5-73,5	<63,5
12	>85	75-85	65-75	<65

Tablo 3’e göre indeks değerinin gözlenen periyoda göre verilen eşik değerinin altına düştüğü zaman periyodu kurak dönem olarak tanımlanır. Örneğin eşik değer 12 aylık periyot için indeks değerinin %85’in altında olma durumudur. PNI’nın eşik değerinin altına düştüğü ilk değer kuraklığın başlangıcı olarak, eşik değeri aştığı değer ise kuraklığın bitimi olarak tanımlanır.

2.4. Mann-Kendall eğilim analizi (MK)

Mann-Kendall istatistiği “S” hesaplandıktan sonra aşağıda yer alan Denklem 4-7 kullanılarak MK “Z” değeri hesaplanır. Hesaplanan Z değeri de belirlenen olasılık anlamlılık düzeylerine göre normal dağılım çizelgesindeki standart Z değerleriyle karşılaştırılır [27, 28].

$$sgn(x_j - x_i) = \begin{cases} 1; & \text{Eğer } x_j > x_i \\ 0; & \text{Eğer } x_j = x_i \\ -1; & \text{Eğer } x_j < x_i \end{cases} \quad (4)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sgn(x_j - x_i) \quad (5)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (6)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}; & \text{Eğer } S > 0 \\ 0; & \text{Eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}; & \text{Eğer } S < 0 \end{cases} \quad (7)$$

Normal dağılımda anlamlılık, genellikle 0.05 ($\alpha=5\%$) olasılığına sahip çift yönlü güven aralıkları ile öngörülmektedir. Hesaplanan Z değeri, dağılım çizelgesindeki $Z_{1-\alpha/2}$ değerinden küçük olduğu durumlarda sıfır hipotezi (H_0) kabul edilmektedir ve zaman serisinde istatistiksel olarak anlamlı bir eğilimin olmadığı sonucuna varılmaktadır. Ters durumda, hesaplanan Z değeri, dağılım çizelgesindeki $Z_{1-\alpha/2}$ değerinden büyük olduğu durumlarda da sıfır hipotezi (H_0) kabul edilmemekte ve zaman serisinde eğilimin varlığı sonucuna varılmaktadır. S’nin pozitif veya negatif değer alması durumuna göre de eğilimin artan veya azalan yönde olduğu söylenebilir. Hesaplanan S değeri pozitif ise, incelenen olayda artan yönde, negatif ise azalan yönde bir eğilim olduğu sonucuna varılmaktadır [29].

3. Bulgular

Çalışma iki aşamada incelenmiş olup, ilk aşamada 1, 3 ve 12 aylık SPI ve PNI kuraklık indeksleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada, kuraklık indekslerinin eğilimi Mann-Kendall eğilim analizi %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir. Kuraklık indekslerinin hesabında verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov Smirnov testi ile incelenmiştir [30, 31]. Testte güven aralığının %95'lik kısmında veya %5 önem seviyesinde elde edilen test istatistiği P değerleri P kritik değerlerle karşılaştırılmıştır [32]. Elde edilen P değerlerinin P kritik değerden küçük olduğu görülerek kuraklık indisleri hesaplanmıştır. Toplamda 56 veri için P kritik değeri 0,181 olup çalışılan aylar, mevsimler ve yıllık değerlendirme için elde edilen test değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. P test değerleri

Periyot	P test
Ocak	0,114
Şubat	0,167
Mart	0,067
Nisan	0,117
Mayıs	0,113
Haziran	0,110
Temmuz	0,141
Ağustos	0,180
Eylül	0,108
Ekim	0,178
Kasım	0,112
Aralık	0,103
Kış	0,086
İlkbahar	0,103
Yaz	0,112
Sonbahar	0,069
Yıllık	0,055

Tablo 4 incelendiğinde $P < P_{kritik}$ olduğundan yağış verileri kuraklık analizi için normal dağılıma uymaktadır ve denklem 2'in uygulanabilirliğini göstermektedir [33].

3.1. Standart yağış indeksi (SPI) ve normalin yüzdesi (PNI) sonuçları

3.1.1. 12-Aylık değerlendirme

Çalışmada 1960-2015 yılları arası 56 yıl için hesaplanan indeks değerlerinin verilmesinin karmaşık ve toplam sayfa sayısını zorlaması nedeniyle çalışmada kuraklığın gözlemlendiği yıllar verilmiş, tüm yıllara ait indeks dağılımları ise yüzdesel olarak verilmiştir. 12-aylık sonuçlar incelendiğinde; en büyük yüzdelik oranlar SPI metoduna göre "normal" değerlerde, PNI metoduna göre ise "normal ve üzeri" değerlerde olduğu görülmüştür. SPI metoduna göre "orta şiddetli kuraklık" 1986, 1982, 1979 ve 1960 yıllarında görülmüştür. Fakat yıllar incelendiğinde bu durumun sürekliliğinin olmadığı görülmüştür. SPI metoduna göre "şiddetli kuraklık" 1964, 1974, 1976 ve 1982 yıllarında görülmüştür. PNI metoduna göre 1987-2015 yılları arasında "normal ve üzeri" kuraklık belirtisi, 1964 ve 1981 yıllarında "orta şiddetli kuraklık", 1960, 1974, 1976, 1979, 1982 ve 1986 yıllarında ise "hafif kuraklık" belirtisi tespit edilmiştir. Bölüm 2.1 ve 2.2'de yer alan denklemler kullanılarak SPI - PNI görülme sayıları ve oranları Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 5. 12-aylık SPI metodu özet sonuçları

SPI Sınıfları	Görülme Sayısı	Görülme Oranı
Çok şiddetli yağışlı	2	% 3,57
Çok yağışlı	2	% 3,57
Orta şiddetli yağışlı	1	% 1,79
Normal	22	% 39,29
Normale yakın	21	% 37,50
Orta şiddetli kuraklık	4	% 7,14
Şiddetli kuraklık	4	% 7,14
Çok şiddetli kuraklık	0	% 0,00

Tablo 6. 12-aylık PNI metodu özet sonuçları

PNI Sınıfları	Görülme Sayısı	Görülme Oranı
Normal ve Üzeri	48	% 85,71
Hafif Kurak	6	% 10,71
Orta Şiddette Kurak	2	%3,57
Şiddetli Kurak	0	% 0,00

3.1.2. 3-Aylık değerlendirme

Mevsimsel düzende 3-aylık periyotlarda elde edilen sonuçlar Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 7 ve 8'e göre üçer aylık sonuçlar incelendiğinde; en büyük yüzdeler oranlar SPI metoduna göre "normal ve normale yakın kuraklık" değerlerde (%29,46 ve %38,84), PNI metoduna göre ise "normal ve üzeri" değerlerde (%62) görülmüştür. Sonuçlar yüzdesel olarak incelendiğinde SPI yöntemine göre sonuçların %38,84'ü "normale yakın kuraklık", %29,46'sı "normal", %8,04'ü "orta şiddetli yağışlı", %4,46'sı "çok yağışlı", %3,57'si ise "çok şiddetli yağışlı" olduğu görülmektedir. Kuraklığa rastlanmayan sınıflar olarak ifade edilen bu sınıfların toplam yüzdesi ise %84,37'dir. PNI yöntemine göre ise "hafif kuraklık" %10, "normal üzeri kuraklık" ise %62'dir. Benzer şekilde kuraklığın görülmediği PNI sınıflarının toplam yüzdesi ise %72'dir. Şiddetli kuraklık belirtisi SPI ve PNI yöntemlerine göre sırasıyla %5 ve %17 mertebesindedir. Her iki kuraklık analiz yöntemine göre en kurak ve yağışlı geçen mevsimlerin yılları; Kış mevsimlerinde 1972 en kurak yıl, 1966 en yağışlı geçen yıl, İlkbahar mevsimlerinde 1979 en kurak yıl, 1967 en yağışlı geçen yıl, Yaz mevsimlerinde 2001 en kurak yıl, 2012 en yağışlı geçen yıl, Sonbahar mevsimlerinde 1974 en kurak yıl, 1988 en yağışlı geçen yıl olarak tespit edilmiştir.

3.1.3. Aylık değerlendirme

Ayrıca tüm yıllara ait aylık değerlendirme, görülme sayıları ve oranları Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 8 ve 9 incelendiğinde, SPI metoduna göre %49'luk oranla normale yakın kuraklık,

ardından %26'luk oranla normal kuraklık belirtisi görülmektedir. Orta şiddetli kuraklık (%9) ve şiddetli kuraklık (%1) sınıflandırmada %10'luk kısımda varlığını göstermektedir. SPI metodunda sınıflandırma "normal" tanımlamasından ikiye ayrılırsa (Normalde dahil) kuraklık belirtisinin olmadığı kısım %41'lik, kuraklık belirtisinin olduğu kısım ise %59'luk bir kısımda yer almaktadır.

PNI metoduna göre ise, %51'lik oranla normal ve üzeri kuraklık belirtisi, ardından %31'lik oranla şiddetli kuraklık belirtisi gelmektedir. Sınıflar arasında genellikle benzerlik görülse de sınıf sayılarındaki farklılık sonuçların farklı gözükmesine sebep olmaktadır. SPI yöntemine benzer şekilde "normal ve üzeri" tanımlamasında sınıfların ikiye ayrıldığı varsayılırsa %51'lik kısımda kuraklık belirtisinin olmadığı, %49'luk kısımda ise kuraklık belirtisinin olduğu görülmektedir.

1960-2015 yılları arası her iki kuraklık yöntemine göre de en kurak ve yağışlı geçen ayların yılları; Ocak ayı için 2014 en kurak yıl, 2011 en yağışlı geçen yıl, Şubat ayı için 1981 en kurak yıl, 1962 en yağışlı geçen yıl, Mart ayı için 1986 en kurak yıl, 2005 en yağışlı geçen yıl, Nisan ayı için 1998 en kurak yıl, 1995 en yağışlı geçen yıl, Mayıs ayı için 1979 en kurak yıl, 1986 en yağışlı geçen yıl, Haziran ayı için 2003 en kurak yıl, 1991 en yağışlı geçen yıl, Temmuz ayı için 2000 en kurak yıl, 2012 en yağışlı geçen yıl, Ağustos ayı için 2006 en kurak yıl, 2013 en yağışlı geçen yıl, Eylül ayı için 1984 en kurak yıl, 1996 en yağışlı geçen yıl, Ekim ayı için 1966 en kurak yıl, 1988 en yağışlı geçen yıl, Kasım ayı için 1962 en kurak yıl, 1967 en yağışlı geçen yıl, Aralık ayı için 1960 en kurak yıl, 1966 en yağışlı geçen yıl olarak tespit edilmiştir.

Tablo 7. 3-aylık SPI metodu görülme sayıları ve oranları

AYLAR	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Toplam	Oran(%)
Çok Şiddetli Yağışlı	2	2	2	2	8	3,57
Çok Yağışlı	3	2	2	3	10	4,46
Orta Şiddetli Yağış	3	6	2	7	18	8,04
Normal	19	15	19	13	66	29,46
Normale Yakın Kuraklık	20	22	25	20	87	38,84
Orta Şiddetli Kuraklık	9	6	6	9	30	13,39
Şiddetli Kuraklık	0	3	0	2	5	2,23
Çok Şiddetli Kuraklık	0	0	0	0	0	0
Toplam	56	56	56	56	224	100

Tablo 8. 3-aylık PNI metodu görülme sayıları ve oranları

AYLAR	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Toplam	Oran(%)
Normal ve Üzeri	35	34	31	38	138	62
Hafif Kuraklık	5	10	4	4	23	10
Orta Şiddetli Kuraklık	9	7	5	3	24	11
Şiddetli Kuraklık	7	5	16	11	39	17
Toplam	56	56	56	56	224	100

Tablo 9. Aylık SPI metodu görülme sayıları ve oranları

AYLAR	Çok Şiddetli Yağışlı	Çok Yağışlı	Orta Şiddetli Yağış	Normal	Normale Yakın Kuraklık	Orta Şiddetli Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Çok Şiddetli Kuraklık	Toplam
Ocak	1	4	4	13	26	5	3	0	56
Şubat	3	2	3	14	29	4	1	0	56
Mart	2	1	4	20	21	3	4	1	56
Nisan	2	4	3	13	26	8	0	0	56
Mayıs	4	1	3	15	26	7	0	0	56
Haziran	3	1	4	20	22	5	1	0	56
Temmuz	3	0	3	15	32	3	0	0	56
Ağustos	2	2	5	9	38	0	0	0	56
Eylül	2	3	3	18	19	11	0	0	56
Ekim	3	3	3	10	31	6	0	0	56
Kasım	1	3	2	16	27	7	0	0	56
Aralık	1	2	4	15	29	2	1	0	56
Toplam	27	28	41	178	326	61	10	1	672
Oran(%)	4,02	4,17	6,10	26,49	48,51	9,08	1,49	0,15	100

Tablo 10. Aylık PNI metodu görülme sayıları ve oranları

AYLAR	Normal ve Üzeri	Hafif Kuraklık	Orta Şiddetli Kuraklık	Şiddetli Kuraklık	Toplam
Ocak	31	7	4	14	56
Şubat	27	11	8	10	56
Mart	32	8	4	12	56
Nisan	32	4	2	18	56
Mayıs	27	8	4	17	56
Haziran	29	5	4	18	56
Temmuz	24	4	4	24	56
Ağustos	22	5	2	27	56
Eylül	28	3	5	20	56
Ekim	26	6	10	14	56
Kasım	32	5	3	16	56
Aralık	33	1	6	16	56
Toplam	343	67	56	206	672
Oran(%)	51,04%	9,97%	8,33%	30,65%	100%

3.1.4. Trend analiz sonuçları

Mann-Kendall trend testi kullanılarak SPI ve PNI verilerinin eğilim analizi yapılmıştır. SPI ve PNI verilerinin eğilim analizi aylık sonuçları Tablo 11'de, yıllık ve mevsimlik sonuçları ise Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 11. SPI ve PNI sonuçlarının aylık periyotlarda MK-Z değerleri

17030-Samsun												
Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
MK-Z	0,11	-0,09	0,56	-1,03	-0,26	0,891	1,336	0,615	-0,37	0,325	0,304	0,17

Tablo 12. SPI ve PNI sonuçlarının yıllık ve mevsimlik periyotlarda MK-Z değerleri

17030-Samsun					
	Yıllık	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
MK-Z	1,336	-0,092	-0,113	2,361	0,007

Tablo 11, 12 incelediğinde; Şubat, Nisan, Mayıs ve Eylül aylarında azalan yönde değerler görülürken diğer tüm aylarda artan yönde eğilim görülmektedir. MK-Z değerleri hem SPI hem de PNI yöntemlerine göre aynı değerlere sahiptir. 12-aylık incelemelerde kuraklık indekslerinin artan yönde eğilim gösterdiği fakat bu eğilimin güven aralıkları dışında diğer bir değişle H_0 hipotezinin kabul edildiği, trendin olmadığı bölgede olduğu tespit edilmiştir. 3-aylık incelemelerde ise Aralık-Mayıs aylarında azalan yönde eğilimler, Haziran-Kasım aylarında ise artan eğilimler tespit edilmiştir. Tüm bu analizlerden sadece Haziran-Temmuz ve Ağustos aylarının değerlendirildiği kısımda belirlenen eğilim değeri istatistiksel olarak anlamlıdır. Kuraklık değerlerinin MK-Z değeri güven aralığının %95'lik sınır değerini (1,96) aşmaktadır. Tüm bu sonuçlar SPI ve PNI yöntemlerin birbiriyle uyumlu olduğunu yanı sıra önceki sonuç değeri ve bir sonraki sonuç değeri arasındaki değişimin (sayısal büyüklüğü ihmal edilerek) aynı olduğunu gösterir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Orta Karadeniz'de yer alan Samsun Meteoroloji istasyonu yağış verileri (1960-2015 yılları arası 56 yıl) kullanılarak SPI ve PNI metodlarıyla kuraklık, aylık, 3-aylık ve 12-aylık periyotlarda olarak incelenmiştir. Kuraklığı sınıflayan aralıkların bazı yıllarda ve aylarda birbirleriyle uyum içerisinde olduğu tespit

edilmiştir. Yapısı ve kullanışı daha basit olan PNI metodu değerlendirmesi sınıflandırmada ayrımları düşük bir duyarlılık çerçevesinde sağlarken, SPI değerlendirmesi özellikle standart sapmayı dikkate alarak sonuçları sınıflandırdığı için daha yüksek duyarlılıkta sonuçlar/öneriler verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca indeks değerlerinin trend analizi aylık, 3-aylık ve 12-aylık periyotlarda incelenmiştir. SPI ve PNI yöntem sonuçlarının eğilimlerinin birbiriyle tam uyumlu olduğu, MK yönteminin eğilimi belirlerken zaman serisindeki sayısal büyüklükler yerine sıra sayısına göre eğilimi belirlediği tespit edilmiştir. Kuraklık indeksleriyle ve MK yöntemiyle yapılan analizlerin bölgedeki kuraklık belirtisinin normale yakın ve normal üzeri olduğu tespit edilmiştir (Tablo 5-10).

MK yöntemi kullanılarak SPI ve PNI indislerinin eğilimi belirlerken, indislerin sayısal büyüklüğü ihmal edilip serideki verilerin sırasına göre hesap yapıldığı görülmektedir (Denklem 4). Diğer bir deyişle bir önceki indisin bir sonraki indis değerine göre eğilimler belirlenmektedir. SPI ve PNI yöntemlerinde elde edilen indislerin dahil oldukları sınıflar farklılık gösterse de indislerin kendi aralarındaki sıralanmalarında büyüklük sırası değişmediği için analiz sonuçları değişmemiştir ve tek tabloda verilmiştir (Tablo 11, 12).

Kaynakça

- [1] Efe, B., Özgür, E. 2014. Standart Yağış İndeksi (SPI) ve Normalin Yüzdesi Metodu (PNI) ile Konya ve Çevresinin Kuraklık Analizi, II. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16 - 18 Eylül, Konya,1-6.
- [2] Solomon, S., Qin, D., 2007. Summary for Policymakers, in *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, cilt. 53(9), s 1-30.
- [3] Anonim, 2018. <http://www.milliyet.com.tr/ulkede-asiri-sicaktan-167-kisi-oldu-dunya-2453932/>. (Erişim Tarihi: 29-08-2018).
- [4] Anonim, 2015. <http://www.ntvmsnbc.com/id/24998660/%3C>. (Erişim Tarihi: 15-12-2015).
- [5] Jenkins, K., Warren, R., 20125. Quantifying the impact of climate change on drought regimes using the Standardised Precipitation Index, *Theor. Appl. Climatol.*, Cilt. 120, no. 1-2, s. 41-54.
- [6] Osuch, M., Romanowicz, R. J., Lawrence, D., Wong, W. K. 2016. Trends in projections of standardized precipitation indices in a future climate in Poland, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, Cilt. 20, no. 5, s. 1947-1969.
- [7] Oğuztürk, G. ve Yıldız, O., 2014. Drought Analysis for Different Time periods in the city of Kırıkkale. *International Journal of Engineering Research and Development*, Cilt. 6, no. 2. s. 1-7.
- [8] Selçuk, D. 2017. Kızılırmak Havzasında hidrometeorolojik parametrelerle kuraklık analizi ve tahmini, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 122s. Samsun.
- [9] Hezarani, A., B., 2018. Farklı Kuraklık Analiz Yöntemlerinin Yeşilirmak Havzasında İrdelenmesi. Ondokuzmayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 184s, Samsun.
- [10] Wang, H., Pan, Y., Chen, Y., ve Ye, Z., 2017. Linear trend and abrupt changes of climate indices in the arid region of northwestern China, *Atmos. Res.*, cilt. 196, s 108-118. DOI: 10.1016/j.atmosres.2017.06.008
- [11] Kaczmarek, V., Strzepek Z., Somlyody, K. M., Priazhinskaya, L., 1996. *Water Resources Management in the Face of Climatic*. Dordrecht, The Netherlands:/Hydrologic Uncertainties, Water science and technology library, Kluwer Academic Publisher, London, 397s.
- [12] Alexander L. V. vd., 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, *J. Geophys. Res. Atmos.*, Cilt. 111, no. 5, s. 1-22. DOI: 10.1029/2005JD006290
- [13] Bartholy, J., Pongracz, R. 2007. Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001, *Glob. Planet. Change*, Cilt. 57, no. 1-2, s. 83-95. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2006.11.002
- [14] Brázdil, R., Trnka, M., Dobrovolný, P., Chromá, K., Hlavinka, P. Zcaron Z., 2009. Variability of droughts in the Czech Republic, 1881-2006, *Theor. Appl. Climatol.*, Cilt. 97, no. 3-4, s. 297-315. DOI: 10.1007/s00704-008-0065-x
- [15] Kiktev, D. B., Caesar, J. Alexander, L. 2009. Temperature and precipitation extremes in the second half of the twentieth century from numerical modeling results and observational data, *Izv. Atmos. Ocean. Phys.*, Cilt. 45, no. 3, s. 284-293. DOI: 10.1134/S0001433809030025
- [16] Somorowska, U., 2009. Increase in the hydrological drought risk in different geographical regions of Poland in the 20th century," *Prace i Studia Geograficzne*, 43, 97-114.
- [17] Dai, A., 2011. Drought under global warming: A review, *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.*, Cilt. 2, no. 1, s. 45-65. DOI: 10.1002/wcc.81
- [18] Seneviratne, C. M., vd., 2012. Changes in climate extremes and their impacts on the natural, A Special. Cambridge, UK and New York , USA: Cambridge University Press, New York, 290s.
- [19] IPCC, 2019. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, in: A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SREX_Full_Report-1.pdf. (Erişim Tarihi: 08-01-2019).
- [20] IPCC 2019, *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects*, in: Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> (Erişim Tarihi: 08-01-2019).
- [21] Keskin, A. Ü., Beden, N., Demir, V., 2018. Analysis of Annual, Seasonal and Monthly Trends of Climatic Data: A Case Study of Samsun, *E-Journal New World Sci. Acad.*, Cilt. 13, no. 3, s. 51-70.
- [22] Tatlı, H. 2014. Statistical complexity in daily precipitation of NCEP/NCAR reanalysis over the Mediterranean Basin, *Int. J. Climatol.*, Cilt. 34, no. 1, s. 155-161. DOI: 10.1002/joc.3673
- [23] Bayazıt, M. ve Oğuz E.B. 2013. Mühendisler için istatistik, Birsen yayınevi, İstanbul, 197s.
- [24] Yacoub, E., ve Tayfur, G., 2017. Evaluation and Assessment of Meteorological Drought by Different Methods in Trazza Region, Mauritania, *Water Resources Management*. Cilt.31, s. 825-845.
- [25] Mckee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, *AMS 8th Conf. Appl. Climatol.*, 17-22.Ocak.1993, California, 179-184.
- [26] Willeke, G., Hosking, J. R. M., Wallis, J. R., Guttman, N. B., 1994. *The National Drought Atlas*, Institute for Water Resources Report 94-NDS-4, U. S. Army Corps of Engineers, Washington, 587s.
- [27] Mann, H. B., 1945. Nonparametric Tests Against Trend, *Econometrica*, Cilt. 13, no. 3, s. 245-259. DOI: 10.2307/1907187
- [28] Kendall, M. G., 1975. *Rank Correlation Methods*. Charles Griffin, London, 271s.
- [29] Yue, S., Pilon, P., Cavadias, G., 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series, *J. Hydrol.*, Cilt. 259, no. 1-4, s. 254-271. DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00594-7
- [30] Kolmogorov, A.N., 1933. Sulla Determinazione Empirica di Una Legge di Distribuzione, *Giornale dell'Istituto Italiano Degli Attuari*, Cilt. 4, s. 83-91. DOI: 10.12691/ajams-1-1-2

- [31] Smirnov, N.V., 1939. Estimate of deviation between empirical distribution functions in two independent samples. Bull Moscow University, Cilt. 2, s. 3-16.
- [32] Yıldırım, N., 2013. Normal Dağılım için Uyum İyiliği Testleri ve Bir Simülasyon Çalışması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 60s, Ankara.
- [33] Svoboda, M., Hayes, M., Wood, D., 2012. Standardized Precipitation Index User Guide. World Meteorological Organization (WMO-No. 1090), Geneva, 24s.