

## Afşin-Elbistan Termik Santrali (Kahramanmaraş) Çevresinin Yüzeysel Sularının Hidrojeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi

Veli KESKİN<sup>1,a</sup>, Sedat TÜRKMEN<sup>2,b</sup>, Ahmet ÖZBEK<sup>3,c</sup>

<sup>1</sup>DSİ 17. Bölge Müdürlüğü, Yeraltıları Şubesi, Van

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana

<sup>3</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

<sup>a</sup>ORCID: 0000-0003-2769-5044; <sup>b</sup>ORCID: 0000-0002-9867-5545; <sup>c</sup>ORCID: 0000-0002-6326-4324

### Makale Bilgileri

Geliş : 14.06.2024

Kabul : 23.12.2024

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1606454

### Sorumlu Yazar

Sedat TÜRKMEN

sturkmen@cu.edu.tr

### Anahtar Kelimeler

Hidrojeokimya

İçme suyu

Su kalitesi

İz element

**Atf şekli:** KESKİN, V., TÜRKMEN, S., ÖZBEK, A., (2024). Afşin-Elbistan Termik Santrali (Kahramanmaraş) Çevresinin Yüzeysel Sularının Hidrojeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(4), 1113-1127.

### ÖZ

Bu çalışma, Akdeniz bölgesinin kuzeydoğusunda yer alan Kahramanmaraş iline bağlı Afşin-Elbistan çevresindeki yüzeysel sularının kalitesi ve iz element kirlilik derecelerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bölgedeki yüzeysel suyu kalitesi, Temmuz 2022'de farklı noktalardan alınan 11 su örneği kullanılarak değerlendirilmiştir. Yerinde yapılan sıcaklık (T), pH, elektriksel iletkenlik (Eİ), toplam çözünmüş madde (TÇM) ölçümleri ile birlikte, kalsiyum (Ca<sup>2+</sup>), magnezyum (Mg<sup>2+</sup>), sodyum (Na<sup>+</sup>), potasyum (K<sup>+</sup>), bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), klorür (Cl<sup>-</sup>) ve nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) ve kükürt (S) olmak üzere 14 fiziksel ve jeokimyasal parametre; spektrofotometre, iyon kromatografisi ve titrasyon yöntemleri kullanılarak ölçülmüştür. İz element derişimlerinin belirlenmesi kapsamında alüminyum (Al), baryum (Ba), demir (Fe), manganez (Mn), nikel (Ni), krom (Cr), civa (Hg) ve titanyum (Ti) gibi iz elementler, İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan su analizleri sonucunda saptanan Al, Fe, Cu, Ba, Mn, Cr, Hg ve Ti gibi elementlere ait yüksek değerlerin, çalışma alanının litolojik özellikleri, tarımsal faaliyetlerin etkisi, yerleşim yerlerinin yakınlığı ve Afşin-Elbistan termik santralının etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla, çalışma alanındaki yüzeysel sularında Al, Fe, Cu, Ba, Zn, Mn, Cr, Hg ve Ti kirliliği mevcut olduğundan bu yüzeysel sularının içilmesinin bölge halkı için sağlık riskleri oluşturma olasılığı mevcuttur.

## Investigation of Hydrogeochemical Characteristics of Surface Waters Around Afşin-Elbistan Thermal Power Plant (Kahramanmaraş)

### Article Info

Received : 14.06.2024

Accepted : 23.12.2024

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1606454

### Corresponding Author

Sedat TÜRKMEN

sturkmen@cu.edu.tr

### Keywords

Hydrogeochemistry

Drinking water

Water quality

Trace element

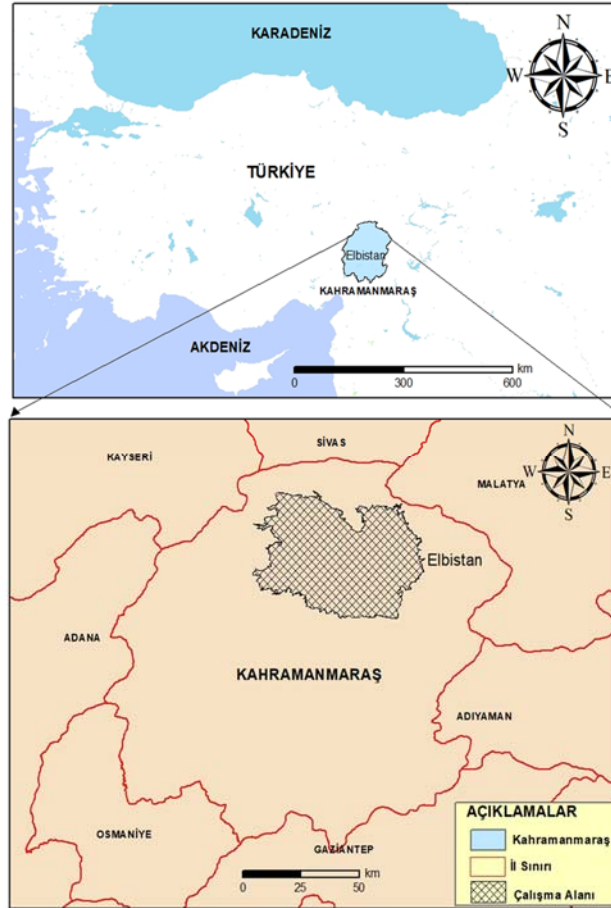
**How to cite:** KESKİN, V., TÜRKMEN, S., ÖZBEK, A., (2024). Afşin-Elbistan Termik Santrali (Kahramanmaraş) Çevresinin Yüzeysel Sularının Hidrojeokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(4), 1113-1127.

### ABSTRACT

This study was conducted to determine the quality of surface waters and the degree of trace element pollution in the Afşin-Elbistan region, located in the northeastern part of the Mediterranean region, within the province of Kahramanmaraş. In addition to in situ measurements of temperature (T), pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), 14 physical and geochemical parameters including calcium (Ca<sup>2+</sup>), magnesium (Mg<sup>2+</sup>), sodium (Na<sup>+</sup>), potassium (K<sup>+</sup>), bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), chloride (Cl<sup>-</sup>) and nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) and sulfur (S) were measured using spectrophotometer, ion chromatography, and titration methods. Trace elements such as aluminum (Al), barium (Ba), iron (Fe), manganese (Mn), nickel (Ni), chromium (Cr), mercury (Hg), and titanium (Ti) were analyzed using Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) to determine their concentrations. The high levels of elements such as Al, Fe, Cu, Ba, Mn, Cr, Hg, and Ti detected in the water analyses are thought to be due to the lithological characteristics of the study area, the influence of agricultural activities, the proximity of settlements, and the impact of the Afşin-Elbistan thermal power plant. Therefore, since pollution of Al, Fe, Cu, Ba, Zn, Mn, Cr, Hg, and Ti is present in the surface waters of the study area, there is a potential risk of health hazards for the local population if these surface waters are consumed.

## 1. GİRİŞ

Yüzeysel suyu; insani tüketim, tarım, hayvancılık ve sanayi gibi çeşitli amaçlar için kullanılan temel kaynaklardan biridir [1]. Aynı zamanda yeraltı sularını besleyen kaynaklar arasında yer alır. Yüzeysel sularının, temizliği ve güvenliği, insan sağlığı ile doğrudan ilişkilidir [2,3]. Birleşmiş Milletler'in (BM) yayınladığı bir rapora göre, dünya genelinde 2,1 milyardan fazla insan güvenli ve temiz içme suyuna erişememektedir [4]. Bu nedenle, su kalitesinin değerlendirilmesi ekolojik açıdan büyük önem taşımaktadır [2,3]. Genel olarak, nüfus artışına bağlı kentleşme ve sanayileşme hem çevreyi hem de su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir [4]. Hızla gelişen sanayileşme ve kentleşmeye bağlı meydana gelen atıklar, organik ve inorganik kirleticiler suya kontrolsüz bir şekilde deşarj edilmekte ve böylece su kirliliği sorunu ortaya çıkmaktadır [6]. Bu nedenle su kimyasındaki değişikliklerin büyük bir kısmı, evsel, endüstriyel ve tarımsal deşarjlar yoluyla meydana gelmektedir. Antropojenik kökenli bu kirliliklerin yanı sıra, madencilik ve ilgili faaliyetler de su kirliliğine neden olmakta ve su kaynaklarının kalitesini ve miktarını tehdit etmektedir. Su kaynaklarında yüksek derişimlere ulaşan iz elementlerin varlığı ve sucul sistemlerdeki dağılımı, son yıllarda artış göstermiş ve bu artışlar büyük bir soruna dönüşmüştür. Bu sorunlara genellikle toksik ve doğal ortamda kalıcı olan metaller veya yarı metaller neden olmaktadır. [6]. Su ve çevre kirliliği, ekosistemlerdeki toksikolojik önemi ve halk sağlığı üzerindeki etkileri nedeniyle bölgesel, yerel ve küresel ölçekte en önemli sorunlardan biridir [7]. İçme sularındaki kirleticiler, insan vücudunda biyolojik olarak birikebildikleri için kanser türleri ve diğer sağlık bozucu riskleri tetikleyebilmekte ve dolayısıyla canlıların sağlığı açısından tehdit oluşturmaktadırlar [8]. İz elementler, atom ağırlığı 63,546 ile 200,590 arasında değişen ve özgül ağırlığı 4,0'dan büyük elementlerdir [9]. Suda koloidal, partikül ve çözünmüş fazlarda bulunabilirler [10]. Bu elementlerin su kaynaklarında bulunma nedenleri doğal ya da antropojenik kökenli olabilmektedir. İz elementlerin canlı vücuduna alınması, metalin niteliğine ve miktarına bağlı olarak çeşitli semptomlara ve ciddi sağlık etkilerine neden olmaktadır [11,12]. Ayrıca, maden ocakları ve maden işleme atıkları, mevcut kirleticilerin sudaki derişimlerini önemli ölçüde değiştirmektedir. Bu nedenle, sudaki iz element kirliliğinin periyodik olarak izlenmesi büyük bir gerekliliktir [13].



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Çalışma alanı olan Elbistan bölgesindeki yüzey suları gerek madencilik faaliyetleri gerekse de tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan çeşitli toksik atıklara maruz kalmaktadır. Maden işletiminden kaynaklanan atık sular ile yerleşim yerlerinden gelen evsel atık suların büyük bir kısmı herhangi bir arıtma işlemi uygulanmadan yüzeysel akış sistemlerine deşarj edilmektedir. Bölgenin en önemli akarsuyu olan Ceyhan Nehri; Söğütlü, Hurman, Göksun, Mağara Gözü, Fırınz, Tekir, Körsulu ve Aksu çayları tarafından beslenmektedir. Bölgede uzun yıllardır su buharı ile elektrik üretimi yapan Çöllolar Termik Santrali'nin yakıt atıkları, çevredeki cevherleşme alanları ve işletim tesisleri, Ceyhan Nehri ve onu besleyen yan kollarını oluşturan akarsuları olumsuz yönde etkilemektedir. Elbistan bölgesinin en önemli geçim kaynağının tarım ve hayvancılık olduğu düşünülürken, bölgedeki yüzey suları oldukça önem kazanmaktadır. Aynı zamanda, iyi kalitedeki suların tespiti ve korunması hem ekolojik denge hem de bölge halkının sağlığı açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu doğrultuda, Kahramanmaraş ilinin Elbistan ilçesinde yapılan bu çalışmada (Şekil 1), bölge yüzey sularının kalitesi ve iz element derişimlerinin maruziyet sonucunda yaratabileceği olası riskleri araştırmayı amaçlamıştır.

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Materyal

#### 2.1. Çalışma Alanı

#### 2.1. Bölgenin Jeolojisi

Çalışma alanı ve yakın çevresinde, Paleozoyik'ten-Kuvaterner'e kadar oluşmuş, birbirinden farklı özellikler gösteren allokon birimler bulunmaktadır. Elbistan bölgesinde yapılan bu çalışmada, bölge jeolojisinin tanımlanmasında [14] tarafından hazırlanan jeoloji raporundan faydalanılmıştır.

Çalışma alanı ve çevresindeki jeolojik yapı, Torid-Anatolid Bloğu'nu oluşturan, neotektonik dönem öncesine ait çökeller ile bu çökellerin üzerinde yer alan havza dolgusundan oluşmaktadır. Çalışma alanının kuzeybatı (KB) bölgesinde, Ahmetçik formasyonu olarak adlandırılan kömür içeren Pliyosen çökeller konumlanmıştır. Bu birimlerin üzerine ise Kuvaterner çökelleri gelmektedir. Geç Jura-Kretase yaşlı Kömürhan Ofiyolitleri, bölgedeki Geç Kretase yaşlı Dağlıca Karışığı üzerinde tektonik dokanakla yer almaktadır. Bu birimlerin üzerine ise yine tektonik dokanakla Bodrum Napı gelmektedir. Çoğunluğunu metamorfik kayaların oluşturduğu Bodrum Napı'nın üzerine Geç Permiyen-Geç Kretase yaşlı çökellerden oluşmuş Gülbahar Napı gelmektedir. Gülbahar Napı'nı ise orta Triyas-Geç Kretase yaşlı çökellerden oluşan Köseyahya Napı üzerlemektedir. Bu napların üzerinde Paleosen-Eosen-Miyosen yaşlı örtü birimleri yer alırken, stratigrafinin üst düzeyinde ise kömür içeren Pliyosen yaşlı Ahmetçik formasyonu yer almaktadır. Akarsu ve göl çökellerinden oluşan bu birimin üzerine ise Kuvaterner yaşlı, farklı boyut ve şekilli yamaç molozları, alüvyon yelpazeleri ve genç alüvyon çökelleri gelmektedir (Şekil 2). Çalışma alanı ve yakın çevresindeki temel kaya birimleri sekiz temel formasyon adı altında incelenmiştir. Bu formasyonlar:

#### Yoncayolu formasyonu

Rekristalize kireçtaşı, dolomit, kalkşist, şist ve kuvarsit araldanmasından oluşan Yoncayolu formasyonun tabanında metakirintüliler yer almaktadır. Bu birimler üzerine ise çoğunlukla seyrek şist ara seviyeli dolomit, dolomitik kireçtaşı ve rekristalize kireçtaşları gelmektedir. Şistler koyu yeşil, kurşuni gri, mavimsi, sarımsı ve yeşil renkte olup, oldukça kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Ayrıca, bu kayalar ince-orta yapraklanmalı bir doku göstermektedir [14].

#### Çayderesi formasyonu

İlk olarak Özgül tarafından Çayderesi Kireçtaşı olarak tanımlanan bu birim, bölgede Kuşkayası, Karahüyük ve Karagöz dolaylarında yüzeylenmektedir. Çayderesi formasyonu, genel olarak şist, kalkşist ara katmalı dolomitik kireçtaşı, rekristalize kireçtaşı ve mermerlerden meydana gelmiştir [14].

#### Karaböğürtlen formasyonu

Karagözün güneyinde yüzeyleyen bu formasyonun alt düzeyleri başlıca rekristalize kireçtaşı, çörtlü mermer ve dolomit araldanmasından oluşurken, üst düzeyleri breşik kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Çörtlü

mermerler genellikle gri, beyaz renkli, çok kalın, orta kalınlıkta ve düzenli tabakalanmalı bir yapıya sahiptir. Şekersî dokuları ile dikkat çeken bu kayalar, bol eklemlidir [14].

### Köseyahya (Domuzdağ) Napı

Çalışma alanının kuzeydoğusunda, yer alan Köseyahya Formasyonu, genel olarak kireçtaşı ve mermerden (Mzk) oluşmaktadır. Bu formasyon, Küçükkişla ve Kışlaköy arasında kalan bölgelerde ve Kalaycık Köyü'nün kuzeybatısında yüzeilenmektedir. Geç Kampaniyen-Geç Maastrichtiyen yaşlı Kemaliye formasyonu tarafından açılal uyumsuzlukla üzerlenen Köseyahya Napı, ayrıca Pliyo-Kuvaterner yaşlı Ahmetçik Formasyonu tarafından açılal uyumsuz olarak örtülmektedir. Köseyahya Napı, Lütesiyen ve Geç Miyosen hareketleriyle Kemaliye formasyonu üzerine tektonik dokanakla gelmektedir [14].

### Kemaliye formasyonu

Munzur Dağları ve çevresinde yapılan çalışmalarla Kemaliye formasyonu olarak tanımlanan bu formasyon, çalışma alanında Kışlaköy'ün kuzeyinde ve Kalaycık'ın doğusunda gözlenmektedir. Formasyonun alt düzeylerinde filiş, üst düzeyleri ise vahşi filiş özelliği gösteren, farklı yaşta ve türde blok ile tektonik dilimler içermektedir [15].

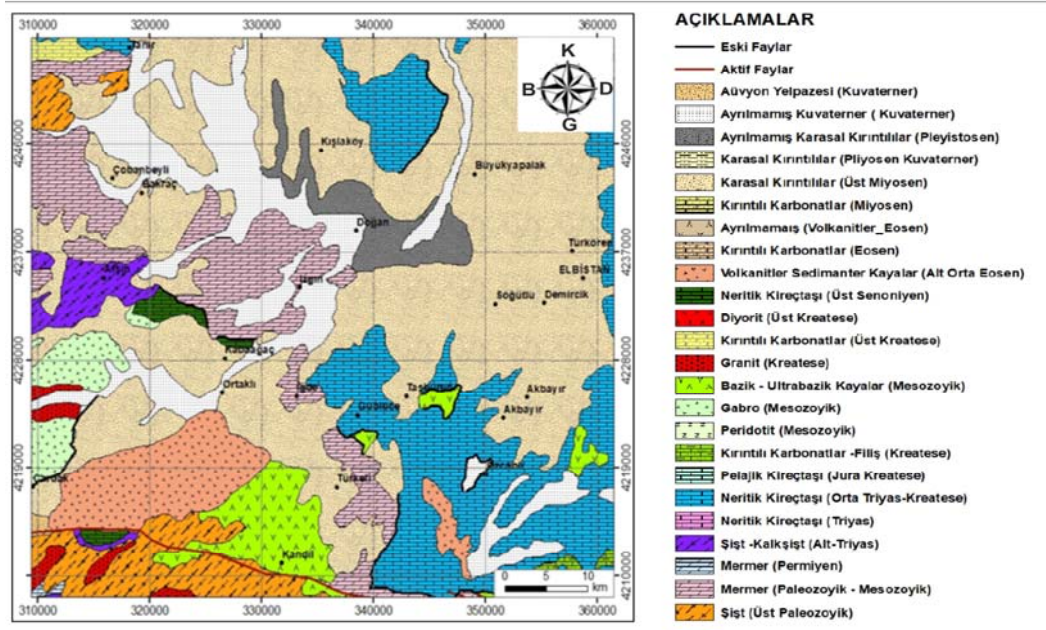
Formasyonun tabanında yer alan filiş istifi her zaman yüzeilenmemektedir. Daha yaşlı birimler üzerine formasyonun daha iri taneli bölümü doğrudan gelmektedir. Kemaliye formasyonu içindeki kiltası, silttaşı, marnlarda bulunan nanoplankton ve planktonik foraminiferler, bu birimin yaşını Geç Kampaniyen-Geç Maastrichtiyen olarak belirlemiştir [14].

### Ahmetçik formasyonu

Ahmetçik formasyonunun alt birimlerini, Afşin-Elbistan Havzasındaki kömürlü göl çökelleri oluşturmakta ve bu birimlerin üzerine ise akarsu çökelleri gelmektedir [14]. Formasyonunun alt birimini, linyit içeren göl çökelleri oluşturmaktadır. Çöllolar Termik Santrali için açılal kömür ocağında, taban kiltası, silt, marn, silttaşı ve çamurtaşı ara bantlı kalın bir kömür seviyesi ile başlamaktadır. Daha alt seviyelerde ise Ahmetçik formasyonunun taban konglomeraları görülmektedir [16].

### Alüvyon

Çalışma alanında mevsimsel akarsu debilerine bağılı olarak çökelişini sürdüren farklı boyut ve özellikteki alüvyonlar, genellikle tutturulmamış çakıl, kum, silt, kil ve çamurdan oluşmaktadır. Kalın alüvyon birikimlerinin oluşmasında en önemli rolü, bölgenin yüksek kesimlerinden kaynağını alan Hurman Çayı oynamaktadır [14].



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası [17]



### 2.1.1.2. Bölgenin Hidrolojisi

Karasal iklim özelliği gösteren Elbistan, yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Bu durum, bölge yüzey sularının debilerinin değişkenlik göstermesine neden olmaktadır. Maraş/Elbistan bulunduğu konum gereği hem Akdeniz hem de karasal iklimin özelliklerini yansıtmaktadır. Bölgenin en önemli akarsuyu Ceyhan Nehri'dir. Bölge akiferini besleyen bu nehrin en önemli kolları Söğütlü, Hurman, Göksun, Mağara Gözü, Fırınz, Tekir, Körsulu ve Aksu çaylarıdır. Bölgedeki su kaynakları, depolama deşarj sistemleri dikkate alındığında akifer türünün serbest akifer özelliği taşıdığı görülmektedir. Çalışma alanının yüksek kesimlerinde yer alan farklı yaş ve özellikteki kireçtaşı formasyonları, yüzey suyu kaynakları ve bölge akiferi için önemli birer hazne kayaları olma özelliği taşımaktadır.

### 2.2. Metot

Çalışma alanı olarak belirlenen Elbistan ilçesi ve yakın çevresinde bulunan yüzey sularından, 2022 yılı Temmuz ayında uygun görülen kesimlerden toplam 11 adet su örneği alınmıştır. Numune alma işlemi için daha önceden saf su ile yıkanmış iki adet 250 ml'lik polietilen şişe, her örnek noktasında üç kez numune alınacak suyla yıkanmıştır. Alınan su numunelerinin ilki, anyon / katyon analizleri için, ikinci numune ise iz element analizi için kullanılmıştır. Örnekler, Millipore filtrasyon ünitesi ve filtre kâğıdı ile filtrelenmiştir. İz element analizleri için alınan numunelere, pH < 2 olacak şekilde 6 N ultra saf nitrik asit ilave edilmiştir [18]. Sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EI), Toplam Çözünmüş Madde (TÇM) ve pH parametreleri, Hanna HI 8334 ve Antech PC Testr 35 Eutech cihazları kullanılarak yerinde belirlenmiştir. Anyon/katyon analizleri için alınan su numuneleri, iyon kromatografisi ve spektrofotometre yöntemleriyle, bikarbonat/karbonat ve klorür analizleri titrasyon yöntemleriyle ve iz element (Al, Ba, Cr, Fe, Mn, Ni, Hg, Ti ve S) derişimleri ise ICP-OES (İndüktif Olarak Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi) yöntemiyle Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Laboratuvarı ve Çukurova Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda (ÇÜMERLAB) yapılmıştır. Anyon / katyon analizleri sonucu elde edilen veriler kullanılarak, bölge yüzey sularının fiziksel özellikleri belirlenmiştir.

### Sertlik

Sertlik, suların en önemli iyon özelliklerinden biri olup, başta kalsiyum, magnezyum ve bikarbonat iyonları olmak üzere, Ca-Mg SO<sub>4</sub>, Ca-Mg nitrat ve +2 veya daha yüksek değeriğe sahip metal katyonlarından (Sr<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>) ileri gelmektedir. Sertlik ölçümlerinde farklı ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır. Genel olarak, suların sertlik derecelerini belirtmek için Fransız Sertlik Derecesi (°F) kullanılmaktadır. Kalsiyumlu ve magnezyum bikarbonattan oluşmuş sertlik, geçici sertlik olarak kabul edilirken, bu özellik dışındaki tuzların etkisi ile meydana gelmiş sertliğe daimî sertlik denir. Geçici sertliğin giderilmesi amacıyla su kaynatılarak, CaCO<sub>3</sub> ve MgCO<sub>3</sub> çökeltilir. Geçici sertlik ve kalıcı sertlik toplamından toplam sertlik değeri elde edilir [19]. Yapılan bu çalışmada, Fransız sertlik sınıflaması kullanılmıştır. 1 Fransız sertliği, 10 mg/L CaCO<sub>3</sub>'e karşılık gelen sertlik verici tuz iyonunun meydana getirdiği sertliğe karşılık gelmektedir ve aşağıdaki formül ile hesaplanır [18].

$$F = [(CaO + MgO)]/10 \quad (1)$$

$$CaO = Ca^x(100/56)$$

$$MgO = Mg^x(40/24)$$

Burada, Ca ve Mg analiz sonucu elde edilen derişimlerdir.

**Çizelge 1.** Fransız sertlik sınıflaması [17]

Sertlik sınıfı (°F)	Referans aralığı
Çok yumuşak	0 – 7,2
Yumuşak	7,2 – 14,5
Az sert	14,5 – 21,5
Oldukça sert	21,5 – 32,5
Sert	32,5 – 54,0
Çok sert sular	> 54

### Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)

Sudaki hidrojen konsantrasyonu, pH değeri ile ifade edilir ve pH, hidrojen iyonu aktivitesinin negatif logaritması olarak tanımlanır [18].

### Elektriksel İletkenlik (EI)

Elektriksel İletkenlik, suların elektrik akımını iletebilme kapasitesini ifade eden bir parametre olup, bir çözeltideki çözünmüş iyonların konsantrasyonunun bir göstergesidir. Çoğunlukla mikroSiemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) birimi kullanılarak ölçümler yapılır [18].

### Sodyum İyon Yüzdesi (%Na)

Sodyum iyon yüzdesi %50'den küçük olan yüzeysel suları, tarımsal sulama için uygun sulardır. Sulama suları için kullanılacak sulardaki sodyum yüzdesi, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır [18].

$$\%Na = (rNa + rK + rCa + rMg) \times 100 \quad (2)$$

### Schoeller İçilebilirlik Sınıflaması

Schoeller içilebilirlik diyagramı, yeraltı ve yüzeysel sularının kalitesini analiz etmek için kullanılan hidrojeokimyasal bir yöntemdir. Bu diyagram, suyun içilebilirliği ve kullanım uygunluğunun değerlendirilmesi amacıyla suların iyonik bileşimlerini görselleştirmek için kullanılır (Şekil 8). Su örneklerinin ana katyon ve anyonlarına ait konsantrasyonlar logaritmik ölçekli bir grafik üzerinde gösterilir. Oluşturulan bu grafik yardımıyla, farklı kökenli suların içerikleri görsel olarak karşılaştırılabilir. Diyagramda sodyum ( $\text{Na}^+$ ), potasyum ( $\text{K}^+$ ), kalsiyum ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnezyum ( $\text{Mg}^{2+}$ ), bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), ve klor ( $\text{Cl}^-$ ) gibi iyonlar kullanılır.

### Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)

Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), sulama suları ve toprak içerisindeki iyon konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılan önemli bir parametredir. SAR, sodyum iyonunun toprakta değişim reaksiyonlarındaki aktifliğini ifade eder. Bu oran, sodyum iyonlarının toprak yüzeylerine adsorbe olma eğilimini gösterir ve tarımsal sulama için suyun uygunluğunu değerlendirmede kullanılır. SAR, aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$\text{SAR} = \text{Na} / \sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})/2} \quad (3)$$

Belirlenen SAR değerlerine göre sular sulama suyu açısından Çizelge 2'ye göre sınıflandırılır [18].

**Çizelge 2.** Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) sınıflama sistemi

Sulama Suyu Sınıfı	S1	S2	S3	S4
(SAR)	Çok iyi	İyi	Kullanılabilir	Kullanılmaz
	0-10	10-18	18-26	26

## 3. BULGULAR

### 3.1. Hidrojeokimya

Çalışma alanında yapılan hidrojeokimyasal değerlendirmeler sonucunda, su kaynaklarında ölçülen sertlik değerlerinin 9,00-21,75 °F arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre, genel olarak bölgedeki yüzeysel suları yumuşak su sınıfında yer almaktadır. Bölge sularının yumuşak su sınıfında bulunması, kullanım açısından bazı avantajlar sunmaktadır. Yumuşak sular hem içme suyu hem de tarımsal ve endüstriyel kullanım için genellikle daha uygun olarak değerlendirilmektedir. Ancak, sertlik değerlerinin düşük olması, minerallerin yetersiz olduğu anlamına da gelebilir ve bu, insan tüketimi veya bitki gelişimi açısından dikkatle değerlendirilmelidir [18].

Çalışma alanında yapılan yerinde ölçümler sonucunda, bölgedeki yüzey sularının pH değerlerinin 7'nin üzerinde olduğu ve bu nedenle bazik karakterli sular sınıfına girdiği belirlenmiştir (Şekil 3). Elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri ise 335-688  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arasında değişmektedir (Şekil 3). Özellikle kuzeybatı kesiminden ve bölge sularının birleşim noktalarından alınan su örneklerinde (7, 8, 9, 10 ve 11 nolu) Eİ değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanının batısına nispeten doğusunda Eİ değerleri daha düşük değerdedir. Çalışma alanındaki su kaynaklarına ait Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) değerlerinin 0,04-1,27 arasında değiştiği ve bütün suların sınıfının ise S1 "çok iyi sulama suyu" olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma alanı yüzey sularında florür ( $\text{F}^-$ ) derişimlerinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Bu sonuçlar, bölge yüzey sularının fizikokimyasal özelliklerinin hem tarımsal sulama hem de su kalitesi açısından genel olarak iyi durumda olduğunu göstermektedir.

Yüzey sularındaki fosfat derişimlerinin 23,32 ile 83,67  $\mu\text{g}/\text{L}$  (ppb) aralığında değişmekte olup, en yüksek derişim 10 nolu yüzey suyu örneğinde tespit edilmiştir. Bu örnekleme noktasının, bölge sularının birleşim noktası olduğu göz önüne alındığında, yüksek fosfat derişimlerinin tarımsal gübre, yem, gıda, deterjan atıkları ve endüstriyel kimyasalların birikiminden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Şekil 5). Bölgedeki kükürt derişimlerinin ise 5,35 ile 38,15  $\text{mg}/\text{L}$  arasında değiştiği ve özellikle 1, 4, 6, 7 ve 10 nolu örnekleme noktalarında yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 5). 1 ve 4 nolu örnekleme noktaları, Ceyhan Nehri'nin kaynak noktası ve Söğütlü Deresi'ni temsil etmekte olup bu bölgelerdeki şehirleşmenin yoğunluğu dikkat çekmektedir. Bu durum, evsel atıklar (örneğin odun, kömür gibi yakıt kalıntıları) ile petrol türevi atıkların, kükürt derişimlerinin artışında önemli bir kökensel etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, bölgedeki fosfat ve kükürt kirliliğinin büyük ölçüde insan faaliyetlerinden kaynaklandığı ve yerleşim, tarım, endüstriyel etkilerin su kalitesi üzerinde belirleyici olduğu ortaya konulmuştur. Genel olarak analiz sonuçları değerlendirildiğinde, bölgede üretim yapan ve enerji kaynağı olarak kömür kullanan termik santrale yakın olan, aynı zamanda işletim faaliyetlerinde su kaynağı olarak kullanılan yüzey sularından alınan 7 nolu su örneğinin kükürt (S) derişimlerinin, kömürleşme ortamındaki kükürt oluşumları, kömür külü atıkları ve zirai ilaçlamalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Öte yandan, 10 nolu su örneğinin kükürt derişiminin artışı, bu su kaynağının bölge yüzey sularının büyük bir kısmının birleşim noktasından alınması ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 5). Bu derişim artışında yukarıda sayılan kirleticilerin tamamının etkili olduğu düşünülmektedir. Bu bulgular, bölgedeki termik santral ve çevresel insan faaliyetlerinin, yüzey sularındaki kükürt kirliliği üzerinde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Çalışma alanındaki yüzey suları, SAR sınıflamasına göre suların sodyum yüzdesi %18,38 - 25,02 arasında değişmekte olup, bu değerlerle sular "çok iyi su" sınıfında yer almaktadır. Analiz edilen yüzey suyu iyon konsantrasyon verileri ve bu veriler ile elde edilen diyagramlar incelendiğinde; anyon sıralamasının genel olarak  $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$  şeklinde, katyon sıralamasının ise  $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$  şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Yüzey suyu örneklerinin kalsiyum ( $\text{Ca}^{2+}$ ) değerleri 43,33 ile 96,67  $\text{mg}/\text{L}$  arasında değişmektedir. Kalsiyum değerlerinin diğer katyonlara göre daha yüksek olduğu ve inceleme alanının kuzey ile kuzeydoğu bölgelerinde yüksek derişimlere ulaştığı gözlemlenmiştir. Özellikle Söğütlü Deresi ve Ceyhan Nehri'nin kaynak kısmından çıkan su kaynaklarının birleşim noktasından alınan 4 nolu su örneğinde, en yüksek kalsiyum derişimi tespit edilmiştir (Şekil 4). Akarsuyun üzerinden aktığı kayaçların mineralojik/kimyasal etkileşim, suların kalsiyum açısından zenginleşmesine neden olabilmektedir [20]. Bölgedeki karbonat kökenli litolojik birimler ile etkileşim, suların  $\text{Ca}^{2+}$  açısından zenginleşmesine neden olmuştur.

Magnezyum derişimleri 8,34 ile 26,93  $\text{mg}/\text{L}$  aralığında değişmektedir. En yüksek Mg derişimi  $\text{Mg} + \text{CaCO}_3$  kökenli litolojilerle ilişkilendirilen 4 nolu su örneğinde tespit edilmiştir (Şekil 4). Yüzey suyu örneklerinin sodyum değerleri 2,6 ile 16,17  $\text{mg}/\text{L}$ , klorür değerleri 3,2 ile 23,81  $\text{mg}/\text{L}$  arasında değişiklik göstermektedir. Yüksek sodyum ( $\text{Na}^+$ ) ve klorür ( $\text{Cl}^-$ ) derişimlerinde yine 4 nolu su örneğinde gözlenmiştir. Bu su örneğinin (4 nolu) alındığı Söğütlü Deresi ve Ceyhan Nehri'nin kaynak kısımları incelendiğinde litolojik olarak karbonatlı birimlerin baskın olduğu görülmektedir. Sodyum ve klorür iyonlarına ait derişimlerin bölgedeki Orta Triyas-Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarının içerisinde oluşmuş eski deniz yatağı tuzlarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Şekil 4). Ayrıca, bu iyonların derişimleri, tarımsal sulamada kullanılan gübrelerden, yerleşim yerlerindeki evsel atıklardan ve endüstriyel atıklarından da etkilenebilmektedir. Potasyum ( $\text{K}^+$ ) derişimleri ise 0,65 ile 2,76  $\text{mg}/\text{L}$  arasında değişmekte olup, en yüksek potasyum derişimi 10 nolu su örneğinde tespit edilmiştir. Bu noktanın çevresinde potasyum derişimlerinin, endüstriyel, evsel, tarımsal ve litolojik kökenli etkileşimlere bağlı olarak artış gösterdiği düşünülmektedir (Şekil 4). Bu

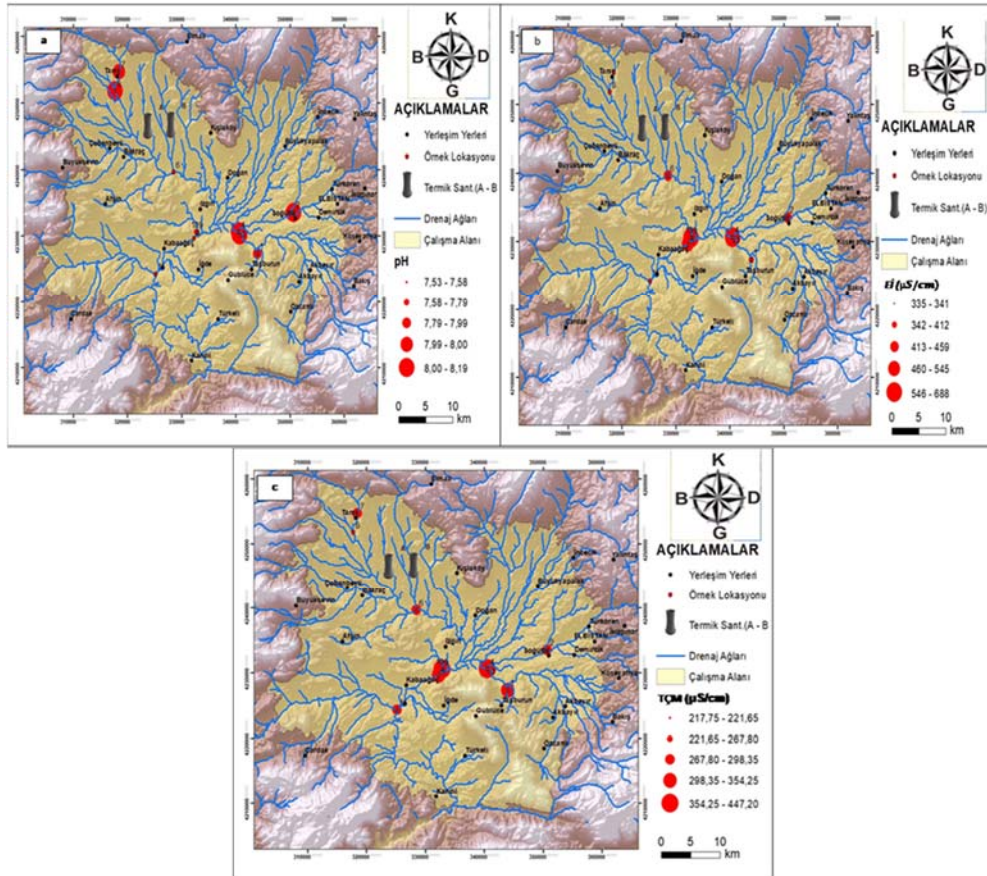
analizler, çalışma alanındaki yüzeysel suların iyonik kompozisyonunun bölgenin jeolojik yapısı ve insan faaliyetlerinden önemli ölçüde etkilendiğini ortaya koymaktadır

Yüzeysel suların bikarbonat değerleri 112,87 ile 269,64 mg/L arasında değişirken, karbonat değerleri 0 ile 48 mg/L arasında değişmektedir (Şekil 4). Çalışma alanının doğu ve güneydoğu kısmında yaygın olarak gözlenen Orta Triyas–Kretase yaşlı neritik kireçtaşları içerisinde bulunan yüzey suyu örneklerinde bikarbonat derişimleri diğer bölgelere göre nispeten daha yüksek bulunmuştur. Yüzeysel suların sülfat derişimleri ise 17 ile 109 mg/L aralığında değiştiği görülmektedir (Şekil 4). Bölgede yüzey sularındaki nitrat derişimleri 17,37-161,33 mg/L arasında, nitrit derişimleri ise 0,14 ile 0,99 mg/L aralığında değişmektedir. Özellikle tarım arazileri ve yerleşim yerleri içerisinde bulunan veya yakın çevresinde yapılan yüzey suyu örneklemelerinde, diğer alanlara göre yüksek derişimlerde sülfat ve nitratın tarımsal gübrelerle evsel ve endüstriyel atıkların yüzey sularına karışmasından kaynaklandığını düşündürmektedir (Şekil 5).

**Çizelge 3.** Yüzeysel su kaynaklarının fiziksel özellikleri ve iyon derişim değerleri

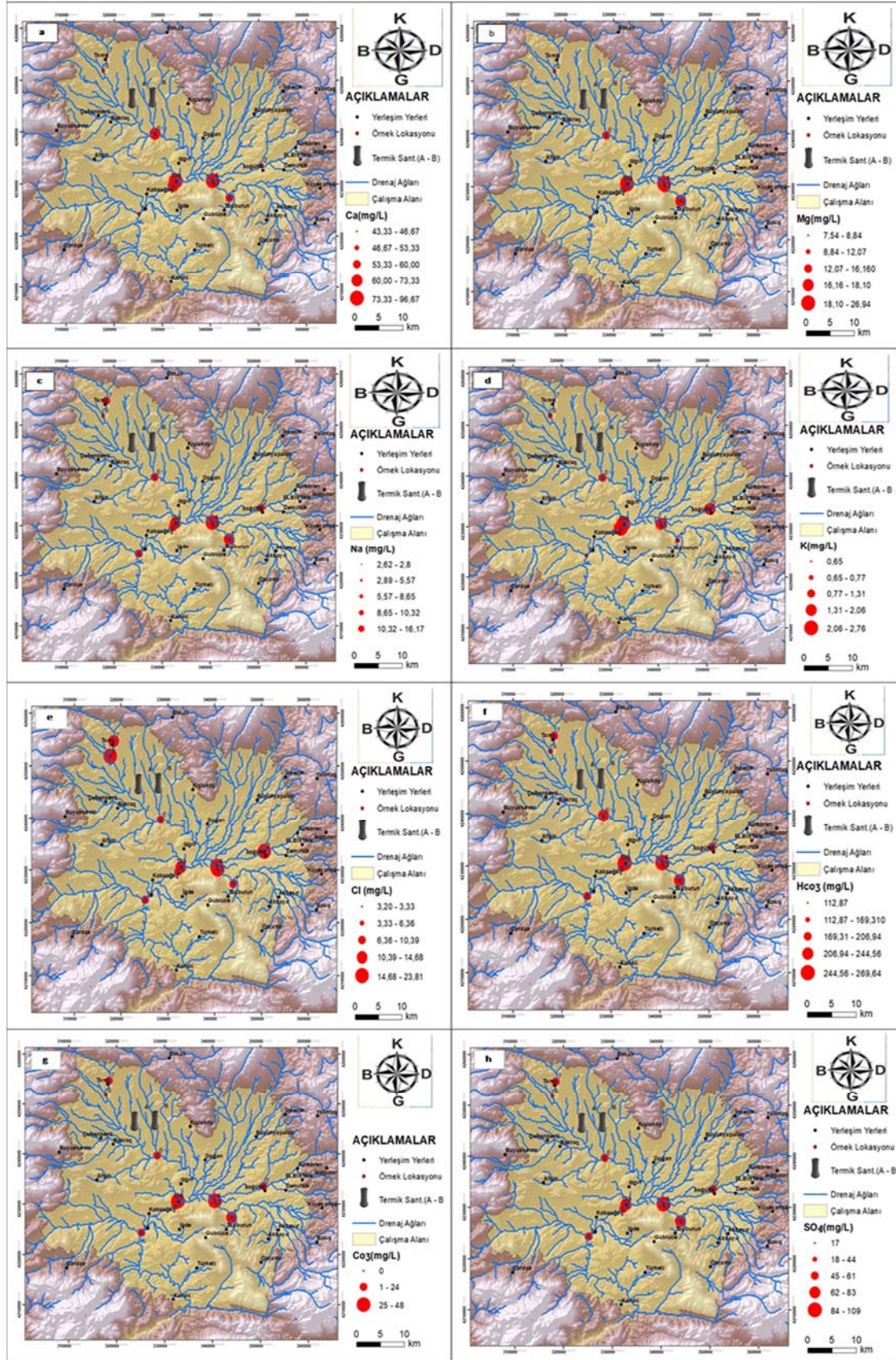
No	T °C	pH	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	HCO <sub>3</sub> (mg/L)	Cl (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	NO <sub>3</sub> (mg/L)	S (µg/L)	PO <sub>4</sub> (µg/L)
1	18,1	7,99	390	253,5	60,00	18,10	2,62	0,75	200,67	3,33	83	52,69	29,05	23,32
2	17,9	8,14	459	298,4	53,33	8,84	8,65	1,60	163,04	8,36	56	65,63	19,6	39,83
3	15,3	8,11	412	267,8	60,00	18,10	2,89	0,71	206,94	3,20	44	53,71	15,4	45,6
4	16,1	8,12	664	431,6	96,67	26,94	16,17	2,06	269,64	23,81	109	161,33	38,15	52,69
5	17,3	7,58	520	338	68,33	14,22	10,32	2,38	150,50	10,39	61	80,51	21,35	83,67
6	13,8	7,53	440	286	73,33	15,09	5,57	1,19	244,56	8,01	57	65,85	19,95	80,6
7	16,4	8	335	217,8	43,33	7,76	4,27	0,65	112,87	6,36	50	20,24	17,5	83,6
8	16,9	8,19	341	221,7	46,67	7,54	4,34	0,73	156,77	5,59	17	17,37	5,95	50,45
9	15,7	7,75	530	344,5	60,00	12,07	6,68	1,31	169,31	8,04	42	65,31	14,7	63,8
10	15,9	7,72	688	447,2	86,67	23,49	7,43	2,76	269,64	14,68	77	119,24	26,95	71,3
11	14,8	7,79	545	354,3	68,33	16,16	8,26	1,80	263,37	9,96	59	80,61	20,65	74,36
*	25	6,5-9,5	2500	-	-	50	200	-	250	250	50	50	-	-
**	-	6,5-9,5	-	-	-	-	200	-	250	250	50	45	-	-

\*ITHASY(2005), \*\* WHO(2008); standart değerleri



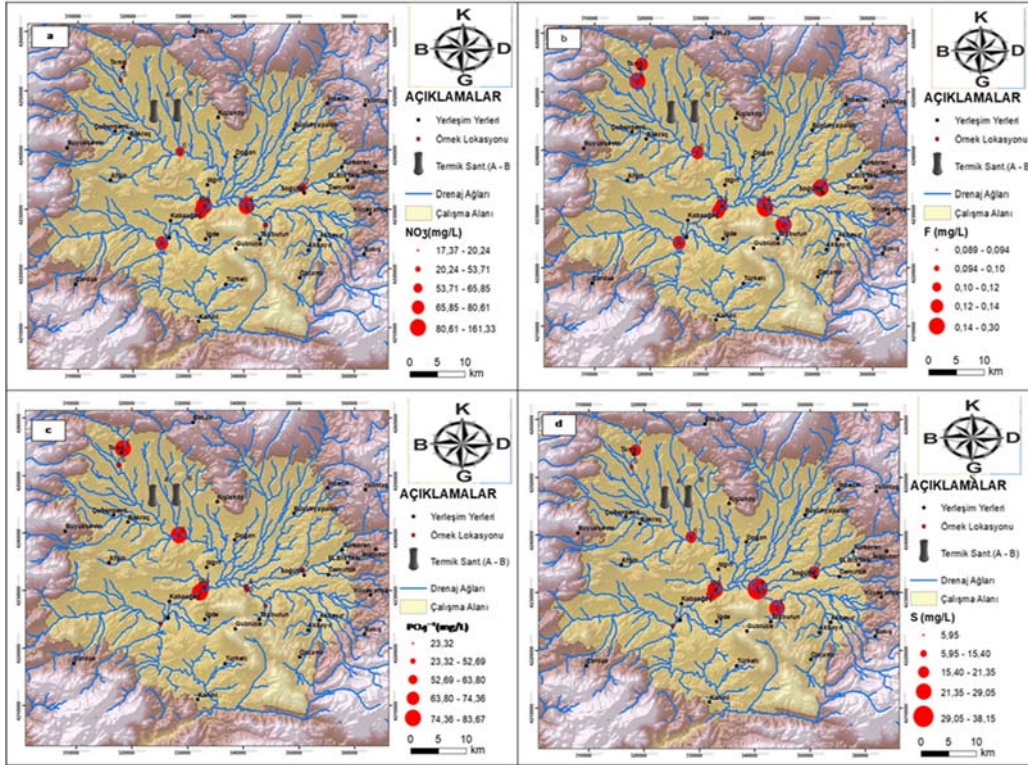
**Şekil 3.** Akarsuların fiziksel parametrelerinin değişimi: (a) pH, (b) elektriksel iletkenlik, (c) toplam çözülmüş madde (TÇM)





Şekil 4. Akarsuların majör katyon derişimlerinin değışimi: (a) kalsiyum, (b) magnezyum, (c) sodyum, (d) potasyum, (e) klor, (f) bikarbonat, (g) karbonat ve (h) sülfat

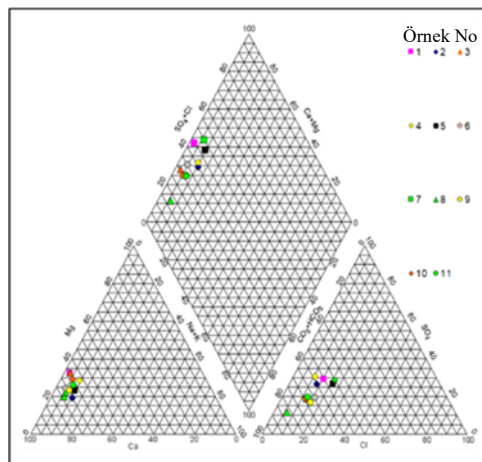




Şekil 5. Akarsuların majör anyon derişimlerinin değışimi: (a) nitrat, (b) flor, (c) fosfat ve (d) kükürt

### 3.1.1. Suların Piper Diyagramına Göre Sınıflandırılması

Piper diyagramında [21] iyon konsantrasyonları, yüzde meq/L cinsinden ifade edilmektedir. Çalışma alanı yüzeY suları, anyon ve katyon içerikleri temel alınarak Piper diyagramında buldukları su fasiyeslerinde belirlenmiştir. Çalışma alanındaki yüzeY sularını temsil eden su örnekleriyle yapılan analiz sonuçları Piper diyagramı üzerinde gösterildiğinde (Şekil 6) hâkim katyonun kalsiyum ( $Ca^{+2}$ ), hâkim anyonun ise  $HCO_3^- + CO_3^{2-}$  olduğu ve su örneklerinin tamamının ( $Ca-HCO_3$ ) su fasiyesinde olduğu tespit edilmiştir. Su kaynaklarındaki  $Ca^{+2}$  ve  $HCO_3^- + CO_3^{2-}$  kaynağının bölgede konumlanmış farklı yaşlardaki karbonatlı birimler olduğu düşünülmektedir. Özellikle çalışma alanının doğu ve güneydoğusunda konumlanmış neritik kireçtaşları, su fasiyesinin şekillenmesinde etkili olmuştur.



Şekil 6. İncelenen yüzeY sularının Piper diyagramında sınıflandırılması [20]

### 3.1.2. Suların İçme Suyu Olarak Kullanılabilirliği

Genel olarak, su kaynaklarının içme suyu olarak kullanılabilirliği için suların berrak, kokusuz, renksiz ve sağlığa zarar verebilecek mikrobiyolojik ve kimyasal kirleticiler içermemesi gerekmektedir. Bunun dışında,

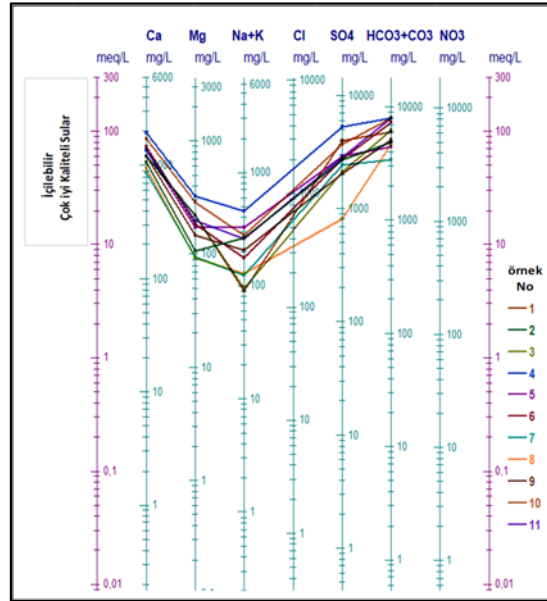
suların insan sağlığı için gerekli olan mineralleri yeterli miktarda barındırması oldukça önemlidir. İçme sularındaki kirleticiler (iz elementler, vb.) kısa ve uzun vadede ciddi sağlık problemlerine yol açabilmektedir. Bu nedenle, içme suyu kriterleri için ulusal ve uluslararası birçok standart hazırlanmıştır. Yapılan bu çalışmada, suların içme suyu olarak kullanılabilirliğini değerlendirmek için İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (İTASHY) [22] ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) hazırlamış olduğu [23] limit değerler dikkate alınmıştır. Limit değeri aşan örnek derişimleri, sonuçlar bölümünde detaylandırılmıştır (Çizelge 3 ve 4).

Çalışma alanındaki yüzey sularına ait (2022 yılı) analiz sonuçları bu standartlara göre değerlendirildiğinde, bölge yüzey sularında genel olarak iz element derişim değerlerinin yüksek olduğu ve sağlık açısından risk oluşturabileceği düşünülmektedir. Özellikle civa (Hg), mangan (Mn), nikel (Ni) ve titanyum (Ti) gibi kanserojen etkileri bulunan iz elementlerin insan maruziyeti ve riskleri göz önüne alındığında, analizleri yapılan suların birçoğunun insani tüketim amaçlı kullanıldığında ciddi sorunlar doğuracağı düşünülmektedir (Çizelge 4).

### 3.1.3. Suların Schoeller Diyagramına Göre İçilebilirlik Özellikleri

Schoeller diyagramı, suların içilebilirlik özellikleri hakkında sınıflama yapmayı da sağlamaktadır. Diyagramda, sulara ait EI, sertlik,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  ve  $\text{SO}_4^{2-}$  gibi farklı parametreler kullanılmaktadır. Diyagramda yapılan sınıflamaya göre sular; içilemeyen, zorunlu olmadıkça içilemeyen ve içilebilir sular olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. İçilebilir kalite ve özellikte olan sular ise, kalite özelliklerine göre kötü kaliteli, orta kaliteli, iyi kaliteli ve çok iyi kaliteli sular olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 7).

Yapılan bu çalışmada, bölge sularının tamamının, Schoeller İçilebilirlik diyagramına göre “çok iyi kaliteli sular” sınıfında olduğu belirlenmiştir [19].

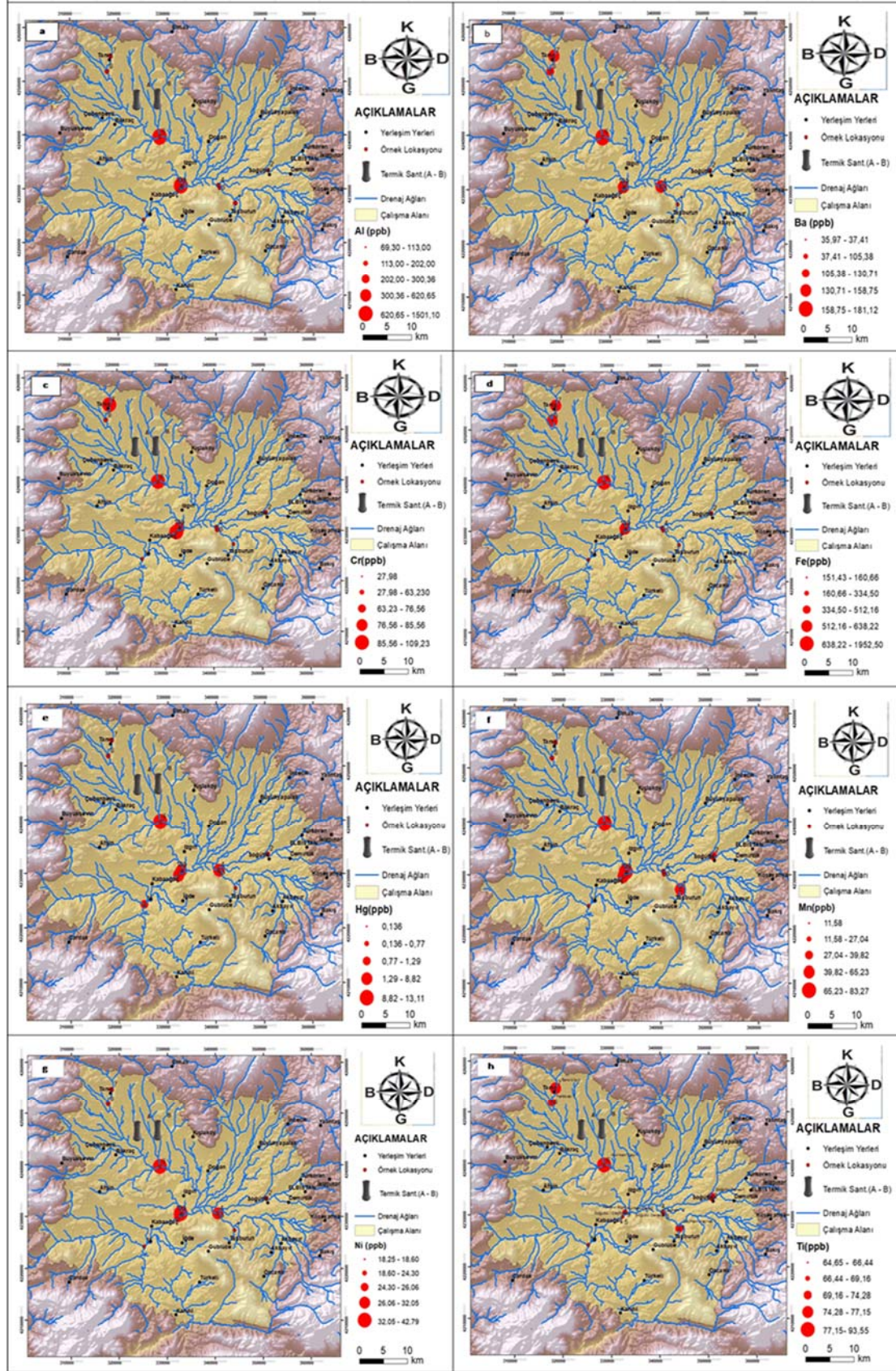


Şekil 7 Schoeller içilebilirlik diyagramı [19]

### 3.1.4. Yüzey Sularının İz Element Derişimleri

Elbistan ilçesi Çöllolar termik santrali çevresinde bulunan Ceyhan Nehri, Söğütlü Deresi, Human Çayı, Tanır, Izgın, Karasu dereleri ve bu derelerin birleştiği noktalarından alınan 11 su örneğinde yapılan Al, Ba, Cr, Fe, Mn, Ni, Hg ve Ti analiz sonuçları CBS ortamında haritalanarak Şekil 8'de sunulmuştur. Genel olarak su kaynaklarında iz element derişimlerini etkileyen en önemli fiziksel parametre pH'tır. İz element derişimleri asidik sularda daha yüksek olmaktadır. Bölge yüzey sularında yapılan ölçümlere göre pH değerlerinin 7,5 ile 8,20 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bölge yüzey suları, genellikle bazik karakterlidir. İnceleme alanındaki suların iz element derişimleri, bölgedeki termik santral kurulum bölgesine, yerleşim yeri dağılımına, tarım alanlarına, diğer endüstri tesislerine ve bölgenin jeolojisine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Şekil 8, Çizelge 4).







Çizelge 4. İz element derişim değerleri

No	Al	Ba (ppb)	Cr (ppb)	Fe (ppb)	Mn (ppb)	Ni (ppb)	Hg (ppb)	Ti (ppb)
1	140	17,986	27,98	151,43	0,60	18,25	0,136	32,16
2	113	51,325	47,80	310,16	39,81	23,64	0,496	36,32
3	69,3	18,705	54,72	160,66	0,270	18,60	1,185	33,6
4	150	79,373	63,23	328,64	22,43	32,05	7,685	33,6
5	180	52,689	100,41	334,50	65,23	26,06	8,506	33,9
6	1487	90,558	108,98	1952,45	83,27	42,79	13,11	47,63
7	202	74,586	100,32	621,47	19,95	24,30	0,75	38,63
8	172,4	65,353	60,54	579,35	19,63	23,69	0,77	37,9
9	1501,1	76,152	76,56	411,61	11,57	29,30	8,82	32,61
10	620,65	126,884	85,56	638,22	72,37	40,49	8,02	32,38
11	300,36	76,908	109,23	512,16	60,15	30,44	1,29	34,89
*	200	-	50	50	50	20	1	-
⊛	-	-	50	400	50	70	10	-

\*ITHASY (2005), ⊛WHO (2008)

Al, Ba, Cr, Fe, Mn, Ni, Hg ve Ti analiz sonuçları ile yapılan derişim dağılım haritaları incelendiğinde, yüksek derişimler genel olarak bölgedeki termik santral çevresinde akış gösteren yüzey sularından alınan örneklerinde (6, 7, 9 ve 10 nolu örnekler) tespit edilmiştir. Yüzey sularında tespit edilen yüksek iz element derişimlerinin, bölgede enerji üretimi yapan termik santral atıkları, enerji kaynağı olarak kullanılan kömürler, kömür içi cevherleşmeler, kömür külü ve gaz emisyonlarının su ile etkileşimine bağı olarak meydana geldiği düşünülmektedir. Ayrıca, yerleşim yeri yakınından geçen kaynakların antropojenik kökenli olarak kirlendiği, tarım alanları ve çevresindeki derişim yoğunluklarının ise tarımsal verim artırıcı gübreler ve zirai ilaçlamalardan ileri geldiği düşünülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışma kapsamında, Kahramanmaraş ilinin Elbistan ilçesinde yer alan 11 farklı yüzey suyu kaynağında pH, elektriksel iletkenlik (EI), toplam çözünmüş madde (TÇM) ve sıcaklık gibi fiziksel parametreler ölçülerek, majör anyon-kasyon ve iz element analizleri ile suların fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Yapılan pH sınıflamasına göre, bölge sularının bazik karakterde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, suların genel olarak alkali özellik gösterdiğini ve pH değerinin 7'nin üzerinde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, hidrokimyasal fasiyes tipinin Ca-HCO<sub>3</sub> olduğu belirlenmiştir. Yani bölge suları, kalsiyum iyonları (Ca<sup>2+</sup>) ve bikarbonat iyonları (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) açısından baskın bir bileşime sahiptir. Bu da, suların kalsiyum ve bikarbonat iyonları bakımından zengin olduğunu ortaya koymaktadır.

Yapılan analizler sonucunda, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) içme suyu standartlarına göre değerlendirme yapılmıştır. Analizler, bikarbonat iyonunun 4, 10 ve 11 nolu su örneklerinde standart değeri aşarken, 1, 3 ve 6 nolu örneklerde ise ilgili referans değere yakın derişimlere ulaşmıştır. Bu sonuçlar, bazı örneklerde bikarbonat konsantrasyonunun kabul edilebilir sınırların üzerinde olduğunu, ancak diğer örneklerin su kalitesinin referans değerlerine yakın olduğunu göstermektedir.

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte belirtilen sulama suyu sınıflamasına göre, nitratın 7, 8 ve 9 nolu su örneklerinde ilgili standartları aştığı tespit edilmiştir. Bu durum, bu örneklerde nitrat konsantrasyonunun, sulama suyu için kabul edilen maksimum sınırları geçtiğini gösterir. Nitrat seviyelerinin yüksek olması, suyun tarımsal sulama için uygunluğunu etkileyebilir ve toprağa zarar verebilir.

Piper diyagramı kullanılarak yapılan sınıflandırmada, tüm su örneklerinde baskın kationun kalsiyum (Ca<sup>2+</sup>), baskın anyonun ise bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, bölgedeki yüzey sularının, genellikle "Kalsiyum Bikarbonat tipi" su fasiyesini temsil ettiğini ortaya koymaktadır. Bu tip sular, tarımsal sulama ve içme suyu kullanımı için yaygın olarak karşılaşılan bir su bileşimine sahiptir ve suların pH ve mineral içerik bakımından genellikle daha alkali ve saf olduğu anlamına gelir.

Çalışma alanındaki yüzeysel sularının iz element derişimleri, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik (ITHASY) kapsamında değerlendirildiğinde; alüminyum (Al) derişimleri 6, 7, 9, 10 ve 11 nolu su örneklerinde, krom (Cr) derişimleri 1, 2 ve 3 nolu su örnekleri haricindeki tüm örneklerde, demir (Fe) derişimleri 1 nolu örnek dışındaki tüm örneklerde, mangan (Mn) derişimleri 5, 6 ve 11 nolu örneklerde, nikel (Ni) derişimleri 1 ve 3 nolu örnekler haricindeki tüm örneklerde, civa (Hg) derişimleri ise 3, 4, 5, 6, 9, 10 ve 11 nolu örneklerde sınır değerleri aşmıştır. İz element analiz sonuçları, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) içme suları için tavsiye ettiği sınır değerlere göre değerlendirildiğinde ise Cr elementi 2 nolu örnek hariç tüm örneklerde, Fe elementi 6, 7, 8, 9, 10 ve 11 nolu örneklerde, Mn elementi 5, 6, 10 ve 11 nolu örneklerde, Hg elementi 4, 5, 6, 9, 10 nolu örneklerde limit değerleri aşmıştır. Nikel derişimlerinin ise 1 ve 3 nolu örnek haricindeki tüm örneklerde sınır değerini aştığı belirlenmiştir.

Bölgedeki iz element derişimlerinde görülen artışların, çeşitli çevresel etmenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. İz element derişimlerinde görülen (Al, Cr, Fe, Mn, Ni ve Hg) artışların; bölgedeki termik santral atıkları, kömür ve kömüre bağlı oluşan atıklar (kül, gaz ve baca partikülleri), bölgede yapılan tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübreler, zirai ilaçlar ve kömürle yapılan enerji üretim atıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çalışma alanının doğu ve güneydoğusunda tespit edilen Al, Cr, Fe, Mn, Ni ve Hg derişimlerinin kökeninin ise yerleşim yerleri içindeki alanlarda, sanayi atıkları, motorlu taşıt ve evsel atıkların, yerleşim yerleri dışındaki alanlarda ise tarımsal atıklarla birlikte litolojik etkileşime bağlı arttığı düşünülmektedir.

Bu sonuçlar, bölgedeki yüzeysel sularının bazı iz elementler açısından aşırı derişimlere sahip olduğunu ve potansiyel olarak suyun içme suyu olarak kullanılabilirliğini etkileyeceğini göstermektedir. Bu tür kirleticilerin uzun vadede sağlık sorunlarına yol açabileceği için, suyun artırılması ve iz elementlerin kontrol edilmesi önemlidir. Analiz yapılan diğer iz elementler (örneğin titanyum (Ti)) içinse WHO ve ITHASY tarafından belirlenen bir sınır değeri bulunmamaktadır.

## 5. KAYNAKLAR

1. Aghazadeh, N., Moghaddam, A.A., 2011. Investigation of hydrochemical characteristics of groundwater in the Harzandat aquifer, Northwest of Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176, 183-195.
2. Famiglietti, J.S., 2014. Groundwater depletion the world over poses a far greater threat to global water security than is currently acknowledged. *Nature Climate Change*, 4, 945-948.
3. Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M.F., Van Beek, L.P., 2012. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature*, 488, 197-200.
4. UNICEF Strategic Plan (Annual Results Report), 2017. [www.unicef.org/publicpartnerships/66662\\_66851.html](http://www.unicef.org/publicpartnerships/66662_66851.html), unicef.org>. Erişim tarihi: 12.12.2020, Ankara.
5. Singh, K.P., Malik, A., Sinha, S., 2005. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques- a case study. *Analytica Chimica Acta*, 538(1-2), 355-374.
6. Wang, Z., Su, Q., Wang, S., Gao, Z., Liu, J., 2021. Spatial distribution and health risk assessment of dissolved heavy metals in groundwater of eastern china coastal zone. *Environmental Pollution*, 290, 118016.
7. Rizwan, U., Riffat, N.M., Quadir, A., 2009. Assessment of groundwater contamination in an industrial city, Sialkot, Pakistan. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 3, 429-446.
8. Chowdhury, S., Jafar Mazunder, M.A., Al-Attas, O., Husain, T., 2016. Heavy metals in drinking water: Occurrences, implications and future needs in developing countries. *Science of the Total Environment*, 569-570, 476-488.
9. Momodu, M.A., Anyakora, C.A., 2010. Heavy metal contamination of ground water: The Surulere Case study. *Research Journal Environmental and Earth Sciences*, 2, 39-43.
10. Adepoju-Bello, A.A., Ojomolade, O.O., Ayoola, G.A., Coker, H.A.B., 2009. Quantitative analysis of some toxic metals in domestic water obtained from Lagos metropolis. *The Nigeria Journal of Pharmacy*, 42(1), 57-60.
11. Adepoju-Bello, A.A., Alabi, O.M., 2005. Heavy metals: A review. *The Nigeria Journal of Pharmacy*, 37, 41-45.
12. Khoshnam, S.E., William, W., Maryam, F., Yaghoob, F., Hadi, F.M., 2017. Pathogenic mechanisms following ischemic stroke. *Neurological Sciences*, 38(7), 1167-1186.

13. Karmakar, B., Singh, M.K., Choudhary, B.K., Singh, S.K., Egbueri, J.C., Gautam, S.K., Rawat, K.S., 2021. Investigation of the hydrogeochemistry, groundwater quality, and associated health risks in industrialized regions of Tripura, northeast India. *Environmental Forensics*, 24(5-6), 285-306.
14. Maliqi, E., Jusufi, K., Singh, S.K., 2020. Assessment and spatial mapping of groundwater parameters using metal pollution indices, graphical methods, and geoinformatics, with analytical chemistry letters. *Analytical Chemistry Letters*, 10(2),152-180.
15. MTA Genel Müdürlüğü, 2009. Malatya-Elbistan dolayımın tektono-stratigrafik özellikleri. Rapor no, 11150, Ankara
16. Özgül, N., 1976. Toroslar'ın bazı temel jeoloji özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 19, 65-78.
17. MTA Genel Müdürlüğü, 2002. 1:100.000 ölçekli, L37 ve L38 paftası jeoloji haritası. Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
18. Şahinci, A., 1991. Doğal suların jeokimyası (1. Baskı). Türkiye, Reform Matbaası, İzmir.
19. Schoeller, H., 1955. *Geochemie des eaux souterraines*. Revue De L'institute Francois Du Petrole, 10, 230-44
20. Hem, J.D., 1985. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water U.S. U.S Geological Survey Water-Supply Paper, 2254.
21. Piper, A.M., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. *Transactions of American Geophysical Union*, 25, 914-923.
22. İTHASY, 2005. İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik. Resmî Gazete, 17.02.2005 No. 25730, Ankara.
23. World Health Organization (WHO), 2022. Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>. Erişim tarihi: 30.10.2022, Adana.

