



Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 25.04.2022
Kabul Tarihi : 07.07.2022

Received Date : 25.04.2022
Accepted Date : 07.07.2022

SPI VE SPEI İLE SAMSUN İLİ KURAKLIK ANALİZİ

SAMSUN PROVINCE DROUGHT ANALYSIS WITH SPI AND SPEI

Mehmet İshak YÜCE¹ (ORCID: 0000-0002-6267-9528)

Hafzullah AKSOY² (ORCID: 0000-0001-5807-5660)

Ali AYTEK³ (ORCID: 0000-0002-4867-5598)

Musa EŞİT^{4*} (ORCID: 0000-0003-4509-7283)

Fetihhan UĞUR¹ (ORCID: 0000-0002-4748-0107)

İslam YAŞA¹ (ORCID: 0000-0002-4809-9471)

Abduselam ŞİMŞEK¹ (ORCID: 0000-0002-9845-2229)

İbrahim Halil DEGER⁵ (ORCID: 0000-0001-6360-3923)

¹Gaziantep Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

³Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye

⁴Adıyaman Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adıyaman, Türkiye

⁵Hasan Kalyoncu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Musa EŞİT, mesit@adiyaman.edu.tr

ÖZET

Kuraklığın tanımlanması, izlenmesi ve karakterizasyonu; su kaynakları planlaması ve yönetiminde büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Samsun kent merkezinde bulunan 17030 no'lu meteoroloji istasyonundan 1938-2020 yılları arasında kaydedilen aylık yağış verileri ve Standart Yağış İndeksi (SPI) ile Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışmanın ilk kısmında, iklim değişikliğinin yağış, sıcaklık, nispi nem ve buharlaşma verileri üzerindeki etkileri %95 güven aralığına göre incelenmiştir. Sıcaklık verisinde artan bir eğilim söz konusu iken, yağış, nispi nem ve buharlaşma verilerinde herhangi bir eğilim gözlemlenmemiştir. SPI ve SPEI arasında 1 aylık zaman serilerinde güçlü bir ilişki elde edilirken, 3-, 6-, 9-, 12 ve 24-aylık zaman serilerinde bu ilişki güçlü olsa da belirleme katsayısı olan R² değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Samsun ili için kuraklık kategorileri arasında en fazla normal kuraklık görülmesine rağmen, çok şiddetli kuraklık kategorisi ise en az paya sahiptir. İki indeks arasında çok az farklılık gözlemlenmiştir. Ancak, çok şiddetli kuraklık kategorisinde yapılan indeks karşılaştırmaya dayalı analizler SPI indeksinin, SPEI indeksine göre daha hassas sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. İki indeks ile elde edilen bulgulara göre, 1950 yılında hem kuraklık süresi bakımından hem de kuraklık şiddeti bakımından uzun süren bir kuraklık gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Eğilim, iklim değişikliği, kuraklık, Samsun, SPEI, SPI, trend

ABSTRACT

Identification, monitoring and characterization of droughts are crucially significant in water resource planning and management. In this study, drought analysis is utilized by using the Standardized Precipitation Index (SPI), Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) and monthly rainfall data recorded between 1938-2020 for station 17030 which is located in Samsun province. Firstly, the effects of climate change on precipitation, temperature, relative humidity and evaporation are investigated based on 95% confidence interval. While there has been an increasing trend in temperature data, no trend has been observed in precipitation, relative humidity and evaporation data. While a strong relationship is obtained between SPI and SPEI in 1-month time series and even though this relationship is strong in 3-, 6-, 9-, 12- and 24-month time series with decreasing R² value. Among drought categories, the normal drought category is noted as the most common category while extreme drought is indicated as the least category for Samsun province. Little difference is observed between the two indices. However, two indices

ToCite: YÜCE, M. İ., AKSOY, H., AYTEK, A., EŞİT, M., UĞUR, F., YAŞA, İ., ŞİMŞEK, A., & DEGER, İ. H., (2022). SPI VE SPEI İLE SAMSUN İLİ KURAKLIK ANALİZİ . *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(3), 285-295.

in the extreme drought category indicate that SPI is more sensitive than SPEI. According to the findings obtained by the two indices, a long-lasting drought is observed in 1950 both considering drought duration and drought severity.

Keywords: Trend, climate change, drought, Samsun, SPI, SPEI

GİRİŞ

Kuraklık, eski çağlardan beri insanoğlunun karşılaştığı en büyük doğal afetlerden biri olup, ancak diğer tüm tehlikelerden daha fazla insanı etkilemesinin yanı sıra tüm doğal afetler arasında en karmaşık yapıya sahiptir (Wilhite, 2000; Ashraf and Routray, 2013). Diğer ekstrem olayların (sel, hortum ve kasırgalar gibi) aksine, kuraklık yavaş ve istikrarlı bir şekilde gelişmekte olup başlangıcını ve sonunu belirlemek kolay değildir (WMO, 2016). Kuraklık, kurak ve yarı kurak bölgelerde daha yaygın ve şiddetli olmakla beraber haftalar, aylar, yıllar hatta on yıllar boyunca devam edebilir. Küresel iklimin sürekli ısınmasını, insanların hayatta kalmasını ve toplumun sürdürülebilir kalkınmasını ciddi şekilde etkileyen kuraklık olaylarının sıklığı ve yoğunluğu giderek artmaktadır (Thomas and Prasannakumar 2016). Wilhite ve Glantz (1985), kuraklığın genellikle bir alanın uzun süre yeterli yağış almaması ve su kıtlığına yol açması durumunda meydana geldiğine dikkat çekmiştir. Şiddetli kuraklığın sürekli olarak meydana geldiği bir bölgede, kuraklığı etkileyen faktörler ve fiziksel mekanizmalar esasen, ilk olarak geriye dönük su koruma projesi tesisleri ve yetersiz afet direnci; ikincil olarak su döngüsü sisteminin doğal düzenlenmesini, özellikle su döngüsünün ölçeğini, zamanını ve sıklığını değiştiren ciddi toprak erozyonuna ve bitki örtüsü tahribatına yol açan orman kaynaklarının ekolojik olarak aşırı kesilmesi, üçüncüsü, anormal atmosferik sirkülasyon düzensiz yağışlara yol açması faktörleri nedeniyle son derece karmaşıktır (Min et al., 2011). Ayrıca su kıtlığı, yüksek su kullanımı ve su kaynaklarının plansız kullanımı nedeniyle de kuraklık meydana gelmektedir.

Önceki araştırmalar, kuraklığın temel olarak yetersiz yağış ve sıcaklıktaki keskin artıştan kaynaklandığını göstermiştir (Liu et al., 2021). Bu nedenle, belirli bir bölge ve zaman ölçeğindeki kuraklık özellikleri, yağış ve sıcaklığa göre değerlendirilebilir ve kuraklığın sıklığını ve yoğunluğunu azaltmak için ilgili önlemler alınabilir (Wang et al., 2015). Genel olarak, kuraklık, genellikle bir sezon veya daha uzun süre boyunca ortalamanın altında sürekli bir su eksikliği ile ilgilidir (Dai, 2011; AghaKouchak and Nakhjiri 2012; Constan et al., 2014). Örneğin, Wilhite ve Glantz (1985), Jeyaseelan (2003), AghaKouchak ve Nakhjiri (2012) gibi birçok bilim insanı, nedensel faktörlere dayalı olarak kuraklığı meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyoekonomik olarak sınıflandırmıştır. Bu kuraklık türleri, yaygın olarak yağış eksikliğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bunlar arasında meteorolojik kuraklık, tarımsal ve hidrolojik kuraklıkların daha olası oluşumlarına yol açan ana etkidir (Zhan et al., 2016; WMO 2016). Meteorolojik kuraklık kısa bir süre devam eder, ardından yetersiz yağış nedeniyle kuraklığın yol açacağı felaketler meydana gelmektedir. Bununla birlikte, yıllık yağış o bölgenin normal yağış miktarının %25'inden az olduğunda şiddetli bir meteorolojik kuraklık meydana gelir (Pal et al., 2000).

Kuraklık ciddi iklim olayı olduğundan, iklim değişikliğinin yağış, sıcaklık, buharlaşma gibi klimatolojik niceliklerin üzerindeki etkisinin ve bunun kuraklık üzerindeki yansımalarının bilinmesi de kuraklık analizleri için önem taşımaktadır, bu amaçla literatüre bakıldığında klimatolojik niceliklere ait trendlerin tespiti bir takım parametrik (F-testi, T-testi, lineer regresyon) ve parametrik olmayan (Mann-Kendall, Sen'in Eğim Testi, Standart Homojenlik Testi) gibi yöntemlerle tespit edilebilmektedir (Eşit, 2021).

Kuraklık tekrarlayan bir iklim olayı olduğundan, sonucu tarımsal üretime büyük zarar vermesi, su arzının ve enerji üretiminin azalması, kitlesel göç ve can kaybı ile kendini gösterir (Masih et al., 2014). Sheffield ve Wood (2008), Bannayan vd. (2010), Degefu ve Bewket (2015) gibi yazarlar, mekâna veya zamana bağlı olan kuraklık nedenlerinin ve çevre üzerindeki etkilerinin frekans, büyüklük, yoğunluk gibi nitelikleri tarafından belirlendiğini farklı şekilde göstermiştir. Son yıllarda kuraklık indeksleri ile ilgili bilimsel çalışmaların sayısı artmıştır. Ek olarak, kuraklığın değerlendirilmesi için farklı indeks yöntemlerinin karşılaştırmalı analizi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Süre, şiddet, büyüklük vb. gibi kuraklık olaylarını doğru bir şekilde tespit etmek ve tahmin etmek için bugüne kadar kuraklıkla ilgili çeşitli indeksler önerilmiştir. Palmer kuraklık şiddet indeksi (PDSI), ilk olarak çeşitli iklimler altında nicelleştirilmiş kuraklık etkileri indeksi olarak kullanılmıştır (Palmer, 1965). Ancak bazı sınırlamalar, kalibrasyonlar ve mekansal karşılaştırılabilirlik nedeniyle araştırmacılar tarafından hala tartışılmaktadır (Mo and Chelliah, 2006; Vicente-Serrano et al., 2010; Dai, 2013;). Standart yağış indeksi (SPI), kuraklık olaylarını tanımlamak ve karşılaştırmak için farklı iklim bölgelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (McKee et al., 1993). Bununla birlikte, buharlaşma-terleme nedeniyle su talebinin artmasına neden olan küresel sıcaklığın artması konusunda çok sayıda çalışma üzerinde anlaşmaya varılmıştır (Heim, 2017). Bu nedenle, standartlaştırılmış yağış buharlaşma indeksi

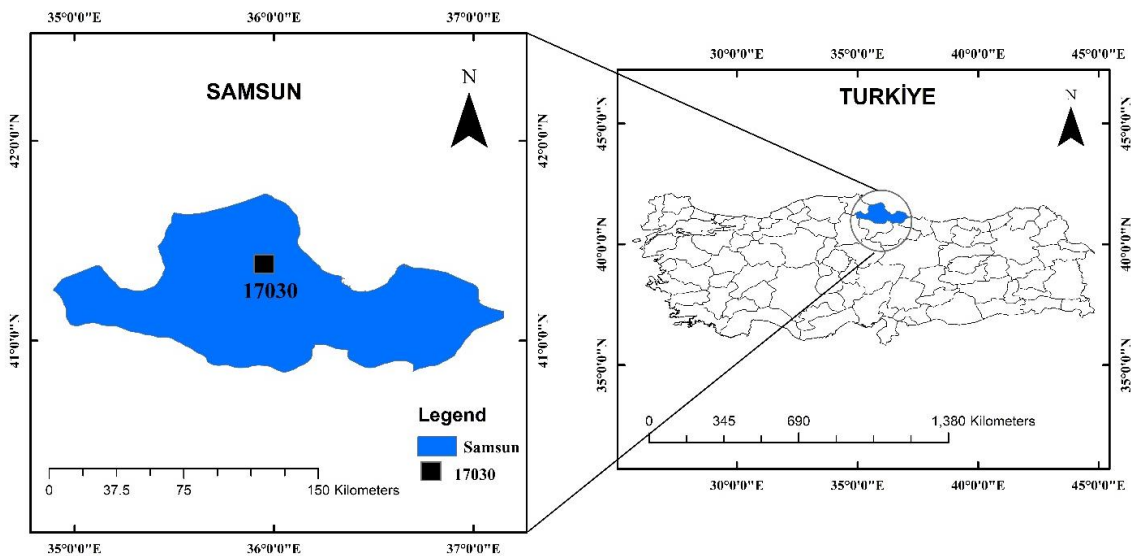
(SPEI), yağış ve potansiyel evapotranspirasyon (PET) dikkate alınarak geliştirilmiştir (Vicente-Serrano et al., 2008). Bir bölgeden diğerine değişen iklim değişkenliği nedeniyle kuraklık indekslerinin seçimi büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de bu indeksleri kullanarak birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin, Aksoy vd. (2018) Edirne ili için SPI yöntemini kullanarak kuraklık şiddet-süre frekans eğrilerini elde etmişlerdir. Eris vd. (2020) ise Türkiye’nin Ege Bölgesi’ndeki Küçük Menderes Havzası üzerindeki meteorolojik kuraklığın mekansal-zamansal analizini birçok indeks kullanarak incelemişlerdir. Dabanlı vd. (2017) yaptığı çalışmada Türkiye’de uzun vadeli mekansal-zamansal kuraklık değişkenliğini SPI verilerini kullanarak analiz etmişlerdir. Mehr et al. (2020) SPI ve SPEI kullanarak iklim değişikliğinin meteorolojik kuraklık üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Yuce ve Esit (2021) Ceyhan havzasının kuraklık analizini 10 indeks kullanarak havza için en uygun kuraklık indeksinin değerlendirmesini yapmışlardır. Türkiye ile ilgili küçük ve büyük ölçekte birçok çalışma mevcuttur (Çavus & Aksoy, 2019; Yüce ve Eşit, 2020; Gumus et al., 2021; Simsek, 2021).

Samsun, Karadeniz bölgesinde bulunan ve su kaynaklarının, doğal güzelliklerin, biyolojik çeşitliliğin varlığı açısından zengin olan önemli illerdendir. Hem Kızılırmak hem Yeşilirmak havzalarında yer alan ve bu önemli ırmakların Bafra ve Çarşamba ovalarından Karadeniz’e ulaşmaları tarımsal bakımdan da Samsun ilini önemli hale getirmektedir (OKA, 2018) Samsun ilinin gerekse sahip olduğu zenginlikler gerekse de su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde korunak kullanılması açısından, iklim olaylarının sebep olduğu felaketlerin önceden doğru tahmin edilerek, önlemlerin alınmasını gerektirmektedir.

Bu çalışmada, Samsun kent merkezinde bulunan 17030 no’lu meteoroloji istasyonundan 1938-2020 yılları arasında kaydedilen aylık yağış verileri, SPI, SPEI indeksleri kullanılarak ve 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri dikkate alınarak Samsun ili için detaylı bir kuraklık analizi yapılmıştır. İklim değişikliğinin etkilerinin araştırılabilmesi amacıyla, yağış, sıcaklık, buharlaşma ve nispi nem klimatolojik veri setlerine, parametrik olmayan Mann-Kendall ve Sen’in Eğim Testi metotları uygulanmıştır.

ÇALIŞMA BÖLGESİ VE YERİ

Karadeniz sahil şeridinin orta bölümünde Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinin Karadeniz’e döküldükleri deltalar arasında yer alan Samsun ili 9.083 km²’lik bir yüz ölçümüne sahiptir. Coğrafi konum olarak 40° 50’ - 41° 51’ kuzey enlemleri, 37° 08’ ve 34° 25’ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şahin ve Yılmaz, 2009). Ancak sahil şeridi ve iç kesimlerinde iklim iki ayrı özellik gösterir. Sahil şeridinde (Merkez ilçe, Terme, Çarşamba, Bafra, Alaçam, 19 Mayıs, Tekkeköy ve Yakakent) Karadeniz ikliminin etkileri görülür. Bunun için sahil şeridinde yazlar sıcak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Kuzeyinde Karadeniz’in yer aldığı Samsun ilinin komşuları; güneyinde Tokat ve Amasya, doğusunda Ordu, Güney batısında Çorum, batısında ise Sinop illeridir. Samsun genellikle ılıman bir iklime sahiptir. Yılın en yüksek ve en düşük sıcaklığı sırasıyla 38,4 °C ve -2,4 °C olarak belirlenmiştir. Yıllık toplam yağış miktarı ise 779,7 kg/yıl’dır (Hekimoğlu et al., 2007). Şekil 1’de Samsun ili ile ilgili bilgiler verilmiştir. Samsun ilinin aylık yağış, sıcaklık, nispi nem ve buharlaşma verilerine ait ortalama, standart sapma, değişim (Cv), çarpıklık (Cs) ve otokorelasyon (r1) katsayısı gibi istatistik bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Alanı

Tablo 1. Samsun Meteoroloji Gözlem İstasyonu ve İklim Verilerine Ait İstatistik Bilgiler

İstasyon	Parametre	İlk Gözlem Yılı	Son Gözlem Yılı	Enlem	Boylam	Ortalama	St. Sapma	Cv	Cs	r1
17030-Samsun	Yağış (mm)					59,91	40,38	0,67	1,37	0,14
	Sıcaklık (°C)	1938	2020	41,34	36,25	14,59	6,13	0,42	0,08	0,83
	Nispi Nem (%)					72,19	6,21	0,09	-0,25	0,49
	Buharlaşma (mm)					63,69	44,35	0,70	0,50	0,83

METODOLOJİ

Standart Yağış İndeksi (SPI)

McKee vd. (1993), SPI'yi, belirli bir zaman ölçeğinde gözlemlenen kümülatif yağışın uzun vadeli ortalamadan sapacağı standart sapmaların sayısı olarak tanımlamıştır. Tek bir sayısal değer olarak, SPI, belirgin şekilde farklı iklimlere sahip bölgeler arasında karşılaştırılabilir. Colorado İklim Merkezi, Batı Bölgesel İklim Merkezi ve Ulusal Kuraklık Azaltma Merkezi, ABD'deki kuraklığı izlemek için SPI' yi kullanır (Edwards and McKee, 1997). Kümülatif yağış normal olarak dağılmayacağından, McKee vd. (1993), kuraklık indeksini standartlaştırmak için verileri yaklaşık olarak normal dağılıma dönüştürmüştür. Thom (1958) iklim verilere en uygun olasılık dağılımının Gama olduğunu bulmuştur. Pozitif SPI değerleri, ortalama yağıştan daha büyük, negatif değerler ise ortalama yağıştan daha düşük olduğunu göstermektedir. Kurak dönem, indeksin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu olarak ifade edilir. Uzun süreli yağış geçmişine dayalı olarak, SPI, bir dönem, eksiklik veya fazlalık boyunca yağıştaki farkı, dönemin tarihsel ortalama yağış miktarına kıyasla nicelleştirir. Bu süre genellikle 3 ay ile 2 yıl arasında değişmektedir.

$$SPI = (P_i - P_m) / \sigma \quad (1)$$

burada: P_i , i yılının yağışı; P_m , çalışma döneminin ortalama yağış miktarıdır; σ standart sapmadır.

Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI)

SPEI, yaygın olarak kullanılan SPI kuraklık indeksinin bir uzantısıdır. SPEI, kuraklığın belirlenmesinde hem yağış hem de potansiyel evapotranspirasyonu (PET) hesaba katacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece, SPI' den farklı olarak SPEI, artan sıcaklıkların su talebi üzerindeki ana etkisini yakalar. SPI gibi, SPEI de 1-48 ay arasında değişen bir zaman ölçeğinde hesaplanabilir (Vicente Serrano vd. 2010). Sıcaklık ve yağış gibi yalnızca sınırlı veriler mevcutsa, PET basit Thornthwaite yöntemiyle tahmin edilebilir. Bu basitleştirilmiş yaklaşımda rüzgâr hızı, yüzey nemi ve güneş radyasyonu gibi PET'i etkileyebilecek değişkenler hesaba katılmaz. Genellikle, daha fazla verinin mevcut olduğu durumlarda, kuraklık değişkenliğinin daha eksiksiz bir muhasebesini yapmak, PET'in daha karmaşık bir yöntemle hesaplanmasıyla mümkündür. Ancak, bu ek değişkenler büyük belirsizliklere sahip olabilir. SPEI, Eşitlik 2,3 ve 4 dikkate alarak hesaplanmaktadır.

$$D_i = P_i - PET_i \quad (2)$$

Öncelikle PET, Penman-Monteith ve bu çalışmada kullanılan Thornthwaite yöntemi olmak üzere iki şekilde hesaplanmaktadır. Bir giriş parametresi olarak sadece hava sıcaklığına ihtiyaç duyan Thornthwaite yöntemi, eşitlik 3'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$PET = 16k \left(\frac{10T}{I} \right)^m \quad (3)$$

Burada, T , ortalama aylık sıcaklık (°C), k , ölçme istasyonunun enlemine göre değerlendirilen bir faktör, I yıllık sıcaklık indeksi ve m , I ile ilgili bir katsayıdır (Yu et al., 2014). Hesaplanan " D " değerleri, farklı zaman ölçeklerinde eşitlik 4'teki gibi hesaplanır;

$$D_i^k = \sum_{j=0}^{k-1} (P_{i-j} - PET_{i-j}) \quad (4)$$

Burada, n hesaplama ayı, k (ay) toplamın zaman ölçeğidir. Tablo 2'de kuraklık kategorisi sınıflandırması verilmiştir.

Tablo 2. SPI ve SPEI İndekslerinin Kuraklık Kategorisi (Yuce ve Esit, 2021)

SPI/SPEI değerleri	Kuraklık Kategorisi
≥ 2	Çok şiddetli yağışlı
$1,50 \sim 1,99$	Çok yağışlı
$1,00 \sim 1,49$	Orta şiddetli yağışlı
$0,99 \sim 0$	Normal
$0 \sim -0,99$	Normale yakın kuraklık
$-1,00 \sim -1,49$	Orta şiddetli kuraklık
$-1,50 \sim -1,99$	Şiddetli kuraklık
≤ -2	Çok şiddetli kuraklık

Mann-Kendall Eğilim Testi

MK testi, bir zaman serisinde hidrometeorolojik değişkendeki eğilimi belirlemeye yönelik parametrik olmayan bir testtir ve sıralara dayalıdır (Mann, 1945; Kendal, 1975). Herhangi bir dağılıma uymadığından dolayı zaman serileri için en çok tercih edilen istatistiksel yöntemlerdir. MK test istatistiğinin Z değeri eşitlik 5-,6-,7 ve 8'deki formüllerle ifade edilir;

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (5)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (7)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (8)$$

Burada, x_j ve x_k , sırasıyla j ve k yılındaki yıllık değerler olup x_k , k zamanındaki veri noktasını temsil eder. Pozitif bir Z değeri artan bir trendi, negatif bir değer ise azalan bir trendi gösterir. Farklı anlamlılık seviyeleri için kritik test istatistiksel değerleri sırasıyla %90, %95 ve %99 olasılık seviyelerinde 1,645, 1,97 ve 2,57'dir (Yue et al., 1993).

Sen'in Eğim Testi

Sen (1968) tarafından geliştirilen Sen'in eğim testi, bir veri setindeki trendin eğimini hesaplayan parametrik olmayan bir testtir. Eşdeğerli zaman serileri için kullanılır. Her bir veri noktası için eğim farkı, değişen zaman başına hesaplanır. Trendin eğimi, aynı mevsimde veri çiftleri arasındaki tüm eğimlerin medyanı ile tahmin edilebilir. Tüm eğim çiftleri küçükten büyüğe sıralanır ve hesaplanan eğim sayısı (n) tek ise, ortanca eğim S eğimini verir. n çift ise, iki ortanca eğimin ortalaması alınır. Q zaman serisi içerisindeki veri, n veri sayısı ve T zamanı göstermek üzere Sen'in eğimini (S) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$S = \frac{Q_2 - Q_1}{T_2 - T_1} \quad (9)$$

$$S = \begin{cases} \frac{S_{n+1}}{2} & n = \text{çift} \\ \frac{S_n}{2} & n = \text{tek} \end{cases} \quad (10)$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

Samsun İli için İklim Verilerinin Analizi

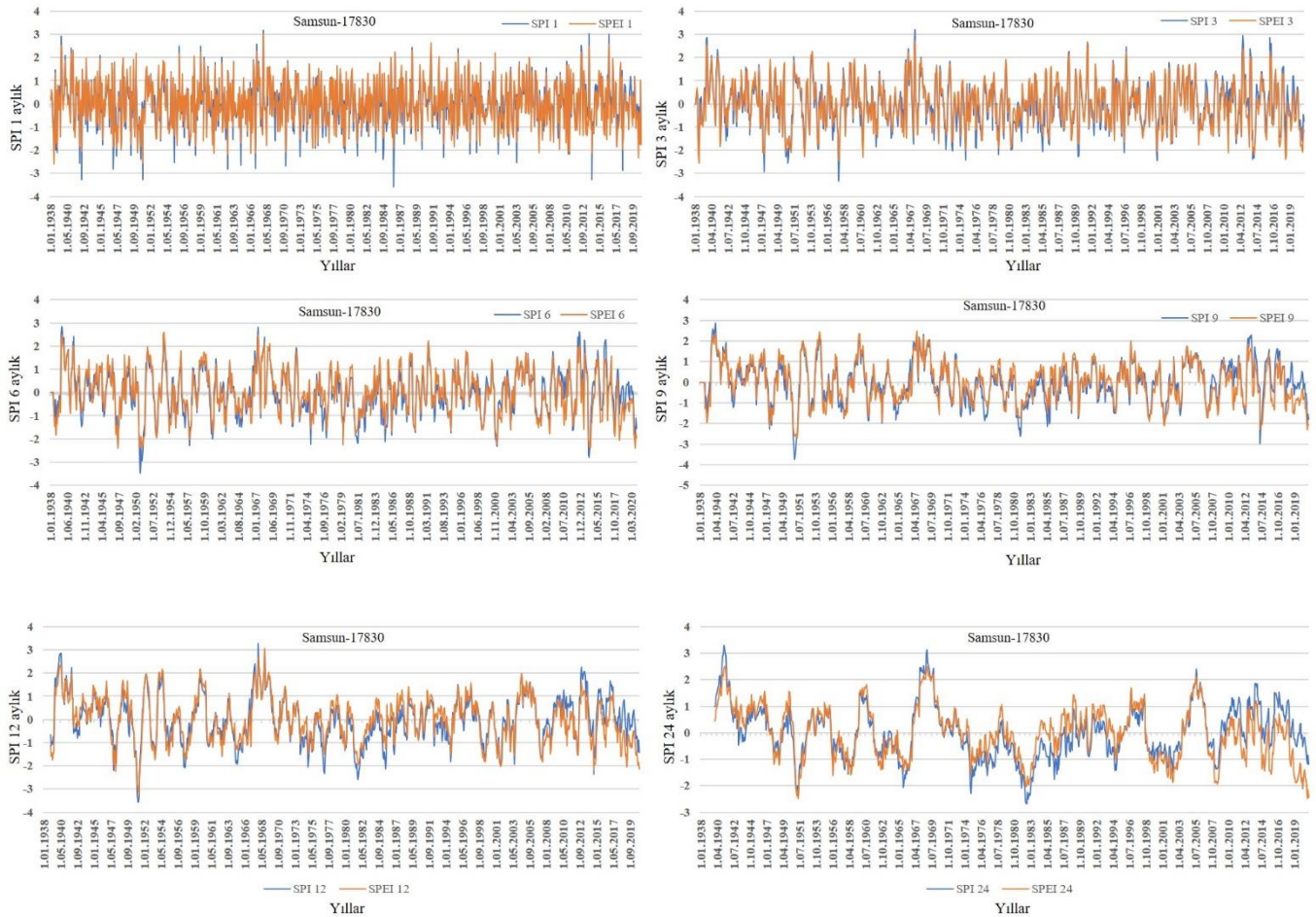
Bu çalışmada, Samsun ili için yağış, sıcaklık, nispi nem ve buharlaşma verileri 1938-2020 yılları arası incelenmiş olup Tablo 3'te gösterilmiştir. Yağış, bağıl nem ve buharlaşma verilerinde %95 (1,96) güven aralığında herhangi bir eğilim tespit edilmemiş olmasına rağmen, sıcaklık verilerinde ($z = 2,635$) aynı güven aralığında artan bir eğilim gözlemlenmiştir. Yağış ve bağıl nem parametrelerinde %95 güven aralığına göre eğilim tespit edilmemiş olsa da bu parametrelerde nispeten bir azalma görülmektedir. Buharlaşma parametresi ise, bu iki değerink aksine nispeten bir artış gözlemlenmiştir. Bu eğilimler Sen'in eğim yöntemi ile eğilimin derecesi ölçülmüştür. En düşük eğilimin derecesi buharlaşma parametresinde elde edilmiştir.

Tablo 3. Samsun İli için Mann-Kendall ve Sen'in Eğim Testi Analizi (%95 güven aralığı)

Testler	Samsun-17830			
	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Buharlaşma (mm)
Mann-Kendal	-0,118	2,635	-1,298	1,236
Sen'in Eğimi	-0,102	0,010	-0,021	0,005

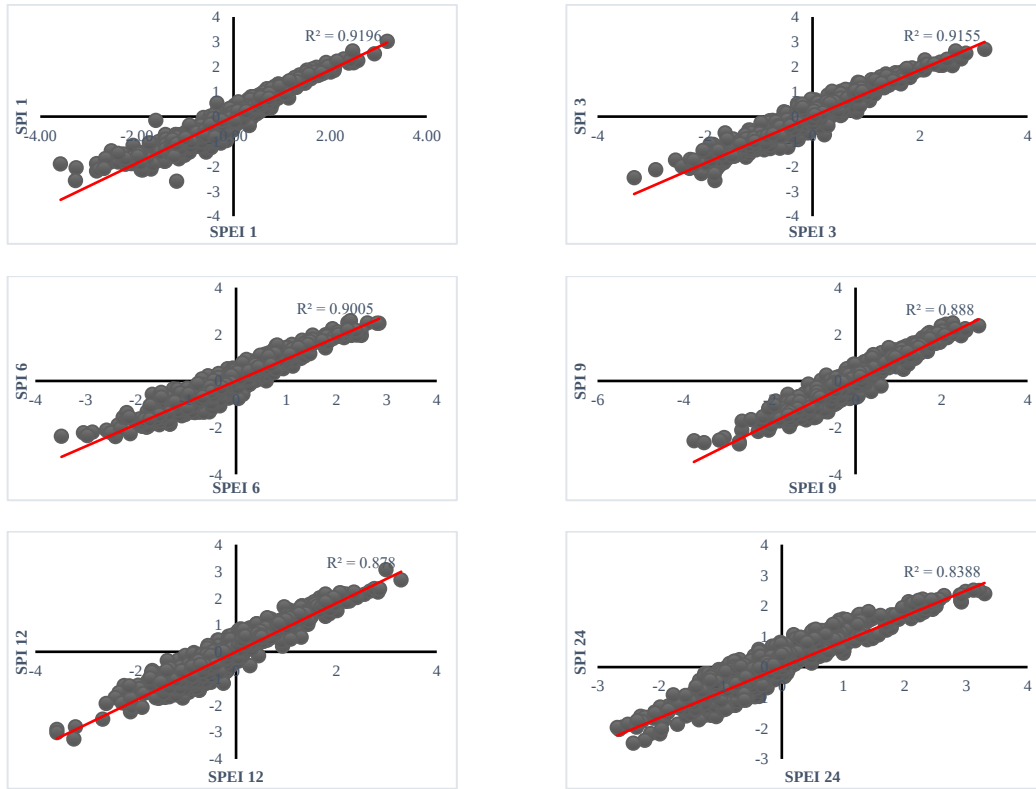
Kuraklık İndekslerinin Korelasyon Analizi

Samsun ilinin SPI ve SPEI kuraklık indekslerini uygulayarak 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman serisi için analizleri yapılmıştır. Bu zaman serileri Şekil 2'de gösterilmiştir. 0 değerinin altında kalan aylar kurak dönemi temsil ederken, 0 değerinin üstünde kalan ise nemli olan ayları göstermektedir. Veri olarak SPI yalnız aylık yağış verileri kullanılarak hesaplanırken, SPEI hem yağış hem de sıcaklık verilerini hesaba katmaktadır. Her iki kuraklık indeksi 1938-2020 yılları arasında benzer bir ilişki gözlemlenmiştir.



Şekil 2. Samsun İlının Farklı Zaman Ölçeğindeki İndekslerin Zaman Serisi

Her iki indeks için yapılan lineer korelasyonda güçlü bir ilişki ortaya çıkmıştır. Şekil 3'te her iki indeks arasındaki ilişki Samsun ili için gösterilmiştir. En yüksek belirleme katsayısı, R^2 değeri 1 aylık zaman serisinde 0,9117 değeri olarak saptanırken, en düşük değer 24 aylık zaman serisinde 0,8409 değeri olarak ölçülmüştür. 1 aylık SPI hesaplaması için örnek verilecekse, kasım ayının sonundaki 1 aylık bir SPI, o yılki Kasım ayı için 1 aylık yağış toplamını, kaydedilen tüm yılların Kasım yağış toplamı ile karşılaştırır. 1 aylık SPI kısa vadeli koşulları yansıttığından, uygulaması, özellikle büyüme mevsimi boyunca, kısa vadeli toprak nemi ve mahsul stresi ile birlikte meteorolojik kuraklık türleri ile yakından ilişkili olabilir. 3 aylık bir SPI, kısa ve orta vadeli nem koşullarını yansıtır ve mevsimsel bir yağış tahmini sağlar. 12 ve daha üstü zaman ölçeklerinin SPI'leri genellikle daha uzun zaman ölçeklerinde akarsu akışlarına, rezervuar seviyelerine ve hatta yeraltı suyu seviyelerine bağlıdır. Bu nedenle 1 aylık ve 24 aylık zaman ölçekleri için iki indeks arasındaki ilişki birbirinden farklı çıkmaktadır. Zaman ölçeği arttıkça R^2 değeri iki indeks için azaldığı görülmektedir.



Şekil 3. Samsun İli için Kuraklık İndeksleri Arasındaki İlişki

Samsun İlinin Kuraklık İncelenmesi

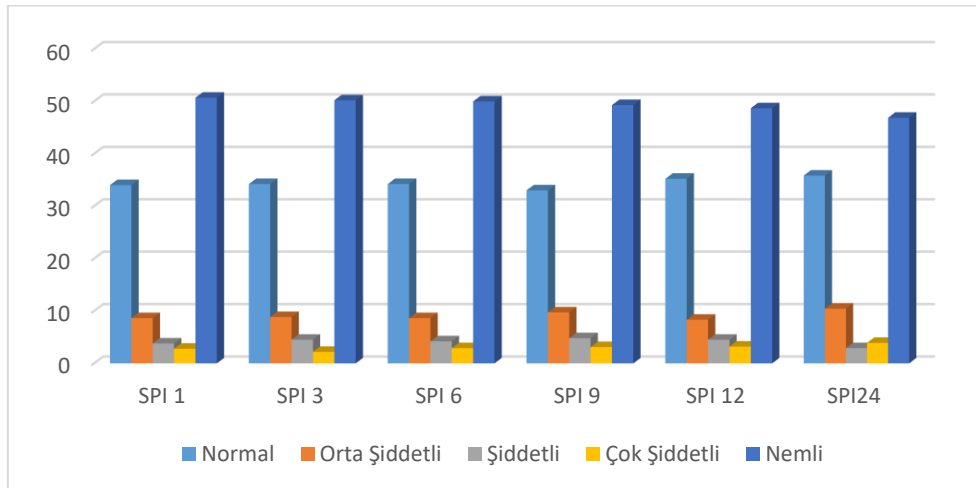
Samsun ili 1938-2020 yılları arası kuraklık analizi iki önemli indekse göre hesaplanmıştır. İki indeks kullanılmasının temel sebebi farklı parametreleri dikkate almasından kaynaklanmaktadır. Şekil 4'te farklı kuraklık kategorilerine göre iki indeks karşılaştırılmıştır. Normal kuraklık kategorisi dikkate alındığında, 12 aylık SPI %35,24 değeriyle en yüksek 12 aylık SPEI %31,73 en düşük değere sahiptir. Kuraklık kategorileri arasında en fazla normal kuraklık gerçekleşmiştir. Çok şiddetli kuraklık ise en az paya sahiptir. Samsun ili genel olarak incelendiğinde iki indeks nemli kategori %50 değeri üstünde ölçülmüştür. Çok şiddetli kategoride SPI (%2,81-SPI 1) SPEI (%1,41-SPEI 1) indeksine göre daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Ancak Şiddetli kuraklık kategorisinde aynı durum söz konusu değildir. %3,82 değeriyle SPI-1 aylık şiddetli kuraklık gerçekleşmiş olduğu ölçülmüş olmasına rağmen, SPEI-1 aylık zaman serisinde bu değer %5,32 olarak hesaplanmıştır. Orta şiddetli kuraklık kategorisindeki durum, çok şiddetli kuraklık kategorisindeki durum ile aynıdır. Yine 24 aylık zaman serisini dikkate alındığında, orta şiddetli kuraklık SPI indeksine göre %10,44 olarak, SPEI indeksine göre ise %11,55 olarak analiz edilmiştir. Bu sonuçlara göre, SPI çok şiddetli kuraklık kategorisinde, SPEI indeksine göre daha hassas olduğu kanısına varılmıştır.

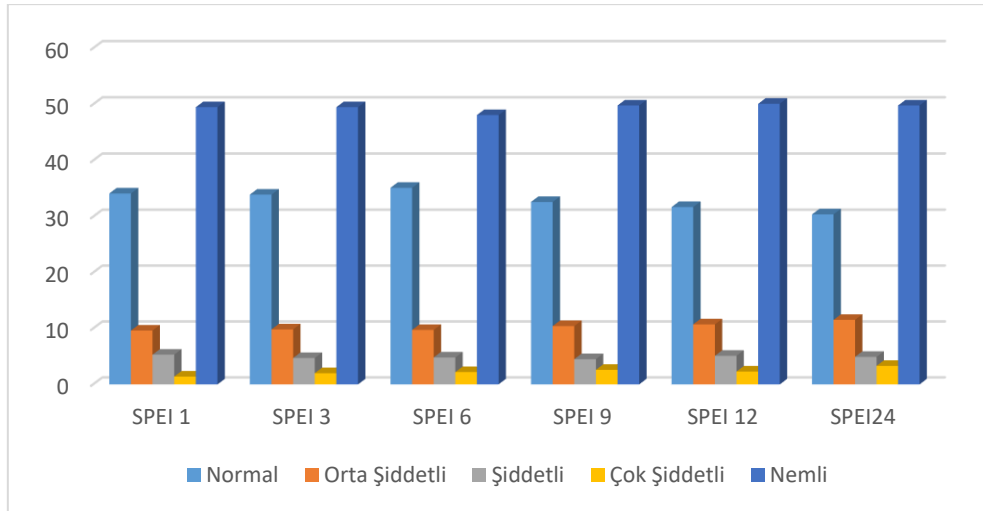
1938-2020 yılları arasında gerçekleşen kuraklık ve nemlilik sayıları Tablo 4'te verilmiştir. 1 aylık zaman serisi dikkate alındığında, Samsun ili için, normal kuraklık gerçekleşen kuraklık ayları birbirine yakın çıkmaktadır. Orta şiddetli kategoride 86 ay SPI indeksinde gerçekleşirken, 96 ay SPEI indeksine göre hesaplanmıştır. Şiddetli kategoride ise bu değerler SPI ve SPEI için sırasıyla 38 ve 53 ay olarak saptanmıştır. Farklı zaman serileri için (SPI 6 ay hariç) normal kategoride gerçekleşen kuraklık ayları SPI indeksinde daha fazla görülmüştür. Kurak olamayan zamanlar 1, 3 ve 6 aylık zaman serilerinde SPI indeksine göre daha fazla görülürken, 9, 12 ve 24 aylık zaman serilerinde ise SPEI indeksine göre daha fazla analiz edilmiştir. Kuraklık için şiddet ve süre büyük önem taşımaktadır. Kuraklık şiddeti, bir kuraklık başlangıcından kuraklık bitimine kadar olan sürede gerçekleşen kuraklığın toplamı olarak ifade edilmektedir. 1 aylık zaman ölçeğinde yapılan analizler, SPI indeksine göre, normal kuraklık kategorisinde en yüksek kuraklık şiddetinin 8,86 (8 ay) olarak 1950 yılında olduğunu, SPIE indeksine göre ise 1950 yılında 13,49 (14 ay) şiddetinde olduğunu ortaya koymuştur. 3 aylık zaman ölçeği için ise SPI indeksine göre 20,97 (13 ay) şiddetinde hesaplanmış olup, SPEI indeksine göre 21,96 (14 ay) şiddetine göre analiz edilmiştir.

Tablo 4. Farklı Zaman Ölçeğindeki İki İndeks için Geççekleşen Kuraklık Sayıları

	SPI					
	SPI 1	SPI 3	SPI 6	SPI 9	SPI 12	SPI 24
Normal	339	341	341	329	351	357
Orta Şiddetli	86	88	86	97	83	104
Şiddetli	38	45	42	48	45	29
Çok şiddetli	28	22	29	31	32	39
Nemli	505	500	498	491	485	467

	SPEI					
	SPEI 1	SPEI 3	SPEI 6	SPEI 9	SPEI 12	SPEI 24
Normal	340	338	350	325	316	303
Orta Şiddetli	96	98	97	104	107	115
Şiddetli	53	47	48	45	51	49
Çok şiddetli	14	20	22	26	23	33
Nemli	493	493	479	496	499	496





Şekil 4. İki İndeksin Farklı Kategorilere Göre Kuraklığın Dağılımı

SONUÇLAR

Bu çalışmanın genel amacı, Samsun ilinin farklı indeksler göz önünde bulundurularak farklı zaman ölçeklerinde kuraklık analizini detaylı bir şekilde yapmaktır. Çünkü, Samsun ili toprak, iklim, topoğrafya hidrolik yapılar gibi doğal kaynakların, üretime elverişli olması nedeniyle sebzeçilik ve meyvecilik, tarla bitkileri, su ürünleri ve hayvancılık alt sektörlerinin gelişmesi için cazibe merkezi olarak görülmektedir. Bu yüzden, Kuraklık incelemesini SPI (sadece yağış parametresi) ve SPEI (hem yağış hem de sıcaklık) indeksleri ile 1938-2020 yılları arası göz önünde tutularak yapılmıştır. Öncelikle, iklim değişikliğinin yağış, sıcaklık, nispi nem ve buharlaşma parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. %95 güven aralığına göre, yağış, nispi nem ve buharlaşma verilerinde herhangi bir eğilim tespit edilmezken, sıcaklık verisinde artan yönde bir eğilim tespit edilmiştir. İkinci olarak, detaylı bir şekilde iki indeksin ilişkisi Samsun ili özelinde irdelenmiştir. Kuraklık kategorileri arasında en fazla normal kuraklık gerçekleşmesine rağmen, çok şiddetli kuraklık ise en az paya sahiptir. Samsun ili genel olarak incelendiğinde iki indeks nemli kategori %50 değerine yakın ölçülmüştür. 1950 yılında uzun süren bir kuraklık saptanmıştır. Bu sonuçlara göre, SPI çok şiddetli kuraklık kategorisinde, SPEI indeksine göre daha hassas sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Böylelikle Samsun ili için yapılan bu kuraklık analizinin hem il hem de bulunduğu havza genelinde farklı kuraklık indeksleriyle, farklı veri setleriyle veya farklı kuraklık tahmin yöntemleriyle yerel makamlar veya bilimsel alanda yapılacak olan kuraklık analizlerine ışık tutması beklenmektedir.

KATKI BELİRLEME

Bu çalışma, Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB), Türkiye Ulusal Meteorolojik ve Hidrolojik Afetler Programı (TUMEHAP) tarafından desteklenen, TUJJB-TUMEHAP-2020-02 nolu “Kopula Fonksiyonları Kullanılarak Orta Fırat, Kızılırmak ve Yeşilırmak Havzalarının Kuraklık Risk Haritalarının Çıkarılması” adlı proje kapsamında yapılmıştır.

KAYNAKLAR

- AghaKouchak, A., & Nakhjiri, N. (2012). A near real-time satellite-based global drought climate data record. *Environmental Research Letters*, 7(4), 044037. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/044037>
- Aksoy, H., Önöz, B., Çetin, M., Yüce, M.İ., Eriş, E., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H.İ., Eşit, M., Orta, S., Çavuş, Y. (2018). Edirne için Kuraklık Şiddet-Süre-Frekans Eğrileri. *HİDRO'2018: Ulusal Hidrojeoloji ve Su Kaynakları Sempozyumu*, 27-29 Eylül 2018, Beytepe, Ankara
- Ashraf, M., & Routray, J. K. (2013). Perception and understanding of drought and coping strategies of farming households in north-west Balochistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 5, 49-60. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2013.05.002>
- Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., Lotfabadi, S. S., & Mohamadian, A. (2010). Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. *Field crops research*, 118(2), 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.04.011>

- Constas, M., Frankenberger, T., & Hoddinott, J. (2014). Resilience measurement principles: Toward an agenda for measurement design. *Food Security Information Network, Resilience Measurement Technical Working Group, Technical Series*, 1.
- Cavus, Y., & Aksoy, H. (2019). Spatial drought characterization for Seyhan River basin in the Mediterranean region of Turkey. *Water*, 11(7), 1331.
- Dabanlı, İ., Mishra, A. K., & Şen, Z. (2017). Long-term spatio-temporal drought variability in Turkey. *Journal of Hydrology*, 552, 779-792. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.07.038>
- Dai, A. (2011). Drought under global warming: a review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(1), 45-65. <https://doi.org/10.1002/wcc.81>
- Dai, A. (2013). Increasing drought under global warming in observations and models. *Nat. Clim. Change* 3, 52–58. <https://doi.org/10.1038/nclimate1633>
- Degefu, M. A., & Bewket, W. (2015). Trends and spatial patterns of drought incidence in the omo-ghibe river basin, ethiopia. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 97(2), 395-414. <https://doi.org/10.1111/geoa.12080>
- Edwards, D.C. & McKee, T.B. (1997) Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple times scales. *Atmospheric Science Paper*, 634, 1-30.
- Eris, E., Cavus, Y., Aksoy, H., Burgan, H. I., Aksu, H., & Boyacioglu, H. (2020). Spatiotemporal analysis of meteorological drought over Kucuk Menderes River Basin in the Aegean Region of Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 142(3), 1515-1530. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03384-0>
- Esit, M. (2021). Copula based bivariate drought frequency analysis in the Ceyhan Basin, Turkey. *Doktora Tezi. Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Gaziantep, 378s
- Gumus, V., Simsek, O., Avsaroglu, Y., & Agun, B. (2021). Spatio-temporal trend analysis of drought in the GAP Region, Turkey. *Natural Hazards*, 109(2), 1759-1776. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04897-1>
- Heim, R.R. (2017). A Comparison of the Early Twenty-First Century Drought in the United States to the 1930s and 1950s Drought Episodes. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 98, 2579–2592. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0080.1>
- Hekimoglu B., & Altındeger M., & Demirbas A, R. (2007). Samsun ilinin fiziki durumu ve avantajlari. https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Kitaplarimiz/samsun_ilinin_fiziki_durumu_ve_avantajlari.pdf
- Jeyaseelan, A. T. (2003). Droughts & floods assessment and monitoring using remote sensing and GIS. *Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology*, 291.
- Kendall M. G. (1975). Rank Correlation Methods, 4th edn and 5th edn. *Charles Griffin*: London. ISBN-13: 978-0195208375.
- Liu, C., Yang, C., Yang, Q., & Wang, J. (2021). Spatiotemporal drought analysis by the standardized precipitation index (SPI) and standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) in Sichuan Province, China. *Scientific Reports*, 11(1), 1-14.
- Mann H. B. (1945). Non parametric tests again trend. *Econometrica* 13:245–259.
- Masih, I., Maskey, S., Mussá, F. E. F., & Trambauer, P. (2014). A review of droughts on the African continent: a geospatial and long-term perspective. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(9), 3635-3649.
- 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, Anaheim, CA, 179-184.
- Mehr Danandeh, A., Sorman, A. U., Kahya, E., & Hesami Afshar, M. (2020). Climate change impacts on meteorological drought using SPI and SPEI: case study of Ankara, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 65(2), 254-268.
- Min, S. K., Zhang, X., Zwiers, F. W., & Hegerl, G. C. (2011). Human contribution to more-intense precipitation extremes. *Nature*, 470(7334), 378-381. <https://doi.org/10.1038/nature09763>
- Mo, K.C., & Chelliah, M. (2006). The modified Palmer Drought Severity Index based on the NCEP North American regional reanalysis. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 45, 1362–1375. <https://doi.org/10.1175/JAM2402.1>

- Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı (2018) Samsun İli Orman Ve Su İşleri Eylem Planı <https://oka.ka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/orman-ve-su-isleri-eylem-plani-5-79.pdf>
- Pal, J. S., Small, E. E., & Eltahir, E. A. (2000). Simulation of regional-scale water and energy budgets: Representation of subgrid cloud and precipitation processes within RegCM. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 105(D24), 29579-29594. <https://doi.org/10.1029/2000JD900415>
- Palmer, W.C., (1965). Meteorological Drought. U.S. Department of Commerce, *Weather Bureau*.
- Şahin, K., & Yılmaz, A. (2009). Samsun İlinde Doğal Kaynaklara Dayalı Turizm Arzı ve Planlanması. *Journal of International Social Research*, May 1; 2(7).
- Sen, P. K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379-1389. DOI: 10.1080/01621459.1968.10480934
- Sheffield, J., & Wood, E. F. (2008). Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multi-scenario, IPCC AR4 simulations. *Climate dynamics*, 31(1), 79-105. <https://doi.org/10.1007/s00382-007-0340-z>
- Simsek, O. (2021). Hydrological drought analysis of Mediterranean basins, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(20), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08501-5>
- Thom, H.C.S. (1958). A Note on the Gamma Distribution. *Monthly Weather Review*, 86 (4): 117-122. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1958\)086<0117:ANOTGD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1958)086<0117:ANOTGD>2.0.CO;2)
- Thomas, J., & Prasannakumar, V. (2016). Temporal analysis of rainfall (1871–2012) and drought characteristics over a tropical monsoon-dominated State (Kerala) of India. *Journal of Hydrology*, 534, 266-280. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.013>
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of climate*, 23(7), 1696-1718. <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>
- Wang, Q., Shi, P., Lei, T., Geng, G., Liu, J., Mo, X., & Wu, J. (2015). The alleviating trend of drought in the Huang-Huai-Hai Plain of China based on the daily SPEI. *International Journal of Climatology*, 35(13), 3760-3769. <https://doi.org/10.1002/joc.4244>
- Wilhite, D. A. (2000). Drought as a natural hazard: concepts and definitions. *Published in Drought: A Global Assessment, Vol. I, edited by Donald A. Wilhite*, chap. 1, pp. 3–18 (London: Routledge, 2000).
- Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3), 111-120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>
- World Meteorological Organization (WMO) (2016). Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events —TT-DEWCE WMO 4/14/2016. *World Meteorological Organization*, Geneva .
- Yu, M., Li, Q., Hayes, M. J., Svoboda, M. D., & Heim, R. R. (2014). Are droughts becoming more frequent or severe in China based on the standardized precipitation evapotranspiration index: 1951–2010?. *International Journal of Climatology*, 34(3), 545-558. <https://doi.org/10.1002/joc.3701>
- Yuce, M. I., & Esit, M. (2021). Drought monitoring in Ceyhan Basin, Turkey. *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 1-22. <https://doi.org/10.1080/23249676.2021.1932616>
- Yüce, M. & Eşit, M. (2020). Ceyhan havzasının kuraklık risk haritasının SPI ve SPEI metotları ile belirlenmesi. *Su Kaynakları*, 5 (2) , 1-8. <https://dergipark.org.tr/en/pub/su/issue/56995/728965>
- Yue, Y.S., Zou, S., Whittemore, D. (1993), Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas, *Journal of Hydrology*, 150(1), 61-80. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(93\)90156-4](https://doi.org/10.1016/0022-1694(93)90156-4)
- Zhan, W., Guan, K., Sheffield, J., & Wood, E. F. (2016). Depiction of drought over sub-Saharan Africa using reanalyses precipitation data sets. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121(18), 10-555. <https://doi.org/10.1002/2016JD024858>