Artvin Çoruh Üniversitesi
Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi
Doğal Afetler ve Çevre Dergisi

Artvin Çoruh University
Natural Hazards Application and Research Center
Journal of Natural Hazards and Environment

Araştırma Makalesi / Research Article, Doğ Afet Çev Derg, 2022; 8(2): 292-304, DOI: 10.21324/dacd.1050918

Dicle Havzasındaki Bazı İstasyonlara ait Potansiyel Evapotranspirasyon Verilerinin Trend Analizi

Okan Mert Katipoğlu[1,*]

[1]*Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 24002, Erzincan.*

Özet

Potansiyel evapotranspirasyon (PET) değerlerindeki eğilimlerin belirlenmesi, iklim değişikliği ve kuraklık yönetimi, tarımsal su kaynaklarının daha verimli yönetimi ve sulama planlamasının optimal tasarımı konuları açısından büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada Dicle havzasında bulunan Batman, Cizre, Diyarbakır ve Hakkâri meteoroloji istasyonları için, 1964-2017 yılları arasında hesaplanan mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin trend analizleri gerçekleştirilmiştir. Trendlerin belirlenmesinde Şen in Yenilikçi Trend Analizi (ITA) ve Mann-Kendall Mertebe Korelasyon (MKMK) metotları kullanılmıştır. PET değerlerinin hesaplanmasında sıklıkla kullanılan, basit ve az veri gerektiren Thornthwaite metodolojisi tercih edilmiştir. Araştırma sonunda ITA yöntemine göre, havzada seçilen istasyonların PET verilerinde genelde istatistik açıdan anlamlı artış trendleri hakimken, Diyarbakır istasyonu için ilkbahar ve kış mevsimlerinde istatistik açıdan anlamlı azalan trendler tespit edilmiştir. MKMK testine göre, kış mevsimi dışında istasyon konumlarında PET değerlerinde anlamlı artışlar vardır. Ayrıca ITA ve MKMK testleri büyük ölçüde örtüşmekle birlikte bazı istasyonlarda ITA ile tespit edilen artış trendleri MKMK testi ile saptanamamıştır. Elde edilen sonuçlar tarımsal su kaynaklarının planlanması ve verimli bir şekilde kullanılmasında, küresel ısınmanın etkileriyle mücadele etmek için adaptasyon ve azaltma stratejileri geliştirilmesinde karar vericilere önemli bilgi temin etmektedir.

Anahtar Sözcükler

Potansiyel Evapotranspirasyon, Thornthwaite Denklemi, Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Testi, Yenilikçi Şen Trend Analizi, Dicle Havzası

Trend Analysis of Potential Evapotranspiration Data of Some Stations in the Tigris Basin

Abstract

Determining trends in potential evapotranspiration (PET) values is of great importance in climate change and drought management, more efficient management of agricultural water resources, and optimal design of irrigation planning. This study carried trend analyses of seasonal and annual PET values calculated between 1964 and 2017 for Batman, Cizre, Diyarbakır, and Hakkâri meteorological stations located in the Tigris basin. Şen's Innovative Trend Analysis (ITA) and Mann-Kendall Rank Correlation (MKRC) methods were used to determine the trends. Thornthwaite methodology, which is frequently used in the calculation of PET values, is simple and requires less data. At the end of the research, according to the ITA method, while the PET data of the stations selected in the basin generally had statistically significant increasing trends, statistically significant decreasing trends were determined for the Diyarbakır station in the spring and winter seasons. According to the MKRC test, there are significant increases in PET values at station locations, except for winter. In addition, although the ITA and MKRC tests overlap to a large extent, the increasing trends detected with ITA at some stations could not be determined by the MKRC test. The results obtained provide important information to decision-makers in planning and efficient use of agricultural water resources and developing adaptation and mitigation strategies to combat the effects of global warming.

Keywords

Potential Evapotranspiration, Thornthwaite Equation, Mann-Kendall Rank Correlation Test, Innovative Şen Trend Analysis, Tigris Basin

1. Giriş

Evapotranspirasyon (ET), terleme ile birlikte toprak, bitki örtüsü ve açık su yüzeyi bulunan alanlardan kaybolan toplam su miktarını ifade etmektedir. Su kaybı bitki yüzeyinden terleme (transpirasyon), toprak ve açık su yüzeylerinde ise buharlaşma ile meydana gelmektedir (Katul vd. 2012; Şarlak ve Bağçacı 2020). Nehirler, kanallar ve açık su toplama alanlarından buharlaşmanın ve bitkiler yoluyla terlemenin toplamı ET olarak adlandırılır ve sınırsız toprak nemi mevcut olduğunda potansiyel ET (PET) olarak ifade edilir (Madhu vd. 2015). Evapotranspirasyon, küresel atmosferik sistemin ısı ve kütle akışlarında çok önemli bir rol oynar.

* Sorumlu Yazar: Tel: +90 (446) 2240088 Faks: +90 (446) 2240077
E-posta: okatipoglu@erzincan.edu.tr (Katipoğlu O.M)

Gönderim Tarihi / Received : 30/12/2021
Kabul Tarihi / Accepted : 14/04/2022

Güneş ışığı, sıcaklık, rüzgâr ve atmosferik nem gibi çeşitli iklim değişkenlerine göre değişen toprak nemi ve evapotranspirasyon enerji ve nem transferindeki değişiklikleri izlemek için hassas bir araç sağlamaktadır (Shenbin vd. 2006). ET su döngüsünün vazgeçilmez bir parçasıdır ve hidrolojiden tarıma, ormancılıktan insan yaşamına kadar çok çeşitli bilimsel sektörler üzerinde büyük etkisi vardır (Allen vd. 1998). ET ayrıca kuraklık, toprak tuzluluğu, düşük nehir akışları ve yeraltı sularının tükenmesi gibi çeşitli hidrolojik tehlikeleri tetikleyen temel bileşenlerdendir (Dinpashoh vd. 2019). Bu nedenle ET değerlerindeki değişimlerin incelenmesi büyük öneme sahiptir.

ET, su kaynakları yönetimi ve sulama planlaması için gerekli olan hidrolojik döngünün önemli bir bileşeni olması nedeniyle sulama planlaması, tarımsal su talebi ve mahsul üretimi açısından büyük öneme sahiptir. ET değerlerine bağlı olarak su kaynaklarında meydana gelen eksiklikler mahsul büyümesini ve verimini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır (Mizyed 2009; Espadafor vd. 2011). Bu nedenle iklim değişikliği etkileri altında değişim gösteren ET değerlerindeki eğilimin analizi büyük öneme sahiptir. ET temel olarak hava sıcaklığı, güneş radyasyonu, bağıl nem ve rüzgâr hızı gibi dört meteorolojik değişkene bağlı olarak hesaplanabilmektedir (Allen vd. 1998). Veri mevcudiyetine bağlı olarak ET değerleri farklı ampirik denklemler ile hesaplanabilmektedir. ET değerleri yalnızca aylık ortalama hava sıcaklıkları gerektiren çok basit, ampirik temelli veya basitleştirilmiş denklemlere (Blaney ve Criddle 1950; Hargreaves ve Samani 1982, 1985), günlük hava sıcaklığı, güneş radyasyonu, rüzgâr hızı ve bağıl nemi gerektiren daha karmaşık, fiziksel temelli denklemlere [Örneğin FAO-56 Penman-Monteith (PM) (Monteith 1965; Allen vd. 1998) göre hesaplanabilmektedirler.

Son yıllarda, Şen (2012) tarafından geliştirilen yenilikçi eğim çözümlemesi herhangi bir varsayıma sahip olmaması sayesinde tüm zaman serilerinde kullanılabilmektedir. Bu yöntemin en önemli avantajlarından biri eğilimleri parçalı veya bütüncül olarak ifade edebilmesidir. Birçok araştırmacı bu yöntemi kullanarak hidro-meteorolojik zaman serilerinin eğilimini değerlendirmiştir (Saplioglu vd. 2014; Şen 2014; Dabanlı vd. 2016; Şen 2017a; Güçlü 2018; Şişman ve Kızılöz 2021). Öte yandan hidro-meteorolojik zaman serilerindeki trendin başlangıcının ve yönünün tespit edilmesi için birçok araştırmacı MKMK testine başvurmuştur (Sayemuzzaman ve Jha 2014; Bari vd. 2016; Tosunoğlu 2017; Topuz ve Karabulut 2018; Aydın ve Arif 2021; Yılmaz 2021)

PET değişkenindeki eğilimlerin belirlenmesi üzerine literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar genel olarak küresel iklim değişiminin PET üzerindeki etkileri üzerine odaklanmaktadır. Bu çalışmalar içerisinde öne çıkanlarından bazıları; Espadafor vd. (2011) temel iklim değişkenleri ve PET verilerindeki yıllık ve mevsimsel eğilimleri parametrik olmayan Mann-Kendall testi ile değerlendirmişlerdir. PET değerlerinin hesaplanmasında Penman-Monteith, Hargreaves, Blaney-Criddle, Radyasyon ve Priestley-Taylor metotlarından faydalanılmıştır. Sonuç olarak PET değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı artış trendleri görülmüştür. Shadmani vd. (2012) İran'ın kurak bölgelerinde bulunan 11 sinoptik istasyondaki aylık, mevsimlik ve yıllık PET değerlerindeki eğilimleri Mann-Kendall (MK) ve Spearman's Rho (SR) testleri ile analiz etmişlerdir. Bu araştırma sonuçları, bazı şehirler için PET eğilimlerinin arttığını, buna karşın bazı bölgelerde ise azalan eğilimlerin olduğu analiz edilmiştir. Pandey ve Pandey (2013) Orta Hindistan'da bulunan Tons Nehri Havzasındaki üç meteoroloji istasyonu için aylık, yıllık ve mevsimlik PET değerlerindeki trendleri MK ve Sen eğim metotları ile incelemişlerdir. Yıllık ve mevsimsel PET değerlerinde de önemli düşüş eğilimlerinin hâkim olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir araştırmada Vicente-Serrano vd. (2014) İspanya'da bulunan 46 meteoroloji istasyonunda 1961-2011 periyodundaki PET değerlerini on iki farklı metot ile tahmin ederek, PET değerlerinin mekânsal dağılım, zamansal değişkenlik ve eğilim analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda, sadece sıcaklık tabanlı olan Thornthwaite, Hargreaves gibi yöntemlerin daha karmaşık ve fazla meteorolojik veri gereksinimi olan Priestley–Taylor, Papadakis, FAO–Blaney– Criddle yöntemlerinden daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tüm yöntemlerin PET değerlerinde belirgin bir artış eğiliminin hâkim olduğu tespit edilmiştir. Arslan (2017) çalışmasında, Coutagne ve Turc yöntemleri aracılığı ile hesaplanan Niğde ilindeki PET değerlerinin trendlerini Mann Kendall Mertebe Korelasyon (MKMK) testi ile incelemiştir. Sonuç olarak her iki yöntem ile elde edilen PET değerlerinde anlamlı bir trendin olmadığı tespit edilmiştir. Jerin vd. (2021) Bangladeş'te bulunan 18 meteoroloji gözlem istasyonuna ait PET değerlerinin trendlerinin zamansal ve mekânsal değişimini analiz etmişlerdir. Ortalama sıcaklıktaki artışa rağmen, güneşlenme süresinde ve rüzgâr hızındaki azalmaya bağlı olarak PET değerlerinde azalış tespit edilmiştir. Bu çalışma önemli tarımsal alanların bulunduğu Dicle havzasındaki PET değerlerindeki eğilim ve değişim yılının analiz edildiği ilk çalışmalardan olması açısından önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, Şen'in Yenilikçi Trend Analizi (ITA), ve MKMK testi ile mevsimsel ve yıllık PET değerlerindeki trendlerin yönü ve trend değişim yıllarının belirlenmesidir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı ve Veriler

Çalışma alanı olarak seçilen Dicle havzası, Güneydoğu Anadolu Projesi bölgesinde bulunması nedeniyle bölgenin enerji üretimi ve tarımsal kalkınma açısından büyük öneme sahiptir. Dicle nehri, Türkiye'de doğar, Irak topraklarından geçer ve orada Fırat'la birleşerek Basra Körfezi'ne dökülmektedir. Dicle nehri güneybatı Asya'da bulunan ikinci en uzun nehirdir. Nehrin yaklaşık uzunluğu 1900 m'dir. Dicle nehrinin Türkiye sınırlarında bulunan ana kolları, Cizre'nin yukarısında yer alan Batman, Garzan ve Botan nehirleridir (Şen 2019).

Dicle nehrinin debisi ortalama 360 m³/sn dir. Eylül ayı ortalarında 55 m³/sn ile en düşük debi değeri görülürken, şubat sonunda 2263 m³/sn ile büyük en büyük debi değerini almaktadır (Yılmaz ve Peker 2013). Çalışma alanı bozkır bitki örtüsüne sahip yarı kurak bir iklim yapısına sahiptir. Havzanın kuzeydoğu kesiminde bulunan yazlar nispeten sıcak, kışlar ise soğuk ve kar yağışlıdır. Çalışmada kullanılan istasyonların bulunduğu havzanın güney kesiminde ise iklim kuru, yazlar sıcak, kışlar orta derecede ılık ve yağışlıdır. Çalışma alanında sıcaklıklar – 9 ile 48 °C arasında değişmektedir (Şen 2019).

Tablo 1: Çalışmada kullanılan istasyonlara ait topoğrafik bilgiler

İstasyon	Enlem	Boylam	Rakım
Hakkâri	37° 34' 12"	43° 44' 24"	1727
Batman	37° 51' 36"	41° 9' 36"	610
Cizre	37° 19' 48"	42° 12' 0"	400
Diyarbakır Havalimanı	37° 53' 24"	40° 12' 0"	674

Bu çalışmada, Dicle Havzası'nda bulunan 4 meteoroloji istasyonuna (17282 nolu Batman, 17950 nolu Cizre, 17280 nolu Diyarbakır havalimanı, 17285 nolu Hakkâri) ait 1964-2017 zaman periyodundaki ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan aylık ortalama sıcaklık verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan istasyonların topoğrafik özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur. Ayrıca çalışmada kullanılan sıcaklık verilerine ait istatistiksel parametreler Tablo 2'de ifade edilmiştir. Buna göre en yüksek ortalama sıcaklıklar Cizre istasyonunda görülürken en düşük ortalama sıcaklıklar Hakkâri istasyonunda görülmektedir. Ayrıca kış mevsiminde Diyarbakır istasyonu dışındaki istasyonlarda ortalama sıcaklık değerleri sıfırın altında değer almaktadır. Yaz mevsiminde ise ortalama sıcaklıklar 30 dereceye yaklaşmaktadır. En düşük sıcaklıklar Hakkâri istasyonunda görülürken en yüksek sıcaklıklar Cizre istasyonunda görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 2: *Çalışmada kullanılan sıcaklık verilere ait istatistiksel parametreler*

	Sıcaklık	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Yıllık
Hakkâri	Ortalama	8,10	23,05	12,76	-3,23	10,17
	Standart sapma	1,60	1,22	1,39	1,83	1,22
	Minimum	4,40	20,07	8,00	-7,27	7,36
	Maksimum	11,03	24,93	15,90	1,70	13,01
	Çarpıklık	-0,36	-0,36	-0,18	0,34	-0,05
	Basıklık	0,01	-0,58	2,22	0,44	0,05
Cizre	Ortalama	12,61	29,28	27,81	9,99	20,83
	Standart sapma	1,28	1,16	0,90	1,39	0,90
	Minimum	9,73	26,07	26,17	7,05	18,77
	Maksimum	15,90	31,37	30,17	13,25	22,67
	Çarpıklık	-0,08	-0,70	0,28	-0,07	-0,41
	Basıklık	-0,12	0,52	-0,30	-0,06	-0,23
Batman	Ortalama	14,58	28,99	17,43	3,84	16,21
	Standart sapma	1,05	0,91	0,92	1,83	0,86
	Minimum	12,23	26,77	15,37	-2,60	14,23
	Maksimum	17,70	30,77	19,90	7,10	17,77
	Çarpıklık	0,43	-0,44	0,28	-0,67	-0,24
	Basıklık	0,58	-0,12	0,23	1,59	-0,27
Diyarbakır Havalimanı	Ortalama	13,74	29,01	17,21	2,97	15,73
	Standart sapma	1,02	0,87	0,81	1,75	0,78
	Minimum	11,07	26,70	15,53	-1,77	13,12
	Maksimum	16,43	30,67	18,90	6,80	17,65
	Çarpıklık	0,13	-0,49	-0,02	-0,42	-0,52
	Basıklık	0,64	-0,13	-0,48	0,58	1,86

2.2. Run Homojenlik Testi

Run Homojenlik Testi, zaman serilerindeki homojenlik durumunu tespit edilmesi amacıyla kullanılan istatistiksel bir testtir. Run testine göre verilerin aynı toplumdan gelip gelmediği değerlendirilmektedir (Oliver 1981). Verilerin homojenliği hipotez testlerine göre kontrol edilir; H_0: veriler homojendir, H_1: veriler homojen değildir.

Bu test için zaman serisi ortalama veya medyan değerlerine göre kesilmektedir. Bu değerlerin üzerinde ve altında kalan değerler birinin diğerine geçiş sayılarının toplamı olan Run sayısı belirlenir. Run sayısı belirlendikten sonra homojenlik durumu Denklem1'e göre hesaplanır.

$$Z = \frac{r - \frac{2N_A N_B}{(N_A + N_B)} + 1}{\sqrt{\frac{2N_A N_B (2N_A N_B - N)}{N^2 (N-1)}}} \quad (1)$$

Burada Z test değerini, N veri adedini, N_A medyandan büyük olan veri adedini, N_B medyandan küçük olan veri adedini, R ise run sayısını ifade etmektedir.

Elde edilen Z değeri, ± 1,96 arasında ise %95 güven düzeyinde, ± 2,58 aralığında ise %99 güven düzeyinde verilerin rasgele (homojen) dağıldığı kabul edilir (Swed ve Eisenhart 1943; Toros 1993).

2.3. Thornthwaite Metodu ile PET Hesabı

Bu çalışmada PET değerlerinin hesaplanmasında Thornthwaite yöntemi kullanılmıştır. PET in hesabına ilişkin denklem aşağıda 2 numaralı eşitlik ile verilmiştir. Bu denklem yağış ve yeraltı sularınca sürekli olarak ve yeterince beslendiği kabul edilen zemin ve bitki örtüsünün bulunduğu vadiler için su dengesi tarafından belirlenen PET ile aylık ortalama sıcaklığı ilişkilendirir (Thornthwaite 1948).

$$PET = 16\, d\, (^{10T}/_{I})^{a} \quad (2)$$

Burada T, ayın ortalama sıcaklığıdır (°C), I, yıllık termal endekstir, yani aylık termal endekslerin (i) toplamıdır ve $[i = (^{T}/_{5})^{1,514}]$ eşitliği ile hesaplanır. d değerleri, enleme ve aya bağlı bir düzeltme faktörüdür. a değerleri ise Denklem 3 aracılığı ile hesaplanmaktadır.

$$a = 0{,}49 + 0{,}0179\, I - 0{,}0000771\, I^2 + 0{,}000000675\, I^3 \quad (3)$$

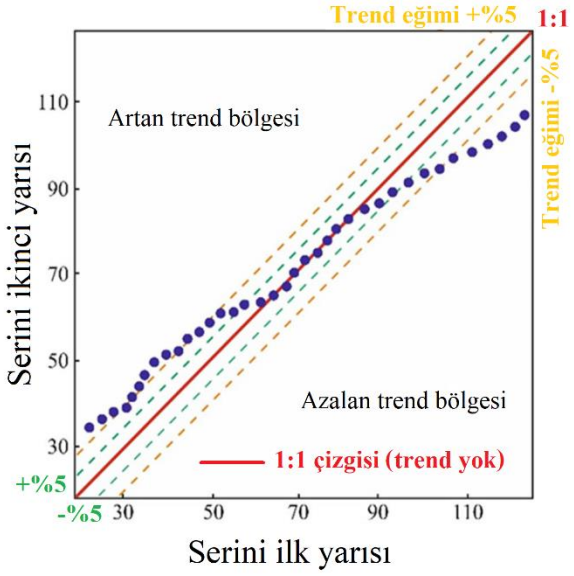
PET değerlerinin hesaplanması için kolaylık sağlayan Kuraklık Endeks Hesaplayıcı (DrinC) yazılımı kullanılmıştır.

2.4. Şen'in Yenilikçi Trend Analizi Yöntemi (ITA)

İlk olarak Şen (2012) tarafından önerilmiş olan ITA yöntemi hidro-meteorolojik değişkenlerdeki eğilimleri belirlemek için çok sayıda araştırmada kullanılmıştır. Zaman serisindeki monotonik, non monotonik, farklı alt gruplardaki trendleri ve ayrıca ITA grafiğini inceleyerek zaman serisi verilerinin farklı periyotlarındaki çeşitli trend kombinasyonlarını belirleyebilmektedir (Pour vd. 2020). ITA'yı gerçekleştirmek için sırasıyla aşağıdaki adımlar takip edilmektedir;

- Orijinal serinin verileri, eşit uzunlukta ve eşit sayıda gözlemden oluşan 2 alt seriye bölünür.
- Her seri artan bir düzende yeniden düzenlenir.
- İlk yarı döneme ait sıralı veriler ile ikinci yarım döneme ilişkin sıralı veriler karşılıklı eşleştirilerek tüm veri çiftleri Kartezyen koordinat sisteminde işaretlenir (Şekil 1).
- Veri noktaları 1:1 (45°) çizgisinde toplanıyorsa trend yoktur. Eğer veri noktalarının saçılımı 45° çizgisinin (1:1) üst (alt) kısmındaki üçgen alan içerisinde kalıyorsa artış (azalan) trend vardır (Şen 2012; Şen 2014).

Zaman içerisinde trend büyüklüğünü analiz etmek için ITA uygulamasına 1:1 düz çizgiye paralel ± %5 ve ± %10 gibi trend eğim çizgileri eklenmiştir (Dabanlı ve Şen 2018). Artan ve azalan trendleri görsel olarak değerlendirilmesinde kolaylık sağlamak amacıyla yüzde çizgilerinden faydalanılmıştır. Grafikteki ± %5 ve ± %10 eğim çizgileri, Denklem 4 kullanılarak 1:1 çizgiye paralel olarak çizilmiştir.



Şekil 1: ITA metodunun grafiksel anlatımı (Şişman ve Kizilöz 2021)

Şen (2017a) verilerin zaman serisindeki mevcut trend yapısını daha detaylı ifade edebilmek için ITA yöntemini %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyelerinde değerlendirmiştir. Trend eğiminin (*s*) belirlenmesi için Denklem 4'ü önermiştir.

$$s = \frac{2(\bar{y}_2 - \bar{y}_1)}{n} \tag{4}$$

Burada y_1 ve y_2 bağımlı değişkenin birinci ve ikinci yarısının aritmetik ortalamalarını ve n ise toplam veri sayısını göstermektedir. Pozitif (negatif) eğim değerleri artan (azalan) trendleri temsil ederken, sıfır eğim değeri bir trendin olmadığını gösterir. Bazen, eğim değerleri sıfırdan marjinal olarak daha büyük (küçük) olmasına rağmen bu durumda anlamlı bir pozitif (negatif) trend olmayabilir (Alashan 2020; Cui vd. 2017; Kambezidis 2018). ITA'nın anlamlılığını tahmin etmek için olasılık dağılım fonksiyonu (PDF) kullanılır. Ortalaması sıfır ve standart sapması σ_s olan bir standart normal PDF ait eğimin güven sınırları α anlamlılık düzeyinde aşağıdaki gibi verilmiştir:

$$CL_{(1-\alpha)} = 0 \pm S_{ITA}\ \sigma_s \tag{5}$$

ITA trendinin değerlendirilen eğiminin kritik değerden büyük olduğu tespit edildiğinde, sıfır hipotezi (eğim yok) reddedilir ve istatistiksel olarak anlamlı trendin olduğu sonucuna varılır (Şen 2017b; Zhou vd. 2018).

2.5. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon (MKMK) Testi

Bu test hidro-meteorolojik zaman serisindeki trendin başlangıcını ve yönünü ortaya çıkarılması için kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir. Bu metot, verinin mertebesini belirlemek için verileri sıralamaktadır. Her bir mertebe için kendinden önceki mertebelerden küçük olanlar sayılarak elde edilen n_i değerleri toplanır. n_i değerlerinin toplanması ile elde edilen test istatistik değerleri (t) aşağıda verilmiştir;

$$t = \sum_{i=1}^{n} n_i \tag{6}$$

Test istatistiklerinin ortalama $E(t)$ ve varyans $Var(t)$ değerleri

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad \text{ve} \quad Var(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \tag{7}$$

$u(t)$ istatistiklerinin sıralı değerleri

$$u(t) = \frac{[t - E(t)]}{\sqrt{Var(t)}} \tag{8}$$

Benzer şekilde, $u'(t)$ değerleri de serinin sonundan başlayarak geriye doğru hesaplanmaktadır. Bu test, ileri yönlü bir $u(t)$ ve geriye dönük bir $u'(t)$ olmak üzere iki seriye dayanmaktadır. $u(t)$ ve $u'(t)$ eğrilerinin birkaç kez üst üste gelişi, dizide herhangi bir eğilimin bulunmadığını göstermektedir.

Bu eğrilerin kesiştiği nokta, önemli bir trendin yaklaşık başlangıç yılını temsil eder. Eğrilerin birbirlerini keserek ayrıldığı nokta azalış ya da artış yönlü eğilimin başlangıcını gösterirken %95 güven sınırlarını (±1,96) aştığı nokta istatistiksel açıdan anlamlı trendlerin varlığın göstermektedir (Mosmann vd. 2004; Yılmaz 2021). Ayrıca *u(t)*'nin sıfıra yakın değerler alması trendin olmadığına işaret etmektedir (Gümüş 2006).

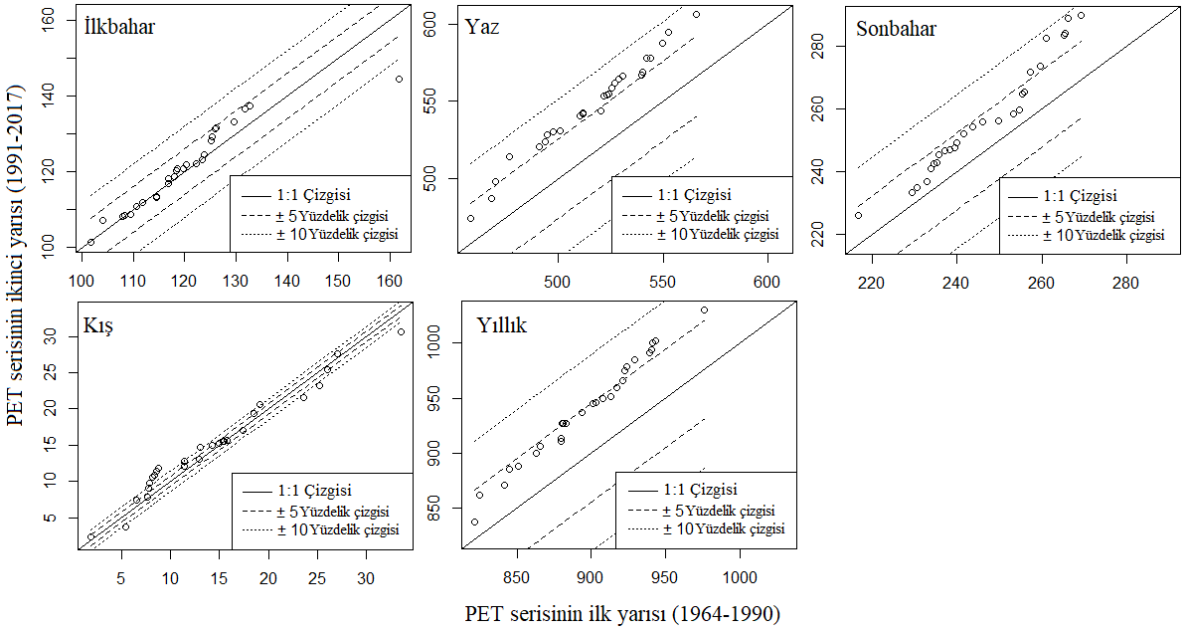
3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada Dicle havzasında seçilen bazı istasyonlardaki PET değerlerinin trendlerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ilk olarak Run testi ile PET değerlerinin hesabında kullanılan sıcaklık verilerini homojenlik durumu kontrol edilmiştir (Tablo 3). Analiz sonuçlarına göre Cizre, Batman ve Diyarbakır Havalimanı istasyonlarında hesaplanan Z değerleri ± 2,58 aralığında bulunması nedenle %99 güven düzeyinde homojen dağıldığı kabul edilmiştir. Hakkâri istasyonunda ise aralık dışında kalması nedeniyle homojen olmadığına karar verilmiştir ve trend analizine tabi tutulmamıştır.

Tablo 3: Run testi sonuçları

	Hakkâri	Cizre	Batman	Diyarbakır Havalimanı
Z	-3,842	-1,649	-0,824	0,000
Anlamlılık	0,000	0,099	0,410	1,000
Homojenlik	Homojen değil	Homojen	Homojen	Homojen

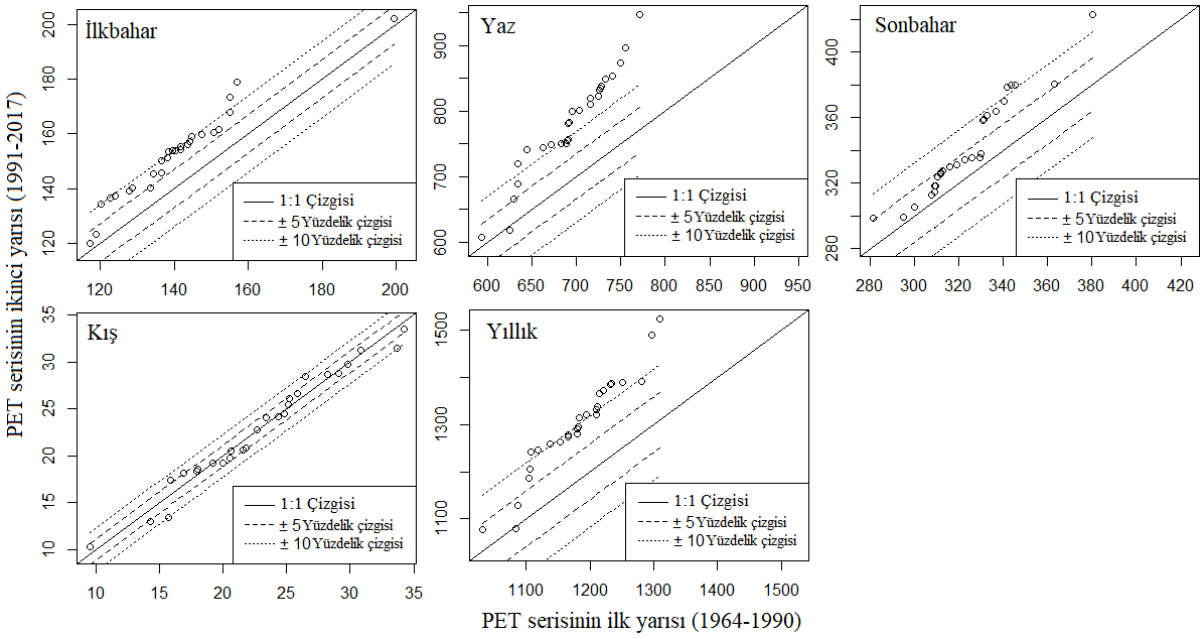
Çalışmada Dicle havzasında bulunan Batman, Cizre, Diyarbakır, meteoroloji istasyonlarındaki mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin eğilimleri ITA ve MKMK testleri ile analiz edilmiştir. 1964-2017 periyodundaki ortalama sıcaklık verileri kullanılarak Thornthwaite denklemi ile PET değerleri hesaplanmıştır. ITA yöntemi ile analiz edilen PET değerlerindeki eğilimler Şekil 2-4'te sunulmuştur. Batman istasyonu mevsimlik ve yıllık ITA eğilim grafikleri incelendiğinde, en önemli trendin yaz mevsiminde meydana geldiği görülmektedir. Analizlere göre yaz mevsimi eğilimi ortalama olarak %10'un üzerindedir. Yaz mevsiminden sonra en büyük buharlaşmaların yaşandığı yıllık değerlerde artış eğilimleri iki alt grupta incelenebilir. 850-925 aralığındaki PET değerleri için artış eğilimleri 0-5% aralığında gerçekleşirken 925 ve üzeri PET değerlerinde 5-10% aralığında artış eğilimi söz konusudur. İlkbahar mevsimine gelindiğinde 100-125 aralığındaki PET değerleri için kayda değer bir eğilim görülmezken 125 ve üzeri PET değerlerinde 0-5% aralığında artış eğilimleri görülmektedir. Kış mevsiminde bir kararsızlık hâkim olup, artış ve azalış yönünde hareketler söz konusudur (Şekil 2).



Şekil 2: Batman istasyonundaki PET değerlerindeki trend değişiminin ITA metodu ile analizi

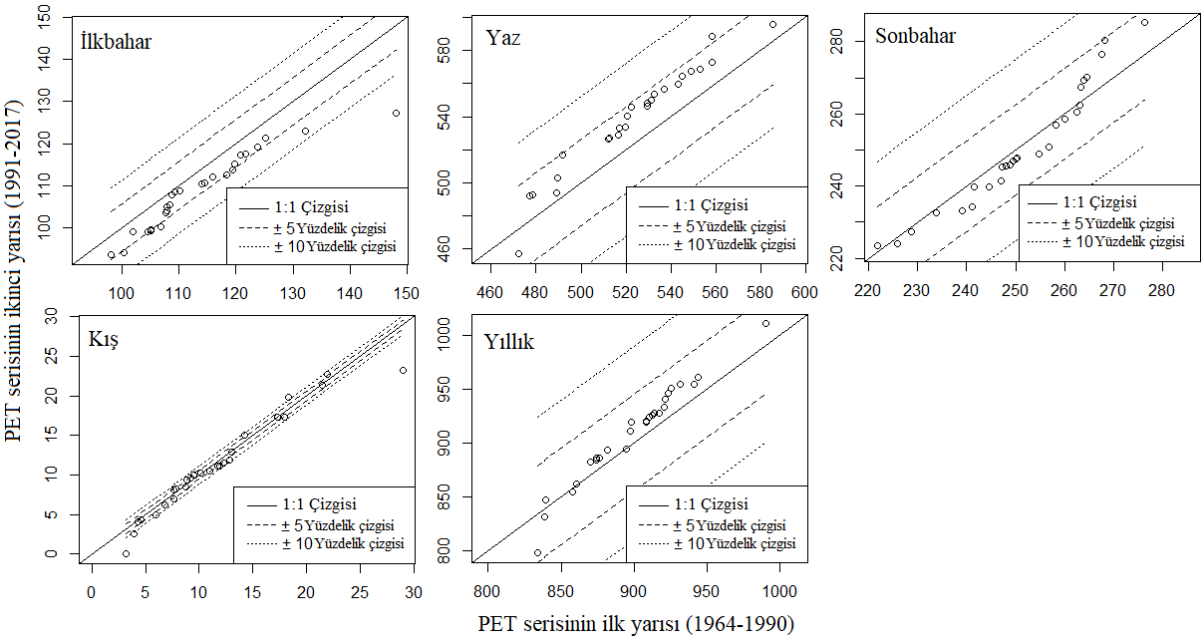
Cizre istasyonu mevsimlik ve yıllık ITA eğilim grafikleri incelendiğinde, en önemli trendin yaz mevsiminde ortaya çıktığı görülmektedir. Analizlere göre yaz mevsimi eğilimi ortalama olarak %10'un üzerindedir. Yaz mevsiminden sonra en büyük buharlaşmaların yaşandığı sonbahar aylarındaki artış eğilimleri iki alt grupta değerlendirilebilir.

280-340 aralığındaki PET değerleri için artış eğilimleri 0-5% aralığında gerçekleşirken 340 ve üzeri PET değerlerinde 5-10% aralığında ve birkaç yıl %10'un üzerinde artış eğilimi söz konusudur. İlkbahar mevsimine gelindiğinde artış eğiliminin genelde 5-10% mertebe aralığında gerçekleştiği görülmektedir. Kış mevsiminde bir kararsızlık hâkim olup, artış ve azalış yönünde hareketler söz konusudur. Genelde kış mevsiminde kayda değer bir değişim söz konusu değildir. Yıllık olarak ortalama %10'luk artış eğilimi söz konusudur (Şekil 3).



Şekil 3: Cizre istasyonundaki PET değerlerindeki trend değişiminin ITA metodu ile analizi

Diyarbakır istasyonu mevsimlik ve yıllık ITA eğilim grafikleri incelendiğinde, en önemli trendin yaz mevsiminde meydana geldiği görülmektedir. Analizlere göre yaz mevsimi eğilimi ortalama olarak %0-5 aralığındadır. Yaz mevsiminden sonra en büyük buharlaşmaların yaşandığı yıllık değerlerde ortalama %10'luk artış eğilimi mevcuttur. İlkbahar mevsimine gelindiğinde ortalama %5'lik azalış eğilimi görülmektedir. Sonbahar mevsiminde görülen PET değerlerinin eğilimi iki alt grupta değerlendirilebilir. 220-260 aralığındaki PET değerleri için 0-5% aralığında azalış eğilimleri gerçekleşirken 260 ve üzeri PET değerlerinde 0-5% aralığında artış eğilimi görülmektedir. Kış mevsiminde bir kararsızlık hâkim olup, artış ve azalış yönünde hareketler söz konusudur (Şekil 4).



Şekil 4: Diyarbakır istasyonundaki PET değerlerindeki trend değişiminin ITA metodu ile analizi

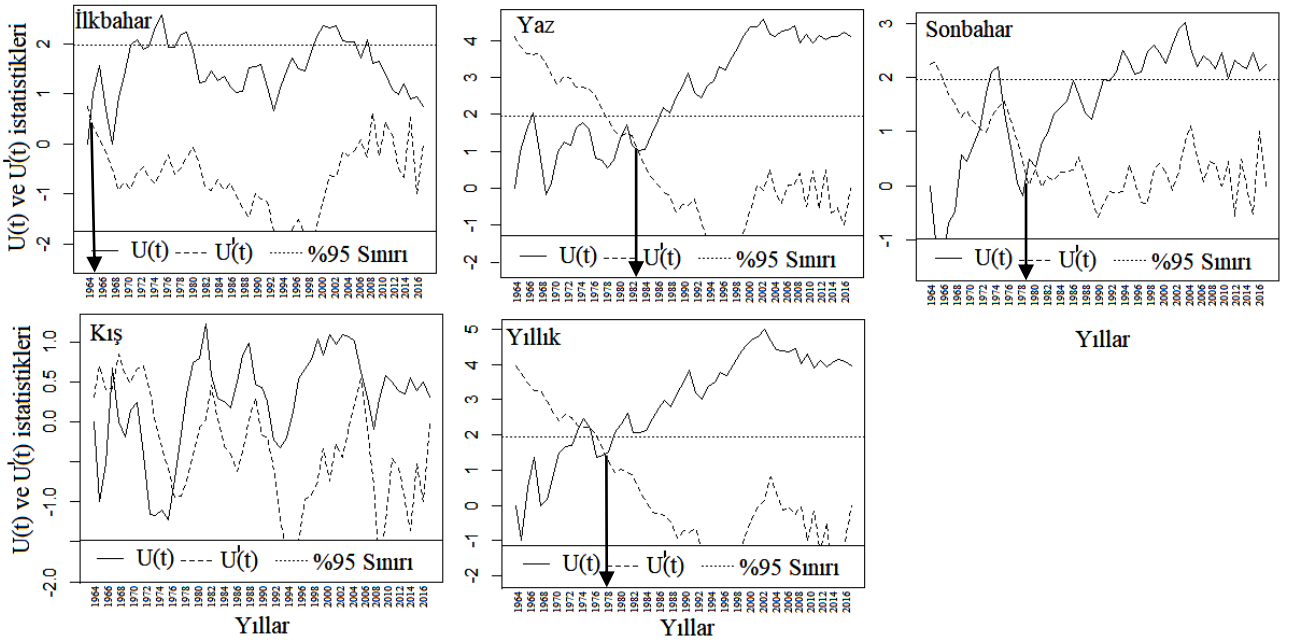
ITA eğimine göre eğilimin istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için Denklem 4 aracılığıyla %1 ve %5 anlamlılık seviyesindeki kritik değerler hesaplanmıştır. Elde edilen kritik değerler ITA eğimi ile karşılaştırılarak anlamlılık düzeyine karar verilmiştir. Örnek olarak Batman istasyonu yaz mevsiminde kritik alt ve üst sınırlar -0,059 ve +0,059 olarak belirlenmiştir. Bu aydaki eğim değeri (1,166) hesaplanan üst sınırdan +0,059'dan büyük olduğundan %1 anlamlılık düzeyinde artan trend olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Batman, Cizre ve Diyarbakır istasyonlarındaki PET değerlerinin ITA yöntemi ile elde edilen eğilimlerin yönü ve anlamlılık seviyeleri Tablo 4'de verilmiştir. Buna göre havzada genellikle %99 güven aralığında (%1 anlamlılık) artan PET trendlerinin hâkim olduğu görülmektedir. Sadece Diyarbakır istasyonunda ilkbahar ve kış mevsimlerinde %1 anlamlılık düzeyinde önemli düşüş trendi görülmektedir. Ayrıca ilkbaharda Batman istasyonunda istatistiksel açıdan önemsiz artış trendi mevcut iken, Kış mevsiminde Cizre ve sonbaharda Diyarbakır Havalimanı istasyonunda istatistiksel açıdan önemsiz azalış trendi görülmektedir (Tablo 4).

Tablo 4: ITA eğimine ait sonuçlar

		İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Yıllık
Batman	Eğim	0,032	1,166**	0,394**	0,019**	1,611**
	Anlamlılık %5	0,039	0,045	0,035	0,012	0,058
	Anlamlılık %1	0,052	0,059	0,045	0,016	0,076
	Trend	↔	↑	↑	↑	↑
Cizre	Eğim	0,438**	3,265**	0,660**	-0,0008	4,365**
	Anlamlılık %5	0,043	0,186	0,072	0,010	0,268
	Anlamlılık %1	0,057	0,244	0,095	0,013	0,352
	Trend	↑	↑	↑	↔	↑
Diyarbakır Havalimanı	Eğim	-0,180**	0,599**	-0,020	-0,017*	0,382**
	Anlamlılık %5	0,032	0,072	0,037	0,014	0,077
	Anlamlılık %1	0,041	0,095	0,049	0,018	0,101
	Trend	↓	↑	↔	↓	↑

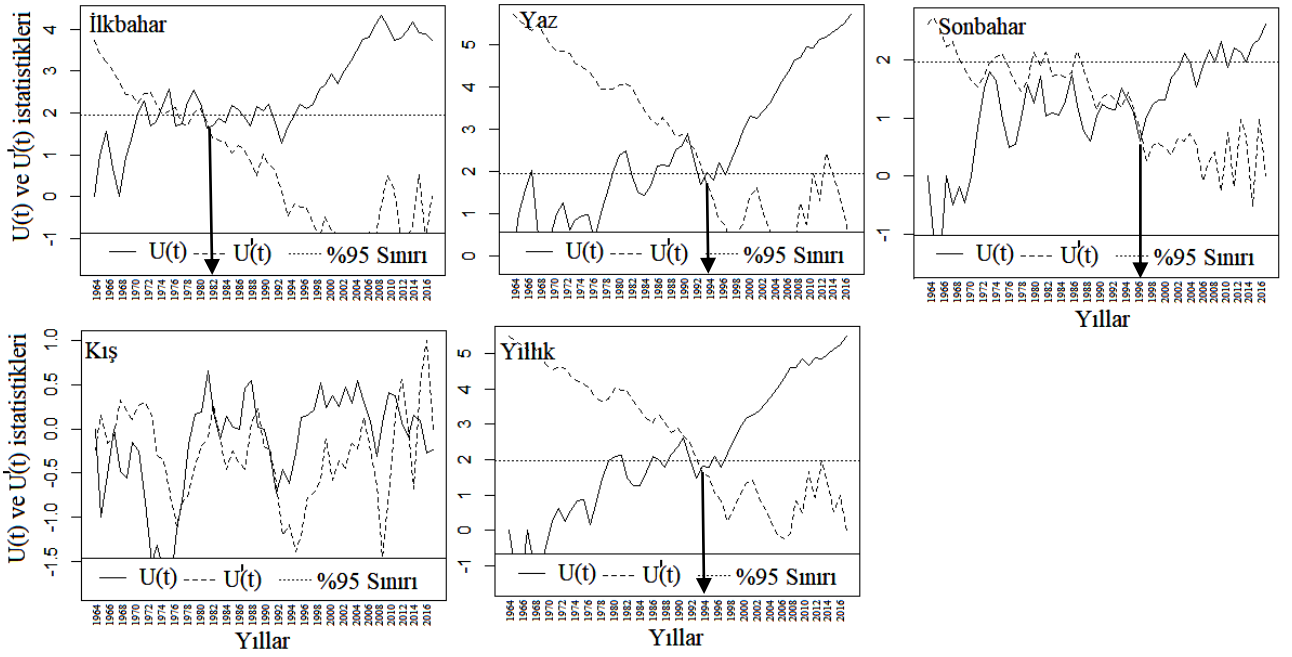
*** %1 anlamlılık düzeyinde eğilim ve * %5 anlamlılık düzeyinde eğilim*

Şekil 5'te Batman istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin MKMK testi grafikleri gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde ilkbaharda u(t) eğrisi, u'(t) eğrisini 1965 yılında kestikten sonra %95 güven sınırını (±1,96) aşmaktadır. Ancak gözlem periyodunun sonunda eğrilerin birbirine yaklaşması ve u(t) eğrisi güven sınırının altında son bulması nedeniyle anlamlı bir trendin varlığından bahsedilemez. Yaz mevsiminde 1982 yılında u(t) ve u'(t) eğrileri kesiştikten sonra %95 güven sınırını aşmaktadır. Bu nedenle PET değerlerinde 1982 yılında başlayan anlamlı artış trendlerinin meydana gelmektedir. Sonbahar mevsiminde ise PET değerlerinde 1979 yılında başlayan anlamlı artış trendlerinin meydana gelmektedir. Kış mevsiminde u(t) ve u'(t) eğrileri %95 güven sınırları içeresinde birbirlerine paralel olarak hareket etmesi anlamlı bir trendin olmadığına işaret etmektedir. Yıllık PET değerlerinde ise 1978 yılında başlayan %95 güven aralığında anlamlı artış trendlerinin hâkim olduğu görülmektedir.



Şekil 5: Batman istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK testi grafikleri

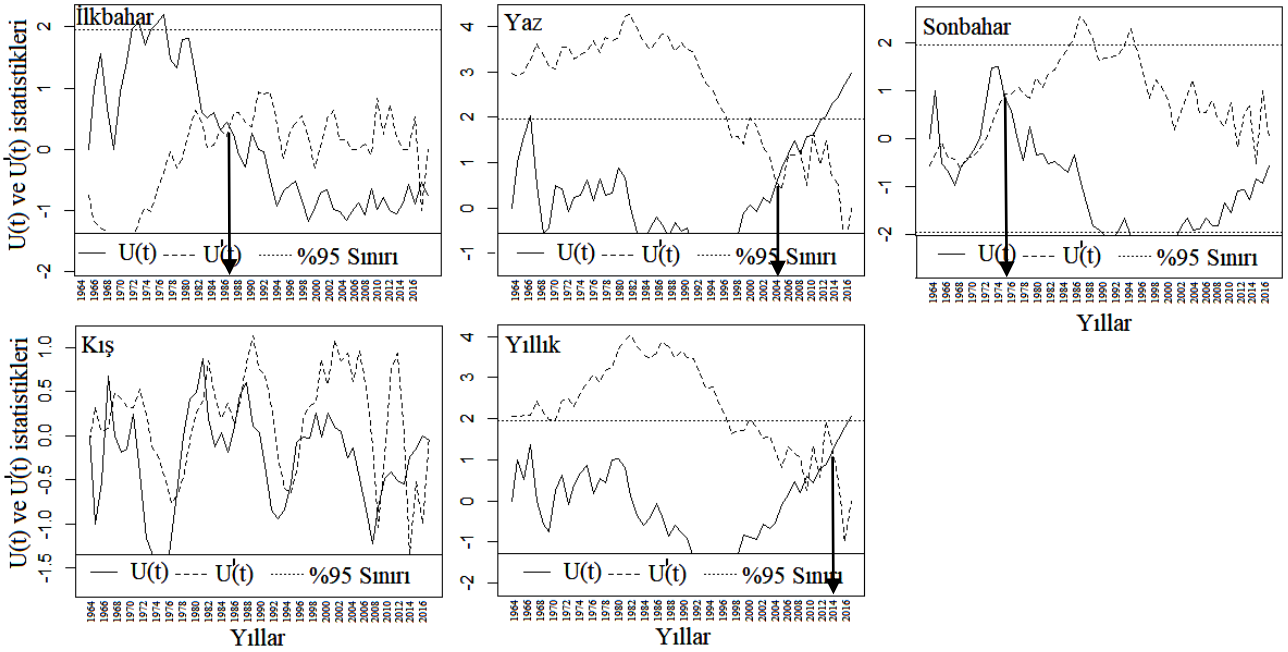
Şekil 6'da Cizre istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin MKMK testi grafikleri gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde ilkbaharda u(t) eğrisi, u'(t) eğrisini 1982 yılında kestikten sonra %95 güven sınırını aşmaktadır. Bu nedenle ilkbaharda PET değerlerinde 1982 yılında başlayan ve istatistiksel açıdan anlamlı artış trendi mevcuttur. Yaz mevsiminde 1994 yılında eğriler kesiştikten sonra %95 güven sınırını aşmaktadır. Bu nedenle PET değerlerinde 1994 yılında başlayan anlamlı artış trendlerinin meydana gelmektedir. Sonbahar mevsiminde ise PET değerlerinde 1996 yılında başlayan anlamlı artış trendlerinin meydana gelmektedir. Kış mevsiminde u(t) ve u'(t) eğrileri %95 güven sınırları içeresinde birbirlerine paralel olarak hareket etmesi anlamlı bir trendin olmadığına işaret etmektedir. Yıllık PET değerlerinde ise 1994 yılında başlayan %95 güven aralığında anlamlı artış trendlerinin hâkim olduğu görülmektedir.



Şekil 6: Cizre istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK testi grafikleri

Şekil 7'de Diyarbakır istasyonuna ait mevsimsel ve yıllık PET değerlerinin MKMK testi grafikleri gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde ilkbaharda u(t) eğrisi, u'(t) eğrisini 1987 yılında kestikten sonra mevcut zaman periyodunun sonunda birleşmektedir. Bu nedenle ilkbaharda PET değerlerinde anlamlı bir trend mevcut değildir.

Yaz mevsiminde 2004 yılında u(t) ve u'(t) eğrileri kesiştikten sonra %95 güven sınırını aşmaktadır. Bu nedenle PET değerlerinde 2004 yılında başlayan anlamlı artış trendlerinin meydana gelmektedir. Sonbahar mevsiminde ise 1976 yılında eğriler kesiştikten sonra %95 güven sınırını aşmaktadır. Ancak gözlem periyodunun sonunda eğrilerin birbirine yaklaşması ve u(t) eğrisi güven sınırının altında son bulması nedeniyle anlamlı bir trendin varlığından bahsedilemez. Kış mevsiminde u(t) ve u'(t) eğrileri %95 sınırları içeresinde birbirlerine paralel olarak hareket etmesi anlamlı bir trendin olmadığına işaret etmektedir. Yıllık PET değerlerinde ise 2014 yılında başlayan %95 güven aralığında anlamlı artış trendlerinin hâkim olduğu görülmektedir.



Şekil 7: Diyarbakır istasyonuna ait PET değerlerinin MKMK testi grafikleri

Tablo 5'te MKMK testine göre PET değerlerinde meydana gelen trendlerin başlangıç yılları ve yönleri gösterilmiştir. Tabloya göre Batman istasyonunda yaz, sonbahar ve yıllık zaman periyodunda başlangıcı 1978-1982 yılları arasında olan anlamlı artış trendlerinin görülmektedir. Cizre istasyonunda ise ilkbaharda başlangıcı 1982 yılın ve diğer zaman periyotlarında ise başlangıcı 1994 ve 1996 yılları olan anlamlı artış trendleri meydana gelmiştir. Diyarbakır havalimanı istasyonunda ise yaz ve yıllık zaman periyotlarında sırası ile başlangıcı 2004 ve 2014 yılları olan anlamlı trendler görülmektedir.

Tablo 5: MKMK testine göre PET değerlerindeki trendlerin yönü ve başlangıç yılları

İstasyon / Zaman	Batman		Cizre		Diyarbakır Havalimanı	
	Trend	Başlangıç	Trend	Başlangıç	Trend	Başlangıç
İlkbahar	↔	1965	↑	1982	↔	1987
Yaz	↑	1982	↑	1994	↑	2004
Sonbahar	↑	1979	↑	1996	↔	1976
Kış	↔	-	↔	-	↔	-
Yıllık	↑	1978	↑	1994	↑	2014

↑*işareti anlamlı artış trendini,* ↔ *işareti ise trendin olmadığını göstermektedir.*

Altındağ (2007) çalışmasında, Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) bölgesinde bulunan dokuz meteoroloji istasyonu için 1970-2005 yılları arasında toplanan verileri kullanarak hesapladıkları aylık PET değerlerinin eğilimlerini MKMK yöntemi ile belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, GAP bölgesinin orta ve güney bölümünde bulunan Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin istasyonlarında PET değerlerinde artış trendleri, Adıyaman, Gaziantep, Birecik, Cizre ve Siverek'te ise azalan trendler tespit edilmiştir. Diyarbakır istasyonunda tüm periyotlarda %95 güven aralığında artan PET değerleri yapılan çalışma ile karşılaştırıldığında yaz ve yıllık periyotta örtüşürken ilkbahar, sonbahar ve kış mevsimlerinde farklılık göstermektedir. Cizre istasyonunda ise kış mevsimi dışında az benzerlik bulunmaktadır. Bu farklılık seçilen zaman periyodu ve PET denklemi ile açıklanabilmektedir.

Tabari vd. (2011) çalışmalarında, batı İran'da bulunan 20 meteoroloji istasyondaki yıllık, mevsimlik ve aylık Penman-Monteith tabanlı PET değerlerindeki eğilimleri belirlemek için Mann-Kendall testi, Sen'in eğim tahmincisi ve lineer regresyon yöntemlerine başvurmuştur. Çalışmanın sonucunda yıllık PET serisinin Mann-Kendall testi ve Sen'in eğim tahmin edicisine göre istasyonların %70'inde ve lineer regresyona göre istasyonların %75'inde pozitif bir eğilim göstermiştir. Mevsimsel ölçekte, PET verilerinde kış ve yaz aylarında sonbahar ve ilkbahardakilere kıyasla daha güçlü artış eğilimleri tespit edilmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçları çalışma alanı ile benzer iklimsel yapıya sahip olan Tabari vd. (2011) çalışmalar ile karşılaştırıldığında mevsimsel periyotta anlamlı trendlerinin hâkim olması açısından büyük ölçüde benzerlik göstermektedir.

Katipoğlu (2020) çalışmasında Fırat havzasında ortalama sıcaklıklara uygulanan homojenlik testleri sonucunda havzada 1994 ve 1995 yıllarında sıcaklık verilerinde iklimsel kırılma nedeniyle artışlar ifade edilmiştir. Havzaya komşu olan çalışma alanındaki sıcaklık tabanlı Thornthwaite denklemi ile hesaplanan PET değerlerinin kırılma yılları MKMK testine göre incelendiğinde genellikle 1980 ile 1995 yıllarında trendin başladığı ve sıcaklıklarla uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Bu durum PET değerlerindeki artan trendin küresel ısınmaya bağlı artan sıcaklıklar ile ilişkili olduğuna işaret etmektedir.

Ay vd. (2018) Fırat-Dicle Havzasındaki bazı akarsuların aylık akım verilerindeki eğilimleri belirlemek için Mann-Kendall ve Sen'in yeni eğilim testlerine başvurmuşlardır. Sonuç olarak akımlarda anlamlı düşüş eğilimi tespit etmişlerdir. Elde edilen bulgular yapılan çalışmadaki PET değerlerindeki değişimler ile ilişkilendirildiğinde, PET değerlerindeki artış eğilimleri akışlardaki azalış eğilimi ile uyumludur. Bu açıdan artan PET eğilimlerinin çalışma alanındaki su kaynaklarını etkileyerek hidrolojik kuraklıklara neden olabileceği düşünülmektedir.

Özdel (2020) Batman, Çermik, Diyarbakır, Ergani ve Siirt meteoroloji istasyonlarının ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık ve toplam yağışlardaki eğilimler çeşitli trend analizi metotları ile değerlendirilmiştir. Trend testlerine göre istasyonların yıllık ortalama sıcaklık serilerinde Diyarbakır istasyonu hariç, istatistiksel olarak anlamlı ısınmalar tespit edilirken, yağışlarda ise genellikle azalış eğiliminin hâkim olduğu sonucuna varmıştır. Yapılan çalışmaya göre tespit edilen artan sıcaklık tabanlı PET trendleri, Özdel (2020) çalışmasında elde edilen sıcaklıklarda artış ve yağışlarda azalış trendleri ile büyük ölçüde örtüşmektedir.

Bahadır (2011) GAP alanında gelecekte sıcaklık ve yağışlardaki olası değişimleri ARIMA modeli kullanılarak incelenmiştir. Sonuç olarak yağış verilerinde azalma, sıcaklık verilerinde ise artma eğilim tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular mevcut çalışmayı desteklemektedir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada Dicle havzasında bulunan üç meteoroloji istasyonundaki PET verilerinin eğilim analizi ITA ve MKMK testleri ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma, iklim değişikliği etkileri altında su kaynakları yönetiminin, tarımsal mahsul üretiminin ve çevrenin korunmasının sürdürülebilir planlamasına yardımcı olacak niteliktedir.

PET değerlerinin trend analizinde ITA ve MKMK testlerinin sonuçları büyük ölçüde benzerlik göstermiştir. Ancak PET değerlerinde ITA yöntemiyle elde edilen bazı anlamlı trendler MKMK testi ile tespit edilememiştir. MKMK yönteminde trendin başlangıç yılının belirlenmesi ITA ile kıyaslandığında bir avantajdır. Sonuç olarak PET değerlerindeki değişimin değerlendirilmesinde, ITA yöntemi farklı değer aralıklarında eğilimleri ve MKMK ise trend değişim yılını etkili olarak ortaya çıkarılabilmektedir.

Trend analizleri sonucunda Dicle havzasında PET değerlerinde artış eğiliminin hâkim olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular kuraklıkların havzada önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle çalışma alanında kuraklık yönetim planının uygulanması, iklim değişikliğine adaptasyon ve uyum stratejilerini geliştirilmesi, tarımsal sulamada su tüketimi azaltan yöntemlerin yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma kapsamında kullanılan aylık ortalama sıcaklık verilerini temin eden Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederim.

Kaynaklar

Alashan S., (2020), *Innovative trend analysis methodology in logarithmic axis*, Konya Journal of Engineering Sciences, 8, 573-585.

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., (1998), *Evapotranspiration*, FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. Rome, Italy, 300, 6541.

Altındağ M., (2007), *GAP alanında farklı yöntemlere göre hesaplanan referans bitki su tüketimi değerlerinin gidiş analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Arslan O., (2017), *Niğde İl'indeki potansiyel evapotranspirasyon tahminlerinin trend analizi*, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2), 602-608.

Ay M., Karaca Ö.F., Yıldız A.K., (2018), *Mann-Kendall ve Sen'in yeni eğilim testlerinin Fırat-Dicle Havzasındaki bazı akarsuların aylık akış serileri ile karşılaştırılması*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 34(1), 78-86.

Aydın M., Arif Ö.Z., (2021), *Van Gölü Havzasında hidrometeorolojik verilerin eğilim analizi*, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, *36*(2), 441-456.

Bahadır M., (2011), *Güneydoğu Anadolu Proje (GAP) alanında sıcaklık ve yağışın trend analizi*, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 4(16), 46-59.

Bari S.H., Rahman M.T.U., Hoque M.A., Hussain M.M., (2016), *Analysis of seasonal and annual rainfall trends in the northern region of Bangladesh*, Atmospheric Research, *176*, 148-158.

Blaney H.F., Criddle W.D., (1950), *Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data*, USDA SCSTP-96. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.

Cui L., Wang L., Lai Z., Tian Q., Liu W., Li J., (2017), *Innovative trend analysis of annual and seasonal air temperature and rainfall in the Yangtze River Basin, China during 1960–2015*, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 164, 48-59.

Dabanlı İ., Şen Z., Yeleğen M.Ö., Şişman E., Selek B., Güçlü Y.S., (2016), *Trend assessment by the innovative-Şen method*, Water Resources Management, 30(14), 5193–5203.

Dabanlı İ., Şen Z., (2018), *Classical and innovative-Şen trend assessment under climate change perspective*, International Journal of Global Warming, 15(1), 19–37.

Dinpashoh Y., Jahanbakhsh-Asl S., Rasouli A., Foroughi M., Singh V.P., (2019), *Impact of climate change on potential evapotranspiration (case study: west and NW of Iran)*, Theoretical and Applied Climatology, 136, 185-201.

Espadafor M., Lorite I.J., Gavilán P., Berengena J., (2011), *An analysis of the tendency of reference evapotranspiration estimates and other climate variables during the last 45 years in Southern Spain*, Agricultural Water Management, 98(6), 1045-1061.

Güçlü Y.S., (2018), *Alternative trend analysis: half time series methodology*, Water Resources Management, 32(7), 2489-2504.

Gümüş V., (2006), *Fırat havzası akımlarının trend analizi ile değerlendirilmesi*, Yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Hargreaves G.H., Samani Z.A., (1982), *Estimating potential evapotranspiration*, Journal of the Irrigation and Drainage Division, 108(3), 225–230.

Hargreaves G.H., Samani Z.A., (1985), *Reference crop evapotranspiration from temperature*, Applied Engineering in Agriculture, 1(2), 96–99.

Jerin J.N., Islam H.T, Islam A.R.M., Shahid S., Hu Z., Badhan M.A., Chu R., Elbeltagi A., (2021), *Spatiotemporal trends in reference evapotranspiration and its driving factors in Bangladesh*, Theoretical and Applied Climatology, 144(1), 793-808.

Kambezidis H.D., (2018), *The solar radiation climate of Athens: Variations and tendencies in the period 1992–2017, the brightening era*, Solar Energy, 173, 328-347.

Katipoğlu O.M., (2020), *Fırat havzası'ndaki meteorolojik ve hidrolojik kuraklıkların analizi*, Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Erzurum.

Katul G.G., Oren R., Manzoni S., Higgins C., Parlange M.B., (2012), *Evapotranspiration: a process driving mass transport and energy exchange in the soil-plant-atmosphere-climate system*, Reviews of Geophysics, 50(3), doi: 10.1029/2011RG000366.

Madhu S., Kumar T.L., Barbosa H., Rao K.K., Bhaskar V.V., (2015), *Trend analysis of evapotranspiration and its response to droughts over India*, Theoretical and Applied Climatology, 121(1), 41-51.

Mizyed N., (2009), *Impacts of climate change on water resources availability and agricultural water demand in the West Bank*, Water Resources Management, 23 (10), 2015–2029.

Monteith J.L., (1965), *Evaporation and the environment. The state and movement of water in living organisms*, In: Proc. 19th Symp. Soc. Exp. Biol., Cambridge University Press, Swansea, UK.

Mosmann, V. Castro, A. Fraile, R. Dessens, J. Sánchez. J., (2004), *Detection of statiscally significant trend in the summer precipitation of mainland Spain*, Atmospheric Research, 70(1), 43-53.

Oliver R.L., (1981), *Measurement and evaluation of satisfaction processes in retail settings*, Journal of Retailing, 57(3), 25–48.

Özdel M.M., (2020), *Diyarbakır havzasında sıcaklık ve yağış parametrelerinin trend analizi,* Yüksek lisans tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir.

Pandey A., Pandey R.P., (2013), *Analysing trends in reference evapotranspiration and weather variables in the Tons River Basin in Central India*, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 27(6), 1407-1421.

Pour S.H., Abd Wahab A.K., Shahid S., Ismail ZB., (2020), *Changes in reference evapotranspiration and its driving factors in peninsular Malaysia*, Atmospheric Research, 246, 105096, doi: 10.1016/j.atmosres.2020.105096.

Saplioglu K., Kilit M., Yavuz B.K., (2014), *Trend Analysis of Streams in the Western Mediterranean Basin of Turkey*, Fresenius Environmental Bulletin, 23(1A), 313-324.

Sayemuzzaman M., Jha M.K., (2014), *Seasonal and annual precipitation time series trend analysis in North Carolina, United States*, Atmospheric Research, *137*, 183-194.

Shadmani M., Marofi S., Roknian M., (2012), *Trend analysis in reference evapotranspiration using Mann-Kendall and Spearman's Rho tests in arid regions of Iran*, Water resources management, 26(1), 211-224.

Shenbin C., Yunfeng L., Thomas A., (2006), *Climatic change on the Tibetan Plateau: potential evapotranspiration trends from 1961–2000*, Climatic change, 76(3), 291-319.

Şarlak N., Bağçacı S.Ç., (2020), *Ampirik potansiyel evapotranspirasyon tahmin yöntemlerinin değerlendirilmesi: Uygulama Konya kapalı havzası*, Teknik Dergi, 31(1), 9755-9772.

Şen Z., (2012), *Innovative trend analysis methodology*, Journal of Hydrologic Engineering, 17, 1042-1046.

Şen Z., (2014), *Trend identification simulation and application*, Journal of Hydrologic Engineering, 19, 635-642.

Şen Z., (2017a), *Innovative trend methodologies in science and engineering*, Springer International Publishing, New York.

Şen Z., (2017b), *Innovative trend significance test and applications*, Theoretical applied climatology, 127, 939-947.

Şen Z., (2019), *Climate change expectations in the upper Tigris River basin, Turkey*, Theoretical and applied climatology, 137(1), 1569-1585.

Şişman E., Kizilöz B., (2021), *The application of piecewise ITA method in Oxford, 1870–2019*. Theoretical and Applied Climatology, 145(3), 1451-1465.

Swed F.S., Eisenhart, C., (1943), Tables for testing randomness of grouping in a sequence of alternatives, *The Annals of Mathematical Statistics*, 14(1), 66-87.

Tabari H., Marofi S., Aeini A., Talaee PH., Mohammadi K., (2011), *Trend analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran*, Agricultural and forest meteorology, 151(2), 128-136.

Thornthwaite C.W., (1948), *An approach toward a rational classification of climate*, Geographical review, 38(1), 55-94.

Toros H., (1993), *Klimatolojik Serilerden Türkiye İkliminde Trend Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tosunoğlu, F., (2017), *Trend analysis of daily maximum rainfall series in Çoruh Basin, Turkey*, Journal of the Institute of Science and Technology, *7*(1), 195-205,

Topuz M., Karabulut, H.F.M., (2018), *Türkiye'de Yağış Eğilimleri (1955-2013) ve Atmosferik Dolaşım*, TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 3-6 Ekim 2018, Ankara.

Vicente-Serrano S.M., Azorin-Molina C., Sanchez-Lorenzo A., Revuelto J., López-Moreno J.I., González-Hidalgo J.C., Moran-Tejedaa E., Espejo F., (2014), *Reference evapotranspiration variability and trends in Spain, 1961–2011*, Global and Planetary Change, 121, 26-40.

Yılmaz A., (2021), *Muğla'da sıcaklık verilerinin trend analizi*, Turkish Studies - Social, *16*(5), 1871- 1896.

Yılmaz M.L., Peker H.S., (2013), *Su kaynaklarının Türkiye açısından ekono-politik önemi ekseninde olası bir tehlike: Su savaşları*, Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, *3*(1), 57-74.

Zhou Z., Wang L., Lin A., Zhang M., Niu Z., (2018), *Innovative trend analysis of solar radiation in China during 1962–2015*, Renewable energy, 119, 675-689.