

Nerdüş Deresi'nin (Şırnak) su kalitesine asfaltit ocaklarının etkisinin değerlendirilmesi

Evaluation of the impact of asphaltite mines on the water quality of Nerdüş Stream (Şırnak)

Orkun KANTARCI*¹, Hacı Alim BARAN², Sadiye KANTARCI³, M. Tahir NALBANTÇILAR⁴

^{1,3}Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 73000, Şırnak

²Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 72000, Batman

⁴Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 06000, Ankara

• Geliş tarihi / Received: 14.03.2024

• Kabul tarihi / Accepted: 06.05.2024

Öz

Bu çalışmada, Şırnak il merkezinde işletilmekte olan asfaltit madenlerinin yakınından akan Nerdüş Deresi'nin su kalitesi ve suda madenlerden kaynaklı metal yüklerinin asidiklik etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, dereden mevsimsel değişime bağlı olarak kurak ve yağışlı dönemde olmak üzere alınan su örneklerinin fiziksel parametreleri yerinde ölçümlerle ve majör anyon-kasyon içerikleri ise laboratuvar analizleriyle belirlenmiştir. Dereden alınan örneklerin analizleri genellikle $Ca^{+2}+Mg^{+2}>Na^{+}+K^{+}$ olup, karbonatlı ve sülfatlı sular tipinde ve $HCO_3^{-}+CO_3^{-2}>Cl^{-}+SO_4^{-2}$ olan sulardan oldukları belirlenmiştir. Su örneklerinin majör anyon-kasyon analiz sonuçları WHO (2011) ve TS 266 (2005) standartlarına göre değerlendirildiğinde, elementlerin genel olarak sınır değerler içerisinde olduğu, ancak yağışlı dönemde potasyum ve kurak dönemde sülfat içerikleri bakımından içme amaçlı kullanıma uygun olmadıkları belirlenmiştir. TDS değerinin 300-900 mg/L sınır değerleri aralığında olup "kabul edilebilir ve adil" sınıfta yer aldığı, fakat bu değerlerin nispeten yüksek olmasının nedeninin, dere çevresinde yer alan asfaltit maden sahalarının jeolojik formasyonlarının suyun kimyasını etkilemesinden kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Ayrıca; su örneklerinin C2-C3 (Orta Tuzlu-Yüksek Tuzlu Su) sınıfında yer aldığı, suyun nötr ve düşük metal konsantrasyon içeriğine sahip olmasından dolayı madenden kaynaklı bir asidite olmadığı belirlenmiştir. Nerdüş Deresi'nin suyunun orta derecede tuza ihtiyacı olan ve sodyuma karşı hassas olan bitkiler dışındaki bitkiler için kullanılabilirliği mümkün olacaktır.

Anahtar kelimeler: Açık ocak, Asfaltit, Madencilik, Nerdüş Deresi, Su kalitesi

Abstract

In this study, the water quality of Nerdüş Stream, which flows near the asphaltite mines operated in Şırnak city center, and the acidity effect of metal loads in the water originating from the mines were investigated. For this purpose, the physical parameters of water samples taken from the stream during dry and rainy periods, depending on seasonal changes, were determined by on-site measurements and major anion-cation contents were determined by laboratory analyses. Analyses of the samples taken from the stream generally showed $Ca^{+2}+Mg^{+2}>Na^{+}+K^{+}$, and it was determined that they were carbonated and sulphate type waters and $HCO_3^{-}+CO_3^{-2}>Cl^{-}+SO_4^{-2}$. When the major anion-cation analysis results of water samples were evaluated according to WHO (2011) and TS 266 (2005) standards, it was determined that the elements were generally within the limit values, but they were not suitable for drinking purposes in terms of potassium content in the rainy period and sulfate content in the dry period. It has been evaluated that the TDS value is within the limit values of 300-900 mg/L and is in the "acceptable and fair" class, but the reason why this value is relatively high may be because the geological formations of asphaltite mines affect the chemistry of the water. Moreover, It was determined that the water samples were in the C2-C3 (Medium Saline – High Saline Water) class, and that there was no acidity caused by the mine since the water was neutral and had a low metal concentration content. It will be possible to use the water of Nerdüş Stream for plants other than those that need moderate salt and are sensitive to sodium.

Keywords: Open pit, Asphaltite, Mining, Nerdüş stream, Water quality

*Orkun KANTARCI; orkunkantarci@sirnak.edu.tr

1. Giriş

1. Introduction

Dünya nüfusundaki hızlı artış, üretim ve sanayi sektöründeki ekonomik büyümeye bağlı olarak su ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle, gelecek yıllarda su gereksiniminin karşılanmasında ciddi zorlukların ortaya çıkabileceği ve bölgesel su krizlerinin oluşacağı yönünde görüşler yaygınlaşmaktadır. Kullanılabilir su kaynaklarının azalmasının yanı sıra yüzey ve yeraltı sularının da kirlenmesi canlıların yaşamını olumsuz etkilemektedir (Kavaf & Nalbantçılar, 2007; Yıldız vd., 2008; Nalbantçılar & Pinarkara, 2015; Nalbantçılar & Pinarkara, 2016; Evsahibioğlu vd., 2010; Cetin vd., 2017).

Bir bölgenin hâkim jeolojik özellikleri, formasyonların bileşimleri, içerdiği minerallerin yapı ve dokusal özellikleri, maden zuhurları, havza oluşum şartları, paleoklim durumu ve benzeri birçok etmen, oradaki yüzey sularının özelliklerini ve kalitesini etkilemektedir (Gültekin & Dilek, 2005; Nalbantçılar & Guzel, 2006; Sipahi & Uslu, 2016; Tahmasebzadeh Bastam & Gültekin, 2017; Semiz vd., 2021; Baran vd., 2023). Şırnak ilinin Bitlis-Zağros yamanma kuşağında yer alması nedeniyle zengin jeolojik özelliklere sahip olduğu ve il genelinde çok sayıda zehir ve ocak bulunmaktadır. Maden sahaları doğadaki element kirliliklerinin en önemli kaynaklarından. Bu nedenle maden sahalarının etkilediği toprak, bitki, dere sedimanı ve sularda ağır metal/iz element birikimine yönelik çok sayıda çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir (Bosco vd., 2005; Önder & Dursun, 2005; Önder vd., 2007; Murakami vd., 2009; Yaylalı-Abanuz & Tüysüz, 2009; Ahdy & Khaled, 2009; Rodriguez-Barroso vd., 2009; Machender vd., 2011; Miao vd., 2011; Yaylalı-Abanuz vd., 2012; Howladar vd., 2014, Nalbantçılar & Pinarkara, 2015; Köktan vd., 2019; Bulltail & Walter, 2020; Sahoo & Khaoash, 2020; Jiang vd., 2023).

Şırnak il ekonomisi ve istihdamına önemli katkılar sunan asfaltit maden ocaklarının uzun yıllardır işletilmesi nedeniyle geniş alanlara yayılmış ve büyük hacimlere ulaşan pasa sahaları oluşmuştur. Birçok madencilik faaliyetlerinde olduğu gibi asfaltit üretimi sırasında ve sonrasında da sahanın hidrolojik ve jeomorfolojik özellikleri etkilenmektedir (Chen vd., 2015). Genellikle madencilik faaliyetleri, işletilen madenin türüne ve yerleştiği ana kayacın jeolojik özelliklerine bağlı olarak toprak, yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olmakta ve önlenmemesi durumunda bütün yaşam formlarının sağlığını olumsuz etkileyebilecek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir (Yıldız vd., 2008; Akaryalı vd. 2018; Alemdağ vd. 2020a, b; Gücer vd. 2020). Belirli oksidasyon koşulları altında; yüksek konsantrasyonlara sahip metal ve sülfür içeren kayaçlar ve pasalar; yağış, yüzey ve yeraltı suları ile etkileşimine bağlı olarak suya geçebilir. Bu sebeple, sulama suyu olarak kullanıldığında sadece toprak verimliliği ve ekosistem fonksiyonları değil aynı zamanda besin zinciri de etkilenmektedir (Kocaer & Başkaya, 2003; Şanlıyüksel Yücel & Yücel, 2017). Kalitesinin değişmiş olduğu bir suyun; tarım ve balık üretim çiftlikleri gibi faaliyetlerde kullanımı, toplu balık ölümleri ve benzeri sonuçlara ulaşan, canlılarda geri dönüşü olmayacak ciddi sağlık problemlerine neden olabilmektedir.

Yüzey suları yağışlı dönemlerde kar ve yağmur sularının fazlalığı nedeniyle seyrelemeden dolayı daha az oranda iyon içerirken, kurak dönemde ise buharlaşmanın etkisiyle daha çok iyon içermekte olup, yüzey sularının kimyasal özelliği zamanla değişiklik göstermektedir (Fırat Ersoy & Hatipoğlu Temizel, 2022). Su kalitesinin değerlendirilmesinde, bu durumun da göz önünde bulundurulması önemlidir.

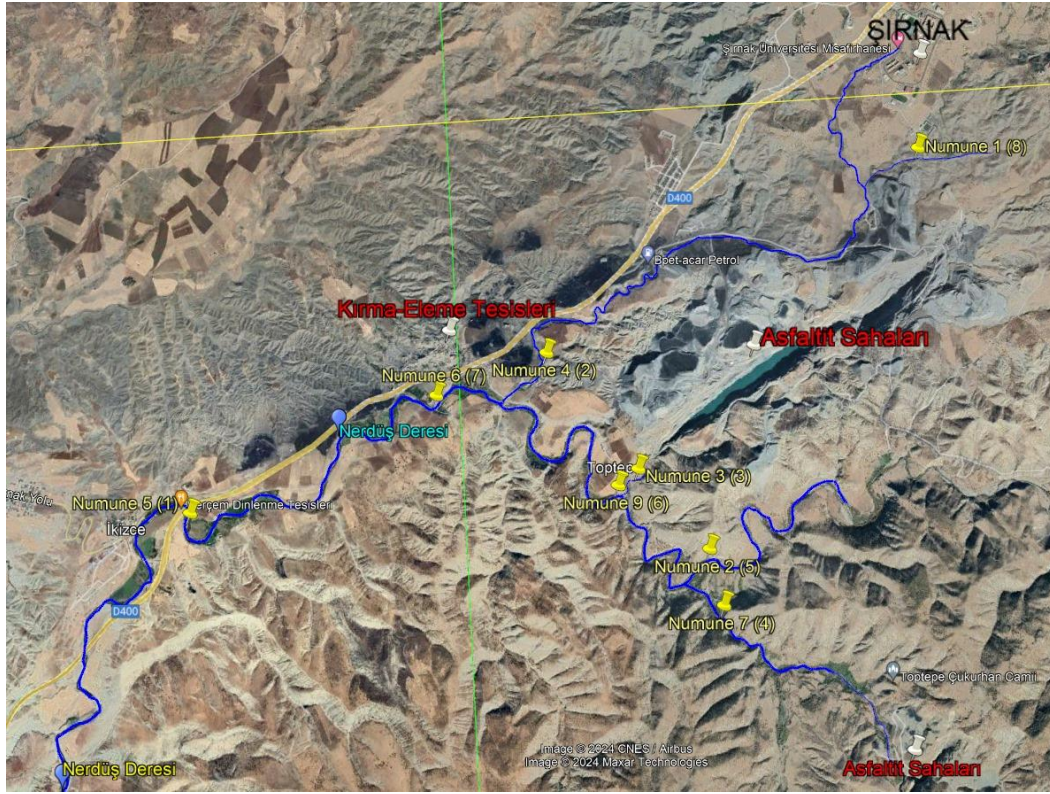
Bu çalışmada, Şırnak il merkezinde bulunan Nerdüş Deresi'nin mevsimsel değişime bağlı olarak kurak ve yağışlı dönem fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenerek suyun kalitesinin belirlenmesi, kullanım amaçlarına göre uygunluğunun tespiti ve bu özelliklerinden yola çıkılarak asfaltit madenlerinin jeolojik formasyonlarına bağlı olarak su içerisinde oluşabilecek metal yüklerinin asidiklik etkisi de araştırılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

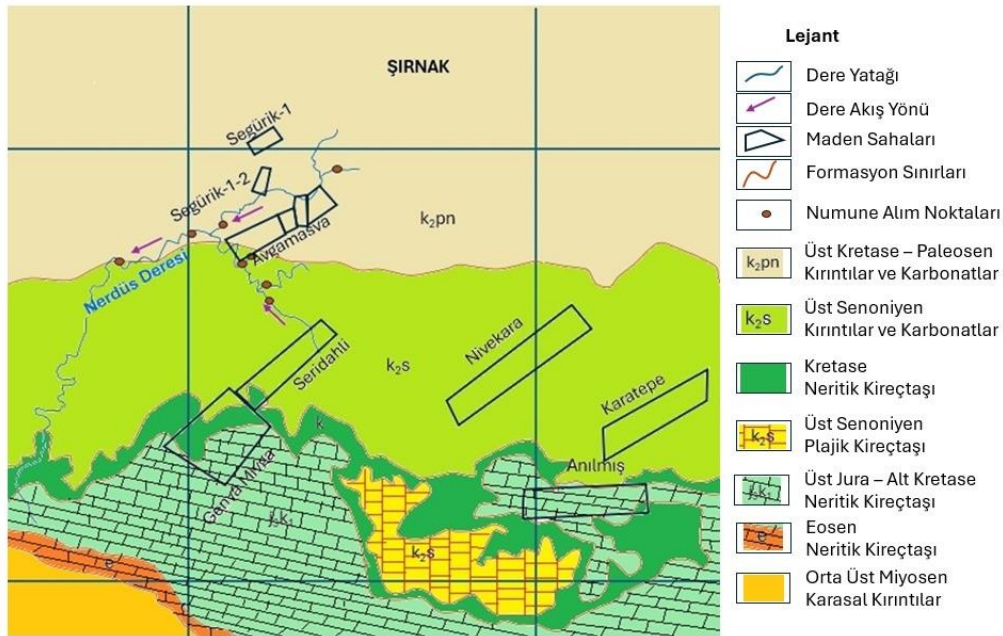
2. Material and method

Araştırma alanında mevsimsel değişimlere bağlı olarak su örnekleri üzerindeki değişimleri izleyebilmek için yılda iki defa örnekleme yapılmıştır. Yağışların etkisiyle toprakta elementlerin hareketliliğinin değişebileceği ve su debisinin değişimine bağlı olarak da sudaki element konsantrasyonları farklılık göstereceğinden, maden sahalarının yayılımı dikkate alınarak Nerdüş Deresi ve çevresinden su numuneleri alınmıştır. Belirlenen 8 lokasyondan yılın kurak ve yağışlı dönemini temsil edecek zaman aralığında (Eylül-2021 ve Mayıs-2022) olmak üzere 2 kez örnekleme yapılarak toplamda 16 adet su numunesi alınmıştır. İnceleme alanındaki örnek

alım noktaları Şekil 1’de ve inceleme alanının jeolojik haritası Şekil 2’de verilmiştir. Genel olarak, inceleme alanı karbonatlı kırıntılı formasyondan oluşmaktadır.



Şekil 1. Nerdüş Deresi’nden su numunelerinin alım noktaları
Figure 1. Collection points of water samples from Nerdüş Stream



Şekil 2. İnceleme alanı jeoloji haritası ve Nerdüş Deresi’nden su numunelerinin alım noktaları (MTA, 2002’den değiştirilerek, URL-1, 2024; Bayrak & Aktan, 2018)

Figure 2. Geological map of the study area and collection points of water samples from Nerdüş Stream (Modified from MTA, 2002, URL-1, 2024; Bayrak & Aktan, 2018)

Numune alım noktalarında pH, iletkenlik ve sıcaklık gibi parametreleri taşınabilir Hach (HQ40d Portable Multi-Parameter Meter) marka analiz cihazı vasıtasıyla arazide, diğer parametrelerin (anyon ve bazı katyonlar)

tespiti laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Su numunesi temini belirlenen lokasyonlarda dere sularından standart numune alma prosedürlerine göre yapılmıştır (APHA, 1992; SKKY, 2009; TS EN ISO 5667, 2007). Araziden alınan su örneklerinin anyon-kasyon içerikleri (Na, K, Mg, Ca, Cl, CO₃, SO₄ ve HCO₃) ve iz element içerikleri (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn) Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) laboratuvarlarında belirlenmiştir.

Eylül-2021'de kurak ve Mayıs-2022'de yağışlı dönemde alınan su örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları ile, Nerdüş Deresi'nin sulama suyu olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Bu kapsamda; analiz sonuçlarından yararlanılarak Değiştirilebilir Sodyum Yüzdesi (ESP, %Na) (Wilcox, 1955; Todd, 1980, Amrhein, 1996), Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) (Richards, 1954), Toplam Sertlik (Sawyer & McCarty, 1967), Permabilite İndeksi (PI) (Doneen, 1964) ve Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS) (Catrol, 1962; Freeze & Cherry, 1979) değerleri hesaplanmıştır. Su kalitesinin değerlendirilmesinde her bir parametrenin hesaplanmasında kullanılan denklemler ve su kalitesi sınıflandırması Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı su kalitesi oranlarına/parametrelerine göre su kalitesi sınıflandırması (Omuto vd., 2020, Mansilha vd., 2021, Yılmaz vd., 2021, Arade, 2021, Er & Şener, 2023).

Table 1. Water quality classification according to different water quality ratios/parameters (Omuto et al., 2020, Mansilha et al., 2021, Yılmaz et al., 2021, Arade, 2021, Er & Şener, 2023).

Parametre		Aralık	Kategori
SAR	$= \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$	(meq/L) <10	Mükemmel
		10-18	İyi
		18-26	Şüpheli
		>26	Uygun Değil
EC		(µS/cm) <250	C1: Düşük Tuzlu Su
		250-750	C2: Orta Tuzlu Su
		750-2250	C3: Yüksek Tuzlu Su
		>2250	C4: Çok Yüksek Tuzlu Su
ESP	$= \frac{Na^+}{Na^+ + K^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2}} \times 100$	(meq/L) <20	Düşük Sodyumlu Sular
		20-40	Orta Sodyumlu Sular
		40-80	Yüksek Sodyumlu Sular
		>80	Çok Yüksek Sodyumlu S.
Toplam Sertlik	$= 2,497 * Ca^{+2} + 4,115 * Mg^{+2}$	(mg/L) <75	Yumuşak
		75-150	Orta derecede sert
		150-300	Sert
		>300	Çok Sert
PI	$= \frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}}{Na^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2}}$	(meq/L) >75	Çok iyi
		25-75	İyi
		<25	Uygun Değil
TDS	$= 0,64 * EC$	(mg/L) <300	Mükemmel
		300-500	İyi
		500-900	Adil
		900-1200	Fakir
		>1200	Kabul edilemez

Analiz sonuçları, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği (SKKY, 2009), İçme Suyu Standartları TS 266 (2005), İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTASHY, 2005) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) (2011)'e göre değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

3. Findings and discussion

3.1. Suların fiziksel ve kimyasal özellikleri

3.1. Physical and chemical properties of waters

Çalışma sahasında, olası su kalitesine asfaltit madenlerinin jeolojik formasyonlarından kaynaklanabilecek etkinin tespiti için seçilen 8 farklı lokasyondan kurak (Eylül-2021) ve yağışlı (Mayıs-2022) dönemi temsilen su örnekleri alınmış, aynı anda arazide fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC) ve pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Alınan su numunelerin kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla majör iyonları oluşturan kasyonlar (Na⁺, Ca⁺⁺, K⁺, Mg⁺⁺) (mg/L) ve anyonların (Cl⁻, SO₄⁻², HCO₃⁻, CO₃⁻²) yanı sıra eser element (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn) (mg/L) konsantrasyonları için elde edilen

analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Su örnekleme ve yerinde ölçüm

Figure 3. Water sampling and on-site measurement

Tablo 2. Kurak dönemde alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Table 2. Physical and chemical analysis results of dry period water samples

Numune Yeri	Numune Kodu	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ⁺⁺ mg/L	Mg ⁺⁺ mg/L	SO ₄ ⁻² mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	T °C	EC µS/cm	pH
8	SS-21	79.4	10.8	96	27.1	518	86.4	74.4	22.93	1185	8.19
5	SS-22	2.14	0.61	93	25.2	230	111	1.89	18.50	588	8.29
3	SS-23	Kurumuş									
2	SS-24	70.1	9.24	99.1	29.6	429	92	69	22.47	1152	8.12
1	SS-25	21.3	2.77	96.5	26.4	264	111	22.5	18.50	741	7.96
7	SS-26	16.7	2.36	94.8	25.7	261	112	16.7	19.10	717	8.07
4	SS-27	3.4	0.98	171	50.1	212	422	2	19.73	1198	8.11
6	SS-29	2.01	0.6	92.2	25.2	228	117	1.67	18.93	603	8.26
Sınır Değerler	TS-266 (2005)	200	12	200	50	250		250		2500	6.5-9.5
	WHO (2011)	200		300		250	500	250			6.5-9.5

Tablo 3. Yağışlı dönemde alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Table 3. Physical and chemical analysis results of rainy season water samples

Numune Yeri	Numune Kodu	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ⁺⁺ mg/L	Mg ⁺⁺ mg/L	SO ₄ ⁻² mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	T °C	EC µS/cm	pH
8	SS-31	69.6	41.2	7.08	23.80	74.7	352	51.4	23.07	751.7	8.48
5	SS-32	57.1	5.71	0.84	22.1	67.4	236	3.26	21.47	467.3	8.34
3	SS-33	66.4	13.7	1.47	20.3	86.4	256	7.18	19.90	545.0	8.09
2	SS-34	67.9	26.1	4.07	24.7	78.5	254	26.5	23.23	622.3	8.84
1	SS-35	66.2	12.1	1.47	21.8	81.8	561	7.58	19.67	534.7	8.41
7	SS-36	66.6	12.3	1.39	21.3	83.3	259	7.47	19.97	532.7	8.28
4	SS-37	127	3.56	0.87	46.2	330	225	2.48	20.27	933.7	8.14
6	SS-39	67.7	13.5	1.41	20.4	86.2	264	6.71	18.20	550.7	7.90
Sınır Değerler	TS-266 (2005)	200	12	200	50	250		250		2500	6.5-9.5
	WHO (2011)	200		300		250	500	250			6.5-9.5

İnceleme konusu suların yerinde ölçümü esnasında ilk ölçülen parametre sıcaklık değeridir. Sıcaklık sudaki canlıların yaşamını sürdürebilmeleri açısından önemli bir özellik olup, sıcaklıktaki değişim diğer parametreler

üzerinde de etkili olmaktadır. Kurak dönem (Eylül-2021) sularının sıcaklıkları 18,50 °C ile 22,93 °C arasında iken Yağışlı dönem (Mayıs-2022) sularının sıcaklıkları 19,67 °C ile 23,23 °C arasında değişmektedir. Sular için bir diğer parametre olan pH canlı sağlığı üzerinde direk etkili olan kritik öneme haiz bir parametredir. Kurak dönem su örneklerinin pH değerleri 7,96-8,29 arasında, Yağışlı dönem su örneklerinde 7,90-8,84 arasında değişmektedir. Bu durum, suların bazik karakterde olduğunu göstermektedir. İnceleme alanındaki suların Kurak ve Yağışlı dönem pH değerleri WHO (2011) tarafından sağlık açısından önerilen sınır değerler (6,5-9,5) arasında kaldığından sağlık açısından sorun teşkil etmemektedir (Tablo 2 ve Tablo 3).

Elektriksel iletkenlik olarak tanımlanan EC, suda çözülmüş madde (iyon) miktarına bağlı olarak elektrik akımını iletme kabiliyetidir. Sahada yerinde yapılan ölçümler sonucunda Kurak dönem sularının EC değerleri 588–1198 $\mu\text{s}/\text{cm}$ şeklinde iken Yağışlı dönemde EC değeri 467-934 $\mu\text{s}/\text{cm}$ arasında değişmektedir. Nerdüş Deresi suyunun EC değerlerinin Kurak dönem analizlerinde daha yüksek olduğu; buna karşın Yağışlı dönem analizlerinde ise Kurak döneme göre daha düşük olduğu gözlenmektedir (Tablo 2 ve Tablo 3). Bunun nedeni, Kurak dönemde su yüzeyinde meydana gelen buharlaşmanın etkisiyle toplam iyon içeriklerinin yükselmesi, Yağışlı dönemde ise yağışa bağlı olarak derenin suyunun seyreltmesidir (Fırat Ersoy & Hatipoğlu Temizel, 2022). TS 266 (2005)'e göre değerlendirildiğinde sular EC ve pH değerleri açısından içmeye uygundur. WHO (2011) ve TS-266 (2005)'e göre değerlendirildiğinde; yüzey suyu örneklerinin içerikleri genellikle sınır değerler içerisinde olsa da Yağışlı dönem potasyum ve Kurak dönem sülfat içerikleri açısından değerlendirildiğinde içme suyuna uygun olmadıkları belirlenmiştir. Nerdüş Deresi'nin sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin araştırılması kapsamında suların; majör anyon-katyon içeriklerinin yanı sıra ESP, SAR, Toplam Sertlik, TDS, PI ve su tipleri belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Nerdüş Deresi'nden alınan örneklerin su kalite parametreleri

Table 4. Water quality parameters of samples taken from Nerdüş Stream

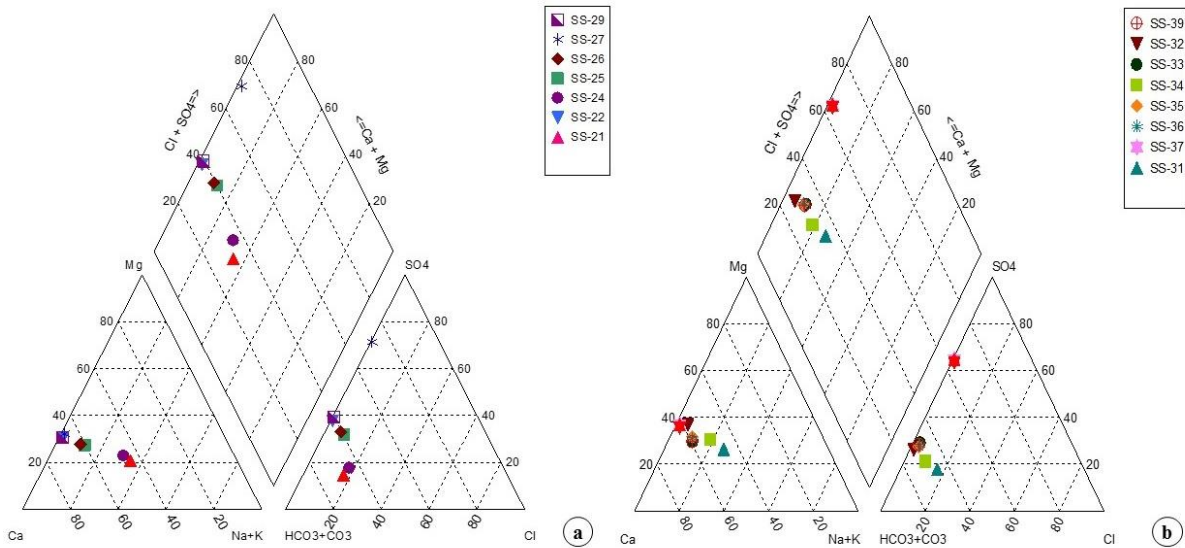
Dönem	Numune Kodu	ESP, %Na	SAR	Toplam Sertlik	TDS	PI	Su Tipi
Kurak	SS-21	32.13	1.843	351.23	758.61	44.33	Ca-Na-HCO ₃
	SS-22	1.36	0.051	335.92	376.32	21.17	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	SS-24	28.59	1.587	369.26	737.28	41.00	Ca-Na-Mg-HCO ₃
	SS-25	11.60	0.496	349.60	474.03	28.74	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	SS-26	9.52	0.393	342.47	458.67	27.48	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	SS-27	1.15	0.059	633.15	766.44	21.69	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	SS-29	1.29	0.048	333.92	385.92	21.76	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	SS-31	47.36	2.816	115.62	481.07	101.67	Ca-Mg-Na-HCO ₃
	SS-32	55.31	2.575	93.04	299.09	102.43	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Yağışlı	SS-33	57.97	3.093	87.21	348.80	106.56	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	SS-34	50.43	2.794	111.80	398.29	96.22	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	SS-35	56.95	2.980	93.38	342.19	124.52	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	SS-36	57.55	3.035	91.12	340.91	105.03	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	SS-37	58.39	3.984	192.29	597.55	79.45	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃
	SS-38	58.44	3.149	87.47	352.43	107.03	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
	SS-39	58.44	3.149	87.47	352.43	107.03	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄

Su analizinde TDS; suda çözülmüş mineral bileşenleri yani toplam çözülmüş katıları oluşturur. Doğal sudaki çözülmüş katıların konsantrasyonu genellikle <500 ppm iken, 500 ppm'den fazla olan su içme ve endüstriyel kullanım için istenmemektedir (Arade, 2021). Yüksek TDS konsantrasyonu insanlar üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir ve suyu tuzlu hale getirir. Çok yüksek veya çok düşük TDS konsantrasyonu, atık su arıtma tesislerinin ve ham su kullanan endüstriyel proseslerin etkinliğini azaltabilir. Sudaki TDS konsantrasyonunun 1000 mg/L'den fazla olması, dağıtım sisteminde, ısıtıcılarda, kazanlarda ve ev aletlerinde kireç birikmesine neden olabilir (Merouche vd., 2020). Bu duruma istinaden, alınan örneklerden Kurak dönem sularının TDS içeriği 385,92 ile 766,44 arasında değiştiği, Yağışlı dönem su örneklerinin ise 299,09-597,55 arasında olduğu görülmektedir. Kurak dönemde, inceleme alanındaki 21, 24 ve 27 numaralı örneklerin TDS içeriği WHO (2011) tarafından önerilen referans değer olan 500'ün üzerinde olduğu belirlenmiştir. Diğer örnekler bu sınır değerinin altında kalmaktadır. Yağışlı dönemde ise sadece 37 numaralı örneğin TDS değeri sınır değerinin üzerindedir (Tablo 4). TDS aralığı, "kabul edilebilir ve adil" bulunmuştur (Tablo 1). Asfaltit gibi hidrokarbon yapıya sahip kömür madenlerinin çevresel etkileri üzerine yapılan çalışmalarda, TDS'nin tipik olarak kömürdeki mineral çözünmesi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişikliklere uğradığı belirtilmektedir (Jiang vd., 2023). TDS değerinin yüksek olması, kömür madenciliğinin yeraltısuyu kimyası üzerindeki etkilerin araştırıldığı diğer çalışmalarda da belirlenmiştir (Howladar vd., 2014; Sahoo & Khaash, 2020; Arade, 2021).

Kurak ve yağışlı dönem kıyaslandığında; mevsimsel değişime bağlı olarak kar sularının erimesi ve artan yağışlar nedeniyle TDS konsantrasyonlarında düşüş olmaktadır.

Sulama suyunun tuzluluğunun ve SAR oranının toprağın fiziksel özellikleri üzerinde etkiye sahip olduğu belirtilmektedir. Sodyumun toprağın fiziksel özellikleri üzerinde belirgin zararlı etkileri vardır ve ayrı olarak tanımlanır. Sulama suundaki çözünür sodyum yüzdesi (ESP, %Na), sodyum tehlikesini değerlendirmek için de kullanılır. ESP değeri yüzde 60'ın üzerinde olan sulama suyu, toprak özellikleri üzerinde zararlı bir etkiye yol açabilecek sodyum birikimine neden olabilir (Merouche vd., 2020). % Na değeri, genellikle sulama sularında %20 ile %80 arasında değişmekte ve bu değer sulamaya uygun olması açısından %60'tan az olması gerekmektedir (Kapdı & Aşık, 2021). İnceleme alanında 8 lokasyondan alınan su numuneleri % Na içeriği Kurak dönem için 1,15-32,13 arasında ve Yağışlı dönem için ise 47,36-58,44 arasındadır. Yağışlı dönemde sodyum içeriğinin artmasının nedeni, Kurak dönemde suyun buharlaşmasıyla toprakta artan Na içeriğinin Yağışlı dönemde çözünmesinden kaynaklanmaktadır. Kurak dönemde, 21 ve 24 numaralı örneklerin %Na içeriği %20-%40 arasında olup "Orta Sodyumlu Sular" sınıfında iken diğer örneklerin %Na içerikleri <20 olduğundan "Düşük Sodyumlu Sular" sınıfındadır. Yağışlı dönemde ise tüm örnek noktaları %40-%80 arasında olup "Yüksek Sodyumlu Sular" sınıfındadır. Sonuç olarak %Na açısından değerlendirildiğinde, sulama suyu için verilen sınır değere çok yakındır. Literatürde, su-kömür etkileşiminin varlığında sudaki Ca^{++} ve Mg^{++} , kömürdeki Na^+ ile iyon değişimi yapabildiği, bunun da sudaki Na^+ konsantrasyonunun artmasına ve Ca^{++} ve Mg^{++} konsantrasyonunun azalmasına neden olduğu belirtilmektedir (Jiang vd., 2023). Bu durumu, Kurak ve Yağışlı dönem iyon konsantrasyonlarındaki değişimlerle görülmektedir (Tablo 2 ve Tablo 3). SAR değerleri kurak dönemde 0,048-1,843 arasında iken yağışlı dönemde 2,575-3,984 arasında değişmektedir. SAR değerine göre ise "çok iyi özellikte sulama suları" sınıfında yer almaktadır. EC ile birlikte sulama suyu kalitesi açısından değerlendirildiğinde; Nerdüş Deresi C2-C3 "Orta Tuzlu-Yüksek Tuzlu Su" sınıfında yer almaktadır. Çok yüksek tuzluluk ve sodyum içeren bu tür suların çok düşük kalitede olduğu düşünülebilir (Tablo 1 ve Tablo 4).

Doneen (1964) tarafından tanımlanan PI, toprak yapısı ve sulama suyu kalitesinin toprak geçirgenliğini azaltabilecek birleşik etkilerini gösterir. Su örnekleri için hesaplanmış olan PI değerleri Kurak dönem için 21,75-44,33 arasında iken Yağışlı dönem için 79,45-124,52 arasındadır. İncelenen Kurak döneme ait su analizleri sonucu PI değerlerine göre "iyi" su sınıfında yer aldığı; Yağışlı dönemi PI değerlerinin ise >75 olduğu ve buna göre "çok iyi" su sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Tablo 1 ve Tablo 4).

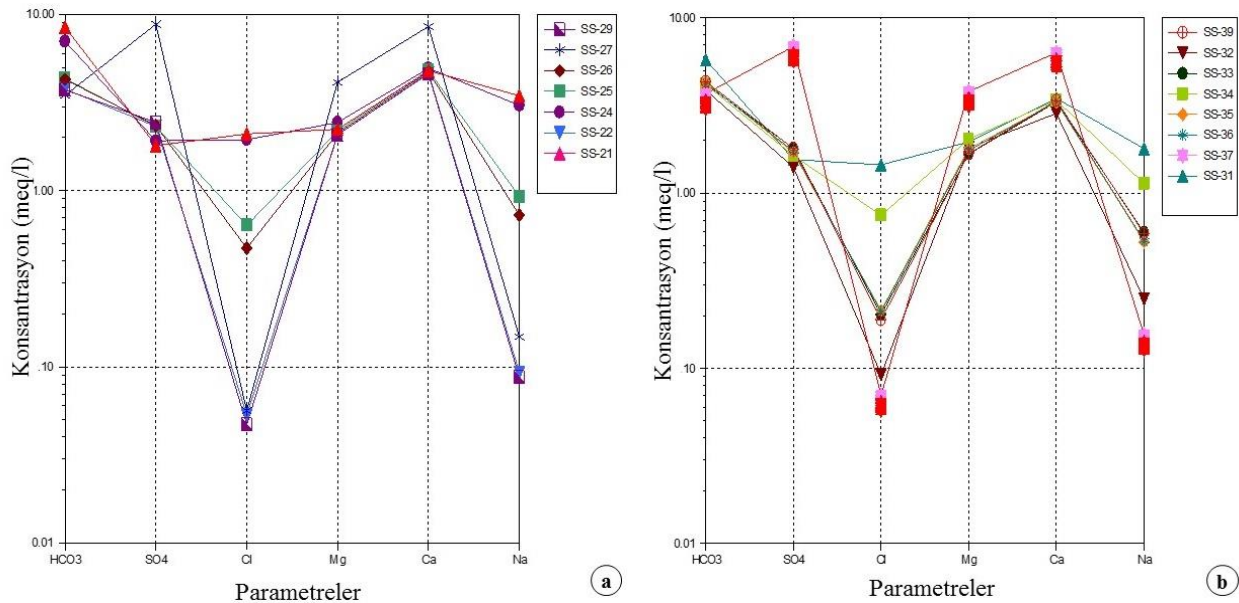


Şekil 4. Nerdüş Deresi örneklerine ait Piper diyagramı: a) Kurak dönem b) Yağışlı dönem
Figure 4. Piper diagram of Nerdüş Stream samples: a) Dry period b) Rainy period

Suların kalitesinin belirlenmesi amacıyla Piper (1944), Schoeller (1938) ve ABD Tuzluluk (Richards, 1954) diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6). Kurak dönemde (Eylül-2021) alınan su numunelerinin, Piper diyagramı değerlendirilmesi sonucunda suların $Ca+Mg > Na+K$ olup, karbonatlı ve sülfatlı sular olduğu ve $HCO_3+CO_3 > Cl+SO_4$ olan sulardan oldukları belirlenmiştir (Şekil 4a). Dolayısıyla

karbonat sertliği, karbonat olmayan sertlikten fazladır ve böyle sular CaCO_3 ve MgCO_3 'lı sular olup, karbonat sertliği %50'den fazla olan sularlardır. Yağışlı dönemde (Mayıs-2022) ise; 37 nolu örnek dışındaki suların $\text{Ca}+\text{Mg}>\text{Na}+\text{K}$ olup, karbonatlı ve sülfatlı sular olduğu ve $\text{HCO}_3+\text{CO}_3>\text{Cl}+\text{SO}_4$ olan suların oldukları belirlenmiştir. Dolayısıyla karbonat sertliği, karbonat olmayan sertlikten fazladır ve böyle sular CaCO_3 ve MgCO_3 'lı sular olup, karbonat sertliği %50'den fazla olan sularlardır. 37 nolu örneği ise $\text{Ca}+\text{Mg}>\text{Na}+\text{K}$ olup, $\text{Cl}+\text{SO}_4>\text{HCO}_3+\text{CO}_3$ 'lı suların olduğu ve böyle sular CaSO_4 ve MgSO_4 'lı sular özelliğindedir (Şekil 4b). Tablo 3 incelendiğinde; Kurak dönemde (Eylül-2021) su yüzeyinde oluşan buharlaşma nedeniyle alınan su örneklerinde Ca ve SO_4 baskın iken; Yağışlı dönemde (Mayıs-2022) alınan su örnekleri yağışlar nedeniyle meydana gelen seyrelmenin etkisiyle su tipinin belirlenmesinde Ca-Mg- HCO_3 - SO_4 baskındır. Bu durum, sahada baskın olan kırıntılı-karbonatlı formasyonların etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 2).

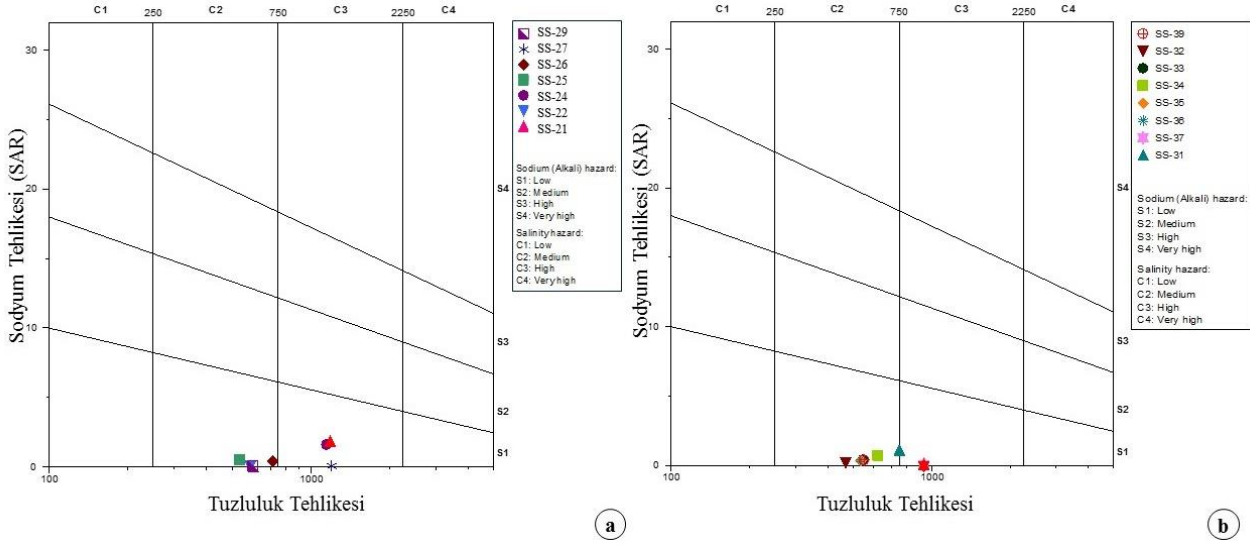
Schoeller diyagramı; yarı logaritmik bir diyagram olup, kırık çizgilerin birbirine paralel olduğu suların genellikle aynı formasyondan gelen sular olduğunu göstermektedir. Bu duruma göre; su örneklerinin kökensel değerlendirilmesi sonucunda örneklerin aynı kökenli oldukları gözlenmekle beraber birbirine benzerlikler sunan 3 grup olacak şekilde kümelendiği belirlenmiştir (Şekil 5a). Bunlardan birincisi, arazinin kuzeydoğu ucunda yer alan kol boyunca örnekleme yapılan ve sırasıyla birbirini takip eden 21/31 ve 24/34 numaralı örneklerdir. Şehir kanalizasyonunun karıştığı noktadan alınan 21/31 numaralı örnekler ile maden pasa sahası ve zuhur alanının hemen kuzeybatısında yer alan 24/34 numaralı örnekler inceleme sahasının element içeriği en yüksek olan örneklerdir. İkinci grup, kurak dönemde arazinin güneyinde yer alan kol boyunca örnekleme yapılan 22, 29 ve 27 (çok az farklılık sunmakta) numaralı örneklerdir. Bu örneklerden 27 numaralı örnek arazinin güneyinde yer alan farklı maden sahasına daha yakın olduğu için aynı dere koluna ait olmasına rağmen daha yüksek değerler içerir. Ancak bu örnekler inceleme alanındaki diğer örnek analizlerine en düşük element içeriğine sahiptirler. Yağışlı dönemde ise 33, 35, 36 ve 39 numaralı örneklerdir. Birinci dönemde bu grupta yer alan 22 ve 27 numaralı örnekler üçüncü grubu oluştururken Kurak dönemde üçüncü grupta yer alan 25 ve 26 numaralı örnekler ikinci gruba dahil olmuştur. İkinci grup örnekleri inceleme alanının yağışlı dönem için orta element içeriğine sahiptirler. Üçüncü grup, Kurak dönemde 26 ve 25 numaralı örneklerdir. Bu örnekler bütün tali kollar birleştikten sonra alınan örnekler olup, element içeriği bakımından ortalama değerlere sahiptir. Yağışlı dönemde ise; 32 ve 37 numaralı örneklerden oluşmaktadır. Bu örnekler dönemin en düşük element içeriğine sahiptirler. Gruplardaki örnek kümelmesi ve örneklerin element içeriklerindeki bu değişim Yağışlı dönem olması sebebiyle derelerdeki su miktarının artarak element içeriğinin seyrelmesi nedeniyle meydana gelmiştir. Birinci grupta yer alan örneklerde değişiklik olmamasının nedeni element içeriğini kontrol eden şehir kanalizasyonunun karışımı ve maden pasa sahasında bir değişiklik olmamasıdır (Şekil 5a ve Şekil 5b).



Şekil 5. Nerdüş Deresi örneklerine ait Schoeller diyagramı a) Kurak dönem b) Yağışlı dönem
Figure 5. Schoeller diagram of Nerdüş Stream samples: a) Dry period b) Rainy period

ABD Tuzluluk diyagramına göre; kurak dönemde 22, 25, 26, 29 numaralı örnekler C2-S1 (orta tuzlulukta ve az sodyumlu su) alanında, 21, 24, 27 numaralı örneklerin ise C3-S1 (yüksek tuzluluk ve az sodyumlu su)

alanında olduğu belirlenmiştir (Şekil 6a). Yağışlı dönemde ise; 37 numaralı örnek C3-S1 (yüksek tuzluluk ve az sodyumlu su) alanında yer alırken diğer örneklerin hepsi C2-S1 (orta tuzlulukta ve az sodyumlu su) alanında olduğu belirlenmiştir (Şekil 6b).

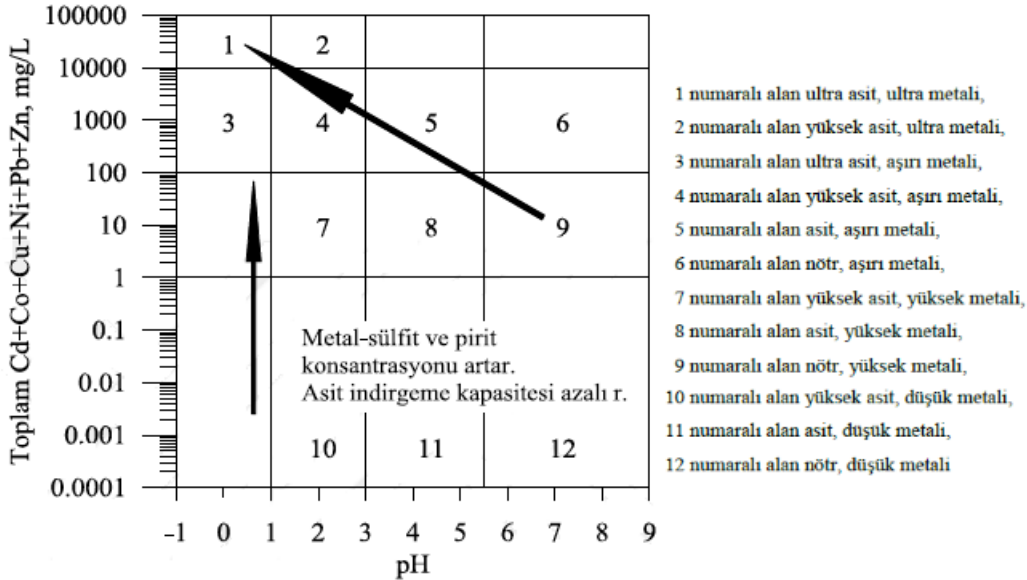


Şekil 6. Nerdüş Deresi'ne ait ABD Tuzluluk diyagramı a) Kurak dönem b) Yağışlı dönem
Figure 6. USA Salinity diagram of Nerdüş Creek a) Dry period b) Rainy period

3.2. Suların metal yüklerinin asitlik derecesi

3.2. Acidity level of metal charges of water

Ficklin vd. (1992) diyagramında, asitlik dereceleriyle metal yükleri arasındaki ilişkiyi belirtmektedir (Şekil 7). Ficklin diyagramında; x ekseninde pH'ı, y ekseninde de toplam Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn (mg/L) konsantrasyonlarını göstermektedir. Diyagramda; x ekseninde değerler azaldıkça ve bununla birlikte y ekseninde değerler arttıkça ortamın metal sülfid ve pirit konsantrasyonunda artış olduğunu iddia etmektedir (Erkan, 2019).

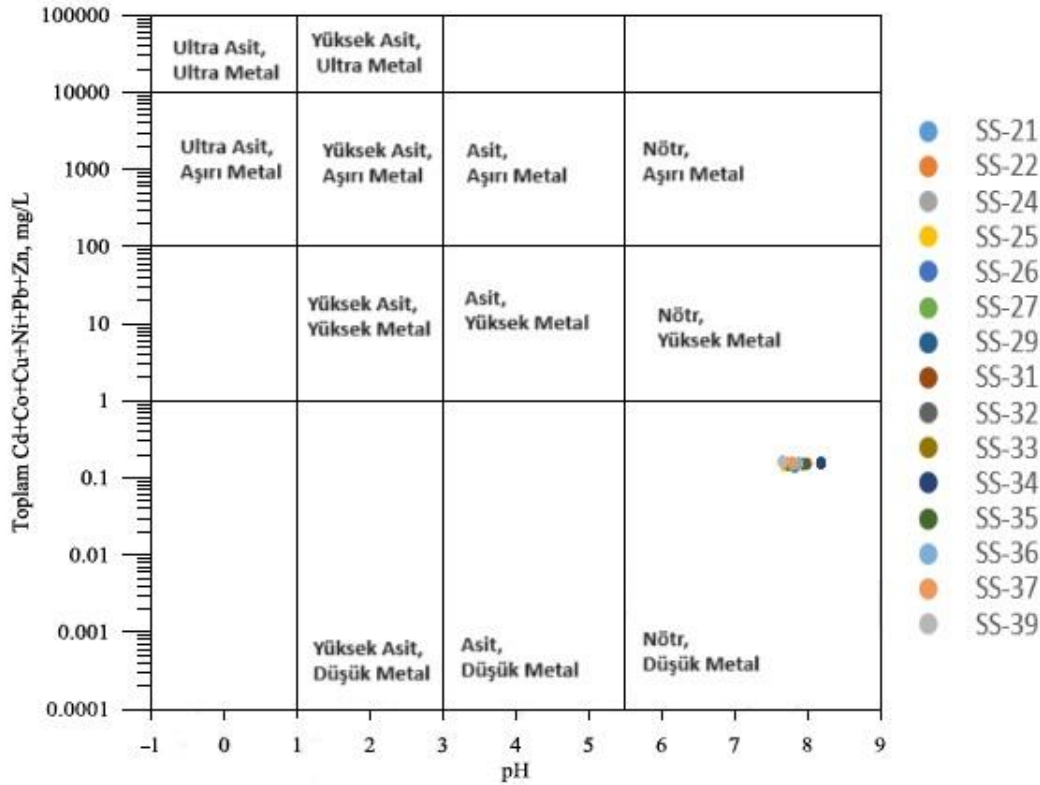


Şekil 7. Ficklin diyagramı (Ficklin vd., 1992).

Figure 7. Ficklin diagram (Ficklin et al., 1992).

Ficklin diyagramı kullanılarak, çalışma alanında mevsimsel değişime bağlı olarak Kurak ve Yağışlı dönemde maden sahasının çevresinden alınan su örneklerinin pH değerlerine bağlı olarak toplam metal içeriği belirlenmiştir. Bu örnekler, nötr ve düşük metal içeriğine sahiptir. Nerdüş Deresi boyunca pH dereceleri 7-9 aralığında yani baziktir. Örnek noktaları arasında nötr ve en düşük metal içeriğine sahip olmasının nedeni

asfaltit madeni yan kayaçlarının kil ve kalsiyum karbonattan oluşan tortul kayaç olan marnlardan oluşmasıdır (Şekil 8).



Şekil 8. Nerdüş Deresi sularının pH değişimine bağlı metal yükleri
Figure 8. Metal charges of Nerdüş Stream due to pH change

4. Sonuçlar

4. Conclusions

Bu çalışmada, Şırnak il merkezinde, birbirine yakın ve benzer jeolojik özelliklere sahip asfaltit madenlerinin yakınından akan Nerdüş Deresi'nden Kurak ve Yağışlı dönemlerde 8 lokasyonda fiziksel parametreler yerinde ölçülmüş, bu noktalardan majör anyon-katyon ve iz element analizleri için örnekler alınmıştır. Çalışmada, dere sularının fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenerek suyun kalitesi ve kullanım amaçlarına göre uygunluklarının yanı sıra maden yataklarının jeolojik formasyonundan kaynaklı su içerisinde oluşabilecek metal yüklerinin asidiklik etkisi de araştırılmıştır.

Nerdüş Deresi'nden alınan su örneklerinin; majör anyon-katyon analiz sonuçları WHO (2011) standartları ve TS-266 (2005)'e göre değerlendirildiğinde, dere suyu örneklerinin içerikleri sınır değerler içerisinde olsa da; Yağışlı dönem potasyum (K) ve kurak dönem sülfat (SO₄) içerikleri açısından değerlendirildiğinde içme suyuna uygun olmadıkları belirlenmiştir.

TDS değerleri, Kurak dönemde 8 lokasyondan 3'ünde standartlarda belirtilen sınır değer (500 mg/L) üzerinde iken diğerleri de sınır değere yakındır. Yağışlı dönemde ise, sadece bir lokasyonda (37 nolu) TDS değeri sınır değerinin üzerindedir. Genel olarak incelenen sular, 300-900 mg/L sınır değerleri aralığında olup "kabul edilebilir ve adil" bulunmuştur. Nerdüş Deresi ve çevresinde yer alan asfaltit madenlerinin jeolojik formasyonlarının etkisiyle TDS değerinin nispeten yüksek olmasının nedeni; literatürde kömür madenciliğinin yeraltı suyu kimyası üzerindeki etkilerin araştırıldığı çalışmalarda madencilik faaliyetleri ve yan kayaçların etkisiyle su-kayaç arasındaki iyon değişimine koşut olarak konsantrasyon artışına bağlı zenginleşmenin veya kirliliğin oluşmasıdır.

Örneklerin tuzluluk durumu %Na açısından değerlendirildiğinde, sulama suyu için verilen sınır değere çok yakındır. SAR değerine göre ise "çok iyi özellikte sulama suları" sınıfında yer almaktadır. EC ile sulama suyu

kalitesi açısından değerlendirildiğinde; Nerdüş Deresi C2-C3 “Orta Tuzlu–Yüksek Tuzlu Su” sınıfında yer almaktadır. Çok yüksek tuzluluk ve sodyum içeren bu tür sularının çok düşük kalitede olduğu düşünülebilir. Ayrıca, İncelenen suların kurak dönemi analizleri sonucu PI değerlerine göre “iyi” su sınıfında yer aldığı; yağışlı dönemi PI değerlerinin ise >75 olduğu ne buna göre “çok iyi” su sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Bu nedenle, Nerdüş Deresi sularının sodyuma karşı hassas olan bitkiler dışındaki bitkilerde tarımsal faaliyetlerde kullanılabilirliğinin mümkün olabileceği belirlenmiştir.

Piper diyagramına göre 37 nolu örnek dışındaki suların $Ca+Mg>Na+K$ olup, karbonatlı ve sülfatlı sular olduğu ve $HCO_3+CO_3>Cl+SO_4$ su tipinde oldukları belirlenmiştir. Dolayısıyla Karbonat sertliği, karbonat olmayan sertlikten fazladır ve böyle sular $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ ’lı sular olup, karbonat sertliği %50’den fazla olan sularlardır. 37 nolu örnek ise $Ca+Mg>Na+K$ olup, $Cl+SO_4>HCO_3+CO_3$ ’lı sulardır. Bu dizilimdeki sular $CaSO_4$ ve $MgSO_4$ ’lı su özelliğindedir.

Schoeller diyagramına göre su örneklerinin aynı kökenli oldukları belirlenmiş olup, birbirine benzerlikler sunan 3 grup olacak şekilde kümelendiği ve bu grupların birinci durum gruplarına benzedikleri belirlenmiştir ABD Tuzluluk diyagramına göre; 37 numaralı örnek C3-S1 (yüksek tuzluluk ve az sodyumlu su) alanında yer alırken diğer örneklerin hepsi C2-S1 (orta tuzlulukta ve az sodyumlu su) alanında olduğu belirlenmiştir.

Son olarak, suların metal yüklerinin asitlik derecesinin incelemesi için alınan su örneklerinin pH değerlerine bağlı olarak toplam metal içeriği karşılaştırılıp örneklerin, nötr ve düşük metal içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, maden sahalarının jeolojisine bağlı olarak asidite oluşmadığını göstermektedir.

Teşekkür / Katkı belirtme

Acknowledgement

Bu araştırma; Şırnak Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğü’nce, 2021.FNAP.06.04.01 numaralı “Şırnak İl Merkezindeki Maden Sahalarının Çevresel Etkilerinin Araştırılması” başlıklı BAP projesi kapsamında desteklenmiştir.

Yazar katkısı

Author contribution

Bu makalenin yazarları çalışmanın planlanması, gerekli hesaplama ve diğer işlemlerin yapılması, yorumlanması ve makalenin hazırlanması aşamalarına birlikte katkı sağlamışlardır.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

References

- Ahdy, H. H., & Khaled, A. (2009). Heavy metal contamination in sediments of the Western Part of Egyptian Mediterranean Sea. *Austrian Journal of Basic Applied Science*, 3(4) 3330-3336.
- Akaryalı E., Gücer M.A., & Alemdağ S. (2018). Atık barajı rezervuarı ve cevher stok alanlarında asit maden drenajı (amd) oluşumunun değerlendirilmesi: Gümüşhane Örneği, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(2), 192-209.
- Alemdağ S., Akayalı E., & Gücer M.A. (2020a). Flotasyon tesis atıklarının asit üretme potansiyeli ve kirliliğin önlenmesi, Gümüşhane, KD Türkiye, *Yerbilimleri*, 41(1), 56-85.

- Alemdağ S., Akaryalı E., & Gücer M.A. (2020b). Prediction of mine drainage generation potential and the prevention method in the Gümüşköy (Kütahya) mineralization area, NW-Turkey. *Journal of Mountain Science*, 17(10), 2387-2404.
- Amrhein, C. (1996). Australian sodic soils: distribution, properties, and management. *Soil Science*, 161, pp412.
- APHA. (1992). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, Washington.
- Arade, S. M. (2021). Variation in total dissolved solids (TDS) of groundwater of Arni Town, District-Yavatmal (Ms) India during period of June 2020-May 2021. *International e-Conference on New Horizons And Multidisciplinary Applications In Science And Technology*, 9, 6, 70-75.
- Baran, H.A., Nalbantçılar, M.T., & Koktan N. (2023). Pollution and health risk assessment of heavy metals in waters around mine sites of Elazığ (Eastern Turkey). *Journal of Mountain Science*, 20(5), 1293-1306.
- Bayrak, Ö., & Aktan, M. (2018). Enerjide kömürün yeri ve Şırnak asfaltit sahaları. Baz, İ., Alp, D., & Bilgin, Ö. (Eds.), *Şırnak Enerji ve Maden Potansiyeli*. 269-301.
- Bosco, M. I., Varrica, D., & Dongarra, G. (2005). Case study: Inorganic pollutants associated with particulate matter from an area near a petrochemical plant. *Environmental Research*, 99, 18-30. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2004.09.011>
- Bulltail, G., & Walter, T. (2020), Impacts of coal resource development on surface water quality in a multi-jurisdictional watershed in the Western United States. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 169, 79-91. <https://doi.org/10.1111/j.1936-704X.2020.03333.x>
- Catrol, D. (1962). Rain water as a chemical agent of geological process: a view. *Water Supply*, 1533: 18-20. <https://doi.org/10.3133/wsp1535G>
- Chen, J., Li, K., Chang, K., Sofia, G., & Tarolli, P. (2015). Open-pit mining geomorphic feature characterization. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 42, 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.05.001>
- Cetin, I., Nalbantçılar, M. T., Tosun, K., & Nazik, A. (2017). How trace element levels of public drinking water affect body composition in Turkey. *Biological Trace Element Research*, 175(2), 263-270. <https://doi.org/10.1007/s12011-016-0779-z>
- Doneen, L. D. (1964). *Notes on water quality in agriculture*. Department of Water Science and Engineering, University of California, Davis: Oakland, CA, USA.
- Er, A., & Şener, Ş. (2023). Alanya (Antalya) alt havzası yeraltısularının hidro-kimyası ve kullanım özelliklerinin incelenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 11(4), 1607 – 1623, <https://doi.org/10.21923/jesd.1397513>
- Erkan, K. (2019). *Harköy (Giresun-Tirebolu) Cu-Pb-Zn maden yatağının çevresel etkileri*. [Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Fırat Ersoy, A., & Hatipoğlu Temizel, E. (2022). Karadere Deresi'nin (Araklı-Trabzon) içme ve sulama suyu amaçlı kullanım uygunluğunun incelenmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*. 8(2): 238-249, <https://doi.org/10.21324/dacd.1005286>
- Evsahıbioğlu, A. N., Çakmak, B., & Aküzüm, A. (2010). Su yönetimi, su kullanım stratejileri ve sınıraşan sular. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi 11-15 Ocak 2010*. Cilt:1, s.119-134, Ankara.
- Ficklin, W. H., Plumlee, G. S., Smith, K. S., & McHugh, J. B. (1992). Geochemical classification of mine drainages and natural drainages in mineralized areas. *Seventh International Symposium on Water-Rock Interaction*, July, Park City, Utah, 381-384.
- Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). *Groundwater*. Prentice Hall, New Jersey, 604 p.

- Gücer M.A., Alemdağ S., & Akaryalı E. (2020). Assessment of acid mine drainage formation using geochemical and static tests in Mutki (Bitlis, SE Turkey) mineralization area. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(7), 1189-1210.
- Gültekin F., & Dilek R. (2005). Gümüşhane yöresi mineralli su kaynaklarının iz element ve radyoaktivite içerikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29, 36-43.
- Howladar, M. F., Deb, P. K., Muzemder, S. H., & Ahmed, M. (2014). Evaluation of water resources around Barapukuria coal mine industrial area, Dinajpur, Bangladesh. *Applied Water Science*, 4, 203-222. <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0207-5>
- İTASHY. (2005). *İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik*. Resmî Gazete Tarihi: 17.02.2005 Resmî Gazete Sayısı: 25730.
- Jiang, B., Zhao, Z., Liu, D., Cao, Z., Tang, J., Wu, M., Zhang, H., Li, P., & Liang, D. (2023). Study on the interaction mechanism between residual coal and mine water in goaf of coal mine underground reservoir. *Sustainability*, 15, 15106. <https://doi.org/10.3390/su152015106>
- Kapdı, E. B., & Aşık, B. B. (2021). Sulama göleti suyunun yüzeysel su kalitesi ve sulama suyu kalitesi açısından değerlendirilmesi; Uşak İli Güllübağ Göleti örneği. *Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 2(1), 52-69.
- Kavaf, N., & Nalbantçılar, M.T. (2007). Assessment of Contamination Characteristics in Waters of the Kütahya Plain Turkey. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 35(6), 585-593.
- Kocaer, F. O., & Başkaya H. S. (2003). Metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde uygulanan teknolojiler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8, 1.
- Köktan, N., Baran, H. A., & Nalbantçılar, M. T. (2019). Elazığ'daki maden sahalarının sulara etkileri, *Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 28 Ocak – 01 Şubat 2019, Ankara.
- Machender, G., Dhakate R., Pransanna, L., & Govil, P. K. (2011). Assessment of heavy metal contamination in soils around Balanagar industrial area, Hyderabad, India. *Environmental Earth Sciences*, 63, 945-953. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0763-4>
- Mansilha, C., Melo, A., Flores, D., Ribeiro, J., Rocha, J. R., & Martins, V. (2021). Irrigation with coal mining effluents: sustainability and water quality considerations (São Pedro da Cova, North Portugal) Catarina. *Water*, 13, 2157. <https://doi.org/10.3390/w13162157>
- Miao, L., Ma, Y., Xu, R., & Yan, W. (2011). Environmental biogeochemical characteristics of rare earth elements in soil and soil grown plants of the Hetai goldfield, Guangdong Province, China. *Environmental Earth Sciences*, 63, 501-511. <https://doi.org/10.1007/s12665-010-0718-9>
- Merouche, A., Selvam, S., Imessaoudene, Y., & Maten, C. N. (2020). Assessment of dam water quality for irrigation in the northeast of catchment Cheliff-Zahrez, Central Algeria, Environment. *Development and Sustainability*, 22:5709–5730. <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00447-9>
- Murakami, M., Fujita, M., Furumai, H., Kasuga, I., ve Kurisu, F. (2009). Sorption behavior of heavy metal species by soakaway sediment receiving urban road runoff from residential and heavily trafficked areas. *Journal of Hazardous Materials*, 164, 707-712. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.08.052>
- MTA (2002). MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, 1/500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları/Cizre
- Nalbantçılar, M. T., & Guzel, A. (2006). Trace element pollution of drinking water supply of Konya Turkey. *Journal Geological Society of India* (68), 1087-1092.
- Nalbantçılar, M. T., & Pinarkara, D. (2015). Impact of industry on ground water contamination a case study in Konya city Turkey. *Global NEST Journal*, 17(4), 796-815. <https://doi.org/10.30955/gnj.001635>
- Nalbantçılar, M. T., & Pinarkara, S. Y. (2016). Public health risk assessment of groundwater contamination in Batman Turkey. *Journal of Water and Health*, 14(4), 650-661. DOI: 10.2166/wh.2016.290
- Omuto, C. T., Vargas, R. R., El Mobarak, A. M, Mohamed, N., Viatkin, K., & Yigini, Y. (2020). *Mapping of salt-affected soils: Technical manual*. Rome, Food and Agriculture Organization. <https://doi.org/10.4060/ca9215en>

- Önder, S., & Dursun, Ş. (2005). Air borne heavy metal pollution of *Cedrus libani* (A. Rich.) in the city centre of Konya (Turkey). *Atmospheric Environment*, 40, 1122-1133. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.11.006>
- Önder, S., Dursun, S., Gezgin, S., & Demirbaş, A. (2007). Determination of heavy metal pollution in grass and soil of city centre green areas (Konya, Turkey). *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(1), 145-154.
- Piper, A. M. (1944). A graphic procedure in geochemical interpretation of water analyses. *American Geophysical Union Transactions*, 25(6), 914-928. <https://doi.org/10.1029/TR025i006p00914>
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Agricultural Handbook 60; United States Department of Agriculture: Washington, DC, USA.
- Rodríguez-Barroso, M. R., Benhamou, Y., El Moumni, B., El Hatimi I., & Garica-Morales, J.L. (2009). Evaluation of metal contamination from north of Morocco: geochemical and statistical approaches. *Environmental Monitoring and Assessment*, 159, 169-181. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0620-z>
- Sawyer, G. N., & McMcarty, D. L. (1967). *Chemistry of sanitary engineers* (2nd ed.), McGraw Hill, New York.
- Sahoo, S., & Khaoash, S., (2020). Impact assessment of coal mining on groundwater chemistry and its quality from Brajrajnagar coal mining area using indexing models. *Journal of Geochemical Exploration*, 215, 106559. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2020.106559>
- Schoeller, H. (1938). Notions sur la corrosion interne des canalisations d'eau. *Annales des Ponts et Chaussées*, 138 (2): 199– 282.
- Semiz Ü., Gücer MA., & Alemdağ S. (2021). Şiran (Gümüşhane) ilçe merkezi su kaynaklarının kalitesi ve hidrojeokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 7(1), 59-74.
- Sipahi F., & Uslu S. (2016). Investigation of the quality and physical-geochemical characteristics of the drinking water in Gümüşhane (Turkey) city central. *Arabian Journal of Geosciences*, 9, 600. doi.org/10.1007/s12517-016-2620-6.
- SKKY. (2009). *Su kirliliği kontrolü yönetmeliği numune alma ve analiz metodları tebliği*, Resmî Gazete Tarihi: 10.10.2009 Resmî Gazete Sayısı: 27372
- Şanlıyüksel Yücel, D., & Yücel, M. A. (2017). Terk edilmiş kömür ocaklarında oluşan maden göllerinin hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve insansız hava aracı ile üç boyutlu modellenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(6), 780-791. <https://dx.doi.org/10.5505/pajes.2016.37431>
- Tahmasebzadeh Bastam, E., & Gültekin, F. (2017). Değirmendere (Trabzon) havzası kaynak sularında su-kayaç etkileşimi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 41, 59-77. DOI 10.24232/jmd.314585
- Todd, D. K. (1960). Salt-water intrusion of coastal aquifers in the United States. *International Association Scientific Hydrology*, Gentbrugge Belgium, 52: 452-461.
- Todd, D. K. (1980). *Groundwater hydrology* (2nd ed.). John Wiley and Sons.
- TS EN ISO 5667. (2007). *Su kalitesi-numune alma-bölüm 3: su numunelerinin muhafaza, taşıma ve depolanması için kılavuz*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- TSE 266. (2005). *Türk içme suyu standardı*. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.
- URL-1 (2024). *Yerbilimleri Harita Görüntüleyici* (mta.gov.tr), Erişim: 23.04.2024
- Yıldız, A., Karaca, M., Biceroglu, S., Nalbantçılar, M. T., Coskun, U., Arik, F., Aliyev, F., Yiginer, O., & Turkoglu C. (2008). Effect of chronic arsenic exposure from drinking waters on the qt interval and transmural dispersion of repolarization. *Journal of International Medical Research*, 36(3), 471-478. <https://doi.org/10.1177/147323000803600311>
- Yaylalı-Abanuz, G., & Tüysüz, N. (2009). Heavy metal contamination of soils and tea plants in the eastern Black Sea region, NE Turkey, *Environmental Earth Science*, 59, 131-144. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0011-y>

- Yaylalı-Abanuz, G., Tüysüz, N., & Akaryalı, E. (2012). Soil geochemical prospection for gold deposit in the Arzular area (NE Turkey), *Journal of Geochemical Exploration*, 112, 107-117. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2011.08.004>
- Yılmaz, C. H., Ayto, H., & Sünbül, M. R. (2021). Evaluation of quality of some well waters used in agricultural irrigation in terms of plant nutrition. *Soil Water Journal*, 10 (2), 94-103. <https://doi.org/10.21657/topraksu.927731>
- WHO. (2011). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed.). World Health Organization, WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, ISBN: 978-924-1548-15-1.
- Wilcox, L. V. (1955). *Classification and use of irrigation waters*. USDA Circular No: 969.