



ANTALYA VE ISPARTA YAĞIŞ VERİLERİNİN TREND ANALİZİ

Elif Gülen KIR^{1*}, Veysel GÜLDAL²

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yağış,
Trend Analizi,
Zaman Serisi,
Mann-Kendall
Yenilikçi Trend Analizi.

Öz

Küresel iklim değişikliği, mevcut su kaynaklarında ve yağışlarda önemli farklılıklara sebep olmaktadır. Su kaynaklarının geleceğe yönelik olarak yapılan çeşitli tahminleri, sürdürülebilirlik açısından bir gerekliliktir. Bu nedenle, su kaynaklarının asıl kaynağı olan yağışların tahmin edilmesi ya da trendlerinin belirlenmesi önemlidir. Bu çalışma, Antalya ve Isparta illerinde 1971-2018 tarihlerinde kaydedilmiş aylık ve yıllık yağışların trendlerini araştırmaktadır. Analizlerde göz önüne alınan trend hesaplama yaklaşımları Mann-Kendall Trend Analizi, Sen'in Trend Eğimi Tahmincisi ve Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yöntemleridir. Parametrik olmayan Mann-Kendall yöntemine göre Antalya ve Isparta'da kaydedilen aylık ve yıllık yağışlarda bir trend belirlenmemiştir. Sen'in Trend Eğimi Tahmincisi ile Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yöntemlerine göre ise hem aylık ve hem de yıllık yağışlarda farklı artan ve azalan trendler belirlenmiştir. Bir sonuç olarak, her 3 yöntemin de farklı trendler ortaya çıkardığı elde edilmiştir. Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yönteminin göz önüne alınan zaman serisini 2 eşit alt seriye bölerek elde edilebilen bir saçılmanın görsel olarak görülebilmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

TREND ANALYSIS OF RAINFALL DATA IN ANTALYA AND ISPARTA

Keywords

Rainfall,
Trend Analysis,
Time Series,
Mann-Kendall
Innovative Trend Analysis.

Abstract

Global climate change causes significant differences in available water resources and precipitations. Various forecasts of water resources for the future are a necessity for sustainability. For this reason, it is important to predict precipitations, which are the main source of water resources, or to determine their trends. This study investigates the trends of monthly and annual precipitation recorded between 1971-2018 in Antalya and Isparta provinces. Trend calculation approaches considered in the analyzes are the Mann-Kendall Trend Analysis, Sen's Trend Slope Estimator and Şen's Innovative Trend Analysis. According to the non-parametric Mann-Kendall method, no trend was determined in the monthly and annual rainfalls recorded in Antalya and Isparta. According to the Sen's Trend Slope Estimator and Şen's Innovative Trend Analysis methods, different increasing and decreasing trends were determined in both monthly and annual rainfalls. As a result, it was obtained that all three methods revealed different trends. In addition, Şen's Innovative Trend Analysis method is thought to be important in terms of visually seeing a scattering that is to be obtained by dividing the considered time series into 2 equal sub-series.

Alıntı / Cite

Kır E. G., Güldal V., (2022). Antalya ve Isparta Yağış Verilerinin Trend Analizi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 10(3), 899-907.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

E.G. Kır, 0000-0002-6787-041X
V Güldal, 0000-0001-8786-9363

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	18.04.2022
Revizyon Tarihi / Revision Date	24.05.2022
Kabul Tarihi / Accepted Date	26.05.2022
Yayın Tarihi / Published Date	30.09.2022

* İlgili yazar / Corresponding author: elifgulencimen@gmail.com, +90 533 7730089

1. Giriş (Introduction)

Su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik yapılan istikşaf, etüt ve planlama gibi her türlü araştırmalar tüm ülkeler için büyük öneme sahiptir. İklim değişikliği etkilerinin özellikle son yıllarda meteoroloji, hidroloji, çevre, tarım ve sanayi gibi alanlarda hissedilmesi ülkelerdeki su kaynaklarının önemini daha da artırmıştır. Mevcut su kaynaklarının araştırılması, miktar ve kalitelerinin korunması ve su havzalarının bütüncül bir yaklaşımla planlanması gibi çalışmalar ile muhtemel su kaynakları rezerv teşkilinin geliştirilmesi kaçınılmaz bir hal almıştır.

İklim değişikliği etkilerinin meteorolojik ve hidrolojik parametreler üzerinde araştırılması, son dönemlerde yapılan akademik çalışmalarda sıklıkla görülmektedir. Sıcaklık, yağış, nem, buharlaşma, rüzgâr ve güneşlenme süresi gibi meteorolojik parametreler, esas olarak diğer hidrolojik, çevresel, tarımsal ve sanayi ölçeklerinde suyla ilgili durumları etkilemektedir. Son yıllarda, birçok hidro-meteorolojik parametrede gözlemlenen oynaklıklar (azalış ve yükselişler), parametrelerin gidişatlarının bilinmesinin önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Zamanla değişen herhangi bir rastgele değişkenin (örneğin aylık ya da yıllık yağış yüksekliğinin) son tarihlerdeki gidişatı (azalışı ya da artışı) trend (eğilim), bu gidişatın belirlenmesi işi ise trend analizi olarak adlandırılmaktadır.

Hidro-meteoroloji, çevre, tarım ve sanayi ile ilgili zamanla rastgele değişen parametrelerin trend analizlerinin yapılması, parametrenin geçmişteki davranışının nasıl olduğunun ve hangi olaylardan nasıl etkilendiğinin belirlenmesini ve gelecekteki davranışının ise nasıl olabileceğinin tahmin edilmesini sağlar. Bu çalışmada, Antalya ve Isparta illerindeki meteoroloji istasyonlarında 1971-2018 tarihleri arasında ölçülmüş 45 yıllık aylık ve yıllık toplam yağış yüksekliği değerlerinin trend analizi yapılacaktır. Bir rastgele değişkenin trend analizi pek çok yöntemle yapılabilmektedir. Trend analizi yöntemleri ile bu yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar Kaynak Araştırması kısmında bir özet olarak ve bu araştırma çalışmasında uygulanacak yöntemler ise Materyal ve Yöntem kısmında detaylı olarak izah edilecektir.

2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Trend analizi mühendislik alanında olduğu gibi diğer akademik alanlarda da sıklıkla kullanılan bir öngörü yaklaşımıdır. Su kaynakları çalışmalarında trend analizi yaygın olarak kullanılmaktadır ve analiz için göz önüne alınan yaklaşımın doğruluğu bölgenin ekonomik gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Hidrolojik parametrelerin ve özellikle yağışların trendlerinin aranmasında son yıllarda yapılmış çalışmalar bu bölümde özetlenmeye çalışılmıştır. Literatürde en yaygın olarak kullanılan trend analizi yöntemlerinden biri Mann-Kendall trend analizi (Mann, 1945; Kendall, 1955) testidir. Bu test, Şili’de bulunan Elqui nehri havzasındaki alüvyon akiferde açılmış olan gözlem kuyularında ölçülmüş aylık yeraltısuyu seviyeleri (Ribeiro vd., 2015), Erie gölü su kalitesinin aylık değerleri (Hipel vd., 1988), Türkiye’deki 26 akarsu havzasında kaydedilmiş aylık akarsu akımları (Kahya ve Kalaycı, 2004), İran’da bulunan Urmia gölü seviyesi (Fathian vd., 2015), Ürdün’deki minimum ve maksimum sıcaklıklar (Smadi, 2006) ve Çin’deki Heihe nehrinde ölçülmüş yıllık yağış ve akış (Sang vd., 2014) gibi hidro-meteorolojik zaman serilerindeki trendlerin aranmasında kullanılmıştır.

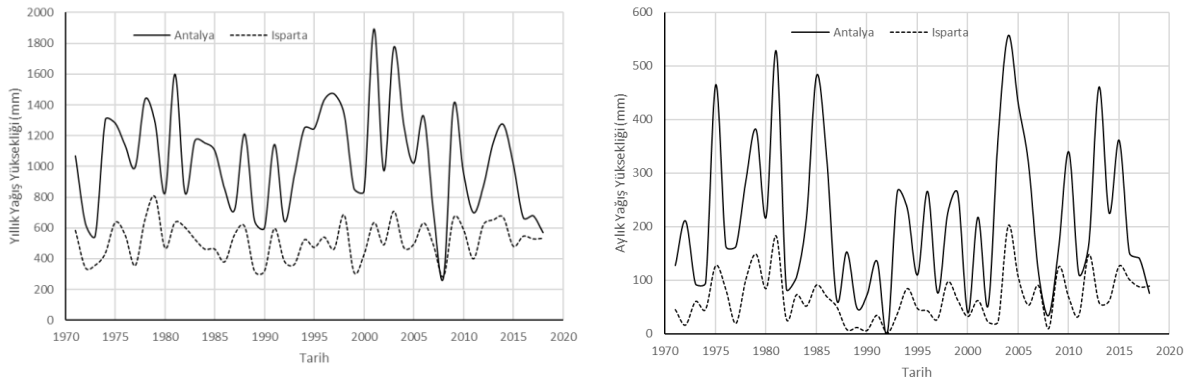
Son dönemlerde yapılan akademik çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir diğer trend belirleme yöntemi ise yenilikçi trend analizi yöntemidir (Şen, 2012). Bu yöntem, zaman serisinin 2 parçaya ayrılmasını ve önceki ile sonraki alt serilere ait bir saçılmayı ele almaktadır. Yöntemin metodolojisi, simülasyonu ve uygulaması (Şen, 2014), Ergene nehri havzasında ölçülmüş bazı hidro-meteorolojik parametreler üzerinde Mann-Kendall yöntemi ile kıyaslamasını (Dabanlı vd., 2016), Türkiye’deki 35 ilde kaydedilmiş yıllık yağışların kısmi trendlerinin analizi (Öztopal ve Şen, 2017), düşük-orta-yüksek değerli 3 veri grubunun kendi içerisinde değerlendirilmesi (Alashan, 2018), Mann-Kendall “z” test değerinin yöntem içerisinde kullanılması (Güçlü, 2018a) ve zaman serisinin 3 ya da 4 parçaya ayrılmasıyla ele alınan bir iyileştirme (Güçlü, 2018b), yenilikçi yöntemin geliştirilmesine yönelik çalışmalardır. Ulusal ölçekte trend analizi ile ilgili yapılan pek çok akademik çalışma bulunmaktadır. Büyükyıldız ve Berktaş (2004) Sakarya havzasındaki yağışların, Partal ve Kahya (2006) Türkiye’deki yağışların, Ay ve Özyıldırım (2017) Yozgat ili yağış ve sıcaklık verilerinin, Ülke ve Özkaca (2018) Ordu, Samsun ve Sinop illerindeki hava sıcaklıklarının, Ercan ve Yüce (2018) Kilis iline ait aylık sıcaklık ve yağış verilerinin, Keskin vd. (2018) Doğu Anadolu’daki sıcaklık ve yağışların, Coşkun (2020) Van gölü havzasındaki yağışların, Tokgöz ve Partal (2020) Karadeniz bölgesindeki yıllık yağış ve sıcaklık verilerinin, İlker ve Terzi (2021) Çankırı ve Kastamonu’daki hava sıcaklığının trend durumları, Mann-Kendall, Sen’in Trend Eğimi Tahmincisi ve Şen’in Yenilikçi Trend Analizi yöntemleri ile incelemiştir.

Bu araştırma çalışmasında ise, Antalya ve Isparta illerinde 1971-2018 tarihlerinde kaydedilmiş aylık ve yıllık yağışlara ait zaman serilerinin trendleri Mann-Kendall trend analizi, Sen’in trend eğimi tahmincisi ve Şen’in Yenilikçi Trend Analizi yöntemleriyle incelenmiş ve bu 3 yöntemin bir kıyası yapılmıştır.

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

3.1. Çalışma Alanı ve Veri (Study Area and Data)

Akdeniz bölgesinde yer alan Antalya ve Isparta illerinde ölçülmüş yağış kayıtlarının trend analizi bu çalışmanın araştırma konusudur. Antalya ili yağışları için 64 m rakımında bulunan 17300 istasyon numaralı Antalya Havalimanı meteoroloji istasyonunun ve Isparta ili yağışları için ise 997 m rakımında bulunan 17240 istasyon numaralı Isparta meteoroloji istasyonunun 1971-2018 tarihleri süresince (48 yıllık) kaydedilmiş aylık ve yıllık yağışları göz önüne alınmıştır. Isparta ili Akdeniz bölgesinde yer alsa da meteorolojik açıdan Antalya'dan bir hayli farklıdır ve özellikle, yazları daha kurak bir iklime sahiptir. 1971-2018 tarihlerinde kaydedilen yağışların aritmetik ortalamaları Antalya'da 1043,4 mm ve Isparta'da ise 516,5 mm olup hemen hemen Antalya Havalimanı istasyonunda ölçülmüş yağışların yarısı kadardır. Yıllık yağışlardaki bu farklılık aylık yağışlarda da gözlenmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Antalya ve Isparta Yıllık ve Ocak Ayı Yağış Yüksekliği Zaman Serileri (Annual and Month January Rainfall Time Series for Antalya and Isparta)

Şekil 1 'de gösterilen yağışların zaman serilerine bakılacak olursa, Antalya'da kaydedilmiş yıllık yağışlardaki değişimlerin Isparta'daki yağışlara göre daha belirgin olduğu (Şekil 1a), Ocak ayında kaydedilmiş aylık yağışlardaki değişimlerin ise her iki ilde de bir hayli oynak olduğu görülmektedir. Bu değişimler, yağışlarda artan ya da azalan bir trendin olabileceği kanısı uyandırmaktadır.

3.2. Trend Analizi Yöntemleri (Methods of Trend Analysis)

Genel olarak, hidrolojik ve meteorolojik büyüklüklerin gözlemlendiği istasyonlardaki veriler zaman serileri şeklinde değerlendirildiğinde, örneğin yağış verilerinin genellikle eksik ve kısıtlı olduğu durumlarında mevsimsellik gibi bazı problemler dolayısıyla analizler karmaşık bir hal alabilmektedir. Bu nedenle, bu tür verilerin analizine dönük hidrolojik çalışmalarda parametrik testlere oranla parametrik olmayan testlerin kullanılması tercih sebebi olmaktadır. Bu araştırma çalışmasında, verilerdeki uzun süreli aylık ve yıllık eğilim ve değişkenliklerin ortaya çıkarılmasında parametrik olmayan (non parametrik) Mann-Kendall trend testi ve Sen'in Trend Eğimi Tahmincisi ile Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yöntemleri kullanılmıştır. Bir rastgele zaman serisinin trendini araştırmaya başlamadan önce, seride içsel korelasyonun (r) olup olmadığına bakılmalıdır. İçsel korelasyon, AR(1) sürecine göre belirlenerek içsel korelasyon katsayısının anlamlı büyüklükte olup olmadığı araştırılmalıdır. Seride anlamlı (büyük) içsel korelasyon bulunursa, orijinal seri bu içsel korelasyona göre yeniden düzenlenmelidir (seriye ön beyazlatma yapılır). Bu çalışmada, test sonuçları %5 anlamlılık düzeyi dikkate alınarak yorumlandığında Antalya ve Isparta istasyonlarında kaydedilen aylık ve yıllık yağışların içsel korelasyonları düşük elde edildiği için yağış kayıtlarına ön beyazlatma uygulanmayarak orijinal yağış kayıtları üzerinde trend analizleri yapılmıştır.

3.2.1. Mann-Kendall Testi (Mann-Kendall Test)

Mann-Kendall testi, özellikle zaman serilerinde meydana gelebilecek artma veya azalma yönündeki gidışlerin istatistiksel olarak test edilmesinde kullanılan bir yöntem olup sıra tabanlı ve parametrik olmayan bir testtir. Bu nedenle, parametrik testlerin varsayımlarında beklenen zaman serisindeki normalite, doğrusallık ve bağımsız olma durumu bu testte aranmaz (Bayazit ve Önöz, 2007). Mann-Kendall testi, n sayıdaki zaman serisinin önceki (y_i) ile sonrasındaki (y_j) veri değerlerinin ($n(n-1)/2$ adet) arasındaki farkın işaretini (sgn) göz önüne almaktadır. Farkın işareti belirlenirken, fark sıfırdan büyükse +1, sıfırsa 0 ve sıfırdan küçükse -1 alınır. Bu teste ait test istatistiği (S) aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(y_j - y_i) \quad (1)$$

$$\text{sgn}(y_j - y_i) = \begin{cases} +1, & \text{Eğer } (y_j - y_i) > 0 \\ 0, & \text{Eğer } (y_j - y_i) = 0 \\ -1, & \text{Eğer } (y_j - y_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Örnek sayısı (n) 10 ve daha büyük olduğunda, S 'nin normal dağılım gösterdiği, ortalamasının sıfır ($E(S) = 0$) olduğu ve varyansının ($V(S)$) da aşağıdaki gibi hesaplanabileceği belirtilmiştir (Mann, 1945 ve Kendall, 1975).

$$V(S) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{k=1}^m t_k(t_k-1)(2t_k+5) \right] \quad (3)$$

Burada, m sayısal değeri birbirine eşit olan toplam veri çiftinin sayısını, t_k ise k . çifte ait gözlemlerin sayısını göstermektedir. Birbirine eşit veri çifti yoksa $t_k = 0$ olur ve Eşitlik (3) sadeleşir. Sıfır ortalamaya ve birim varyansa sahip standart normal dağılımın standart Mann-Kendall test istatistiği (Z_{MK}) ise aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}}, & \text{Eğer } S > 0 \\ 0, & \text{Eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}}, & \text{Eğer } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$S > 0$ ise zaman serisinin artan bir eğilime sahip olduğu, $S = 0$ ise zaman serisinin herhangi bir eğilime sahip olmadığı ve $S < 0$ ise zaman serisinin azalan bir eğilime sahip olduğu anlaşılır. Z_{MK} 'nın mutlak değeri bir $\% \alpha$ önem seviyesindeki standart normal dağılım değişkeninden ($Z_{\alpha/2}$) daha azsa H_0 hipotezine göre zaman serisinde trendin olmadığı, aksi durumda ise trendin var olduğu kabul edilir. Bu şekilde trend belirlenmişse ve S değeri pozitif ise trendin artan yönde, negatifse azalan yönde olduğu sonucuna varılır.

S değeri şayet büyük pozitif (yada negatif) bir sayı olarak elde edildi ise sonraki ölçüm değerleri de öncekilerden daha büyük (yada daha küçük) olacak ve zaman serisinde artan (yada azalan) bir trendin olduğu ifade edilebilecektir. Böyle bir durumda testin istatistiği (τ) aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\tau = \frac{2S}{n(n-1)} \quad (5)$$

Bu istatistik -1 ile +1 arasında değişir. S ve τ sıfırdan önemli miktarda farklıysa trendin olmadığı H_0 hipotezi reddedilir, yani trend mevcuttur.

3.2.2. Sen'in Trend Eğimi Tahmincisi (Sen's Trend Slope Estimator)

Zaman serisi veri çiftlerinin eğimlerini hesaplayarak elde edilen tüm eğimlerin medyanının (yani trend eğiminin) hesaplandığı parametrik olmayan bir yöntemdir (Sen, 1968). Bu trend eğiminin tahmini yönteminde, n adet veriden (y) oluşan $n(n-1)/2$ adet veri çiftine ait her bir veri çiftinin eğimi (b) aşağıdaki gibi yazılır:

$$b = \text{medyan} \left(\frac{y_j - y_i}{j - i} \right) \quad (6)$$

Bu eşitlik, $j > i$ ($j = 2, 3, \dots, n$ ve $i = 1, 2, \dots, n-1$) şartını sağlamalıdır. $n(n-1)/2$ adet veri çiftinin sayısı çift ise, medyan ortadaki 2 eğimin ortalaması olarak hesaplanır. Eğimlerin medyan (b) değeri pozitif ise zaman serisinin artma eğiliminde olduğu, negatif ise azalma eğiliminde olduğu belirtilmiştir.

3.2.3. Şen'in Yenilikçi Trend Analizi (Şen's Innovative Trend Analysis)

Bu yöntemde, n adet veri değerine sahip zaman serisi 2 eşit parçaya ayrılır ve elde edilen bu alt seriler değerleri artan şekilde sıralanır. Sıralanmış bu alt serilerin ilk bölümü (tercihen eski veriler) bir kartezyen koordinat sisteminde x eksenine, ikinci sıralanmış alt seri ise y eksenine işaretlenerek bir grafik elde edilir. Grafik üzerinde

45° 'lik 1:1 doğrusu çizilerek veri noktalarının bu doğru etrafında yayıldığı görülür. 1:1 doğrusu ile bu doğru üzerine düşen veri noktalarında bir trendin olmadığı, doğrunun üstünde olan veri noktalarında artan bir trendin olduğu ve bu doğrunun altında olan veri noktalarında ise azalan bir trendin olduğu göz önüne alınır. y ekseninde işaretlenen serinin ikinci parçasındaki verinin aritmetik ortalaması (y_2) ile ilk parçasındaki verinin aritmetik ortalaması (y_1) yardımıyla serinin eğimi aşağıdaki gibi elde edilir (Şen, 2012; 2014).

$$b_{\text{Ş}} = \frac{2(y_2 - y_1)}{n} \quad (7)$$

Şen eğimi ($b_{\text{Ş}}$) pozitif ise zaman serisinin artan trendde olduğu, negatif ise azalan trendde olduğu, sıfır ise herhangi bir trendin olmadığı ifade edilmiştir.

4. Araştırma Bulguları (Research Findings)

Çalışmada, öncelikle, 17300 numaralı Antalya Havalimanı ile 17240 istasyon numaralı Isparta meteoroloji istasyonlarında 1971-2018 tarihlerinde kaydedilmiş 48 yıllık yağışların aylık ve yıllık temel tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmış ve sonuçları Tablo 1 'de verilmiştir. Yağışlar incelendiğinde, yaz aylarında (Haziran, Temmuz, Ağustos) Antalya ve Isparta yağışlarına ait Ortalama, Minimum ve Maksimum yağış miktarlarının diğer mevsimlere göre daha az gerçekleştiği, yağışların standart sapmasının ve varyansının da daha düşük elde edildiği görülmektedir. En büyük Çarpıklık katsayısı ile en büyük Basıklık katsayısının Antalya yağışları için Ağustos ayında, Isparta yağışları için ise en büyük Çarpıklık katsayısı Temmuz ayında, en büyük Basıklık katsayısı ise Kasım ayında belirlenmiştir. Yıllık periyotta, Antalya yağışları ortalamasının ve maksimum yağış miktarının Isparta yağışlarına göre yaklaşık 2 kat daha büyük olduğu, minimum yağış miktarlarının ise birbirine yakın olduğu Tablo 1'de görülmektedir. Antalya yağışlarında hesaplanan standart sapma ve varyans değerleri Isparta yağışlarına göre çok daha büyük elde edilmiştir. Antalya yıllık yağışları sola çarpık iken Isparta yağışları sağa çarpık olduğu, ayrıca her iki bölgedeki yıllık yağışların basıklığının negatif olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. Yağış Verilerine Ait Temel İstatistikler (Basic Statistics of Rainfall Data)

Aylar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Antalya Yağışları (mm)													
Ortalama	212,2	150,2	96,0	56,2	32,8	8,2	3,0	1,6	14,7	83,2	151,1	135,0	1043,4
Min.	0	9,8	8,2	0	0	0	0	0	0	0	1,1	11,2	283,7
Mak.	556,9	624,6	398,8	261,3	120,5	49,2	41,9	28,6	165,2	494,7	907,2	650,4	1891,8
Std Sapma	141,0	112,6	77,3	48,2	32,4	11,2	8,2	4,5	28,8	91,9	167,6	167,1	335,2
Varyans	19875	12,684	5979	2327	1048	125	68	20	831	8451	28094	27919	112387
Çarpıklık	0,74	1,79	1,59	1,71	1,04	2,20	3,51	4,62	3,34	2,29	2,69	1,12	0,19
Basıklık	-0,26	5,35	3,75	5,22	0,13	5,55	13,5	26,5	14,9	7,5	8,95	0,37	-0,13
Isparta Yağışları (mm)													
Ortalama	67,6	58,3	50,5	52,5	53,9	31,3	15,8	13,9	17,0	39,5	46,2	70,1	516,5
Min.	1,8	3,6	4,9	6,3	1,8	0,6	0	0	0	0	0,2	0	285,4
Mak.	201,4	149,2	168,6	153,6	149,5	92,2	112,6	58,6	99,2	140,7	202,5	217,8	804,7
Std Sapma	45,4	35,0	33,7	30,6	32,0	22,7	25,0	15,6	22,1	33,5	36,3	51,3	120,9
Varyans	2063	1228	1133	936	1023	513	627	242	486	1123	1320	2635	14612
Çarpıklık	0,87	0,70	1,32	1,47	0,61	0,83	2,34	1,15	2,31	1,19	2,13	0,94	-0,015
Basıklık	0,70	-0,05	2,12	2,76	0,26	0,22	5,61	0,44	5,84	1,07	7,21	0,63	-0,63

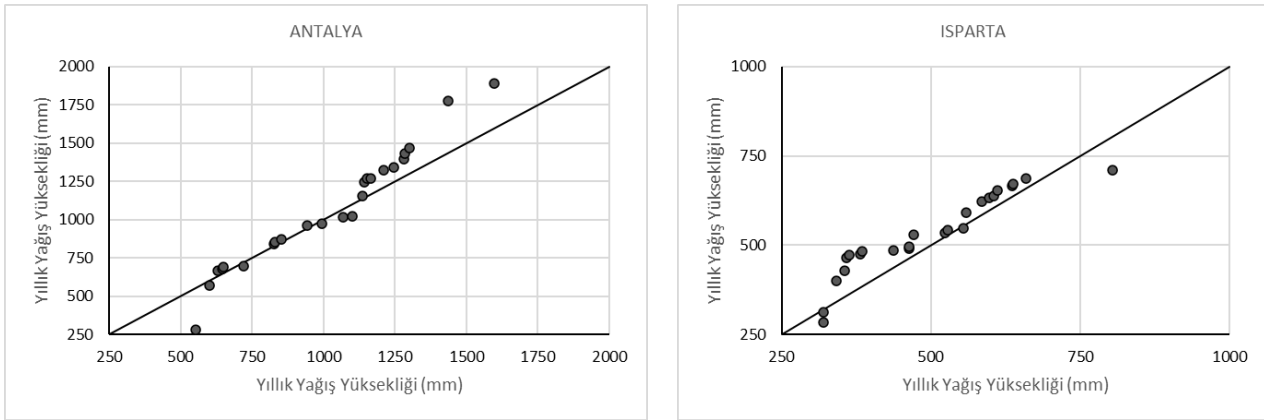
Antalya ile Isparta yağışlarına tatbik edilen trend analizi yöntemleri Mann-Kendall Trend Analizi, Sen'in Trend Eğimi Tahmincisi ve Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yöntemleridir. Tablo 2, yıllık ve aylık yağışlara ait trend analizi sonuçlarını göstermektedir. Mann-Kendall Trend Analizi yöntemine göre zaman serilerinin 1-adım ötelemeli içsel korelasyonları önemsiz bulunduğundan trend analizleri orijinal seriler ile yapılmıştır. Analizler sonucunda, %5 önem seviyesinde Antalya ve Isparta'daki yıllık ve aylık yağışlarda bir artış veya azalış eğilimi tespit edilememiş, bir trendin olmadığı bulunmuştur. Sen'in Trend Eğimi Tahmincisi yöntemine göre serilere ait anlamlı eğimler belirlenmiştir. Tablo 2 'deki sonuçlara göre; Antalya'da kaydedilen yıllık yağışların azalan bir trende sahip olduğu, aylık yağışların ise Şubat, Mart, Kasım ve Aralık aylarında azalan trendde, Temmuz ve Ağustos aylarında herhangi bir trendin görülmediği yani anlamlı bir azalış ya da artışının olmadığı, diğer aylarda ise artan trendin olduğu tespit edilmiştir. Isparta'da kaydedilen yıllık yağışların artan bir trende sahip olduğu, aylık yağışların ise Şubat, Nisan ve Aralık aylarında azalan eğilimde, Ekim ayında herhangi bir azalış ya da artış eğilimi görülmediği, diğer aylarda ise artan trendin olduğu bulunmuştur.

Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yöntemi yıllık yağışlara uygulandığında Şekil 2 'de görülen saçılma diyagramları elde edilmiştir. Antalya yıllık yağış yüksekliklerinin son 24 yılda önceki 1971-1994 dönemine göre daha yüksek gerçekleştiği, Isparta yıllık yağış yüksekliklerinin ise son 24 yılda önceki sürece göre biraz yükseldiği gözlenmiştir. Tablo 2 'den de görüldüğü gibi Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yöntemine göre yıllık yağış zaman serilerinin eğimleri Antalya için 2,322 ve Isparta için 1,488 olarak hesaplanmış ve yıllık yağışların artan trendde oldukları

belirlenmiştir. Aylık yağışlar için Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yöntemine göre saçılma grafikleri Antalya için Şekil 3 'de, Isparta için Şekil 4 'te gösterilmiştir. Bu şekiller incelendiğinde hem Antalya ve hem de Isparta için aylık yağışlardaki trendin son 24 yıllık süreçte bazı aylarda azalış eğilimde, bazı aylarda ise artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu grafiklerin sergilediği sonuçlara göre Antalya ve Isparta aylık yağışın zaman serilerine ait trendlerinin eğimleri Tablo 2 'de verilmiştir.

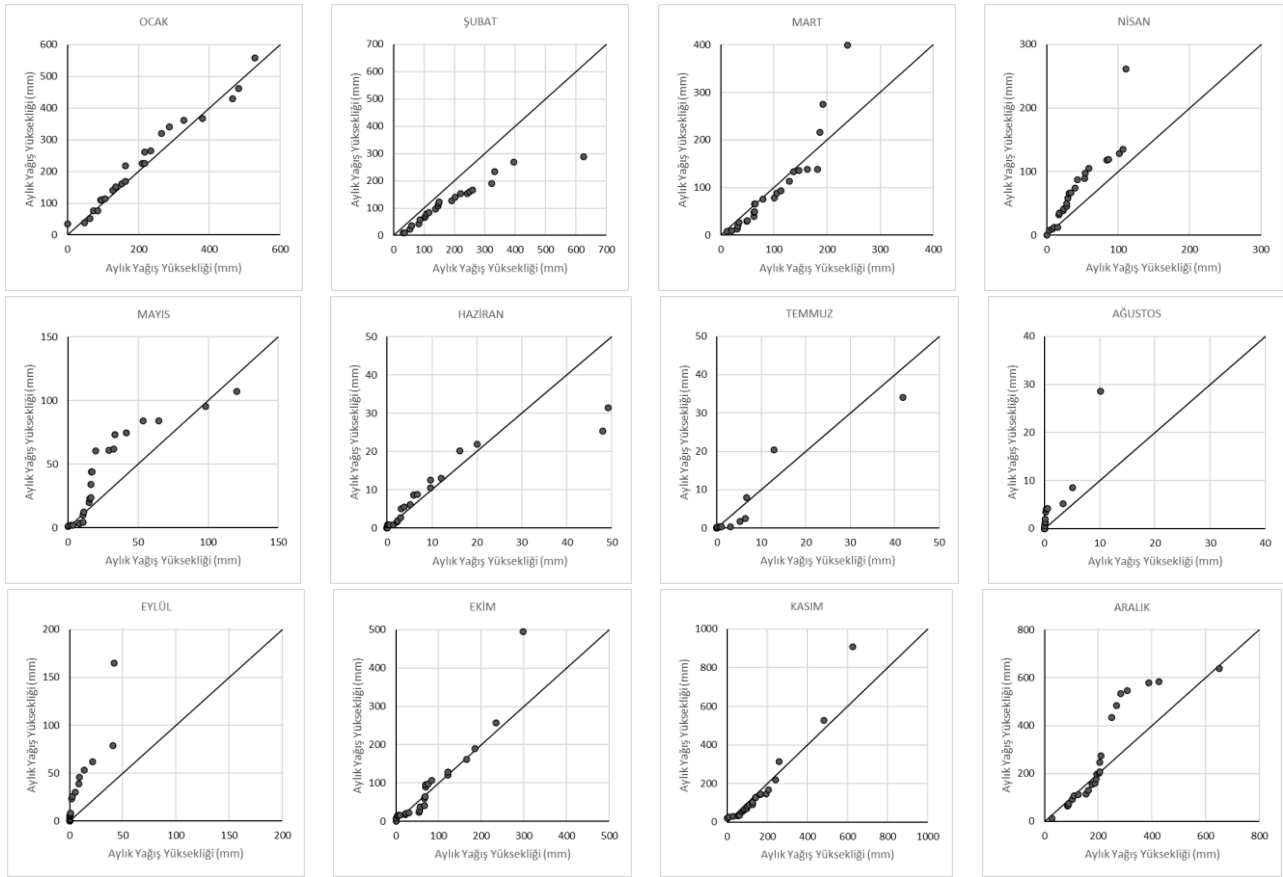
Tablo 2. Trend Analizlerinin Sonuçları (Results of Trend Analyses)

Zaman	Antalya Yağışları			Isparta Yağışları		
	Mann-Kendall	Sen'in Eğimi Eşitlik (6)	Şen'in Eğimi Eşitlik (7)	Mann-Kendall	Sen'in Eğimi Eşitlik (6)	Şen'in Eğimi Eşitlik (7)
Yıllık	Yok	-2,733	2,322	Yok	1,200	1,488
Ocak	Yok	0,213	0,600	Yok	0,563	0,543
Şubat	Yok	-1,971	-2,771	Yok	-0,474	-0,385
Mart	Yok	-0,380	-0,031	Yok	0,146	0,105
Nisan	Yok	0,370	1,182	Yok	-0,087	0,007
Mayıs	Yok	2,247	0,496	Yok	0,591	0,423
Haziran	Yok	0,005	-0,031	Yok	0,084	0,046
Temmuz	Yok	0,000	-0,016	Yok	-0,001	-0,137
Ağustos	Yok	0,000	0,068	Yok	0,150	0,187
Eylül	Yok	0,050	0,715	Yok	0,111	0,583
Ekim	Yok	0,121	0,382	Yok	0,000	-0,080
Kasım	Yok	-1,025	-0,065	Yok	0,121	-0,047
Aralık	Yok	-0,924	1,870	Yok	-0,332	0,243

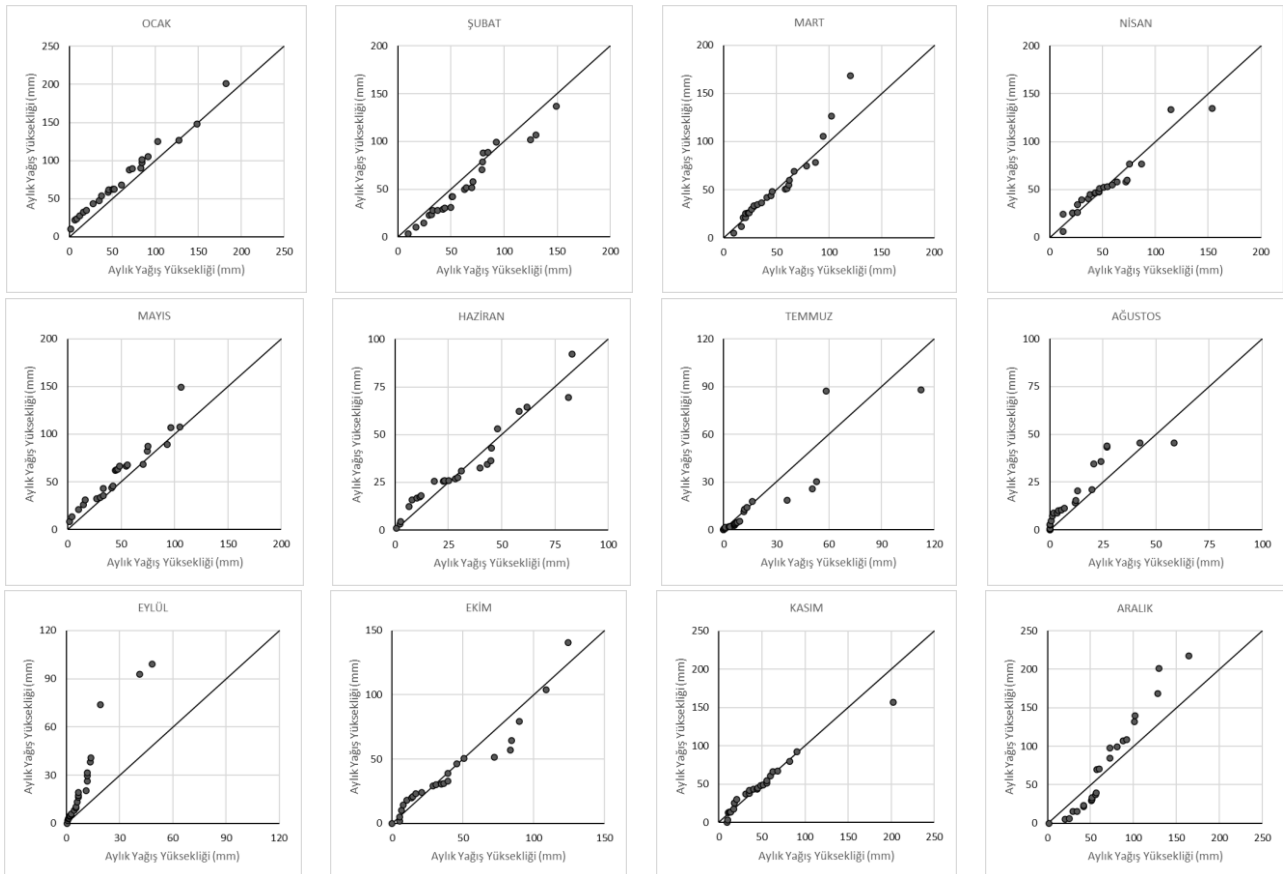


Şekil 2. Yıllık Yağışlara Şen'in Yenilikçi Trend Analizi Yönteminin Uygulanması (Application of Şen's Innovative Trend Analysis for Monthly Rainfalls)

3 yöntem birlikte değerlendirildiğinde, elde edilen trend sonuçlarının genelde birbirinden farklı bulunduğu sonucuna varılabilir. Mann-Kendall testinde Antalya ve Isparta'daki yıllık ve aylık yağışlarda herhangi bir trende rastlanmamış, Sen'in Trend Eğimi Tahmincisinde ise Antalya'daki yıllık, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık aylarındaki yağışlarda bir azalma gözlenirken, Isparta'daki Şubat, Nisan, Temmuz ve Aralık aylarındaki yağışlarda bir azalma belirlenmiş, diğer aylarda ise artış trendleri hesaplanmıştır. Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yönteminde ise, Antalya'daki Şubat, Mart, Haziran, Temmuz ve Kasım aylarındaki yağışlarda bir azalma gözlenirken, Isparta'daki Şubat, Temmuz, Ekim ve Kasım aylarındaki yağışlarda bir azalma belirlenmiş, diğer aylarda ve yıllık yağışlarda ise artış trendleri hesaplanmıştır.



Şekil 3. Antalya Aylık Yağışlarına Şen'in Yenilikçi Trend Analizi Yönteminin Uygulanması (Application of Şen's Innovative Trend Analysis for Monthly Rainfalls of Antalya)



Şekil 4. Isparta Aylık Yağışlarına Şen'in Yenilikçi Trend Analizi Yönteminin Uygulanması (Application of Şen's Innovative Trend Analysis for Monthly Rainfalls of Isparta)

5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Bu çalışmada, Antalya ve Isparta illerinde 1971-2018 tarihlerinde kaydedilmiş yıllık ve aylık yağış kayıtlarının trendleri araştırılmıştır. Analizlerde parametrik olmayan (non-parametrik) testler uygulanmıştır. Trend hesapları Mann-Kendall Trend Analizi, Sen'in Trend Eğimi Tahmincisi ve Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yöntemleriyle yapılmıştır.

Mann-Kendall yöntemine göre yıllık ve aylık yağışlarda her iki meteoroloji istasyonu verileri için bir azalma ya da artış eğilimleri tespit edilmemiştir. Yıllık ve aylık yağış verisi zaman serilerindeki 48'er adet sayısal değer, yöntemin hassasiyetini azalttığı düşünülmektedir. Veri sayısının daha az olması durumunda bir trendin olması muhtemeldir. Yöntemin uygulanmasında %5 önem derecesinin göz önüne alınması da zaman serisinde bir trendin olmayışına sebep olduğu ifade edilmelidir. Daha düşük önem derecelerinde, bu yöntemde bir trendin bulunması muhtemel gözükmemektedir.

Sen'in Trend Eğimi Tahmincisi yöntemi ile Antalya ve Isparta istasyonlarında hem yıllık ve hem de aylık yağışlarda artan ve azalan trendler belirlenmiştir. Antalya'daki yıllık, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık aylarındaki yağışlarda azalma yönünde bir trend gözlenirken, Isparta'daki Şubat, Nisan, Temmuz ve Aralık aylarındaki yağışlarda azalma yönünde bir trend belirlenmiştir. Diğer aylarda ise artan yönde bir trend hesaplanmıştır. Bu yöntem, verideki içsel eğimlerin ortancasını göz önüne aldığı için Mann-Kendall yöntemine göre farklıdır ve herhangi bir zaman serisine ait eğilimin hesaplanması muhtemeldir.

Şen'in Yenilikçi Trend Analizi yöntemi ile Antalya ve Isparta istasyonlarında yıllık yağışlarda artan trendler belirlenirken, aylık yağışlarda ise hem artan hem de azalan trendler belirlenmiştir. Antalya'daki Şubat, Mart, Haziran, Temmuz ve Kasım aylarındaki yağışlarda azalma yönünde bir trend gözlenirken, Isparta'daki Şubat, Temmuz, Ekim ve Kasım aylarındaki yağışlarda ise azalan yönde bir trend belirlenmiştir. Diğer aylarda ise artan yönde bir trend hesaplanmıştır. Bu yöntemi diğer iki yöntemden ayıran önemli fark, zaman serisinin 2 parçaya ayrılmasıyla önceki seri ile sonraki seri arasındaki saçılmanın görülebilmesidir. Bu saçılma, 45°'lik bir doğru üzerinde gerçekleşmemesi durumunda bir trendi göstermekte ve bu trend ise her iki seri grubu arasındaki aritmetik ortalama arasındaki bir oran (trend) nedeniyle olmaktadır. Bu yöntem, yağışlara ait zaman serilerindeki düşük, orta ve yüksek değerler arasında ayrıca bir mukayese yapma imkanına da izin vermektedir. Antalya'da son yıllarda görülen yıllık yağış miktarlarında bir artışın olduğu ifade edilebilir. Böyle bir çıkarım, Mann-Kendall ile Sen'in Eğimi yöntemleri için bahsedilemez.

Çalışmada tatbik bu yöntemlerin bir başka sonucu olarak, Antalya ve Isparta yağışları için göz önüne alınan 3 yöntemden elde edilen trend bulgularının birbirinden farklı olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, bu yöntemlerin güvenilirliklerinin başka metodlarla da test edilmesinin önemli olacağı düşünülmektedir. Yağış gibi su kaynaklarına doğrudan etki eden bir hidro-meteorolojik parametrenin trendi ile ilgili daha fazla yöntemle daha fazla çalışmanın yapılması bir gereklilik olarak düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Alashan, S., 2018. An Improved Version of Innovative Trend Analyses, *Arabian Journal of Geosciences*, 11, 50.
- Ay, M., Özyıldırım, Y., 2017. Yozgat'ın Aylık Toplam Yağış ve Aylık Ortalama Hava Sıcaklıklarının Trend Analizi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(2), 65-76.
- Bayazit, M., Önöz, B., 2007. To Prewhiten or not to Prewhiten in Trend Analysis?, *Hydrological Sciences Journal*, 52(4), 611-624.
- Büyükyıldız, M., and Berktaş, A., 2004. Parametrik Olmayan Testler Kullanılarak Sakarya Havzası Yağışlarının Trend Analizi, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 19(2), 23-38.
- Coşkun, S., 2020. Van Gölü Kapalı Havzasında Yağışların Trend Analizi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(2), 521-532.
- 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.
- Douglas, E.M., Vogel, R.M., and Kroll, C.N., 2000. Trends in Floods and Low Flows in the United States: Impact of Spatial Correlation, *Journal of Hydrology*, 240, 90-105.
- Ercan, B., Yüce, M.İ., 2018. Kilis İli Aylık Sıcaklık ve Yağış Verileri Trend Analizi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9(2), 947-953.
- Fathian, F., Morid, S., Kahya, E. 2015. Identification of Trends in Hydrological and Climatic Variables in Urmia Lake Basin, Iran, *Theoretical and Applied Climatology*, 119, 443-464.

- Güçlü, Y.S., 2018a. Alternative Trend Analysis: Half Time Series Methodology, *Water Resources Management*, 32(7), 2489-2504.
- Güçlü Y.S., 2018b. Multiple Şen-Innovative Trend Analyses and Partial Mann-Kendall Test, *Journal of Hydrology*, 566, 685-704.
- Hipel, K.W., McLeod, A.J., Weller, R.R., 1988. Data Analysis of Water Quality Time Series in Lake Erie, *Journal of the American Water Resources Association*, 24, 533-544.
- İlker, A., Terzi, Ö., 2021. Sıcaklık Verilerinin Trend Analizi: Çankırı ve Kastamonu Örneği, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(4), 1339-1347.
- Kahya, E., Kalaycı, S., 2004. Trend Analysis of Streamflow in Turkey, *Journal of Hydrology* 289, 128-144.
- Kendall, M.G., 1955. Rank Correlation Methods, Hafner Publishing Co., New York.
- Keskin, M., Çakto, İ., Çetin, V., Bektaş, O., 2018. Doğu Anadolu Bölgesi Sıcaklık ve Yağış Trend Analizi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(2), 294-300.
- Mann, H.B., 1945. Nonparametric Tests Against Trend, *Econometrica*, 13, 245-259.
- Öztopal, A., Şen, Z., 2017. Innovative Trend Methodology Applications to Precipitation Records in Turkey, *Water resources management*, 31(3), 727-737.
- Partal, T., Kahya, E., 2006. Trend Analysis in Turkish Precipitation Data, *Hydrological Processes*, 20(9): 2011-2026.
- Ribeiro, L., Kretschmer, N., Nascimento, J., Buxo, A., Rötting, T., Soto, G., Señoret, M., Oyarzún, J., Maturana, H., Oyarzún, R., 2015. Evaluating Piezometric Trends using the Mann-Kendall Test on the Alluvial Aquifers of the Elqui River Basin, Chile, *Hydrological Sciences Journal*, 60(10), 1840-1852.
- Sang, Y.-F., Wang, Z., Liu, C., 2014. Comparison of the MK Test and EMD Method for Trend Identification in Hydrological Time Series, *Journal of Hydrology*, 510, 293-298.
- Sen, P.K., 1968. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau, *Journal of the American Statistical Association*, 63, 1379-1389.
- Smadi, M.M., 2006. Observed Abrupt Changes in Minimum and Maximum Temperatures in Jordan in the 20th century, *American Journal of Environmental Sciences*, 2(3), 114-120.
- Şen, Z., 2012. Innovative Trend Analysis Methodology, *ASCE, Journal of Hydrologic Engineering*, 17, 1042-1046.
- Şen, Z., 2014. Trend Identification Simulation and Application, *ASCE, Journal of Hydrologic Engineering*, 19, 635-642.
- Şen Z., 2015. Innovative Trend Significance Test and Applications, *Theoretical and Applied Climatology*, 127(3), 939-947.
- Şen, Z. 2017. Innovative Trend Methodologies in Science and Engineering, Springer, Cham, Switzerland, 349 p.
- Tokgöz, S., Partal, T., 2020. Karadeniz Bölgesinde Yıllık Yağış ve Sıcaklık Verilerinin Yenilikçi Şen ve Mann-Kendall Yöntemleri ile Trend Analizi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 1107-1118.
- Ülke, A., Özkoca, T., 2018. Sinop, Ordu ve Samsun İllerinin Sıcaklık Verilerinde Trend Analizi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2), 455-463.
- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., 2003. Canadian Streamflow Trend Detection: Impacts of Serial and Cross-Correlation, *Hydrological Sciences Journal*, 48(1), 51-63.