

Araştırma Makalesi

Su Kalitesi Parametreleri için Mann-Kendall ve Yenilikçi Trend Yöntemlerinin Karşılaştırılması

*¹Ramazan ACAR

¹Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye,
ramazanacar@munzur.edu.tr, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5864-0076>

Geliş: 23.07.2024;

Kabul: 18.11.2024

Öz

Günümüzde farklı veri setleri (su kalitesi, akım, yağış, sıcaklık vb.) ile eğilimlerin tespit edilmesi için pek çok yöntem mevcuttur. Bu çalışmada trend analizi çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılan Mann-Kendall (MK) test istatistiği ile Spearman Rho test istatistiği ve son yıllarda popüler hale gelmiş olan Şen'in yenilikçi trend yöntemi (ITA), Yenilikçi eğilim çözümlemesi için geliştirilmiş görselleştirme (IV-ITA) yöntemlerinin performansları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Ceyhan Nehri'ne ait 20-06-00-001 numaralı istasyonundan alınan 1986-2013 su yıllarına ait yıllık ortalama ve mevsimlik ortalama 8 adet su kalitesi parametresi kullanılmıştır. Öncelikle her bir parametrenin değerleri YSKYY'nde verilen su kalite değerleriyle karşılaştırılmış ve her bir parametreye göre su kalitesi sınıfları belirlenmiştir. Daha sonra her mevsim kendi içinde ve yıllık ortalama değerlerin trendleri karşılaştırılmıştır. Bu nedenle 5 farklı trend testinin karşılaştırılması yapılmıştır. Ancak sırasıyla yapılmış olan homojenlik ve otoregresif korelasyon testi işlemlerine göre hem %95 güven aralığında homojen olmayan hem de korelasyon değeri 0.30'un üzerinde kalan bazı veriler kıyaslamada kullanılmamıştır. Makalede elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde farklı analizlerin birlikte yapılarak kullanılması testlerdeki yanılma payını azaltacağı kanısına varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Su Kalitesi, Yenilikçi Eğilim Çözümlemesi için Geliştirilmiş Görselleştirme, Yenilikçi Trend Testi, Korelasyon, Spearman Rho

*¹Sorumlu Yazar

Bu makaleye atıf yapmak için

Acar, R., (2025). Su Kalitesi Parametreleri için Mann-Kendall ve Yenilikçi Trend Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology (JICIVILTECH)*, 7(1), 11-27.
<https://doi.org/10.60093/jiciviltech.1521101>

Comparison of Mann-Kendall and Innovative Trend Method for Water Quality Parameters

Abstract

In the present era, there exists a plethora of methodologies for the detection of trends with disparate data sets, including but not limited to those pertaining to water quality, flow, precipitation, and temperature. This study evaluates the effectiveness of the Mann-Kendall (MK) test statistic and Spearman's Rho (SR) test statistic, commonly used in trend analysis studies; Şen's innovative trend method (ITA), which has gained prominence in recent years; and the visualization methods designed for innovative trend analysis (IV-ITA). To this end, eight annual and seasonal average water quality parameters of the Ceyhan River, situated in the Mediterranean region, were obtained from station 20-06-00-001 for the water years 1986–2013. Firstly, the values of each parameter were compared with the water quality values given in the SWQMR, and water quality classes were determined according to each parameter. Accordingly, five distinct trend tests were evaluated. However, following the completion of homogeneity and autoregressive correlation tests, data that did not meet the criteria for homogeneity at the 95% confidence interval and exhibited a correlation value above 0.30 were excluded from the comparison. The article's analysis concludes that the integration of diverse analytical approaches may enhance the precision of the tests.

Keywords: *Water Quality, Enhanced Visualization for Innovative Trend Analysis, Innovative Trend Test, Correlation, Spearman Rho*

1. Giriş

Su en önemli çevresel bileşenlerden biridir. Ayrıca su dünya üzerindeki birçok canlı organizma için önemli konulardan biridir ve su kirliliğinin, kalitesinin bazı yönetmeliklere göre kontrol edilmesi gerekmektedir. Dünya genelinde nüfusun artması, kentsel gelişim, tarımda kullanılan kimyasal maddeler, zamana bağlı değişimler, küresel iklim değişikliği (ısınma veya soğuma), sanayileşmenin artması ve diğer çeşitli nedenlerin sonucunda mevcut su kaynakları son yıllarda önemli ölçüde azalmıştır. Bu nedenle su parametrelerinin kalitesinin ve eğiliminin değerlendirilmesi hem önemli bir araştırma konusu hem de son zamanlardaki su kaynaklarının azalması açısından önem arz eden bir konudur (Elçi ve Selçuk, 2013; Kişi ve Ay, 2014).

Su parametrelerinin kalitesinin belirlenmesi ve trendlerinin tespiti çalışmalarına (Burgan, İçağa, Bostanoğlu ve Kilit, 2013) bakıldığında birçok araştırmacının incelemeler yaptığı görülmektedir. Su parametrelerinin kalitesinin belirlenmesi konusunda Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (Topal ve Topal, 2016; YSKYY, 2023), Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi'nin Belirlediği Su Kalitesi (CCME, 2001a-b), Oregon Su Kalitesi (Cude, 2001), Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalitesi (Brown, McClelland, Deininger ve Tozer, 1970), Su kalite endeksi vb. yöntemler literatürde yazarlar tarafından tercih edilmiştir (Akkoyunlu ve Akiner, 2012; Kır ve Saplıoğlu, 2019). Kalitesi belirlenmiş olan su kaynaklarının gelecekte kalite sınıflarında herhangi bir değişim olup

olmayacağı konusu da çok önemlidir. Bu konunun çözümünde de trend analiz yöntemleri kullanılmıştır. Su kalitesi parametrelerinin trend analizi konusunda genel olarak regresyon (Aksakal ve Gündoğay, 2022), Mann-Kendall (MK) testi (Saplıoğlu, Kilit ve Şenel, 2019), Şen trend test (ITA), Spearman's Rho (SR) testi vb. gibi literatürde yaygın olarak kullanılan yöntemler tercih edilmiştir (Kişi ve Ay, 2014). Su kalitesinin trendi konusu ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Bunlar; yağış (Saplıoğlu ve Dahir, 2018; Korkmaz, 2022), sıcaklık (Saplıoğlu, Kilit ve Yavuz, 2014; Keskin, Çakto, Çetin ve Bektaş, 2018; Mupangwa vd., 2023), akış (Kahya ve Kalaycı, 2004; Gumus, Avsaroglu ve Şimşek, 2022) gibi dolaylı bir şekilde suyun kalitesine etki eden parametreler ve akarsu akımındaki mevcut bileşenlerin konsantrasyonu (pH, CL^- , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , Elektriksel İletkenlik (EI), SO_4^{2-} vb.) ile ilgili çalışmalardır (Kalaycı ve Kahya, 1998).

Albek (2002) 1983-200 yılları arasında Porsuk Nehri'nin Beşdeğirmen istasyonunda kaydedilen su kalitesi parametrelerinin (akış, çözünmüş katı maddeler, Cl^- , PO_4^{-3} , NH_3^+ , BOD_5 , NO_3^- ve askıda katı maddeler) eğilimlerini tespit etmek için bir çalışma yapmıştır. Su kalitesi parametrelerinin eğilimleri konusunda Mevsimsel Mann-Kendall testi, Ki-Kare testi, Kendall Tau testi, Friedman testi ve Spearman's Rho gibi istatistiksel analiz yöntemlerini kullanmıştır. Sonuç olarak, Porsuk Nehri su kalitesinin çözünmüş katı madde, BOD_5 , Cl^- ve PO_4^{-3} parametreleri açısından kötüye gittiğini ve diğer azot türlerinde ise iyiye gittiğini belirtmiştir.

Saplıoğlu, Küçükerdem ve Alqaysi (2017) Orta Akdeniz bölgesindeki Kapuz Çayı, Kurşunlu Şelalesi ve Düden Çayı istasyonlarından temin ettikleri su kalitesi parametrelerinin su kalitesi sınıflarını ve eğilimlerini araştırmışlardır. Eğilimlerin tespiti için trend analiz yöntemlerinden Mann-Kendall test, Şen Grafik testi, Eğilim testi ve Şen Grafik testinden yola çıkarak geliştirilmiş olan istatistiksel analiz yöntemlerini kullanmışlardır. Sonuç olarak, su kalitesi parametrelerinin mevcut durumda I. Sınıf kaliteye sahip olduğunu ve ilerleyen dönemdeki 100 yıl içerisinde değişmeyeceğini söylemişlerdir. Ancak PH değerlerindeki artış oranlarının bu kategoride bulunan sınıflandırmayı III. Dereceye kadar düşürebileceğini söylemişlerdir. Zeydan, Özdoğan, Taştepe ve Demirtaş (2019) Zonguldak Kozlu Deresinde 2017 Haziran ile Aralık aylarında 6 farklı noktadan su kalitesini belirlemek için numuneler almışlardır. Alınan numunelerin sınıflarını YSKYY yöntemine göre belirlemişlerdir. Bu yöntemle göre derede su kalitesi için yapılan ölçümlerin sonuç olarak 4. Sınıf olduğunu tespit etmişlerdir. Kurunç, Yurekli ve Yurtseven (2005) Yeşilirmak Durucasu akım gözlem istasyonundan temin edilen su kalitesi parametrelerinin (EI , Na^+ , $Ca^{+2}+Mg^{+2}$, K^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} ve SAR) eğilimlerini ve ani değişimlerini araştırmışlardır. Eğilim testleri Kendall Tau yöntemini 1984-2001 yılları arasındaki veri dönemi için kullanmışlardır ve parametrelere ait ani değişimleri de göstermişlerdir. Sonuç olarak, her bir su kalitesi parametresi ani değişim için farklı zaman dilimlerinin gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Ancak

genel anlamda çoğu su kalitesi parametresinin zaman serilerindeki ani değişimin 1989 ve 1998 yıllarında meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DSİ) 20-000-001 numaralı akım gözlem istasyonuna (AGİ) ait su kalitesi parametrelerinin mevsimlik ve yıllık ortalama değerlerinin su kalitesi sınıflandırması yapılmıştır. Ayrıca bu parametrelerin Mann-Kendall test istatistiği, yenilikçi trend yöntemleri kullanılarak eğilimleri belirlenmiş ve geleceğe yönelik kalite sınıflarının değişimi ile ilgili tahminler oluşturulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Çalışma alanı ve Veriler

Çalışmada karşılaştırma yapılabilmesi için Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Ceyhan nehrine ait 20-06-00-001 numaralı Ceyhan Nehri E-5 Köprüsü ölçüm istasyonunun 1986-2013 yılları arasındaki mevsimlik ortalama ve yıllık ortalama su kalitesi parametrelerine ait veriler kullanılmıştır. Bu istasyondan temin edilen su kalitesi parametrelerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de incelenen parametrelerin standart sapma değerlerine bakıldığında NO_2-N ve $NO_4^{+}-N$ parametrelerinde tüm mevsimlerin ortalama değerlerinin ve yıllık ortalama değerinin üzerinde olduğu, COD parametresi standart sapma değerinde ise kış, ilkbahar ve sonbahar mevsim ortalamalarının üzerinde olduğu görülmektedir. Bu nedenle bahsi geçen parametre

değerlerinin ortalamadan uzak yerlerde dağıldığı yorumu yapılabilir. Tablodaki parametrelerin çarpıklık değerlerine bakıldığında T parametresi tüm veriler, pH ilkbahar mevsimi ortalama verisi hariç tüm veriler, NO₃-N kış mevsimi

ortalama verisi ve EC kış mevsimi ortalama verisi hariç tüm veriler orta derece çarpıklığa sahiptir. Diğer tüm verilerin çarpıklık değerleri 1'den büyük (>1) olup çok çarpıktır.

Tablo 1. Yıllık ve mevsimlik ortalama verilerin tanımlayıcı istatistik sonuçları.

		Yıllık	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
pH	Ortalama	8.14	8.17	8.20	8.08	8.14
	Standart					
	Sapma	0.15	0.15	0.16	0.23	0.27
	Basıklık	0.19	0.90	3.04	0.26	2.97
	Çarpıklık	-0.12	-0.91	1.24	-0.83	-0.15
Sıcaklık (T)	Ortalama	18.64	11.77	16.29	24.97	20.62
	Standart					
	Sapma	1.15	1.64	2.94	1.43	2.86
	Basıklık	-0.37	2.36	0.47	-0.34	-0.54
	Çarpıklık	-0.11	0.78	0.51	0.05	-0.27
Nitrit Azotu (NO₂-N)	Ortalama	0.07	0.01	0.17	0.03	0.10
	Standart					
	Sapma	0.22	0.02	0.79	0.05	0.33
	Basıklık	20.35	5.05	28.90	25.21	17.74
	Çarpıklık	4.42	2.20	5.37	4.90	4.16
Nitrat Azotu (NO₃-N)	Ortalama	1.30	1.13	1.57	1.26	1.21
	Standart					
	Sapma	0.49	0.42	1.34	0.50	0.83
	Basıklık	1.59	1.12	12.96	1.25	10.01
	Çarpıklık	1.21	0.67	3.36	1.31	2.83
Amonyum Azotu (NH₄⁺-N)	Ortalama	0.49	0.42	0.44	0.55	0.55
	Standart					
	Sapma	0.53	0.46	0.46	0.74	0.74
	Basıklık	7.21	7.73	6.96	8.27	5.92
	Çarpıklık	2.52	2.47	2.45	2.89	2.42
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (COD)	Ortalama	8.95	7.88	8.37	8.61	9.66
	Standart					
	Sapma	7.99	12.84	9.15	7.40	10.22
	Basıklık	12.93	17.10	11.62	15.44	10.90
	Çarpıklık	3.47	4.04	3.13	3.61	3.06
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOD₅)	Ortalama	1.82	1.74	1.41	2.33	1.87
	Standart					
	Sapma	0.95	1.74	0.91	1.83	1.48
	Basıklık	2.85	19.37	5.24	0.68	9.29
	Çarpıklık	1.73	4.10	1.93	1.36	2.67
Elektriksel İletkenlik (EC)	Ortalama	509.43	479.51	497.22	542.87	504.59
	Standart					
	Sapma	49.62	65.15	52.43	75.60	81.01
	Basıklık	-0.84	1.14	0.08	0.48	0.58
	Çarpıklık	-0.32	1.09	0.69	0.27	0.67

Ayrıca tabloda bulunan çarpıklık değerlerinden negatif olanlar sola çarpık, pozitif olanlar da sağa çarpıktır. Parametrelere ait basıklık değerlerine bakıldığında T parametresine ait yıllık, yaz, sonbahar mevsimleri ve EC parametresine ait yıllık ortalama değerleri negatiftir ve Platykurtic bir dağılım mevcuttur. Diğer tüm değerler pozitifdir ve Leptokurtic dağılım söz konusudur. Ayrıca Tablo 1’de pozitif basıklık değerleri arasında çok büyük değerler mevcuttur. Bu basıklık değerleri için çok kalın kuyruklara ve çok aykırı değerlere sahip oldukları yorumu yapılabilir.

2.2 Yöntemler

Zaman serisi verilerinin aynı kümeden olup olmadığının incelenmesi gerekmektedir. Herhangi bir zaman serisinin homojenliğini test eden çeşitli yöntemler vardır. En çok kullanılanlardan biri Runs (Swed-Eisenhart) testidir. Bu testteki hipotez, aynı zaman serisindeki verilerin aynı kümeden geldiği ve homojen olduğudur. Testin uygulanabilmesi için öncelikle medyan değeri bulunur. Daha sonra zaman serisindeki verilerin medyanın üstünde veya altında olup olmadığına bakılır. Bu hesaplamalar sonrasında Denklem 1’den test değeri hesaplanır. Homojenlik ve otoregresif korelasyon testi sonucunda bir veri istenilen sınırların dışında kalıyorsa bu durumda bu veriler üzerinde trend analizi yapılması uygun değildir (Saplıoğlu ve Güçlü, 2022). Bu nedenle trend analizi yapılmadan önce korelasyon testi de yapılmıştır. Otoregresif korelasyon testi değerinin

güvenilir bir trend analizi için 0.30 değerinin altında olması gerekmektedir. Üstünde olması durumunda Prewhitening yapılmalıdır.

$$Z_R = \frac{R - \frac{2N_x N_y + 1}{N_x + N_y}}{\sqrt{\frac{2N_x N_y (2N_x N_y - N)}{N^2 (N - 1)}}} \quad (1)$$

Burada R Runs sayısını, N_x medyanın altındaki değerlerin sayısını, N_y medyanın üstündeki değerlerin sayısını, N ise veri sayısını temsil etmektedir.

MK testi (Mann, 1945; Kendall, 1975), sıra tabanlı parametrik olmayan bir testtir ve aykırı değerlere karşı duyarsızdır. Bu testte verilerin normal dağılım varsayımlarını karşılaması gerekmemektedir (Ashra vd., 2021; Gadedjisso-Tossou vd., 2021) MK test istatistiği şu şekilde hesaplanır:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(x_j - x_i), \text{sign}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Pozitif bir S değeri yükseliş eğilimini temsil ederken, negatif bir S değeri ise düşüş eğilimini temsil etmektedir. Z değerini elde etmek için varyans değeri hesaplanır. Varyans (S) şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

Bağlı grup (m), örneklem büyüklüğü $n > 10$ olması durumunda normal Z test istatistiği Denklem 4’teki gibi hesaplanır.

$$Z = \frac{S \pm 1}{\text{Var}(S)^{1/2}} \quad (4)$$

Bu denklemde $S > 0$ ise $S-1$, $S < 0$ ise $S+1$ kullanılır ve $S=0$ ise $Z = 0$ 'dır. Z 'nin pozitif değeri artan eğilimi göstermektedir. Aksi takdirde düşüş eğilimini göstermektedir (Aditya, Gusmayanti ve Sudrajat, 2021; Acar, 2024).

SR testi (Lehmann ve D'Abrera, 1975; Spearman, 1904), doğrusal ve doğrusal olmayan eğilimler için kullanılan başka bir yöntemdir. Eğilimlerin olup olmadığını doğrulamak amacıyla yaygın bir şekilde kullanılan bir yöntemdir (Rahman, Yunsheng ve Sultana, 2017). Doğrusal eğilimin olup olmadığını tespit etmek için hızlı ve basit bir test yöntemidir. Bu sebeple mevcut eğilimlerin tespiti hususunda yaygın bir şekilde kullanılan trend analiz yöntemlerindendir. Bu testte sıfır hipotezi (H_0), zaman serisinde bulunan tüm verilerin hem bağımsız hem de benzer şekilde dağıldıklarını; alternatif hipotez (H_1) ise artan veya azalan eğilimlerin var olduğu şeklindedir (Shadmani, Marofi ve Roknian, 2012). Bu yöntemde test istatistiği R_{sp} ve standartlaştırılmış test istatistiği olan Z_{sp} Denklem 5 ve 6'da gösterildiği gibi ifade edilir:

$$R_{sp} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (D_i - i)^2}{n(n^2 - 1)} \quad (5)$$

$$Z_{SR} = R_{sp} \sqrt{\frac{(n-2)}{(1-R_{sp}^2)}} \quad (6)$$

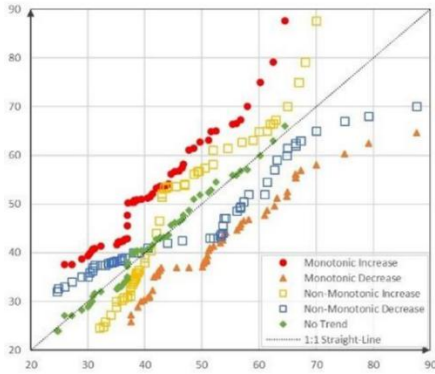
Burada; D_i gözlem sırası, i kronolojik sıra numarası. N zaman serisinin toplam uzunluğunu temsil etmektedir. Tespit edilen Z 'nin pozitif değerleri hidrolojik zaman serisi boyunca artan bir eğilimi

temsil ederken, Z 'nin negatif değerleri ise azalan eğilimleri temsil eder. Normal dağılımda Z değeri $Z_{\alpha/2}$ değerine karşılık gelen ($\alpha=0.05$) önem derecesi değerinden büyük olursa sıfır hipotezi (H_0) reddedilir ve trend olduğu kabul edilir (Ahmad vd., 2015; Acar, 2024).

ITA yöntemi ilk olarak Şen (2012) tarafından önerilmiştir. MK testi veya diğer yöntemlerin aksine, ITA'nın en büyük avantajı herhangi bir varsayım (seri korelasyon, normal olmama, örneklem sayısı) gerektirmemesidir. İlk olarak zaman serisi $y_{1,n/2} = \{x_1, x_2, \dots, x_{n/2}\}$ ve $y_{2,n/2} = \{x_{n/2+1}, x_{n/2+2}, \dots, x_n\}$ şeklinde iki eşit parçaya bölünür ve ayrı ayrı artan veya azalan sırada sıralanır. İki eşit parçaya bölünmüş verilere bağlı olarak birinci yarı X ekseninde ikinci yarı Y ekseninde olacak şekilde bir dağılım diyagramı çizilir. Ayrıca aynı grafik üzerinde eğimi 1:1 olan (45° doğrusu) ideal bir doğru çizilir. Eğer kullanılan veriler bu ideal doğrunun üzerinde toplanır ise herhangi bir trendin olmadığı kanısına varılabilir. Ancak veriler 1:1 ideal doğrusunun üst üçgen bölgesinde ise artan, alt üçgen bölgesinde ise azalan trend söz konusudur. Bu alternatif durumlara ek olarak azalan bölgeden artan bölgeye, artan bölgeden azalan bölgeye geçiş durumları da vardır ve buna kısmi artan-azalan monotonik olmayan trend adı verilir. Yukarıda bahsi geçen tüm durumlar Şekil 1'de sunulmuştur.

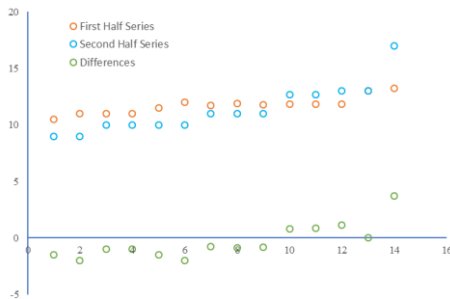
Güçlü (2020) tarafından önerilen IV-ITA yönteminde de ITA yönteminde olduğu gibi öncelikle zaman serisi iki eşit yarıya (parçaya) bölünür ve veriler kendi

içerisinde küçükten büyüğe doğru sıralanır.



Şekil 1. ITA yöntemi 1:1 doğrusuna göre saçılım durumları (Saphioğlu, 2024).

Sonrasında ikinci veri setinden birince veri seti çıkarılarak bir fark serisi elde edilir. Böylelikle veri sayısı birbirine eşit olan üç veri seti elde edilir. Bu seriler için veri değerleri y eksenine, bu veri değerlerine karşılık gelen rakamlar (veri numaraları) ise x eksenine yerleştirilir. Eğer fark serisine ait veriler yatay eksen (x eksen) üzerinde toplanmış ise herhangi bir trend olmadığı kanısına varılır. Veriler yatay eksenin üstünde toplanmış ise artan yönde trend, yatay eksenin altında toplanmış ise azalan yönde bir trend olduğu kanısına varılır (Şekil 2).



Şekil 2. IV-ITA yönteminin uygulanışı.

3. Bulgular

20-06-00-001 numaralı Ceyhan Nehri E-5 Köprüsü ölçüm istasyonunun 1986-2013 yılları arasında ölçümler sonucu elde edilen su kalite parametrelerinden pH, T, EC, NO₂-N, NO₃-N, NH₄⁺-N, BOD₅ ve COD değerleri incelenmiş ve su kalite sınıfları her bir parametre için belirlenmiştir. YSKYY’nde verilen kıta içi yerüstü su kaynakları dört farklı su sınıfına ayrılmıştır. Bunlar, Sınıf-I, Sınıf-II, Sınıf-III ve Sınıf-IV kalitesindeki sulardır. Sınıf-I kalitesindeki sular, yüksek kaliteli sular olarak, Sınıf-II kalitesindeki sular, az kirlenmiş sular olarak, Sınıf-III kalitesindeki sular, kirlenmiş sular olarak ve Sınıf-IV kalitesindeki sular, çok kirlenmiş sular olarak sınıflandırılmaktadır (Topal ve Topal, 2015).

YSKYY’ne göre Sınıf-I kalitesindeki suların pH değerleri 6.5-8.5 arasında olması gerekmektedir. Tablo 1’e bakıldığında yıllık ortalama ve mevsimlik ortalama pH değerlerinin 8.08-8.20 aralığında olduğu görülmektedir. Bu nedenle istasyonun pH açısından su kalitesi Sınıf-I olarak belirlenmiştir.

YSKYY’ne göre Sınıf-I kalitesindeki suların sıcaklık (T) değeri <25 °C, Sınıf-II kalitesindeki suların sıcaklık değeri >25 °C, Sınıf-III kalitesindeki suların sıcaklık değeri <30 °C ve Sınıf-IV kalitesindeki suların sıcaklık değeri >30 °C olması gerekmektedir. Tablo 1’e bakıldığında yıllık ortalama ve mevsimlik ortalama T değerlerinin 25 °C’den küçük değerler aldığından, istasyonun sıcaklık

açısından yüzeysel su kalite sınıfı Sınıf-I olarak belirlenmiştir.

YSKYY incelendiğinde Sınıf-I kalitesindeki suların EC değerlerinin $<400 \mu\text{S/cm}$ olduğu, Sınıf-II kalitesindeki suların EC değerlerinin, $400-1000 \mu\text{S/cm}$ olduğu, Sınıf-III kalitesindeki suların EC değerlerinin, $1001-3000 \mu\text{S/cm}$ olduğu ve Sınıf-IV kalitesindeki suların EC değerlerinin, $>3000 \mu\text{S/cm}$ olduğu görülmektedir. Tablo 1'e bakıldığında yıllık ortalama ve mevsimlik ortalama EC değerlerinin $479.51-542.87 \mu\text{S/cm}$ aralığında olduğu görülmektedir. Bu nedenle istasyonun EC açısından su kalitesi Sınıf-II olarak belirlenmiştir

YSKYY'nde Sınıf-I kalitesindeki sular için COD değerleri $<25 \text{ mg/L}$ olarak, Sınıf-II kalitesindeki sular için COD değerleri $25-50 \text{ mg/L}$ olarak, Sınıf-III kalitesindeki sular için COD değerleri $50-70 \text{ mg/L}$ olarak ve Sınıf-IV kalitesindeki sular için COD değerleri $>70 \text{ mg/L}$ olarak belirlenmiştir. Tablo 1'e bakıldığında yıllık ortalama ve mevsimlik ortalama COD değerlerinin 25 mg/L değerinden küçük olduğu ve istasyonun COD açısından kalite sınıfının Sınıf-I olduğu tespit edilmiştir.

YSKYY'nde BOD_5 değeri $<4 \text{ mg/L}$ olan sular Sınıf-I kalitesinde sular, $4-8 \text{ mg/L}$ arasında olan sular Sınıf-II kalitesinde sular, $8-20 \text{ mg/L}$ arasında olan sular Sınıf-III kalitesinde sular, $>20 \text{ mg/L}$ olan sular Sınıf-IV kalitesinde sular olarak sınıflandırılmıştır. Tablo 1'e bakıldığında yıllık ortalama ve mevsimlik ortalama BOD_5 değerlerinin 4 mg/L değerinden küçük olduğu ve

istasyonun BOD_5 açısından kalite sınıfının Sınıf-I olduğu belirlenmiştir.

YSKYY'nde NH_4^+-N için verilen değerler incelendiğinde NH_4^+-N değeri $<0,2 \text{ mg/L}$ ise Sınıf-I kalitesinde su, $0,2-1 \text{ mg/L}$ arasında ise Sınıf-II kalitesinde su, $1-2 \text{ mg/L}$ arasında ise Sınıf-III kalitesinde su ve $>2 \text{ mg/L}$ arasında ise Sınıf-IV kalitesinde su olarak sınıflandırılmıştır. Tablo 1'e bakıldığında yıllık ortalama ve mevsimlik ortalama NH_4^+-N değerlerinin $0.2-1.0 \text{ mg/L}$ arasında olduğu ve istasyonun NH_4^+-N açısından kalite sınıfının Sınıf-II olduğu belirlenmiştir.

YSKYY'nde Sınıf-I kalitesinde sular için NO_2^--N değeri, $<0,002 \text{ mg/L}$ olarak, Sınıf-II kalitesinde sular için $0,002-0,01 \text{ mg/L}$, Sınıf-III kalitesinde sular için $0,01-0,05 \text{ mg/L}$, Sınıf-IV kalitesinde sular için $>0,05 \text{ mg/L}$ olarak belirlenmiştir. Tablo 1'e bakıldığında yıllık ortalama, ilkbahar ve sonbahar mevsimleri ortalama NO_2^--N değerlerinin kalite sınıfının Sınıf-IV; kış ve yaz mevsimleri ortalama NO_2^--N değerlerinin kalite sınıfının Sınıf-III olduğu belirlenmiştir.

YSKYY'nde NO_3^--N değeri $<5 \text{ mg/L}$ olan sular Sınıf-I kalitesinde sular, $5-10 \text{ mg/L}$ arasında olan sular Sınıf-II kalitesinde sular, $10-20 \text{ mg/L}$ arasında olan sular Sınıf-III kalitesinde sular ve $>20 \text{ mg/L}$ olan sular Sınıf-IV kalitesinde sular olarak sınıflandırılmıştır. Tablo 1'e bakıldığında yıllık ortalama ve mevsimlik ortalama NO_3^--N değerlerinin 5 mg/L değerinden küçük olduğu ve istasyonun NO_3^--N açısından kalite sınıfının Sınıf-I olduğu belirlenmiştir.

20-06-00-001 numaralı ölçüm istasyonunun 1986-2013 yılları arasında uygulanan testlerin sonuçları bu bölümde irdelenmiştir. Zaman serisi verilerinin aynı kümeden olup olmadığının incelenmesi gerekir. Bu sebeple Tablo 2’de incelenen parametrelerin Run (Z) testi değerleri incelenmiştir. pH için kış ve yaz mevsimleri, T için kış ve sonbahar mevsimleri, NO₂-N için yıllık ortalama verisi, NO₃-N için kış mevsimi, NH₄⁺-N için kış mevsimi, BOD₅ için sonbahar mevsimi ± 1.96 değerlerini dışında olduğu için verilerin %95 güven aralığında homojen olmadığı söylenebilir. Bu sebeple bahsi geçen verilerin kıyaslamada kullanılmamasına karar verilmiştir. Homojenlik ve otoregresif korelasyon testi sonucunda bir veri istenilen sınırların dışında kalıyorsa bu durumda bu veriler üzerinde trend analizi yapılması istatistiksel açıdan uygun değildir. (Saplıoğlu ve Güçlü 2022; Saplıoğlu 2024) Bu nedenle trend analizi yapılmadan önce korelasyon testi de yapılmıştır. Otoregresif korelasyon testi değerinin güvenilir bir trend analizi için 0.30 değerinin altında olması gerekmektedir. Üstünde olması durumunda prewhitening yapılmalıdır. Otoregresif korelasyon sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur. Bu tabloya göre tüm sonuçlar trend analizi için uygun değildir. Bu sebeple uygun olmayan verilere ($r > 0.30$ olan değerler) prewhitening işlemi uygulanmıştır. Prewhitening işlemi uygulandığı halde otoregresif korelasyon değeri 0.30’un üstünde kalan NO₂-N parametresi kış mevsimi verisi ile EC parametresi yıllık

ortalama verileri de kıyaslamada kullanılmamıştır (Tablo 3).

MK ve SR yöntemlerine ait Z değerleri Tablo 4’te kıyaslamalı olarak gösterilmiştir. Tablo 4’te görülen (-) ile ifade edilen verilerin bazıları homojen olmadığından bazıları ise yüksek otoregresif korelasyon değerine ($r > 0.30$) sahip olduğundan kıyaslamada kullanılmamış ve trend değerleri belirlenmemiştir. Tablo 4’te MK Z değerleri ile SR Z değerleri arasında ayrışan COD parametresine ait kış ve ilkbahar verileridir. Kış verisinde MK Z değerine göre %95 güven aralığında azalan trend gözlemlenirken SR Z değerine göre %95 güven aralığında herhangi bir trend gözlemlenmemiştir. İlkbahar verisinde ise SR Z değerine göre %95 güven aralığında artan trend tespit edilirken MK Z değerine göre herhangi bir trend tespit edilmemiştir. Her iki istatistik trend yöntemine göre pH ve T değerlerinde sadece ilkbahar verilerinde azalan bir trend gözlemlenmiştir. NO₂-N parametresi için ilkbahar mevsiminde, NO₃-N parametresi için yaz mevsiminde ve EC parametresi için ilkbahar ve yaz mevsimlerinde artan yönde bir trend gözlemlenmiştir. Diğer verilerin tamamında herhangi bir trend gözlemlenmemiştir.

1986-2013 yılları arasında ölçülmüş uzun süreli su kalitesi parametreleri üzerinden testler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan ITA ve IV-ITA testleri sonuçları sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4’te gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde iki yöntem sonuçları da benzerlik göstermektedir.

Tablo 2. Yıllık ve mevsimlik ortalama verilerin otoregresif korelasyon ve Run test sonuçları.

		Yıllık	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
pH	Run test Z (± 1.96)	-0.87	-2.95	0.00	-2.35	-0.67
	Otoregresif korelasyon (r)	0.67	0.44	0.28	0.58	0.45
T	Run test Z (± 1.96)	0.00	-2.64	0.00	0.39	-2.24
	Otoregresif korelasyon (r)	-0.03	0.23	-0.02	0.01	0.40
NO₂-N	Run test Z (± 1.96)	-2.64	-1.89	-1.13	-1.13	-1.89
	Otoregresif korelasyon (r)	0.33	0.71	0.00	0.02	0.45
NO₃-N	Run test Z (± 1.96)	-1.13	-2.64	0.01	-1.13	-0.75
	Otoregresif korelasyon (r)	0.39	0.37	0.07	0.53	-0.08
NH₄⁺-N	Run test Z (± 1.96)	-1.13	-2.27	-0.37	-1.13	-1.09
	Otoregresif korelasyon (r)	0.63	0.30	-0.11	0.43	0.69
COD	Run test Z (± 1.96)	-1.85	-0.75	-0.01	-1.00	-1.00
	Otoregresif korelasyon (r)	0.44	0.81	0.06	0.07	0.40
BOD₅	Run test Z (± 1.96)	-0.32	-1.89	0.39	-0.37	-2.64
	Otoregresif korelasyon (r)	0.51	0.25	-0.25	0.51	0.06
EC	Run test Z (± 1.96)	-1.89	-4.16	0.39	-1.13	-1.51
	Otoregresif korelasyon (r)	0.56	0.37	-0.25	0.42	0.17

Tablo 3. Yıllık ve mevsimlik ortalama verilerin prewhitening işlemi sonrası otoregresif korelasyon ve Run test sonuçları.

		Yıllık	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
pH	Run test Z (± 1.96)	0.00	-	0.00	-	0.76
	Otoregresif korelasyon (r)	0.05	-	0.28	-	-0.18
T	Run test Z (± 1.96)	0.00	-	0.00	0.39	-
	Otoregresif korelasyon (r)	-0.03	-	-0.02	0.01	-
NO₂-N	Run test Z (± 1.96)	-	-1.51	-1.13	-1.13	1.90
	Otoregresif korelasyon (r)	-	0.54	0.00	0.02	-0.12
NO₃-N	Run test Z (± 1.96)	0.00	-	0.01	-0.75	-0.75
	Otoregresif korelasyon (r)	-0.27	-	0.07	-0.10	-0.08
NH₄⁺-N	Run test Z (± 1.96)	0.76	-	-0.37	1.52	-1.09
	Otoregresif korelasyon (r)	-0.04	-	-0.11	0.03	0.11
COD	Run test Z (± 1.96)	0.00	-1.13	-0.01	-1.00	-0.61
	Otoregresif korelasyon (r)	-0.16	0.11	0.06	0.07	-0.19
BOD₅	Run test Z (± 1.96)	0.39	-1.89	0.39	0.00	-
	Otoregresif korelasyon (r)	-0.09	0.25	-0.25	-0.12	-
EC	Run test Z (± 1.96)	2.66	-	0.39	0.01	-1.51
	Otoregresif korelasyon (r)	-0.36	-	-0.25	-0.26	0.17

Ancak bazı parametrelerde ve verilerde (yıllık veya mevsimlik) farklılıklar söz konusudur. NO₂-N parametresinde ITA yönteminde tüm verilerde artan trend tespit edilirken IV-ITA yönteminde

ilkbahar mevsimi için herhangi bir trend gözlemlenmemiştir. ITA yönteminde pH parametresi için tüm verilerde azalan trend tespit edilirken IV-ITA yönteminde herhangi bir trend

Tablo 4. MK ve SR yöntemleri Z değerlerinin kıyaslama tablosu

	Yıllık		Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar	
	Z _{MK}	Z _{SR}	Z _{MK}	Z _{SR}	Z _{MK}	Z _{SR}	Z _{MK}	Z _{SR}	Z _{MK}	Z _{SR}
pH	-1.52	-1.46	-	-	-2.91	-2.90	-	-	-0.30	-0.39
T	0.00	-0.04	-	-	-2.89	-2.93	-1.01	-0.65	-	-
NO ₂ -N	-	-	-	-	4.45	6.03	1.59	1.83	-0.02	0.21
NO ₃ -N	0.47	0.42	-	-	1.52	1.79	2.31	2.52	0.54	0.46
NH ₄ ⁺ -N	0.66	0.64	-	-	1.56	1.76	1.22	1.16	0.84	0.63
COD	-0.79	-0.85	-2.11	-1.59	1.71	2.11	-0.65	-0.56	-1.66	-1.33
BOD ₅	0.62	0.61	-0.77	-0.62	0.21	0.11	1.56	1.44	-	-
EC	-	-	-	-	2.08	2.19	2.01	2.07	0.88	1.06

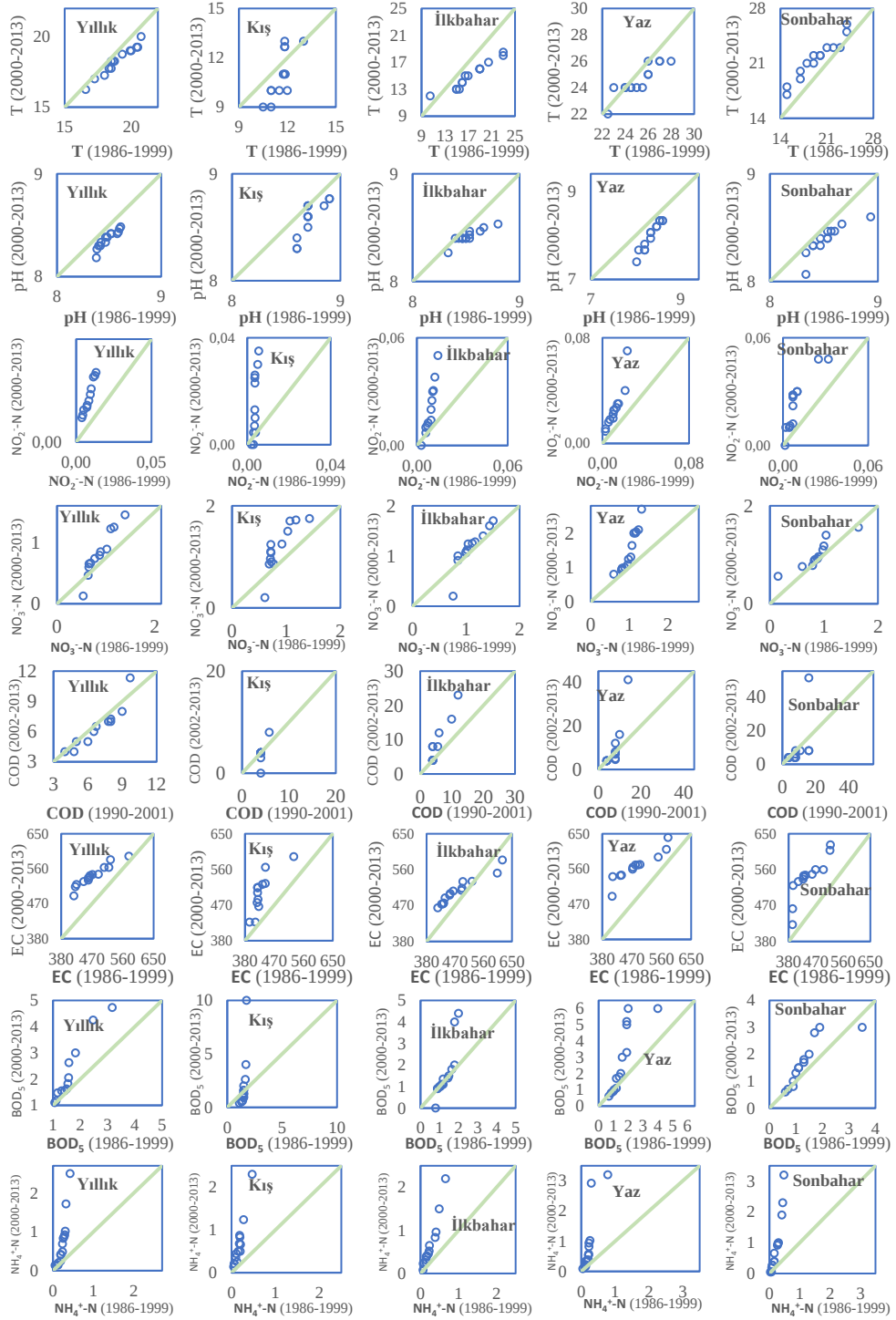
gözlemlenmemiştir. COD parametresi için ITA yönteminde yıllık ve sonbahar mevsimi verilerinde azalan yönde trend, ilkbahar mevsimi verilerinde artan yönde trend, kış ve yaz mevsimlerinde ise herhangi bir trend gözlemlenmemiştir. IV-ITA yönteminde ise sonbahar mevsiminde azalan yönde trend tespit edilirken diğer verilerde herhangi bir trend gözlemlenmemiştir. T, NO₃-N, EC, BOD₅ ve NH₄⁺-N parametrelerinde iki yöntem için de benzer sonuçlar elde edilmiştir. T parametresi için sonbahar mevsiminde artan diğer tüm verilerde azalan yönde trend tespit edilmiştir. NO₃-N, NH₄⁺-N ve EC parametreleri için hem yıllık ortalama verileri hem de mevsimlik ortalama verileri için artan yönde trend tespit edilmiştir. BOD₅ parametresi için yıllık ortalama verileri ve sonbahar mevsimi ortalama verileri için artan yönde trend tespit edilirken diğer verilerde herhangi bir trend söz konusu değildir.

4. Sonuçlar

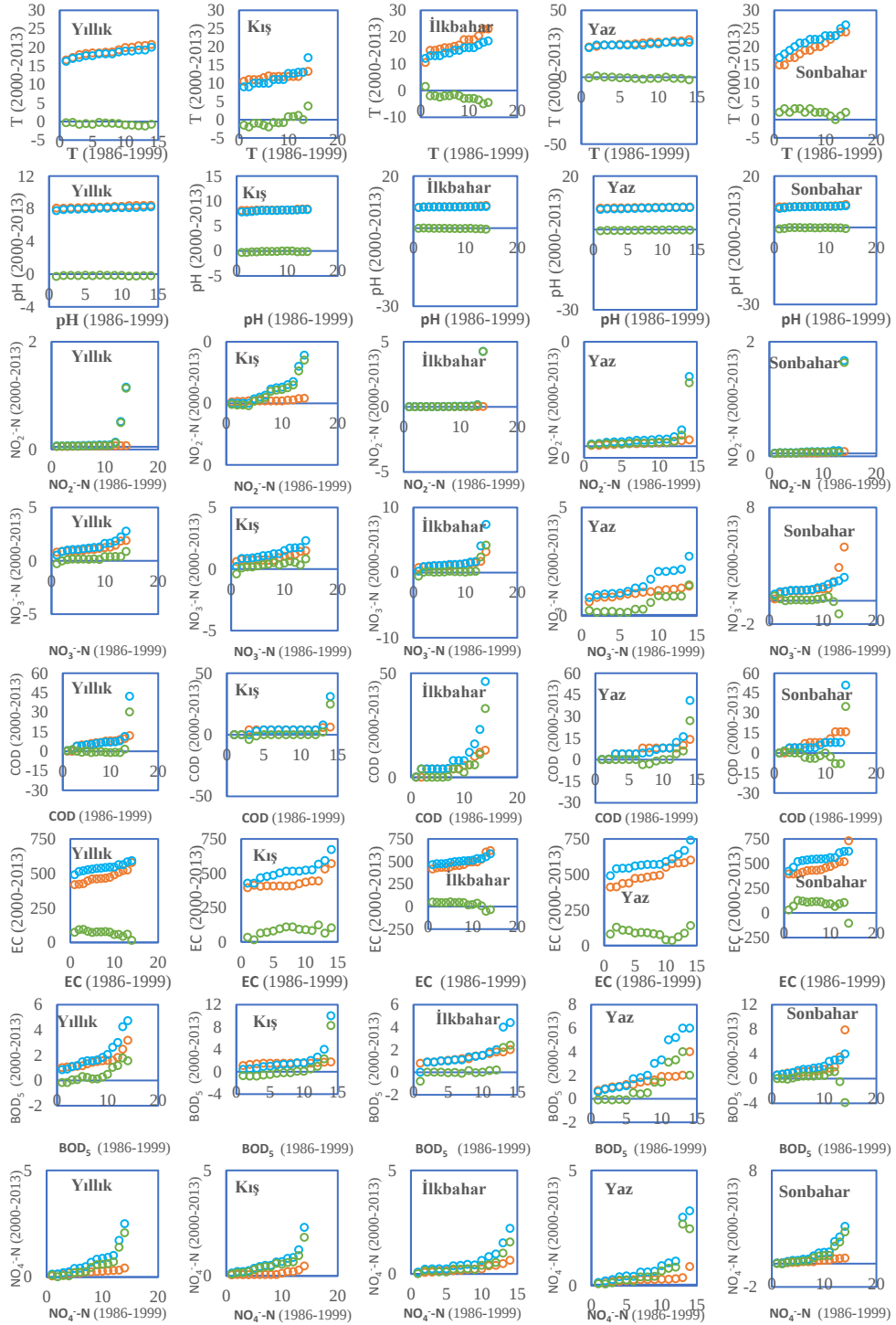
Günümüzde artan nüfus ve sanayileşmeden dolayı su kaynaklarının korunması çok önemlidir. Mevcut su

kaynaklarının korunması için öncelikle bu kaynakların mevcut kalitesini tespit etmek, daha sonrada gelecekle ilgili öngöründe bulunmak çok önemlidir. Bu çalışmada Akdeniz akarsularından olan Ceyhan Nehri'ne ait istasyonun pH, T, EC, NO₂-N, NO₃-N, NH₄⁺-N, BOD₅ ve COD parametrelerinin değerleri YSKYY'nde belirlenen su kalite standartlarıyla karşılaştırılarak su kalitesi sınıfı her bir parametre için belirlenmiştir. Ayrıca her bir parametrenin Mann-Kendall test istatistiği, yenilikçi trend yöntemleri kullanılarak eğilimleri belirlenmiştir.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde 20-06-00-001 numaralı Ceyhan Nehri E-5 Köprüsü ölçüm istasyonundan alınan pH, T, COD, BOD₅, NO₃-N parametreleri açısından Sınıf-I kalitesinde olduğu, EC ve NH₄⁺-N parametreleri açısından Sınıf-II olduğu, NO₂-N parametresi açısından yıllık ortalama, ilkbahar ve sonbahar mevsimleri için Sınıf-IV, kış ve yaz mevsimleri için ise Sınıf-III kalitesinde olduğu tespit edilmiştir. Mevsimsel ve yıllık ortalama verilerin su kalitesi sınıfı tespitinde sadece NO₂-N parametresi sonuçlarının tutarsız olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. Yıllık ve mevsimlik ortalama su kalitesi parametrelerine ait ITA testi eğilimleri.



Şekil 4. Yıllık ve mevsimlik ortalama su kalitesi parametrelerine ait IV-ITA testi eğilimleri.

Diğer parametrelerde ise yıllık ve mevsimsel ortalama verilerin sonuçlarının birbiri ile paralel sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Verilerin istatistiksel anlamda eğilim analizlerinin güvenilirliğinin test edilmesi amacıyla birinci aşamada homojenlik testi yapılmıştır. Homojen olmayan veri setlerinin eğilim sonuçlarına istatistiksel yöntemlerin değer tablosunda yer verilmemiştir. İkinci aşamada ise otoregresif korelasyon testi yapılmıştır. Daha sonra bu teste göre de istenilen değer aralığında olmayan veriler istatistiksel yöntemlerin değer tablosuna dahil edilmemiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen trend analiz sonuçlarının özellikle pH ve COD parametrelerinde kullanılan istatistiksel ve yenilikçi trend yön-temleri sonuçları birbiriyle uyum sağlamamıştır. Mann-Kendall ve Spearman Rho istatistiksel yön-temlerinin sadece COD parametresinin kış ve ilkbahar mevsimlerinin sonuçlarında farklı sonuçlar elde ettikleri görülmüştür. Genel olarak elde edilen trendlerde görsel trend yöntemlerinin kendi içinde, istatistiksel yöntemlerinde kendi içerisinde benzer sonuçlar vermişlerdir. Ayrıca verilerdeki farkın çok belirgin olmadığı durumlarda görsel trend yöntemlerinin kullanılmasının daha uygun olacağı görülmüştür.

Kullanılan tüm yöntemler trend analizi için uygundur. Ancak bir hidrolojik olayda trend belirlenirken bu yöntemlerin beraber kullanılması güvenilirliği arttıracaktır. Makalede elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde

farklı analizlerin birlikte yapılarak kullanılması testlerdeki yanılma payını azaltacaktır.

Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Araştırma, Metodoloji, Kavramsallaştırma, Analiz ve yorumlama, Doğrulama, Yazma/orijinal taslak, Yazma/inceleme ve düzenleme, Görselleştirme

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dahil edilmiştir.

5. Kaynaklar

- Acar, R. (2024). Evaluation of susurluk basin flows using trend analysis methods. *Firat University Journal of Experimental and Computational Engineering*, 3(1), 65-74.
- Aditya, F., Gusmayanti, E., & Sudrajat, J. (2021). Rainfall trend analysis using Mann-Kendall and Sen's slope estimator test in West Kalimantan. *In IOP conference series: earth and environmental science*, 893(1), 012006.
- Ahmad, I., Tang, D., Wang, T., Wang, M., & Wagan, B. (2015). Precipitation Trends over Time Using Mann-Kendall and Spearman's rho Tests in Swat River Basin, Pakistan. *Advances in Meteorology*, 2015(1), 431860.
- Akkoyunlu, A., & Akiner, M. (2012). Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from

- Turkey's Sapanca Lake Basin. *Ecological Indicators*, 18, 501-511.
- Aksakal, A., & Gündoğay, A. (2022). Determination Of Column Curvature Ductility By Multiple Regression Analysis. In *1st-International Congress on Modern Sciences Tashkent, Uzbekistan*, 395, 403.
- Albek, E. (2002). Stical Analysis of Water Quality Trends: An Application to the Porsuk Stream.
- Ashraf, M., Ahmad, I., Khan, N., Zhang, F., Bilal, A., & Guo, J. (2021). Streamflow variations in monthly, seasonal, annual and extreme values using Mann-Kendall, Spearman's Rho and innovative trend analysis. *Water Resources Management*, 35, 243-261.
- Brown, R., McClelland, N., Deininger, R., & Tozer, R. (1970). A water quality index-do we dare. *Water and sewage works*, 117(10).
- Burgan, H., İçağa, Y., Bostanoğlu, Y., & Kilit, M. (2013). Akarçay Akarsuyu 2006-2011 dönemi su kalite eğilimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 2006-2011.
- Cude, C. (2001). Oregon water quality index a tool for evaluating water quality management effectiveness. *AWRA Journal of the American Water Resources Association*, 37(1), 125-137.
- Elçi, Ş., & Selçuk, P. (2013). Effects of basin activities and land use on water quality trends in Tahtali Basin, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 68, 1591-1598.
- Environment, C. (2001a). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual. In: Canadian Environmental Quality Guide-lines, 1999. *Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg*.
- Environment, C. (2001b). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual. In: Canadian Environmental Quality Guidelines, 1999. *Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg*.
- Gadedjisso-Tossou, A., Adjegan, K., & Kablan, A. (2021). Rainfall and temperature trend analysis by Mann-Kendall test and significance for Rainfed Cereal Yields in Northern Togo. *Sci*, 3(1), 17.
- Gumus, V., Avsaroglu, Y., & Simsek, O. (2022). Streamflow trends in the Tigris river basin using Mann-Kendall and innovative trend analysis methods. *Journal of Earth System Science*, 131(1), 34.
- Güçlü, Y. (2020). Improved visualization for trend analysis by comparing with classical Mann-Kendall test and ITA. *Journal of Hydrology*, 584, 124674.
- Kahya, E., & Kalaycı, S. (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of hydrology*, 289(1-4), 128-144.
- Kalaycı, S., & Kahya, E. (1998). Detection of water quality trends in the rivers of the Susurluk basin.
- Kendall, M. (1948). Rank correlation methods.
- Keskin, M., Çakto, İ., Çetin, V., & Bektaş, O. (2018). DOĞU ANADOLU BÖLGESİ SICAKLIK VE YAĞIŞ TREND ANALİZİ. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(2), 294-300.
- Kır, E., & Saphioğlu, K. (2019). Isparta-Antalya Bölgesi'ndeki Yüzeysel Suların Kalitesinin İncelenmesi. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 4(1), 9-16.
- Kisi, O., & Ay, M. (2014). Comparison of Mann-Kendall and innovative trend method for water quality parameters of the Kizilirmak River, Turkey. *Journal of Hydrology*, 513, 362-375.
- Korkmaz, M. (2022). Statistical and Trend Analysis of Long-Term Rainfall in Ayvalık. *International Journal of Technology and Emerging Sciences (IJTES)*, 2(04), 34-9.
- Kurunç, A., Yurekli, K., & Yutseven, E. (2005). Determination of sudden changes in time series of Yesilirmak River-Durucasu water quality records. *Journal of Applied Sciences*, 5(1), 122-126.

- Lehmann, E., & D'Abrera, H. (2006). Nonparametrics: statistical methods based on ranks. *New York: Springer.*, 464.
- Mann, H. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 245-259.
- Mupangwa, W., Chipindu, L., Ncube, B., Mkuhlani, S., Nhantumbo, N., Masvaya, E., & Liben, F. (2023). Temporal changes in minimum and maximum temperatures at selected locations of southern Africa. *Climate*, 11(4), 84.
- Rahman, M., Yunsheng, L., & Sultana, N. (2017). Analysis and prediction of rainfall trends over Bangladesh using Mann-Kendall, Spearman's rho tests and ARIMA model. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 129(4), 409-424.
- Saplioglu, K., Kilit, M., & Şenel, F. (2019). Investigation of changes in climate data using checkerboard: the case of Akarçay basin. *Applied Ecology & Environmental Research*, 17(2).
- Saplioglu, K. (2024). Mann-Kendall Trend Testi ile Yenilikçi Yöntemlerin Kıyaslanması: Beşkonak Aylık Akım Verileri Örneği. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology*, 6(1), 1-12.
- Saplioglu, K., & Dahir, A. (2018). Somaliland Bölgesi (Somali) Yağışlarının Trend Analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 48-62.
- Saplioglu, K., & Güçlü, Y. (2022). Combination of Wilcoxon test and scatter diagram for trend analysis of hydrological data. *Journal of Hydrology*, 612, 128132.
- Saplioglu, K., Kilit, M., & Yavuz, B. (2014). Trend analysis of streams in the Western Mediterranean Basin of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(1), 313-327.
- Saplioglu, K., Küçükerdem, T., & Alqaysi, R. (2017). Akdeniz Bölgesi akarsularının su kalitesi sınıflarının ve trendlerinin belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 8(1), 33-42.
- 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, 211-224.
- Spearman, C. (1961). The proof and measurement of association between two things.
- Şen, Z. (2012). Innovative trend analysis methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042-1046.
- Topal, M. (2015). Caro Deresi (Elazığ)'nin Fizikokimyasal Parametreler Açısından Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1), 43-53.
- Topal, M., & Topal, E. (2016). Murat Nehri (Elazığ)'nin Bazı Fizikokimyasal Parametreler Açısından Su Kalitesinin Belirlenmesi. *In International Symposium of Water and Wastewater Management*.
- YSKYY. (2023). erüştü Su Kalitesi Yönetmeliği, 01.02.2023 Tarih ve 32091 Sayılı Resmi Gazete.
- Zeydan, Ö., Özdoğan, N., Taştepe, P., & Demirtaş, D. (2019). Kozlu deresinde (Zonguldak) su kalitesinin incelenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(2), 187-197.