

Yeşilirmak Nehrinde Bazı Sulama Suyu Kalite Parametrelerinin Eğilim Analizi ve Değerlendirilmesi

Elif SÜRÜCÜ¹, Yasin DEMİR^{2*}

¹Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Bingöl

² Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl

*Sorumlu Yazar: ydemir@bingol.edu.tr

Geliş Tarihi: 10.07.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 04.08.2024 Kabul Tarihi: 10.09.2024

ÖZ

Su bütün canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için hayati bir öneme sahiptir. Artan nüfusla birlikte ekosistemde meydana gelen değişimler su kaynaklarının korunmasını ve izlenmesini zorunlu hale getirmiştir. Doğal veya suni etkiler neticesinde herhangi bir bölgedeki su miktarında ve kalitesinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi sürdürülebilirlik için önemlidir. Bu çalışmada Yeşilirmak nehrinin tarımsal sulama açısından önemli bazı su kalite parametreleri incelenerek trend analizi yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Yeşilirmak nehrinin Samsun ili Çarşamba ilçesinde bulunan 14-07-00-027 nolu Su kalitesi gözlem istasyonunda Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından analiz edilen parametreler kullanılmıştır. Çalışma kapsamında 1995-2015 yılları arasında belirlenmiş olan akım debisi, pH, elektriksel iletkenlik, sodyum, kalsiyum, magnezyum, potasyum, klor, karbonat, bikarbonat, sülfat, bor, sodyum absorpsiyon oranı ve yüzde sodyum parametreleri kullanılmıştır. Çalışmada parametrelerin trend analizi için, parametrik ve non-parametrik analizlerde yaygın olarak kullanılan Mann-Kendall yöntemi kullanılmıştır. Trend analizi sonuçları anlamlılık düzeyine göre beş sınıfta değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre suyun debisinde Ocak ayında, pH ve karbonat içeriğinde ise Şubat ayında anlamlı pozitif trend meydana gelmiştir. Suyun elektriksel iletkenlik değeri ile kalsiyum+magnezyum içeriğinde Ocak ayında anlamlı negatif trend meydana gelmiştir. Diğer sonuçlarda anlamlı bir trend tespit edilmemiştir. Sulama sezonu olan aylarda anlamlı trendlerin olmaması dikkat çekmiştir.

Anahtar kelimeler: Yeşilirmak, sulama suyu kalitesi, trend analizi, su kirliliği, Mann-Kendall

Trend Analysis and Evaluation of Some Irrigation Water Quality Parameters in Yeşilirmak River

ABSTRACT

Water is of vital importance for all living things to survive. Changes in the ecosystem along with the increasing population have made it necessary to protect and monitor water resources. Determining the changes in water quantity and quality in any region as a result of natural or artificial effects is important for sustainability. In this study, some water quality parameters of the Yeşilirmak River in terms of agricultural irrigation were investigated and a trend analysis was made. For this purpose, the parameters analyzed by the State Hydraulic Works (DSİ) at the Water quality observation station numbered 47-00-27 located in Çarşamba district of Samsun province of Yeşilirmak river were used. Within the scope of the study, were used that flow rate, pH, electrical conductivity, sodium, calcium, magnesium, potassium, chlorine, carbonate, bicarbonate, sulfate, boron, sodium absorption rate and percent sodium parameters determined between 1995 and 2015. In the study, the Mann-Kendall method, which is widely used in parametric and non-parametric analyses, was used for trend analysis of the parameters. Trend analysis results were evaluated in five levels of significance. According to the analysis results, a significant positive trend occurred in water flow rate in January and pH and carbonate content in February. A significant negative trend occurred in the electrical conductivity value and

calcium+magnesium content of water in January. No significant trend was detected in other results. It was noteworthy that there were no significant trends in the months of the irrigation season.

Key words: Yeşilirmak, irrigation water quality, trend analysis, water pollution, Mann-Kendall

GİRİŞ

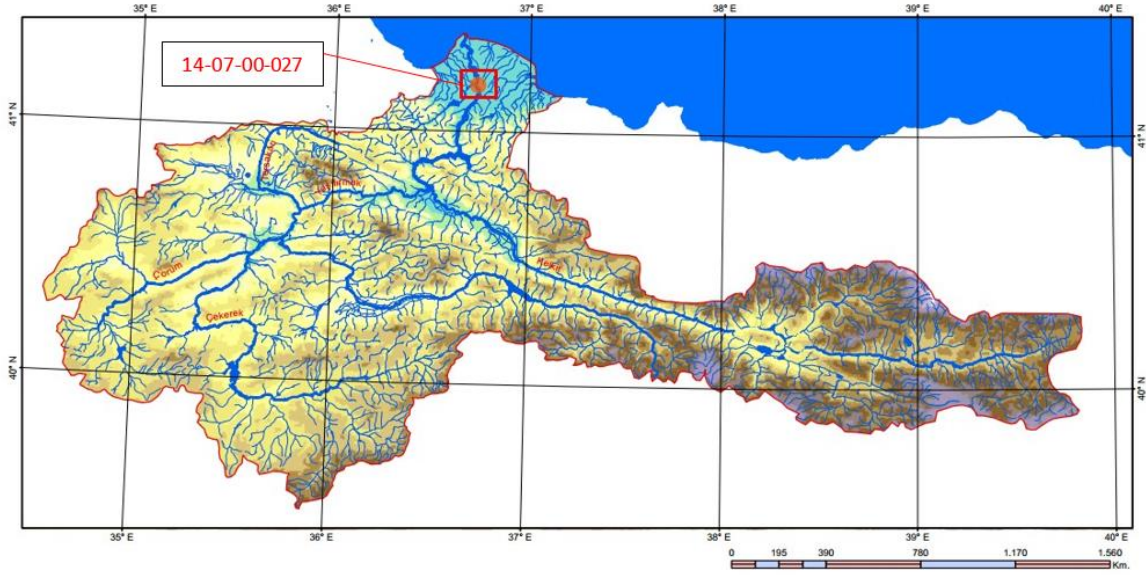
Günümüzde sanayileşme ve nüfusun artışıyla birlikte suya olan ihtiyaç da zamanla artmaktadır. Diğer taraftan su kaynaklarının farklı sebeplerle kirlenmesi, kullanılabilir su miktarını da kısıtlamaktadır. Su kirliliği; suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde, insan faaliyetlerinden kaynaklanan su kullanımını sınırlandıran veya tamamen engelleyen ve ekolojik dengenin bozulmasına yol açan değişiklik olarak açıklanabilmektedir. Bu durum esas olarak arıtılmamış veya yeterince arıtılmamış evsel ve endüstriyel atıkların su ortamına salınması ve tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübre ve pestisitlerin su ortamına boşaltılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Su kalitesi genellikle bir su kütlesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin toplamıdır. Su kirliliğinin engellenmesinde su kalitesi değişkenlerinin bilinmesi oldukça önem arz etmektedir.

Son yıllarda akarsulardaki suların tarım, sanayi ve evsel kullanımlardaki uygunluğunu değerlendirmek için birçok araştırmacı tarafından araştırma yapılmıştır. Gümüş ve Yenigün (2006) tarafından Aşağı Fırat Havzası'nda, dört akım gözlem istasyonu için trend analizi testleri uygulanmıştır. Araştırmacılar inceledikleri gözlem istasyonlarının ikisinde azalan yönde trendin olduğunu belirlemiştir. Cebe (2007) tarafından Türkiye'nin 26 akarsu havzasından 24'üne ait toplam 108 akım gözlem istasyonuna ait aylık ortalama akım verilerinin trend analizi yapılmıştır. Çalışmada, Türkiye'deki akarsuların genellikle azalan yönde trend gösterdiği tespit edilmiştir. Yenilmez ve ark. (2011) tarafından Eymir Gölü'ndeki bazı su kalite parametrelerindeki eğilimler 10 yıllık bir süre boyunca Mann-Kendall testi kullanılarak analiz edilmiştir. Eğilim testi sonuçlarına göre, Eymir Gölü'nde çözülmüş oksijen ve toplam askıda katı madde miktarı artış eğilimi gösterirken, toplam fosfor ise azalan bir eğilim göstermiştir. Doğan Demir ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, Murat Nehri'nin sulama suyu olarak kullanılacak su kalitesi parametrelerindeki eğilimleri araştırmıştır. Analizler sonucunda Palu gözlem istasyonundaki suyun pH, sodyum, karbonat, sülfat, SAR değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar bu parametrelerdeki artış trendinin sulama ve aquakültür uygulamalarında sorunlar yaratabileceğine dikkat çekmiştir. Ay ve Kişi (2017) yaptıkları çalışmada Kızılırmak nehrinde bazı istasyonlardaki akımların trend analizini yapmışlardır. Mann-Kendall testinin uygulandığı analiz sonuçlarına göre Şefaati ve Salur akım gözlem istasyonlarında azalan yönde trendin olduğu, Kuylus ve Bulakbaşı istasyonlarında ise herhangi trendin olmadığı bildirilmiştir.

Karadeniz Bölgesi'nin en büyük iki nehri olan Kızılırmak ve Yeşilirmak, havzadaki beşeri faaliyetler ile tarım ve hayvancılık faaliyetleri nedeniyle yüksek kirlilik baskısı altında bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar Yeşilirmak nehri suyunun sadece sulama için uygun olduğunu göstermektedir (Şimşek ve ark., 2022). Ülkemizin en büyük tarım potansiyeline sahip ovalarından biri olan Çarşamba Ovası, Yeşilirmak Nehri'nin kıyısında bulunmaktadır. Bölge, aşırı tarım ve hayvancılıktan kaynaklanan tarımsal ve endüstriyel atıkların yanı sıra şehir merkezinden geçen nehirlerden de büyük ölçüde etkilenmektedir. Bu yüzden nehir suyu kalitesinin değerlendirilmesine gereksinim bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı Yeşilirmak Nehri'nde Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından 1995-2015 yılları arasında ölçülen önemli bazı sulama suyu kalitesi parametrelerinin eğilim analizini yapmaktır. Bu bağlamda Samsun ili Çarşamba ilçesindeki DSİ gözlem istasyonunda ölçülen bazı sulama suyu kalite parametreleri kullanılarak 20 yıllık bazda aylık ortalamalardaki değişimler ve yine aylık olarak eğilim analizleri yapılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Bu çalışma Yeşilirmak Havzasının en önemli su kaynağı olan Yeşilirmak Nehri'nde yürütülmüştür (Şekil 1). Çalışmada, Samsun ili Çarşamba ilçesinde bulunan DSİ'ye ait su kalitesi gözlem istasyonu veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Yeşilirmak Nehri, Köse Dağı'nın batı yamacından 2801 m yükseklikte doğar ve Çarşamba-Samsun ovasından Karadeniz'e dökülür (Soylu ve Gönülol, 2003). Çarşamba Ovası ise Türkiye'nin en büyük ovalarından biridir. Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nin ortasında yer almaktadır. Çarşamba Ovası, Yeşilirmak Nehri'nin getirdiği alüvyonlarla oluşmuştur. Toprak taksonomisine göre alüvyonlu arazilerdeki toprakların çoğunluğu vertisol, inceptisol ve entisol toprak ordosunda sınıflandırılmıştır (Sağlam ve ark., 2011)



Şekil 1. Yeşilirmak havzası sayısal arazi haritası ve 14-07-00-027 nolu hidrometri gözlem istasyonu (Anonim,2024)

Çalışmanın mateyalini DSİ'den temin edilen 14-07-00-027 nolu istasyona ait sulama suyu kalite parametreleri oluşturmuştur. Bu doğrultuda trend analizi yapılmak üzere, akım ($m^3 sn^{-1}$), pH, elektriksel iletkenlik ($\mu s cm^{-1}$), sodyum ($mg l^{-1}$), potasyum ($mg l^{-1}$), kalsiyum+magnezyum ($meq l^{-1}$), karbonat ($meq l^{-1}$), bikarbonat ($meq l^{-1}$), klorür ($meq l^{-1}$), bor ($mg l^{-1}$), sülfat ($mg l^{-1}$) ve Sodyum Absorbsiyon Oranı (SAR) parametreleri kullanılmıştır. Akarsulardaki veriler genellikle normal dağılım göstermediklerinden non-parametrik eğilimleri tespit etmek yaygın olarak kullanılan Mann-Kendall yöntemi kullanılmıştır (Suhaila ve ark., 2010; Demir ve Demir, 2016).

Mann-Kendall Trend Testi, S aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} j \sum_{j=i+1}^n (X_j - X_i)$$

Burada; n; veri noktası sayısı,

x_i ve x_j ; i ve j zaman serilerindeki ($j > i$) veri değerleri, $sgn(x_j - x_i)$; işaret fonksiyonu olup aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$sgn(X_j - X_i) = \begin{cases} +1 & \text{eğer } (X_j - X_i) > 0 \\ 0 & \text{eğer } (X_j - X_i) = 0 \\ -1 & \text{eğer } (X_j - X_i) < 0 \end{cases}$$

Hesalamada S'nin varyansı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$VAR(S) = \frac{1}{18}(n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5))$$

Burada; t_p , herhangi bir zamanın kapsamı ve tüm bağlantıların toplamıdır. n'nin 10'dan büyük olması için standart normal değişken Z, aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{eğer } S > 0 \\ 0 & \text{eğer } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{eğer } S < 0 \end{cases}$$

Hesaplama Pozitif Z değeri artan bir eğilimi, negatif Z değeri ise azalan bir eğilimi gösterir. Seçilen bir anlamlılık seviyesinde iki yönlü trendleri test ederken, Z'nin mutlak değeri $Z_{\alpha/2}$ 'den büyükse trendin olmadığını belirten sıfır hipotezi reddedilir (Yu ve ark., 1993). Bu çalışmamızda %95 güven aralığında $\alpha/2$ değeri normal dağılım tablolarına göre ± 1.96 olarak alınmıştır. Analiz sonucunda her bir su kalitesi parametresi trend Çizelge 1'deki gibi sınıflandırılmıştır.

Çizelge 1. İstatistiksel önem derecesine göre trendlerin sınıflandırılması

Z _{MK}	Açıklama
Z _{MK} < -1.96	Önemli Negatif Trend
0 < Z _{MK} < -1.96	Önemsiz Negatif Trend
Z _{MK} =0	Trend Yok
0 < Z _{MK} < 1.96	Önemsiz Pozitif Trend
Z _{MK} > 1.96	Önemli Pozitif Trend

BULGULAR ve TARTIŞMA

Su Örneklerinin Genel Özellikleri

Çalışmada değerlendirmeye alınan su kalite parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel değerler hesaplanmıştır. Bu bağlamda Yeşilirmak üzerinde bulunan Çarşamba ilçesindeki 14-07-00-027 nolu su kalitesi gözlem istasyonunda 1995-2015 yılları arasında aylık olarak alınan su örneklerinin kalite parametrelerine ait ortalama, maximum (max), minimum (min) ve standart sapma (SD) değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Yeşilirmak nehrinde ortalama en yüksek akımın Mayıs ($376.4 \text{ m}^3 \text{ sn}^{-1}$), ortalama en düşük akımın ise Temmuz ($74.51 \text{ m}^3 \text{ sn}^{-1}$) ayında meydana geldiği görülmüştür. Bu verilere göre akımın yaklaşık %80 oranında azaldığı dikkat çekmiştir. Suyun pH değerinin aylık değişiminin çok fazla bir değişkenlik göstermediği anlaşılmaktadır. Yeşilirmak nehrinde ortalama en yüksek pH'nın Temmuz ve Şubat aylarında (8.16), ortalama en düşük pH ise Mayıs (8.02) ayında meydana geldiği görülmüştür. Suyun içerdiği toplam tuz konsantrasyonunun önemli bir göstergesi olan elektriksel iletkenlik değerlerine bakıldığında, ortalama en yüksek EC'nin Şubat aylarında ($503.90 \mu\text{S cm}^{-1}$), ortalama en düşük EC ise Nisan ($386.35 \mu\text{S cm}^{-1}$) ayında ölçülmüştür. Yeşilirmak Nehri'nde suyun katyon ve anyon içeriklerine bakıldığında, su örneklerinin ortalama en yüksek sodyum içeriğinin Şubat (1.22 mg l^{-1}), ortalama en düşük sodyum içeriğinin ise Nisan (0.76 mg l^{-1}) ayında ölçüldüğü belirlenmiştir. Önemli bir katyon olan potasyum içeriğine bakıldığında en yüksek ortalama Mayıs ayında 0.11 mg l^{-1} olarak gerçekleşmiştir. En düşük ortalama potasyum içeriği ise Nisan ayında 0.04 mg l^{-1} olarak belirlenmiştir. Çalışmada kalsiyum ve magnezyum katyonları toplam olarak ele alınmıştır. Buna göre en yüksek ortalama Ca+Mg içeriği Aralık ayında 4.23 mg l^{-1} olarak, en düşük ortalama Ca+Mg içeriği ise Nisan ve Mayıs aylarında 3.35 mg l^{-1} olarak belirlenmiştir. Yeşilirmak Nehri'nde ortalama en yüksek karbonat içeriği Kasım ayında (0.4 mg l^{-1}), en düşük ortalama karbonat içeriği ise Ağustos ve Eylül aylarında 0.22 mg l^{-1} olarak belirlenmiştir. Diğer yandan bikarbonat içeriği en yüksek ortalama Ocak ve Aralık aylarında 3.48 mg l^{-1} olarak gerçekleşmiştir. En düşük ortalama bikarbonat içeriği ise Nisan ayında 2.73 mg l^{-1} olarak belirlenmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi en yüksek ortalama klor içeriği Şubat ve Eylül aylarında 0.69 mg l^{-1} olarak gerçekleşmiştir. En düşük ortalama klor içeriği ise Nisan ayında 0.41 mg l^{-1} olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre en yüksek ortalama sülfat değeri Şubat ayında 1.12 mg l^{-1} olarak tespit edilmiş, en düşük ortalama sülfat değeri ise Mayıs ayında 0.69 mg l^{-1} olarak ölçülmüştür. Diğer yandan en yüksek ortalama bor içeriği Şubat ayında 0.89 mg l^{-1} olarak gerçekleşmiştir. En düşük ortalama bor içeriği ise Nisan ayında 0.60 mg l^{-1} olarak belirlenmiştir. Çalışmada suların katyon içerikleri ile beraber sodyumun bütün katyonlara oranı olan %Na da belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek ortalama % Na içeriği Şubat ayında % 21.78 olarak gerçekleşmiştir. En düşük ortalama %Na içeriği ise Mayıs ayında % 17.68 olarak belirlenmiştir. Gözlem yapılan aralıkta en yüksek %Na içerik değeri yine Şubat ayında bulunmuştur (% 65.52). Su kalitesinin belirlenmesi ve sınıflandırmasında kullanılan önemli bir parametre olan sodyum absorpsiyon oranı olan SAR değeri en yüksek ortalama Şubat ayında 0.89 olarak, En düşük ortalama SAR değeri ise Nisan ayında 0.60 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. DSİ'nin 14-07-00-027 nolu akım gözlem istasyonunda 1995-2015 yılları arasında yapılan örneklemlerde su kalite parametrelerinin tanımlayıcı istatistiksel değerleri

Parametreler	İstatistikler	Aylar												Yıllık Ort.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Akım (m ³ sn ⁻¹)	Ort.	165.38	153.43	243.76	289.57	376.40	175.96	74.51	101.66	78.79	76.59	138.58	174.68	170.78
	Max	244.51	208.35	576.02	572.51	1176.17	550.92	313.58	267.76	187.49	196.11	461.11	494.31	437.40
	Min	78.95	78.64	94.64	169.39	3.25	2.01	4.58	2.68	6.43	2.38	7.65	12.40	38.58
	SD	49.24	44.23	111.66	132.00	289.89	139.63	87.00	85.10	53.40	61.64	97.22	96.48	-
pH	Ort.	8.09	8.16	8.14	8.04	8.02	8.10	8.16	8.05	8.08	8.08	8.12	8.10	8.10
	Max	8.49	8.60	8.40	8.54	8.82	8.74	8.64	8.70	8.50	8.51	8.94	8.90	8.65
	Min	7.40	7.60	7.70	7.30	7.20	7.20	7.60	7.20	7.40	7.60	7.10	7.20	7.38
	SD	0.28	0.25	0.19	0.37	0.40	0.37	0.24	0.34	0.29	0.31	0.40	0.36	-
EC (µS cm ⁻¹)	Ort.	493.70	503.90	488.75	386.35	398.25	418.40	479.35	482.25	483.65	467.30	476.50	490.80	464.10
	Max	650.00	741.00	894.00	500.00	639.00	529.00	1067.00	800.00	911.00	908.00	700.00	650.00	749.08
	Min	253.00	421.00	125.00	138.00	125.00	286.00	372.00	388.00	272.00	65.00	350.00	294.00	257.42
	SD	91.22	73.61	130.43	92.61	104.72	53.46	150.03	105.91	132.88	182.09	75.30	88.03	-
Na (mg l ⁻¹)	Ort.	1.04	1.22	1.03	0.76	0.78	0.86	1.02	1.13	1.10	1.00	1.00	1.02	1.00
	Max	1.53	3.80	2.58	1.07	1.76	1.09	1.82	1.95	2.72	1.86	1.39	1.30	1.91
	Min	0.34	0.38	0.15	0.15	0.00	0.30	0.50	0.46	0.23	0.07	0.39	0.38	0.28
	SD	0.22	0.72	0.44	0.26	0.36	0.19	0.29	0.38	0.51	0.42	0.21	0.19	-
K (mg l ⁻¹)	Ort.	0.06	0.08	0.07	0.04	0.11	0.05	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07
	Max	0.12	0.39	0.45	0.07	1.02	0.12	0.16	0.14	0.31	0.17	0.08	0.13	0.26
	Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SD	0.03	0.08	0.09	0.02	0.22	0.03	0.04	0.03	0.07	0.04	0.02	0.03	-
Ca+Mg (mg l ⁻¹)	Ort.	4.19	4.18	4.12	3.35	3.35	3.56	4.04	4.07	4.04	3.93	4.13	4.23	3.93
	Max	5.24	5.20	6.70	4.30	4.50	4.70	9.90	6.60	7.10	9.10	6.04	5.80	6.27
	Min	2.32	2.00	1.20	1.20	1.30	1.98	3.10	3.10	2.60	0.60	2.72	2.50	2.05
	SD	0.71	0.67	0.96	0.79	0.76	0.55	1.43	0.87	0.93	1.69	0.69	0.77	-
CO ₃ (meq l ⁻¹)	Ort.	0.30	0.37	0.34	0.27	0.25	0.30	0.36	0.22	0.22	0.24	0.40	0.28	0.30
	Max	0.92	1.10	1.00	0.80	0.52	0.60	1.42	0.70	0.60	0.90	0.90	0.72	0.85
	Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SD	0.28	0.31	0.28	0.26	0.21	0.22	0.33	0.23	0.22	0.29	0.26	0.20	-
HCO ₃ (meq l ⁻¹)	Ort.	3.40	3.29	3.29	2.73	2.76	2.89	3.20	3.41	3.48	3.27	3.22	3.48	3.20
	Max	4.70	5.15	4.85	3.76	4.80	4.23	7.08	6.15	7.80	8.67	3.95	5.10	5.52
	Min	1.88	2.30	0.67	0.95	0.88	1.24	2.20	2.40	1.95	0.45	1.73	1.70	1.53
	SD	0.67	0.66	0.78	0.71	0.84	0.52	1.03	0.84	1.24	1.64	0.55	0.72	--
Cl (meq l ⁻¹)	Ort.	0.58	0.69	0.53	0.41	0.49	0.46	0.62	0.53	0.69	0.57	0.57	0.59	0.56
	Max	2.00	2.00	1.74	1.00	1.36	1.25	1.86	1.44	2.61	2.60	2.00	2.50	1.86
	Min	0.23	0.34	0.26	0.18	0.20	0.24	0.28	0.28	0.21	0.06	0.26	0.26	0.23
	SD	0.39	0.47	0.32	0.19	0.30	0.27	0.45	0.33	0.60	0.56	0.40	0.50	-
SO ₄ (mg l ⁻¹)	Ort.	1.01	1.12	1.04	0.74	0.69	0.81	0.91	1.11	0.93	0.92	0.94	0.91	0.93
	Max	1.54	2.27	2.74	1.31	2.07	1.28	1.52	1.71	1.38	2.00	1.52	1.52	1.74
	Min	0.26	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.40	0.04	0.12	0.18	0.13
	SD	0.26	0.38	0.53	0.41	0.44	0.25	0.33	0.37	0.24	0.48	0.37	0.33	-
%Na	Ort.	19.55	21.78	18.64	18.05	17.68	19.22	20.07	21.27	20.36	19.47	19.74	18.59	19.54
	Max	26.02	65.52	26.52	23.98	27.46	31.44	25.80	37.38	30.73	26.78	28.17	29.20	31.58
	Min	12.59	8.88	10.95	8.93	0.00	6.67	11.11	9.77	8.04	10.14	9.77	8.88	8.81
	SD	3.09	11.12	3.54	4.27	6.72	4.44	3.45	5.27	5.15	4.42	4.08	4.35	-
SAR	Ort.	0.71	0.89	0.69	0.60	0.61	0.64	0.72	0.79	0.76	0.70	0.71	0.67	0.71
	Max	1.01	3.80	1.41	0.83	1.19	0.94	1.02	1.51	1.44	1.15	0.96	0.95	1.35
	Min	0.32	0.27	0.19	0.17	0.00	0.21	0.35	0.32	0.20	0.13	0.29	0.27	0.23
	SD	0.14	0.72	0.23	0.17	0.25	0.15	0.15	0.25	0.28	0.24	0.15	0.16	-
Bor (mg l ⁻¹)	Ort.	0.20	0.18	0.18	0.19	0.19	0.27	0.20	0.19	0.18	0.24	0.21	0.21	0.20
	Max	0.60	0.50	0.45	0.65	0.50	0.90	0.90	0.60	0.60	0.70	0.90	0.55	0.65
	Min	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	SD	0.20	0.16	0.15	0.17	0.17	0.24	0.24	0.17	0.13	0.20	0.22	0.17	-

Ort: Ortalama, Min:En az, Max: En çok, SD: Standart sapma

Su Kalite Parametrelerinin Trend Analizi

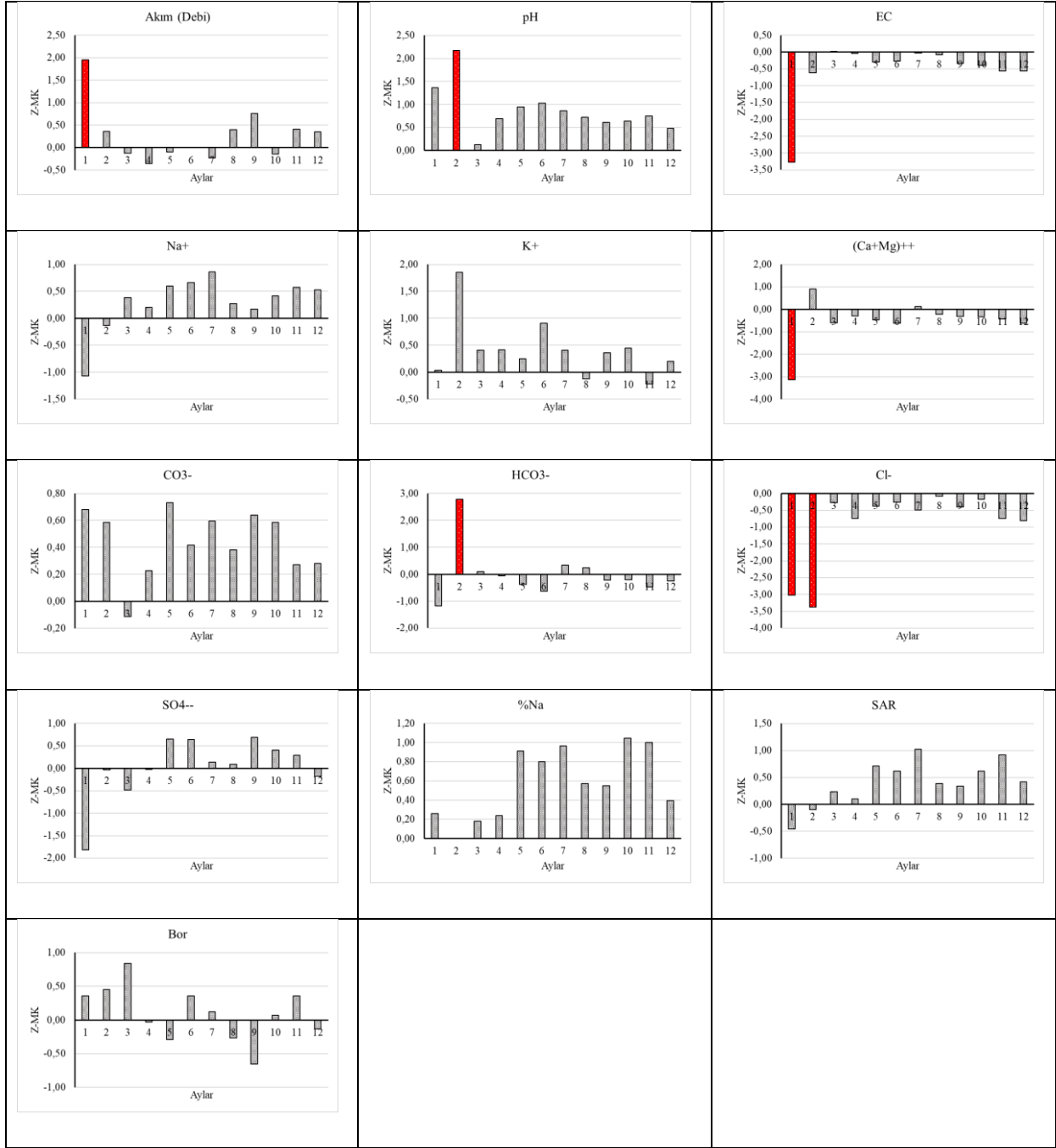
Sulama suyu kalite parametrelerinin 1995-2015 yılları arasındaki aylık eğilimin Mann-Kendall yöntemine göre test edilmesi sonucu elde edilen bulgular Çizelge 3 ve Şekil 2'de verilmiştir. Çizelgede, Yeşilirmak Nehri'nin aylık akım miktarında meydana gelen trendin sadece Ocak ayında Önemli Pozitif Trend olduğu saptanmıştır. Diğer aylarda meydana gelen trendlerin bir anlamlılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Yeşilirmak Nehri'nin 14-07-00-027 istasyonundaki debisinin Ocak ayı dışında değişmediğini göstermektedir. Ocak ayında ise debinin artan yönde bir trend ortaya koyduğu olduğu dikkat çekmiştir. Çevik ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada 1939-1995 yılları arasında Yeşilirmak nehrinin aylık akım serisinin trend açısından durağan olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 3. Su kalite parametrelerinin Mann-Kendall (ZMK) trend analiz sonuçları

Su kalite parametreleri	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q (m ³ sn ⁻¹)	1.95 ↑*	0.36 ↑	-0.12 ↓	-0.36 ↓	-0.10 ↓	0.00	-0.24 ↓	0.39 ↑	0.76 ↑	-0.15 ↓	0.40 ↑	0.35 ↑
pH	1.36 ↑	2.17 ↑*	0.12 ↑	0.70 ↑	0.94 ↑	1.03 ↑	0.86 ↑	0.72 ↑	0.61 ↑	0.64 ↑	0.75 ↑	0.48 ↑
EC (µS.cm ⁻¹)	-3.28 ↓*	-0.62 ↓	0.02 ↑	-0.04 ↓	-0.30 ↓	-0.28 ↓	-0.03 ↓	-0.08 ↓	-0.34 ↓	-0.40 ↓	-0.56 ↓	-0.57 ↓
Na (mg l ⁻¹)	-1.07 ↓	-0.13 ↓	0.38 ↑	0.20 ↑	0.60 ↑	0.66 ↑	0.86	0.27 ↑	0.17 ↑	0.42 ↑	0.57 ↑	0.53 ↑
K (mg l ⁻¹)	0.03 ↑	1.85 ↑	0.40 ↑	0.42 ↑	0.25 ↑	0.91 ↑	0.40 ↑	-0.12 ↓	0.36 ↑	0.45 ↑	-0.22 ↓	0.20 ↑
Ca+Mg (meq l ⁻¹)	-3.15 ↓*	0.91 ↑	-0.61 ↓	-0.29 ↓	-0.46 ↓	-0.62 ↓	0.11 ↑	-0.22 ↓	-0.31 ↓	-0.34 ↓	-0.44 ↓	-0.62 ↓
CO ₃ (meq l ⁻¹)	0.68 ↑	0.58 ↑	-0.11 ↓	0.22 ↑	0.73 ↑	0.42 ↑	0.60 ↑	0.38 ↑	0.64 ↑	0.58 ↑	0.27 ↑	0.28 ↑
HCO ₃ (meq l ⁻¹)	-1.17 ↓	2.79 ↑*	0.09 ↑	-0.07 ↓	-0.38 ↓	-0.63 ↓	0.34 ↑	0.25 ↑	-0.21 ↓	-0.20 ↓	-0.47 ↓	-0.25 ↓
Cl (meq l ⁻¹)	-3.02 ↓*	-3.37 ↓*	-0.28 ↓	-0.74 ↓	-0.38 ↓	-0.27 ↓	-0.49 ↓	-0.09 ↓	-0.40 ↓	-0.17 ↓	-0.74 ↓	-0.81 ↓
SO ₄ (mg l ⁻¹)	-1.82 ↓	-0.03 ↓	-0.48 ↓	-0.02 ↓	0.65 ↑	0.64 ↑	0.13 ↑	0.09 ↑	0.69 ↑	0.40 ↑	0.29 ↑	-0.18 ↓
%Na	0.26 ↑	0.00	0.18 ↑	0.24 ↑	0.91 ↑	0.80 ↑	0.97 ↑	0.57 ↑	0.55 ↑	1.04 ↑	1.00 ↑	0.39 ↑
SAR	-0.45 ↓	-0.10 ↓	0.24 ↑	0.10 ↑	0.71 ↑	0.62 ↑	1.02 ↑	0.38 ↑	0.34 ↑	0.62 ↑	0.92 ↑	0.42 ↑
B (mg l ⁻¹)	0.36 ↑	0.45 ↑	0.84 ↑	-0.03 ↓	-0.29 ↓	0.36 ↑	0.12 ↑	-0.27 ↓	-0.65 ↓	0.07 ↑	0.36 ↑	-0.13 ↓

↑: Artan trend, ↓: Azalan trend, *: 0.05 düzeyinde önemli

Yeşilirmak nehrinde suyun pH değerinde meydana gelen trendin sadece Şubat ayında önemli pozitif trend olduğu saptanmıştır. Diğer aylarda meydana gelen trendlerin bir anlamlılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Sulama sularında pH maximum aralık 5.0 – 9.0 dir (FAO, 1999). Ancak Jeong ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada genel olarak pH'nın 6.5 – 8.4 arasında olması arzu edilir. pH değerinin yüksek olması durumunda topraktaki besin elementlerinin yarıyışlılığını ve topraktaki fiziksel ve kimyasal özellikleri olumsuz etkiler (Demir ve Demir, 2019). Yeşilirmak nehrinde suyun pH değerinin tarımsal sulama yapılan aylarda kısa vadede bir soruna neden olmayacağı ön görülmüştür Ancak, Şubat ayındaki pozitif trendin devam etmesi durumunda bu aydaki pH değerinin artabileceği söylenebilir. Sulama suyunun sınıflandırılmasında kullanılan önemli bir parametre olan suyun elektriksel iletkenliği (EC) Yeşilirmak Nehri'nde Ocak ayı dışında anlamlı bir trend oluşturmamıştır. Ocak ayında EC değerinde önemli negatif trend'in olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılara göre sulama suyunun 750 µS cm⁻¹ den daha düşük bir EC değerinde sahip olması gerekmektedir. (Follett ve Soltanpour, 2002; Bauder ve ark. 2011) Ancak Çizelge 2'deki verilere göre EC'nin bazı aylarda 1000 µS cm⁻¹'in üzerinde çıkması istenmeyen bir durumdur. Özellikle sulama sezonu olan yaz aylarında suyun kontrollü bir şekilde uygulanması gerekmektedir. EC değerinin yükselişi topraklarda tuzluğun en önemli nedenlerden biri (Shainberg ve Shalhevet, 2012) olduğundan toprağa gereğinden fazla su uygulanmaması gerekmektedir. Yeşilirmak nehrinde suyun Na, CO₃, K, %Na, SO₄, SAR ve B değerleri anlamlı bir trend oluşturmamıştır. Burada, sulama suyunun sodyum tehlikesi 'sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) olarak ifade edilir. Sodyum, toplam tuzluluğa doğrudan katkıda bulursa ve meyve ağaçları gibi hassas bitkiler için toksik olabileceği de, yüksek sodyum konsantrasyonunun temel sorunu toprağın fiziksel özellikleri (toprak yapısının bozulması) üzerindeki etkisidir (Zaman ve ark., 2018). USSS, (1954)'e göre SAR değerinin 1 mmol l⁻¹ den küçük olması istenir. Elde edilen değerlerin standarda uygun olmasının yanında anlamlı bir trendin olmaması uygun bulunmuştur. Sulama suyunun değerlendirilmesinde bor elementi de önemli bir kriterdir. Bor >1.0 mg l⁻¹ içeren sulama suyu, bora duyarlı bitkilerde toksisiteye neden olabilir (Bauder ve ark. 2011). Çalışmamızda, suyun Bor içeriğinin aylık ortalamalarının sınır değerinin altında olması ve anlamlı bir trendin olmaması uygun olarak değerlendirilmiştir. Karbonat ve bikarbonat içeriği yüksek sular toprak çözeltisi buharlaşma yoluyla yoğunlaştığında kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat olarak çökebilir. Bu SAR değerinin artacağı ve sodyum iyonlarının göreceli oranının daha büyük olacağı anlamına gelir (Zaman ve ark. 2018). Çalışmamızda karbonat parametresinde ve Şubat ayı hariç bikarbonat parametresinde anlamlı bir trend saptanmamıştır. Bikarbonat değerinde Şubat ayında önemli pozitif trend olduğu saptanmıştır. Salifu ve ark. (2017) raporunda sulama sularının bikarbonat içeriğinin 1.5 meq l⁻¹'den az, en üst sınırın ise 8.5 meq l⁻¹ olması gerektiğini bildirmiştir. Çalışmamızda, bikarbonat değerinin bütün aylarda 1.5 – 8.5 meq l⁻¹ ortalama değer aralığında olduğu görülmüştür.



Şekil 2. Yeşilirmak Nehri'nde bazı su kalite parametrelerinin trend analizinin aylık değişimi

Yeşilirmak Nehri'nde suyun Ca+Mg değerinde meydana gelen trendin sadece Ocak ayında önemli negatif trend olduğu saptanmıştır. Diğer aylarda meydana gelen trendlerin bir anlamlılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Son olarak suyun klor parametresinin Ocak ve Şubat aylarında önemli negatif trend diğer aylarda ise meydana gelen trendlerin bir anlamlılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Sulama sularında Cl içeriğinin 2 meq l⁻¹'den az olması istenir. Çünkü Klorürler bitki büyümesi için gereklidir, ancak yüksek konsantrasyonlarda bitki büyümesini engelleyebilir ve bazı bitki türleri için oldukça toksik olabilir (Bauder ve ark. 2011).

Çalışmamızda elde edilen veriler pazı parametreleri arasında bir korelasyon olduğunu göstermiştir (Çizelge 4). Yapılan analizler sonucunda Yeşilirmak nehrinde debi (Q) ile EC, Na, Ca+Mg, HCO₃ ve SO₄ arasında % 5 düzeyinde anlamlı negatif bir korelasyonun olduğu belirlenmiştir. Debi miktarının artmasıyla su içindeki çözünmüş iyon konsantrasyonlarının azalması bu ilişkinin oluşmasına neden olmuştur. Bu durum Demir ve ark (2016) tarafından yapılan çalışma ile benzerlik göstermiştir. Diğer yandan suyun pH içeriği ile EC, Na ve Ca+Mg içeriği arasında % 5 ve pH ile CO₃ arasında % 1 düzeyinde anlamlı pozitif bir korelasyonun olduğu belirlenmiştir. Söz konusu tuzlar ile pH arasındaki ilişkiler bir çok araştırmacı tarafından da belirlenmiştir (Hong ve ark., 2020; Kothari ve ark., 2021).

Çizelge 4. Su kalitesi parametrelerine ait korelasyon tablosu

	Q (m ³ sn ⁻¹)	pH	EC (µS cm ⁻¹)	Na (mg l ⁻¹)	K (mg l ⁻¹)	Ca+Mg (meq l ⁻¹)	CO ₃ (meq l ⁻¹)	HCO ₃ (meq l ⁻¹)	Cl (meq l ⁻¹)	SO ₄ (meq l ⁻¹)
Q (m ³ sn ⁻¹)	1									
pH	-.426	1								
EC (µS.cm ⁻¹)	-.671*	,652°	1							
Na (mg l ⁻¹)	-.696*	,579*	,931**	1						
K (mg l ⁻¹)	.454	-.091	-.042	-.007	1					
Ca+Mg (meq l ⁻¹)	-.662*	,635*	,986**	,883**	-.134	1				
CO ₃ (meq l ⁻¹)	-.038	,782**	,270	,174	-.079	,309	1			
HCO ₃ (meq l ⁻¹)	-.701*	,404	,938**	,866**	-.117	,937**	-.027	1		
Cl (meq l ⁻¹)	-.624*	,569	,804**	,834**	,188	,742**	,196	,744**	1	
SO ₄ (mg l ⁻¹)	-.577*	,553	,879**	,924**	-.107	,849**	,235	,785**	,584*	1
B (mg l ⁻¹)	-.270	-.040	-.243	-.301	-.378	-.204	-.037	-.201	-.327	-.276

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed),

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Çalışmamızda EC ile Na, Ca+Mg, HCO₃, SO₄ tuzları arasında % 1 düzeyinde anlamlı pozitif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte SO₄ tuzu ile Na, Ca+Mg, HCO₃ arasında % 1, Cl ile arasında ise % 5 düzeyinde anlamlı pozitif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Bor elementinin ise herhangi bir parametre ile ilişkisi bulunmamıştır. Elde edilen bu korelasyonlar suda bileşik oluşturma ve topraklarda çökeltme açısından önemlidir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Yeşilirmak Nehri'nin DSİ'ye ait 14-07-00-027 no'lu su kalitesi gözlem istasyonundaki sulama suyu kalitesi parametrelerinin trend analizi yapılmıştır. Çalışmada suyun debisinin Ocak ayında önemli pozitif trend'e sahip olduğu belirlenmiştir. Suyun pH ve bikarbonat değerlerinin Şubat ayında önemli pozitif trend durum sergilediği görülmüştür. Elektriksel iletkenlik ve kalsiyum+magnezyum parametrelerinin Ocak ayında önemli negatif trend'e sahip olduğu belirlenmiştir. Klorun ise Ocak ve Şubat aylarında Önemli Negatif Trend'e sahip olduğu saptanmıştır. Karbonat, Bor, sülfat, Sodyum, %Sodyum, SAR ve Potasyum parametrelerinde ise bütün aylarda anlamlı bir trend bulunmamıştır. Elde edilen trendlerin sadece Ocak ve Şubat aylarında meydana gelmesi dikkat çekmiştir. Burada mevsimsel yağışlar ve istasyon öncesi kurulu olan barajların etkisi olabilir. Daha anlamlı çıkarımlar için bu değişikliğin özellikle araştırılması gereklidir. Sulama suyunun toplam tuz içeriğinin bir göstergesi olan elektriksel iletkenliğin bazı aylarda yüksek değerlere erişmesi dikkat edilmesi gereken bir durum olup takip edilmesi gerekmektedir.

Teşekkür: Katkılarından dolayı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Açıklama : Bu çalışma Elif SÜRÜCÜ'nün yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

YAZAR ORCID NUMARALARI

Elif SÜRÜCÜ  <http://orcid.org/0009-0007-7701-2754>

Yasin DEMİR  <http://orcid.org/0000-0002-0117-8471>

KAYNAKLAR

- Anonim, 2024. Yeşilirmak havzası kalkınma birliği Havza veri tabanı <http://www.yesilirmak.org.tr/documents/harita/t%C3%BCm.pdf> (Erişim tarihi: 10.01.2024).
- Ay, M., Kişi, O. 2017. Kızılırmak Nehrinde Bazı İstasyonlardaki Akımların Trend Analizi. *Teknik Dergi*, ACE 2014 Konferansı Özel Sayısı. 28(2):7779–7794.
- Bauder, T.A., Waskom, R.M., Sutherland, P.L., Davis, J.G., 2011. Irrigation Water Quality Criteria. Colorado State University Extension Publication, Crop series/irrigation. Fact sheet no. 0.506, 4 pp
- Cebe, E. N. 2007. Türkiye Akarsularında Mevsimsel Trend Analizi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 82s. İstanbul.
- Çevik, O. 2003. Mevsimsel ARIMA Modeli Kullanılarak Yeşilirmak Nehri Aylık Akım Serisinin Modellenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 09(03). https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000820
- Demir, A. D., Demir, Y. 2016. Mean, Minimum and Maximum Temperature Trends in Bingöl. *Middle East Journal of Science*, 2(2): 101-109.
- Demir, Y., Demir, A. D. 2019. Determination And Evaluation of Irrigation Water Quality in Areas Irrigated with Groundwater in The Southeast Of Harran Plain. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(11): 1894-1900
- Doğan Demir, A., Şahin, Ü., Demir, Y. 2016. Murat Nehri Su Kalite Parametrelerinin Trend Analizi Vve Tarımsal Açıldan Kullanılabilirliği. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26:414-420
- FAO, 1999. Food and Agriculture Organization, Guidelines for irrigation water quality. Record updated on 2023-04-28
- Follett, R.H., Soltanpour, P.N., 2002. Irrigation Water Quality Criteria. Colorado State University Publication No. 0.506
- Gümüş, V., Yenigün, K. 2006. Aşağı Fırat Havzası Akımlarının Trend Analizi ile Değerlendirilmesi. Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi, 11-13 Ekim 2006. İstanbul
- Hong, H., Zhang, Z., Guo, A., Shen, L., Sun, H., Liang, Y., Lin, H. 2020. Radial basis function artificial neural network (RBF ANN) as well as the hybrid method of RBF ANN and grey relational analysis able to well predict trihalomethanes levels in tap water. *Journal of Hydrology*, 591, 125574.
- Kothari, V., Vij, S., Sharma, S., Gupta, N. 2021. Correlation of various water quality parameters and water quality index of districts of Uttarakhand. *Environmental and Sustainability Indicators*, 9, 100093.
- Jeong, H., Kim, H., Jang, T. 2016. Irrigation Water Quality Standards for İndirect Wastewater Reuse in Agriculture: A Contribution Toward Sustainable Wastewater Reuse in South Korea. *Water*, 8(4), 169.
- Saglam, M., Dengiz, O., Özyazıcı M. A., Kizilkaya, R. 2011. Application of Geostatistical Methods to Heavy Metals Status in Çarsamba Plain Soils. *Asian Journal of Chemistry*, 23(8): 3454.
- Salifu, M., Aidoo, F., Hayford, M. S., Adomako, D., Asare, E. 2017. Evaluating The Suitability of Groundwater for İrrigational Purposes in Some Selected Districts of The Upper West Region of Ghana. *Applied Water Science*, 7, 653-662.
- Shainberg, I., Shalhevet, J. (Eds.). 2012. Soil Salinity Under İrrigation: Processes And Management (Vol. 51). Springer Science & Business Media.
- Soylu, E. N., Gönülol, A. 2003. Phytoplankton and Seasonal Variations of the River Yeşilirmak, Amasya, Türkiye. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3(1).
- Suhaila, J., Deni, S. M., Zin, W. W., Jemain, A. A. 2010. Trends in Peninsular Malaysia Rainfall Data During the Southwest Monsoon and Northeast Monsoon Seasons: 1975–2004. *Sains Malaysiana*, 39(4): 533-542.
- Şimşek, A., Türkten, H., Bakan, G. 2022. Su Kalite İndeksi ve İstatistiksel Analiz Kullanılarak Orta Karadeniz Bölgesi Kızılırmak ve Yeşilirmak Nehirleri Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2): 645-662.
- USSL Staff 1954. Diagnosis And İmprovement Of Saline And Alkali Soils. USDA Handbook No 60. Washington DC, USA 160 pp
- Yenilmez, F., Keskin, F., Aksoy, A. 2011. Water Quality Trend Analysis in Eymir Lake, Ankara. *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts a/b/c, 36(5-6): 135-140.
- Yu, Y. S., Zou, S. Whittemore, D. 1993. Non-Parametric Trend Analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas, *Journal of Hydrology*, 150(1): 61-80.
- Zaman, M., Shahid, S.A., Heng, L., Zaman, M., Shahid, S.A., Heng, L. 2018. Irrigation Water Quality. Guideline For Salinity Assessment, Mitigation And Adaptation Using Nuclear And Related Techniques, 113-131.