

## Ankara İli Ayaş İlçesinde Kuraklığın Değerlendirilmesi

Muhammed Cem AKCAPINAR<sup>1\*</sup>, Belgin ÇAKMAK<sup>1</sup>

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanlığı, Ankara, TÜRKİYE

Alınış tarihi: 15 Kasım 2021

Düzeltilme tarihi: 11 Aralık 2021

Kabul tarihi: 30 Aralık 2021

**Özet:** Türkiye ve dünyada son yıllarda kuraklık olaylarının sayı ve şiddetinde önemli artışlar gözlenmektedir. Kuraklık başlangıcı ve sonu net olarak belirlenemeyen, sonuçları yıkıcı felaketlere dönüşebilen, başta su kaynakları olmak üzere tarım, sanayi ve turizm sektörü ile yaban hayatı ve nüfusun yoğun olduğu kentlerde yaşamı tehdit eden önemli bir doğal afettir. Bu çalışmada, son yıllarda yağışların azalmasıyla birlikte kuraklık açısından riskli bölgeler arasında yer alan Ankara İli Ayaş İlçesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmada FAO-Penman Monteith (PM), Blaney Criddle (BC), Hargreaves Samani (HS) ve Thornthwaite (TW) yöntemleriyle potansiyel evapotranspirasyon (PET) değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. PM yöntemiyle hesaplanan yıllık ortalama evapotranspirasyon miktarına en yakın tahmini yapan yöntemin BC olduğu belirlenmiştir. Elde edilen evapotranspirasyon değerlerinden yararlanılarak Su Yılına göre Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI), Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI) ve Palmer Hidrolojik Kuraklık İndeksleriyle (PHDI) kuraklık analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçların değerlendirilmesi kuraklık indekslerinin şiddet sınıflandırmalarına göre Frekans Analizleriyle yapılmıştır. Böylece hem kuraklık indekslerinin hem de evapotranspirasyon tahmin yöntemlerinin karşılaştırılması sağlanmıştır. Ayaş İlçesi 37 yıllık zaman diliminde sıklıkla kurak dönemler geçirmiştir. PM yöntemi temel alınan 12 aylık SPEI analizine göre araştırma periyodunda 2 yıl olağanüstü, 5 yıl çok şiddetli, PDSI ve PHDI indekslerine göre ise 1 yıl olağanüstü, 7 yıl çok şiddetli kuraklıkların görüldüğü dönemler yaşanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** SPEI, Palmer, Blaney-Criddle, Hargreaves, Thornthwaite

## Evaluation of Drought in Ayaş District of Ankara Province

Received: 15 November 2021

Received in revised: 11 December 2021

Accepted: 30 December 2021

**Abstract:** In recent years, significant increases have been observed in the frequency and severity of drought events in Turkey and the rest of the world. Drought is a major natural disaster whose onset and end cannot be determined clearly, whose repercussions can be disastrous, and which poses a danger to water resources, agriculture, industry and tourism sectors, as well as wildlife and life in densely populated cities. In the research, the Ayaş District of Ankara Province, which is among the risky regions in terms of drought, has been determined as the study area due to its decreased precipitation in recent years. In the study, potential evapotranspiration (PET) values have been calculated using FAO-Penman Monteith (PM), Blaney Criddle (BC), Hargreaves Samani (HS) and Thornthwaite (TW) methods, and the results have been compared. It has been determined that the method that makes the closest estimation to the annual average evapotranspiration amount calculated by the PM method is BC. Drought studies have been conducted with the Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI), Palmer Drought Severity Index (PDSI), and Palmer Hydrological Drought Index (PHDI) indexes based on the Water Year and utilizing the PET values obtained. The results have been evaluated using Frequency Analysis in accordance with the drought indices' severity ratings. Thus, a comparison of both drought indices and PET estimation methods has been provided. In the last 37 years, the Ayaş District has endured numerous drought periods. According to the 12-month SPEI analysis based on the PM method, two years of extreme drought and five years of very severe drought were experienced, while the PDSI and PHDI indices indicated one year of extreme drought and seven years of very severe drought

**Key words:** SPEI, Palmer, Blaney-Criddle, Hargreaves, Thornthwaite

**To Cite:** Akcapinar M.C., B. Cakmak 2021. Ankara İli Ayaş İlçesinde Kuraklığın Değerlendirilmesi. Journal of Biosystems Engineering 2 (2): 119-130

## 1. Giriş

Türkiye Akdeniz Havzasında kıyısı bulunması nedeniyle iklim değişikliği kaynaklı doğal afetlerle karşılaşma riski oldukça yüksek bir ülkedir. Bu doğal afetlerin en önemlilerinden birisi tespitinin zor, etkisinin uzun süreli ve mücadele maliyetinin yüksek olması nedeniyle kuraklıktır. Türkiye’de kuraklık, son yıllarda özellikle kuru tarla tarımının yoğun yapıldığı yörelerde sıklıkla görülmekte, tarımsal faaliyetleri ve buna bağlı olarak üretimleri olumsuz yönde etkilemektedir. Kuraklıkla mücadelenin etkin biçimde sürdürülmesi; iklim değişikliğinin etkilerine uyum süresini kısaltacak bütüncül risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi ve bu stratejilerin başarılı şekilde uygulanmasına bağlıdır. Kuraklığın düzenli olarak izlenmesi ise kuraklıkla mücadele çalışmalarını yönlendirmesi nedeniyle temel unsuru oluşturmaktadır. Bu amaçla Türkiye’de ve dünyada konunun tüm detaylarıyla incelenmesine yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Türkeş ve ark. (2009) Konya’da kuraklığın Palmer Kuraklık Şiddeti İndeksi (PDSI) kullanılarak belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmada potansiyel evapotranspirasyonu Thorntwaite yöntemiyle hesaplamışlar ve analizlerin sonucunda 1972-1974 ve 1999-2001 yıllarında “oldukça şiddetli kuraklığın” yaşandığını belirtmişlerdir. Bağçacı ve Şarlak (2019), Karaman ilinde Penman Monteith (PM) yöntemiyle belirlenen potansiyel evapotranspirasyon miktarları ile Turc (TC), Makkink (MK), Priestley Taylor (PT), Jensen Haise (JH), Hargreaves Samani (HS), Blaney Criddle (BC), Thornthwaite (TH) yöntemlerinden belirlenen miktarlarla karşılaştırmasını yapmış ve Turc (TC) yönteminin Penman Monteith (PM) ile 0.97’lik korelasyon katsayısı ile en uyumlu sonucu verdiğini bulmuşlardır. Liu ve ark. (2021), Çin’in Sichuan eyaletinde farklı jeomorfolojilerin kuraklık özelliklerini keşfetmek için 44 meteoroloji istasyonunun verilerine dayanarak SPI ve SPEI değerlerini hesaplamışlar ve 1961-2019 arası dönemde kuraklık durumunu değerlendirmişlerdir.

Bu çalışmada Ankara ilinin tarımsal açıdan en önemli ilçelerinden Ayaş’ta kuraklığın farklı yönlerden ele alınması amaçlanmış ve konunun temelini oluşturan en önemli parametre olan evapotranspirasyonun farklı yöntemlerle tahmin edilmesi üzerinde durulmuştur.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak belirlenen Ayaş ilçesi Ankara ilinin kuzeybatısında yer almakta olup, kış ayları soğuk, yaz ayları ise sıcak ve kurak olan karasal iklim özelliklerini taşımaktadır. İlçede yıllık ortalama sıcaklık 11.4 °C, ortalama yağış miktarı ise 439.7 mm’dir. Tarımsal faaliyet olarak hububat, bakliyat, sebze, meyve ve şekerpancarı üretimleri gerçekleştirilmektedir (Demirci, 2017).

Araştırmada Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Ayaş istasyonuna göre 1984-2021 dönemi günlük meteorolojik verileri, NASA Yer Bilimi/Uygulamalı Bilim Programı aracılığıyla finanse edilen NASA Langley Araştırma Merkezi (LaRC) POWER Projesi'nden elde edilmiştir (NASA, 2021).

## 2.2. Yöntem

Çalışmada SPEI analizleri 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlara göre yapılmıştır. Tüm analizlerde Su Yılı (Ekim-Eylül) temel alınmıştır. Potansiyel evapotranspirasyon (PET) hesaplarında Penman Monteith (PM) yöntemi referans alınmış ve diğer yöntemlerle de analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların indeks sınıflandırmalarına göre frekans analizleri ve karşılaştırılmaları da yapılmıştır. PET hesaplama yöntemlerinin aralarındaki ilişkiler korelasyon analiziyle incelenmiş ve sonuçlar kutu grafiğiyle de değerlendirilmiştir. Kutu grafiği (Boxplot) veri analizinde MS Excel ve Minitab programlarından yararlanılmıştır. Çalışmada Thornthwaite (TW) ve Hargreaves Samani (HS) yöntemiyle PET hesaplamaları ile SPEI, PDSI ve PHDI indeksleriyle kuraklık analizleri, istatistiksel hesaplama ve grafikler için entegre geliştirme ortamı olan “R-Studio” ile yapılmıştır (RStudio Team, 2020). Blaney Criddle yöntemiyle PET hesaplanmasında ise “DrinC” (Tigkas ve ark., 2015) paket programı kullanılmıştır.

**Penman Monteith yöntemi:** Çok sayıda iklim verisine (sıcaklık, nispi nem, rüzgâr hızı ve güneşlenme şiddeti) ihtiyaç duyan Penman Monteith yöntemi kullanılmış (Allen ve ark., 1998) ve hesaplamalar “FAO-ET<sub>0</sub> Calculator” (FAO, 2012) programıyla yapılmıştır.

**Blaney Criddle yöntemi:** Ortalama sıcaklık verilerine ihtiyaç duymaktadır. Sonuçların daha kaba olması nedeniyle aylık bitki su tüketimlerinin hesaplanmasında tercih edilmesinin daha uygun olduğu görülmekte (Güngör ve ark., 2018) ve belirtilen aydaki ortalama evapotranspirasyon değeri genel olarak FAO modifikasyonu ile hesaplanmaktadır (Doorenbos ve Pruitt, 1977).

**Thornthwaite yöntemi:** Herhangi bir bölgenin potansiyel evapotranspirasyonu, o bölgeye ait aylık ortalama sıcaklık değerlerinden faydalanılarak hazırlanır (Thornthwaite ve Mather, 1955).

**Hargreaves Samani yöntemi:** Ortalama sıcaklık ve atmosfer dışı radyasyon verilerinin yardımıyla evapotranspirasyonun tahmininde kullanılmaktadır (Hargreaves ve Samani, 1985).

**Standartlaştırılmış yağış evapotranspirasyon indeksi (SPEI):** SPEI, 1 aydan 48 aya kadar olan periyotlar için hesaplanabilir. Girdi olarak aylık yağış ve sıcaklık verileri

kullanılmaktadır (Svoboda ve Fuchs, 2016). SPEI ve Palmer (PDSI, PHDI) indeks sınıflandırması Çizelge 1'deki gibidir (MGM, 2021).

Çizelge 1. SPEI ve Palmer indeksleri sınıflandırması

SPEI	Sınıflandırma	Palmer (PDSI, PHDI)	Sınıflandırma
2.0 ve daha fazla	Olağanüstü Nemli	4.0 ve daha fazla	Aşırı Nemli
1.60 / 1.99	Aşırı Nemli	3.00 / 3.99	Çok Nemli
1.30 / 1.59	Çok Nemli	2.00 / 2.99	Orta Nemli
0.80 / 1.29	Orta Nemli	1.00 / 1.99	Az Nemli
0.51 / 0.79	Hafif Nemli	0.50 / 0.99	Nemli Devre Başlangıcı
0.50 /-0.50	Normal Civarı	0.49 /-0.49	Normal Civarı
-0.51 /-0.79	Hafif Kurak	-0.50 /-0.99	Kuru Devre Başlangıcı
-0.80 /-1.29	Orta Kurak	-1.00 /-1.99	Hafif Kurak
-1.30 /-1.59	Şiddetli Kurak	-2.00 /-2.99	Orta Kurak
-1.60 /-1.99	Çok Şiddetli Kurak	-3.00 /-3.99	Şiddetli Kurak
-2.0 ve daha düşük	Olağanüstü Kurak	-4.0 ve daha düşük	Aşırı Kurak

Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (www.mgm.gov.tr)

Çalışmada öncelikle yukarıda bahsedilen yöntemlerle PET tahminleri yapılmıştır. Daha sonra toplam yağış değerleri ( $P_i$ ) ile belirlenen evapotranspirasyon ( $PET_i$ ) değerleri arasındaki fark alınarak su dengesi (SD) hesaplanmakta ve su dengesi farkı log-lojistik olasılık dağılımı olarak normalize edilmektedir (Vicente–Serrano, 2010; Liu ve ark. 2021).

**Palmer kuraklık şiddeti indeksi (PDSI):** Aylık sıcaklık ve yağış verileri kullanılmaktadır. Palmer sıcaklık verileriyle birlikte bir su dengesi modelini de kullandığından, potansiyel evapotranspirasyondaki değişiklikler yoluyla küresel ısınmanın kuraklık üzerindeki temel etkisini yakalayabilir. Bu nedenle PDSI'nin, uzun vadeli kuraklığı ölçmekte oldukça başarılı olduğu kabul edilmektedir (Dai, 2012).

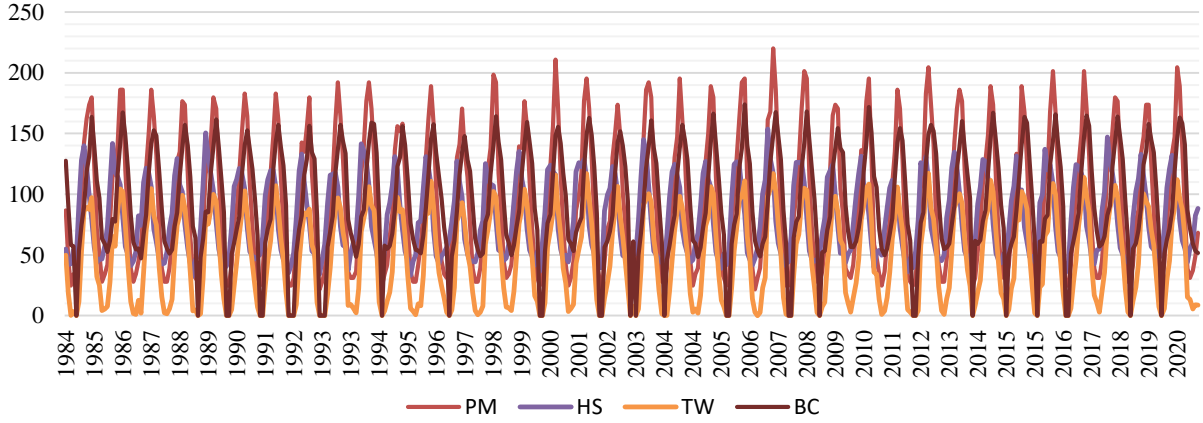
Palmer'de  $i$ 'nci ay için hesaplanan PDSI değeri  $X_i$  ile ifade edilir ve  $X \geq 1.0$  ise nemli,  $X \leq -1.0$  olduğunda ise kurak dönemin (Çizelge 1) başladığı kabul edilmektedir. Aradaki dönem ise kurak ve nemli dönemlerin başlangıçlarını göstermektedir (Türkeş ve ark., 2009).

**Palmer hidrolojik kuraklık şiddeti indeksi (PHDI):** Palmer tarafından 1960'larda Amerika Birleşik Devletleri Hava Bürosu (USWB) tarafından geliştirilen kuraklık indeks paketinin bir diğer parçasıdır. PDSI temeline dayanmaktadır ve uzun vadeli kuraklığı (hidrolojik) hesaba katacak şekilde modifiye edilmiştir (Palmer, 1965; IDMP, 2021).

### 3. Bulgular ve Tartışma

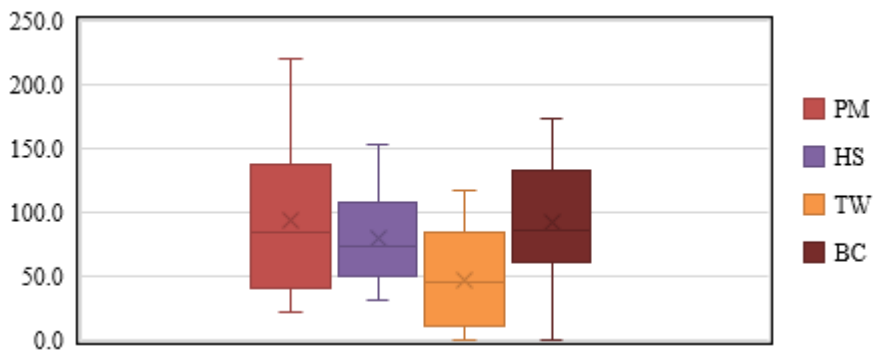
Gerçekleştirilen analizlere göre; PM ve HS yöntemleri arasında zayıf ( $r=0.375$ ) bir ilişki görülürken, PM ve BC yöntemleri arasında daha yüksek düzeyde ( $r=0.616$ ) bir ilişki söz konusudur. PM yöntemi PET tahminleriyle en yüksek ilişki ( $r=0.952$ ) TW yöntemiyle gerçekleştirilen PET tahminleri arasında belirlenmiştir. En dikkat çekici evapotranspirasyon

değeri PM yöntemiyle 2007 yılı temmuz ayında 220.1 mm olarak belirlenmiştir. Aynı dönemde evapotranspirasyon değerleri HS yöntemiyle 117.1 mm, T yöntemiyle 117.0 mm ve BC yöntemiyle 149.1 mm olarak belirlenmiştir. Şekil 1’de yöntemlerin grafiksel karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 1. Ayaş İlçesinde Penman Monteith ve alternatif yöntemlerin PET tahminleri karşılaştırması

Kutu grafiği veri analizine göre; yöntemlerin hiçbirinde dağılımı bozacak aykırı bir değer bulunmamaktadır. En geniş veri aralığı (97.98 mm) PM yöntemiyle, en dar veri aralığı (57.35 mm) ise HS yöntemiyle yapılan hesaplamalarda belirlenmiştir (Şekil 2). PM ve TW yöntemlerinde ortanca değerlerin (medyan) birbirine yakın (83.70 mm ve 86.38 mm) olduğu görülmektedir. En düşük evapotranspirasyon değerleri ise TW yöntemiyle belirlenmiştir (Çizelge 2).



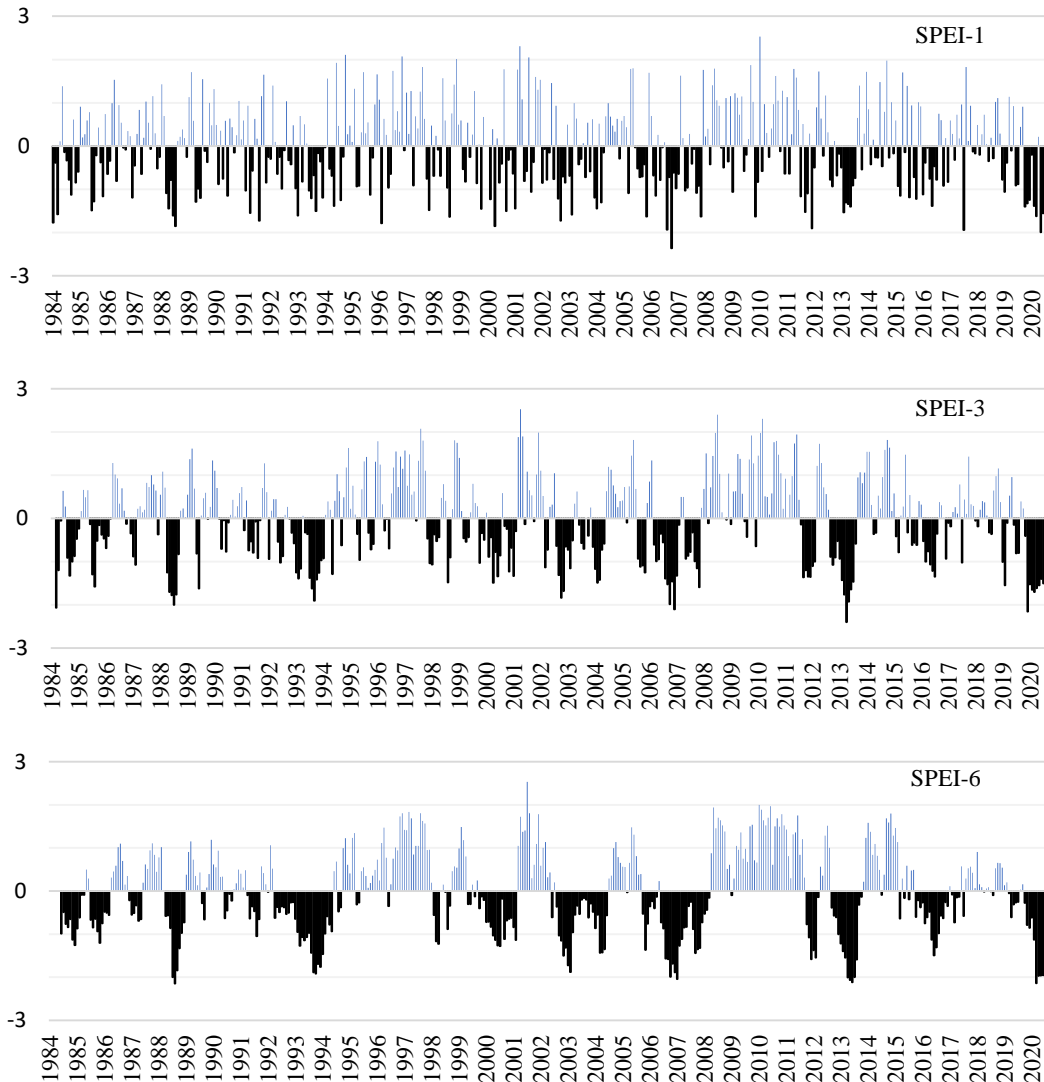
Şekil 2. Ayaş İlçesinde Penman Monteith ve alternatif yöntemlerin aylık PET tahminleri kutu grafiği

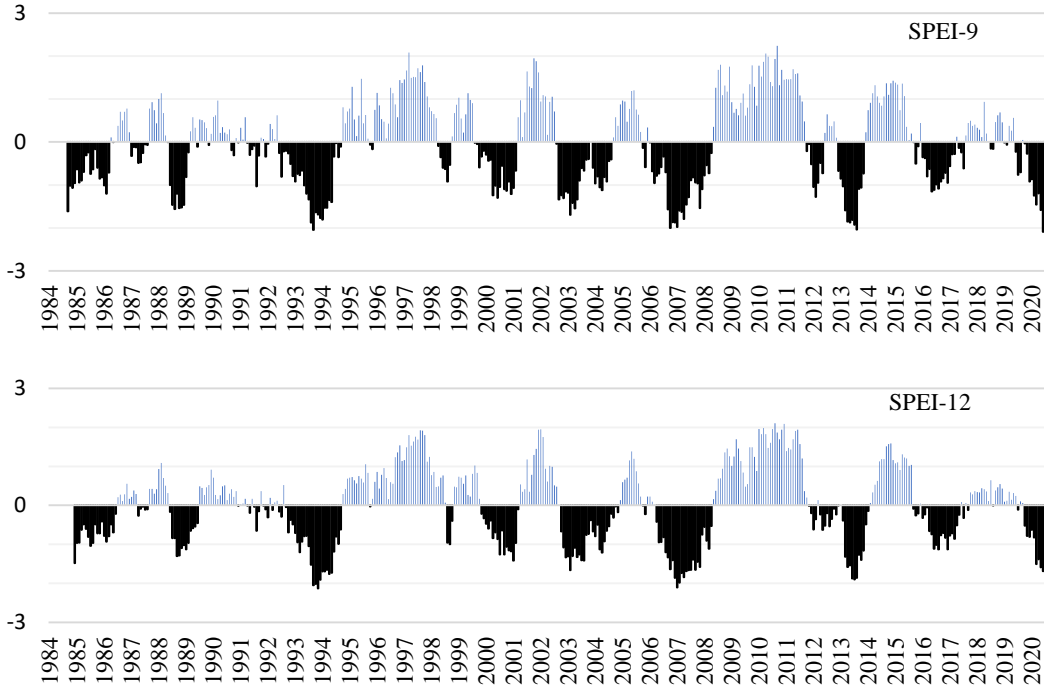
Çizelge 2. Kutu grafiği veri analizi

Yöntem	Q1	Q3	Q3-Q1 Aralığı	Medyan	Uç Değerler	N (Değer Sayısı)	Aykırı Değer
PM	40.03	138.01	97.98	83.70	21.7/220.1	438	-
HS	50.35	107.70	57.35	72.95	32.3/153.6	438	-
TW	10.77	83.94	73.17	44.78	0.0/117.3	438	-
BC	60.69	133.51	72.82	86.38	0.0/173.9	438	-

### 3.1. SPEI analizleri

Ayaş ilçesinde SPEI-1 kuraklık analizlerine göre; 2006 yılında olağanüstü, 1984, 1988, 1991, 1993, 1996, 1998, 2000, 2002, 2005, 2006, 2007, 2009, 2011, 2017, 2020 yıllarında çok şiddetli kuraklıklar görülmüştür. SPEI-3 zaman ölçeğinde; 1984, 2003, 2013 ve 2019 yıllarında olağanüstü kuraklıklar, 1988, 1989, 1993, 2002, 2006, 2007, 2013 ve 2020 yıllarında çok şiddetli kuraklıkların etkili olduğu göze çarpmaktadır. Aynı periyotta 2008, 2010, 2014 ve 2018 yıllarında ise bu kez nemli ve/veya normali civarında seyrettiği belirlenmiştir. SPEI-6 analizlerinde ise; 1988, 2007, 2013 ve 2020'de olağanüstü kuraklıkların, 1993, 2003 ve 2006 yıllarında ise çok şiddetli kuraklıkların gerçekleştiği belirlenmiştir. 1995, 1996, 1997, 1999, 2009, 2010, 2014 ve 2018 yıllarında ise kuraklık yaşanmamıştır. SPEI-9 için analizlerde; 1993, 2006, 2013 ve 2020 yıllarında olağanüstü, 1984, 1994, 2003 ve 2007 yıllarında çok şiddetli kuraklık yaşanırken, 1987, 1990, 1995, 1996, 1997, 2009, 2010, 2014, 2015 ve 2018 yıllarında ise nemli ve normali civarında gerçekleşmiştir (Şekil 3).

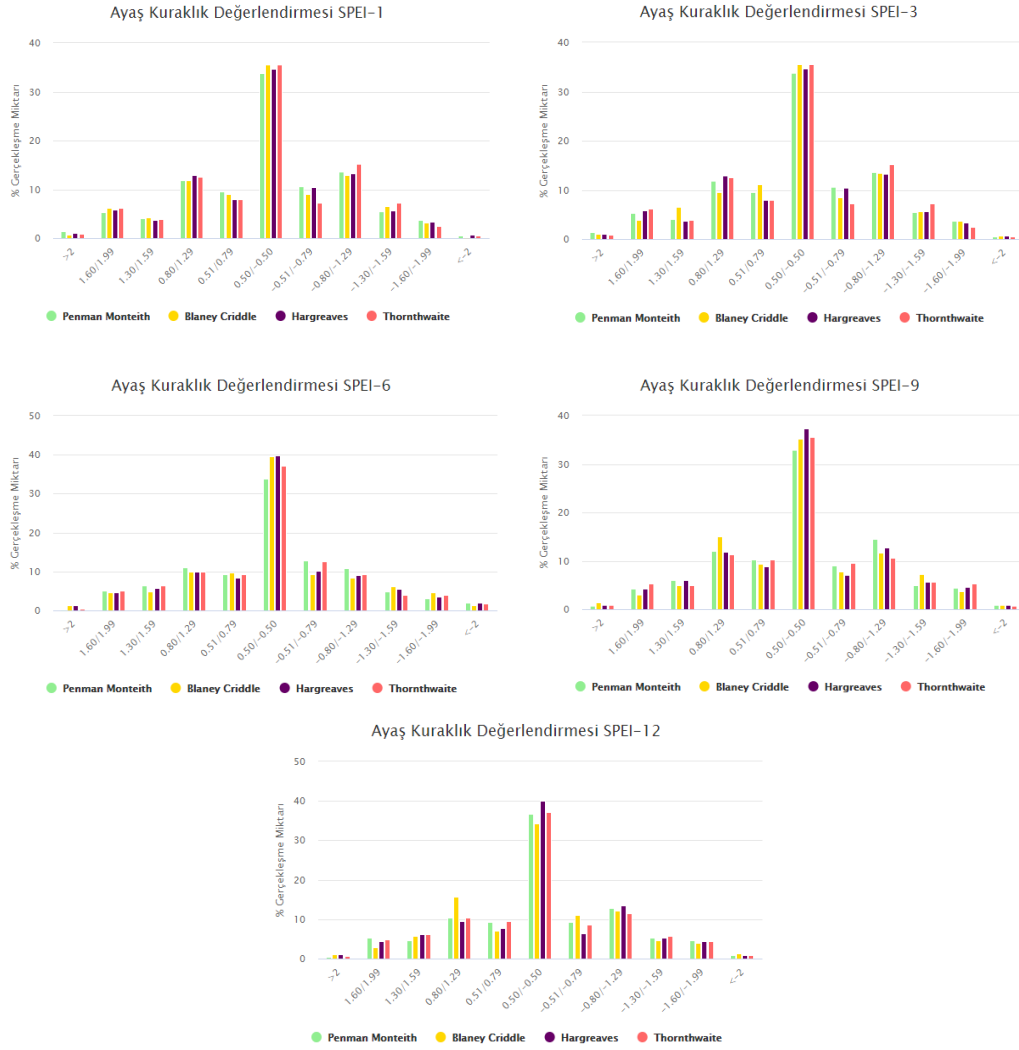




Şekil 3. Ayaş ilçesinde SPEI yöntemiyle 1, 3, 6, 9, ve 12 aylık kuraklık analizleri

SPEI-12'ye göre 1993 ve 2007 yıllarında olağanüstü, 1994, 2003, 2006, 2013 ve 2020 yıllarında ise çok şiddetli kuraklıklar dikkat çekmektedir. 1987, 1990, 1995, 1996, 1997, 1999, 2005, 2009, 2010, 2011, 2014, 2015 ve 2018 yıllarında ise kuraklık görülmemiştir. Bütün periyotlar için yapılan analizlerde bahsi geçmeyen yıllarda ise hafif, orta ve şiddetli kuraklıklar görülmüştür. Frekans analizlerine göre; PM ve diğer PET tahmin yöntemleriyle elde edilen kuraklık sonuçlarının birbirine yakın olduğu görülmektedir (Şekil 4). Tüm periyotlarda ‘% gerçekleşme miktarı’ en yüksek düzeyde “Normali Civarında” gerçekleşmiştir. PET tahmin yöntemleri açısından normalci civarında gerçekleşme miktarları; SPEI-1 için %33.8 (PM), %35.6 (BC), %34.7 (HS) ve %35.6 (TW), SPEI-3 için %35.2 (PM), %35.5 (BC), %35.0 (HS) ve %36.2 (TW), SPEI-6 için %33.9 (PM), %39.6 (BC), %39.9 (HS) ve %37.1 (TW), SPEI-9 için %32.9 (PM), %35.3 (BC), %37.4 (HS) ve %35.5 (TW) ve SPEI-12 için %36.7 (PM), %34.3 (BC), %36.7 (HS) ve %37.1 (TW) olarak belirlenmiştir.

Kurak ve nemli dönemlerin gerçekleşme sıklığının ise birbirine çok yakın seyrettiği görülmektedir. PET tahmin yöntemlerine göre normalci civarını aşan değerler “%kurak-nem” olarak SPEI-1 için %34.1-33.8 (PM), %32.1-32.2 (BC), %33.5-31.7 (HS), %32.9-31.6 (TW), SPEI-3 için %32.9-31.8 (PM), %32.1-32.4 (BC), %32.5-32.5 (HS), %31.9-32.0 (TW), SPEI-6 için %33.8-32.3 (PM), %29.9-30.4 (BC), %30.2-30.0 (HS), %31.9-32.0 (TW), SPEI-9 için %33.8-33.2 (PM), %31.1-33.7 (BC), %30.9-31.7 (HS), %31.8-32.7 (TW) ve SPEI-12 için %33.2-30.2 (PM), %33.2-32.5 (BC), %30.8-29.2 (HS), %31.1-31.6 (TW) şeklindedir (Şekil 4).

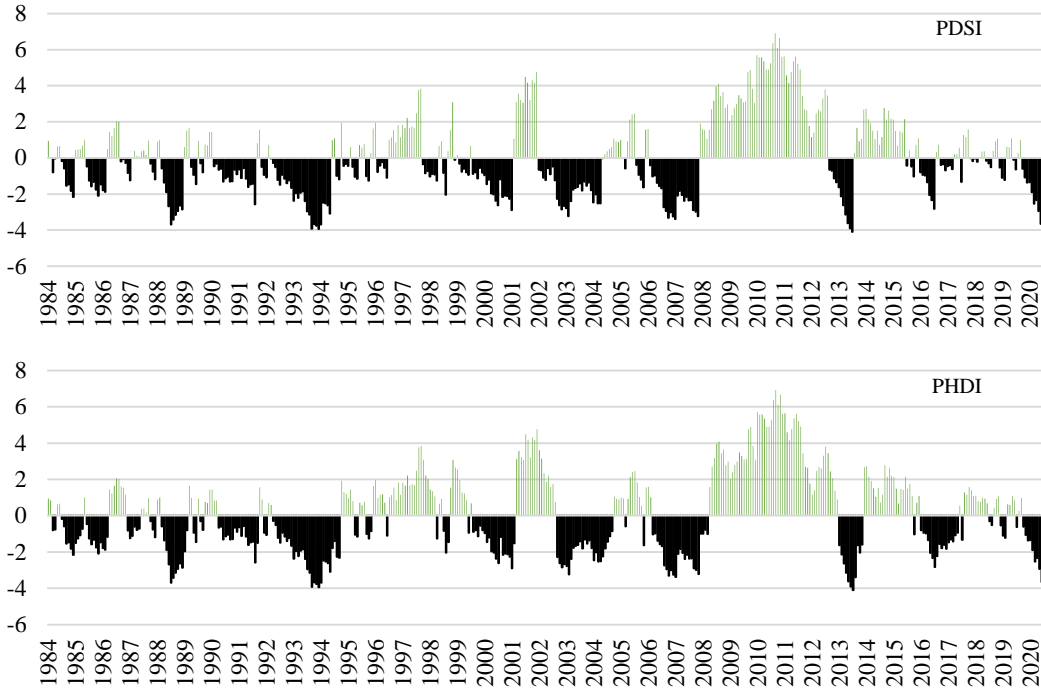


Şekil 4. PM ve diğer PET tahmin yöntemleriyle SPEI kuraklık analizleri karşılaştırması

### 3.2. PDSI ve PHDI analizleri

PDSI kuraklık analizine göre; 2013 yılında olağanüstü, 1988, 1991, 1993, 1994, 2003, 2006, 2007, 2020 yıllarında ise çok şiddetli kuraklıklar görülmüştür. PHDI analizlerinde ise 2013 yılında olağanüstü, 1988, 1993, 1994, 2003, 2006, 2007 ve 2020 yıllarında ise çok şiddetli kuraklıkların etkili olduğu göze çarpmaktadır. PDSI analizlerinde 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2014 yıllarında, PHDI analizlerinde ise 1997, 2009, 2010, 2011, 2012 ve 2014 yıllarında ise bu kez nemli ve/veya normal civarında seyrettiği belirlenmiştir (Şekil 5). PDSI ve PHDI analizlerinde diğer yıllarda ise kuru devrenin başlangıcından orta kuraklığa kadar değişen şiddetlerde kurak dönemler görülmüştür.

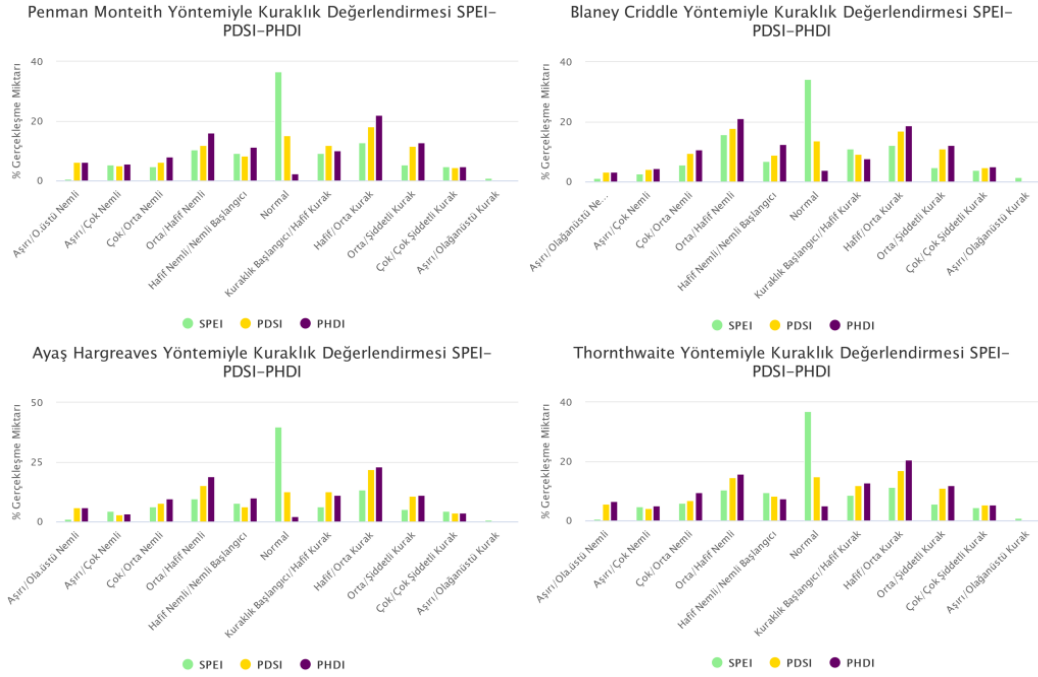




Şekil 5. PDSI ve PHDI yöntemleriyle kuraklık analizleri

SPEI-12, PDSI ve PHDI kuraklık indekslerinin birlikte frekans analizleri yapılmıştır (Şekil 6). Buna göre; PM ve diğer PET tahmin yöntemleriyle elde edilen kuraklık sonuçlarının PDSI ve PHDI indekslerinde birbirine oldukça yakın olduğu, SPEI-12’de ise “Normali Civarında” kuraklık değerlendirmesinin bütün PET tahmin yöntemleriyle gerçekleştirilen analizlerde daha yüksek, diğer sınıflandırmalarda ise genel olarak daha düşük sıklıkla görüldüğü belirlenmiştir. PDSI ve PHDI indekslerinde ise en yüksek gerçekleşme miktarlarının (%) BC hariç, “Hafif-Orta Kurak” şiddetinde olduğu görülmektedir. PET tahmin yöntemleri açısından Hafif-Orta Kurak gerçekleşme miktarları; PDSI için %18.3 (PM), %17.1 (BC), %22.1 (HS) ve %17.1 (TW) olarak, PHDI için %22.0 (PM), %18.7 (BC), %23.3 (HS) ve %20.6 (TW) olarak, SPEI-12 için %12.9 (PM), %12.1 (BC), %13.6 (HS) ve %11.4 (TW) olarak, belirlenmiştir. Kurak ve nemli dönemlerin gerçekleşme sıklığının birbirine çok yakın seyrettiği görülmektedir.

PET tahmin yöntemlerine göre “normali civarını” aşan değerler “%kurak-nem” olarak PDSI için %46.5-38.2 (PM), %42.3-44.0 (BC), %49.3-38.1 (HS), %45.3-39.7 (TW), PHDI için %49.8-47.7 (PM), %43.8-52.3 (BC), %49.6-48.3 (HS), %50.5-44.4 (TW) ve SPEI-12 için %33.2-%30.2 (PM), %33.2-32.5 (BC), %30.8-29.2 (HS), %31.1-31.6 (TW) şeklindedir (Şekil 6).



Şekil 6. PDSI, PHDI ve SPEI yöntemlerinin karşılaştırılması

#### 4. Sonuç

Ayaş İlçesi 12 aylık PM temelinde gerçekleştirilen SPEI analizine göre, 37 yıllık zaman periyodunda, 2 yıl olağanüstü, 5 yıl çok şiddetli, PDSI ve PHDI indekslerine göre ise 1 yıl olağanüstü ve 7 yıl çok şiddetli kuraklıkların görüldüğü dönemler yaşanmıştır. PDSI ve PHDI analizlerinde ise periyot boyunca en sık olarak “hafif-orta kurak” şiddetinde kuraklıkların yaşandığı belirlenmiş olup, PET tahmin yöntemlerine göre oluşan farklılığın çok büyük olmamakla birlikte SPEI indeksindeki duruma göre daha belirgin olduğu görülmüştür. Örneğin, SPEI-12 için en sık görülen “normali civarı” için %36.7 (PM), %34.3 (BC), %36.7 (HS) ve %37.1 (TW) görülürken, “hafif-orta kurak” şiddetindeki kuraklık için PDSI indeksinde %18.3 (PM), %17.1 (BC), %22.1 (HS) ve %17.1 (TW) olarak, PHDI indeksi içinse %22.0 (PM), %18.7 (BC), %23.3 (HS) ve %20.6 (TW) olarak belirlenmiştir.

Kuraklık sınıflandırmasıyla yapılan karşılaştırmada, SPEI indeksine göre bütün PET tahmin yöntemlerinde en sık görülen kuraklık şiddeti “normal civarında” olarak gerçekleşirken, PDSI ve PHDI indekslerine göre ise “hafif-orta kurak” şiddetinde kuraklık daha çok gerçekleşmiştir. SPEI indeksine göre “aşırı/olağanüstü kuraklık” sınıfına giren kuraklığa rastlanırken, PDSI ve PHDI indekslerinde hiçbir PET hesaplama yöntemine göre bu şiddette bir kuraklığa rastlanmamıştır. İncelenen yıllar içinde en kurak yılların SPEI-12’ye göre 1993 ve 2007, PDSI ve PHDI indekslerine göre ise 2013 yılı olduğu belirlenmiştir. Palmerde dağılımın hem kurak hem de nemli dönemlerde SPEI indeksine göre daha yüksek, normal

aralığında dağılımın ise SPEI indeksinden daha düşük oranda gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 6). Analizlerde bu durumun dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

PET tahmin yöntemleri birbirinden farklı evapotranspirasyon değerleri belirlemelerine rağmen, kuraklık analizlerinde birbirine yakın sonuçlar sunmaktadırlar. Bu nedenle yöre için kuraklık analizlerinde eldeki veri imkânı ve analiz tecrübesi ölçüsünde tüm yöntemler kullanılabilir olarak değerlendirilmiştir.

**Teşekkür:** Çalışmadaki katkılarından dolayı Elektrik-Elektronik Mühendisi Osman ESKİOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

**Yazar Katkısı:** Makaledeki tüm yazarlar eşit oranda katkı sağlamıştır.

**Çıkar çatışma beyanı:** Yazarlar çalışma konusunda çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

**Etik Kurul:** Makale etik kuruluş onayı gerektiren bir çalışma değildir.

## Kaynaklar

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. 1998. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Guidelines for computing crop water requirements “Crop evapotranspiration”. Food and Agric. Organization of the United Nations, Rome, Italy, 300 pp.
- Bağçacı, S. Ç. Şarlak, N. 2019. Karaman İli Potansiyel Evapotranspirasyon Tahmini, Toprak Su Dergisi, 1-8.
- Dai, A., 2012. NCAR Climate Data Guide “Palmer Drought Severity Index”. “<https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/palmer-drought-severity-index-pdsi>” Ağustos 27, 2021.
- Demirci, O., 2017. Ayaş Kaymakamlığı İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü “Ayaş Brifing 2017” <https://ankara.tarimorman.gov.tr/Menu/59/Ayas-Ilce-Mudurlugu>. Ağustos 27, 2021.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O. 1977. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24, Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Rome, Italy.
- FAO, 2012. FAO Land and Water Digital Series “ET0 Calculator”. <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/eto-calculator/es/>.
- Güngör, Y., Erözel, Z., Yıldırım, O. 2018. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1592, Ders Kitabı: 544. Ankara.
- Hargreaves, G.H., Samani, Z.A. 1985. Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. Applied Engineering in Agriculture, 1(2): 96-99.

- IDMP, 2021. Integrated Drought Management Programme (IDMP) “Palmer Hydrological Severety Index”. <https://www.droughtmanagement.info/palmer-hydrological-drought-index-phdi/>, Ağustos 27, 2021.
- Liu, C., Yang, C., Yang, Q., Wang, J. 2021. Spatiotemporal drought analysis by the standardized precipitation index (SPI) and standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) in Sichuan Province, China. *Scientific Reports*, 11(1), 1-14.
- MGM, 2021. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Kuraklık İzleme Yöntemleri ve Çeşitleri”, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx?d=yontemsinif#sfB>, Ağustos 30, 2021.
- NASA, 2021. NASA Langley Research Center (LaRC) “POWER Project”. <https://power.larc.nasa.gov/>, Last modified date:08/05/2021, Ağustos 16, 2021.
- Palmer, W.C., 1965. Meteorolojik Kuraklık . Araştırma Belgesi No. 45. Amerika Birleşik Devletleri Hava Bürosu. Washington.
- RStudio Team, 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Svoboda, M. D., Fuchs, B. A. 2016. Handbook of drought indicators and indices. World Meteorological Organization. Geneva, pp.1-44.
- Thornthwaite, C. W., Mather, J. R. 1955. The water balance. centerton: Drexel institute of technology. *Publications in climatology*, 8(1). 104p.
- Tigkas D., Vangelis H., Tsakiris G. 2015. DrinC: a software for drought analysis based on drought indices. *Earth Science Informatics*, 8(3):697-709. doi: 10.1007/s12145-014-0178-y
- Türkeş, M., Akgündüz, S., Demirörs, Z. 2009. Palmer Kuraklık İndisine göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(2), 129-144.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., López-Moreno, J. I. 2010. A multi-scalar drought index sensitive to global warming: Te standardized precipitation evapotranspiration index. *J. Clim.* 23(7), 1696–1718.