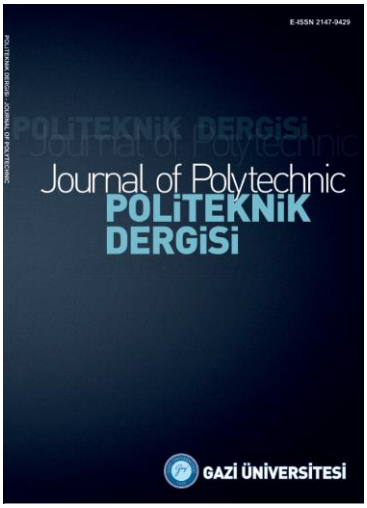


POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)
URL: http://dergipark.org.tr/politeknik

Kuraklık gidiş ve büyüklüğünün zaman ve mekan boyutunda belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) alanında bir uygulama

Determination of trend and magnitude of drought events in time and space: An application in the area of the Southeastern Anatolia Project (GAP)

Yazar(lar) (Author(s)): *Ali Demir KESKİNER[1], Mahmut ÇETİN[2]*

ORCID[1]: 0000-0002-7930-9363

ORCID[2]: 0000-0001-5751-0958

To cite to this article: Keskiner A.D. ve Çetin M., "Kuraklık gidiş ve büyüklüğünün zaman ve mekan boyutunda belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) alanında bir uygulama", ***Journal of Polytechnic***, 26(3): 1079-1089, (2023).

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz: Keskiner A.D. ve Çetin M., "Kuraklık gidiş ve büyüklüğünün zaman ve mekan boyutunda belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) alanında bir uygulama", ***Politeknik Dergisi***, 26(3): 1079-1089, (2023).

Erişim linki (To link to this article): http://dergipark.org.tr/politeknik/archive

DOI: 10.2339/politeknik.1000596

Kuraklık Gidiş ve Büyüklüğünün Zaman ve Mekan Boyutunda Belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Alanında Bir Uygulama

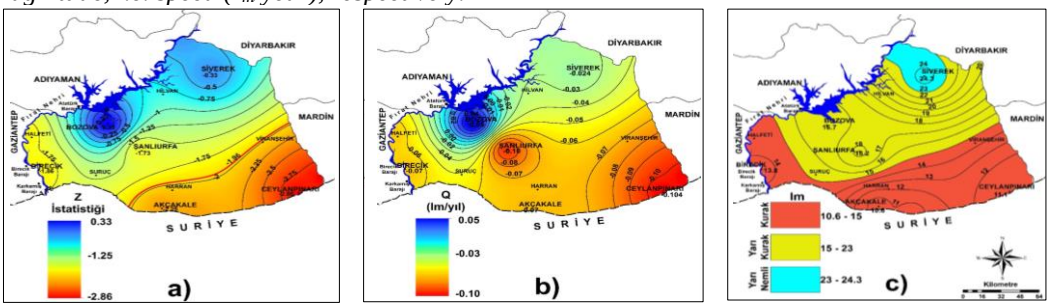
Determination of Trend and Magnitude of Drought Events in Time and Space: An Application in the Area of the Southeastern Anatolia Project (GAP)

Önemli noktalar (Highlights)

- *Kuraklığın gidişi, Mann-Kendall; büyüklüğü ise Sen's Slope istatistikleri haritalanarak izlenebilir. /The trend and magnitude (speed) of drought events can be monitored by generating maps of Mann-Kendall and Sen's Slope Trend statistics, respectively.*
- *Araştırma alanında kuraklığın genişlemesi güneyden kuzeye alansal-zamansal karakter göstermektedir. / Drought expansion shows a spatio-temporal character from south to the north in the region.*

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Mann-Kendall ve Sen Eğim gidiş haritaları alansal-zamansal olarak kuraklık gidişini ve kuraklık hızını (I_m/yıl) göstermektedir. / Mann-Kendall and Sen Slope trend maps show the spatio-temporal drought trend behaviour and drought magnitude, i.e. speed (I_m/year), respectively.



Şekil a) Mann-Kendall Gidiş Haritası, b) Sen Gidiş Eğim Haritası ve c) Erinç Kuraklık İndeksi Haritası / **Figure** a) Mann-Kendall Trend Map, b) Sen's Slope Trend Map and c) Erinç Drought Index Map

Amaç (Aim)

Farklı yöntemler kullanılarak meteorolojik kuraklığın alansal-zamansal gidişinin ve hızının belirlenmesi amaçlanmaktadır. / It is aimed to determine spatio-temporal trend and speed of meteorological drought by using different methods.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Mann-Kendall ve Sen'in Eğim gidiş test istatistikleri kullanılarak kuraklığın trendi ve hızı (büyüklüğü) alansal-zamansal olarak haritalanmıştır. / Spatio-temporal patterns of trend and speed (magnitude) of drought events were mapped by using Mann-Kendall and Sen's Slope trend test statistics.

Özgünlük (Originality)

Kuraklığın geniş bir alan üzerindeki gidiş eğilimi ve hızı zaman ve mekan boyutunda belirlenmiştir. / The trend and speed of drought events over the area were determined in terms of time and space.

Bulgular (Findings)

Bölgede kuraklık artma eğilimindedir. Kuzeyden güneye gidildikçe, kuraklık şiddetini arttırmakta ve kurak koşullar baskın olmaktadır. / Drought tends to increase in the region. From north to south, intensity of drought episodes increases and drought conditions gets more and more dominate.

Sonuç (Conclusion)

Atatürk, Birecik ve Karkamış barajlarının inşası, Şanlıurfa ve civarında güneyden kuzeye doğru olan kuraklık oluşumunu Bozova haricinde engellemesi pek olası görülmemektedir. / Construction of Atatürk, Birecik and Karkamis dams is unlikely to prevent the occurrence of drought from south to north in and around Sanlıurfa, except for Bozova.

Etik Standartların Beyanı (*Declaration of Ethical Standards*)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Kuraklık Gidiş ve Büyüklüğünün Zaman ve Mekan Boyutunda Belirlenmesi: Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Alanında Bir Uygulama

Araştırma Makalesi / Research Article

Ali Demir KESKİNER[1*], Mahmut ÇETİN[2]

[1*]Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Şanlıurfa, Turkiye
[2]Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana, Turkiye

(Geliş/Received :25.09.2021 ; Kabul/Accepted : 28.02.2022 ; Erken Görünüm/Early View : 15.03.2022)

ÖZ

İklim değişikliği, kuraklık gidişinin alansal ve zamansal yayılımının izlenmesinde farklı yaklaşımları ortaya konarak analitik çözümlemeleri ihtiyaç haline getirmiştir. *Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)* kapsamında; 19 242 km²'lik büyüklüğü ile sulama alanlarının %50'sine sahip Şanlıurfa'da yürütülen bu çalışmada, farklı yöntemler kullanılarak meteorolojik kuraklığın alansal-zamansal eğiliminin ve büyüklüğünün (hızının) belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada; Şanlıurfa, Birecik, Akçakale, Ceylanpınar ve Siverek meteoroloji istasyonlarının 1965-2020, Bozova istasyonun ise 2000-2020 yıllarına ait yıllık toplam yağış ve ortalama yıllık maksimum sıcaklık serileri kullanılmıştır. Her istasyon için "*Erinç Kuraklık/Aridite İndeksi*"*(EKİ)* yıllık olarak hesaplanmış; *EKİ* serilerine Run (Swed-Eisenhart), Otokorelasyon, *Mann-Kendall gidiş* ve *Sen eğim gidiş* testleri *%5* önem düzeyinde uygulanmıştır. Run ve otokorelasyon testine göre *EKİ (I_m)* serilerinin bağımsız oldukları sonucuna varılmıştır. *EKİ* serilerinin medyan değerleri, *Mann-Kendall gidiş* testi ve Sen eğim gidiş analizi sonucunda hesaplanan istatistikler kullanılarak *Coğrafi Bilgi Sistemi* ortamında *Ters Uzaklık Yöntemi* ile; "*Mann-Kendall Gidiş*", "*Sen Eğim Gidiş*" ve "Erinç Kuraklık İndeksi" haritaları elde edilmiştir. Sonuç olarak Şanlıurfa ilinde kuzeyden güneye doğru *EKİ* değerlerinin azalan yönde anlamlı gidişler oluşturduğu, gidiş hızlarının (I_m/yıl) azalan yönde artış gösterdiği belirlenmiştir. Beklenen bir şekilde, Suriye sınırına yaklaştıkça kuraklık şiddetinin artığı saptanmıştır. Atatürk, Birecik ve Karkamış barajlarının Şanlıurfa'daki kuzeyden güneye doğru olan alansal ve zamansal kuraklık gidişini Bozova haricinde engellemesinin beklenemeyeceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Meteorolojik kuraklık, mann-kendall, sen eğim, gidiş haritası, şanlıurfa.

Determination of Trend and Magnitude of Drought Events in Time and Space: An Application in the Area of the Southeastern Anatolia Project (GAP)

ABSTRACT

Climate change has made analytical analysis a necessity by presenting different approaches in monitoring the spatio-temporal trend of the drought. This study carried out in Sanliurfa province, covering 50% of the Southeastern Anatolia Project *(GAP)* irrigation area. It is aimed to determine the spatio-temporal trend and magnitude of meteorological drought by using different methods. To this end, the long-term annual total precipitation and average annual maximum temperature series were obtained from Sanliurfa, Birecik, Akcakale, Ceylanpinari, Siverek for the years 1965-2020 and Bozova (2000-2020) meteorological observation stations. Based on the data obtained, "*Erinç Drought/Aridity Index" (EDI)* values calculated annually for each station; the runs (Swed-Eisenhart), autocorrelation, *Mann-Kendall trend* and *Sen's slope* tests were applied at *5%* significance level. According to the runs and autocorrelation tests, it was determined that the *EDI (I_m)* series were statistically independent. Median values of the *EDI* series, *Mann-Kendall trend* test (*Z*) and *Sen's slope* (*Q*) statistics for each meteorological station were utilized to produce *"Mann-Kendall Trend"*, "*Sen's Slope Trend*" and "*Erinç Drought Index*" maps by the *Inverse Distance Weighted Interpolation* technique in the Geographical Information System environment. Consequently, it has been determined that the *EDI* values show a significant downward trend from north to south in and around Sanliurfa; the magnitude of trend, i.e. its speed, (I_m/year) tends to increase in the direction of decreasing land elevation. Not surprisingly, the closer to the Syrian border, the more severe the drought episodes. Research results led us to conclude that Atatürk, Birecik and Karkamis dams can not be expected to prevent the spatial and temporal propagation of the drought from north to south in Sanliurfa, except for Bozova district.

Keywords: Meteorological drought, mann-kendall, sen's slope, trend map, sanliurfa.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İklim değişikliği, doğal afetlerin şiddet ve frekansını tetiklemektedir. Bu şekilde tetiklenen doğal afetlerin 2017 yılında küresel ölçekte uğrattığı ekonomik zarar 330 milyar dolar olarak hesaplanmaktadır [1]. Otuz bir adet doğal afet türü arasında kuraklık, sürecinin belirsizliği nedeniyle diğer afetlere kıyasla farklılık gösterir. Örneğin, yeterli yağış düşene kadar kuraklığın

**Sorumlu Yazar (Corresponding Author)*
e-posta : adkeskiner@harran.edu.tr

ne kadar şiddetli olacağı kesin olarak bilinemediğinden, kuraklık diğer doğal afetlerden daha fazla sosyo-ekonomik zarara uğratabilir. En can alıcı ifade şekli ile kuraklık, "*su kıtlığı"* olarak tanımlanmakla birlikte her geçen gün tekrarlanma sayısını artırmaktadır [2]. Birleşmiş Milletler 2016 Dünya Su Kalkınma Raporunda [3], 2030 yılına kadar dünyanın %40'nın küresel su açığı ile karşı karşıya kalabileceği öngörüsünde bulunulmakta; kuraklığın özellikle Akdeniz havzasında hayatımızın bir parçası olma olasılığına işaret edilmektedir.

Doğu Akdeniz havzasında bulunan [4], *"Yarı Kurak"* iklimin hakim olduğu ülkemiz, iklim değişiminin olumsuz etkilerinden en fazla zarar görecek ülkeler arasında yer almaktadır [5, 6]. Doğu Akdeniz havzasında iklim değişikliğinin neden olduğu sıcak hava dalgalarının frekansının artması [7], su miktarı ve kalitesindeki düşüş [8, 9], yağış miktarlarının azalması [10], yıllık sıcaklıkların yükselmesi [11, 12] sonucunda doğal afetlerin sıklığında, büyüklüğünde meydana gelen artışlar [13] ve tarımda verimliliğin düşmesi [14] önemli riskler oluşturmaktadır. Demircan ve diğ. [15] tarafından iklim değişikliği projeksiyonlarına göre 2016-2099 periyotlarında Türkiye'nin akarsu havzalarının tamamında yağış azalması öngörülmekle birlikte, iklim değişikliğinden en çok *Güneydoğu Anadolu Bölgesi*'ndeki Fırat ve Dicle havzalarının etkileneceği belirtilmektedir. Üstelik Türkiye'nin iklim ve coğrafi koşulları dikkate alındığında Güney Doğu Anadolu Bölgesinin önemli derecede kuraklık eğiliminde olduğu da bir gerçektir [16]. Dolayısıyla, *Güneydoğu Anadolu Bölgesi'*nde gelecekte uzun kurak dönemler beklemek olasıdır. Bu nedenle, ülkemizin önemli kalkınma projelerinden biri olan ve 1.78 Mha sulanabilir tarım alanına sahip *Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP),* bu bölgede planlanmıştır [17]. *GAP* bölgesinde meydana gelecek kuraklık olaylarında en başta tarım sektörünün etkilenmesi beklenmektedir [18]. Kuraklıktan etkilenme durumu çok boyutlu olup, zamansal ve mekansal özellik taşımaktadır. Dolayısıyla, *GAP* bölgesindeki kuraklığın alansal ve zamansal tavrının, gidişinin ve hızının su kaynaklarının yönetimi ve risklerin paylaşımı açısından belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Küresel ısınma sonucunda meydana gelen iklim değişikliğinin izlenmesinde gidiş analizlerinde parametrik olmayan *Mann-Kendall gidiş* testi [19-23], *Sen'in gidiş eğim* metodu [24-26] ve *Spearman'ın Rho* testi [27-29] yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. *Mann-Kendall gidiş* testi analizlerinin genel olarak noktasal ölçekte [30-33] uygulandığı dikkati çekmekte; yorumların ise bölgesel ölçekte yapıldığı [34, 35] görülmektedir. Dolayısıyla, istasyonlarda noktasal olarak gözlenen değerler bir zaman serisi oluşturmaktadır. Bu serideki gidişler (eğilimler), ilgili meteoroloji gözlem istasyonunu temsil etmektedir ve gidişin alansal dağılımını vermemektedir [36]. Gidişlerin bölgesel olarak artış/azalış şeklinde ifade edildiği *Bölgesel Mann-Kendall* testi ile gidişlerin alansal dağılımını tespit etmek mümkündür [19, 34, 37, 38]. Oysa *Bölgesel Mann-Kendall test istatistiği* bölgesel olarak artış ve azalış şeklinde ifade edildiğinden gidişlerin her bölge içerisindeki ve bölgeler arasındaki artış ve azalışının alansal dağılımını göstermemektedir. *Sen'in gidiş eğim istatistiğinin* [25, 39, 40] ve *Mann-Kendall* gidiş test istatistiğinin alansal yayılımının belirlendiği [41] çalışmalar mevcuttur. Ancak, zaman serilerindeki gidişlerin alansal eğilimine ve bu eğilimin hızına yönelik olan bu tür çalışmaların yeterince fazla olmadığı da dikkat çekmektedir. Bu nedenle; Coğrafi Bilgi Sistemleri (*CBS)* ortamında her grid hücresi çalışılan veriyi temsil edecek şekilde, raster formatında harita katmanları hazırlanmasına büyük ihtiyaç duyulmaktadır. Nitekim, veri setlerinde gidişlerin alansal-zamansal eğilimlerinin ve büyüklüklerinin (şiddetlerinin/hızlarının) alansal olarak ortaya koyulması, *CBS* ortamında yapılacak bu tür çalışmalar kuraklığın izlenebilmesine imkan vermektedir. Bu durum, su kaynakları yönetimi ve risklerin sektörlere dağıtımı açısından oldukça hayati önem arz etmektedir. Üstelik çalışmalarda farklı yöntemlerin kullanılması elde edilen bulguların kıyaslanmasına ve daha etkin çözümlemeler yapılabilmesine olanak sağlamaktadır [42]. Şanlıurfa ilinde yapılan bu çalışmada:

1. Uzun yıllık Erinç Kuraklık İndeksi *(EKİ)* serilerinin medyan değerleri kullanılarak *Erinç kuraklık indeksi* haritasının elde edilmesi,

2. *Mann-Kendall gidiş* test istatistiği kullanarak, *kuraklık gidiş haritasının* elde edilmesi,

3. *Sen'in gidiş eğim istatistiği* kullanarak, *Sen'in gidiş* haritasının elde edilmesi,

4. Geliştirilen haritaların birlikte değerlendirilmesiyle kuraklığın alansal ve zamansal gidişlerinin ve büyüklüklerinin (şiddetlerinin/hızlarının) ortaya konulması amaçlanmıştır.

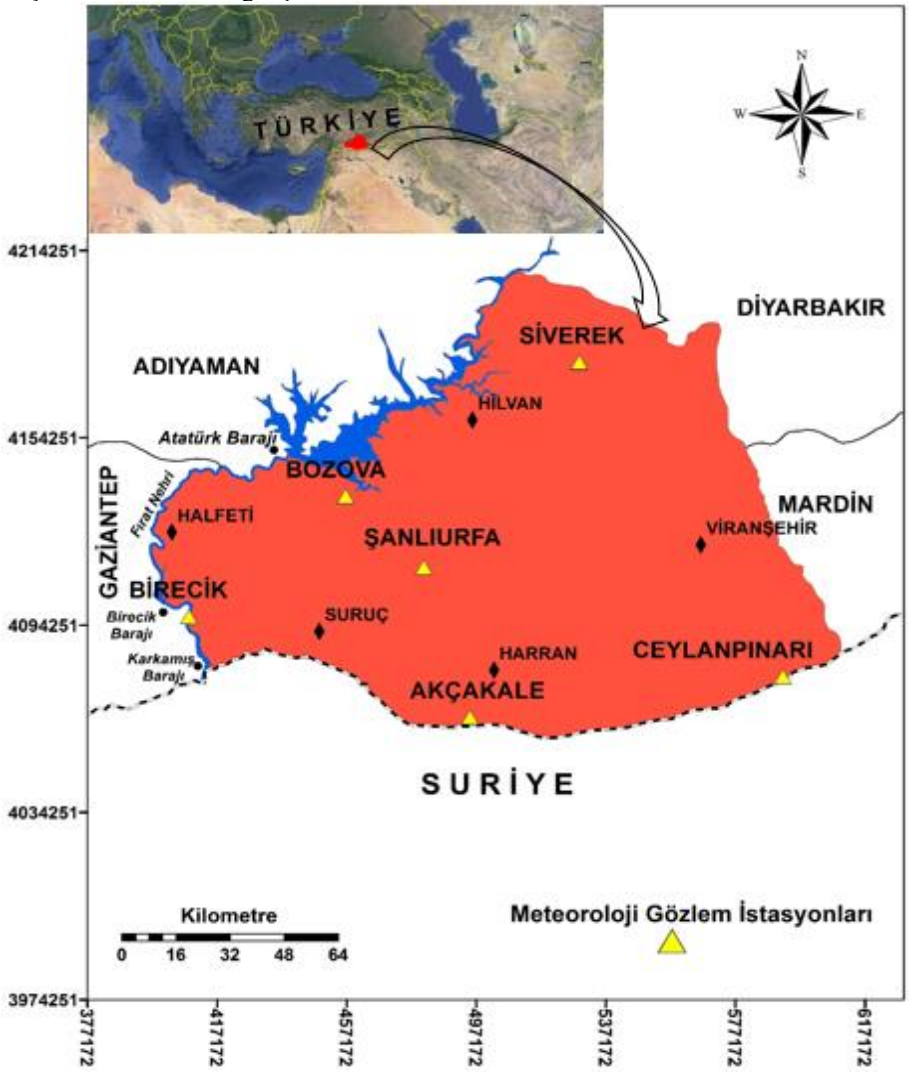
2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIALS AND METHODS)

2.1. Materyal (Materials)

Bu araştırma, *GAP* sulamalarının %50'sinin bulunduğu 19 242 km²'lik yüz ölçüme sahip [43], Şanlıurfa ilinde (37°51' 19.3"- 40°13' 46.6" D ve 36°40' 08.1"- 38°01' 24.8" K) yürütülmüştür (Şekil 1). Araştırmada Şanlıurfa (1965-2020), Birecik (1965-2020), Akçakale (1965-2020), Ceylanpınar (1965-2020), Siverek ve Bozova (2000-2020) meteoroloji istasyonlarının uzun yıllar yıllık toplam yağış ve ortalama yıllık maksimum sıcaklık serileri kullanılmıştır. Bozova meteoroloji istasyonunda eksik veriler saptandığından, *"Erinç Kuraklık/Aridite İndeksi"(EKİ)* değerleri 1965-1999 dönemi için hesaplanamamıştır. Koordinatlar, UTM projeksiyonu 6 derece dilim genişliği, *Datum=WGS84*, *ZON=36* ve dilim orta meridyeni *DOM=33* referans yüzeyine göre hesaplanmıştır.

Şanlıurfa ili çevresinde karasal iklim özellikleri hakimdir. Yıllık ortalama sıcaklık 11ºC ile 19 ºC arasında değişmektedir. Şanlıurfa il merkezi, deniz seviyesinden ortalama 518 m yüksekliktedir. Güney kesimlerde

ortalama sıcaklıklar kuzey bölgelerde gözlenen sıcaklıklardan her zamankinden daha yüksek iken, yükseklik kuzeyden güneye azalmakta; güneyde 348 m, kuzeyde 1000 m ve en doğuda 1800 m değerlerine ulaşmaktadır. Böylece, kuzeye doğru ortalama sıcaklık 11 ºC'ye düşmektedir. Şanlıurfa'nın Suriye sınırı boyunca arazinin düşük kot, düz ve hafif eğimli bir topoğrafyaya sahip olması özellikle yaz mevsiminde *Basra Alçak Basınç Merkezi* etkisi ile gelişen sıcak hava kütlelerinin Şanlıurfa ili ve çevresinde güneyden kuzeye doğru kuraklık oluşumunu şiddetlendirmektedir. Yıllık yağış dağılımı, sıcaklıkla ters orantılı bir şekilde konumsal olarak kuzey bölgelerde en yüksek, güneyde ise en düşüktür. Akçakale ve Ceylanpınarı ilçelerinde yıllık toplam yağış miktarının 277 ile 310 mm arasında değiştiği, kuzeyde ise 900 mm'ye kadar ulaştığı dikkati çekmektedir [44].



Şekil 1. Çalışmada kullanılan istasyonlar ve Türkiye'deki konumu (Location of the study area and spatial distribution of meteorological stations in Turkey)

2.2. **Yöntem** (Methods)

2.2.1. **Erinç kuraklık indeksi** (Erinç drought index)

Türkiye'de kurak/nemli alanlarda oluşabilecek kuraklık sorununun tanımlanabilmesi amacıyla Erinç [45] tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. Bir yere düşen yağış miktarı ile o yerin maksimum ortalama sıcaklığına bağlı kaybettiği su miktarı arasındaki oranı ifade eder. Eşitlik 1 ile temsil edilen bu oran, *"Erinç Kuraklık İndeksi" (EKİ)* olarak tanımlanır ve elde edilen indeks değerleri Çizelge 1'de verildiği gibi sınıflandırılmak sureti ile yorumlanır.

$$I_m(EK\dot{I}) = P/T_{max\ _ort} \quad (1)$$

Burada: I_m, Erinç yağış etkinlik indeksini; P, yıllık toplam yağış (mm) miktarını; T_{max_ort}, yıllık ortalama maksimum sıcaklığı (°C) ifade etmektedir. Bu araştırmada, Çizelge 1'de verilen iklim sınıfları, kuraklık sınıfı olarak değerlendirilmiştir. Bu kuraklık indeks değerleri ve karşılık gelen kategorileri kuraklığın alansal ve zamansal tavrının ortaya konulmasında kullanılmıştır.

Çizelge 1. İklim Tiplerinin Erinç Kuraklık İndeksi (EKİ) Sınıflaması (Erinc's Drought Index (EDI) classification of climate types)

İklim (Kuraklık) Sınıfları	Bitki Örtüsü	Kuraklık İndeks Değeri *(I_m)*
Tam Kurak	Çöl	< 8
Kurak	Çöl, step	8 – 15
Yarı Kurak	Step	15 – 23
Yarı Nemli	Park görünümlü orman	23 – 40
Nemli	Nemli orman	40 – 55
Çok Nemli	Çok nemli orman	>55

2.2.2. Run (Swed-Eisenhart) homojenlik testi (Runs (Swed-Eisenhart) homogeneity test)

Zaman serisi homojen değil ise, gidiş analizinin uygulanması önerilmemektedir [46]. Run testi ile ardışık serilerin homojenliği, aynı toplumdan gelip gelmediği, birbirinden bağımsız olup olmadığı test edilmektedir. Zaman serisinde veriler; serinin ortalaması, medyanı veya mod değerinden kesilerek serideki her bir değerin bu seviyenin üstünde veya altında kaldığı değerler sayılır. Kesim noktasının üstünde veya altında kalan verilerden birinden diğerine geçiş sayıları toplamına "Run (gidiş) sayısı" denir. Test sonucu elde edilen Z; Eşitlik 2 ile ifade edilir [47].

$$Z = \left(r - \frac{2NaNu}{Na+Nu} + 1\right) \Big/ \sqrt{\frac{2NaNu(2NaNu-N}{N^2(N-1)}} \quad (2)$$

Burada: *N*, toplam gözlem sayısını; *Na,* medyan değerinin altında seyreden veri sayısını; *Nu,* medyan değerinin üstünde seyreden veri sayısını; *r*, gözlenen *run sayısı*nı; *Z*, test istatistiğini göstermektedir. Önem düzeyine bağlı standart normal dağılım çizelgesinden elde edilen Z_{cet} değeri ile kıyaslanır. Araştırmada; hesaplanan Z_{hes} değeri; *%5* önem düzeyinde normal dağılım çizelgesinden elde edilen $Z_{cet}=\pm 1.96$ güven aralığında ($-1.96 \leq Z_{hes} \leq +1.96$) ise ardışık serilerin rastgele (homojen), aynı toplumdan geldiği ve birbirinden bağımsız olduğuna karar verilir.

2.2.3. Serisel korelasyon testi (Serial correlation test)

Zaman serilerinin gidiş analizlerinde ortaya çıkan en önemli sorunlardan bir tanesi verilerin içsel bağımlı; diğer bir ifadeyle serisel korelasyonun var olup olmadığıdır. *Mann-Kendall gidiş* testi için pozitif seri korelasyona sahip veriler, eğilim yok anlamına gelen sıfır hipotezinin reddedilmesine yol açmaktadır [48]. Bu nedenle, eğer ardışık veriler arasında otokorelasyon söz konusu ise gidiş analizi uygulanmamalı; "*pre-whitened*" uygulanarak seri otokorelasyondan arındırılmalıdır. Elde edilecek yeni seriye gidiş analizi uygulanmalıdır [39, 49]. Mühendislikte bir gecikmeli içsel bağımlılık otokorelasyon katsayısı Eşitlik 3 ile hesaplanabilmektedir [50, 51].

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}(x_i-\bar{x})(x_{i+1}-\bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2} \quad (3)$$

Burada: x_i ve x_{i+1}, sırasıyla *i.* ve *i+1*'inci gözlem değerini; $\bar{x}$, gözlem serisinin ortalamasını; *n,* serideki gözlem sayısını ifade etmektedir. Araştırmada hesaplanan $CL(r_i)$ değeri; *%5* önem düzeyinde Eşitlik 4 ile hesaplanan alt ve üst güven sınırları arasında kaldığı takdirde *%95* olasılıkla ardışık gözlemler arasındaki otokorelasyonun önemsiz olduğuna karar verilir [35, 50].

$$\frac{-1-1.96\sqrt{n-2}}{n-1} \leq CL(r_1) \leq \frac{-1+1.96\sqrt{n-2}}{n-1} \quad (4)$$

2.2.4. Mann-Kendall gidiş testi (Mann-Kendall trend test)

Mann-Kendall gidiş (MK) testi, *Dünya Meteoroloji Örgütü* tarafından da önerilen bir test olup, zaman serisindeki gidişleri tespit etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. *MK* testi istatistiği hesaplamalarında; *n* veri sayısını temsil etmekle birlikte Eşitlik'5 de ifade edilen *MK* istatistiği *S*; $j>k$ olmak koşuluyla x_j ve x_k *j* ve *k* yıllarına ait yıllık değerleri temsil etmekte olup, (x_j-x_k) değerinin işareti ise Eşitlik 6 ile tanımlanabilir [21, 22, 52].

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

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

Eşitlik 7'de ifade edilen *S* değeri, $n \geq 10$ olduğunda ortalama *(E[S])* ve varyans *(Var(S))* yaklaşık olarak normal dağılım gösterir ve *Z* testi kullanılır [33, 34]. *Var(S)* hesaplamalarında; *q*, veri setindeki gruplandırılmış veri sayısını; t_p, *p.* gruptaki veri sayısını göstermektedir. Eşitlik 8 ile tanımlanan *Mann-Kendall gidiş* testi *Z* istatistiği ise, Eşitlik 7 ile ifade edilen *S* ve *VAR(S)* kullanılarak hesaplanabilir [19, 22].

$$E[S] = 0, \ Var(S) = \frac{1}{18}\left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{q} t_p(t_p-1)(2t_p+5)\right] \quad (7)$$

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

Gidişin varlığına *Z* istatistiği ile karar verilmektedir. *MK* test istatistiği *(Z_{MKtest})*, normal dağılım çizelgesinden elde edilen Z değerleriyle kontrol edilir. Eğer; $-Z_{1-\alpha/2} \leq Z_{MKtest}$

$\leq Z_{1-\alpha/2}$ ise gidişin olmadığını ifade eden sıfır hipotezi kabul edilir. Pozitif Z değeri, incelenen değişkendeki artışı; negatif *Z* değeri serideki azalışı ifade eder. Bu araştırmada, hesaplamalar sonucu elde edilen Z_{MKtest}, *%5* önem düzeyinde normal dağılım çizelgesinden elde edilen $Z_{cet}=\pm 1.96$ güven aralığında değerlendirilmiştir.

2.2.5. Sen'in eğim metodu (Sen's slope method)

Mann-Kendall gidiş testi çalışılan verinin gidiş yönünü ve derecesini belirleyebilir, gidiş büyüklüğü hakkında bilgi vermez [53]. Ancak, parametrik olmayan *Sen Eğim Gidiş* yöntemi doğrusal model kullanarak zaman serilerinde gidişin büyüklüğü ve eğilimi hakkında bilgi vermektedir [54, 55]. Eşitlik 9'da; *n*, veri sayısını; *N* ise *j* ve *k* zamanlarında gözlenen verileri (x_j ve x_k) temsil etmek üzere zaman serisinde hesaplanması gereken *Sen* eğim sayısını temsil etmektedir [56]. *N* sayıdaki örnek çiftinin *Sen Eğim Gidiş* istatistiği (Q_i) Eşitlik 10 ile hesaplanmakta, elde edilen Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanmak sureti ile medyan değeri bulunmaktadır. *N* sayısının tek ve çift olmasına göre *Qi* değerlerinin medyanı (Q_{medyan}) Eşitlik 11 ile gösterilen denklem takımında ifade edildiği şekilde elde edilir. Q_{medyan} değeri, ilgili gözlemlerin birim zamandaki değişimini ifade eder. Q_{medyan} değeri pozitif olduğunda artan yönde, negatif olması halinde ise azalan yönde bir gidiş olduğuna karar verilir [35]. Q_{medyan} değerinin istatistiksel olarak anlamlılığı %5 önem düzeyinde [54, 55] test edilerek analiz tamamlanır.

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \tag{9}$$

$$\boldsymbol{Q_i = \frac{X_j - X_k}{j-k},\ j > k;\ i = 1, 2, 3, \dots, N} \tag{10}$$

$$\boldsymbol{Q_{medyan} = \begin{cases} Q_{\left(\frac{N+1}{2}\right)} & ,\ N\ tek \\ \frac{Q_{\left(\frac{N}{2}\right)} + Q_{\left(\frac{N+2}{2}\right)}}{2} & ,\ N\ çift \end{cases}} \tag{11}$$

2.2.6. Ters uzaklık enterpolasyon tekniği (Inverse distance weighted interpolation technique)

Bir alan üzerinde noktasal olarak gözlenen *n* adet noktadaki verilerden yararlanılarak gözlemi yapılmamış bir noktadaki olası değerin tahmin edilmesinde, ters uzaklık enterpolasyon (kestirim) tekniği kullanılabilir. Tahmin edilecek nokta civarındaki gözlemlere Eşitlik 12'de gösterildiği gibi ağırlıklar atanarak $\hat{g}$ kestirimi yapılır [57].

$$\left.\begin{aligned} d_{i0} &= \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2} \\ w_i &= \frac{{d_{i0}}^{-p}}{\sum_{i=1}^{n} {d_{i0}}^{-p}},\quad \sum_{i=1}^{n} w_i = 1,\quad \hat{g} = \sum_{i=1}^{n} w_i g_i \end{aligned}\right\} \tag{12}$$

Burada: *n*, hesaplamada (tahminde) kullanılan gözlem sayısını (*n=6*); d_{i0}, gözlenen ve tahmin edilen nokta arasındaki Öklid uzaklığını (m); (x_0, y_0), tahmin edilen noktanın UTM koordinatını (m); (x_i, y_i), gözlenen noktanın koordinatını (m); w_i, g_i *g*özlem değerine atanan ağırlık değerini; *p*, daha uzaktaki noktalara atanacak ağırlıkların azalmasını sağlayan üs değerini; $\hat{g}$, tahmin edilen noktadaki kestirilen değeri (bu araştırmada I_m); g_i, gözlem değerini (bu araştırmada I_m) göstermektedir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI (RESEARCH FINDINGS)

3.1. Tanımlayıcı İstatistikler (Descriptive Statistics)

Şanlıurfa, Birecik, Akçakale, Ceylanpınar, Siverek ve Bozova meteoroloji istasyonlarından elde edilen yıllık toplam yağış ve ortalama yıllık maksimum sıcaklık serileri kullanılarak yıllık *EKİ* (I_m) serileri elde edilmiştir. Bu serilerin tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Uzun yıllık EKİ serilerine ait tanımlayıcı istatistikler (Descriptive statistics of long-term EDI series)

İstasyonlar	N	Ortalama	Medyan	Standart Sapma	Min.	Max.	Çarpıklık Katsayısı	Basıklık Katsayısı	Değişim Katsayısı (%)
Siverek	56	25.5	24.3	7.2	13.4	43.8	0.6	0.0	28.2
Bozova	21	16.8	16.7	4.6	10.4	25.2	0.5	-0.9	27.2
Birecik	56	14.3	13.8	4.3	7.0	25.2	0.5	-0.1	29.7
Şanlıurfa	56	18.6	18.2	6.5	7.5	35.8	0.9	0.6	34.7
Ceylanpınarı	56	11.5	11.1	4.2	4.1	21.5	0.5	-0.2	36.8
Akçakale	56	11.3	10.6	4.3	4.4	24.8	1.2	1.6	38.1

Çizelge 2 de görüldüğü üzere *EKİ* verilerindeki merkezi eğilim ve değişkenliğin en büyük nedeninin istasyonun enleminden kaynaklandığı söylenebilir. Ancak, istasyonun yükseltisi ve enlemi ne kadar büyük olursa, ortalama yağış o kadar yüksek ve maksimum sıcaklıkların ortalaması o kadar düşük olmaktadır. Dolayısıyla çalışma alanının en kuzeyinde yer alan Siverek *(EKİ= 25.5)* istasyonunda *EKİ* değeri en yüksek ortalamaya sahiptir. Çalışma alanının en güneyinde yer alan Akçakale *(EKİ=11.3)* istasyonunda ise *EKİ* değeri en düşük düzeydedir. *EKİ* değerlerinin büyüklüğü irdelendiğinde, yağışın kuzeyden güneye doğru kayda değer bir azalma eğiliminde olduğu; sıcaklığın ise Suriye sınırına yaklaşıldıkça arttığı sonucu çıkarılabilmektedir. Şekil 1'de görüldüğü gibi Siverek, Bozova ve Birecik istasyonları insan eliyle inşa edilmiş olan büyük hacimli depolama tesislerine yakın konumdadırlar. Bu istasyonlarda *EKİ* değişkenliği birbirlerine çok benzer olup hemen hemen aynıdır *(CV=%28-%29)*. Ancak, Şanlıurfa'ya *(CV=%34.7)* göre daha kurak ve şiddetli

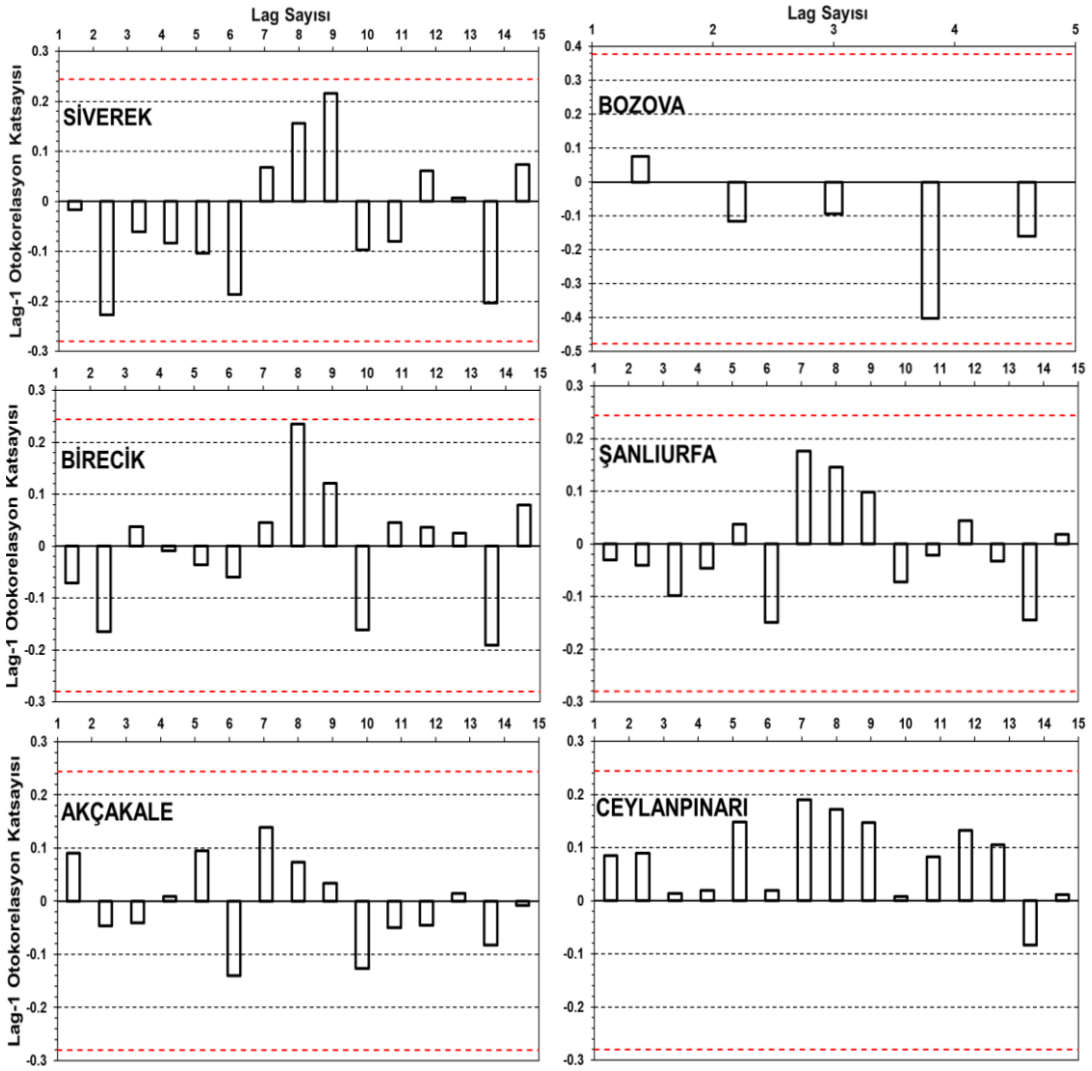
kurak koşulların hüküm sürdüğü çalışma alanının güneyinde yer alan Ceylanpınarı *(CV=%36.8)* ve Akçakale'ye *(CV=%38.1)* doğru *EKİ* değişkenliği giderek artmaktadır. Öte yandan, Çizelge 2'de verilen tanımlayıcı istatistiklerden *EKİ* serilerinin simetrik olmadığı da anlaşılmaktadır. Çarpık dağılıma sahip zaman serilerinin ortalama değerleri yerine, verinin merkezi eğilimini temsil eden medyan istatistiği değerlerinin seçilmesi, daha isabetli irdelemelerin yapılmasına olanak sağlayacaktır [58]. Nitekim çalışmada, *"Erinç Kuraklık İndeksi"* haritasını elde etmek için istasyonların ortalama değerleri yerine medyan değerlerinin kullanımı benimsenmiştir.

3.2. **Bağımsızlık Testleri** (Tests of Independence)

Bir zaman serisinde veriler bağımsız değilse gidiş analizinin uygulanması önerilmemektedir. Eğer bağımsızlık testleri uygulanmadan gidiş analizi yapılıyorsa; gidiş olmayan bir seride gidiş söz konusu olurken, gidiş olan bir seride ise gidişin olmadığı gibi yanıltıcı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu araştırmada, *EKİ* serilerinin bağımsızlığı *run* ve *otokorelasyon* testleri kullanılarak değerlendirilmiştir. *EKİ* serilerine run homojenlik testi uygulanmıştır. Bu test sonuçlarına göre, her istasyonu temsil eden *EKİ* serisinin *%95* olasılıkla aynı toplumdan geldiği ve birbirinden bağımsız olduğu sonucuna varılmıştır (Çizelge 3). Erinç kuraklık indeksi serilerinin içsel bağımlılığını incelemek için, bir gecikmeli otokorelasyon katsayısı hesaplanmış (Şekil 2) ve yorumlanmıştır.

Çizelge 3. EKİ serilerinin Run testi sonuçları (The runs test results of EDI series)

İstasyonlar	Siverek	Bozova	Birecik	Şanlıurfa	Akçakale	Ceylanpınarı
Test İstatistiğ (Z)	1.62	0.91	1.36	0.81	0.27	-1.08
Test Olasılığı (P)	0.11	0.36	0.17	0.42	0.79	0.28



Şekil 2. EKİ serilerinin bir gecikmeli (Lag 1) otokorelasyon katsayıları (Lag-1 serial correlation coefficient of EDI series)

Şekil 2'den açıkça görüleceği üzere, bir gecikmeli otokorelasyon katsayıları *(r_1)* tüm istasyonlarda *%95* güven sınırları içerisinde değişim göstermiştir. İncelenen meteoroloji istasyonlarının korelogramlarına göre, *EKİ* serilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir otokorelasyon olmadığına; iç bağımlılığın *%95* olasılık düzeyinde önemsiz olduğuna karar verilmiştir.

3.3. Gidiş Testleri (Trend Tests)

Veri serilerinin bağımsız olduklarına karar verildikten sonra *EKİ* serilerine *Mann-Kendall* ve *Sen'in gidiş eğim* yöntemi uygulanarak her istasyon için *Mann-Kendall* ve *Sen eğim gidiş* istatistikleri hesaplanmış, elde edilen sonuçlar Çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 4. Mann-Kendall Gidiş (Z) ve Sen Eğim Gidiş ($Q=I_m$/yıl) test istatistikleri (Mann-Kendall Trend (Z) and Sen's Slope ($Q=I_m$/year) trend test statistics)

İstasyonlar	Siverek	Bozova	Birecik	Şanlıurfa	Ceylanpınarı	Akçakale
Mann-Kendall (Z)	-0.33	0.33	-1.86	-1.73	-2.86*	-2.25*
Sen Eğim Gidiş (Q)	-0.02	0.05	-0.07	-0.10	-0.10	-0.07

* %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı

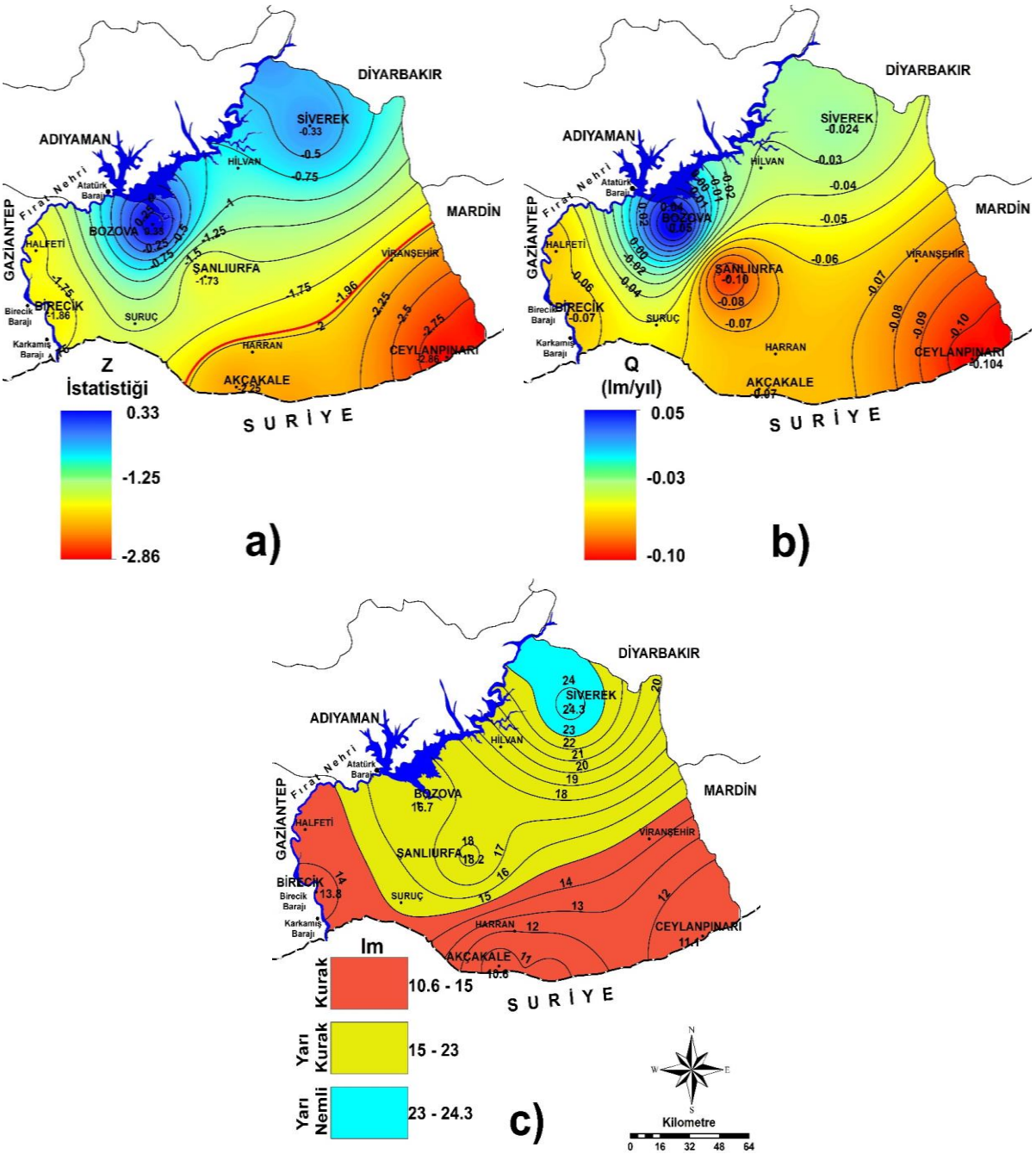
İstasyonlara uygulanan *Mann-Kendall ve Sen Eğim Gidiş* testi sonucunda; Bozova istasyonu haricinde diğer istasyonlarda azalan yönde gidişler olduğu belirlenmiştir. Bozova istasyonunda diğer istasyondan farklı olarak, istatistiksel olarak anlamlı olmasa da *(Z=0.33)* "*Nemli İklim*"e doğru bir gidiş saptanmıştır. Bozova istasyonundaki bu tavır dikkate alındığında, gidiş hızının *Sen Eğim Gidiş* yöntemine göre 0.05 I_m*/yıl* olduğu anlaşılmaktadır. Siverek *(Z=-0.33)* istasyonunda ise "*Arid İklim"*e doğru, bir başka ifade ile gittikçe şiddetini hissettiren kurak bir periyoda doğru gidiş gözlenmektedir. Gözlenen bu gidiş -0.02 I_m/yıl hızındadır. Bu durum, Siverek ve çevresinde gelecek yıllarda daha şiddetli ve durağan hale gelen kuraklık hadiselerine işaret etmektedir. Birecik *(Z=-1.86)* ve Şanlıurfa *(Z=-1.73)* istasyonlarında kuraklık eğiliminin arttığını ve bu eğilimin önümüzdeki yıllarda Z=-1.96 güven aralığını aşarak istatistiksel olarak anlamlı bir gidiş oluşturacağının söz konusu olabileceği tahmin edilmektedir. Nitekim bu iki istasyondaki kuraklık eğilim hızları sırasıyla -0.07 I_m/yıl ve -0.10 I_m/yıl değerleri ile temsil edilmiştir. Bu değerler, Siverek *(Q=-0.02 I_m/yıl)* istasyonu referans alındığında, kuraklığın gelecek yıllarda *GAP* alnında daha geniş alanlarda hüküm süreceğine dair hipotezi destekler niteliktedir. Ceylanpınarı *(Z=-2.86)* ve Akçakale *(Z=-2.25)* istasyonlarının, her geçen yıl "*Yarı Kurak"* koşullardan "*Kurak"* koşullara doğru bir geçişe maruz olduğu; bu değişimin kalıcı iklime doğru evrildiği ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bu ifadeler, araştırma alanındaki "Y*arı Kurak"* koşulların şiddetini artırarak durağan bir tavır sergilemeye yönelik değişim içinde olduğuna işaret etmekte; bu değişimin ise, tarımın bugüne kıyasla önümüzdeki yılarda daha çok su talep eder konumda olacağına kanıt teşkil etmektedir. Bu istasyonlarda meydana gelen gidiş hızları sırasıyla -0.10 I_m*/yıl* ve -0.07 I_m*/yıl* değerleri ile temsil edilmiştir. Bu durum gidişin istatistiksel olarak anlamlı olması ile gidiş hızının arasında bir korelasyonun söz konusu olabileceğine işaret etmektedir. Tüm bu sonuçlar ise, *GAP* alanında kuraklığın genel bir iklim hadisesine doğru evrildiğini göstermektedir.

3.4. Haritaların Elde Edilmesi (Generating Maps)

Çizelge 2 ve Çizelge 4*'* de gösterilen her istasyonun temsil eden medyan değerleri, *Z* ve *Q* istatistikleri kullanılarak Ters Uzaklık Yöntemi *(TUY)* ile sırasıyla Şekil 3a-c'de gösterilen *Mann-Kendall Gidiş Haritası, Sen Eğim Gidiş Haritası ve Erinç Kuraklık İndeksi Haritası* elde edilmiştir. Kuraklığın alansal ve zamansal yayılımının belirlenmesinde bu üç harita birlikte değerlendirilmiştir.

Şekil 3c incelendiğinde; Erinç kuraklık indeksi değerleri ile özdeşleştirilen iklim sınıflarının Şanlıurfa'daki alansal yayılımı rahatça görülebilmektedir. Halfeti, Birecik Akçakale, Harran, Ceylanpınarı ve Viranşehir bulunduğu bölgeler "*Kurak"* iklim sınıfıyla temsil edilerek kuraklığın baskın olduğu alanları göstermektedir. Diğer yandan Şanlıurfa, Bozova ve Hilvan'ı kapsayan bölgelerde ise *"Yarı Kurak"* koşullar (iklim sınıfı) hüküm sürmektedir. Kuzeyde yer alan Siverek ve çevresi, kuraklık bakımında diğer kesimlere kıyasla daha kabul edilebilir koşullara sahip olup *"Yarı Nemli"* iklim tipi ile karakterize edilmiştir. Benzer olarak, Meteoroloji Genel Müdürlüğü [59] tarafından 1981-2010 dönemine ait CBS ortamında ülke kapsamında *Erinç Kuraklık İndeksi* haritalarının yapıldığı bir çalışmada da aynı bulgular elde edilmiştir. Bu haritalar incelendiğinde, bölgesel olarak "*Kurak"* veya "*Nemli İklim*" sınıfına doğru alansal genişlemeler ile gidişin hızı (büyüklüğü) tespit edilememektedir. Oysa Şekil 3a ve 3b'de verilen *Mann-Kendall Gidiş Haritası ve Sen Eğim Gidiş Haritası* alansal olarak iklim sınıflarını, bir başka ifade ile Erinç kuraklık indekslerine göre "*Yarı Kurak"* koşullardan daha şiddetli kuraklıklara geçişi ifade eden "*Kurak*" koşullara doğru gidişleri ve gidiş hızını net bir şekilde ortaya koymaktadır. Örneğin; Z=-1.96 eş gidiş eğrisinin altında kalan Harran, Akçakale, Ceylanpınar'ı ve Viranşehir'in bulunduğu bölgeler kurak koşullardan daha kritik özellik arz eden

"Tam Kurak" koşullara (iklim sınıfına) doğru istatistiksel olarak anlamlı gidiş göstermektedir. Gidiş hızları bu eğrinin altında kalan alanlarda -0.06 I_m*/yıl* ve -0.10 I_m*/yıl* değerleri ile *"Tam Kurak"* iklim özelliğine doğru bir eğilim söz konusudur. Oysa; Şekil 3c'de bu bölgelerde *"Kurak"* koşullar hakimdir. Nitekim Bozova ve çevresi Şekil 3c'de "*Yarı Kurak"* iklim sınıfıyla temsil edilirken, Şekil 3a ve 3b dikkate alındığında Atatürk barajının yöredeki yağış rejimi üzerine olumlu etki yaptığı; Bozova ve civarında istatistiksel olarak anlamlı bir gidiş olmasa da 0.05 I_m*/yıl* hızında "*Yarı Nemli"* iklim özelliğine doğru bir eğilim olduğu görülmektedir. Şekil 3c 'de *"Yarı Nemli"* iklim sınıfıyla temsil edilen Siverek bölgesinin ise *"Yarı Nemli"* iklim özelliğinden *"Yarı Kurak"* özelliğine doğru -0.02 I_m*/yıl*'lık bir eğilim belirlenmiştir. *"Yarı Kurak"* iklim özelliğine sahip Şanlıurfa ve *"Kurak"* iklim özelliğine sahip Birecik sırasıyla; yılda -0.07 I_m ve -0.10 I_m şiddetinde *"Kurak"* ve "*Tam Kurak"* iklim özelliğine doğru eğilim göstermektedir. Bu ifadelerden anlaşılacağı gibi, sadece Erinç Kuraklık İndeksi haritasından edilen bilgiler kuraklığın kategorisinin ve bu kategoriler arasındaki geçişlerin ve eğilimlerin açıkça ortaya konulmasında yetersiz kalmaktadırlar. Kuraklık indeksleri yanında, gidiş analizi sonucunda elde edilen istatistiklerin (*Mann-Kendall gidiş* ve *Sen eğim gidiş istatistikleri)* haritalanması, hakim kuraklık kategorisinin ve bu kategorinin yayılım hakkında daha fazla bilgi çıkarılmasına olanak sağlamaktadır.



Şekil 3. a) Mann-Kendall Gidiş Haritası, b) Sen Eğim Gidiş Haritası ve c) Erinç Kuraklık İndeksi Haritası (a) Mann-Kendall Trend Map, b) Sen's Slope Trend Map and c) Erinç Drought Index Map)

Kuraklık kategorilerindeki daha şiddetli kuraklıklara doğru gidiş eğiliminin ciddiye alınması ve alınacak yapısal tedbirlerle önlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, yörede baskın karakter olan ormansızlaştırma sürecinin tersine çevrilmesi önem arz etmektedir. Araştırmanın yapıldığı *GAP* alanında, suni depolama tesislerine mücavir kesimlerden başlamak sureti ile Suriye sınırına doğru genişleyen silsile şeklinde şeritvari orman alanların arttırılması değinilen kötüye gidişin tersinirliğine önemli katkılar sağlayacaktır. Ayrıca, *GAP* yöresinde yoğun tarla tarımı yerine meyve kaplı alanların artırılması tam-kurak karakterli alanların yayılımını engelleyeceği düşünülmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS)

Risk yönetimi bakımından iklim değişikliği kuraklık gidişinin alansal ve zamansal yayılımının izlenmesinde analitik çözümlemeleri ihtiyaç haline getirmiştir. *GAP* sulama alanlarının %50'sine sahip Şanlıurfa' da yürütülen bu çalışmada her istasyon için hesaplanan *EKİ* serilerinin run (Swed-Eisenhart) ve otokorelasyon testleri ile bağımsız oldukları belirlenmiştir. Bağımsız *EKİ* serilerine *Mann-Kendall gidiş* ve *Sen eğim gidiş* testleri uygulanmıştır. Her bir istasyon için hesaplanan *EKİ* serilerinin medyan değerleri, *Mann-Kendall* ve Sen Eğim istatistikleri kullanılarak; "*Mann-Kendall Gidiş*", "*Sen Eğim Gidiş*" ve "*Erinç Kuraklık İndeksi*" haritaları elde edilmiştir. Kuraklığın izlenmesi bakımından bu üç haritanın birlikte değerlendirilmesiyle kuraklığın alansal yayılımı ve zamanla gidişi belirlenmiş; hızları tespit edilmiştir. Yapılan analiz ve yorumlara göre çıkarılabilecek sonuç ve öneriler şöyle özetlenebilir:

- "*Erinç Kuraklık İndeksi*" haritası vb. haritalar bölgesel olarak kuraklığın yayılımını ortaya koyabilmesine karşın, kuraklık ve kuraklık kategorilerinin gidişi ve gidiş büyüklükleri hakkında bilgi verememiştir.
- "*Mann-Kendall Gidiş*" ve "*Sen Eğim Gidiş*" haritaları ile Şanlıurfa ilinde kuraklığın kuzey-güney yönündeki alansal ve zamansal gidişinin önem derecesi ve hızı belirlenmiştir
- Şanlıurfa ilinde Bozova ve civarı dışında kuzey-güney istikametinde Siverek'ten Akçakale yönünde kuraklık şiddetti artmakta ve kurak iklim koşulları daha baskın hale gelmektedir.
- Şanlıurfa ilinde Bozova bölgesinin Atatürk barajının hemen mansabında yerleşim göstermesi bu lokasyonun kurak iklim özelliğinden daha nemli iklim özelliğine doğru istatistiksel olarak anlamlı olmasa da 0.05 I_m/*yıl* hızında bir eğilim göstermesine yol açmıştır.
- Kuzeyden güneye doğru olan gidiş ve gidiş hızları incelendiğinde; gidişlerin istatistiksel olarak anlamlı ($Z \geq \pm 1.96$) olması ile gidişin hızı (I_m/*yıl*) arasında bir korelasyonun söz konusu olabileceği belirlenmiştir.
- *GAP* Bölgesi'nde Atatürk Barajı gibi büyük barajların yapılması ve geniş alanların sulamaya açılmasıyla büyük ölçekli su kaynakları projelerinin geliştirilmesi; küresel ısınma nedeniyle nemli iklim özelliklerinden kurak iklim özelliklerine doğru olan bu gidişi engellemesi olası görülmemektedir.
- Kuraklığın izlenmesi bakımından "*Mann-Kendall Gidiş*" ve "*Sen Eğim Gidiş*" haritalarının su yönetimi ve afet risk yönetimi açısından etkin bir araç olacağı düşünülmektedir. Kuraklık ve gidiş analizlerinde kullanılan farklı yöntemler ile benzer çalışmaların yapılması ulusal düzeydeki kaynak eksikliğinin giderilmesine yönelik de büyük katkı sağlayacaktır.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Ali Demir Keskiner: Sonuçları analiz etmiş ve araştırma makalesinin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

Mahmut Çetin: Konuyu belirlemiş ve araştırma makalesinin yazımına katkı sağlamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

[1] https://wedocs.unep.org/20.500.11822/30158, "Safe Climate: A Report of the Special Rapporteur on Human Rights and the Environment - A/74/161", (2019).

[2] Naumann G., Alfieri L., Wyser K., Mentaschi L., Betts R. A., Carrao H., Spinoni J., Vogt J. and Feyen L.," Global changes in drought conditions under different levels of warming", ***Geophysical Research Letters***, 45: 3285-3296, (2018).

[3] https://www.unescap.org/sites/default/files/2016%20UN%20World%20Water%20Development%20Report-%20Water%20and%20Jobs.pdf

[4] Oğuz K. ve Akın B.S., "Doğu Akdeniz Havzasında sıcaklık, yağış ve aerosol değişiminin incelenmesi", ***Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi***, 7(2): 244-253, (2019).

[5] https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf

[6] Selek Z. ve Pınarlık M., "Yeşilırmak Havzası Çakmak Barajı rezervuarındaki sediment birikiminin

araştırılması", ***Politeknik Dergisi***, 22(3): 715-721, (2019).

[7] Kuba E.B., Deniz Z.A. ve Öztürk B., "Türkiye'de 1960-2010 döneminde oluşan sıcak hava dalgalarının klimatolojik ve meteorolojik analizi", ***TÜCAUM International Geography Symposium***, 13-14 October, Ankara, 79-87, (2016).

[8] Sarış F., "Türkiye'de evsel su tedarik ve tüketim istatistiklerinin değerlendirilmesi", ***Coğrafi Bilimler Dergisi***, 19(1): 195-216, (2021).

[9] Başakın E.E., Özger M. ve Ünal N.E., "Gri tahmin yöntemi ile İstanbul su tüketiminin modellenmesi", ***Politeknik Dergisi***, 22(3): 755-761, (2019).

[10] İrvem A., Özbuldu M. ve Çıplak C., "Seyhan Göksu-Himmetli alt-havzasının akım verileri ile kuraklık analizi", ***Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi***, 23(2):148-157, (2018).

[11] Tonkaz T. ve Çetin M., "Effects of urbanization and land-use type on monthly extreme temperatures in a developing semi-arid region, Turkey", ***Journal of Arid Environments***, 68: 143–158, (2007).

[12] Kanat Z. ve Keskin A., "Dünyada iklim değişikliği üzerine yapılan çalışmalar ve Türkiye'de mevcut durum", ***Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi***, 49 (1):67-78, (2018).

[13] https://www.undp.org/content/dam/turkey/docs/projectdocuments/EnvSust/UNDP-TR-Iklim_Degisikligi_Risk_Yonetimi.pdf

[14] Turan E.S., "Türkiye'nin iklim değişikliğine bağlı kuraklık durumu", ***Doğal Afetler ve Çevre Dergisi***, 4(1): 63-9, (2018).

[15] Demircan M., Gürkan H., Eskioğlu O., Arabacı H. and Coşkun M., "Climate change projections for Turkey: Three models and two scenarios", ***Turkish Journal of Water Science and Management***, 1(1):22-43, (2017).

[16] Cebeci İ., Demirkıran O., Doğan O., Karagöz Sezer K., Öztürk Ö. ve Elbaşı F., "Türkiye'nin iller bazında kuraklık değerlendirmesi", ***Toprak Su Dergisi***, Özel Sayı: 169-176, (2019).

[17] Çetin M., "Agricultural Water Use. In: Harmancioglu N., Altinbilek D. (Eds.), Water Resources of Turkey: World Water Resources", Vol 2, ***Springer***, Cham, pp. 257-302, (2020).

[18] Birpınar M.E. ve Tuğaç C., "Impacts of climate change on water resources of Turkey", ***4th International Conference Water Resources and Wetlands***, 5-9 September, Tulcea (Romania), 145-152, (2018).

[19] Yue S. and Wang C.Y., "Regional streamflow trend detection with consideration of both temporal and spatial correlation", ***International Journal of Climatology***, 22(8):933-946, (2002).

[20] Ojo O.I. and Ilunga M.F., "Application of nonparametric trend technique for estimation of onset and cessation of rainfall", ***Air-Soil and Water Research***, 11: 1-4, (2018).

[21] Yılmaz A.G., Shanableh A., Al-Ruzouq R.I. and Kayemah N., "Spatio-temporal trend analysis of groundwater levels in Sharjah, UAE", ***International Journal of Environmental Science and Development***, 11(1): 9-14, (2020).

[22] Lin H., Wang J., Li F., Xie Y., Jiang C. and Sun L., "Drought trends and the extreme drought frequency and characteristics under climate change based on SPI and HI in the upper and middle reaches of the Huai River Basin, China", ***Water,*** 12: 1-19, (2020).

[23] Khand P.B., Kumar K.C.V., Dhungana A.R. and Dhungana S.M., "Assessing the trend of climate change in the Western Nepal", ***American Journal of Environmental Sciences***, 16 (6): 112-121, (2020).

[24] Sharma S. and Singh P.K., "Long term spatiotemporal variability in rainfall trends over the State of Jharkhand, India", ***Climate***, 5 (1): 18, (2017).

[25] Minaei M. and Irannezhad M., "Spatio-temporal trend analysis of precipitation, temperature and river discharge in the northeast of Iran in recent decades", ***Theoretical and Applied Climatology***, 131:167-179, (2018).

[26] Şimşek O., "Hydrological drought analysis of Mediterranean basins, Turkey", ***Arabian Journal of Geosciences***, 14:2136, (2021).

[27] Büyükyıldız M. ve Berktay A., "Parametrik olmayan testler kullanılarak Sakarya Havzası yağışlarının trend analizi", ***S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.,*** 19(2): 23-38, (2004).

[28] Shadmani M., Marofi S. and Roknian M., "Trend analysis in reference evapotranspiration using Mann-Kendall and Spearman's Rho tests in arid regions of Iran", ***Water Resources Management,*** 26:211-224, (2012).

[29] Rahman M. A., Yunsheng L. and Sultana N., "Analysis and prediction of rainfall trends over Bangladesh using Mann–Kendall, Spearman's rho tests and ARIMA model", ***Meteorology and Atmospheric Physics,*** 129:409-424, (2017).

[30] Tonkaz T., Çetin M. ve Şimşek M., "Şanlıurfa ilinin bazı iklim parametrelerinde gözlenen değişimler", ***Ç.Ü.Z.F. Dergisi,*** 18 (3): 29-38, (2003).

[31] Şimşek O., Gümüş V., Soydan N.G., Yenigün K., Kavşut M.E. ve Topçu E., "Hatay ilinde bazı meteorolojik verilerin gidiş analizi", ***SDU International Technologic Science***, 5 (2): 29-38, (2013).

[32] Özfidaner M., Şapolyo D. ve Topaloğlu F., "Adana ilinde maksimum ve minimum sıcaklıkların gidiş analizi", ***Mediterranean Agricultural Sciences***, 32(2): 237-241, (2019).

[33] Topçu E. ve Karaçor F., "Erzurum istasyonunun standartlaştırılmış yağış evapotranspirasyon indeksi ve bütünleşik kuraklık indeksi kullanılarak kuraklık analizi", ***Politeknik Dergisi***, 24(2): 565-574, (2021).

[34] Özfidaner M., "Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi ve Nehir Akımları Üzerine Etkisi", ***Yüksek Lisans Tezi (MSc)***, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007).

[35] Gocic M. and Trajkovic S., "Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia", ***Global and Planetary Change,*** 100:172-182, (2013).

[36] Oğuz E. ve Oğuz K., "Şanlıurfa ili yağış ve sıcaklık trend analizi", ***Su Vakfı***, 5(1): 26-31, (2020).

[37] Topaloğlu F., "Regional trend detection of Turkish river flows", ***Nordic Hydrology,***, 37 (2):165-182, (2006).

[38] Şapolyo D., "Ege Bölgesi Aylık Sıcaklık Verilerinin Bölgesel Ortalama Mann-Kendall Testi İle Trend

Analizi", ***Yüksek Lisans Tezi (MSc)***, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2017).

[39] Some'e B.S., Ezani A. and Tabari H., "Spatiotemporal trends and change point of precipitation in Iran", ***Atmospheric Research***, 113:1-12, (2012).

[40] Gümüş V., Şimşek O., Avşaroğlu Y. and Agun B., "Spatio-temporal trend analysis of drought in the GAP Region, Turkey", ***Natural Hazards***, (2021).

[41] Keskiner A.D. ve Akın S., "Meteorolojik kuraklığın alansal ve zamansal gidişinin coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında haritalanması:Şanlıurfa örneği", ***Uluslararası Küresel İklim Değişikliği Kongresi,*** Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 179-191, (2021).

[42] Güler M. ve Kara T., "Alansal dağılım özelliği gösteren iklim parametrelerinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve kullanım alanları; genel bir bakış", ***Ondokuz Mayıs Ü. Zir.Fak.Der.***, 22(3): 322-328, (2007).

[43] ***www.harita.gov.tr/urun/il-ve-ilce-yuzolcumleri/176***, "Türkiye İl ve İlçe Yüz Ölçümleri", (2022).

[44] Çağlak S., Özlü T. ve Gündüz S., "Şanlıurfa ili iklim özelliklerinin enterpolasyon teknikleri ile analizi", ***Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi***, 9(45): 360-372, (2016).

[45] Erinç S., "Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis", Edebiyat Fakültesi, ***Coğrafya Enstitüsü Yayınları***, No: 41, İstanbul, (1965).

[46] Nemli D., "Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Yıllık Maksimum Yağışların Trend Analizi", ***Yüksek Lisans Tezi (MSc)***, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2017).

[47] Aslanbaş T., "Göller Bölgesi Su Potansiyelinin Araştırılması", ***Yüksek Lisans Tezi (MSc)***, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2017).

[48] Wang F., Shao W., Yu H., Kan G., He X., Zhang D., Ren M. and Wang G., "Re-evaluation of the power of the Mann-Kendall test for detecting monotonic trends in hydrometeorological time series", ***Frontiers Earth Science***, 8:14, (2020).

[49] Beyazıt M., "Nonstationarity of hydrological records and recent trends in trend analysis: A state-of-the-art review", ***Environmental Processes***, 2:527-542, (2015).

[50] Çetin M., "Su yapılarının mühendislik tasarımında hidrolojik verilerin kullanılabilirliklerinin irdelenmesi", ***Türkiye İnşaat Mühendisliği XIII. Teknik Kongre ve Sergisi***, Ankara, 2:513-529, (1999).

[51] Mohsin T. and Gough W.A., "Trend analysis of long-term temperature time series in the Greater Toronto Area (GTA)", ***Theoretical and Applied Climatology,*** 101:311-327, (2010).

[52] Tarate S.B. and Kumar P., "Characterization and trend detection of meteorological drought for a semi-arid area of Parbhani district of Indian state of Maharashtra", ***MAUSAM***, 72(3): 583-596, (2021).

[53] Lettenmaier D.P., Wood E.F. and Wallis J.R., "Hydro-climatological trends in the Continental United States, 1948-88", ***Journal of Climate***, 7: 586-607, (1994).

[54] Sen P.K., "Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau", ***Journal of the American Statistical Association***, 63(324):1379-1389, (1968).

[55] Salmi T., Maatta A., Anttila P., Ruoho-Airola T. and Amnell T., "Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann–Kendall test and Sen's slope estimates – the Excel template application Makesens", ***Finnish Meteorological Institute***, 31:1-35, (2002).

[56] Kaur N., Yousuf A. and Singh M.J., "Long term rainfall variability and trend analysis in lower Shivaliks of Punjab, India", ***MAUSAM***, 72 (3): 571-582, (2021).

[57] Çetin M. and Diker K., "Assessing drainage problem areas by GIS: A case study in the Eastern Mediterranean region of Turkey", ***Irrigation and Drainage***, 52:343-353, (2003).

[58] Çetin M., Özcan H. ve Tülücü K., "Aşağı Seyhan Ovası IV. Merhale proje alanında toprak ve taban suyuna ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerin yersel değişimlerinin jeoistatistik yöntemle araştırılması", ***Araştırma Projesi Sonuç Raporu***, Adana, (2001).

[59] https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim_siniflandirmalari/erinc.pdf