

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ve Ondalıklar İndeksi Yöntemleri ile Wadi Righ Bölgesi (Cezayir) Kuraklık Analizi

Asma BETTAHAR¹, Şehnaz ŞENER^{2*}

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Enstitüsü, Isparta

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta

Geliş Tarihi (Received): 08.02.2023, Kabul Tarihi (Accepted): 09.05.2023

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author*): sehnazsener@sdu.edu.tr

☎ +90 246 2111332 📠 +90 246 2111072

ÖZ

Kuraklık, belirli bir süre boyunca bir bölgede gerçekleşen atmosferik değişikliklerle temsil edilen doğal bir olgudur. Atmosferik değişiklikler hidrolojik sistemde önemli dengesizliklere sebep olmaktadır. Özellikle bölgesel kuraklık analizleri iklim çalışmaları için ve su yönetimi planlamalarında büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada, Wadi Righ Bölgesinde 1975 – 2018 yılları arasında gözlemlenen meteorolojik kuraklıkların analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Touggourt Meteoroloji istasyonunda ölçülmüş 1975-2018 yıllarına ait 43 yıllık yağış verileri kullanılarak Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ve Ondalıklar İndeksi yöntemleri ile çalışma alanında geçmişe yönelik kuraklıklar incelenmiştir. Meteorolojik kuraklık analizi sonuçları, bölgenin yaklaşık olarak her on yılda bir tekrarlanan kuraklık dönemlerine maruz kaldığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre çalışma alanında 1980-1989 yılları arası ve 2010-2018 yılları arası genel olarak kurak dönemler olarak belirlenmiştir. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi yöntemine göre 1990-2004 yılları arasında normal ve nemli dönemler izlenmektedir. 1989 yılı ise her iki indeks yöntem ile aşırı kurak-şiddetli kurak bir yıl olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan farklı indeks yöntemleri ile çalışma alanında geçmişten günümüze yaşanmış olan kurak dönemler birbiri ile benzer olup bu sonuç, her iki yöntemde geçerliliğini ve kullanılabilirliğini desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: Cezayir, meteorolojik kuraklık, ondalıklar indeksi, standartlaştırılmış yağış indeksi

Drought Analysis of Wadi Righ Region (Algeria) with Standardized Precipitation Index and Decile Index Methods

ABSTRACT

Drought is a natural phenomenon represented by atmospheric changes that take place in a region over a period of time. Atmospheric changes cause significant imbalances in the hydrological system. Especially regional drought analyzes are of great importance for climate studies and water management planning. In this study, the analysis of meteorological droughts observed in the Wadi Righ Region between 1975 and 2018 was carried out. In this context, historical droughts in the study area were examined with Standardized Precipitation Index and Decimals Index methods, using 43 years of precipitation data from 1975-2018 measured at the Touggourt Meteorology station. Meteorological drought analysis results show that the region is exposed to repeated drought periods approximately every ten years. According to the results obtained, the years between 1980-1989 and between 2010-2018 were generally determined as dry periods in the study area. According to the Standardized Precipitation Index method, normal and humid periods are observed between the years 1990-2004. The year 1989 was determined as an extremely dry-severely dry year by both index methods.

Keywords: Algeria, meteorological drought, decimal index, standardized precipitation index

GİRİŞ

Kuraklık, bir bölgedeki hidrolojik döngüyü bozan ve büyük ekonomik kayıplara neden olan geçici ve tekrarlayan bir doğal afettir (Wilhite, 2000; Marengo ve ark., 2013; Dagbegnon ve ark., 2016; Bettahar ve Şener 2022). Genellikle kuraklık, bölgeye düşen yağışların normal veya beklenen seviyenin altında olduğu dönemler olarak ifade edilmekte olup kuraklığın krize dönüşmesi, nerede ve ne zaman meydana geldiği ile ilişkilidir (Azhdari ve ark., 2020; Terzi ve Taylan, 2022). Kuraklık, çeşitli hidrolojik ve meteorolojik süreçlerin (yağış, hava sıcaklığı, akarsu akışı, toprak nemi, vb.) değişiklikleri ile karakterize edilir ve bunu tanımlamanın kesin bir yolu yoktur. Çünkü, bir kuraklık olayının tam başlangıcını ve süresini belirlemek kolay değildir. Kuraklık zamanla yavaş yavaş gelişebilir; önemli bir altyapı hasarına neden olmadan geniş bir coğrafi alan üzerinde uzun süreli bir etki bırakabilir (Passioura, 1996; Reddy ve ark., 2004; Choat ve ark., 2012; Şener ve Davraz 2021). Kuraklıktan kaçınmak pek mümkün değildir. Ancak buna hazırlanmak ve onunla başa çıkmak için yetenekleri geliştirmek mümkündür ve her iki konuda da başarı, kuraklık vakalarını tanımlamanın ve özelliklerini değerlendirmenin kalitesine bağlıdır (Smakhtin ve ark., 2004).

Kuraklık, diğer afetler gibi ani ve hızlı gerçekleşmediğinden etkileri daha uzun zamanda ortaya çıkmaktadır ve dünya genelinde Afrika, Güney Avustralya, Orta Asya, Güneydoğu Asya ve Amerika gibi birçok bölgeyi etkilemektedir (Dilley ve ark., 2005). Aynı zamanda, Yakın Doğu ve Kuzey Afrika (NENA) bölgesi kurak bir iklime sahiptir (yılıda ortalama yağış < 150 mm) (Bazza ve ark., 2018). Dünya üzerinde geri kalan kısım ya yarı kurak ya da Akdeniz iklimidir ve bölgenin yaklaşık dörtte üçü normal insan yaşamı ve faaliyetleri için uygun olmayan çöllerden oluşmaktadır. Literatürde incelenen kuraklıklar dikkate alınan parametreler ile ilişkili olarak tanımlanmaktadır. Yağış, ve potansiyel buharlaşma-terlemenin dikkate alınması ile meteorolojik kuraklık; akarsu akışı veya yeraltı suyu dinamiği incelenerek hidrolojik kuraklık; toprak nemi dikkate alınarak tarımsal kuraklık incelenmektedir. Ayrıca, bu kuraklıklar ile ilişkili olarak ürün yetiştirilmesinde sorunlar ve kıtlık görülmesi sosyoekonomik kuraklık olarak ifade edilmektedir (Tsakiris ve ark., 2013). Karmaşık iklim göstergelerini basitleştirerek tüm iklimsel farklılıkları süre ve şiddet bakımından ölçmeye olanak sağlayan kuraklık indeksleri geliştirilmiştir. Çok sayıda indeks, kuraklık özelliklerinin ve şiddetinin değerlendirilmesi ve bilim insanlarına yardımcı olmak için kullanılmıştır (Passioura 1996; Matari ve ark., 1999; Heim 2002; Meklati 2009; Mishra ve Singh 2010; Hao ve AghaKouchak 2013;

Salehnia ve ark., 2017; Mukherjee ve ark., 2018; Mahmoudi ve ark., 2019; Moghimi ve Zarei 2019; Azhdari ve ark., 2020; Kamalanandhini ve Annadurai 2021; Vergni ve ark., 2021). Bu indeksler arasında yağış anomalisi indeksi (Rooy, 1965), Standartlaştırılmış yağış indeksi (SPI) (McKee ve ark., 1993), Yüzey suyu arzı indeksi (SWSI) (Shafer ve Dezman, 1982) ve Normalin yüzdesi indeksi (Werick ve ark., 1994) bulunur. Bu indeksler, kuraklık özelliklerinin ve şiddetinin incelenmesi (Karl, 1983; Karl, 1986; Karl ve ark., 1987; Pramudya ve Onishi 2018; Tirivarombo ve ark., 2018) ve farklı bölgeler arasında karşılaştırmalar yaparak (Alley, 1984; Kumar ve Panu, 1997; Gokmen, 2021), erken bir kuraklık uyarı sistemi sağlamak için (Lohani ve Loganathan, 1997; Lohani ve ark., 1998; Bouabdelli ve ark., 2020) farklı amaçlarla kullanılmaktadır.

İklim indeksleri, küresel ölçekte iklimin geniş bir görünümünü sağlar ve değişen iklimi tanımlamak için kullanılır. Kuraklık indekslerinde yağış, buharlaşma ve sıcaklık değişkenleri kullanılır ve meteorolojik kuraklığın analizini ve şiddetini yapmak için kullanılır. Bu indekslerinden, Z-skorve indeksi (Gibbs, 1967), yağış anomalisi indeksi (Rooy, 1965), normalin yüzdesi indeksi (Werick ve ark., 1994) ve standartlaştırılmış yağış indeksi (McKee ve ark., 1993) dir. Wadi Righ bölgesinin kuraklığını incelemek için, dünya genelinde kuraklık riski taşıyan tüm bölgelerde uygulanmış en yaygın indeksleri seçilmiştir. Bu indekslerin avantajı, farklı zaman aralıkları için hesaplanabilmesi, kuraklık için erken uyarı sağlayabilmesi, kuraklık şiddetini değerlendirmede yardımcı olabilmesi ve diğer indekslere göre daha basit olmasıdır (Hao ve AghaKouchak, 2013; Agwata, 2014; WMO, 2016; Mahmoudi ve ark., 2019; Moghimi ve Zarei, 2019). Kuraklık indeksleri, karmaşık iklim süreçlerini basitleştirmeleri ve iklim anormalliklerini şiddet, süre ve sıklıkları açısından ölçülebilmeleri sebebiyle kuraklığın karakterizasyonu ve izlenmesi için tercih edilen yöntemlerdir (Tsakiris ve ark., 2007). İndeks seçiminde göz önünde bulundurulması gereken en önemli unsur girdi verilerinin mevcudiyeti ve kalitesi, hesaplanmasının basitliği ve bir kuraklık olayının mekansal ve zamansal değişimlerini tutarlı bir şekilde tespit edebilme yeteneğidir (Morid ve ark., 2006; Keyantash ve Dracup, 2002).

Cezayir yılda yaklaşık 90 milyar m³ yağış almaktadır ve bunun% 85'i buharlaşmakta, % 15'i ise yeraltına sızmakta ve/veya yüzeysel akışa geçmektedir. Cezayirin Sahrası bugüne kadar farklı amaçlarla ve farklı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen çok sayıda bilimsel çalışma ve teknik raporun konusu olmuştur (Cornet, 1964; Bel ve Dermagne, 1966; Busson, 1966; Bel ve Cuhe, 1969; Busson, 1970; Fabre, 1970; Busson, 1971; Fabre, 1976; Castany, 1982). Bu çalışma

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ve Ondalıklar İndeksi Yöntemleri ile Wadi Righ Bölgesi (Cezayir) Kuraklık Analizi

kapsamında Wadi Righ bölgesine ait kuraklık analizinin yapılabilmesi amacıyla Ondalıklar İndeksi (Gibbs ve Maher, 1967) ve Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (Mckee ve ark., 1993) yöntemleri kullanılmıştır. Söz konusu indekslere ilişkin elde edilen veriler ve bölgenin kuraklık analizi aşağıda ayrıntılı olarak sunulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Wadi Righ bölgesi, Cezayir çölünün kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1). Bölge, güneyde El Goug'dan başlayıp kuzeyde Oum Thiour'da sona eren 150 km uzunluğunda dar bir alanı kapsamaktadır (Bettahar ve ark., 2017). Wadi Righ bölgesi K-G yönelimli ve El Goug (32° 54' kuzey enlemi) ve Oum El Thiour (34° 9') arasındadır (Dubost, 1991). Çalışma alanının iklimi tipik olarak çöldür ve çok düşük, rastgele yağışlar ile karakterize edilir.

Kış ayları genellikle ılıman geçer (Habes ve ark., 2016). Bölgede ölçülen maksimum ortalama aylık buharlaşma Temmuz ayında 399,79 mm, Aralık ayında ise 107,39 mm'dir. Ortalama yıllık yağış miktarı 68.84 mm, ortalama sıcaklık ise 21.09 C olarak ölçülmüştür (Bettahar ve ark., 2017). Bölgede yıllık ortalama bağıl nem %47.26'dır. Hakim rüzgarlar kış aylarında Kuzey-Kuzeydoğu, yaz aylarında ise Güney-Güneydoğudur. Bölgedeki rüzgarlar kum tepelerinin hareketine ve bitkilerin kurumasına neden olan, bazen 20 km/s'yi aşan bir hız ile karakterize edilirler (Benhaddya, 2006).

Yöntem

Cezayir çölü içerisinde bulunan Wadi Righ bölgesinin kuraklık durumunu ortaya koyabilmek için bölgede bulunan tek meteoroloji istasyonu olan Touggourt Meteoroloji istasyonunda ölçülmüş uzun yıllara ait meteorolojik ölçüm verileri kullanılmıştır (Şekil 2). Meteorolojik Kuraklık analizlerinde kullanılan çok sayıda indeks yöntem mevcuttur. Bu çalışma kapsamında kullanılan, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) ve Ondalıklar indeksi (OI) yöntemleri aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu



Şekil 2. Çalışmanın akış şeması

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ)

Literatürde en yaygın kullanılan kuraklık indeks yöntemi olan SYİ yöntemi 30 yıldan az olmayan uzun zaman serileri kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu indeks standardize edildiğinden, yağışlarındaki büyük farklılıklara bakılmaksızın farklı bölgelerdeki kuraklığın karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır (McKee ve ark., 1993). SYİ, McKee ve ark. (1993) tarafından geliştirilmiş olup yerel veya bölgesel kuraklıkları karakterize etmek için kullanılmaktadır. SYİ, uzun dönem yağış geçmişini temel alarak, belirli bir dönem için yağış farkını, bir eksikliği veya fazlalığı, o dönem için yağışın tarihsel ortalamasına kıyasla belirlemeye izin vermektedir. Bu süre, takip edilecek kuraklığın türüne bağlı olarak genellikle 3 ila 48 ay arasında değişir. McKee ve ark. (1993) bu indeks yönteminin, incelenen dönemin farklı su kaynakları üzerindeki etkisini vurgulamak için geliştirmiştir. Yeraltısuyu rezervleri, kar yığını veya su yolları yağış değişimlerine aynı hızla tepki vermez. SYİ hesaplama periyodu (1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık zaman ölçeklerinde) bu değişimin hidrolojik sistemlerin her biri üzerindeki etkisini vurgular. McKee göre, SYİ sırasıyla negatif olduğunda ve değeri -1 veya daha az olduğunda bir kuraklık meydana gelir ve SYİ'nin pozitif hale gelmesi kuraklığın sonu anlamına gelir (Tablo 1). Kuraklığın büyüklüğü, kurak dönemin tüm SYİ değerlerinin toplamıdır. Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

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

Burada,

X_i , ay veya yıldaki mevsimsel yağıştır;

\bar{X} , dikkate alınan zaman ölçeğinde serinin ortalama yağış miktarıdır;

σ , serinin dikkate alınan zaman ölçeğindeki standart sapmasıdır.

Tablo 1. Standart yağış indeks göre kuraklığın sınıflandırılması

Standart Yağış İndisi (SYİ)	Kuraklık sınıfları
2,00 ve üzeri	Aşırı Nemli
1,50-1,99	Çok Nemli
1,00-1,49	Orta Nemli
-0,99 to 0,99	Normal
-1,00 to -1,49	Orta Kurak
-1,50 to -1,99	Şiddetli Kurak
-2	Aşırı Kurak

Ondalık İndeksi (Oİ)

Bu yöntem (Gibbs ve Maher 1967) tarafından önerilmiştir ve sadece yağış verisine ihtiyaç duyan, kullanımı nispeten kolay yöntemlerden biridir (Smith ve ark., 1993). Oİ tanımı gereği, tüm tarihsel dönem boyunca belirli bir zaman aralığındaki yağışların bir sıralamasıdır (Gibbs ve Maher, 1967). Oİ, aylık, mevsimlik veya yıllık dönemler için, farklı zaman dilimindeki toplam yağış miktarı kullanılarak hesaplanabilir. Bu yöntemin uygulanmasında, en az 30 yıllık dönemler için uzun bir dizi aylık yağış verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Oİ yönteminin temeli seçilen bir zaman diliminde ölçülmüş yağış verilerinin on gruba bölünmesi esasına dayanır (Gibbs ve Maher, 1967). Bu yöntemde kullanılan yağış verilerinin tüm ölçüm dönemi boyunca, yağış sıklığı ve dağılımları sıralanır. Her 3 ayda bir hareketli yağış toplamı hesaplanır, daha sonra veriler ondalık olarak adlandırılan on eşit parçaya bölündüğü için veriler azalan düzende düzenlenir ve ilk ondalık bunların ilk bölümünü temsil eder. Birinci onluğun tüm verileri bu sınırdan küçük olması gerekir. Yani, standart normal dağılım olasılığına göre %10'un olasılığının verileri üste; %90'ın verileri sınırın altında yer almaktadır (Gibbs ve Maher, 1967). Oİ yöntemine göre kuraklık sınıfları Tablo 2'de verilmiştir. Ondalık İndeksi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$X = \bar{X} + (k \cdot \sigma) \quad (2)$$

Burada;

X: Değişken, \bar{X} : Normal dağılıma dönüştürülmüş yağış ortalaması, k: Frekans faktörü ve σ : Standart Sapma'yı ifade etmektedir.

Tablo 2. Ondalık yöntemine göre kuraklığın sınıflandırılması

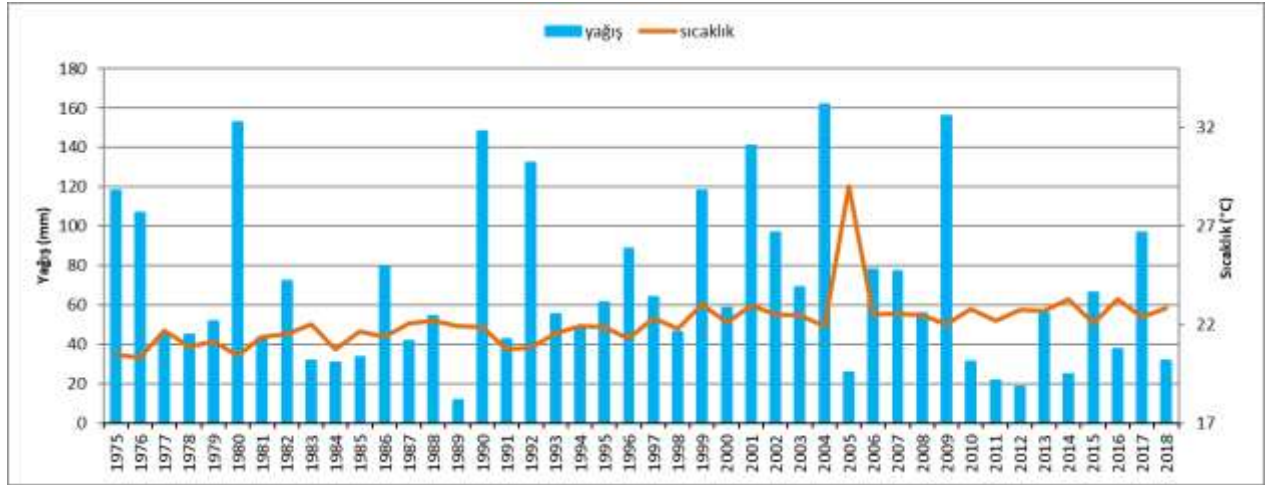
Oİ (%)	Kuraklık sınıfları
Ondalık 1-2 (en düşük 20%)	Normalin çok altında yağış
Ondalık 3-4 (diğer en düşük 20%)	Normalin altında yağış
Ondalık 5-6 (ortadaki 20%)	Normale yakın yağış
Ondalık 7-8 (diğer en yüksek 20%)	Normalin üstünde yağış
Ondalık 9-10 (en yüksek 20%)	Normalin çok üzerinde yağış

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ve Ondalıklar İndeksi Yöntemleri ile Wadi Righ Bölgesi (Cezayir) Kuraklık Analizi

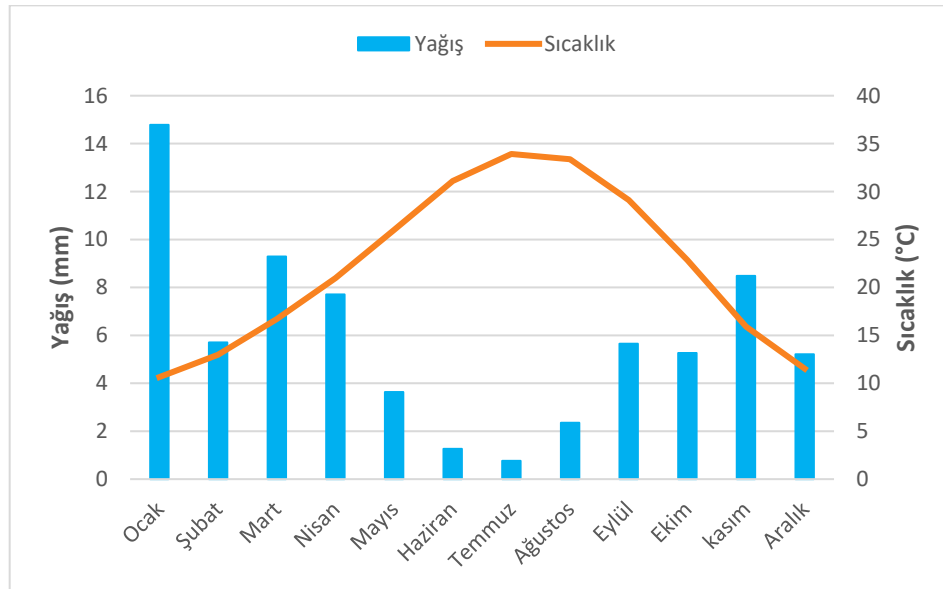
BULGULAR VE TARTIŞMA

Touggourt meteoroloji istasyonunda uzun yıllar ölçülmüş olan toplam yağış miktarlarının yıllara göre dağılım grafiği Şekil 3'te, aylık ortalama yağış ve sıcaklık dağılımları ise Şekil 4'de verilmiştir. Touggourt meteoroloji istasyonu verilerine göre ortalama yıllık yağış miktarı 68.84 mm olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 22.1 °C'dir. Buna göre 1977-1979 yılları arası, 1981 yılı, 1983-1985 yılları arası, 1987-1989 yılları arası, 1991 yılı, 1993-1995 yılları arası, 1997, 1998, 2000, 2005, 2008 yılları, 2010-2016 yılları

arası ve 2018 yılında yıllık toplam yağış miktarları genel olarak ortalamanın altında ölçülmüştür. Yıllık ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde ise 1988 ve 1997 yıllarında, 1999-2003 yılları arasında, 2005-2008 yılları arasında ve 2010 yılından günümüze kadar ortalamanın üzerinde sıcaklık değerlerinin ölçülmüş olduğu görülmektedir. Sıcaklık ve yağış, belirli bir hidrolojik birimin iklim gelişimini belirlemek veya tahmin etmek için yeterli değildir. Ancak yağış, bölgesel bir rejimde çok sınırlı bir zaman ölçeğinde bir eğilimi belirlemeyi mümkün kılar (Ladji ve ark., 2019).



Şekil 3. Touggourt Meteoroloji İstasyonu verilerine göre yağış ve sıcaklığın yıllara göre dağılımı

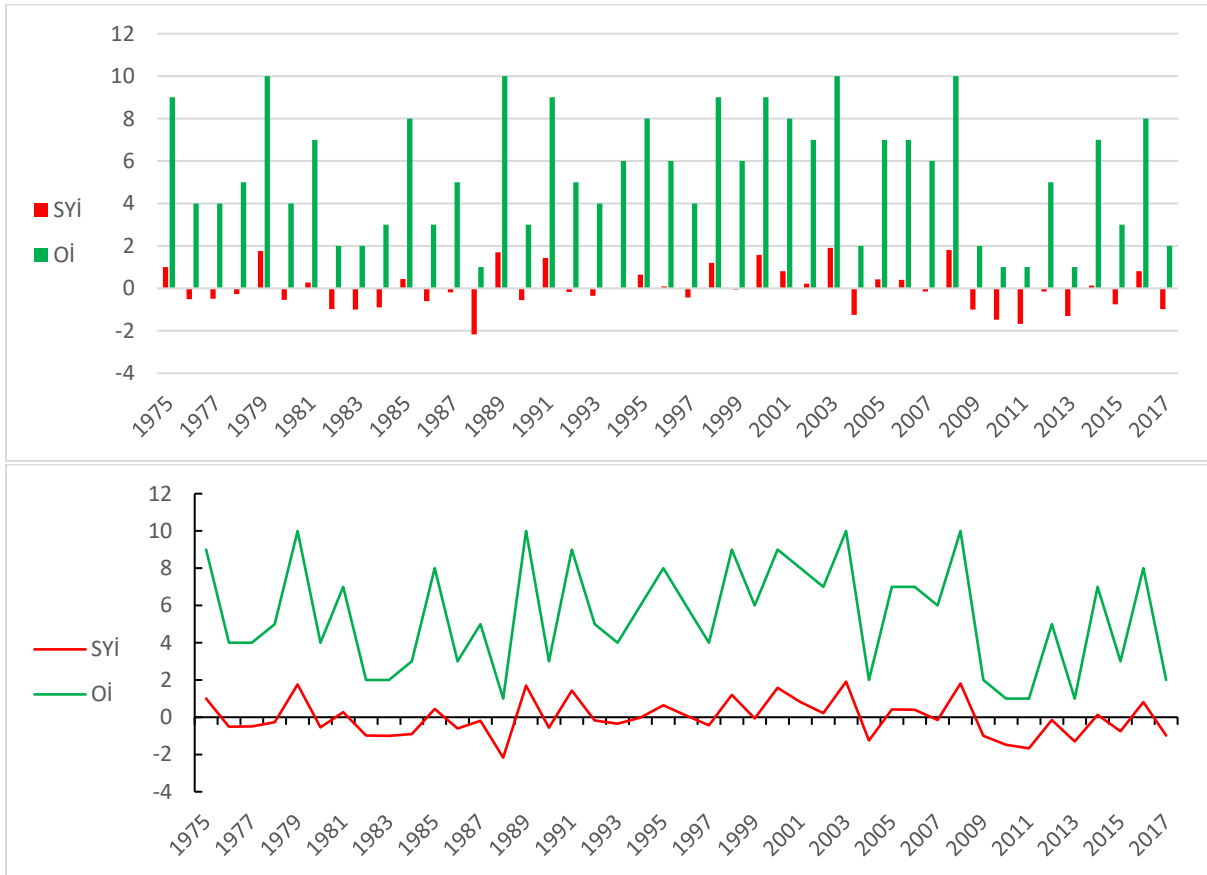


Şekil 4. Touggourt Meteoroloji İstasyonu verilerine göre aylık ortalama yağış ve sıcaklık dağılımı

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ve Ondalıklar İndeksi Yöntemleri ile Wadi Righ Bölgesi (Cezayir) Kuraklık Analizi

Çalışma alanının kuraklık analizleri Touggourt Meteoroloji İstasyonunun 1975-2018 yılları arasında ölçülmüş olan günlük toplam yağış (mm) değerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te verilen çizgisel ve sütun grafiklerde yıllara göre hesaplanmış SYİ ve Oİ değerleri sunulmuştur. SYİ yöntemi kullanılarak elde edilen kuraklık analiz sonuçlarına göre, 1989 yılı aşırı kurak dönem, 2012 yılı şiddetli kurak dönem olarak belirlenmişken 1984, 2005, 2010, 2011 ve 2014 yılları ise orta kuraklığın yaşandığı yıllar olarak belirlenmiştir. Bölgede 1975, 1976, 1992, 1999 yılları orta nemli yıllar olarak tespit edilmiştir. 1980, 1990, 2001, 2004 ve

2009 yılları ise çok nemli yıllardır. Diğer yıllar normal kuraklık sınıfı içerisinde yer almaktadır. Bu durum, SYİ'nin istatistiksel hesaplamalarında yağışa bağımlı olmasından kaynaklanmaktadır. SYİ, belirli bir dönem için yağışın tarihsel ortalama yağışa göre farkını belirlemeyi sağlar (McKee ve ark., 1993), ancak sıcaklık veya gerçek buharlaşma/transpirasyon etkilerini dikkate almaz (Zhai ve ark., 2010). Ayrıca, SYİ'deki yüksek yağış değişkenliği, orta derecede daha sık aşırı kuraklık oluşumunun nedeni olabilir (Edossa ve ark., 2010; Şener ve Şener, 2021).

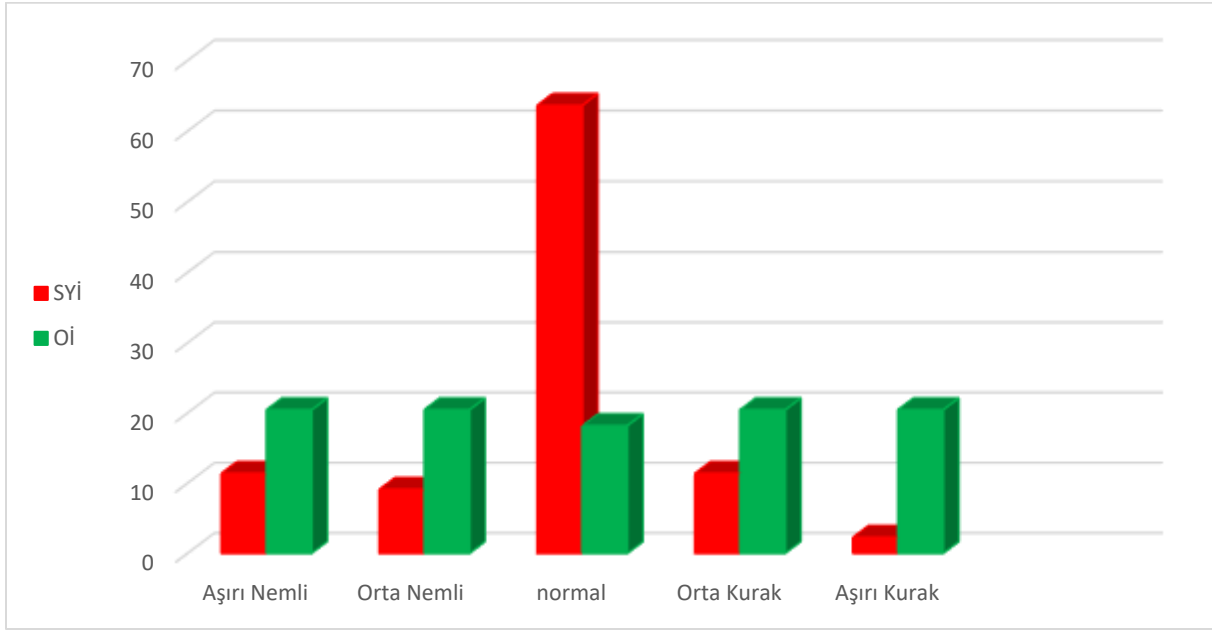


Şekil 5. Touggourt Meteoroloji İstasyonu yıllık zaman ölçeğinde SYİ ve Oİ kuraklık indeksleri

Oİ kullanılarak elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanında 1980'ler (1980–1989) kurak yılların hakim olduğu yıllardır. 1990'lar (1990–1999) orta derecede nemli bir on yıl olarak belirlenirken, 2000'ler (2000–2009) oldukça nemli bir on yıl olarak tespit edilmiştir. 2005 yılı yağışların diğer yıllara göre daha az olması nedeniyle normalin çok altında geçmiştir. Son olarak, son 8 yıldaki kuraklık eğilimi nedeniyle 2010–2018 yılları arası, diğer on yıllara kıyasla oldukça kurak geçmiştir (2013, 2015, 2016 ve 2017 yılları hariç) (normalin çok altında). Şekil 6'da verilmiş olan iki farklı indeks

yöntemine göre belirlenen kuraklık sınıflarının dağılımı incelendiğinde, Oİ yöntemi ile genel olarak birbirine yakın oranlarda kuraklık sınıfları izlenmektedir. SYİ yöntemine göre ise aşırı kurak dönemler oldukça düşüken, normal kuraklık sınıfı yoğun bir şekilde gözlenmektedir, yeterince uzun bir zaman serisi varsayımları altında, Oİ'ye dayalı bir kuraklık sınıflandırması, SYİ'dan elde edilen değerlere eşit derecede etkili ve benzer olabilir. Oİ kullanmanın en önemli avantajı, hesaplamasının daha kolay olması ve daha kolay anlaşılmasıdır (Vergni ve ark., 2021).

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ve Ondalıklar İndeksi Yöntemleri ile Wadi Righ Bölgesi (Cezayir) Kuraklık Analizi



Şekil 6. SYİ ve Oİ yöntemleri ile belirlenen kuraklık sınıflarının dağılımı

Çalışma alanında en şiddetli kuraklık dönemleri yetmişli yılların sonundan geçen yüzyılın seksenli yıllarına kadar olmuş ve 1982 yazından 1985 kışına kadar 3 yıldan fazla sürmüş, bir yıl öncesine kadar devam etmiştir. 1987 yazından 1989 baharına kadar daha az şiddette kuraklık gözlenmiştir (Tablo 3). Nemli dönemler

genellikle kış mevsiminde başlamaktadır. Bu mevsimde belirgin yağışlar nedeniyle 1990 kışından 1992 baharına kadar olan dönem nemli dönemler olarak belirlenmiştir. 1997 yazından 2004 baharına kadar olan dönem, bölgedeki en uzun ve nemin en yüksek olduğu dönemdir.

Tablo 3. Çalışma alanındaki maksimum kurak / nemli dönemler

	Dönem	Kuraklık/ nemli ay sayısı
Kurak dönemler	1976 baharından 1980 yazına	42
	1982 yazından 1985 kışına	42
	1987 yazından 1989 baharına	33
Nemli dönemler	1990 kışından 1992 baharına	15
	1997 yazından 2004 baharına	78

Tablo 4'te sunulan sonuçlara göre, Touggourt Meteoroloji İstasyonu için kurak ayların yüzdesi %47,22 olarak belirlenmiştir. Nemli ayların yüzdesi %37,26 olarak tahmin edilirken, 1992, 1994, 1999 ve 2004 yılları diğer

yıllara kıyasla yüksek oranda nem ile karakterize edilmiştir. 12 ayın yedi ayı nemli veya çok nemli olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca, en uzun nemli dönem, içinde bulunduğumuz yüzyılın başında 1997 yazından 2004 yazına kadar devam etmiştir.

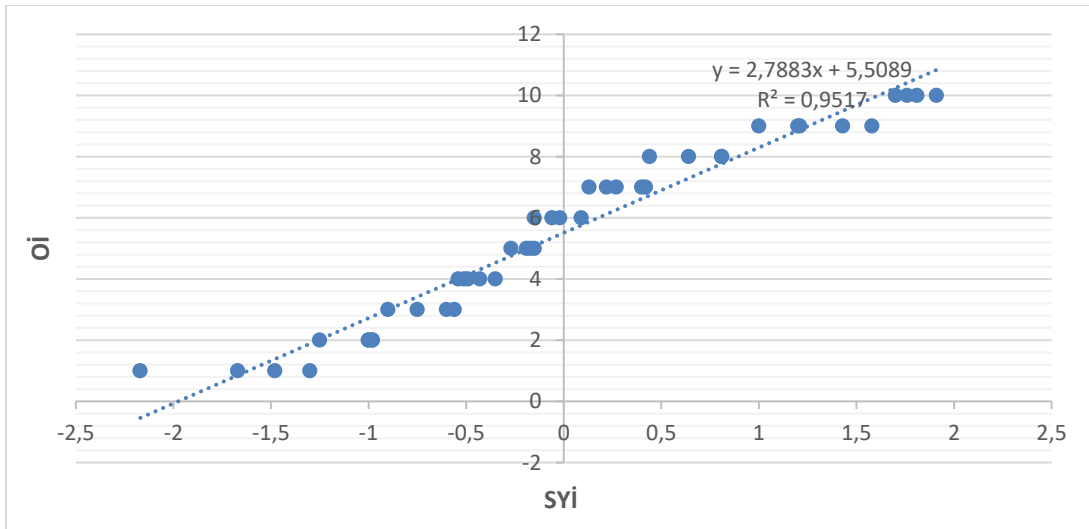
Tablo 4. Çalışma istasyonundaki kuraklık dönemlerinin ortalamaları

Kayıt uzunluğu (ay)	Kuraklık ay sayısı	Kuraklık aylar %	Kuraklık dönem sayısı	Nemli ay sayısı	Nemli aylar %
432	204	47,22	58	161	37.26

SYİ ve Oİ kuraklık indekslerinin karşılaştırması

Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonuna ait veriler kullanılarak SYİ ile Oİ yöntemleri ile yapılan kuraklık analizleri sonucunda elde edilen indeks değerleri arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi amacıyla lineer korelasyon analizi yapılmıştır, her bir indeksin yalnızca bir değişkene (yağış) bağımlı olması ve hesaplamalarında sadece bu değişkenin etkisinin bulunması sebebiyle, yalnızca bu iki indeksi bulunması nedeniyle, söz konusu Lineer korelasyon analizi en uygun olanıdır (Kumar ve Panu 1997; Gokmen 2021). Yapılan istatistiksel analize göre Touggourt Meteoroloji İstasyonu için belirlenen korelasyon katsayısı 0.9517 olarak belirlenmiştir. Buna göre SYİ ve Oİ indeks değerleri arasında çok yüksek pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7). Meteoroloji istasyonuna ait istatistiksel veriler incelendiğinde SPI ve OKI indeks değerlerinin özellikle ortalamalarının birbirlerine çok yakın olduğu ancak en büyük ve en küçük indeks değerleri arasında bir miktar değişim olduğu belirlenmiştir. Kuraklık analizlerinde birden fazla kuraklık indeks yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde genellikle farklı yöntemlerle benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir (Şener ve Davraz 2021; Şener ve Şener, 2021). Kuraklık analizlerinde birden fazla kuraklık indeks yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde genellikle farklı yöntemlerle benzer sonuçların elde edildiği

görülmektedir. Şener ve Şener (2021) tarafından Burdur Gölü havzasının kuraklık analizinin yapıldığı çalışmada SYI ve Çin Z indeksi (CZI) yöntemleri kullanılmıştır. Farklı zaman serilerinde yapılan analizler sonucunda 2019 yılında Burdur Gölü çevresi ile havzanın güneyinde orta ve hafif kuraklıklar tespit edilmiştir. Araştırmacılar, çalışmanın sonucunda her iki yöntemin R^2 değerlerinin oldukça yüksek (0,96-0,98) olduğunu ve birbirlerine çok yakın indeks değerlerinin hesaplandığını vurgulamaktadırlar. Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ve SYI yöntemlerinin kullanıldığı ve Bakanoğulları (2020) tarafından yapılan çalışmada yıllık SYI ve SPEI kuraklık indeksleri arasındaki determinasyon katsayısı (R^2) 0.977 olarak bulunmuştur. Şener ve Davraz (2021) tarafından yapılan çalışmada ise Isparta (Türkiye) ilinin kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Normal Yağışın Yüzdesi İndeksi (NYİ), Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYI) ve Yağış Anomali İndeksi (YAI), yöntemleri kullanılarak farklı zaman ölçeklerinde yapılan kuraklık analiz sonuçlarına göre, Isparta bölgesinde en son 2008-2009 yıllarında aşırı ve şiddetli kurak dönemlerin yaşandığı tespit edilmiştir. Yazarlar tarafından kullanılan üç farklı indeks yöntemleri ile hesaplanan indeks değerleri ve kuraklık sınıflamaları birbirine benzerdir.



Şekil 7. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonunda yıllık zaman ölçeğinde SYİ ve Oİ indeksleri arasındaki ilişki

SONUÇ

Kuraklık, insan sağlığı, ekonomi, çevre ve hatta eğitim dahil olmak üzere insan yaşamını birçok yönden etkileyen bir doğal afetdir. Tarım ve su kaynaklarının akılcı

ve sürdürülebilir bir şekilde yönetimlerinin sağlanmasında bölgesel kuraklık durumlarının izlenmesi son derece önemlidir. Bu çalışma kapsamında yağışların oldukça az olduğu ve genellikle çöl ikliminin hüküm sürdüğü Wadi Righ (Cezayir) bölgesindeki meteorolojik

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ve Ondalık İndeksi Yöntemleri ile Wadi Righ Bölgesi (Cezayir) Kuraklık Analizi

kuraklıkları izlemek ve analiz etmek için indeks yöntemleri kullanılmıştır. Standartlaştırılmış yağış indeksi ve ondalıklar indeksi yöntemleri kullanılarak yapılan yıllık zaman ölçeğindeki kuraklık analizleri, çalışma alanında bulunan Touggourt Meteoroloji İstasyonuna ait yağış verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her iki indeks yöntem ile elde edilen sonuçlara göre çalışma alanında 1980-1989 yılları arası ve 2010-2018 yılları arası genel olarak kurak dönemler olarak belirlenmiştir. SYİ yöntemine göre 1990-2004 yılları arasında normal ve nemli dönemler izlenmektedir. 1989 yılı ise her iki indeks yöntem ile aşırı kurak-şiddetli kurak bir yıl olarak belirlenmiştir. SYİ ile Oİ ile yapılan kuraklık analizleri sonucunda elde edilen indeks değerleri arasındaki ilişkilerin belirlenebilmesi amacıyla yapılan korelasyon analizine göre indeks değerleri arasındaki korelasyon katsayısı 0.9517 olup her iki indeks arasında çok yüksek pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Küresel iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini her geçen gün daha fazla hissettiğimiz günümüzde mevcut su kaynaklarımızın korunması ve doğru yönetilmesi, bununla ilişkili olarak tarım sektörünün sürdürülebilir yönetimi ve sosyoekonomik değişimlerin kontrol edilebilir olabilmesi için kuraklık analizlerinin yapılarak kuraklığın izlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması son derece önemlidir. Ayrıca, sunulan ve literatürde bulunan benzer çalışmalar da kuraklık analizi çalışmalarında uygulanan farklı indeks yöntemlerinin birbirine benzer sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu nedenle, mevcut ve/veya en kolay şekilde elde edilecek veriler kullanılarak yapılacak kuraklık analizleri ile genel olarak doğru ve kullanılabilir sonuçlar elde edilmesi mümkün olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Yönetimi Anabilim Dalında yapılmakta olan doktora tezinin bir ürünüdür.

KAYNAKLAR

- Agwata, J.F. (2014). A review of some indices used for drought studies. *Civ Environ Res* (6): 2224–5790.
- Alley, W. M. (1984). The Palmer drought severity index: limitations and assumptions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 23(7): 1100-1109.
- Azhdari, Z., Bazrafshan, O., Shekari, M., Zamani, H. (2020). Three-dimensional risk analysis of hydro-meteorological drought using a multivariate nonlinear index. *Theoretical and Applied Climatology*, (142): 1311–1327.
- Bakanoğulları, F. (2020). SPEI ve SPI indisleri kullanılarak İstanbul-Damlıca deresi havzasında kuraklık şiddetlerinin analizi. *Toprak Su Dergisi*, 9(1): 1-10
- Bazza, M., Kay, M. Knutson, C., (2018). Drought characteristics and management in North Africa and the Near East. *FAO Water Reports*, (45).
- Bel, F., Demargne, F. (1966). Etude géologique du continental terminal; DEC, ANRH, Alger, Algérie, 24 planches, 22s.
- Bel, F., Cuhe. D. (1969). Mise au point des connaissances sur la nappe du Complexe Terminal; ERESS; Ouargla. Algérie, 20s.
- Bel, F., Cuhe. D. (1970). Etude des nappes du Complexe Terminal du bas Sahara. Données géologiques et hydrogéologiques pour la construction du modèle mathématique. DHW., Ouargla.
- Benhaddya, M.L., Halis, Y. Hamdi-Aïssa, B. (2020). Assessment of heavy metals pollution in surface and groundwater systems in Oued Righ region (Algeria) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *African Journal of Aquatic Science*, 45(3): 269-284.
- Bettahar, A. Şener, Ş. (2022). Analysis of meteorological drought indices in the Wadi Righ area (southern Algeria). *Sustainable Water Resources Management*, 8(5): 152; DOI:10.1007/s40899-022-00740-y
- Bettahar, A., Nezli, I.E., Kechiched, R. (2017). Evolution and mineralization of water chemistry in the aquifer systems of the terminal complex of the Wadi Righ valley. *Energy Procedia*, (119): 318–324.
- Bouabdelli, S., Zeroual, A., Meddi, M., Djelloul, F., Alkama, R., (2020). Past and future drought in Northwestern Algeria: the Beni Bahdel Dam catchment. *Proceedings of IAHS (PIAHS)*, (383): 315–318.
- Busson, G. (1966). Le Mésozoïque saharien. 1ère partie : L'Extrême Sud-tunisien. Ed. Paris, C.N.R.S. Centre Rech. Zones Arides , Géol., 8, 194 s.
- Busson, G. (1970). Le Mésozoïque saharien. 2ème partie : Essai de synthèse des données des sondages Algéro-Tunisiens. Ed. Paris, C.N.R.S. Centre Rech. Zones Arides, Géol., 11, 811s.
- Busson, G. (1971). Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien (Principles, methods and results of a stratigraphic study of the Mesozoic Sahara). Ed. Paris, 464s.
- Castany, G. (1982). Hydrogéologie, Principes et Méthodes. Paris, Ed. Dunod, 237s.
- Choat, B., Jansen, S., Brodribb, T.J., Cochard, H., Delzon, S., Bhaskar, R., Bucci, S.J., Field, T.S., Gleason, S.M., Hacke, U.G., Jacobsen, A.L., Lens, F., Maherali, H., Martínez, V.J., Mayr, S., Mencuccini, M., Mitchell, P.J., Nardini, A., Pittermann, J., Pratt, R.B., Sperry, J.S., Westoby, M., Wright, I.J., Zanne, A.E. (2012). Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*, (491):752–755.
- Cornet, A. (1964). Introduction à l'hydrogéologie Saharienne. *Georg. Phys. et Géol. Dyn*, 61: 5–72.
- Dilley, M., Chen, R.S., Deichmann, U., Arthur, L., Lerner, L., Margaret, A., Agwe, J., Buys, P., Kjekstad, O., Bradiel, L., Yetman, G. (2005). *Natural disaster hotspots, a global risk analysis*. The World Bank. Hazard Management Unit, Washington.

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ve Ondalıklar İndeksi Yöntemleri ile Wadi Righ Bölgesi (Cezayir) Kuraklık Analizi

- Dubost., (1991). *Ecologie, Aménagement et développement Agricole des Oasis Algériennes*. Edition 2002, N Dépôt légal, 1092-2002.
- Edossa, D.C, Babel, M.S, Das, G.A. (2010). Drought analysis in the Awash river basin, Ethiopia. *Water Resour Manag*, (24) :1441–1460.
- Fabre, J. (1976). *Introduction A La Géologie Du Sahara d'Algérie Et Des Régions Voisines*. SNED, Alger, 421s.
- Gibbs, W.J., Maher, J.V. (1967). Rainfall deciles as drought indicators, Bureau of Meteorology Bulletin 48, Common wealth of Australia, Melbourne.
- Gokmen, T. (2021). Discrepancy precipitation index for monitoring meteorological drought. *Hydrol J*, 597:126174; DOI:10.1016/j.jhydr ol.2021.126174
- Habes, S., Djabri, L., Bettahar, A. (2016). Water quality in an arid weather area, case: groundwater of terminal complex and continental intercalary- Algerian southeast. *J Larhyss*, (28): 55–63.
- Hao, Z., AghaKouchak, A. (2013). Multivariate standardized drought index: a parametric multi-index model. *Advances in Water Resources*, (57):2-18.
- Heim Jr, R.R. (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8): 1149-1166.
- Kamalanandhini, M., Annadurai, R. (2021). Assessment of five meteorological indices for monitoring the drought condition in chengalpattu district, tamilnadu, india. *Materials Today: Proceedings*, (46): 3699-3703.
- Karl, T.R. (1983). Some spatial characteristics of drought duration in the United States. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 22(8):1356-1366.
- Karl, T.R. (1986). The sensitivity of the Palmer Drought Severity Index and Palmer's Z-index to their calibration coefficients including potential evapotranspiration. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 77-86.
- Karl, T., Quinlan, F., Ezell, D.S. (1987). Drought termination and amelioration: Its climatological probability. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 26(9): 1198-1209.
- Keyantash, J., Dracup, J.A. (2002). The Quantification of drought: An evaluation of drought indices. *Bulletin of the American Meteorological Society*, (83): 1167.
- Kumar, V., Panu, U., (1997). Predictive assessment of severity of agricultural droughts based on agro-climatic factors. *J Am Wat Res Assoc* (33): 1255–1264.
- Ladji H., Benrachdi, K., Djoumad, S. (2019) Analysis of climatic drought using drought indices in Algiers Region. *Algerian J Environ Sci Technol* (5): 2437–1114.
- Lohani, V.K., Loganathan, G.V. (1997). An early warning system for drought management using the Palmer Drought Index. *J Am Wat Res Assoc* (33): 1375–1386.
- Lohani, V.K., Loganathan, G.V., Mostaghimi, S. (1998). Long-term analysis and short-term forecasting of dry spells by Palmer Drought Severity Index. *Nord Hydrol* 29:21–40.
- Mahmoudi, P., Rigi, A., Miri Kamak, M. (2019). A comparative study of precipitation-based drought indices with the aim of selecting the best index for drought monitoring in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, (137): 3123-3138.
- Marengo, J.A., Borma, L.S., Rodríguez, D.A., Pinho, P., Soares, W.R. Alves, L.M. (2013). Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: vulnerabilities and human adaptation.
- Matari, A., Kerrouche, M., Bousid, H., Douguedroit, A., (1999) Sécheresse dans l'ouest algérien. *Géo Prodig* (12): 98–106.
- McKee, T., Doesken, N., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology* (22):179-184. Anaheim, California: American Meteorological Society.
- Meklati A (2009) Develop a drought response plan in the wilaya of Algiers. M'hamed Bougara Ünivertesi, Boumerdes.
- Mishra, A.K. and Singh, V.P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1-2): 202-216.
- Moghimi, M. M., Zarei, A. R. (2021). Evaluating performance and applicability of several drought indices in arid regions. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 57: 645-661.
- Morid, S., Smakhtin, V., Moghaddasi, M. (2006). Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *International Journal of Climatology*, (26): 971-985.
- Mukherjee, S., Mishra, A., Trenberth, K.E. (2018). Climate change and drought: a perspective on drought indices. *Current Climate Change Reports*, 4: 145-163.
- Passioura, J.B. (1996). Drought and drought tolerance. *Plant Growth Regulation*, 20: 79–83.
- Pramudya, Y., Onishi, T. (2018, March). Assessment of the standardized precipitation index (SPI) in Tegal City, Central Java, Indonesia. In IOP conference series: earth and environmental science (Vol. 129, No. 1, p. 012019). IOP Publishing.
- Reddy, A.R., Chaitanya, K.V., Vivekanandan, M. (2004). Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161: 1189–1202.
- Salehnia, N., Alizadeh, A., Sanaeinejad, H., Bannayan, M., Zarrin, A., Hoogenboom, G. (2017). Estimation of meteorological drought indices based on AgMERRA precipitation data and station-observed precipitation data. *Journal of Arid Land*, 9: 797-809.
- Shafer, B.A, Dezman, L.E. (1982) Development of a surface water supply index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. In: *Proceedings of the Western Snow Conference*, Fort Collins, CO. 164–175
- Smakhtin, V. U., Hughes, D. A. (2004). Review automated estimation and analysis of drought indices in South Asia. Working Paper 83, Colombo, SriLanka, International Water Management Institute. https://www.preventionweb.net/files/1869_VL102136.pdf
- Smith, D.I., Hutchinson, M.F., McArthur, R.J., (1993). Australian climatic and agricultural drought: Payments and policy. *Drought Network News*, 5 (3): 11-12.
- Şener, E., Davraz, A. (2021). Yağış tabanlı farklı indisler kullanılarak meteorolojik kuraklık analizi: Isparta örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(Ek (Suppl.) 1): 404-418.

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ve Ondalıklar İndeksi Yöntemleri ile Wadi Righ Bölgesi (Cezayir) Kuraklık Analizi

- Şener, E., Şener, Ş. (2021). SPI ve CZI kuraklık indislerinin CBS tabanlı zamansal ve konumsal karşılaştırması: Burdur Gölü Havzası örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1): 41-58.
- Terzi, Ö. Taylan, D. (2022). Meteorological drought estimation by wavelet-gene expression programming: Case study of Çanakkale, Türkiye. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13 (Ek Sayı:1): 361-369.
- Tirivarombo, S., Osupile, D., Eliasson, P. (2018). Drought monitoring and analysis: standardised precipitation evapotranspiration index (SPEI) and standardised precipitation index (SPI). *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 106, 1-10.
- Tsakiris, G., Nalbantis, I., Vangelis, H., Verbeiren, B., Huysmans, M., Tychon, B., Jacquemin, I., Canters, F., Vanderhaegen, S., Engelen, G., Poelmans, L., De Becker, P., Batelaan, O. (2013). A system-based paradigm of drought analysis for operational management. *Water Resources Management*, 27: 5281-5297.
- Tsakiris, G., Pangalou, D., Vangelis, H. (2007). Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI). *Water Resources Management*, 21(5): 821-833.
- Van Rooy, M.P., (1965) A rainfall anomaly index (RAI) independent of time and space. *Notos*, 14:43-48
- Vergni, L., Todisco, F., Di Lena, B. (2021). Evaluation of the similarity between drought indices by correlation analysis and Cohen's Kappa test in a Mediterranean area. *Natural Hazards*, 108(2): 2187-2209.
- Werick, W. J., Willeke, G. E., Guttman, N. B., Hosking, J. R. M., Wallis, J. R. (1994). *National drought atlas developed*.
- Wilhite, D.A., (2000). Drought as a natural hazard: concepts and definitions. Dagbegnon, C., Djebou, S. and Singh, V.P., 2016. Impact of climate change on the hydrologic cycle and implications for society. *Environment and Social Psychology*, 1(1).
- WMO (2016) Handbook of drought indicators and indices. Integrated drought management tools and guidelines Series 2.WMO- No. 1173, 21.Geneva.
- Zhai, J., Su, B., Krysanova, V., Vetter, T., Gao, C., Jiang, T., (2010). Spatial variation and trends in PDSI and SPI indices and their relation to streamflow in 10 large regions of China. *J Clim*, 23:649-663.
-