



Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 18.02.2024
Kabul Tarihi : 05.06.2024

Received Date : 18.02.2024
Accepted Date : 05.06.2024

ELAZIĞ'IN METEOROLOJİK VE TARIMSAL KURAKLIĞININ FARKLI KURAKLIK İNDİSLERİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF METEOROLOGICAL AND AGRICULTURAL DROUGHT IN ELAZIĞ USING DIFFERENT DROUGHT INDICES

Veysi KARTAL¹ (ORCID: 0000-0003-4671-1281)

¹ Siirt Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Siirt, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Veysi KARTAL, veysikartal@siirt.edu.tr

ÖZET

Su insan hayatı için elzem olduğu gibi yaşayan tüm canlılar için de bir ihtiyaçtır. Dolayısıyla, suyun varlığı yaşamın devamı için gereklidir. Bu bağlamda suyun varlığını ya da eksikliğini yani kuraklığı incelemek için kuraklık indisleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Sonuç olarak, nedeni veya etkisi ne olursa olsun sürekli değişen iklim, su açığının sınırını zorlamaktadır. Elazığ gölleri, akarsuları ve yeraltı suları olmak üzere çeşitli su kaynaklarına sahip ve Türkiye'nin tarımında (kayısı meyvesi üretimi) önemli bir şehirdir. Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu bölgesinde yer alan Elazığ'ın kuraklığını araştırmak için 1979-2022 yılları arasında 8 meteoroloji istasyonundan elde edilen uzun vadeli yağış, sıcaklık ve buharlaşma kayıtları kullanılmıştır. Mevcut çalışmada, kuraklığı değerlendirmek için aylık ve yıllık zaman periyodları kullanılarak meteorolojik kuraklık için Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) ve Keşif Kuraklık İndeksi (RDI), tarımsal kuraklık için ise Etkili Keşif Kuraklık İndeksi (eRDI) kullanılmıştır. Veri analizi için Sen eğimi ve Pettitt testi kullanılmıştır. Çalışma alanı boyunca kuraklık indis sonuçlarının neredeyse aynı olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Ağın ve Baskil ilçelerinin kuraklıkla karşı karşıya olduğu tespit edilmiştir. Mevcut çalışmada, meteorolojik ve tarımsal kuraklık için şiddetli kuraklık dönemler olmasına rağmen, genel olarak normal kuraklık seviyeleri gözlemlenmiştir. Ancak yine de bazı istasyonlarda aşırı kurak veya aşırı yağışlı dönemler de gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elazığ, kuraklık, SPI, RDI, eRDI

Abstract

Water is essential for both human life and all living creatures. For this reason, the presence of water is the key to survival. Drought indices are widely used to analyze the availability or lack of water. Climate change, regardless of its cause or effect, challenges the limit of water scarcity. Elazığ is an agricultural city in Türkiye with a variety of water resources including lakes, rivers and groundwater. This study employed long-term precipitation, temperature, and evaporation data from 8 meteorological stations between 1979 and 2022 to assess drought in Elazığ. Standardized Precipitation Index (SPI) and Reconnaissance Drought Index (RDI) for meteorological drought and the Effective Reconnaissance Drought Index (eRDI) for agricultural drought were used to assess drought using monthly, seasonal and annual scales. Sen slope and Pettitt test were used for data analysis. The results revealed that the drought results at monthly scales gave almost the same results. It was determined that especially Ağın and Baskil regions are facing drought. Although there were periods of severe drought for meteorological and agricultural drought, generally normal drought levels were observed. However, extreme dry or extreme wet periods were also observed at some stations.

Keywords: Elazığ, drought, SPI, RDI, eRDI

GİRİŞ

ToCite: KARTAL, V., (2024). ELAZIĞ'IN METEOROLOJİK VE TARIMSAL KURAKLIĞININ FARKLI KURAKLIK İNDİSLERİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(3), 938-962.

Günümüz iklim koşulları dikkate alındığında Türkiye'de küresel iklim değişikliğinin etkileri su kaynaklarının yanlış kullanımı veya azalması, sıcak hava dalgaları, kuraklık, sellerdeki artış ve tarımda verimliliğin düşmesi olarak kendini göstermektedir. Bunların başında ülkemizde yaşanan ve ileride de şiddetlenerek artacağı düşünülen kuraklık sıkıntısı gelmektedir. Kuraklık, sonuçları dikkate alındığında günümüzde yaşayan tüm varlıkların geleceğini tehdit eden en önemli küresel ve bölgesel çevre sorunlarının başında gelmektedir (WMO, 2023). Kuraklık, yağış miktarının uzun yıllar boyunca gerçekleşen yağışların ortalama değerinden daha az olması ile ortaya çıkan bir olaydır. Anadolu'nun yüksek ve dağlık bir bölgesi olan Doğu Anadolu Bölgesi, doğu-batı doğrultusunda uzanan dağlar ve bunların arasında kalan dağlar nedeniyle, bölgenin fiziki ve coğrafik açıdan zengin olmasına olanak sağlamıştır. Bu bölgede yüksek dağlar önemli birer otlak sahası iken aynı zamanda tektonik verimli tarım alanları yer almaktadır. Bu nedenle Doğu Anadolu Bölgesi Türkiye'nin tarım ve hayvancılık alanında etkili bir bölgedir. Mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar, kuraklığın tarımda verimliliği olumsuz etkilediğini ve hayvancılık için son derece önemli olan ot verimi ve otlakların verimini düşürdüğünü ortaya koymaktadır. Özellikle tarım ve hayvancılığı büyük ölçüde etkileyen kuraklığın incelenmesi, kurak olan dönemlerin tespiti ve bu bağlamda alınacak tedbirler büyük önem arz etmektedir. Kuraklık, sadece insan ve yaşayan canlı hayatı için değil aynı zamanda gıda ve tarım ürünlerinin üretiminde karşılaşılan en büyük zorluklardan biridir. Kuraklığın nedeni ne olursa olsun, sürekli değişen iklim, su mevcudiyeti konusunda ciddi endişelere yol açmaktadır. Bu nedenle, su ve gıda bağları arasındaki bağlantılar dünya çapında giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Türkiye de su kıtlığı konusunda ciddi endişeleri olan ülkeler arasında yer almaktadır (Sokollu, 2014). Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Elazığ, gölleri, akarsuları ve yeraltı suyu rezervleri dahil olmak üzere su kaynakları açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Gerek ovaları gerekse tarıma elverişli alanları tarım alanında öncü olmasına özellikle kayısı meyvesinin üretiminde çok önemli bir paya sahiptir. Bun nedenle geçmişte meydana gelen kuraklık olaylarının ölçülmesi ve değerlendirilmesi bölgenin planlanması ve kalkınmasında büyük önem taşımaktadır. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI), Etkili Kuraklık İndeksi (EDI), Ondalık İndeks (DI), Yüzde Normal (PNI), Kuraklık Alan İndeksi (DAI), Palmer Kuraklık Şiddet İndeksi (PDSI), Çin-Z İndeksi (CZI) ve yeni geliştirilen Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) kuraklık değerlendirmesinde kullanılan değerlendirme araçları arasında yer alırken, bu kuraklık indekslerinin yönlerini araştırmak için çok sayıda çalışma yapılmıştır (Bakanoğulları, 2020; Batan, 2021; Dikici, 2018; Dikici ve Aksel, 2021; Katipoğlu vd., 2020; Katipoğlu ve Acar, 2021; Katipoğlu ve Sarıgöl, 2023; Mersin, Gulmez, vd., 2022; Şener ve Davraz, 2021; Yüce vd., 2022).

Yacoub ve Tayfur (Yacoub ve Tayfur, 2017) yağış veri verilerini kullanarak Moritanya'nın Trarza bölgesindeki kuraklığı değerlendirmiştir. Araştırmacılar, normal Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (normal-SPI), log normal Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (log-SPI) ve Gamma-SPI, Yüzde Normal (PNI), Çin-Z indeksi (CZI) Standartlaştırılmış Yağış İndeksi kullanılırken, kuraklık durumunun belirlenmesi için 1, 3, 6 ve 12 aylık zaman dilimleri dikkate alınmıştır. Keşif Kuraklık İndeksi (RDI), yaygın olarak kullanılan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) ile doğrudan karşılaştırılabilen ancak su dengesi koşullarını daha iyi temsil eden yeni bir meteorolojik kuraklık indeksidir (Tsakiris ve Vangelis, 2005). Keşif Kuraklık İndeksi, yağışa ek olarak potansiyel evapotranspirasyon verilerini de kullanır. Pashiardis ve Michaelides (2008) çalışmalarında Kıbrıs adasının tamamında bulunan yağış istasyonlarından elde ettikleri verileri RDI ve SPI indekslerini kullanarak kuraklığın şiddetini, süresini ve mekansal yayılımını hesaplamışlardır. Yürekli vd. (2010) çalışmalarında Karaman ilinin kuraklığını SPI ve RDI indekslerini kullanarak kuraklığı analiz etmişlerdir. Dabanlı vd. (2017) Türkiye'deki uzun dönemli kaydedilmiş verileri kullanarak bir kuraklık çalışması yapmıştır. Karaer ve Gültaş (2018) Bilecik ilinde 1, 3, 6, 12, 24 aylık periyotlarda SPI indeksini kullanarak kuraklık analizi yapılmıştır. Çelik (2019) Akdeniz için meteorolojik verileri kullanarak mevsimsel SPI kuraklık analizi yapmıştır. Katipoğlu vd. (2020) kuraklığı incelemek için beş farklı kuraklık indeksini karşılaştırarak kuraklığın analizinde en etkili kuraklık indeksini belirlemişlerdir. Kuraklık ile ilgili yaptıkları analizlerde, 1966- 2017 yılları için SPI-1, SPI-3, SPI-6 VE SPI-12, İstatistiksel Z-Skor İndeksi (ZSI), Yağış Anomali İndeksi (RAI), Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) ve Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) kullanmışlardır. Yağış tabanlı SPI ile ZSI'nin, yağış ve sıcaklık tabanlı SPEI ile RDI'nin birbirine benzer özellikler taşıdığı RAI indeksinin ise aşırı kurak ve yağışlı dönemlerin belirlenmesinde ZSI, SPEI, RDI'e göre daha etkili olduğu görülmüştür. Topçu ve Seçkin (2022) yaptıkları çalışmada RDI indeksiyle Asi, Ceyhan, Seyhan, Doğu Akdeniz havzalarını içine alan bölgede 35 istasyonun verilerini kullanarak kuraklık analizi yapmışlardır. Aktürk vd. (2022) Kırıkkale ilinde SPI ve SPEI yöntemlerini kullanarak kuraklık analizi yapmışlardır. Topçu vd. (2022) Doğu Akdeniz, Seyhan, Ceyhan ve Asi Havzalarında meteorolojik kuraklığı incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çalışma bölgesi genelinde şiddetli bir kuraklık oluşumunun hakim olmadığını, ancak bazı istasyonlarda aşırı kuraklık olaylarının meydana geldiği tespit edilmiştir.

Sarış ve Gedik (2021) Konya Kapalı Havzasındaki meteorolojik kuraklık durumunu farklı zaman ölçekleri için SPI ile analiz etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, Konya, Kulu ve Karapınar en fazla kurak yıl sayısına sahip olduğu tespit

etmişlerdir. Öztürk ve Ünlü (2022) Türkiye’de yapılan kuraklık çalışmaları ile ilgili bir derleme çalışması yapmışlardır. Varol vd. (2023) Yukarı Sakarya Havzası kuraklığı incelemek için Kopula tabanlı çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indeksi (MSDI) ve Standartlaştırılmış Akış İndeksi (SRI) kullanmışlardır. Bu çalışmada 1, 3, 6 ve 12 ay zaman ölçekleri için modellemeden elde edilen MSDI değerlerinin SRI değerlerine kıyasla SPEI değerlerine daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Tüm veriler dikkate alındığında, 6 aylık ölçekte 2007 ve 2016 yıllarının havza için en kurak yıllar olduğu, 12 aylık ölçekte ise 2016 ve 2021 yıllarının en kurak yıllar olduğu tespit edilmiştir. Pekpostalci vd. (2023) Akdeniz Bölgesindeki meteorolojik kuraklığı incelemek için, bulanık c-ortalamlar kümelemesi (FCM) ve yenilikçi eğilim analizi (ITA) kullanmışlardır. Kartal (2023) Elazığ için farklı test ve analizler yaparak Elazığ için bir meteorolojik kuraklık çalışması yürütmüştür. Yapılan bu çalışmada meteorolojik kuraklık dikkate alınarak Elazığ’ın kuraklık durumu araştırılmıştır. Elazığ için tüm zaman ölçeklerinde özellikle 2000 yılı ve sonrasında kurak dönemlerin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, Kartal (2023)’ün çalışmasında yağış verilerinde azalma eğilimi tespit edilirken, sıcaklık ve buharlaşma verilerinde ise artış eğilimi tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Aydın (2023) Elazığ ili için bir yağış trend analizi gerçekleştirmiştir. Bu çalışma sonucunda, Keban istasyonunda ilkbahar mevsimi yağış değerlerinde, Palu istasyonunda ise kış mevsimi yağış değerlerinde Mann-Kendall, Şen’in Yenilikçi Trend Analizi ve Spearman-Rho testlerine göre azalan yönde bir trend olduğu saptanmıştır. Elazığ ili önemli yer altı ve yer üstü su kaynaklarına sahip olmakla birlikte aynı zamanda Türkiye kayısı üretiminde önemli yer tutmaktadır. Bu nedenle Elazığ için sadece meteorolojik kuraklık değil aynı zamanda tarımsal kuraklığın da incelenmesi gerekmektedir. Sonuç olarak, özellikle Elazığ il ve ilçelerinde tarımsal kuraklığın incelenmesi, önemli bir kayısı üretim yeri olan Elazığ için faydalı olacaktır.

Bu çalışma, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Elazığ'da 1979-2022 yılları arasında meydana gelen kuraklıkları, kuraklık için kullanılan farklı indekslerin davranışlarını gözlemleyerek ve indekslerden elde edilen sonuçları karşılaştırarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bunun için, Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından önerilen metodoloji ve yaklaşımlar bölgedeki kuraklık modellerini değerlendirmek için kullanılmıştır. Elazığ il ve ilçeleri için meteorolojik kuraklığın (SPI ve RDI) yanı sıra tarımsal kuraklığın (eRDI) zamansal davranışı da incelenmiştir, zira bu konu ile ilgili bilgi eksikliği mevcuttur. Bu nedenle, bu çalışma en güncel veri kayıtları ve çalışma alanı içerisinde yer alan toplam 8 meteoroloji istasyonunun veri seti ile gerçekleştirilmiştir. Bunu yapmak için bu çalışmada, meteorolojik kuraklık (Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI)) ve Keşif Kuraklık İndeksi (RDI)) ve tarımsal kuraklık (Etkili Keşif Kuraklık İndeksi (eRDI)) indisleri kullanılarak Elazığ il ve ilçeleri için tarımsal ve meteorolojik kuraklığın tarihsel değişimi irdelenmiştir. Bu kuraklık indisleri, aylık, mevsimlik, dönemlik ve yıllık periyodlar için hesaplanarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, mevcut çalışmada kullanılan verilerin homojen olup olmadığı tespit etmek için Pettitt testi analizi de yapılmıştır.

ÇALIŞMA ALANI VE VERİ

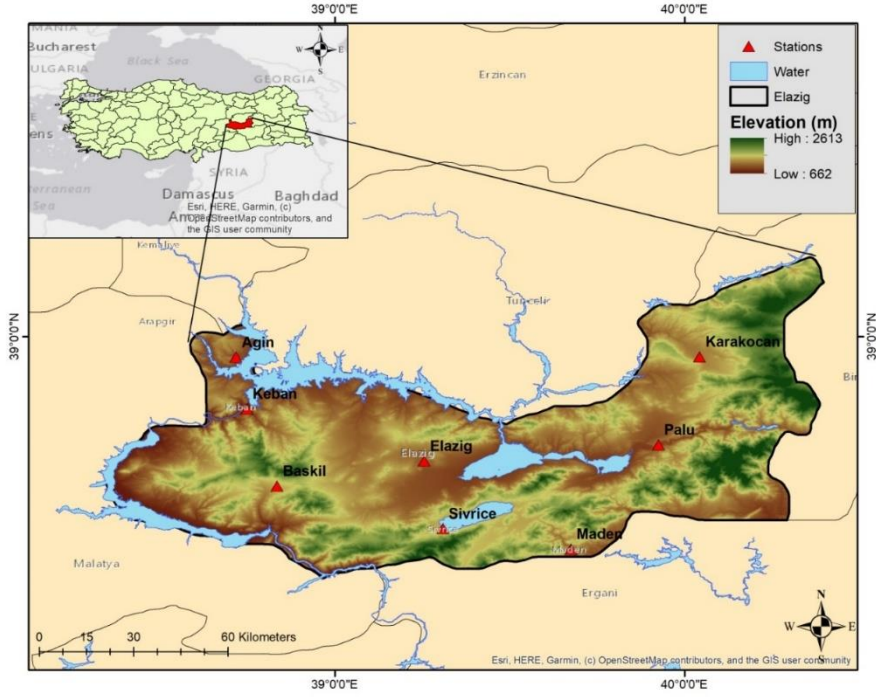
Elazığ ili, Doğu Anadolu Bölgesinin güneybatısında, Yukarı Fırat Bölümünde yer almaktadır. 9153 km²'i bulan yüzölçümü ile Türkiye topraklarının %0.12' sini oluşturmaktadır. 40°0'21'' ile 38°0'30'' doğu boylamları, 38°0'17'' ile 39°0'11'' kuzey enlemleri arasında kalan İl, doğudan Bingöl, kuzeyden (Keban Baraj Gölü aracılığı ile) Tunceli, batı ve güney batıdan (Karakaya Baraj Gölü aracılığıyla) Malatya, güneyden ise Diyarbakır illerinin arazileri ile çevrilidir. Bu kapsamda meteoroloji istasyonlarının sıcaklık (maksimum, ortalama ve minimum) ve yağış değerleri kullanılmıştır (Elazığ Valiliği Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2022).

Bu çalışmada 8 meteoroloji istasyonunun 1979-2022 yılları arasındaki yağış ve sıcaklık (maksimum, ortalama ve minimum) ve buharlaşma verileri kullanılmıştır. Bu verileri kullanarak zaman serilerinin istatistiksel özellikleri belirlenmiştir. Bu verilerle ilgili istatistiksel bilgiler Tablo 2'de gösterilmiştir.

METOT VE MATERYAL

Veri Analizi

Sıcaklık verileri günlük ortalama, günlük maksimum ve günlük minimum formatında ve yağış verileri ise günlük toplam yağış formatında Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu çalışmada, homojenlik yöntemi kullanılarak eksik veriler tamamlanmış ve ardından zaman serileri aylık formata dönüştürülmüştür. SPI, RDI ve eRDI değerleri kuraklık indekslerine dayalı bir kuraklık analiz programı olan DrinC (Drought Indices Calculator) kullanılarak hesaplanmıştır. DrinC yazılım programı, Atina Ulusal Teknik Üniversitesi Doğal Tehlikeleri Değerlendirme ve Proaktif Planlama Merkezi ile Islah ve Su Kaynakları Yönetimi Laboratuvarı'nda geliştirilmiştir (Tigkas vd., 2013).



Şekil 1. Çalışma Alanı

Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI)

Meteorolojik kuraklığın hesaplanmasında sadece yağış verilerini kullanan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) McKee vd. (1993) tarafından geliştirilmiştir. SPI değerinin hesabı aşağıda verilmiştir (McKee vd., 1993).

$$g(x) = \frac{p^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \quad (1)$$

$$T(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{(\alpha-1)} e^{-y} dy \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{1}{4} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (4)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(\bar{x})}{n} \quad (5)$$

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

Burada α şekil parametresi, β ölçek parametresi, P yağış miktarı, \bar{x} aritmetik ortalama T entegrasyona göre Gama fonksiyonudur ve n gözlem sayısıdır. q sıfır olasılığdır ve G(x) istenen ay ve zaman ölçeği için kümülatif dağılımdır. Kümülatif dağılım H(x) daha sonra SPI değerini temsil eden standart normal rastgele değişken Z'ye dönüştürülür (Tsakiris vd., 2007).

SPI'e kuraklık sınıflandırılması Tablo 1'de verilmiştir. SPI değerinin sıfırın altında ve üstünde olduğu dönemler sırasıyla kurak ve yağışlı dönemler olarak tanımlanır. SPI değerlerinin, sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu "kurak dönem" olarak tanımlanır. SPI'nin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indisin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir.

Keşif Kuraklık İndeksi (RDI)

Keşif Kuraklık İndeksi “bir su kaynağı sisteminde girdi verileri ile çıktı verileri arasındaki dengeyi gözeterek, sistemdeki su eksikliği hakkında diğer kuraklık indekslerine kıyasla daha doğru bir yaklaşım sunmak için geliştirilmiştir. Keşif Kuraklık İndeksi, ölçülen yağışlar ve hesaplanan evapotranspirasyonu esas alarak, başlangıç, normalize edilmiş (ortalamaya bölünmüş) ve standartlaştırılmış (standart sapmaya bölünmüş) değerler olmak üzere” üç farklı sonuç ifade etmektedir. Sonuç olarak; elde edilen indis değerleri, Standartlaştırılmış Yağış İndeksinin indis değerleri ile benzerdir bu yüzden iki indeksin sonuçları karşılaştırılabilir. RDI yönteminde indis değerlerinin hesap edilmesi için girdi parametresi olarak aylık ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık verileri ve yağış değerleri kullanılmaktadır. RDI olarak adlandırılan Keşif Kuraklık İndeksinde üç farklı sonuç Denklem (7), (8) ve (9)’te görüldüğü gibi hesaplanmaktadır. Keşif Kuraklık İndeksinin başlangıç değeri $\alpha_k^{(i)}$, ele alınan bir yıl (i) için ve aylık (k) zaman ölçeğine göre şu şekilde hesaplanabilir (Tsakiris vd., 2007).

$$\alpha_k^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^k P_{ij}}{\sum_{j=1}^k PET_{ij}} \quad i = 1 \dots N \quad (7)$$

Denklemden bulunan P_{ij} ve PET_{ij} i yılının ve j ayının yağış ve hesaplanan (potansiyel) evapotranspirasyonu ve N ise sahip olunan verilerin toplamındaki kaç yıla ait olduğunu ifade etmektedir (Tigkas, 2008; Tigkas vd., 2017). İkinci bir ifade olan Normalleştirilmiş RDI (RDI_n), her yıl için aşağıdaki Denklem (3) kullanılarak hesaplanır. Denklemden bulunan $\bar{\alpha}_k$ parametresi, N yıllık veri için hesaplanan α_k^i değerlerinin aritmetik ortalamasıdır (Tsakiris vd., 2007).

$$RDI_n^i = \frac{\alpha_k^i}{\bar{\alpha}_k} - 1 \quad (8)$$

$\bar{\alpha}_k$ α_k^i 'nin aritmetik ortalamasıdır.

Diğer bir ifade ile Standartlaştırılmış RDI (RDI_{st}), SPI'nin hesaplanması için kullanılan benzer bir yol izlenerek hesaplanır. Standartlaştırılmış RDI için ifade şöyledir (Tsakiris vd., 2007):

$$RDI_{st}^{(i)} = \frac{y^i - \bar{y}}{S_x} \quad (9)$$

Burada $y^i = \ln(\alpha_k^{(i)})$, \bar{y} , aritmetik ortalama ve S_x ise standart sapmayı ifade eder (Tsakiris vd., 2007).

RDI ve SPI ile elde edilen kuraklık indis değerleri aynı kuraklık sınıflandırmasına tabidir (Tsakiris vd., 2007). RDI yönteminde kullanılan kuraklık sınıfları ve aralıkları aşağıda verilmiştir (Tablo 1).

Birçok araştırma α_k değerlerinin hem ln hem de gama dağılımı değerlerini takip ettiğini göstermiştir, ancak çoğu durumda gama dağılımının daha başarılı olduğu kanıtlanmıştır (Tsakiris vd., 2008; Tsakiris ve Vangelis, 2005). Bu nedenle, RDI_{st} 'in hesaplanması, verilen α_k frekans dağılımına gama olasılık yoğunluk fonksiyonunun uydurulmasıyla daha iyi gerçekleştirilebilir. Gama dağılımı, frekans veya olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanır:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \times e^{-\frac{x}{\beta}}, \quad x > 0 \quad (10)$$

Etkili Keşif Kuraklık İndeksi (eRDI)

Tarımsal kuraklık için kullanılan Etkili Keşif Kuraklık İndeksi (eRDI), RDI indeksine benzer olmasına rağmen bu indekste RDI’de kullanılan toplam yağışın yerini etkili yağış (P_e) almaktadır. Bu indekste eRDI indeksi ($\alpha_{ek}^{(i)}$), aşağıdaki gibi elde edilmektedir (Tigkas vd., 2016) :

$$\alpha_{ek}^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^k P_{ej}}{\sum_{j=1}^k PET_{ij}} \quad i = 1 \dots N \quad (11)$$

Burada P_{ej} efektif yağış ve PET_{ij} potansiyel evapotranspirasyon değeridir. Gama fonksiyonu $x=0$ için tanımlanmadığından ve yağış sıfır olabileceğinden, kümülatif olasılık olur (Rassoul vd., 2019):

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (12)$$

Burada q sıfır yağış olasılığı ve $G(x)$ eksik gama fonksiyonunun kümülatif olasılığıdır. Eğer m bir α_k zaman ölçeğindeki sıfır sayısı ise, q şu şekilde tahmin edilebilir (m/n). RDI ve eRDI kuraklık sınıflandırması benzerdir (Rassoul vd., 2019).

Etkili Yağış Hesabı

Her bilim dalı veya farklı araştırma hedefleri, etkili yağış (P_e) kavramı için farklı yorumlara sahip olabilir (Tigkas vd., 2016). Tigkas vd. (2016) tarımsal kuraklığı değerlendirmek için eRDI'yi önermiştir. Mevcut çalışmada da tarımsal kuraklığı temsil eden etkili yağış tanımı dikkate alınmıştır. Dolayısıyla, efektif yağış, mahsulün su ihtiyacını doğrudan karşılayan yağış yüzdesidir (Rahman vd., 2008). Bu çalışmada, efektif yağışı hesaplamak için ABD İslah Bürosu yöntemi (USBR) kullanılmıştır (Stamm, 1967). Ayrıca, bu yöntem genellikle kurak veya yarı kurak bölgeler için önerilmektedir (Tigkas vd., 2016, 2019).

$$\left\{ \begin{array}{l} P_e = \left(\frac{P \times (125 - (0.2 \times P))}{125} \right) \quad P \leq 250 \text{ mm} \\ P_e = (0.1 \times P) + 125 \quad P > 250 \text{ mm} \end{array} \right. \quad (13)$$

Burada P_e etkili yağışı, P ise toplam yağışı temsil etmektedir.

Tablo 1. RDI, eRDI ve SPI için Kuraklık Sınıflandırılması (Barua vd., 2011)

Sınıflandırma	Aralık
Olağan üstü yağışlı	değer ≥ 2.00
Şiddetli yağışlı	$1.50 \leq \text{değer} < 2.00$
Ilıman (orta) yağışlı	$1.00 \leq \text{değer} < 1.50$
Normal	$-1.00 \leq \text{değer} < 1.00$
Ilıman kurak	$-1.50 \leq \text{değer} < -1.00$
Şiddetli kurak	$-2.00 \leq \text{değer} < -1.50$
Çok şiddetli kurak	değer ≤ -2.00

Pettitt Testi (PT)

Tartışmalı veriler içeren hidro-meteorolojik zaman serilerinde tek bir değişim noktasını belirlemek için Pettitt testi kullanılabilir. $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, olmak üzere n gerçeklemeli bir zaman serisi için değişim noktasının zamanı m olsun. Örneğin $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, ve $\{X_{m+1}, X_{m+2}, \dots, X_n\}$ zaman serilerini göz önünde bulundurulduğunda, test istatistiği zaman serisini m zamanına bölünerek elde edilir.

Test istatistiği U_m şu şekilde yazılabilir (Chen vd., 2009).

$$U_m = \sum_{i=1}^m \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_i - x_j) \quad (14)$$

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases} \quad (15)$$

Daha sonra, $|U_t|$ t zamanında ana değişim noktası olarak kabul edilir. Böylece, dönüm noktası için yaklaşık önemli değişim olasılığı $P(t)$ ile verilir:

$$P(t) = 1 - e^{-\frac{6U_t^2}{n^3 + n^2}} \quad (16)$$

Değişim noktası, yaklaşık olasılık $(1-\alpha)$ değerini aştığında istatistiksel olarak önemli olan α seviyesidir.

Sen Eğilim Metodu

Sen (1968) tarafından geliştirilen ve bir trendin büyüklüğünü (eğimini) belirlemek için kullanılan parametrik olmayan bir testtir. Bu yöntem, büyük veri hatalarından veya aykırı değerlerden etkilenmeyen yapısıyla, verilerin zaman serisinde doğrusal bir eğilim varsa birim zamandaki değişimi hesaplamak için uygulanır (Yu vd., 1993). Doğrusal zaman serilerinin gerçek eğimi (birim zamandaki değişim) eğilimi Sen (1968) tarafından belirlenmiştir.

$$F(x) = ax + b \quad (17)$$

Burada $f(t)$ doğrusal eğilim fonksiyonudur, a ve b ise sırasıyla denklemin eğimi ve sabitidir. Bu yöntem trendin büyüklüğünü aşağıdaki gibi tahmin eder (Adnan vd., 2018; Mersin, Tayfur, vd., 2022):

$$\beta = \text{median} \left(\frac{x_i - x_j}{t_i - t_j} \right) \quad (18)$$

Burada x_i ve x_j sırasıyla t_i ve t_j zamanındaki veri değerleridir ($i > j$). β ise trendin büyüklüğünü gösterir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Elazığ İçin İklim Verisi Analizi

Mevcut çalışmada Elazığ için aylık sıcaklık (ortalama) ve yağış verileri 1979-2022 yılları için Sen eğimi ve Pettitt testi uygulanarak veriler analiz edilmiş ve Tablo 2'te gösterilmiştir. Yağış verilerinde %95 güven aralığında bütün meteorolojik istasyonları için azalma eğilimi tespit edilirken, aynı şekilde ortalama sıcaklık için bütün istasyonlarda artış eğilimi tespit edilmiştir. Bu eğilimler Sen'in eğim yöntemi ile de değerlendirilmiştir.

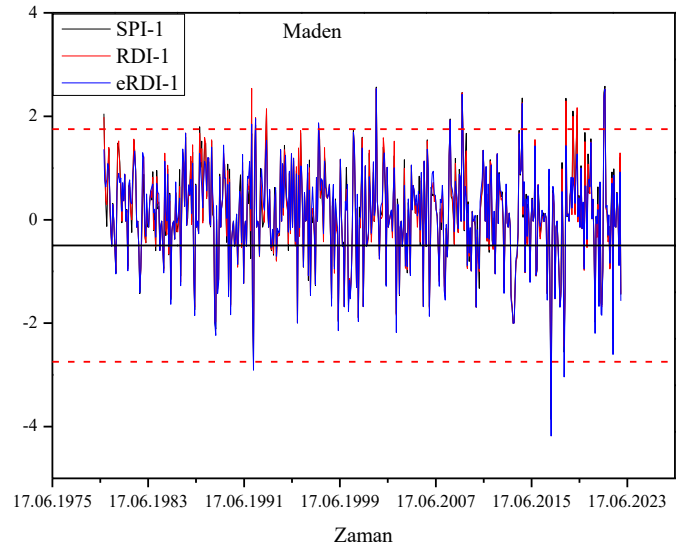
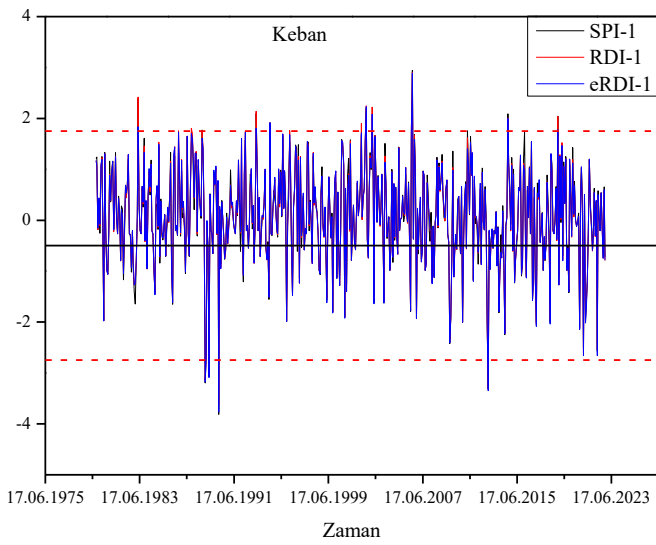
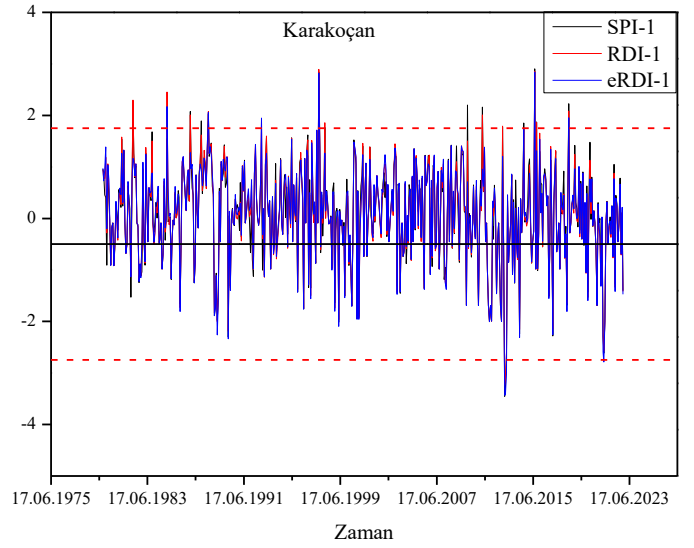
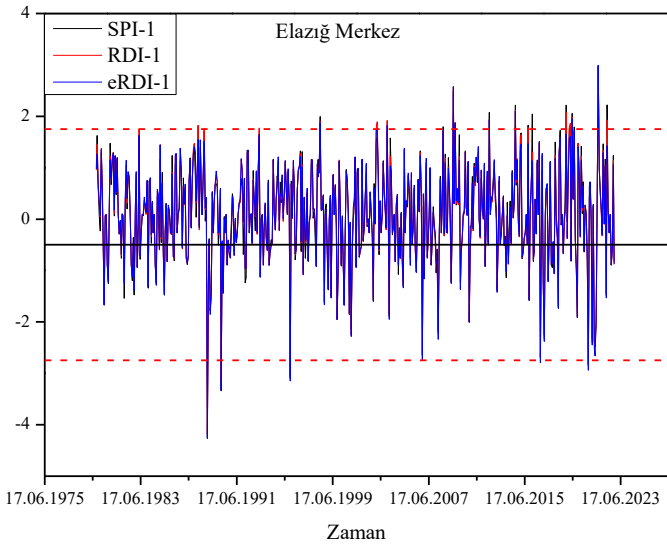
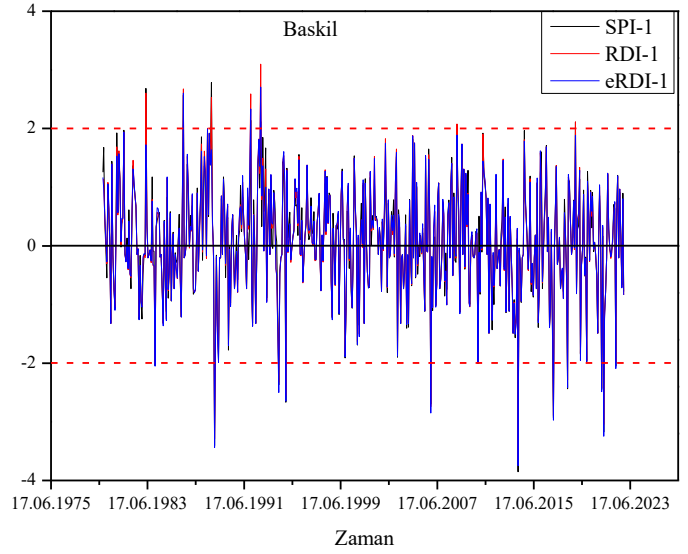
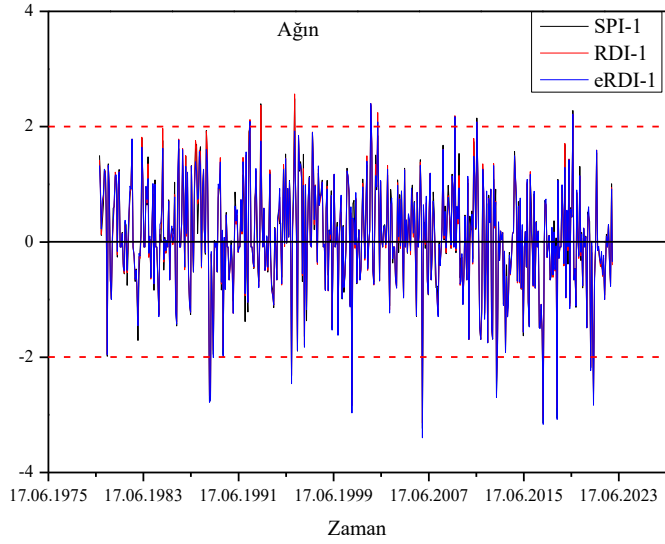
Tablo 2 Elazığ İl ve İlçeleri için Sen Eğimi ve Pettitt Testi Sonuçları

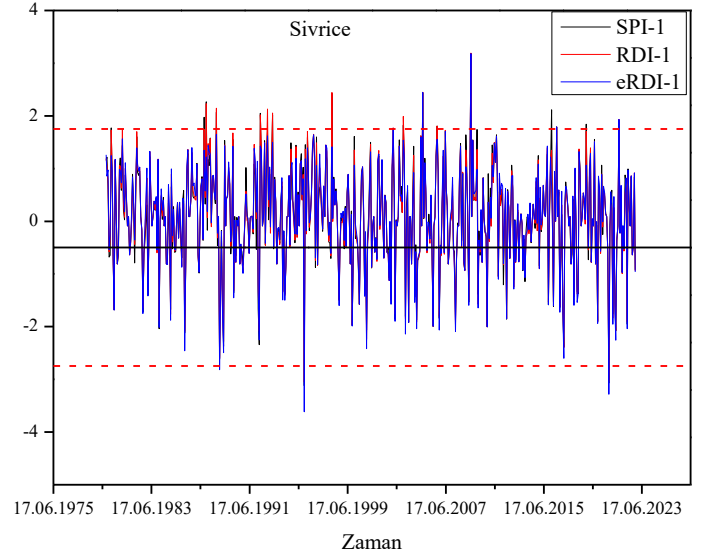
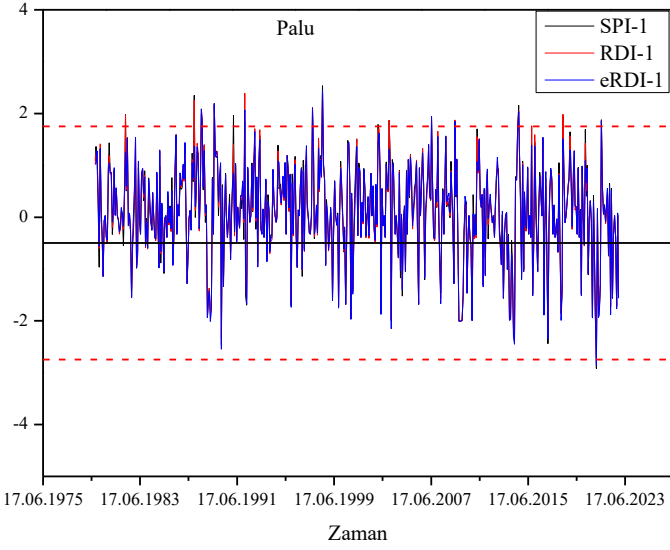
İstasyon adı	Yağış (mm)					Ortalama sıcaklık (°C)				
	Maks.	Ort.	Std. sapma	Sen Eğimi	Pettitt	Maks.	Ort.	Std. sapma	Sen Eğimi	Pettitt
Ağın	174,3	39,382	37,732	-0,014	0,072	31,106	14,421	9,652	0,004	0,713
Baskil	208,1	33,983	31,747	-0,008	0,492	28,232	11,948	9,492	0,003	0,871
Elazığ Merkez	160,5	33,440	31,591	-0,0002	0,015	29,600	13,407	9,763	0,005	0,410
Karakoçan	284,5	51,073	48,098	-0,015	0,091	27,713	11,246	9,915	0,003	0,942
Keban	174,4	28,927	27,861	-0,005	0,412	31,716	15,129	9,665	0,004	0,821
Maden	474,6	67,491	73,948	-0,009	0,787	31,519	14,531	9,801	0,004	0,932
Palu	223,9	41,631	41,320	-0,009	0,115	29,855	13,994	9,811	0,004	0,96
Sivrice	287,0	48,195	48,259	-0,004	0,735	27,874	12,305	9,380	0,004	0,889

Burada; Pettitt testi için elde edilen p değeri eğer 0.05 önem seviyesinden büyükse verilerin homojen olduğunu göstermektedir. Tablodan anlaşılacağı üzere elde edilen Elazığ merkez istasyon hariç bütün istasyonlar için elde edilen p değerleri 0.05'ten büyük olduğundan veriler homojen olarak dağılmıştır.

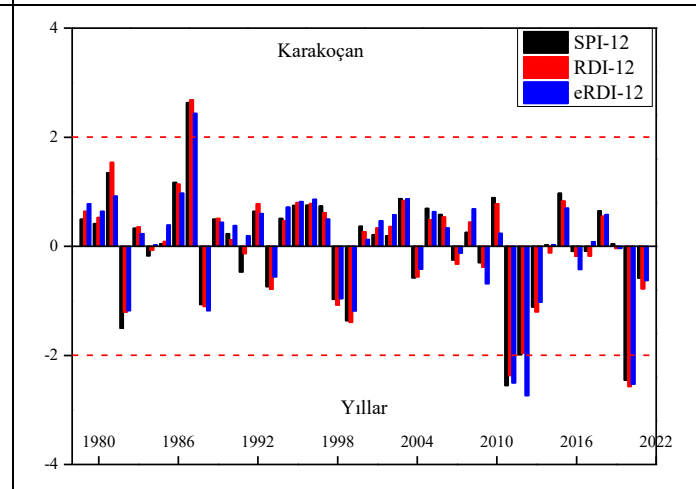
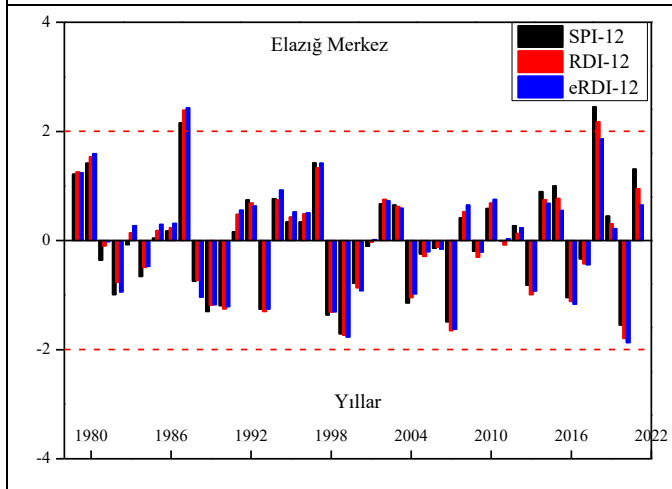
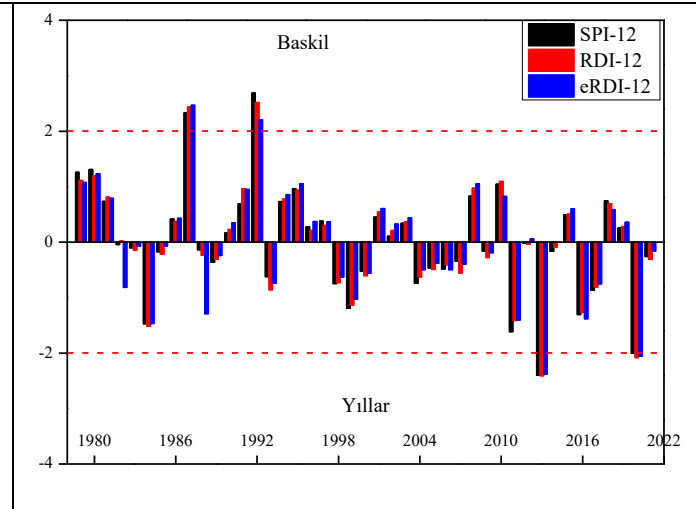
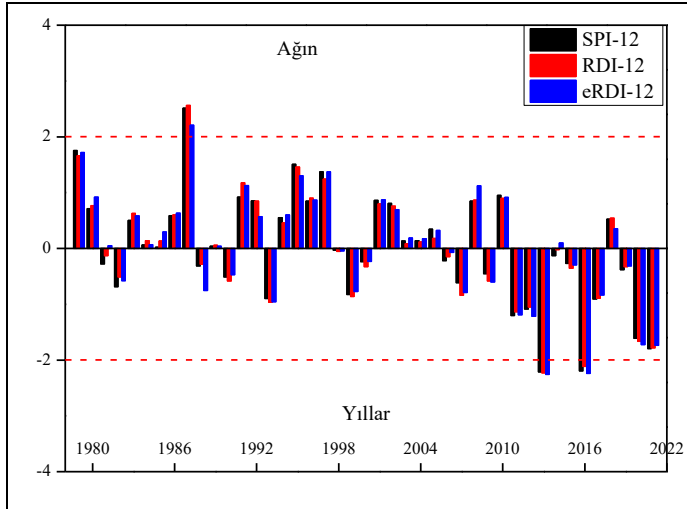
Elazığ il ve ilçeleri için aylık ve yıllık zaman ölçekleri kullanılarak meteorolojik kuraklık (RDI ve SPI) ve tarımsal kuraklık (eRDI) için indislerin değerleri hesaplanarak mevcut çalışma değerlendirilmiştir. Şekil 2'de 1979-2022 yılları arasında elde edilen aylık zaman ölçeği kullanılan elde edilen meteorolojik kuraklığın (RDI-1 ve SPI-1) tarımsal kuraklığın (eRDI-1) değişimi verilmiştir. Bu tarih aralığında eRDI-1, RDI-1 ve SPI-1 için kurak ve yağışlı dönemler elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, özellikle Ağın ve Baskil ilçesinde gözle görülür tarımsal ve meteorolojik kuraklığın oluştuğunu vurgulamaktadır. Şekil 2'de görüldüğü gibi, eRDI-1, RDI-1 ve SPI-1 için kuraklık çok şiddetli, şiddetli ve ılıman kuraklık ve yağışlı periyotlar gözlenmiştir. Elazığ il ve ilçelerinde meydana gelen kuraklığı daha iyi anlamak için tarımsal ve meteorolojik kuraklıklar aylık ölçekte çizilerek ekstrem (en yağışlı ve en kurak) dönemler saptanmıştır. Şekil 2'e göre, en yüksek ve en düşük eRDI-1, RDI-1 ve SPI-1 değerleri Maden ve Elazığ Merkez'de elde edilmiştir. En fazla kuraklık is Ağın ve Baskil'de oluşmuştur. Sonuç olarak, tüm istasyonlarda hem çok şiddetli kurak ve hem de yağışlı dönemler meydana gelmiştir. 1979-2022 yılları arasında tüm istasyonlarda her çeşit kurak ve yağışlı dönemler gözlenmiştir.

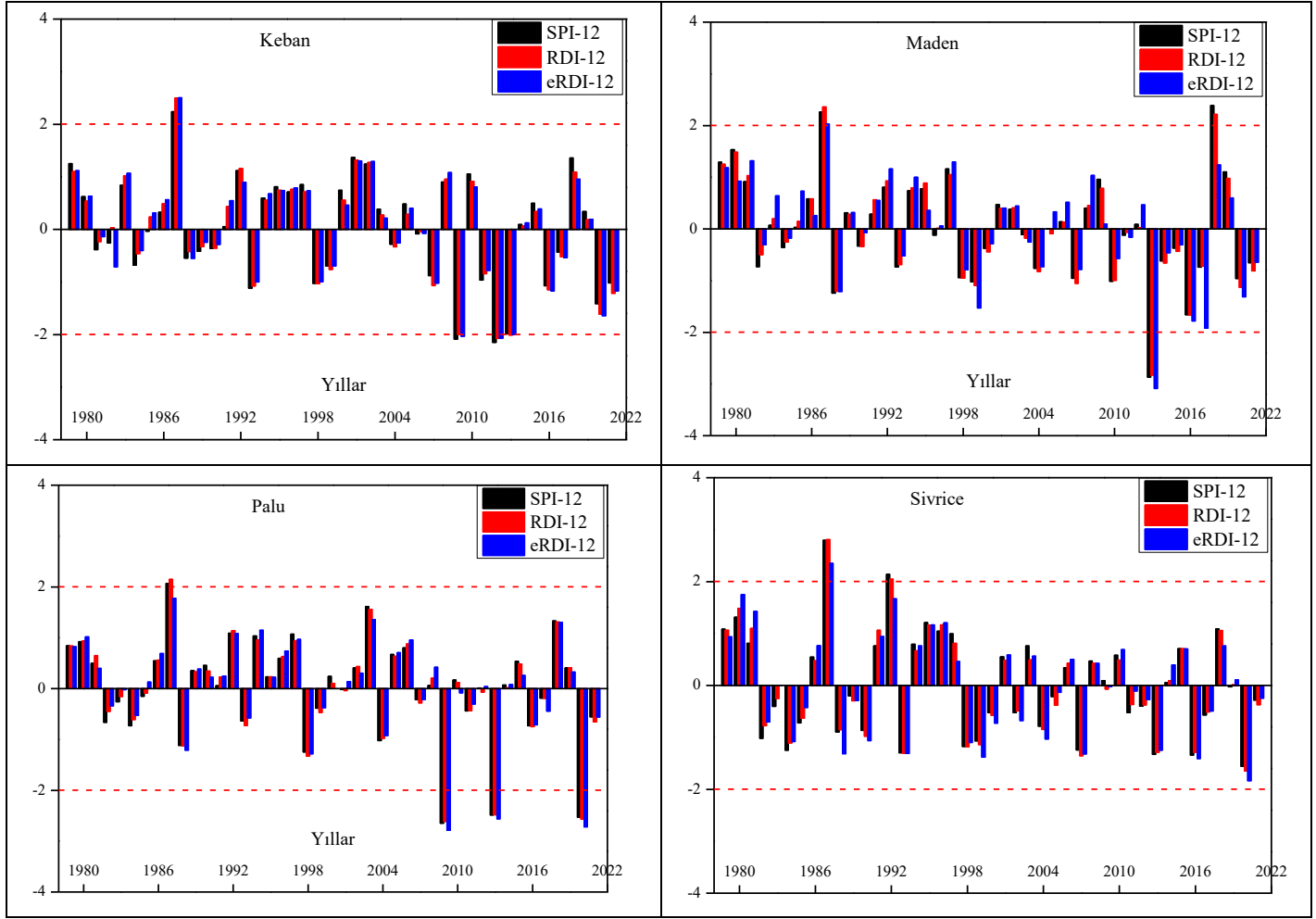
Şekil 3'te Elazığ il ve ilçeleri meteorolojik kuraklık (SPI-12 ve RDI-12) ve tarımsal kuraklık (eRDI-12) için elde edilen sonuçların için yıllık zaman ölçeğinde değişimi verilmiştir. Yıllık veriler kullanılarak yapılan karşılaştırmada (Şekil 3), meteorolojik kuraklık (RDI ve SPI) ve tarımsal kuraklık (eRDI) indekslerinin sonuçları genel olarak birbirleriyle uyumludur. Bununla birlikte Ağın, Palu ve Baskil ilçelerinde 2009-2014 ve 2019-2022 yılları arasında gözle görülür meteorolojik ve tarımsal kuraklıklar meydana gelmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, Elazığ Merkez ve Sivrice hariç diğer tüm istasyonlarda eRDI-12, RDI-12 ve SPI-12 çok şiddetli kuraklık meydana gelmiş ancak tüm istasyonlarda ılıman ve şiddetli kurak dönemler gözlenmiştir. Genel olarak meteorolojik ve tarımsal kuraklık indislerinin yıllık değerlerinin birbirine benzer olduğu görülmektedir.



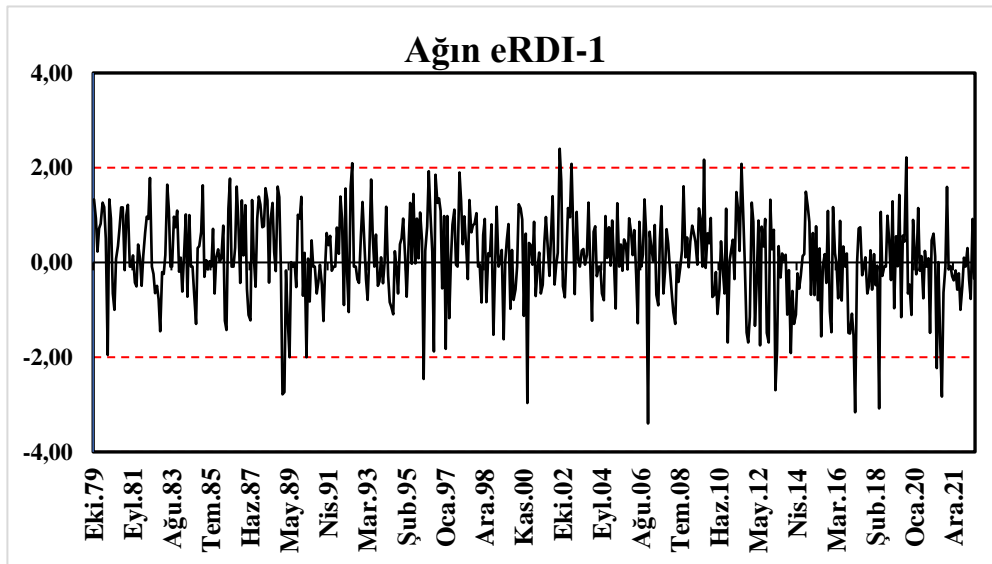


Şekil 2. Meteorolojik (SPI-1 ve RDI-1) ve Tarımsal Kuraklık (eRDI-1) Değerlerinin Aylık Zaman Ölçeğinde Değişimi

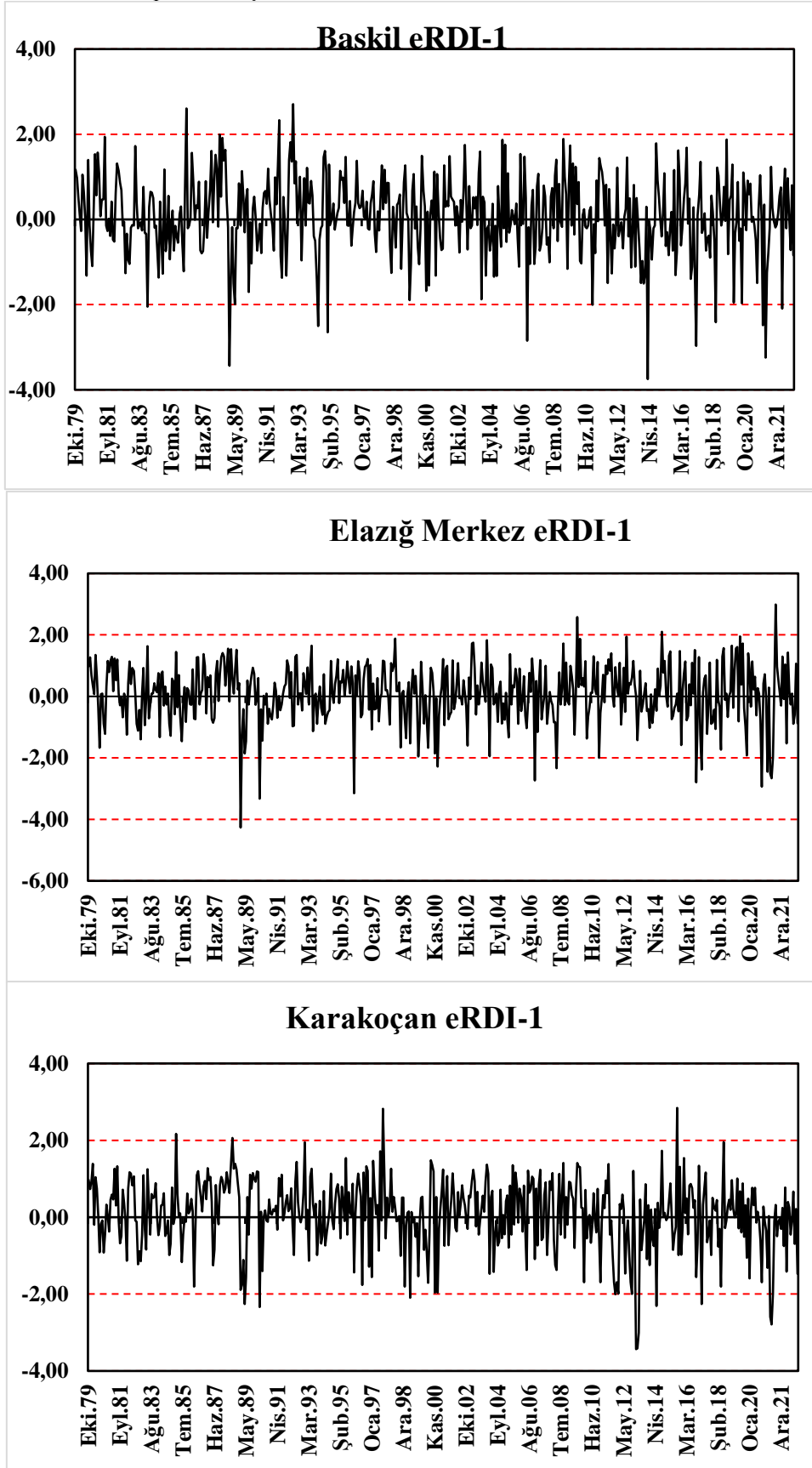




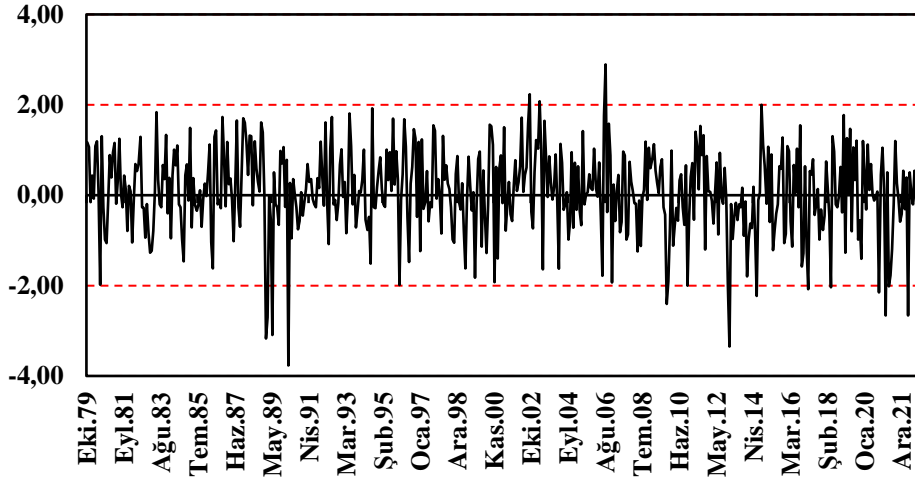
Şekil 4'te tarımsal kuraklığının belirlenmesinde kullanılan Etkili Keşif Kuraklık İndeksi (eRDI) ile elde edilen kuraklığın aylık zaman ölçeklerinde eRDI-1'nin değişimi verilmiştir. Baskil ve Ağın ilçelerinde çok şiddetli tarımsal kuraklıkların olduğu grafiklerden anlaşılmaktadır. Şekil 4'te görüldüğü gibi tarımsal kuraklık özellikle Ağın ve Baskil ilçelerinde görülmektedir. Özellikle Türkiye'nin kayısı üretiminde önemli bir yeri olan Elazığ için sorun olmaktadır. Elazığ'da özellikle Baskil ilçesinde kayısı üretimi fazla olduğunda tarımsal kuraklık kayısı için sıkıntı yaratacaktır. Bu nedenle tarımsal kuraklığın dikkate alınarak gerekli tedbirlerin alınması elzemdir. Sonuç olarak,



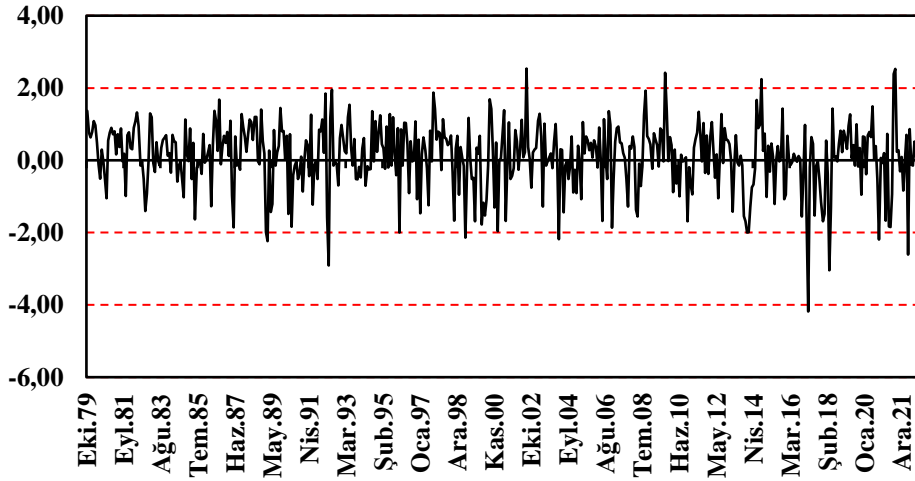
eRDI ile elde edilen sonuçlara göre son yıllarda hem aylık hem de yıllık ölçekte neredeyse tüm istasyonlarda gözle görülür bir tarımsal kuraklık tespit edilmiştir.



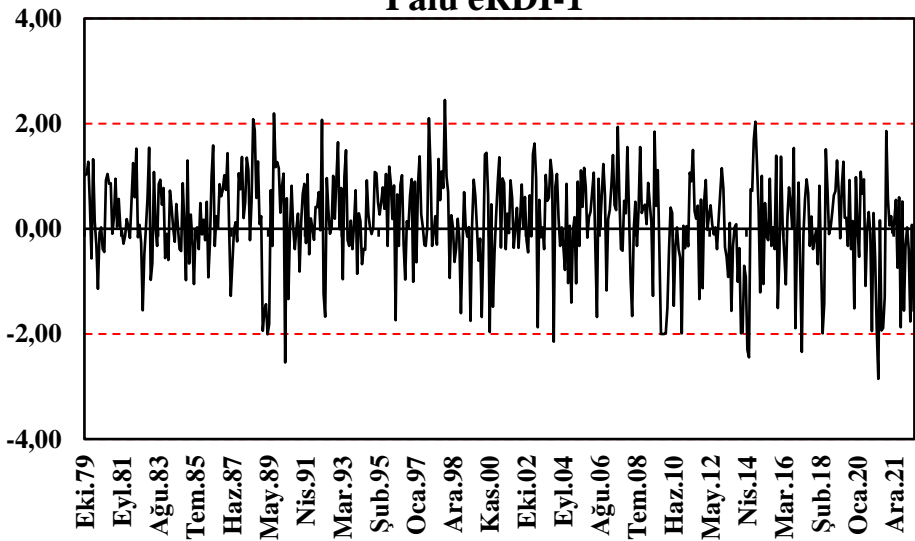
Keban eRDI-1

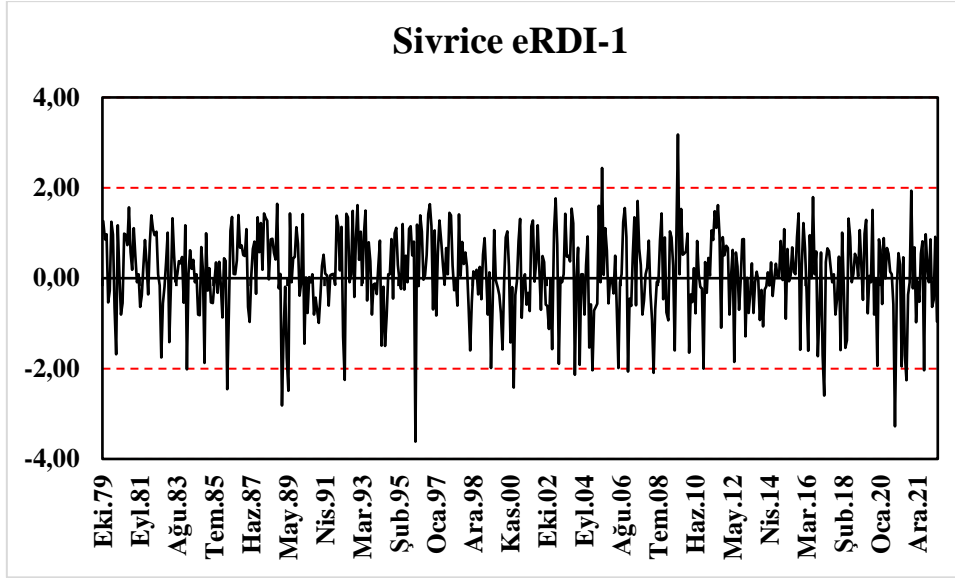


Maden eRDI-1



Palu eRDI-1

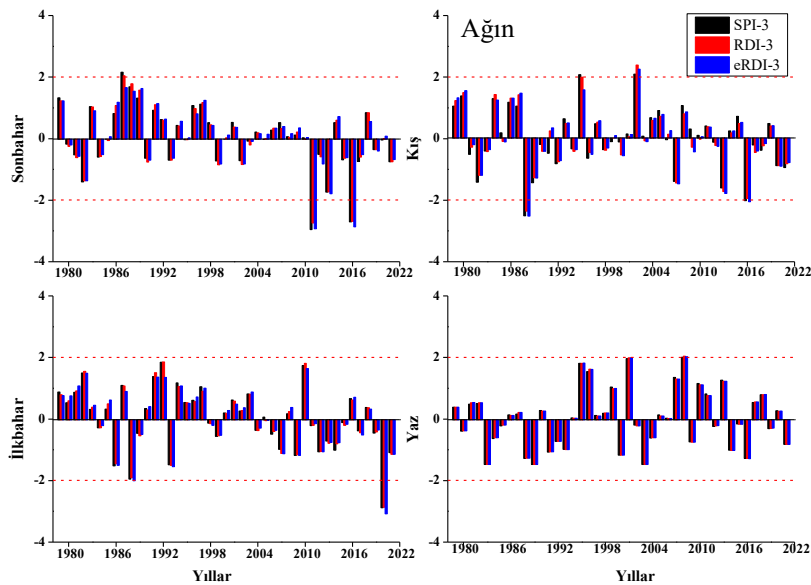


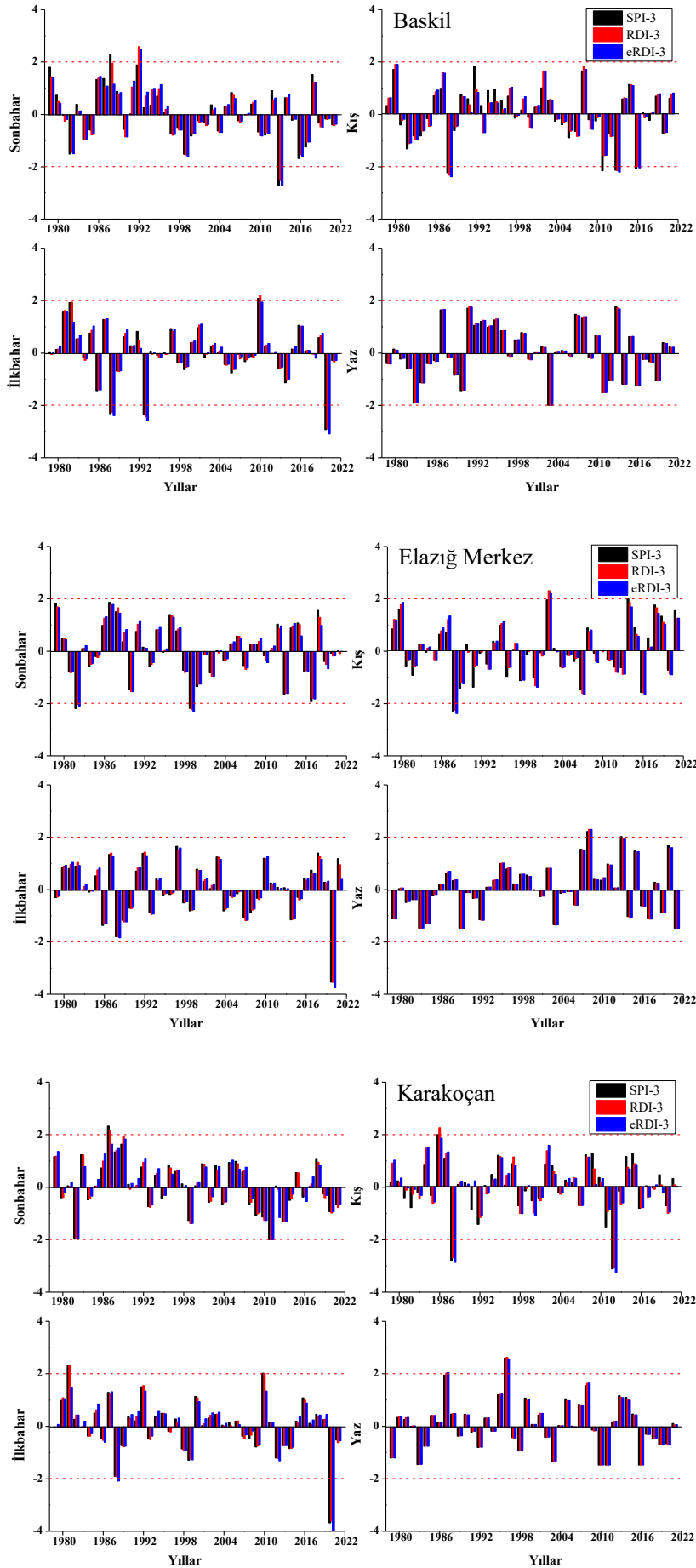


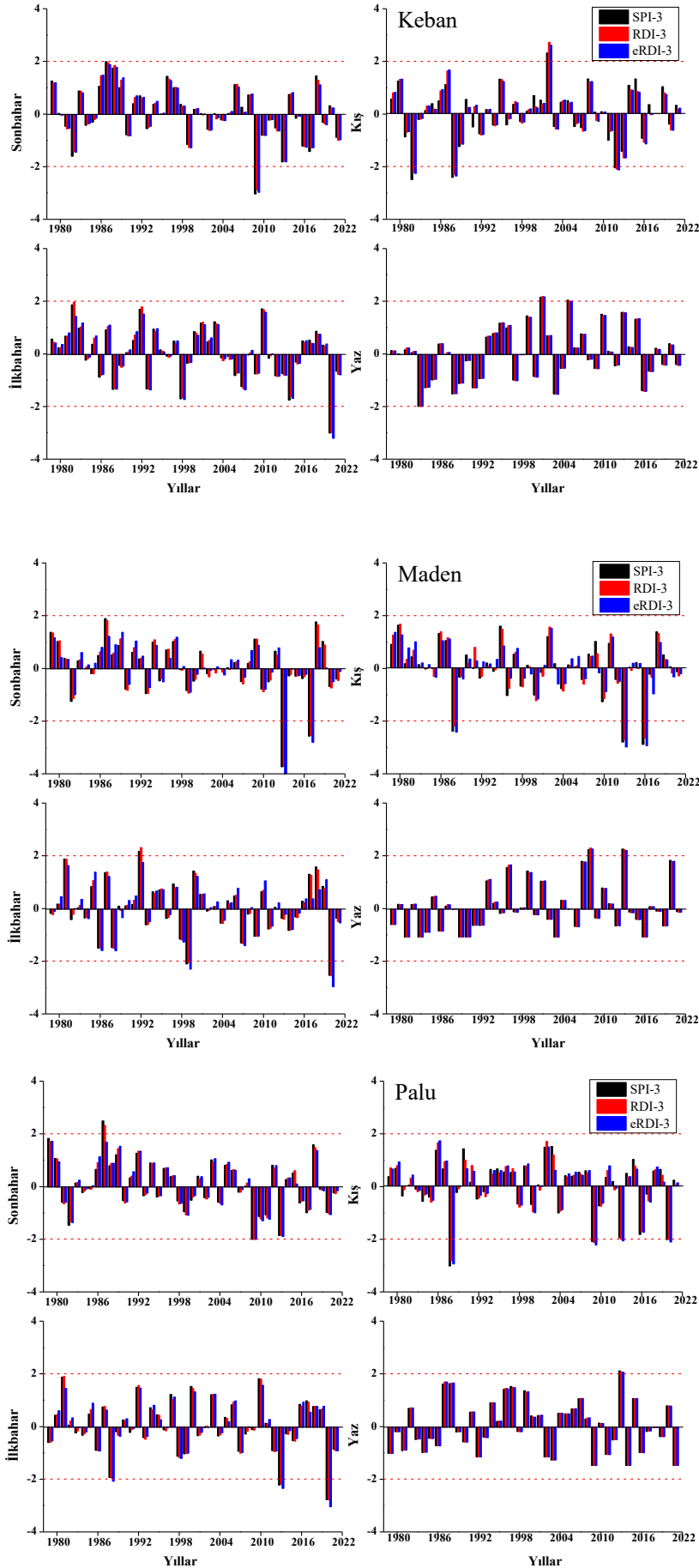
Şekil 4. Elazığ İl ve İlçeleri için Tarımsal Kuraklık (eRDI-1) Değerlerinin Değişimi

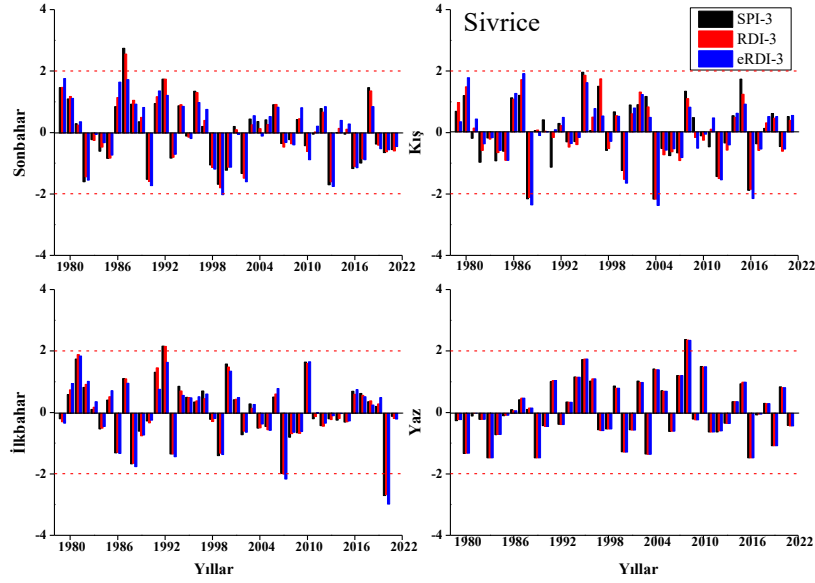
Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) de tıpkı meteorolojik kuraklık için kullanılan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) gibi aynı kuraklık sınıflandırmasına sahiptir (Tablo 1). Meteorolojik kuraklıkta SPI yönteminde yağış verileri kullanılırken, RDI indeksinde ise yağışla birlikte buharlaşma miktarı da hesaplamada kullanılmaktadır. Elazığ il ve ilçelerinde kuraklık analizi yapmak için MGM'den 8 farklı istasyona ait yağış, sıcaklık ve buharlaşma verileri temin edilerek meteorolojik kuraklık (SPI ve RDI) ve tarımsal kuraklık (eRDI) incelenmiştir. RDI, eRDI ve SPI değeri sıfırın üzerinde olan indis değerleri "kuraklık yok" olarak tanımlanmıştır, sıfırın altında olan değerler ise ılıman, şiddetli ve çok şiddetli kuraklık olmak üzere farklı kuraklık sınıflarına göre ayrılmıştır (Tablo 1).

Şekil 5'te Elazığ il ve ilçeleri için meteorolojik (SPI-3 ve RDI-3) ve tarımsal kuraklık (eRDI-3) değerlerinin mevsimler olarak değişimi verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere hem kurak hem de yağışlı dönemler meydana gelmiştir. Genel olarak özellikle yaz mevsimi hariç sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde çok şiddetli meteorolojik ve tarımsal kuraklığın oluştuğu söylenebilir. Ancak Baskil ilçesinde neredeyse tüm mevsimlerde çok şiddetli kuraklıkların oluştuğu görülmektedir. Aynı durumun Ağın ilçesi özelinde de meydana geldiği görülmektedir. Sonuç olarak Elazığ il ve ilçelerinde ılıman ve şiddetli kuraklıkları neredeyse bütün mevsimlerde meydana geldiği ancak çok şiddetli kuraklıkların ise genel olarak sonbahar mevsiminde meydana gelmiştir.



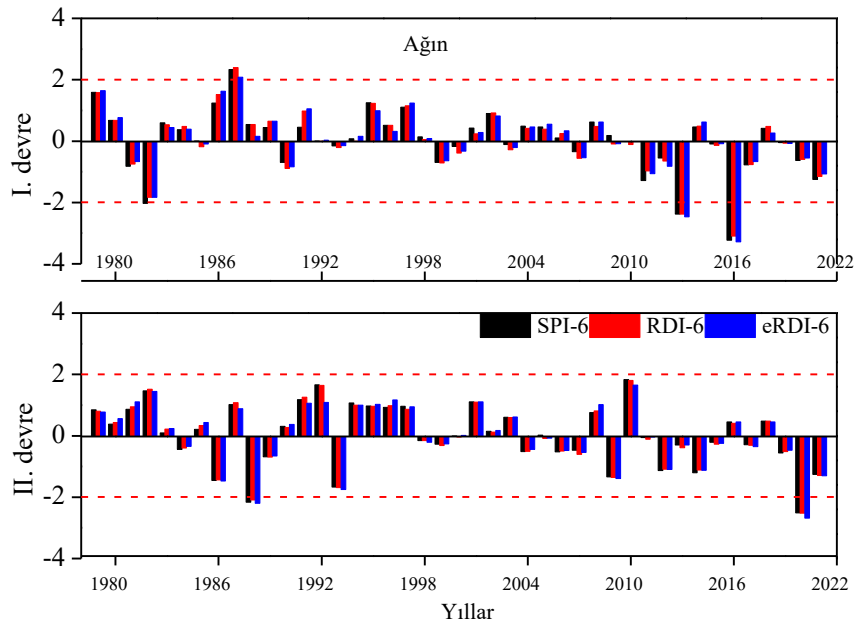


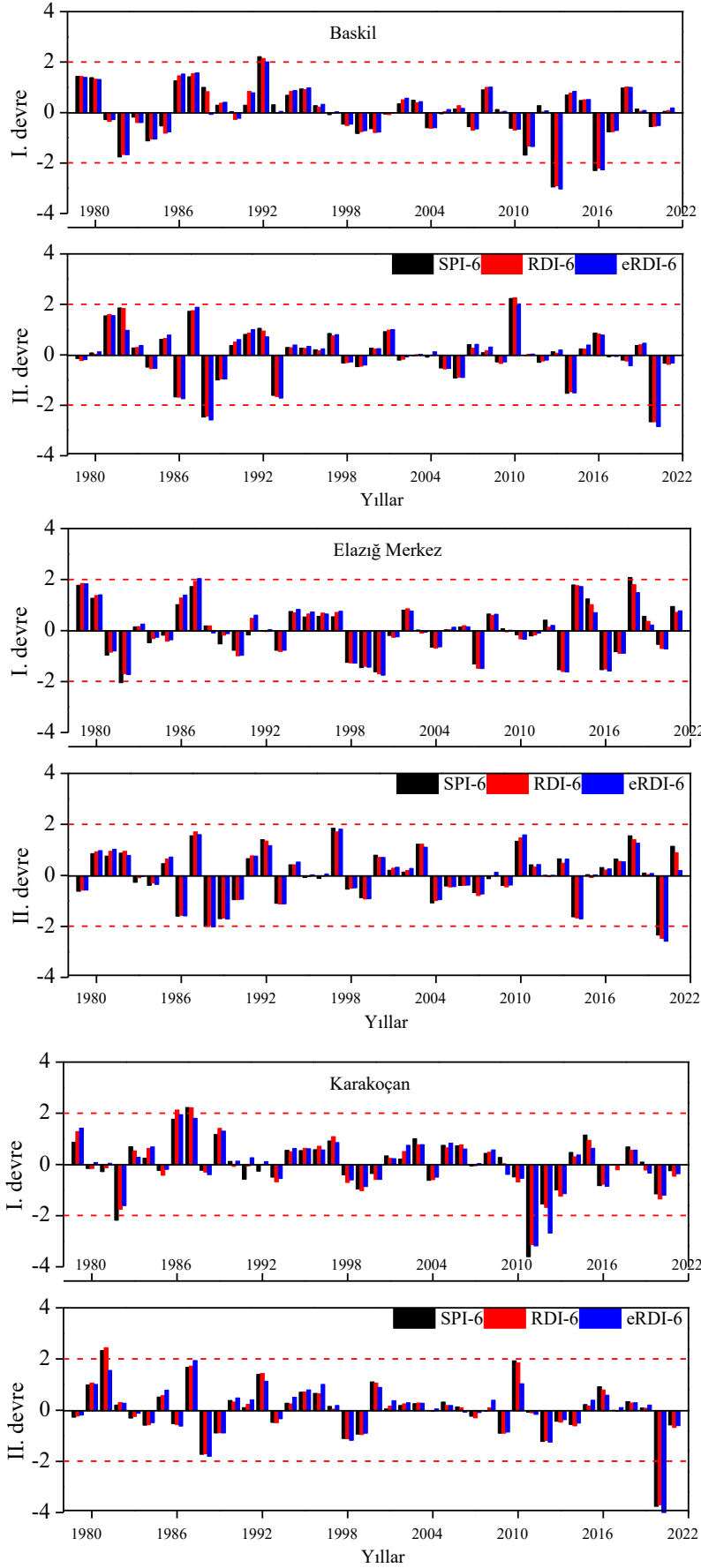


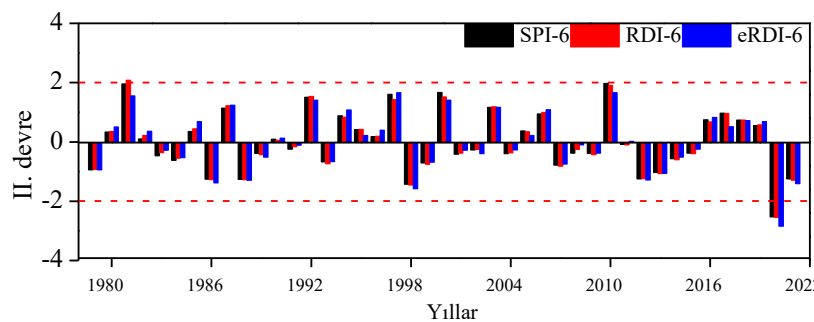
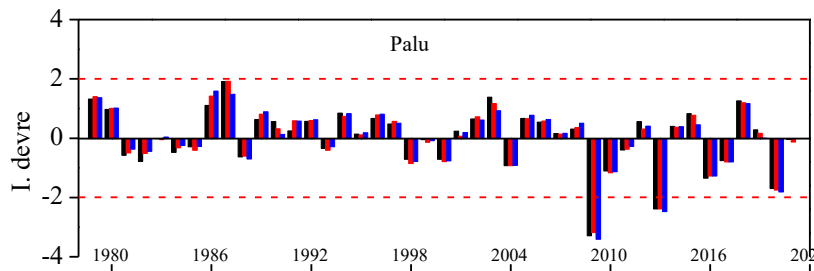
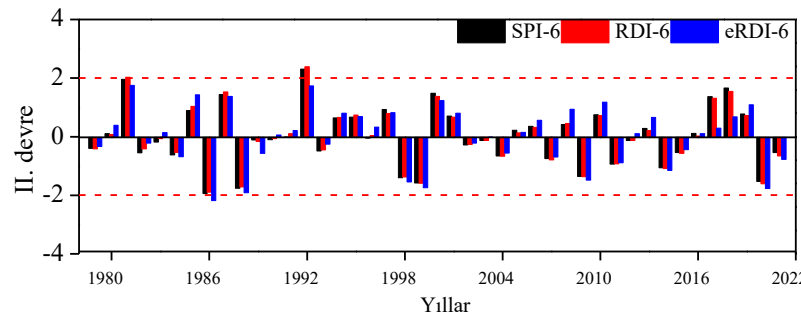
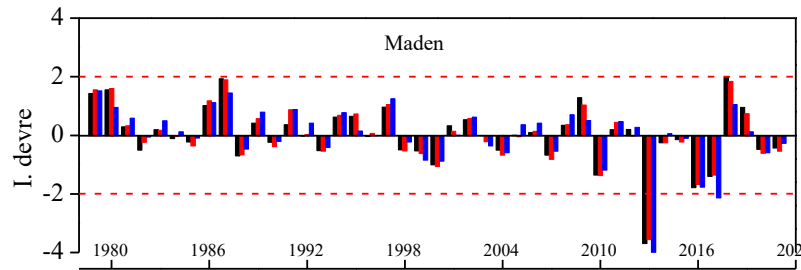
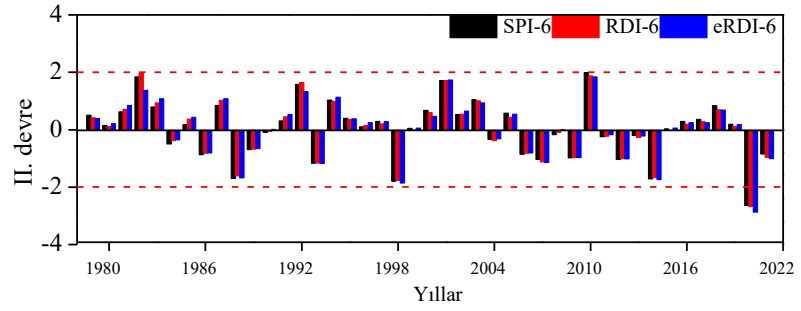
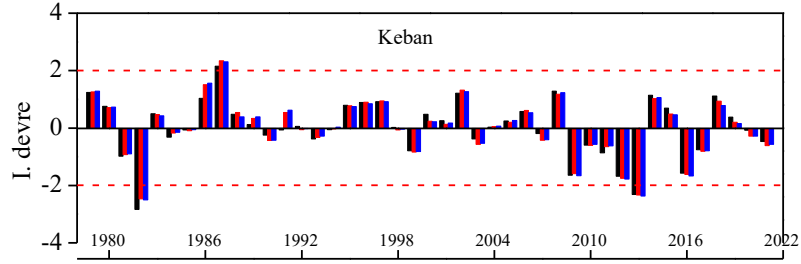


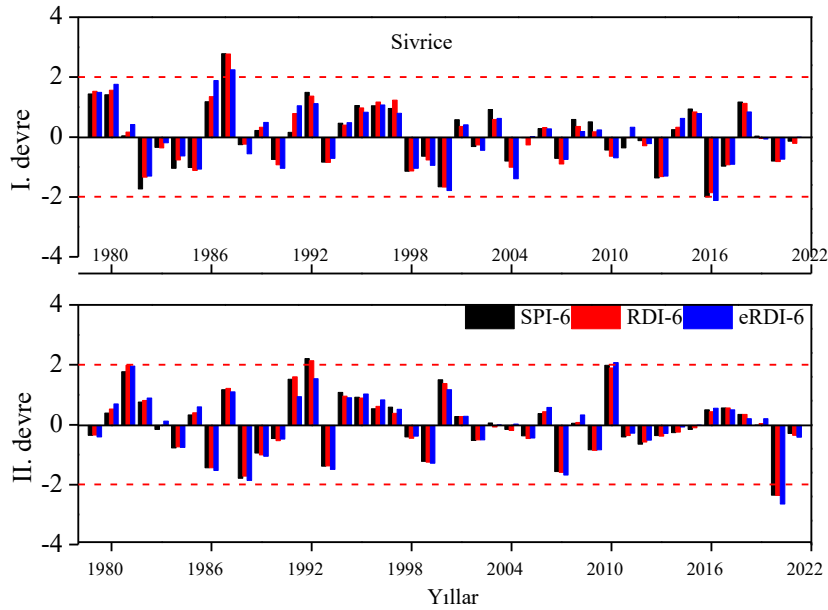
Şekil 5. Elazığ İl ve İlçeleri için Tarımsal (eRDI-3) ve Meteorolojik (SPI-3 ve RDI-3) Kuraklık Değerlerinin Değişimi

Şekil 6’te Elazığ il ve ilçeleri için meteorolojik (SPI-6 ve RDI-6) ve tarımsal kuraklık (eRDI-6) değerlerinin dönemsel olarak değişimi verilmiştir. Su yılı ekim ayında başladığından dolayı I. Devreyi temsilen Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve mart ayları, diğer aylar ise II: devreyi temsil etmektedir. Şekilde görüldüğü üzere hem kurak hem de yağışlı dönemler I. ve II. devrelerde meydana gelmiştir. Genel olarak özellikle son yıllarda (2018-2020) çok şiddetli meteorolojik ve tarımsal kuraklıkların II. Devre aylarında olduğu görülmektedir. 2010’lu yıllarda da I. Devre aylarında çok şiddetli kuraklıklar meydana gelmiştir. Sonuç olarak Elazığ il ve ilçelerinde ılıman ve şiddetli kuraklıkları neredeyse bütün dönemlerde meydana geldiği görülmektedir.





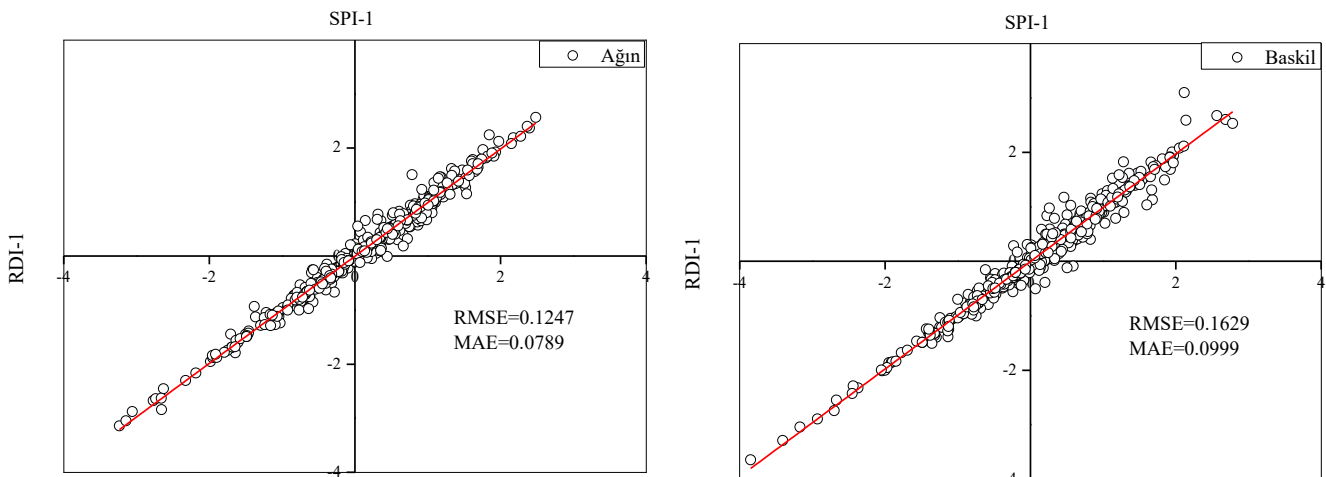


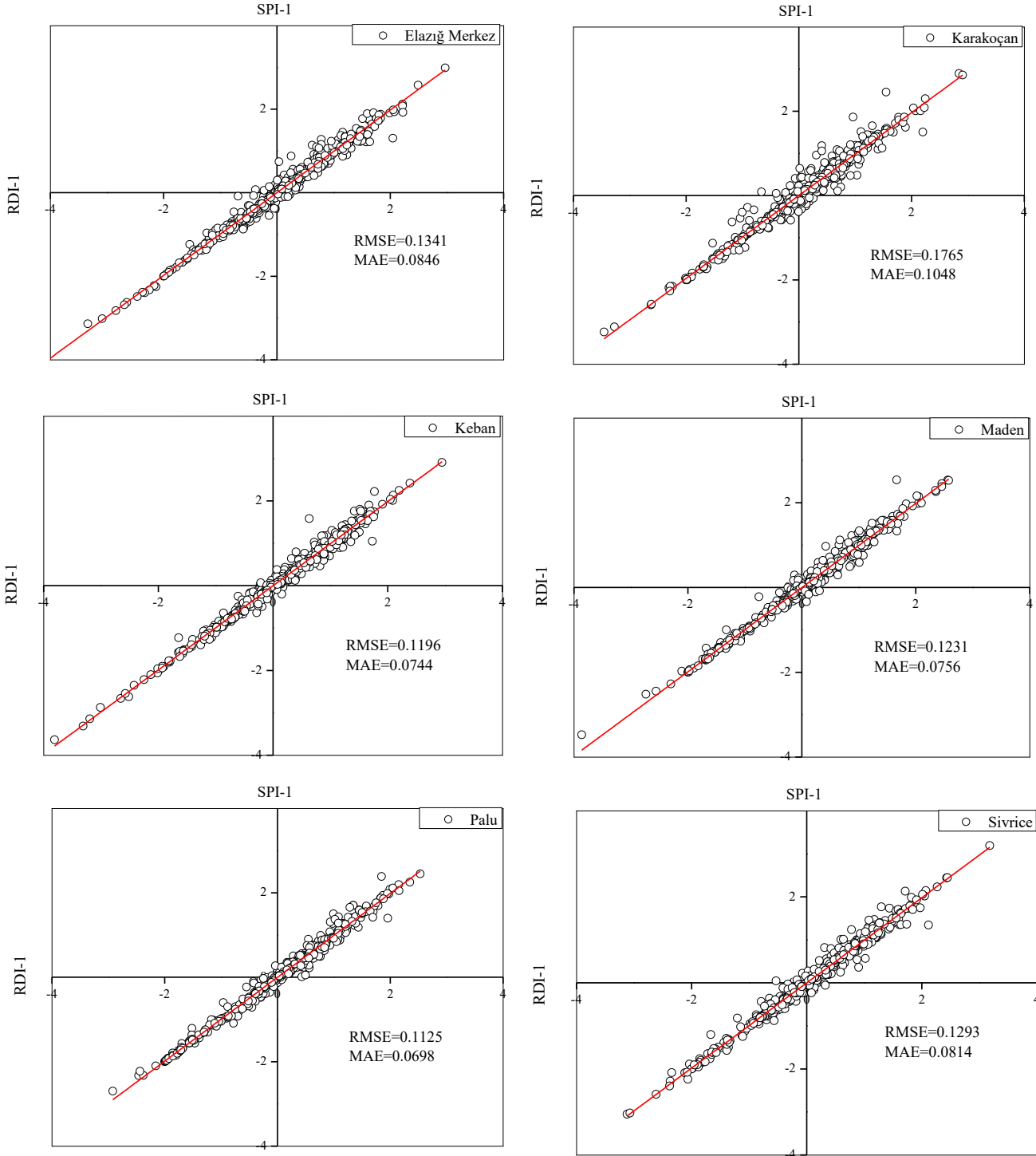


Şekil 6. Elazığ İl ve İlçeleri için Tarımsal (eRDI-6) ve Meteorolojik (SPI-6 ve RDI-6) Kuraklık Değerlerinin Değişimi

SPI ve RDI için yapılan lineer korelasyonda güçlü bir ilişki ortaya çıkmıştır. Şekil 7’de bütün istasyonlarda meteorolojik kuraklık için kullanılan RDI ve SPI arasındaki ilişki gösterilmiştir. SPI ve RDI arasındaki ilişkiyi irdelemek için ortalama mutlak hata ($MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n |(p_i - o_i)|$) ve kök ortalama karesel hata ($RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (o_i - p_i)^2}$) değerleri kullanılmıştır. Burada, p tahmin edilen değer ve o gözlenen değerdir, o_i ve p_i gözlenen ve tahmin edilen i^{th} değeridir. Hata değerlerinin 0'a yakın olması mümkün olan en doğru tahmin sonuçlarına sahip oldukları anlamına gelir (Katipoğlu ve Sarıgöl, 2023).

Şekilde görüldüğü gibi SPI ve RDI arasındaki RMSE değeri 1 aylık zaman serisinde en düşük $RMSE=0.1125$ ve $MAE=0.0698$ Palu ilçesinde saptanırken, en yüksek değerler 1 aylık zaman serisinde $RMSE=0.1765$ ve $MAE=0.1048$ değerleri Karakoçan ilçesinde elde edilmiştir. Şekildeki karşılaştırmalarda görüldüğü gibi RDI ve SPI değerleri arasında il genelinde birbirleriyle tutarlı sonuçlar elde edilmiştir.

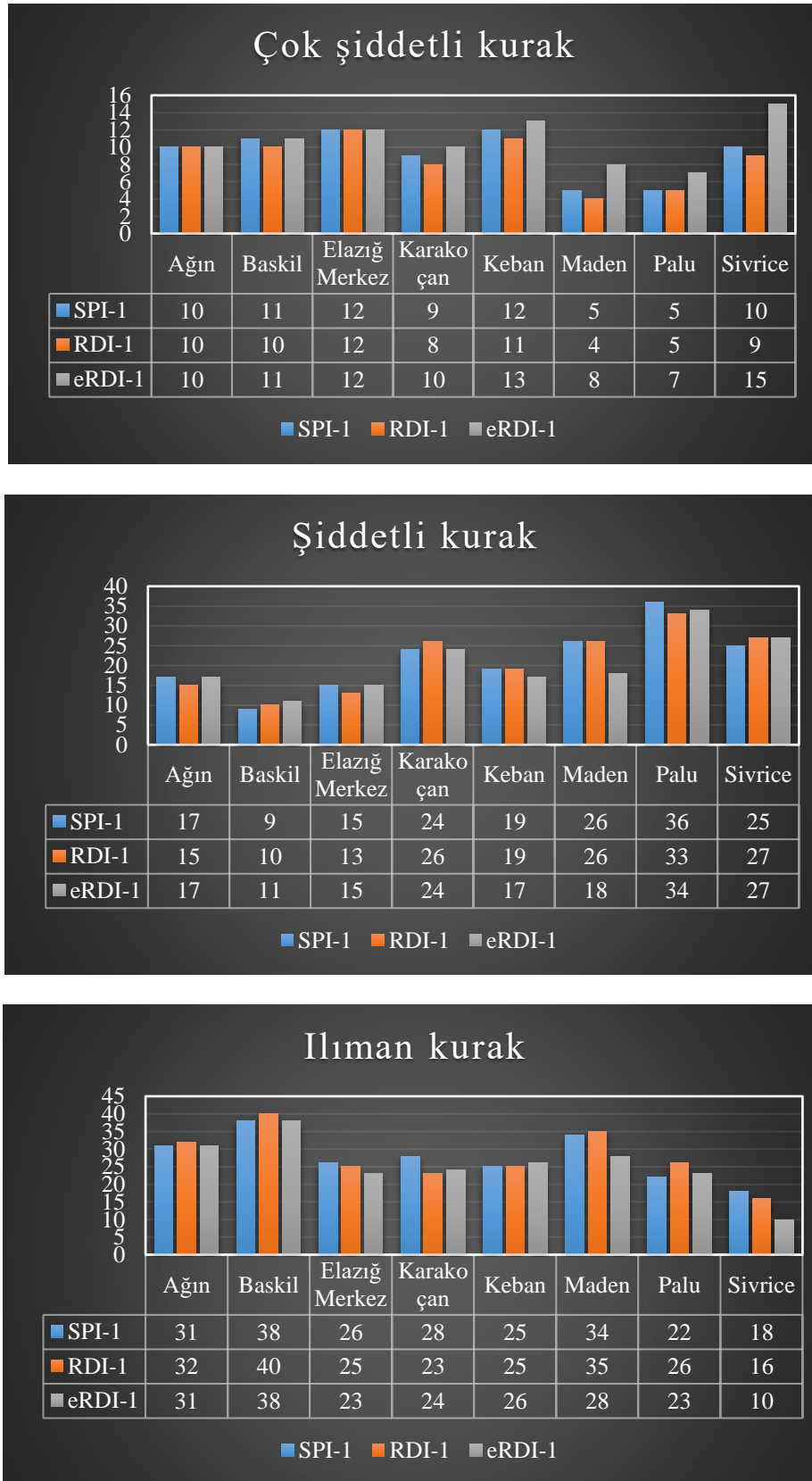




Şekil 7. RDI-1 ve SPI-1 Değerlerinin Karşılaştırılması

Elazığ il ve ilçelerinde aylık zaman ölçeğinde meydana gelen tarımsal (eRDI-1) ve meteorolojik kuraklık (SPI-1 ve RDI-1) sayıları Şekil 8’de verilmiştir. Elazığ il ve ilçeleri için 1979-2022 yılları arasında gerçekleşen kurak ayların sayıları Şekil 8’de verilmiştir. 1 aylık zaman serileri dikkate alındığında hem tarımsal hem de meteorolojik kuraklıktan çok şiddetli kuraklık en fazla Elazığ ve Keban ilçesinde meydana gelmiştir. Şiddetli kuraklıkta ise en fazla Palu ilçesinde meydana gelirken ılıman kuraklıkta en fazla Baskil ilçesinde oluşmuştur. Şekil 8’de görüldüğü üzere Elazığ il ve ilçeleri için yapılan kuraklık analizinde 1979-2022 yılları arasında en çok ılıman kuraklık görülürken, ikinci sırada ise şiddetli kuraklık meydana gelmiştir. Genel olarak eRDI, RDI ve SPI sonuçları birbirine yakın olmakla birlikte en kurak ay -4.27 değeri ile Elazığ Merkez’de ve eRDI ile Ocak 1989’da tespit edilmiştir. Elazığ Merkez için SPI değeri -4.25 ve RDI değeri ise -4.18’dir. Mevcut çalışmada elde edilen bulgulara göre çok şiddetli kuraklığın en büyük olduğu ay ve yıl bütün indisler için aynı ay ve yılda meydana geldiği görülmüştür. Ağın

için Aralık 2006, Baskil için Mart 2014, Karakoçan için Şubat 2013, Keban için Mart 1990, Maden için Şubat 2017, Palu için Şubat 2021 ve Sivrice için ise Aralık 1995'te tespit edilmiştir.



Şekil 8. Mevcut Çalışmada Elde Edilen Meteorolojik ve Tarımsal Kuraklıkta Gerçekleşen Ilıman, Şiddetli ve Çok Şiddetli Kurak Ayların Sayısı

Aydın ve Yaltay (2019) Elazığ ili için Şen'in YTA yöntemine göre Elazığ ili yağış verilerinin aylık, mevsimsel ve yıllık zaman dilimleri trend analizini gerçekleştirmişlerdir. Aydın ve Yaltay (2019), Elazığ ili için kış mevsimi ve yıllık zaman ölçeklerinde yağış trendinde anlamsız sonuçlar tespit edilmiştir.

Kartal (2023) yaptığı çalışmada, Elazığ'ın meteorolojik kuraklığını inceleyerek Elazığ için aylık ve yıllık zaman ölçeklerinde özellikle 2000 yılı ve sonrasında kurak dönemlerin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, yağış verilerinde azalma eğilimi tespit edilirken, sıcaklık ve buharlaşma verilerinde ise artış eğilimi tespit edilmiştir. Kartal (2023) çalışmasında SPI-1 indisine göre 1980-2022 yılları arasında Ağın ilçesi için 31 defa ılıman kurak, 17 defa şiddetli kuraklık ve 10 kez de çok şiddetli kuraklık meydana geldiğini saptamıştır. Mevcut çalışmada ise sırasıyla ılıman, şiddetli ve çok şiddetli kuraklık için 31, 17 ve 10 kez meydana gelmiştir. Kartal (2023) çalışmasında ise Elazığ merkez için SPI-1 için 26, 15 ve 12 kez sırasıyla ılıman, şiddetli ve çok şiddetli kuraklık meydana gelmiştir. Aynı şekilde Elazığ merkez için 26, 25 ve 12 kez sırasıyla ılıman, şiddetli ve çok şiddetli kuraklık meydana gelmiştir. Mevcut çalışmada meteorolojik kuraklık için kullanılan SPI ile Kartal (2023)'ün çalışmasında elde ettiği SPI indeksi sonuçlarından farklı olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada 1979-2021 su yılları dikkate alınırken Kartal (2023) ise 1980-2022 yılları arasındaki zaman dilimini dikkate almıştır. Yukarıda ifade edildiği gibi su yılı Ekim ayında başlamaktadır. Bu nedenle gerek zaman aralığının farklı olması gerek de mevcut çalışmada su yılı dikkate alınarak SPI hesabı yapılması meydana gelen kuraklık sayısının farklı olmasına neden olabildiği düşünülmektedir.

Benzer şekilde, Aydın (2023) Elazığ ili için yapılan yağış trend analizi çalışmasında, Keban istasyonunda ilkbahar mevsimi yağış değerlerinde, Palu istasyonunda ise kış mevsimi yağış değerlerinde Mann-Kendall, Şen'in Yenilikçi Trend Analizi ve Spearman-Rho testlerine göre azalan yönde bir trend olduğu saptanmıştır.

SONUÇ

Yapılan bu çalışmada Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI), Keşif Kuraklık İndeksi (RDI) ve Etkili Keşif Kuraklık İndeksi (eRDI) için Elazığ'da bulunan 8 istasyonun 1979-2022 yılları arasındaki MGM tarafından ölçülen yağış, sıcaklık ve buharlaşma verileri kullanılmıştır. Bu çalışma, meteorolojik ve tarımsal kuraklığı incelemek için farklı indekslerin kullanılmasıyla Elazığ il ve ilçelerinde yaşanan kuraklık değişiminin çeşitli zaman adımlarını içermektedir. Bu çalışmada hem tarımsal hem de meteorolojik kuraklık indisleri kullanılarak aylık mevsimlik dönemlik ve yıllık zaman ölçeklerinde Elazığ il ve ilçelerinde detaylı bir şekilde kuraklık değerlendirilmiştir. RDI ve SPI meteorolojik kuraklık için değerlendirilirken eRDI ise tarımsal kuraklık değerlendirmesinde yapılmıştır. Bu veriler doğrultusunda aylık, mevsimlik, dönemlik ve yıllık RDI, SPI ve eRDI değerleri analiz edilip en yüksek ve en düşük değerleri tespit edilmiştir. Tüm istasyonlarda kuraklık sınıflarına göre kuraklığın aylara ve yıllara göre değişimlerinin grafikleri oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular genel olarak birbirleriyle paralellik göstermiştir. Ayrıca her üç indiste de aynı zaman dilimlerinde çok şiddetli kurak dönemler meydana gelmiştir. RDI ve SPI değerleri arasında korelasyon yapıp aralarındaki ilişki de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar üç indeksin birbirine yakın sonuçlar verdiğini göstermiştir. Yağış verilerinin Sen eğimi yöntemi ile trend analizi yapıp diyagramları oluşturulduktan sonra istatistiki açıdan yağışın ne yönde eğilim gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışma, Elazığ il ve ilçeleri için tarihsel kuraklık özelliklerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına yönelik bir adımı teşkil etmektedir. Bu nedenle, gelecekte yapılacak çalışmalar için aşağıdaki tavsiyelerde bulunulmaktadır. Daha kısa zaman süreleri dikkate alınarak (saatlik, günlük, vb.) iklim değişikliğinin daha ayrıntılı analizi çalışılabilir. İklim değişikliği koşullarının etkilerini vurgulamak için meteorolojik kuraklığın hidrolojik ve tarımsal kuraklık ile kombinasyonunun araştırılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan veri tabanını sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne (MGM) teşekkür ederim. Yazar, ayrıca veri teminine aracılık eden Fırat Üniversitesi'ne teşekkür etmektedir.

BEYANLAR

Finansman: Herhangi bir fon bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışmaları: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Veri Mevcudiyeti: Bu çalışmada kullanılan ve/veya analiz edilen veri setleri, makul bir talep üzerine ilgili yazardan temin edilebilir.

KAYNAKLAR

- Adnan, S., Ullah, K., Shuanglin, L., & Gao, S. (2018). Comparison of various drought indices to monitor drought status in Pakistan. *Climate Dynamics*, 51(5), 1885–1899. <https://doi.org/10.1007/s00382-017-3987-0>
- Aktürk, Gaye, Zeybekoğlu, Utku, Yıldız, O. (2022). SPI ve SPEI Yöntemleri ile Kuraklık Araştırması : Kırıkkale Örneği. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 14(2), 762–776.
- Aydın, M. (2023). Elazığ İli Yağış Verilerinin Trend Analizi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35(1), 159–173.
- Aydın, M., & Yaltay, N. (2019). Evaluation of Elazığ Province Precipitation Data by Innovative Trend Analysis. *Academic Perspective Procedia*, 2(2), 162–171.
- Bakanoğulları, F. (2020). Kırsal Havzalarda Kuraklığın İki Yöntem (SPEI ve SPI) Kullanılarak Belirlenmesi : Kumdere Havzası Örneği. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1), 146–156.
- Barua, S., Ng, A. W. M., & Perera, B. J. C. (2011). Comparative Evaluation of Drought Indexes: Case Study on the Yarra River Catchment in Australia. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 137(2), 215–226. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)wr.1943-5452.0000105](https://doi.org/10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000105)
- Batan, M. (2021). Çeşitli Kuraklık İndisleri ile Batman İlinin Kuraklık Analizi ve Kontur Haritalarının Çıkarılması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(2), 252–265. <https://doi.org/10.21324/dacd.817903>
- Çelik, M. A. (2019). Akdeniz Kıyılarında Ekstrem Nemli Ve Kurak Mevsimlerin Dağılımı (1967-2016). *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 7(1), 1–1. <https://doi.org/10.21541/apjes.394152>
- Chen, S. T., Kuo, C. C., & Yu, P. S. (2009). Historical trends and variability of meteorological droughts in Taiwan. *Hydrological Sciences Journal*, 54(3), 430–441. <https://doi.org/10.1623/hysj.54.3.430>
- 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>
- Deniz Öztürk, Y., & Ünlü, R. (2022). Türkiye’de Yapılan Kuraklık Analiz Çalışmaları Üzerine Bir Derleme. *Afet ve Risk Dergisi*, 5(2), 669–680. <https://doi.org/10.35341/afet.1124880>
- Dikici, M. (2018). Ası Havzası’nda (Türkiye) Kuraklık Analizi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 90(242), 22–40. <https://doi.org/10.21324/dacd.426784>
- Dikici, M., & Aksel, M. (2021). Comparison of Drought Indices in the Case of the Ceyhan Basin. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8(2), 113–125.
- Elazığ Valiliği Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü. (2022). *İlimiz Hakkında*. <https://elazig.csb.gov.tr/ilimiz-hakkinda-i-681#:~:text=İlde karasal iklim egemen olup,yolların bir kavşak noktası konumundadır.>
- Karaer, M., & Gültaş, H. T. (2018). Kuraklık Oluşumunun Bilecik İli ’nde Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Yöntemi Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 303–308.
- Kartal, V. (2023). Assessment of drought using different tests and drought indices in Elazig, Turkey. *Water Science & Technology*, 88(7), 1767–1794.
- Katipoğlu, O. M., & Acar, R. (2021). Standartlaştırılmış yağış indeksi hesabında kullanılan dağılım fonksiyonu etkisinin ve kuraklık karakteristiklerinin araştırılması. *Gümüşhane Fen Bilimleri Dergisi*, 11(3), 828–844. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.900408>
- Katipoğlu, O. M., Acar, R., & Şengül, S. (2020). Comparison of meteorological indices for drought monitoring and evaluating: A case study from euphrates basin, Turkey. *Journal of Water and Climate Change*, 11(1S), 29–43. <https://doi.org/10.2166/wcc.2020.171>
- Katipoğlu, O. M., & Sarıgöl, M. (2023). Coupling machine learning with signal process techniques and particle swarm optimization for forecasting flood routing calculations in the Eastern Black Sea Basin, Türkiye. *Environmental Science and Pollution Research*, 46074–46091. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25496-6>
- McKee, T.B., Doesken, N.J.; Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales.

Eighth Conference on Applied Climatology. <https://doi.org/10.1002/jso.23002>

Mersin, D., Gulmez, A., Safari, M. J. S., Vaheddoost, B., & Tayfur, G. (2022). Drought Assessment in the Aegean Region of Turkey. *Pure and Applied Geophysics*, 179(8), 3035–3053. <https://doi.org/10.1007/s00024-022-03089-7>

Mersin, D., Tayfur, G., Vaheddoost, B., & Safari, M. J. S. (2022). Historical Trends Associated with Annual Temperature and Precipitation in Aegean Turkey, Where Are We Heading? *Sustainability (Switzerland)*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/su142013380>

Pashiardis, S., & Michaelides, S. (2008). Implementation of the Standardized Precipitation Index (SPI) and the Reconnaissance Drought Index (RDI) for Regional Drought Assessment: A case study for Cyprus. *European Water*, 23(1993), 57–65.

Rahman, M. M., Islam, M. O., & Hasanuzzaman, M. (2008). Study of effective rainfall for irrigated agriculture in south-eastern part of Bangladesh. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 453–457.

Rassoul, A., Mohammad, Z., Moghimi, M., & Bahrami, M. (2019). Comparison of reconnaissance drought index (RDI) and effective reconnaissance drought index (eRDI) to evaluate drought severity. *Sustainable Water Resources Management*, 5(3), 1345–1356. <https://doi.org/10.1007/s40899-019-00310-9>

Sarış, F., & Gedik, F. (2021). Konya Kapalı Havzası'nda Meteorolojik Kuraklık Analizi. *Journal of Geography*, 0(42), 295–308. <https://doi.org/10.26650/jgeog2021-885519>

Sen, P. K. (1968). Journal of the American Statistical Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389.

Şener, E., & Davraz, A. (2021). Yağış Tabanlı Farklı İndisler Kullanılarak Meteorolojik Kuraklık Analizi : Isparta Örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 404–418.

Sokollu, S. (2014). *Turkey battles water shortage*. Deutsche Welle (DW).

Soylu Pekpostalci, D., Tur, R., & Danandeh Mehr, A. (2023). Spatiotemporal Variations in Meteorological Drought Across the Mediterranean Region of Turkey. *Pure and Applied Geophysics*, 180(8), 3089–3104. <https://doi.org/10.1007/s00024-023-03312-z>

Stamm, G. G. (1967). Problems and Procedures in Determining Water Supply Requirements for Irrigation Projects. *Irrigation of Agricultural Lands*, 11, 769–785.

Tigkas, D. (2008). Drought Characterisation And Monitoring in Regions Of Greece. *European Water*, 23(24), 29–39.

Tigkas, D., Vangelis, H., & Tsakiris, G. (2013). The drought indices calculator (DrinC). *Proceedings of the 8th International Conference of EWRA Conference, Porto, June*, 1333–1342.

Tigkas, D., Vangelis, H., & Tsakiris, G. (2016). Introducing a modified reconnaissance drought index (RDIE) incorporating effective precipitation. *Procedia Engineering*, 162, 332–339.

Tigkas, D., Vangelis, H., & Tsakiris, G. (2017). *An Enhanced Effective Reconnaissance Drought Index for the Characterisation of Agricultural Drought*. 4, 137–148. <https://doi.org/10.1007/s40710-017-0219-x>

Tigkas, D., Vangelis, H., & Tsakiris, G. (2019). Drought characterisation based on an agriculture-oriented standardised precipitation index. *Theoretical and Applied Climatology*, 135(3–4), 1435–1447. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2451-3>

Topçu, E., & Seçkin, N. (2022). Drought assessment using the reconnaissance drought index (RDI): A case study of Eastern Mediterranean, Seyhan, Ceyhan, and Asi basins of Turkey. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 10(2 B), 124–141. <https://doi.org/10.36909/jer.12113>

Tsakiris, G., Pangalou, D. Ve Vangelis, H. (2007). Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resources Management*, 21, 821–833.

Tsakiris, G., Nalbantis, I., Pangalou, D., Tigkas, D., & Vangelis, H. (2008). Drought meteorological monitoring network design for the reconnaissance drought index (RDI). *Proceedings of the 1st International Conference "Drought Management: Scientific and Technological Innovations". Zaragoza, Spain: Option Méditerranéennes, Series A*, 80, 57–62.

- Tsakiris, G., Pangalou, D., & Vangelis, H. (2007). Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water Resources Management*, 21(5), 821–833. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9105-4>
- Tsakiris, G., & Vangelis, H. (2005). Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water*, 9(10), 3–11.
- Varol, T., Atesoglu, A., Ozel, H. B., & Cetin, M. (2023). Copula-based multivariate standardized drought index (MSDI) and length, severity, and frequency of hydrological drought in the Upper Sakarya Basin, Turkey. *Natural Hazards*, 116(3), 3669–3683. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05830-4>
- WMO. (2023). Guidelines on the Definition and Characterization of Extreme Weather and Climate Events. In *Wmo* (Issue 1310).
- Yacoub, E., & Tayfur, G. (2017). Evaluation and Assessment of Meteorological Drought by Different Methods in Trarza Region, Mauritania. *Water Resources Management*, 31(3), 825–845. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1510-8>
- Yu, Y., Zou, S., & Whittemore, D. W. (1993). Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150, 61–80.
- Yüce, M. İ., Aksoy, H., Aytekin, A., Eşit, M., Uğur, F., Yaşar, İ., Şimşek, A., & Değer, İ. H. (2022). Samsun Province Drought Analysis with SPI and SPEI. *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences*, 25(3), 285–295.
- Yürekli, Kadri;Ünlükara, Ali; Yıldırım, M. (2010). Farklı Yaklaşımlarla Karaman İlinin Kuraklık Analizi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 19–23.