

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA ŞEHİR MERKEZİNİN BATISINDA YER ALAN PINARBAŞI
(HURMA, ANTALYA) KAYNAK SUYUNUN FİZİKOKİMYASAL VE
BAKTERİYOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ**

Berna ÇAYHAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2025

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA ŞEHİR MERKEZİNİN BATISINDA YER ALAN PINARBAŞI
(HURMA, ANTALYA) KAYNAK SUYUNUN FİZİKOKİMYASAL VE
BAKTERİYOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ**

Berna ÇAYHAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANTALYA ŞEHİR MERKEZİNİN BATISINDA YER ALAN PINARBAŞI
(HURMA, ANTALYA) KAYNAK SUYUNUN FİZİKOKİMYASAL VE
BAKTERİYOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ**

Berna ÇAYHAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANTALYA ŞEHİR MERKEZİNİN BATISINDA YER ALAN PINARBAŞI
(HURMA, ANTALYA) KAYNAK SUYUNUN FİZİKOKİMYASAL VE
BAKTERİYOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ**

Berna ÇAYHAN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 02/05/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

Prof. Dr. Yusuf URAS

Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ

ÖZET

ANTALYA ŞEHİR MERKEZİNİN BATISINDA YER ALAN PINARBAŞI (HURMA, ANTALYA) KAYNAK SUYUNUN FİZİKOKİMYASAL VE BAKTERİYOLOJİK OLARAK İNCELENMESİ

Berna ÇAYHAN

Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

Mayıs 2025; 45 sayfa

Tatlı suyun %70'i buzullarda hapsolmuş olmasına rağmen, küresel tatlı su kıtlığı giderek artmaktadır. Sürdürülebilir su yönetimi, özellikle yüksek su ayak izine sahip olan Türkiye'de kritik önem taşımaktadır. Önemli bir turizm ve tarım merkezi olan Antalya, iklim değişikliği, nüfus artışı ve diğer faktörlerden kaynaklanan önemli bir su stresine karşı karşıyadır. Antalya Pınarbaşı kaynak suyunun kalitesini değerlendirmek amacıyla bu çalışmada, Şubat 2023 ve Ocak 2024 tarihleri arasında suyun fizikokimyasal ve bakteriyolojik kalitesi analiz edilmiştir.

Pınarbaşı kaynak suyu, Alakırçay Napı ve çevredeki formasyonlarla etkileşime giren bir kaynaktır. Suyun sıcaklığı sabittir ve TS266, 2005'de belirtilen standartlara göre yumuşak ve "kaynak suyu" olarak sınıflandırılır. pH değerlerindeki önemli değişkenliğe rağmen, elektriksel iletkenlik değerleri suyun sulama amaçları için kabul edilebilir aralığı karşıladığını göstermektedir. Tuzluluk ve sodyum oranları genellikle çoğu bitki için uygun sulama suyu olarak kabul edilir. Söz konusu su "tatlı su" olarak sınıflandırılmıştır ve sulamaya uygunluğu hem Prizma İndeksi (orta sınıf sulama) hem de Kelly Oranı ile kanıtlanmıştır. Schoeller ve Piper diyagramlarına göre su içilebilir niteliktedir ve "iyi ila çok iyi kalite" olarak sınıflandırılmıştır. Buna ek olarak, sodyum yüzdesi ve SAR değerleri suyun "mükemmel" ila "çok iyi" sulama suyu olarak sınıflandırıldığının göstergesidir. Bununla birlikte, analizler "Cr, Fe, Sr, Mn" gibi elementlerin aşırı derecede kirli olduğunu ve özellikle "Sr" elementinin yüksek düzeyde kirlilik gösterdiğini ortaya koymuştur. Ağır metaller için su kalite İndeksi (WQI) değeri, bu suların "aşırı derecede kirli" olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, özellikle "Sr" kirliliği konusunda daha fazla araştırma yapılması gerekliliğinin altını çizmektedir. Bakteriyolojik analiz sonucunda suda Escherichia coli bulunması suyun kanalizasyon suyu ile kirlendiğini göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Antalya, Bakteriyolojik özellik, Fizikokimyasal özellikler, Kaynak suyu, Pınarbaşı

JÜRİ: Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

Prof. Dr. Yusuf URAS

Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ

ABSTRACT

PHYSICOCHEMICAL AND BACTERIOLOGICAL INVESTIGATION OF PINARBASI (HURMA, ANTALYA) SOURCE WATER LOCATED WEST OF ANTALYA CITY CENTER

Berna ÇAYHAN

PhD Thesis in Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa Gurhan YALCIN

May 2025; 45 pages

Although 70% of freshwater is trapped in glaciers, global freshwater scarcity is increasing. Sustainable water management is especially critical in Turkey, which has a high water footprint. Antalya, a major tourism and agricultural hub, is facing significant water stress due to climate change, population growth and other factors. To assess the quality of Antalya's Pinarbasi source water, this study analyzes its physicochemical and bacteriological quality between February 2023 and January 2024.

Pinarbasi source water is a geological spring originating from the Alakircay River and interacting with the surrounding formations. The temperature of the water is constant and is classified as soft and “spring water” according to the standards set out in TS266 (2005). Despite significant variability in pH values, electrical conductivity values indicate that the water meets the acceptable range for irrigation purposes. Salinity and sodium ratios are generally considered suitable irrigation water for most crops. The water in question is classified as “freshwater” and its suitability for irrigation is evidenced by both the Prism Index (medium class irrigation) and the Kelly Ratio. According to the Schoeller and Piper diagrams, the water is potable and classified as “good to very good quality”. In addition, the sodium percentage and SAR values indicate that the water is classified as “excellent” to “very good” irrigation water. However, the analysis revealed that elements such as “Cr, Fe, Sr, Mn” were extremely polluted, with “Sr” in particular showing high levels of contamination. The water quality index (WQI) value for heavy metals indicates that these waters are “extremely polluted”. This finding underlines the need for further research, especially on “Sr” pollution. The presence of *Escherichia coli* in water as a result of bacteriological analysis indicates that the water is contaminated with sewage water.

KEYWORDS: Antalya, Bacteriological properties, Physicochemical properties, Pinarbasi, Source water

COMMITTEE: Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN

Prof. Dr. Yusuf URAS

Assoc. Prof. Dr. Yasemin LEVENTELİ

ÖNSÖZ

Antalya şehir merkezinin batısında bulunan Hurma bölgesi Pınarbaşı kaynak suyu ile ilgili hidrojeolojik açıdan inceleme yapılarak kullanılabilirliği araştırılan bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü Anabilim dalında “Yüksek lisans çalışması” olarak hazırlanmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında ilgi ve yardımını gösteren, tecrübe ve deneyimlerinden faydalandığım başta danışman hocam sayın Prof. Dr. Mustafa Gürhan YALÇIN’a sonsuz teşekkürler ederim.

Hidrojeoloji konularında yardımcı olan Doç. Dr. Yasemin LEVENTELİ ve ağır metal analizlerinin yapılmasında örnekleri hazırlayan Araş. Gör. Özge Özer ATAĞÖZÜ’na çok teşekkür ediyorum.

Beni her zaman destekleyen aileme, şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç.....	1
1.2. Kapsam	2
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	7
3. MATERYAL VE METOT.....	9
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	13
4.1. Hidrojeokimya Çalışmaları.....	13
4.2. Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri	13
4.2.1. Sertlik.....	13
4.2.2. Hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH)	14
4.2.3. Özgül elektriksel iletkenlik (EC)	21
4.2.4. Toplam çözünmüş madde (TDS).....	21
4.2.5. Permeabilite indeksi (PI)	22
4.2.6. Magnezyum tehlikesi (MT)	23
4.2.7. Kelly oranı (KR)	24
4.3. Suların Kimyasal Sınıflandırılması	25
4.3.1. Schoeller göre suların sınıflandırılması	25
4.3.2. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı	27
4.3.3. Wilcox diyagramı	28
4.3.4. Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)	29
4.3.5. Sodyum iyonu yüzdesi (%Na)	30
4.4. Ağır Metal Analizleri	31

4.4.1. Ağır metal kirlilik indeksi (CF)	32
4.4.2. Zenginleşme faktörü (EF).....	32
4.4.3. Jeobirikim indeksi (Igeo).....	33
4.4.4. Su kirlilik indeksi (WPI).....	34
4.5. Bakteriyolojik Analizler	34
5. SONUÇLAR	38
6. KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Antalya Şehir Merkezinin Batısında Yer Alan Pınarbaşı (Hurma, Antalya) Kaynak Suyunun Fizikokimyasal ve Bakteriyolojik Olarak İncelenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

02/05/2025

Berna ÇAYHAN

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Ac	: Aktinyum
Ag	: Gümüş
Al	: Alüminyum
Al ₂ O ₃	: Alüminyum Oksit
As	: Arsenik
Au	: Altın
Ba	: Baryum
Bi	: Bizmut
Br	: Bromür
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Ce	: Seryum
Cl	: Klor
Co	: Kobalt
CO ₂	: Karbondioksit
CO ₃ ⁻²	: Karbonat
Cr	: Krom
Cs	: Sezyum
Cu	: Bakır
Dy	: Disprosiyum
Er	: Erbiyum
Eu	: Yuropiyum
Fe	: Demir
Ga	: Galyum
Gd	: Gadolinyum
Ge	: Germanyum
HCO ₃	: Bikarbonat
Hf	: Hafniyum
Hg	: Cıva
Ho	: Holmiyum
I	: İyot
In	: İndiyum
Ir	: İridyum
K	: Potasyum
La	: Lantan
Lu	: Lutesyum
Mg	: Magnezyum
MgO	: Magnezyum Oksit
Mn	: Mangan
MnO	: Mangan Oksit
Mo	: Molibden
Na	: Sodyum
Nb	: Niyobiyum
Nd	: Neodmiyum

Ni	: Nikel
O	: Oksijen
Os	: Osmiyum
P	: Fosfor
Pa	: Protaktinyum
Pb	: Kurşun
Pd	: Paladyum
Pm	: Prometyum
Pr	: Praseodmiyum
Pt	: Platin
Ra	: Radyum
Rb	: Rubidyum
Re	: Renyum
Rh	: Rodyum
Ru	: Rutenyum
S	: Kükürt
Sb	: Antimon
Sc	: Skandiyum
Se	: Selenyum
Si	: Silisyum
SiO ₂	: Silisyum Dioksit
Sm	: Samaryum
Sn	: Kalay
SO ₄	: Sülfat
Sr	: Stronsiyum
Ta	: Tantal
Tb	: Terbiyum
Tc	: Teknesyum
Te	: Tellür
Th	: Toryum
Ti	: Titanyum
Tl	: Talyum
Tm	: Tulyum
TiO ₂	: Titanyum Dioksit
U	: Uranyum
V	: Vanadyum
W	: Tungsten
Y	: Yitriyum
Yb	: İtterbiyum
Zn	: Çinko
Zr	: Zirkonyum

Kısaltmalar

CF	: Ağır Metal Kirlilik İndeksi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İstasyonu
DSİ	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektriksel İletkenlik

EF : Zenginleşme Faktörü
EPA : Çevre Koruma Ajansı
Fr : Fransız Sertlik Derecesi
GPS : Küresel Konumlandırma Sistemi
HPI : Ağır Metal Kirlilik İndeksi
Igeo : Jeobirikim İndeksi
KR : Kelly Oranı
MT : Magnezyum Tehlikesi
MTA : Maden Tetkik Arama
ÖPA : Özel Proje Alanı
PAH : Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
pH : Hidrojen İyon Konsantrasyon
PI : Geçirgenlik İndeksi
ppm : Milyonda Bir Birim
SAR : Sodyum Absorbsiyon Oranı
SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu
SKKY : Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TDS : Toplam Çözünmüş Katı Madde
TSE : Türkiye Standartları Enstitüsü
TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu
vd. : ve diğerleri
WB : Dünya Bankası
WHO : Dünya Sağlık Örgütü
WPI : Su Kirlilik İndeksi
WQI : Ağır Metaller İçin Su Kalite İndeksi
WWF : Doğal Hayatı Koruma Vakfı
XRF : X-Işını Floresans Spektrometresi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (a: Türkiye haritası; b:Antalya bölgesi; c: Çalışma alanı ve yakın çevresi).....	2
Şekil 2.1. Çalışma alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası (MTA, 1997).....	8
Şekil 3.1. Hurma bölgesi Pınarbaşı kaynağına ait yakından görüntüler.....	9
Şekil 3.2. Kaynaktan alınan örneklerin lokasyonlarının yakından görünüşleri	11
Şekil 4.1. A ve B Lokasyonları su örneklerinin sertlik derecesi.....	14
Şekil 4.2. A ve B Lokasyonları su örneklerinin hidrojen iyonu konsantrasyonları	14
Şekil 4.3. A ve B Lokasyonları su örneklerinin elektriksel iletkenlik konsantrasyonları	21
Şekil 4.4. A ve B Lokasyonları su örneklerinin toplam çözünmüş madde değeri.....	21
Şekil 4.5. Schoeller İçilebilirlik diyagramı	25
Şekil 4.6. Piper diyagramı.....	26
Şekil 4.7. Gibbs diyagramı	27
Şekil 4.8. A ve B Lokasyonları su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı	28
Şekil 4.9. Wilcox diyagramı	29

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Su numunelerinin alındığı lokasyonların koordinatları	9
Çizelge 4.1. Katyon ve anyonların analiz sonuçları.	13
Çizelge 4.2. A lokasyonuna ait su örneklerinin genel kimyasal, fiziksel ve bakteriyolojik özellikleri	15
Çizelge 4.3. A lokasyonuna ait su örneklerinin XRF analiz sonuçları	16
Çizelge 4.4. B lokasyonuna ait su örneklerinin genel kimyasal, fiziksel ve bakteriyolojik özellikleri.	18
Çizelge 4.5. B lokasyonuna ait su örneklerinin XRF analiz sonuçları	19
Çizelge 4.6. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin permeabilite indeksleri.....	22
Çizelge 4.7. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin magnezyum tehlikesi değerleri.....	23
Çizelge 4.8. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin Kelly Oranı	24
Çizelge 4.9. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin SAR değerleri	30
Çizelge 4.10. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin Na% değerleri	31
Çizelge 4.11. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin ağır metal kirlilik indeksi değerleri.....	32
Çizelge 4.12. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin zenginleşme faktörü değerleri	33
Çizelge 4.13. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin jeobirikim indeksi değerleri...	34
Çizelge 4.14. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin su kirlilik indeksi değerleri	35

1. GİRİŞ

Dünya genelinde su kullanımı, görünenden ve tahmin edilenden çok daha fazladır. İnsanlar tarafından tüketilen tarımsal ve endüstriyel ürünlere ait sektörlerin, ilgili bölgelerdeki su kaynakları üzerine olumsuz etkisi bulunmaktadır. Örneğin, her gün içilen meyve suyu, giydiğimiz tişört ya da kullandığımız teknolojik aletler bir akarsu havzasındaki suyu kullanarak üretilmektedir. Yakın geçmişe kadar, su yönetiminde üretim ve tedarik zinciri boyunca gerçekleşen su tüketimi ve kirliliği gerektiği kadar dikkate alınmamaktadır. Ancak, günümüzde su tüketiminin ve kirliliğinin, toplumun ne kadar ve nasıl su tükettiğiyle bağlantılı olduğunun farkında olmak gerekir. Bu noktada, su kaynaklarını akılcı kullanmanın yaşamsal önemi karşımıza çıkmaktadır. Suyu akılcı kullanmanın esas koşulu, suyu korumak ve iyi yönetmektir. Dünyadaki toplam su miktarı 1400 milyon km³ tür. Bu suyun % 97,5'i denizlerde ve okyanuslardaki tuzlu sulardan oluşmaktadır. Geriye kalan yalnızca % 2,5'i tatlı su kaynağı olup çeşitli amaçlar için kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Küçük bir orana sahip olan tatlı suyun % 68,7'si buzullarda, % 30,1'i yeraltı sularında, % 0,8'i tiyal (devamlı donmuş haldeki toprakaltı tabakası) tabakasında ve sadece % 0,4'ü yüzey sularında ve atmosferde bulunmaktadır. Kuzey Avrupa, Kanada ya da Muson ikliminin hâkim olduğu yerlerde su fazlalığı bulunmaktayken dünyanın özellikle yarı kurak ve kurak bölgelerinde su sıkıntısı yaşanmaktadır. Yarı kurak ve kurak bir iklime sahip olan Ortadoğu bölgesinde yer alan Türkiye göreceli olarak bölgedeki diğer ülkelere göre daha fazla su kaynağına sahip olmakla birlikte, aslında su zengini bir ülke değildir. Türkiye, yılda kişi başına düşen 1.346 m³'lük su miktarı ile 'su baskısı yaşayan' bir ülkedir (DSİ, 2020). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2018), Türkiye nüfusunun 2030 yılında 100 milyona ulaşacağı ve kişi başına düşen su miktarının 1.120 m³'e gerileyeceği öngörülüyor. Kısaca, artan nüfusu, büyüyen şehirleri ve yeni yerleşim alanlarıyla Türkiye, 'su fakiri' olma yolunda ilerlemektedir (WB, 2013; WWF, 2014a; WWF, 2014b).

Akdeniz bölgesi ve Antalya, su potansiyeli bakımından, Türkiye ortalamasının üzerindedir. 1930-2022 yılları arasında Antalya ili yıllık toplam yağış miktarı ortalaması 1054,9 mm'dir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü). İl merkezi ise, yıllık ortalama 1075.4 mm yağış ile Türkiye'nin en çok yağışlı illeri arasında yer alır. Antalya ve yöresi çok yağışlı, şiddetli yağışlı, yeraltı, yerüstü sularının çok olduğu bir bölge olmasına rağmen Akdeniz havzasına düşen yağış miktarı son 25 yıl içinde %20 oranında azalmıştır (WWF, 2014a; WWF, 2014b; MGM, 2020a; MGM, 2020b).

Tatlı su kaynakları, araştırmacılar için önem arz eden bir konudur. Batı Toroslar bölgesinde yer alan Antalya ili Konyaaltı İlçesine bağlı Hurma Bölgesi Pınarbaşı kaynak suyu incelemeleri hakkında herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, kaynak suyunun kimyasal ve fiziksel özellikleri ile birlikte zaman içindeki değişimi de göz önünde tutarak, bölgedeki su kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır (Şekil 1.1). Bu amaçla; çalışma alanı içerisinde kaynak suyunun hidrojeokimyasal özellikleri ve elementlerin (ve/veya ağır metallerin) inorganik kirlenme parametreleri incelenmiştir.

1.1. Amaç

Antalya şehir merkezinin batısında yer alan Hurma bölgesi, yerleşim alanı ve tarımsal arazinin içiçe olduğu bir bölgedir. Nüfusun ve tarımsal faaliyetlerin artması ile su kaynaklarının önemi her geçen gün artmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO,

2011) göre: ‘Temiz içme suyu; tüketim ömrü boyunca sağlık için önemli bir risk teşkil etmeyen su’, ya da ‘İnsan sağlığına zararlı olabilecek mikroorganizmaları ve kimyasalları içermeyen, aynı zamanda sağlık için gerekli mineralleri yeterli ve dengeli miktarda içeren renksiz, kokusuz ve berrak olan su’ ‘sağlıklı su’ olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle bu çalışmada, Antalya şehir merkezinin batısında yer alan Hurma Pınarbaşı kaynak suyunun, fizikokimyasal ve bakteriyolojik açıdan incelenmesi ile su kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla; çalışma alanı içerisinde kaynak suyunun hidrojeokimyasal özellikleri ve elementlerin (ve/veya ağır metallerin) inorganik kirlenme parametreleri incelenmiştir.

1.2. Kapsam

Çalışma, Antalya şehir merkezinin batısında bulunan Hurma bölgesi Pınarbaşı kaynak suyundan alınan örnekler ile gerçekleştirilmiştir. Önemli bir turizm şehri olan Antalya, aynı zamanda önemli bir tarım alanıdır. Dolayısıyla su kaynakları hayati önem taşımaktadır. Küresel ısınma, nüfus artışı, tarımsal faaliyetler, göç, baraj ve sulama göletlerinin kullanımı ile yeraltı ve yerüstü sularının etkilendiği açıktır. Bu nedenle; bu çalışmada Antalya şehrinin batısında yer alan Hurma bölgesi Pınarbaşı kaynak suyu hidrojeolojik açıdan incelenmiştir. Bu kapsamda öncelikle bölgenin jeolojik özellikleri mevcut çalışmalardan alınmıştır. Hidrojeolojik özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen noktalardan bir yıl boyunca (Şubat 2023 - Ocak 2024) her ayın 15’i ve 28’i olmak üzere ayda iki defa su örnekleri alınarak laboratuvar çalışmaları ile fizikokimyasal ve bakteriyolojik analizleri yapılmıştır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (a: Türkiye haritası; b:Antalya bölgesi; c: Çalışma alanı ve yakın çevresi).

2. KAYNAK TARAMASI

Bu bölümde, çalışma sahası ve çalışmanın konusu hakkında bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. İlgili araştırmalar aşağıda kronolojik sırayla verilmiştir.

Kalafatçıoğlu (1973), tarafından adlandırılan TRag Gökdere Formasyonu; plakete görünümlü Halobia'lı kireçtaşlarından oluşmuştur. Tahtalıdağ napında üst Anisiyen-Noriyen kayaları Gökdere formasyonu ile temsil edilir. Gökdere formasyonu yersel kalkarenit, şeyl, tabakalı çört, tüfit, yastık lav ara seviyeleri kapsar. Yer yer ammonitici-rosso fasiyesinde ammonitli kırmızı kireçtaşı seviyesi içerir. Seyrek diyebaz dayıklıdır. Yanal ve düşey yönde Tesbihli ve Çandır formasyonu ile geçişli, Karadere formasyonu ile ilksel ilişkilidir. Kalınlığı 10-350 m arasında değişir (MTA Türkiye Jeoloji Haritaları No:8, Antalya-O25 Paftası, 1997).

Şenel vd. (1981), tarafından adlandırılan JKt Tekedaği formasyonu, neritik kireçtaşlarından oluşmuştur. Tabanında yer yer dolomit veya megalodontlu ve mercanlı kireçtaşları bulunur. Üstte dolomit veya dolomitik kireçtaşı seviyeleri görülebilir. Birimin Malm seviyesinde oolitlik kireçtaşları belirgindir. Alt Kretase kayalarında yer yer ince bütümlü lamine seviyelere veya kıymıksı ayrılmalı kireçtaşlarına rastlanır. Üstte rudistli kireçtaşları ve rekristalize kireçtaşları yaygındır. Üstte Keçili formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür. Yaklaşık 1200 m kalınlık gösterir (MTA Türkiye Jeoloji Haritaları No:8, Antalya-O25 Paftası, 1997). Bu formasyon inceleme alanında da görülmektedir.

Dipova ve Yıldırım (2005), tarafından "traverten" olarak isimlendirilmekte olan, son zamanlarda bazı yayınlarda tufa terimi tercih edilmekte olan Antalya şehrinin kurulduğu Tufa platoları 650 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Tüm dünyadaki en büyük tufa (traverten) yatağı olarak bilinir. Tufalar, hem fizikokimyasal hem de biyojenik kalsiyum karbonat çökmesinin ürünleridir. Baskın süreç, çökmenin alglerin veya bakterilerin fotosentezi sonucunda CO₂'nin kısmi basıncının düşmesine neden olan biyojenik süreçtir. Bu çalışmada, X-ışını difraksiyonu ve SEM analizi sonuçları tufa yataklarının neredeyse tamamen kalsitten yapıldığını ortaya çıkarmıştır. Antalya tufaları platolar halinde gözlenmektedir, kuzeye doğru yükseltiler artmaktadır. Literatürde platoların sayısı ve sınırları tartışmalıdır. Bu çalışmada topografik haritalar incelenmiş ve plato sınırları belirlenmiştir.

Coşar ve Önen (2005), Antalya ilinin 6 farklı bölgesinde yapılan çalışmada atık su kanallarına yağmur sularının ne kadar etkisi olabileceği araştırılmıştır. Çatı yağmur suyu debilerinin atık su debilerine oranı 7,81 ila 16,29 katı olduğu açıklanmıştır. Atık su kanalizasyon sisteminin çapları yaklaşık olarak 3 kat artması gerektiği belirtilmiştir. İnşaa edilen atık su kanalizasyon sistemlerinin önemli oranda yağmur suyu ile yüklendiği ve herhangi bir sağanak sırasında taşıma kapasitelerinin yetersiz kalacağı tespit edilmiştir. Düşük kotlu yerlerde ve bina bodrum katlarında su baskınlarına maruz kalabileceği görülmüştür.

Manavoğlu (2007), Konyaaltı kentsel alanı içinde jeolojik yapısı itibarıyla yer altı su kaynakları bulunmaktadır. Bu kaynaklar kentin içme, kullanma ve sanayi suyunun bir kısmını sağlamaktadır. Bölgedeki kaynaklar boşaldıkları formasyonlara göre karstik kireç taşları (Hurma), travertenler (Arapsuyu) ve alüvyonlar olmak üzere üç grupta

toplandığı açıklanmıştır. Bölgedeki Sarısu deresinin Hurma kaynakları ile beslendiği, su kaynaklarından Duraliler 2600, Çevreyolu 1040, Üniversite 768, Diştaş 700, Karain 580, Boğaçayı 524, ve Hurma 257, Gürkavak 40 (lt/sn) olarak açıklanmıştır.

Erdoğan vd. (2009), çevresel sorunlar ve iklim değişikliği nedeniyle etkin su kaynakları yönetimi ve atık suyun yeniden kullanımının kritik bir ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır. Çalışma, kentsel su kullanımını turizm, konut, ticari, endüstriyel, tarımsal, yeşil alanlar ve yüzey suyu olarak kategorize etmektedir. Bir zamanlar şehir için yüksek kaliteli bir içme suyu kaynağı olan Hurma bölgesinin son dönemde yaşanan kuraklıklar nedeniyle ihmal edildiği belirtiliyor. Yazarlar, Antalya'da atık suyun yeniden kullanımı için, kullanıcıların tarımsal ve yüzeysel sulama, yeraltı suyu şarjı, endüstriyel ve çevresel uygulamalar hakkında bilgilendirilmesi de dahil olmak üzere çeşitli önlemler önermektedir. Ayrıca yeni düzenlemeler yapılmasını ve mevcut içme suyu ve kanalizasyon sistemlerinin yanında ayrı bir arıtılmış su hattı kurulmasını önermektedirler. Ancak, gereken önemli yatırım göz önüne alındığında, doğal tatlı su kaynaklarının kullanımını optimize etmek için uzmanlara danışmak çok önemlidir.

Manavoğlu (2009), Antalya'nın 1950-2009 yılları arasındaki kentsel gelişimini ve planlamasını incelemektedir. Çalışma, 1970'li ve 80'li yıllarda Antalya limanı, Burdur ve Kemer-Antalya çevre yolları gibi altyapı yatırımlarının kentin mevcut fiziksel yapısını nasıl şekillendirdiğini vurgulamaktadır. 1985 sonrasında artan turizm yatırımları Antalya'nın sosyal, kültürel ve mekânsal dokusunu önemli ölçüde değiştirmiştir. Sıklıkla yapılan ve kentin doğal çevresine zarar veren plan değişiklikleri, geri dönüşü olmayan görsel hasarlara yol açmıştır. Çalışma, tarım arazilerinin konut alanlarına dönüştürülmesi, bina yoğunluğunun artırılması ve koruma alanlarının daraltılması gibi erken dönem koruyucu planlardan sapmaların Antalya'nın bugünkü görünümünün temel nedenleri olduğunu savunmaktadır. Turizm ekonomik büyümeyi beraberinde getirirken, kıyıları, su kaynakları, koruma alanları ve yeşil alanlar üzerinde baskı yaratarak çevresel sorunlara da yol açmıştır. Çalışma, Antalya için ekolojik açıdan koruyucu bir planlama stratejisi benimsemek üzere klasik planlama yaklaşımlarının ötesine geçilmesini önermektedir.

Erdoğan vd. (2009), yapılan bilimsel çalışmada, su kullanım alanlarının turistik tesisler (tatil köyleri, oteller, hoteller, moteller, pansiyonlar, misafirhaneler, vd.), konutlar, ticari ve endüstriyel alanlar, tarım alanları, açık yeşil alanlar ve su yüzeyleri gibi başlıklar altında sınıflandırılmıştır. Antalya bölgesinde suyun yeniden kullanılmasına yönelik yapılan çalışmada, turistik konaklamalarda ortalama su tüketimi günlük 240 ile 440 litre arasında değişmekle olduğu, bu lüks konaklama işletmeleri için tüketimin 700-1000 litreye kadar çıktığı belirtilmiştir. Çevre ve toplum planlama kararlarında su kaynaklarımızı nasıl etkilediğini hesaba almadan alınmış olduğu belirtilmiştir. Su kaynak ve havzalarında kimyasal ve bakteriyolojik, mikrobiyolojik kirlenmelerin olabileceği açıklanmıştır.

Bozkaya ve Yalcin (2010), Antalya Ünitesi'nin Triyas döneminde Gondwana'nın kuzey kesiminin ayrılmasına ilişkin rift kalıntılarının varlığı belirlenmiştir.

Leventeli (2010), Tahtalı Dağı'nın (Antalya) hidrojeolojik özellikleri incelenmiş ve bölge hidrojeolojisi hakkında yorumlar yapılmıştır.

Çınar (2011), Antalya kenti ile Boğaçayı havzasının ekolojik uyum sürdürebilmesi için, Boğaçayı havzasında yanlış arazi kullanımının önüne geçilmesi önemlidir. Havza ile ilgili bilimsel çalışmaların devamlılığının sağlanması ve saha üzerinde yetki sahibi yerel ve idari yönetimlerin farklı disiplinlerden uzman kişilerin görüşlerine göre karar almasının, havzanın korunmasında önemli olduğu vurgulanmıştır.

Mansuroğlu vd. (2012), 6360 sayılı kanun çerçevesinde su ve atık su hizmetleri yönetiminin değişimini ortaya koymak ve bu değişimi idari, teknik ve mali açılardan değerlendirmesi için yapılan çalışmada, her bir büyükşehir belediyesinin ve ilçe belediyelerinin kendi özgün koşulları içinde, kısa vadede ve uzun vadede tekrar değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Arslan vd. (2013), Antalya ili içme ve kullanma suyu ihtiyacı için yapılan çalışmanın sonucunda nüfus tahmini için en az hata veren yöntemin, üstel regresyon analiz yöntemi olduğu hesaplanmıştır. Su alınması kararlaştırılan Karacaören II Barajı'nın 2041 yılında yetersiz kalacağı ve bu nedenle su sıkıntısı yaşanmaması için bu tarihten önce Manavgat Çayı gibi yeni su kaynaklarına ihtiyaç duyulacağı tahmin edilmiştir.

Yalçın vd. (2015), Tekirova Ofiyolitik Napı'nı uğradığı değişimleri ortaya koymuşlardır.

Yalçın vd. (2015), Alanya ve Silifke arasındaki kıyı kumlarındaki iz element konsantrasyonlarının, özellikle dağlık alanlarda yüzeye çıkan metamorfik kayaların ayrışmasıyla meydana gelen silikat minerallerinin çokluğuyla ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Davraz vd. (2016), Eğirdir Gölü havzasında yapılan çalışmada gölü negatif yönde etkileyen faktörlerden birincisi evsel ve endüstriyel atık su taşıyan Pupa deresidir. İkincisi Yalvaç çayıdır. Üçüncüsü ise Eğirdir ilçesi ve göle yakın diğer yerleşim yerleridir.

Davraz ve Çakmak (2016), Yarıslı Gölü (Burdur) Sulak Alanının Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyasal İncelenmesi başlıklı çalışmada, tarım ve hayvancılık faaliyetleri nedeniyle yeraltı sularında nitrat artışı tespit etmişlerdir.

Yalçın vd. (2016), Boğaçayı Nehri boyunca farklı istasyonlardan 25 sediman örneği toplanmış ve analiz edilmiştir. Tespit edilen ağır metaller bolluk sırasına göre $Mg > Fe > Al > Ti > Mn > Cr > Ni > Ba > V > Zr > Zn > Co > Cu > Pb > As > Mo > W > Cd > Sb > Ag$ belirlenmiştir. Bazı lokasyonlarda Cr Türkiye için kabul edilebilir sınırdan 19,85 kat; Ni ise 19,29-7,71 kat; Co ise 1,87 kat daha yüksek bulunmuştur.

Karatay vd. (2017), kanalizasyon şebekesine sızan yeraltı suyu ve yağmur suyunun atıksu arıtma tesisine etkisi üzerine yapılan çalışmada Antalya örneği çalışılmıştır. Çalışmada, yağmur suyu debisinin miktar ve etkileri hesaplanarak değerlendirilmiştir. Yağmur suyu miktarının atıksu arıtma tesisine katkısının %2,6 olduğu belirlenmiştir. Yeraltı su kaynakları kaybının önlenmesi üzerine önerilerde bulunulmuştur.

Cengiz vd. (2017) yapılan bilimsel çalışmada, Antalya'daki Boğaçayı Nehri'nden toplanan 25 nehir suyu örneği analiz edilmiştir. As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sr ve V konsantrasyonları belirlenmiştir. Ağır metal kirliliği indeksi (HPI) değerlerinin 7,81 ile 43,97 (ortalama 25,48) arasında olduğu bulunmuştur. Örneklerden denize yakın olan aşağı akıştan alınanların HPI (>30) değeri, daha yukarı kotlara ait akıştan alınan değerlere göre (<15) daha düşük HPI değeri göstermiştir. Olası anomalinin arttığı, denize yakın alanlara dikkat çekilmiştir.

Leventeli ve Yalcın (2019), Alakır köprüsü ile Alakır barajı sınırları içerisindeki yüzeyin sularında yapılan çalışmada tarımsal faaliyetlerin etkili olduğu belirlenmiştir.

Leventeli vd. (2019), Düden ve Göksu çaylarından alınan yüzey su örneklerinde ağır metaller en yüksek değerden en düşük değere doğru Düden Çayı'nda $Sr > Fe > Al > Mn > As > Ni > Cu > Pb > Cr > Se$; Göksu Çayı'nda ise $Sr > Fe > Al > Ni > As > Cu > Mn > Pb > Cr > Se$ şeklinde sıralanmıştır. Ağır metal kirlilik indeksi (HPI) su örnekleri için genel olarak “iyi” ve “zayıf” olarak çıkmış ancak, bazı su örneklerinde standartların üzerinde ağır metal kirliliği tespit edilmiştir. Antropojenik faktörlerin ve kentleşmenin kirliliğin nedeni olabileceği, bölgede su kullanan canlılar sağlık sorunları yaşayabileceği ve bölgede ekolojik dengenin bozulabileceği yazılmıştır. Ayrıca, bölgede yeraltı sularının kirlenmiş olabileceği, şehirleşmenin daha dikkatli yapılması gerektiği yazılmıştır.

Dipova (2020), Konyaaltı sahili Boğaçay ve Sarısu akarsularının sedimentleriyle beslenirken liman yapımından sonra tek sediment kaynağı Boğaçay olarak kalmıştır. Boğaçay projesinin hayata geçirilmesiyle oluşan Boğaçay yapay Lagünün tamamlanması sonrasında Boğaçay sedimentinin Konyaaltı kumsalına ulaşması engellenmiştir. Alandaki su kaynakları, karstik kireçtaşlarından drene olan Hurma kaynakları, travertenlerden drene olan Arapsuyu kaynakları ve alüvyon akiferi olmak üzere üç grupta toplanmaktadır. Kıyı alanının su kaynakları kentin içme, kullanma ve sanayi suyunun bir kısmını sağlamaktadır. Hurma kaynaklarının suyu günümüzde tek kanala toplanmış ve bir menfezle Boğaçay'ın lagün bölümüne bağlanmıştır. Boğaçay ve kolları üzerinde kumçakıl ocağı işletilmesi, diğer çevresel sorunlara ek olarak kıyı çizgisi gerilemesine de neden olacağı düşünülerek, gündeme getirilmemesi tavsiye edilmiştir.

Yalçın vd. (2020), Kumluca, Kemer ve Tekirova çevresindeki ofiyolitlerde doğal suların radyoaktivite seviyelerini ve buna bağlı radyasyon riskini araştırmış, anomali değerlerini ve insan sağlığı açısından olumsuz etkilerini tespit etmişlerdir.

Leventeli ve Yalçın (2021), Finike'deki Akçay Nehri yüzey sularında Sr, V, Zn, Fe ve Mn tespit edilmiştir.

Çıplak ve Atik (2022), Boğaçayı ovasında, Boğaçayı Özel Proje Alanı (ÖPA) içinde yapılacak projenin yer altı su kaynaklarına etkisini saptamak amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada; literatür taraması, etkilerin belirlenmesi, yıllara göre değişimin saptanması, sonuç ve öneriler sunulmuştur. Boğaçayı projesinin nasıl bir değişim gösterdiğini saptayabilmek için alanın yıllara göre değişiminin analizi yapılmıştır. Bunun için uydu görüntüleri kullanılmıştır. Boğaçay projesi ile birlikte Boğaçayı'nın doğal rejimi bozulmuş ve yapay setlerle engellendiği anlatılmıştır. Boğaçayı'nın doğal hidrolik özellikleri, Boğaçayı projesi ve gelişimi, yüzey sularına etkileri, taban sularına etkileri, Boğaçayı ve çevresinin yıllara göre değişimi açısından irdelenmiştir. Boğaçayı alt

havzasının ve Hurma su kaynaklarının olumsuz etkilendiği; proje sonrasında Boğaçayı'nın mevcut doğal döngüsünün bozulmuş olması sonucunda bu da kaynakları etkilemiş olduğu çalışmada değinilmiştir. Ekolojik, biyolojik ve kültürel anlamda etkileri tartışılmıştır. Boğaçayının korunmasına yönelik öneriler sıralanmıştır.

Özcelik (2022), Antalya traverten platosunda gerçekleştirilen çalışma, aşırı su çekimi ve kuyu etkileşimleri ile ilgili hukuki uyumsuzluklara, ilgili kamu kurumlarına, belediyelere ve bilimsel çalışmalara örnek teşkil etmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, seçilmiş sondajlardan aşırı su çekilmesinin ve kuyu etkileşimlerinin Antalya traverten platosu üzerindeki potansiyel etkileri arazi gözlemleri, kuyu testleri ve coğrafi bilgi sistemi yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Antalya traverten platosundaki yeraltı suyu tükenmesi sonucunda farklı olumsuz etkilerin ortaya çıkacağı belirtilmiştir.

Günay (2022), Antalya'daki Kırkgözler Karst Kaynakları'nın Hidrojeolojisi üzerine bilimsel bir çalışma yapmıştır. Kırkgözler karst kaynaklarının Beydağları Otoktonu ve Antalya Napları'na ait karbonatlı kayaçların (Mezozoik yaşı) deşarjını kontrol ettiği açıklanmıştır. Ayrıca Kuvaterner yaşı Antalya traverteninin kaynağı olduğu belirlenmiştir.

Ertepe (2023), tarafından yapılan yüksek lisans çalışmasında, öncelikli kirleticiler listesinde bulunan 16 PAH türü, hem evsel hem endüstriyel atıksu arıtma tesisinde başarılı bir şekilde izlenmiştir. Bu alanda, mikro kirletici yükünü izlemek ve kaynaklarını belirlemek için atıksuyu taşıyan ana kanalların kesişim noktalarına yerleştirilmiş ahtapot tipi pasif örnekleyicilerin başarılı bir yöntem olduğu görülmüş ve şehrin hangi bölgesinden geldiği tespit edilebilmiştir. EPA tarafından belirlenen 16 PAH türüne de atıksu arıtma tesislerinde rastlanmıştır.

2.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

İnceleme alanının genel olarak bölgesel özellikleri incelendiğinde, Batı Toroslar yöresinde değişik yaş aralığında ve farklı litolojilere sahip tektonostratigrafik birimler yer alır (Beydağları Otoktonu ve Antalya Napları) (Şenel, 1998; Kareem ve Leventeli, 2024).

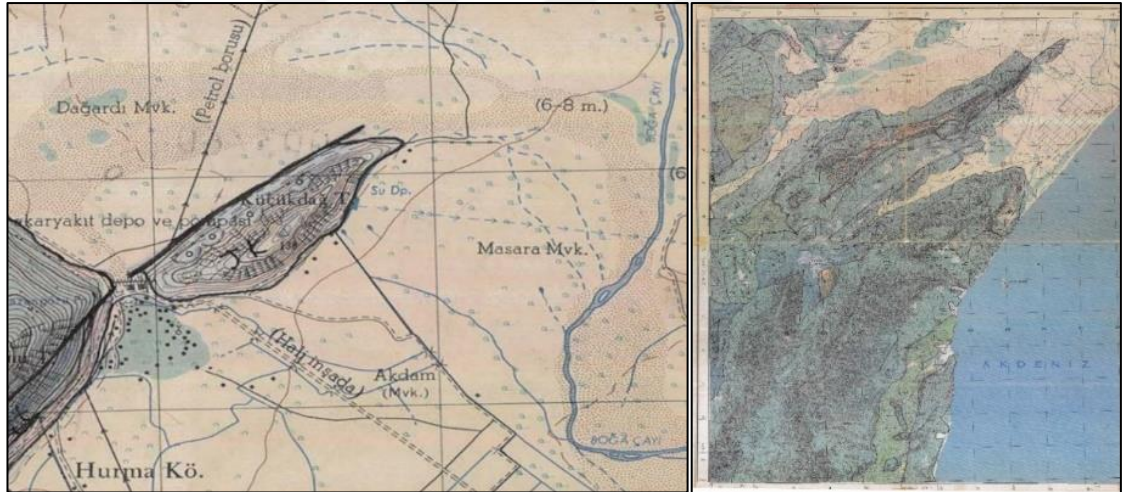
Batı Toroslar bölgesi Antalya napları olan Tahtalıdağ napı, Çataltepe napı, Alakırçay napı ve Tekirova ofiyolit napı ile temsil edilir. Bu birimlerin üzerinde neotokton örtü birimleri bulunur (Lefevre ve Orcel, 1967). Antalya napları allokon kaya birimleri ile sığ ve derin deniz çökellerinden oluşur. Üst Triyas yaşı denizaltı volkanikleri ve pelajik çökellerin ve aynı karbonatlar içerir. Bunların üzerine Kuvaterner yaşı Antalya travertenleri gelir.

İnceleme alanında görülen Noriyen yaşı Alakırçay napı, Tekirova ofiyolit napının üzerinde ve Tahtalıdağ napının altında yer almaktadır. Geç Anisiyen - Noriyen yaşı olan Alakırçay birliği, radyolarit, çört, split, şeyl ve bazalt gibi dikey ve yanal geçişli yapılardan oluşmaktadır (Şenel vd., 1981). Alakırçay birimi Üst Triyas çakıllı kireçtaşı, bitümlü kumtaşı ve radyolaritlerden oluşur; ayrıca Alakırçay Napı Üst Permiyen ve Alt Triyas platformunda kireçtaşı ara tabakalı Orta Triyas-Kretase dönemine ait bazik denizaltı volkanikleri (yer yer denizaltı dağları, yastık yapılı lavlar) rift benzeri havza ortamını, ofiyolitler ve Üst Kretase kırıntılı kayaçları içerir (Juteau, 1975; Reuber, 1982). Alakırçay Napı, genelde Çataltepe Napı üzerinde, Tahtalıdağ Napı altında yer alır.

Alakırçay Napı Brunn ve diğ.'nin (1971) Alakırçay Ünitesine, Marcoux'un (1979) Alakırçay ve Karadere Ünitelerine, Poisson'un (1977) Ispartaçay Ünitesine, Robertson ve Woodcock'un (1980) Kumluca ve Gödene Zonları ile Alakırçay Grubuna karşılık gelmektedir.

İnceleme alanının diğer birimi ise Resiyen-Senomaniyen yaşlı Tekedağ Formasyonudur. Neritik kireçtaşlarından oluşan birim orta - kalın katmanlı, bej, krem, kirli sarı, açık gri, yersel pembe, kirli beyaz renkli neritik kireçtaşlarından oluşur. Bazı alanlarda altta dolomitler veya megalodonlu, algli ve mercanlı kireçtaşları kapsar. Birimin Malm yaşlı kireçtaşlarında oolitik kireçtaşları belirgindir. Alt Kretase kayalarında yer yer ince bitümlü laminalı seviyeler üstte ise rudistli kireçtaşları ve rekristalize kireçtaşları yaygındır ve 1200m kalınlık gösterir (Şenel 1981; Şenel ve Diğ. 1996; Şenel 1998).

Tüm bu birimleri, Neojen ve Kuvaterner orta - ince tabakalı birimler örter. Bu oluşuklar genel olarak Antalya travertenleri, yuvarlak çakıllı alüvyal yelpaze, kum ve çamur tabakalarıyla desteklenmiş çakıl ve bloklar, akarsu yataklarında bulunan alüvyonlar, deniz kenarında gözlenen kumul ve kıyı boyunca biriken plaj oluşumları içeren örtü birimleri şeklindedir (Blumenthal, 1951; Şenel vd., 1981; Akay ve Uysal, 1985) (Şekil 2.1.)



Şekil 2.1. Çalışma alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası (MTA, 1997).

3. MATERYAL VE METOT

Çalışma alanı, Antalya ilinin Konyaaltı ilçesi, Hurma mahallesi bölgesinde, denizden 2213 metre kuzeyde yer alan Pınarbaşı su kaynağıdır. Çalışma alanının su örnekleri kaynağın durumuna göre iki farklı lokasyondan alınmıştır. Bunların coğrafi konumu 4082480.01 ve 4082493.88 kuzey enlemleri ile 286553.95 ve 286589.37 doğu boylamlarında, iki lokasyonda yer alır (Çizelge 3.1.). İnceleme alanı Konyaaltı bölgesinde yazlar sıcak, nemli, kurak, kışlar uzun, soğuk, yağışlı ve parçalı bulutlu. Yıl içerisinde sıcaklık normalde 6°C ila 35°C arasında değişiklik gösterir ve nadiren 2°C altında ve 39°C üzerinde olur.

Çizelge 3.1. Su numunelerinin alındığı lokasyonların koordinatları

Lokasyon-A	Lokasyon-B
4082480.01 K	4082493.88 K
286553.95 D	286589.37 D

Öncelikle çalışma alanı olan Hurma bölgesindeki Pınarbaşı kaynak suyundan su örnekleri alınmıştır (Şekil 3.1.). Hidrojeolojik özellikleri belirlemek amacıyla, ilgili kaynaktan bir yıl boyunca (Şubat 2023-Ocak 2024) her ayın 15'i ve 28'i olmak üzere, ayda iki defa su örnekleri alınmış ve bunların laboratuvar çalışmaları ile fizikokimyasal, kimyasal ve bakteriyolojik analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.1. Hurma bölgesi Pınarbaşı kaynağına ait yakından görüntüler

Çalışma programı; önceki, arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere 4 alt başlıkta gerçekleştirilmiştir:

I. Önceki çalışmalar:

İlk aşamada öncelikle inceleme alanı ve konusu ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Bölgenin jeolojik özellikleri belirlenerek, bu bilgilerle saha çalışmalarına başlanmıştır.

II. Arazi Çalışmaları:

Arazi çalışmaları genel olarak numune alma işlemi olarak yapılmıştır. Su kapları laboratuvarından temin edilmiş olan ve uygun standartlara sahip numune şişeleridir. Ayrıca, daha önce farklı yazarlar tarafından çizilmiş olan, mevcut jeolojik haritaların da yardımıyla, çalışma alanındaki jeolojik birimler belirlenerek kaynak yeri haritaya işaretlenmiştir. Kaynak yerinde tespit edilerek, fotoğraf çekimi yapılmıştır (Şekil 3.2.). Kaynağın uygun yerlerinden ayda iki defa (yaklaşık her ayın 15 ve 28'inde) 1000 ml'lik ışık geçirmez şişelere su numuneleri alınmıştır. Numune toplama işlemi Şubat 2023 ile Ocak 2024 arasında bir yıl sürmüştür. Su örnekleme için su geçirmez ağızlı plastik kaplar kullanılarak numuneler alınmıştır. Lokasyon, GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) ile belirlenmiştir.

III. Laboratuvar Çalışmaları:

Örnekler, Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Maden Yatakları Laboratuvarı'nda hazırlanmıştır. Suyun kimyasal ve jeokimyasal özelliklerini belirlemek için laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Bölgeden alınan su numunelerinin fizikokimyasal ve bakteriyolojik analizleri akredite olmuş laboratuvarında yapılmıştır.

Fizikokimyasal analizler; pH, İletkenlik, Toplam Sertlik (Fr), Toplam çözünmüş katı madde (TDS), Karbonat, Bikarbonat, Sodyum, Kalsiyum, Magnezyum, Sülfat, Klorür ve Tuzluluk (NaCl) (TS266, 2005; WHO, 2011).

Bakteriyolojik analizlerden ise; Toplam Koloni Sayısı 22°C, Enterokok, Toplam Koloni Sayısı 37°C, Escherichia coli, Koliform ve Pseudomonas aeruginosa incelenmiştir (ISO 7899-2:2000; ISO 6222:2002; TS266, 2005; TS EN ISO 16266:2009; WHO, 2011 ISO 9308-1:2016).

Su örneklerinde Wilcox, ABD tuzluluk ve Schoeller İçilebilirlik diyagramları kullanılmıştır. Ayrıca, bu suların kullanım alanlarını, özelliklerini ve kalitesini belirlemek için Türk Standartları Enstitüsü (TS266, 2005) standart değerleri ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) kriterleri temel alınmıştır.

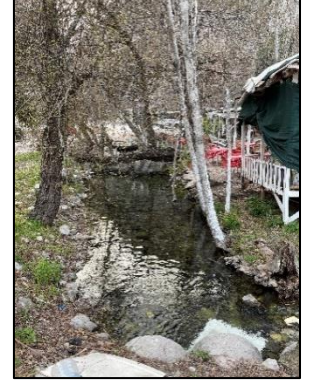
Piper (1944), Schoeller (1955) ve Gibbs (1970) gibi yöntemler suların hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemede kullanılmıştır. Ayrıca, iyonik özelliklerinin değerlendirilmesinde %Na, Sertlik, EC, PI ve pH kullanılmıştır.



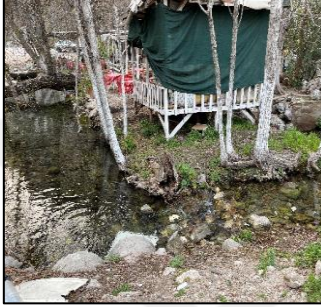
Brn-1



Brn-2



Brn-3



Brn-4



Brn-5



Brn-6



Brn-7



Brn-8



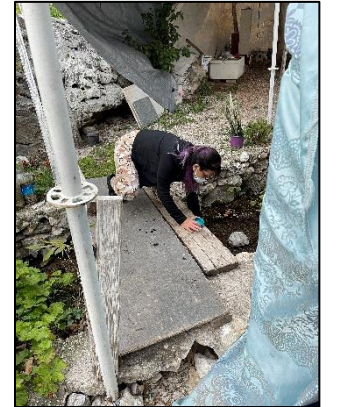
Brn-9



Brn-10



Brn-11



Brn-12

Şekil 3.2. Kaynaktan alınan örneklerin lokasyonlarının yakından görünümüleri

Su örnekleri kurutulduktan sonra kalan tortuları Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü XRF laboratuvarında Rigaku marka NEXCG Model, Kartezyen geometrili polarize enerji dağılımlı, Pd anotlu, X-ışını tüplü, X-ışını floresans spektrometresi yöntemi kullanılmış ve elde edilen analiz sonuçları ppm cinsinden belirlenmiştir. X-ışını Floresans (XRF) Spektroskopisi ile suyun elementel kompozisyonunu tespit etmek için analiz yapılmıştır. XRF tekniği ile ana element oksitleri yüzde (%) ağırlık cinsinden (Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , MnO ve MgO) ve diğer elementler ppm seviyesinde ölçülerek değerlendirilmesi yapılmıştır.

XRF analizi, atom sayısı 9 ile 92 arasında değişen unsurların niceliksel ölçümünü yapabilmektedir. Atom sayısı 9'un altında olan elementleri analiz edemez. Kimyasal bağlanma derecesi konusunda hassasiyet göstermemektedir. XRF genellikle 50kV ve 50mA'de çalışmaktadır. Laboratuvarda 75 ayrı analizin ölçümü yapılmıştır.

IV. Büro Çalışmaları:

Gerek arazi gerek laboratuvar çalışmalarından elde edilen bulguların değerlendirilmesi ve tez yazımı büro çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çizelge ve grafiklerle yorumlanarak tezin son şekli oluşturulmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Canlıların en temel yaşam kaynaklarından biri olan suyun bolluğu ve kalitesi, insanoğlunun yaşam kalitesiyle de doğrudan ilgilidir. Bu sebeple insanoğlu yaşam alanı olarak genellikle akarsu, göl ya da pınarların olduğu su yakını yerleri seçmiştir. Küresel ısınmayla birlikte tatlı su kaynaklarının önemi her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında Hurma Pınarbaşı kaynak suyunun fizikokimyasal ve bazı bakteriyolojik özellikleri belirlenmiştir. Bu açıdan çalışmanın, incelenen parametreler göz önünde bulundurulduğunda ülkemizde geçerli olan TSE 266, 2005, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Standardı ve T.C. Sağlık Bakanlığı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği'nde, sular için belirlenen normal değerlere uygun olup olmadığı belirlenmiştir.

4.1. Hidrojeokimya Çalışmaları

Kaynak suları, yeraltı ve yüzey sularının, bulundukları ve geçtikleri formasyon özelliklerinin, jeotermal etkilerin etkisinde kalabilen sulardır. Bunların içeriklerindeki anyonlar (SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- ve Cl^-) ve katyonlar (Mg^{+2} , Ca^{+2} , K^+ ve Na^+) köken tanımlanmasında kullanılmaktadır (Çizelge 4.1.).

Çizelge 4.1. Katyon ve anyonların analiz sonuçları.

Örnek No.	Ca^{+2} mg/l	Mg^{+2} mg/l	K^+ mg/l	Na^+ mg/l	Cl mg/l	SO_4 mg/l	HCO_3 mg/l
A Lokasyonu Ortalama	33.88	20.17	343.2	30.47	38.45	29.41	203.91
B Lokasyonu Ortalama	33.42	20.03	358.41	30.16	40.16	31.25	218
TS266 (2005) mg/l	75-200	50-150		100-200	200-600	200-400	
WHO (2011) mg/l				40	250	250	
	Sınıf I			125	25		
	Sınıf II			125	200		
SKKY (2008) mg/l	Sınıf III			250	400		
	Sınıf IV			> 250	> 400		

4.2. Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

İnceleme alanındaki A lokasyonuna ait su örneklerinin fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.2'de XRF analiz sonuçları da Çizelge 4.3'de sunulmuştur. B lokasyonuna ait fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analiz sonuçları ise Çizelge 4.4'de ve XRF analiz sonuçları da Çizelge 4.5'de verilmiştir.

4.2.1. Sertlik

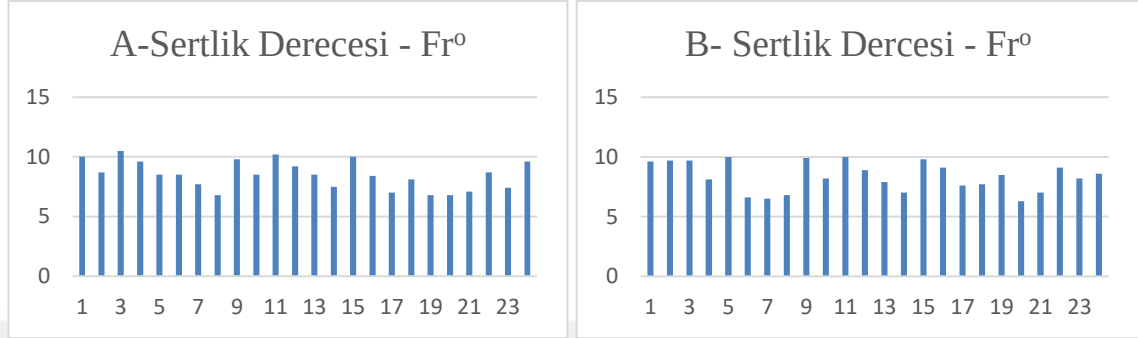
Suların en önemli özelliklerinin başında gelir. Suların sertliği başta Ca ve Mg bikarbonat iyonları olmak üzere, Ca-Mg sülfat, Ca-Mg nitrat ve az miktarda da demir, alüminyum ve stronsiyum iyonlarından ileri gelmektedir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

İnceleme alanına ait su örneklerinin sertlik değerleri şekil ve çizelge halinde verilmiştir (Şekil 4.1.), (Çizelge 4.2.- 4.5).

Sertlik değerleri A lokasyonu için 10,5 ile 6,8 Fr° arasında değişmektedir. Örnekler “Çok yumuşak: 0-7,2” ve “yumuşak:7,2-14,5” sınıfına sahiptir.

B lokasyonunda ise sertlik değerleri 10 ile 6,3 Fr° arasında değişmektedir. Örnekler “Çok yumuşak: 0-7,2” ve “yumuşak:7,2-14,5” sınıfına sahiptir.

Her iki lokasyondan da alınan örnekler sertlik açısından “Menba suyu” sınıfındadır.

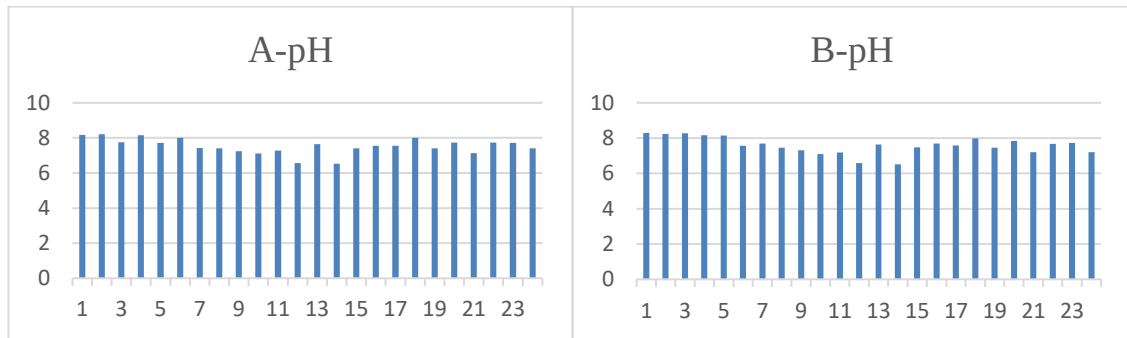


Şekil 4.1. A ve B Lokasyonları su örneklerinin sertlik derecesi

4.2.2. Hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH)

pH, su içindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritmasıdır. pH=7 olan sular ‘nötr sular’ olarak bilinir. Bunlarda H⁺ ve OH⁻ iyonları denge halindedir. Bu tür suların asit ve alkali reaksiyonları yoktur. H⁺ iyonu konsantrasyonunun artması ile pH 7’den küçük değerler alır ve su asit karakter kazanır. OH⁻ iyonu konsantrasyonunun artması ile pH 7’den büyük değerler alır ve su bazik özellik kazanır. pH değerleri 0-14 arasında değişir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Genel olarak yeraltı suları pH<7 olan asit özelliği fazla sulardır.

A lokasyonu için 6,53 ile 8,21 pH arasında değişmektedir (Çizelge 4.2). Örnekler “Bazik karakterli: 7-8,5; 12. ve 14. örnekler hariç” ve “nötr:7” ve “asit karakterli: 7-4,5; sadece 12. ve 14. örnekler” sınıfına sahiptir. B lokasyonu için 6,51 ile 8,29 pH arasında değişmektedir (Çizelge 4.4. Örnekler “Bazik karakterli: 7-8,5; 12. ve 14. örnekler hariç” ve “nötr:7” ve “asit karakterli: 7-4,5; sadece 12. ve 14. örnekler” sınıfına sahiptir. pH değerlerinin mevsime bağlı olarak geniş aralıkta değiştiği düşünülmektedir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. A ve B Lokasyonları su örneklerinin hidrojen iyonu konsantrasyonları

Çizelge 4.2. A lokasyonuna ait su örneklerinin genel kimyasal, fiziksel ve bakteriyolojik özellikleri

Analiz adı	Metod	Limit	Birim	A1- 15.02.2 023	A2- 28.02.2 023	A3- 15.03.2 023	A4- 28.03.2 023	A5- 15.04.2 023	A6- 28.04.2 023	A7- 15.05.2 023	A8- 28.05.2 023	A9- 15.06.2 023	A10- 28.06.2 023	A11- 15.07.2 023	A12- 28.07.2 023	A13- 15.08.2 023	A14- 28.08.2 023	A15- 15.09.2 023	A16- 28.09.2 023	A17- 15.10.2 023	A18- 28.10.2 023	A19- 15.11.2 023	A20- 28.11.2 023	A21- 15.12.2 023	A22- 28.12.2 023	A23- 15.01.2 024	A24- 28.01.2 024
pH	TS EN ISO 10523:2 013	6,5 - 9,5	-	8,17	8,21	7,76	8,16	7,72	8,01	7,42	7,4	7,24	7,12	7,28	6,57	7,64	6,53	7,4	7,56	7,55	8	7,4	7,74	7,14	7,74	7,71	7,41
İletkenlik	SM 2510 B:2021	<2500	µS/cm ⁻¹	444	427	433	440	435	432	454	451	462	540	446	436	495	487	480	527	531	537	479	475	459	488	475	470
Toplam Sertlik Derecesi (Fr) *	SM 2430 C.	Yönetmelik te herhangi bir değer belirtilmemiştir.	°F	10	8,7	10,5	9,6	8,5	8,5	7,7	6,8	9,8	8,5	10,2	9,2	8,5	7,5	10	8,4	7	8,1	6,8	6,8	7,1	8,7	7,4	9,6
Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)*	SM 2540 C.	Yönetmelik te herhangi bir değer belirtilmemiştir.	ppm	224	215,5	218,5	222	219,5	218	229	227	233	272	223	220	249,5	245,5	242	266	268	271	241	239,5	232	246	239,5	237
Karbonat*	SM 2320 B	-	ppm																								
Bikarbonat*	SM 2320 B	-	ppm	230	210	220	280	230	220	195	192	195	234	230	174	162	230	195	160	205	210	135	210	190	200	187	200
Sodyum*	Titrimetri k	<200	mg/L	36	31,2	37	34	30	30,6	27	24	35,28	31	36,72	33,12	30,6	27	36	30,2	25	29,16	24,48	25	25,56	31,3	26,6	34,56
Kalsiyum*	Titrimetri k	Yönetmelik te herhangi bir değer belirtilmemiştir.	mg/L	40	34,8	42	38	34	34	30,8	27	39,2	34	41	36	34	30	40	33,6	28	32	27	27	28	34,8	29,6	38,4
Magnezyum*	Titrimetri k	Yönetmelik te herhangi bir değer belirtilmemiştir.	mg/L	24	20,8	25	20	20	20,4	18,5	16	23	20	24,5	22	20,4	18	24	20,2	17	19,4	16,3	16	17	20,9	17,76	23
Sülfat*	Hach Lange Kit Metod 8051	<250	mg/L	25	29	29	35	32	37	26	24	27	33	24	29	26	24	28	26	26	27	36	28	34	38	33	30
Klorür*	SM 4500 C-B.	<250	ppm	36	28	24	24	26	20	21	20	26	35	52	42	40	46	46	52	36	51	55	45	48	46	62	42
Tuzluluk (NaCl)*	Titrimetri k	-	mg/L	56	57	61	65	60	56	53	52	58	58	65	61	63	61	62	68	63	65	64	63	58	60	61	58

Toplam Koloni Sayısı 22 °C	ISO 6222:2002	1000 kob/ml	kob/ ml	0	0	710	800	710	0	790	80	1740	90	40	0	0	0	0	0	0	0	0	60	640	0	630	0
Enterococcus	ISO 7899-2:2000	0 kob /100 ml	kob/100 ml	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam Koloni Sayısı 37 °C	ISO 6222:2002	200 kob/ml	kob/ ml	40	0	860	980	770	80	870	100	1860	180	100	0	0	0	0	0	0	0	60	110	780	0	780	0
Escherichia coli	ISO 9308-1:2016	0 kob/100 ml	kob/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Koliform	ISO 9308-1:2016	0 kob/100 ml	kob/100 ml	0	0	23	48	36	0	22	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	10	0
Pseudomonas aeruginosa	TS EN ISO 16266:2009	0 kob/100 ml	kob/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 4.3. A lokasyonuna ait su örneklerinin XRF analiz sonuçları

XRF Analizleri	A1-15.02.2023	A2-28.02.2023	A3-15.03.2023	A4-28.03.2023	A5-15.04.2023	A6-28.04.2023	A7-15.05.2023	A8-28.05.2023	A9-15.06.2023	A10-28.06.2023	A11-15.07.2023	A12-28.07.2023	A13-15.08.2023	A14-28.08.2023	A15-15.09.2023	A16-28.09.2023	A17-15.10.2023	A18-28.10.2023	A19-15.11.2023	A20-28.11.2023	A21-15.12.2023	A22-28.12.2023	A23-15.01.2024	A24-28.01.2024
Mg	1550	1300	1390	1590	1260	1300	1210	1700	1420	1190	1730	1480	1200	1040	1220	1050	1310	1960	1760	1920	1350	1810	1720	1780
Al	ND	99,3	ND	113	ND	ND	ND	ND	100	87,5	ND	105	87,9	110	ND	ND	91,6	114	90,9	ND	101	145	110	ND
Si	754	694	738	743	609	650	622	730	837	559	702	760	627	660	653	649	483	817	825	835	622	791	712	766
P	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S	1940	1940	1880	2040	1480	2070	1880	1550	2040	2170	1550	1670	1710	1520	2010	2140	1910	1840	1880	2150	2170	2200	2410	2370
Cl	950	968	916	1020	826	1070	905	1280	1630	1460	946	1140	1200	1130	1240	1280	1120	1530	1040	1260	1350	1330	1780	1750
K	349	220	315	255	472	422	339	359	354	332	279	304	357	388	299	388	251	396	312	325	342	365	426	388
Ca	5880	5550	5780	11000	3330	5490	2470	6220	7600	3090	13200	13300	5710	16000	5900	4230	4920	7850	7370	7980	4790	10900	5830	16200
Ti	4,01	5,57	4,52	7,34	4,28	6,52	4,79	473	5,3	4,06	5,44	8,04	5,49	10,1	5,47	4,24	4,01	6,54	3,14	5,01	3,04	6,85	3,63	5,3
V	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,05	ND	ND	ND	ND	ND	1,09	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr	1,81	1,5	1,8	1,96	1,23	1,3	1,12	1,27	1,3	1,33	1,11	1,05	1,97	1,86	2,3	2,01	1,31	1,68	1,85	2,01	1,27	1,86	1,52	1,42
Mn	ND	1,62	1,44	ND	ND	ND	1,65	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,92	ND	ND	ND	ND	ND	1,85	ND	1,98	2,83
Fe	8,62	9,04	8,05	8,11	7,21	8,51	9,06	7,48	8,74	6,72	8,43	7,59	8,94	9,74	11,8	9,06	9,21	10,5	7,8	7,71	6,94	5,36	8,18	7,52
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ni	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cu	0,973	0,36	0,7	1,05	0,636	0,937	0,679	0,978	0,711	1,01	ND	1,19	0,9	0,587	0,733	0,606	0,473	0,915	0,638	0,605	0,555	0,974	ND	0,626
Zn	2,92	1,93	1,54	2,09	2,39	2,46	2,48	2,33	3,3	1,89	2,19	3,04	2,26	3,01	2,13	2,25	2,29	2,48	2,44	2,71	2,19	2,34	2,53	2,47
Ga	ND	ND	ND	ND	ND	0,182	ND	0,23	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ge	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
As	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Se	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Br	0,543	0,442	0,503	0,511	0,543	0,533	0,395	0,454	0,569	0,468	0,47	0,456	0,439	0,483	0,459	0,461	0,491	0,431	0,321	0,417	0,464	0,453	0,558	0,502
Rb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sr	4,37	3,29	2,96	5,97	1,56	2,98	2,13	3,47	5,4	2,01	6,53	6,6	4,14	7,2	3,02	2,47	3,19	5,92	5,45	4,8	1,75	4,45	4,9	6,04
Y	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Ru	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Rh	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ag	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,659
In	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,37	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Te	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cs	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ba	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
La	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ce	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hf	1,79	1,68	ND	ND	2,01	1,61	1,9	0,884	2,03	1,68	1,87	ND	ND	2,12	ND	1,88	1,86	ND	1,82	1,66	1,62	ND	2,4	3,51
Ta	ND	ND	1,07	0,902	1,31	ND	1,47	0,847	1,47	ND	1,2	ND	0,98	1,82	1,74	1,59	1,34	1,34	1,1	1,27	1,61	1,57	ND	1,82
W	1,37	1,23	1,42	1,19	0,903	1,04	1	1,13	ND	1,39	1,12	ND	1,13	1,95	0,931	ND	1,6	1,34	1,12	ND	ND	ND	1,63	2,12
Ir	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pt	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,635	ND	ND	ND	ND
Au	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tl	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,726	ND	ND	ND	ND	ND	0,831
Bi	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,419
Th	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
U	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
H2O mass%	98,8	98,8	98,8	98,2	99,2	98,9	99,2	98,8	98,6	99,1	98,1	98,1	98,9	97,9	98,8	99	98,9	98,5	98,6	98,5	98,8	98,2	97,9	97,6
Na	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	7790	ND
Sc	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zr	397	475	459	492	409	408	392	435	427	426	457	461	379	476	451	454	470	425	445	470	452	445	452	465
Tc	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Re	0,953	1,01	1,69	1,16	0,988	1,07	1,38	0,835	1,11	0,729	0,932	0,783	0,888	1,96	0,525	0,973	1,16	0,549	0,7	0,539	0,642	0,725	0,866	0,743
Os	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,801	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,693	ND
Ac	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pa	ND	446	446	422	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	417	ND	425	ND	ND	ND	400	ND	ND	ND
Pm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Eu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4,28	ND	12,5	ND	ND
Gd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3,48	ND	4,63	ND
Dy	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3,71	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,23	3,02	ND	3,49
Ho	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Er	ND	1,63	ND	ND	ND	1,49	ND	ND	ND	ND	1,65	2,12	1,47	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,64
Tm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,01	1,52	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,95	ND
Yb	ND	1,39	ND	ND	1,1	1,19	1,36	ND	ND	ND	1,12	ND	1,17	ND	1,55	ND	ND	ND	ND	3,02	ND	ND	ND	ND
Lu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,903	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,18	ND	ND

Çizelge 4.4. B lokasyonuna ait su örneklerinin genel kimyasal, fiziksel ve bakteriyolojik özellikleri.

Analiz adı	Metod	Limit	Birim	B1-15.02.2023	B2-28.02.2023	B3-15.03.2023	B4-28.03.2023	B5-15.04.2023	B6-28.04.2023	B7-15.05.2023	B8-28.05.2023	B9-15.06.2023	B10-28.06.2023	B11-15.07.2023	B12-28.07.2023	B13-15.08.2023	B14-28.08.2023	B15-15.09.2023	B16-28.09.2023	B17-15.10.2023	B18-28.10.2023	B19-15.11.2023	B20-28.11.2023	B21-15.12.2023	B22-28.12.2023	B23-15.01.2024	B24-28.01.2024
pH	TS EN ISO 10523:2013	6,5 - 9,5	-	8,29	8,23	8,28	8,17	8,15	7,57	7,69	7,45	7,32	7,09	7,19	6,58	7,63	6,51	7,48	7,7	7,58	7,99	7,46	7,83	7,21	7,68	7,73	7,21
İletkenlik	SM 2510 B:2021	<2500	µS/cm-1	440	443	439	434	447	456	450	454	465	476,5	452	452	477	489	495	555	536	542	480	510	490	495	485	488
Toplam Sertlik Derecesi (Fr) *	SM 2430 C.	Yönetmelik te herhangi bir değer belirtilmemiştir.	0F	9,6	9,7	9,7	8,1	10	6,6	6,5	6,8	9,9	8,2	10	8,9	7,9	7	9,8	9,1	7,6	7,7	8,5	6,3	7	9,1	8,2	8,6
Toplam Çözünmüş Katı Madde (TDS)*	SM 2540 C.	Yönetmelik te herhangi bir değer belirtilmemiştir.	ppm	222	223,5	221,5	219	225	230	227	229	234	240	226	228	240,5	246,5	249,5	280	270	273	242	257	247	250	244,5	246
Karbonat*	SM 2320 B	-	ppm																								
Bikarbonat*	SM 2320 B	-	ppm	230	260	280	264	210	230	240	235	220	260	220	238	170	200	200	163	220	195	162	240	200	220	190	185
Sodyum*	Titrimetrik	<200	mg/L	34,5	34,9	34,9	29	36	23,8	23	24	35,64	29	36	32,04	31,6	25,2	35,2	32,8	27	27,7	30,6	22,6	25,2	32,76	29,5	30,96
Kalsiyum*	Titrimetrik	Yönetmelik te herhangi bir değer belirtilmemiştir.	mg/L	38	38,8	38,8	32	40	26	26	27	39,6	33	40	36	32	28	39	36,4	30	31	34	25	28	36,4	32,8	34,4
Magnezyum*	Titrimetrik	Yönetmelik te herhangi bir değer belirtilmemiştir.	mg/L	23	23,28	23,3	19,4	24	15,8	15,6	16	23,76	19,7	24	21,4	18,96	16,8	23,5	21,8	18	18,5	20	15	17	21,8	19,68	20,6
Sulfat*	Hach Lange Kit Metod 8051	<250	mg/L	29	32	31	28	29	32	31	25	26	34	25	23	25	24	34	25	28	29	51	34	37	41	40	37
Klorür*	SM 4500 C-B.	<250	ppm	22	24	26	25	22	23	24	26	28	38	54	48	38	54	48	50	41	46	65	51	51	50	65	45
Tuzluluk (NaCl)*	Titrimetrik	-	mg/L	58	63	63	57	58	61	54	55	61	55	68	65	60	62	65	70	65	67	75	65	61	59	67	63

Toplam Koloni Sayısı 22 °C	ISO 6222:2002	1000 kob/ml	kob/ ml	540	0	760	0	770	0	980	100	1810	150	60	0	0	0	0	0	0	340	30	540	960	0	740	0
Enterococcus	ISO 7899-2:2000	0 kob /100 ml	kob/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Toplam Koloni Sayısı 37 °C	ISO 6222:2002	200 kob/ml	kob/ ml	600	0	840	0	900	30	1400	160	1940	300	140	0	0	0	0	0	0	560	110	660	1200	0	960	0
Escherichia coli	ISO 9308-1:2016	0 kob/100 ml	kob/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Koliform	ISO 9308-1:2016	0 kob/100 ml	kob/100 ml	0	0	30	0	46	0	90	0	90	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	10	48	0	13	0
Pseudomonas aeruginosa	TS EN ISO 16266:2009	0 kob/100 ml	kob/100ml	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Çizelge 4.5. B lokasyonuna ait su örneklerinin XRF analiz sonuçları

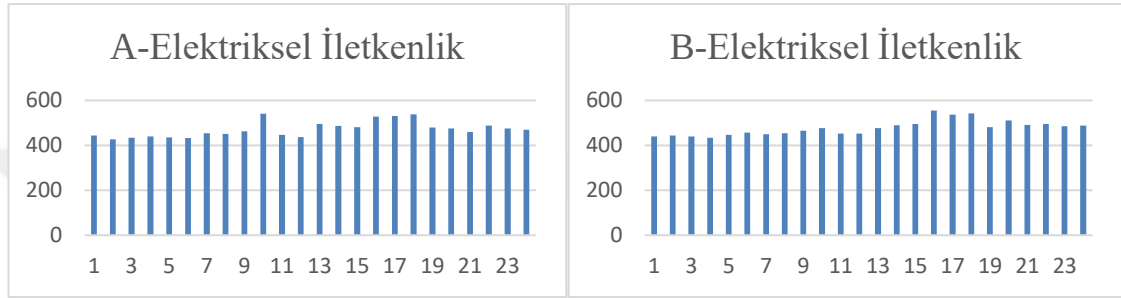
XRF Analizleri	B1-15.02.2023	B2-28.02.2023	B3-15.03.2023	B4-28.03.2023	B5-15.04.2023	B6-28.04.2023	B7-15.05.2023	B8-28.05.2023	B9-15.06.2023	B10-28.06.2023	B11-15.07.2023	B12-28.07.2023	B13-15.08.2023	B14-28.08.2023	B15-15.09.2023	B16-28.09.2023	B17-15.10.2023	B18-28.10.2023	B19-15.11.2023	B20-28.11.2023	B21-15.12.2023	B22-28.12.2023	B23-15.01.2024	B24-28.01.2024
Mg	1570	1250	1170	1630	1370	1470	1180	1160	1390	1520	1420	1480	1070	1020	1070	1310	1040	1410	1360	1810	1920	1980	1090	2200
Al	104	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	129	ND	104	ND	136	94,5	97,5	130	91,3	ND	ND	112	111	ND	103	113
Si	767	565	710	760	599	623	626	638	829	802	699	500	501	665	645	571	553	674	657	670	819	827	389	791
P	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
S	2420	1770	2140	1830	1570	1590	1570	2020	1950	1830	2390	1730	1670	1620	2030	1720	1690	2040	2080	2880	2390	2000	1480	2100
Cl	1250	895	1120	1080	751	876	818	1190	1610	1750	1230	929	1090	1300	1340	1110	1140	1530	1320	1470	1390	1120	1190	1220
K	425	332	408	475	366	386	314	321	328	367	384	279	336	343	355	348	261	391	365	493	392	340	257	336
Ca	8490	3770	6620	13000	3530	10200	4460	3020	7570	6530	7150	4680	5060	7210	4700	10000	6540	10800	5530	9950	10200	6630	4480	9600
Ti	6,89	4,37	4,99	7,71	4,82	6,44	5,09	2,74	5,35	3,65	4,43	4,17	4,76	4,73	4,23	9,4	5,25	5,31	1,93	ND	ND	3,81	ND	4,89
V	ND	1	ND	ND	0,701	ND	ND	0,771	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr	1,38	1,44	1,82	1,19	1,27	1,45	0,963	1,3	1,33	1,17	1,47	1,2	2,19	1,76	2,15	2,5	2,11	1,72	1,49	1,95	2,09	1,73	1,1	1,29
Mn	ND	1,87	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,86
Fe	7,64	6,84	7,91	8,67	7	7,69	8,24	9,2	9,69	6,53	9,03	6,75	10,6	10,2	7,97	17	9,36	9,31	7,11	9,11	8,3	8,13	6,85	7,04
Co	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ni	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,461	ND	ND	ND	0,648	ND	ND	0,561	ND	ND	ND	ND	0,369	ND	ND
Cu	1,16	1	1,29	2,5	0,924	1,56	0,658	0,839	1,13	1,01	0,641	ND	1,24	1,58	0,759	0,491	0,672	0,954	ND	0,693	0,977	0,784	1,02	1,2
Zn	2,75	18,8	2,63	3,68	1,86	2,77	1,84	2,84	3,32	2,3	2,45	2,7	1,84	2,46	1,88	2,67	2,05	2,38	2,91	1,91	2,03	2,49	1,92	2,59
Ga	ND	ND	ND	0,26	ND	0,467	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,268	ND	0,303	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ge	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
As	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Se	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Br	0,555	0,445	0,627	0,587	0,484	0,576	0,472	0,51	0,564	0,569	0,581	0,437	0,495	0,494	0,493	0,517	0,472	0,5	0,56	0,549	0,457	0,467	0,398	0,486
Rb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sr	2,89	1,35	2,29	6,74	1,43	5,36	2,38	1,32	5,34	4,96	5,84	3	3,39	5,17	2,69	3,77	3,85	5,67	2,16	4,67	4,87	4,67	2,6	4,43
Y	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ru	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Rh	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ag	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
In	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Te	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
I	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cs	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ba	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
La	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ce	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pr	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Hf	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,46	2,05	ND	2,57	1,98	1,51	ND	1,83	2,08	2,2	ND	1,68	2,31	2,25	2,09	ND	ND
Ta	0,931	1,14	ND	ND	ND	ND	ND	1,55	ND	1,11	1,77	1,62	ND	ND	1,15	1,51	1,09	1,38	1,57	ND	ND	ND	1,13	ND
W	ND	ND	1,47	ND	1,13	1,11	0,861	1,32	ND	1,48	ND	1,33	1,3	2	1,62	1,57	1,54	1,71	ND	1,37	1,65	1,71	1,5	ND
Ir	ND	ND	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,18
Pt	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Au	ND	0,497	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,787
Hg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tl	ND	ND	ND	ND	0,338	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	0,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Bi	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Th	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
U	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
H2O mass%	98,4	99,1	98,7	98,1	99,1	98,4	99,1	99,1	98,6	98,7	98,6	99	99	98,7	98,9	98,4	98,8	97,6	98,8	98,2	98,2	98,7	99,1	98,3
Na	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	6880	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sc	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zr	466	405	403	419	424	441	408	384	414	421	419	433	426	412	404	404	425	461	384	455	445	413	411	457
Tc	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Re	0,964	1,26	0,849	0,927	1,32	1,14	0,715	1,01	0,777	1,64	0,902	1,1	0,862	1,38	1,81	1,24	0,932	1,26	0,83	1,67	0,97	1,12	1,63	1,19
Os	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ac	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pa	ND	ND	ND	ND	1,93	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	382	ND	423	ND	ND	ND	ND	417
Pm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Eu	ND	ND	4,59	5,83	ND	3,32	ND	ND	ND	5,35	ND	3,3	ND	ND	5,55	4,14	ND	ND	3,43	ND	ND	ND	ND	ND
Gd	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,63	ND	1,96	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Tb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Dy	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,51	ND	2,15	ND	ND	ND	1,88	ND	ND	2,58	ND	ND	ND	1,88
Ho	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Er	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,74	ND	3,09	ND	ND	ND	ND	ND	1,82	ND	3,96	1,38	ND	ND	ND	2,52	ND
Tm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,45	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,39	1,38	ND	ND	ND	ND	ND
Yb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,46	ND	1,91	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,93	2,12	ND	ND	ND	1,25	ND
Lu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,1	ND	0,88	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

4.2.3. Özgül elektriksel iletkenlik (EC)

Genel olarak bütün sular elektriği iletir. İyon konsantrasyonu ile bu iletkenlik artar. Özgül elektriksel iletkenliğin ölçüsü micromho/cm'dir. Özgül elektriksel iletkenlik, +25°C deki 1 cm³ suyun iletkenliğidir. İçme ve sulama suları sınıflamasında bir ölçüt olarak kullanılmaktadır.

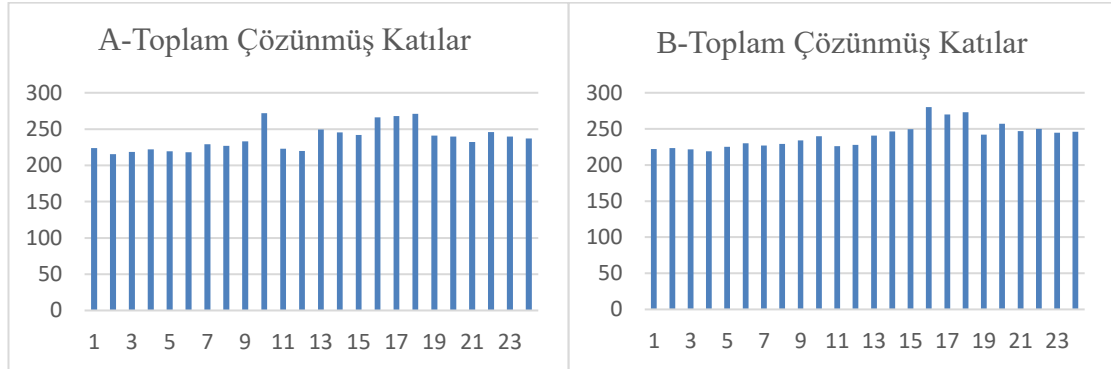
Çalışma alanındaki suların elektriksel iletkenlik değerleri A: 427 – 540 mch/cm ve B: 434-555 mch/cm arasında değişmektedir ve bu durumda sulama suyu olarak “iyi” sınıftadır (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. A ve B Lokasyonları su örneklerinin elektriksel iletkenlik konsantrasyonları

4.2.4. Toplam çözünmüş madde (TDS)

Su içinde çözünmüş olan tüm organik ve inorganik maddelerin toplam konsantrasyonunu ifade eden bir parametredir. Suyun toplam çözünmüş madde değeri A: 215,5-272 ve B: 219-280 mg/l arasında değişmekte olup, ortalamaları ise A: 243,75 ve B: 249,5'dir ve iki lokasyon da “Tatlı Su” olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. A ve B Lokasyonları su örneklerinin toplam çözünmüş madde değeri

4.2.5. Permeabilite indeksi (PI)

Su kalite sınıflamasında kullanılan önemli indekslerden biridir.

“ $PI = (Na + \sqrt{HCO_3} / Ca + Mg + Na) \times 100$ ” formülü yardımı ile belirlenen PI değerleri “ >75 ise uygun; 75-25 arasında ise orta; <25 ise uygun olmayan” sudur (Doneen, 1964).

Su örneklerinin ortalama PI değeri A: 53 ve B: 54 olarak bulunmuştur. Buna göre bu suların II. sınıf sulara işaret ettiği görülmektedir ve sulama suyu olarak “orta” sınıfındadır (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.6. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin permeabilite indeksleri

ÖRNEKLER	PI %	ÖRNEKLER	PI %
A-1	51,17	B-1	52,01
A-2	52,64	B-2	52,61
A-3	49,84	B-3	53,23
A-4	55,14	B-4	56,28
A-5	53,77	B-5	50,49
A-6	53,45	B-6	59,4
A-7	53,69	B-7	59,59
A-8	56,5	B-8	58,7
A-9	50,52	B-9	50,98
A-10	54,47	B-10	55,23
A-11	50,76	B-11	50,83
A-12	50,82	B-12	53,07
A-13	50,97	B-13	54,07
A-14	56,22	B-14	56,2
A-15	49,96	B-15	50,5
A-16	51,01	B-16	50,07
A-17	56,17	B-17	55,78
A-18	54,18	B-18	53,97
A-19	53,26	B-19	51,22
A-20	58,08	B-20	60,85
A-21	55,76	B-21	56,04
A-22	52,23	B-22	52,32
A-23	54,45	B-23	52,8
A-24	50,75	B-24	51,84
ORTALAMA	53,16		54,09

4.2.6. Magnezyum tehlikesi (MT)

Sulama suyunda Mg artışı toprak kalitesini olumsuz olarak etkilemektedir. Szabolcs ve Darab (1964)'a göre magnezyum tehlikesinin belirlenmesinde elde edilen MT katsayısının >50 olması durumunda sulama suyu olarak kullanıma uygun değildir (Davraz ve Çakmak, 2016). Aşağıdaki bağıntı ile belirlenmiştir.

$$MT=100x [rMg / (rMg+rCa)]$$

Su örneklerinin ortalama MT değeri A: 12,3856 ve B: 12,0857 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7.). Bu durumda MT değerine göre sulama suyu olarak kullanıma uygundur.

Çizelge 4.7. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin magnezyum tehlikesi değerleri

ÖRNEKLER	MT	ÖRNEKLER	MT
A-1	16,81	B-1	15,21
A-2	12,8164	B-2	15,8404
A-3	18,49	B-3	15,8404
A-4	15,21	B-4	10,89
A-5	12,25	B-5	16,81
A-6	12,25	B-6	7,29
A-7	10,1124	B-7	7,29
A-8	7,84	B-8	7,84
A-9	16,1604	B-9	16,4836
A-10	12,25	B-10	11,56
A-11	17,64	B-11	16,81
A-12	13,69	B-12	13,69
A-13	12,25	B-13	10,89
A-14	9,61	B-14	8,41
A-15	16,81	B-15	16
A-16	11,9716	B-16	13,9876
A-17	8,41	B-17	9,61
A-18	10,89	B-18	10,24
A-19	7,84	B-19	12,25
A-20	7,84	B-20	6,76
A-21	8,41	B-21	8,41
A-22	12,8164	B-22	13,9876
A-23	9,3636	B-23	11,4244
A-24	15,5236	B-24	12,5316
ORTALAMA	12,3856		12,0857

4.2.7. Kelly oranı (KR)

Suların Na, Ca ve Mg içeriklerine göre verilen Kelly oranı (KR)'nın 1'in altında değerleri sulama suyuna uygun olarak verilmiştir (Kelley 1963) (Davraz ve Varol, 2022).

Su örneklerinin ortalama KR değeri: A: 0,19783 ve B: 0,19782 olarak bulunmuştur. Buna göre bu sulama suyuna uygun olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8.).

$KR = (Na/Ca + Mg)$ Formülü yardımı ile “..< 1 ise uygun; ..>1 ise uygun olmayan” sudur (Kelly 1963).

Çizelge 4.8. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin Kelly Oranı

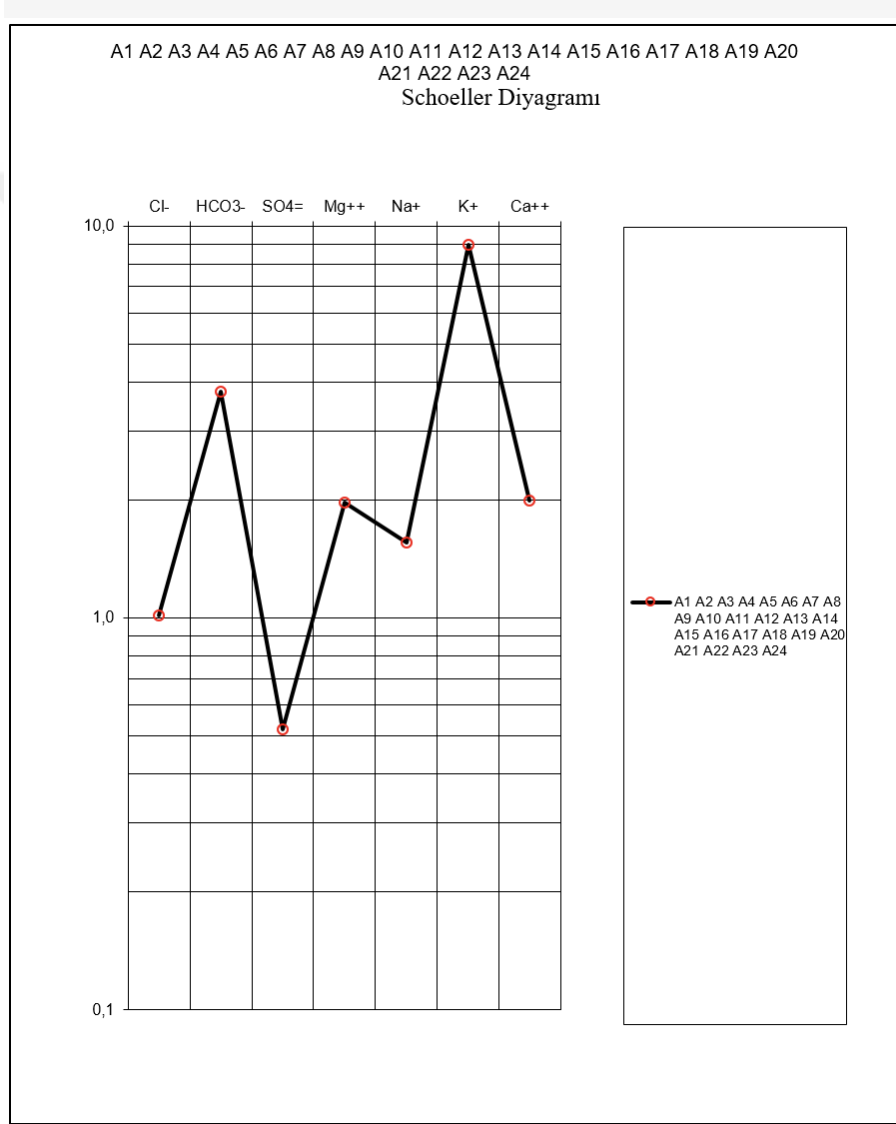
ÖRNEKLER	KR	ÖRNEKLER	KR
A-1	0,197	B-1	0,1981
A-2	0,197	B-2	0,1971
A-3	0,194	B-3	0,197
A-4	0,209	B-4	0,1975
A-5	0,195	B-5	0,1972
A-6	0,197	B-6	0,1993
A-7	0,192	B-7	0,1938
A-8	0,196	B-8	0,196
A-9	0,199	B-9	0,1972
A-10	0,202	B-10	0,193
A-11	0,197	B-11	0,1972
A-12	0,2	B-12	0,1959
A-13	0,197	B-13	0,2177
A-14	0,197	B-14	0,1972
A-15	0,197	B-15	0,1973
A-16	0,197	B-16	0,1976
A-17	0,194	B-17	0,1972
A-18	0,199	B-18	0,1963
A-19	0,198	B-19	0,1991
A-20	0,204	B-20	0,1981
A-21	0,199	B-21	0,196
A-22	0,197	B-22	0,1974
A-23	0,197	B-23	0,1971
A-24	0,197	B-24	0,1974
ORTALAMA	0,19783		0,19782

4.3.Suların Kimyasal Sınıflandırılması

4.3.1. Schoeller göre suların sınıflandırılması

Her bir su örneğinin anyon-kasyon değerleri kullanılarak sınıflandırmaları yapılabilmektedir. En sık kullanılan sınıflandırma yöntemlerinden bir tanesi de suların Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} İyonlarının meq/l değerlerinin logaritmik kağıda çizilmeleriyle elde edilen Schoeller diyagramıdır.

Schoeller İçilebilirlik Diyagramına göre; çalışma alanındaki sular “içilebilir” nitelikte olup, “iyi ve çok iyi kaliteli sular” sınıfındadır (Şekil 4.5.).

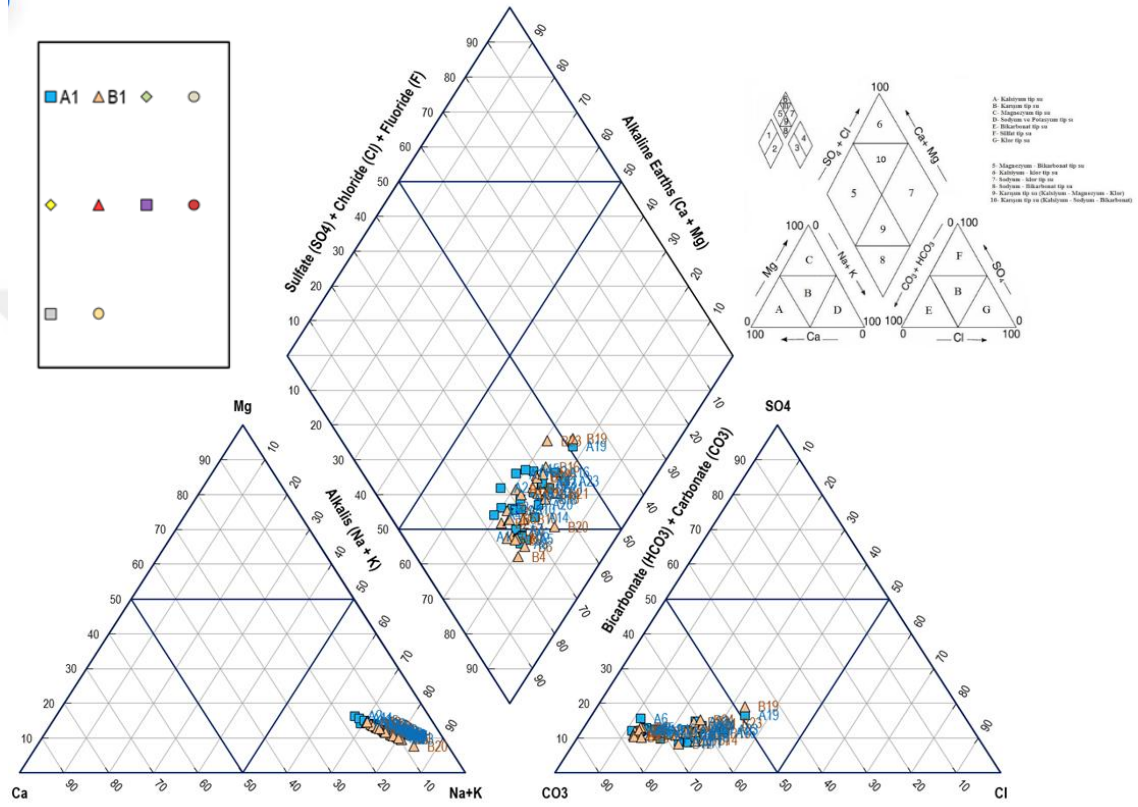


Şekil 4.5. Schoeller İçilebilirlik diyagramı

4.3.1.1. Piper diyagramı

Pınarbaşı kaynak suyundan alınan örneklerin anyon ve katyon içerikleri Piper (1944) diyagramı üzerinde gösterilmiştir (Şekil 4.6.).

Bu Piper diyagramı (1944) grafiğine göre kaynak suyu, 9: Karışım tip su (Kalsiyum-Magnezyum-Klor); E: Bikarbonat tip su; D: Sodyum ve Potasyum tip su; 8: Sodyum-Bikarbonat tip su; B: Karışım tip su; 7: Sodyum-Klor tip su olarak belirlenmiştir (Şekil 4.6.).

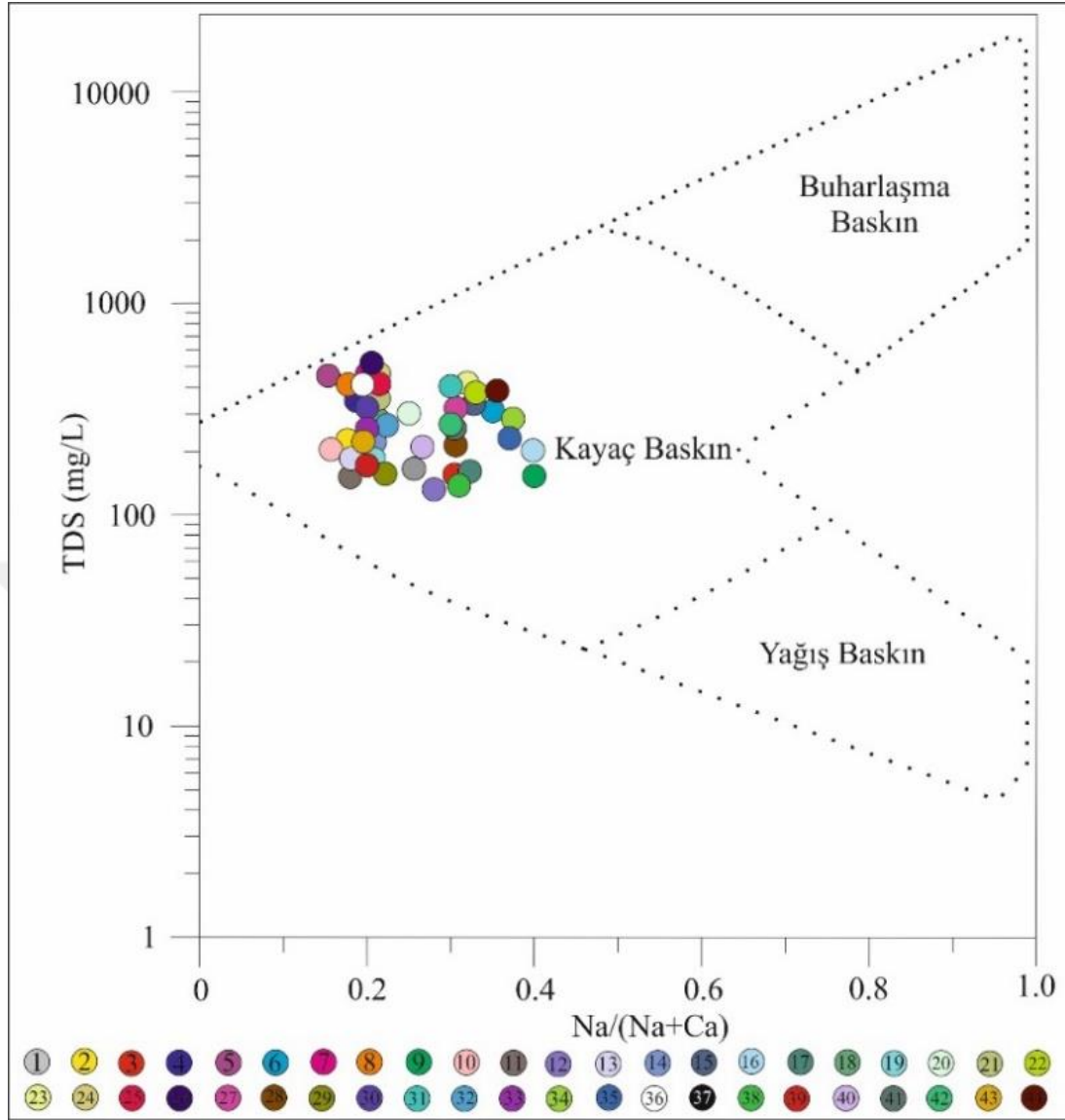


Şekil 4.6. Piper diyagramı

4.3.1.2. Gibbs diyagramı

Suların majör iyon içeriklerini denetleyen mekanizmaların daha eksiksiz olarak anlaşılmasında Gibbs diyagramı yaygın olarak kullanılmaktadır. Gibbs (1970) tarafından geliştirilen diyagramda genellikle TDS ve $\text{Na}/(\text{Na}+\text{Ca})$ veya $\text{Cl}/(\text{Cl}+\text{HCO}_3)$ arasındaki ilişkilere dayalı olarak olası su kimyasal değişken kaynakları değerlendirilmektedir (Wang et al. 2020). Bu diyagramda yüzey ve yeraltı sularının kimyasını kontrol eden kayaç, buharlaşma ve atmosferik yağış gibi kaynaklar belirlenebilmektedir (Davraz ve Varol, 2022).

Diyagram, kaya kimyası ile yeraltı sularının kimyası arasındaki etkileşimin “kayaç baskın” olduğunu gözler önüne sermektedir (Şekil 4.7.). Bölgede yeraltısuyu kimyasını denetleyen temel faktör kaya-su etkileşimidir.

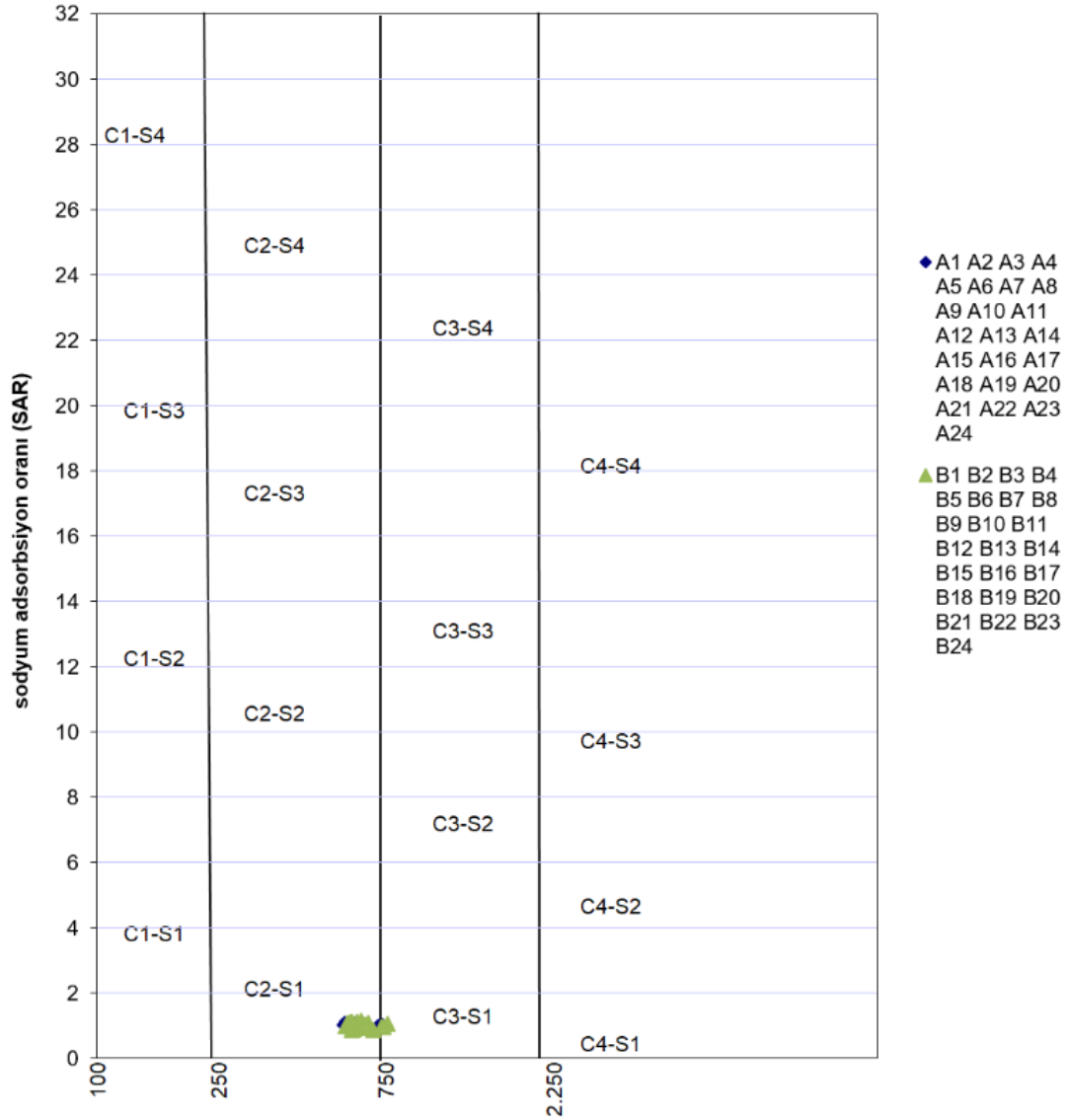


Şekil 4.7. Gibbs diyagramı

4.3.2. ABD tuzluluk laboratuvarı diyagramı

Bu sınıflandırmada sular (SAR) ve (EC) değerleri göz önüne alınarak, tuzluluklarına göre 4, sodyum miktarlarına göre 4 olmak üzere sulama suyu bakımından toplam 16 alt sınıfa ayrılmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

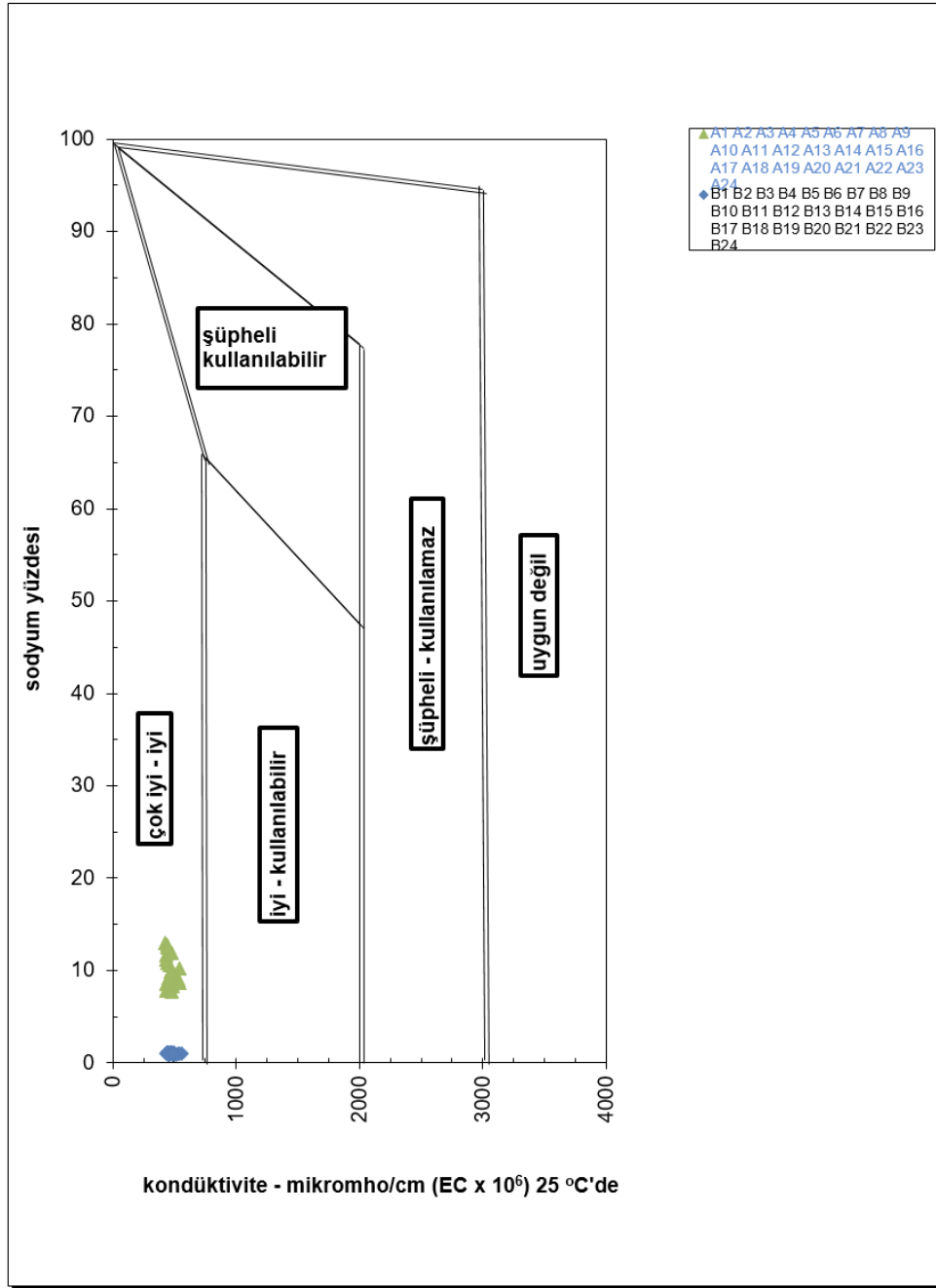
Çalışma alanındaki sular ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre genellikle C2S1 ve C3S1 sınıfında yer almaktadır. Buna göre orta tuzlulukta ve düşük sodyumlu su olarak sınıflandırılabilir. Bu durumda sodyuma karşı çok duyarlı olan bitkilerin dışında ve orta derecede tuza gereksinim duyan bitkileri için kullanılabilir niteliktedir (Şekil 4.8.).



Şekil 4.8. A ve B Lokasyonları su örneklerinin ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramı

4.3.3. Wilcox diyagramı

Suların EC ve % Na değerleri kullanılarak 5 sınıfa ayrılır. Sulama suyu sınıflandırılmasında kullanılan Wilcox diyagramına göre; sular “çok iyi-iyi” olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.9.).



Şekil 4.9. Wilcox diyagramı

4.3.4. Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)

Sulama suları için önemli bir iyon özelliğidir. Aşağıdaki bağıntı ile belirlenmiştir.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Su örneklerinin ortalama SAR, SAR ug, SAR% değerleri: A: 0,563; 563,826; 5,639 ve B: 0,563; 564,223; 5,643 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin SAR değerleri

ÖRNEKLER	SAR	SAR ug	SAR %	ÖRNEKLER	SAR	SAR ug	SAR %
A-1	0,56	562,5	5,63	B-1	0,57	565,57	5,66
A-2	0,56	561,15	5,61	B-2	0,56	562,18	5,62
A-3	0,55	552,24	5,52	B-3	0,56	562	5,62
A-4	0,59	586,21	5,86	B-4	0,56	564,2	5,64
A-5	0,56	555,56	5,56	B-5	0,56	562,5	5,63
A-6	0,56	562,5	5,63	B-6	0,57	569,38	5,69
A-7	0,55	547,67	5,48	B-7	0,55	552,88	5,53
A-8	0,56	558,14	5,58	B-8	0,56	558,14	5,58
A-9	0,57	567,2	5,67	B-9	0,56	562,5	5,63
A-10	0,57	574,07	5,74	B-10	0,55	550,28	5,5
A-11	0,56	560,61	5,61	B-11	0,56	562,5	5,63
A-12	0,57	571,03	5,71	B-12	0,56	558,19	5,58
A-13	0,56	562,5	5,63	B-13	0,62	620,09	6,2
A-14	0,56	562,5	5,63	B-14	0,56	562,5	5,63
A-15	0,56	562,5	5,63	B-15	0,56	563,2	5,63
A-16	0,56	561,34	5,61	B-16	0,56	563,57	5,64
A-17	0,56	555,56	5,56	B-17	0,56	562,5	5,63
A-18	0,57	567,32	5,67	B-18	0,56	559,6	5,6
A-19	0,57	565,36	5,65	B-19	0,57	566,67	5,67
A-20	0,58	581,4	5,81	B-20	0,57	565	5,65
A-21	0,57	568	5,68	B-21	0,56	560	5,6
A-22	0,56	561,94	5,62	B-22	0,56	562,89	5,63
A-23	0,56	561,66	5,62	B-23	0,56	562,12	5,62
A-24	0,56	562,87	5,63	B-24	0,56	562,91	5,63
ORTALAMA	0,563	563,826	5,639		0,563	564,223	5,643

Buna göre suların tümü “Çok iyi özellikte sulama suyu” niteliği taşımaktadır (Çizelge 4.10.).

4.3.5. Sodyum iyonu yüzdesi (%Na)

Sulama suları için önemli olan bir iyonik özelliktir. Sulama sularında sodyum yüzdesinin artışı topraktaki kalsiyum ve magnezyumla baz değişimi doğuracağından istenmez. Sular için sınıflandırma ölçütü olarak kullanılır. Aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$\%Na = \frac{Na^{+}}{Na^{+} + Ca^{++} + Mg^{++} + K^{+}} \cdot 100$$

Su örneklerinin ortalama Na% değeri A:0,315542 ve B:0,300667 şeklinde bulunmuştur (Çizelge 4.10.). Buna göre sulama suyu açısından “mükemmel” olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 4.10. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin Na% değerleri

ÖRNEKLER	Na %	ÖRNEKLER	Na %
A-1	0,349	B-1	0,288
A-2	0,442	B-2	0,354
A-3	0,384	B-3	0,301
A-4	0,426	B-4	0,227
A-5	0,235	B-5	0,336
A-6	0,263	B-6	0,229
A-7	0,283	B-7	0,264
A-8	0,245	B-8	0,269
A-9	0,34	B-9	0,363
A-10	0,323	B-10	0,281
A-11	0,419	B-11	0,324
A-12	0,365	B-12	0,378
A-13	0,301	B-13	0,328
A-14	0,254	B-14	0,265
A-15	0,392	B-15	0,338
A-16	0,278	B-16	0,325
A-17	0,339	B-17	0,35
A-18	0,266	B-18	0,257
A-19	0,28	B-19	0,296
A-20	0,277	B-20	0,177
A-21	0,269	B-21	0,237
A-22	0,301	B-22	0,331
A-23	0,231	B-23	0,379
A-24	0,311	B-24	0,319
ORTALAMA	0,315542		0,300667

4.4. Ağır Metal Analizleri

Çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olan ağır metaller, antropojenik olabileceği gibi jeolojik kökenli de olabilmektedir. Sularda bulunabilen ağır metal anomalilerinin belirlenmesi kadar, varlığının nedenlerinin ortaya konması da önemlidir. Nedenlerinin ortaya konması sonucunda iyileştirme ve/veya önleme çalışmaları hayata geçirilebilir. Ağır metal anomalilerinin belirlenmesi sırasında farklı analiz yöntemleri kullanılmaktadır.

4.4.1. Ağır metal kirlilik indeksi (CF)

Ağır metal kirlilik indeksi: “ $CF < 1$ Az kirlilik; $1 \leq CF < 3$ Orta derecede kirlilik; $3 \leq CF < 6$ Önemli ölçüde kirlilik; $CF \geq 6$ Aşırı derecede kirlilik” olarak belirlenmiştir (Gashi vd., 2016).

Cr için, su örneklerinin ortalama CF değerlerine göre A: 38,33 ve B: 43 olarak bulunmuştur (Aşırı derecede kirlilik) (Çizelge 4.11).

Cu için, su örneklerinin ortalama CF değerlerine göre A: 0,34 ve B: 0,48 olarak bulunmuştur (Az kirlilik).

Fe için, su örneklerinin ortalama CF değerlerine göre A: 30,70 ve B: 31,20 olarak bulunmuştur (Aşırı derecede kirlilik).

Zn için, su örneklerinin ortalama CF değerlerine göre A: 1,18 ve B: 1,18 olarak bulunmuştur (Orta derecede kirlilik).

Sr için, su örneklerinin ortalama CF değerlerine göre A: 437 ve B: 381 olarak bulunmuştur (Aşırı derecede kirlilik).

Mn için, su örneklerinin ortalama CF değerlerine göre A: 20,40 olarak bulunmuştur (Aşırı derecede kirlilik).

Çizelge 4.11. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin ağır metal kirlilik indeksi değerleri

Lokasyon A	CF minimum	CF maksimum	CF ortalama	CF
Cr	30,20	46,00	38,33	Aşırı derecede kirlilik
Cu	0,18	0,60	0,34	Az kirlilik
Fe	27,68	39,33	30,70	Aşırı derecede kirlilik
Mn	14,40	28,30	20,40	Aşırı derecede kirlilik
Zn	0,04	1,65	1,18	Orta derecede kirlilik
Sr	425,50	720,00	437,00	Aşırı derecede kirlilik
Lokasyon B	CF minimum	CF maksimum	CF ortalama	CF
Cr	29,20	50,00	43,00	Aşırı derecede kirlilik
Cu	0,25	1,25	0,48	Az kirlilik
Fe	27,28	56,67	31,20	Aşırı derecede kirlilik
Zn	0,77	1,65	1,18	Orta derecede kirlilik
Sr	289,00	674,00	381,00	Aşırı derecede kirlilik

4.4.2. Zenginleşme faktörü (EF)

Zenginleştirme faktörü hesaplanırken, ölçülen ağır metal oranı Fe veya Al gibi bir referans metale normalize edilir. Zenginleşme Faktörü (EF) sınıflandırılırken “Kirlilik Derecesi” $EF < 2$ Az; $2 - 5$ Orta; $5 - 20$ Önemli; $20 - 40$ Çok yüksek; >40 Aşırı yüksek şeklinde sıralanır (Deely ve Fergusson, 1994; Ravichandran vd., 1995).

Cr için, Su örneklerinin ortalama EF değerlerine göre A: 1,17 ve B: 0,88 olarak bulunmuştur (Az Kirlilik Derecesi) (Çizelge 4.12.).

Cu için, Su örneklerinin ortalama EF değerlerine göre A: 0,01 ve B: 0,028 olarak bulunmuştur (Az Kirlilik Derecesi).

Fe için, Su örneklerinin ortalama EF değerlerine göre A: 1,00 ve B: 1,00 olarak bulunmuştur (Az Kirlilik Derecesi).

Zn için, Su örneklerinin ortalama EF değerlerine göre A: 0,04 ve B: 0,035 olarak bulunmuştur (Az Kirlilik Derecesi).

Sr için, Su örneklerinin ortalama EF değerlerine göre A: 15,37 ve B: 11,89 olarak bulunmuştur (Önemli Kirlilik Derecesi).

Mn için, Su örneklerinin ortalama EF değerlerine göre A: 0,72 olarak bulunmuştur (Az Kirlilik Derecesi).

Çizelge 4.12. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin zenginleşme faktörü değerleri

Lokasyon A	EF minimum	EF maksimum	EF ortalama	EF
Cr	1,09	1,18	1,17	Az Kirlilik Derecesi
Cu	0,01	0,02	0,01	Az Kirlilik Derecesi
Fe	1,00	1,00	1,00	Az Kirlilik Derecesi
Mn	0,52	0,81	0,72	Az Kirlilik Derecesi
Zn	0,03	0,77	0,04	Az Kirlilik Derecesi
Sr	8,73	18,31	15,37	Önemli Kirlilik Derecesi
Lokasyon B	EF minimum	EF maksimum	EF ortalama	EF
Cr	0,78	1,07	0,88	Az Kirlilik Derecesi
Cu	0,011	0,032	0,028	Az Kirlilik Derecesi
Fe	1,00	1,00	1,00	Az Kirlilik Derecesi
Zn	0,029	0,045	0,035	Az Kirlilik Derecesi
Sr	6,06	13,96	11,89	Önemli Kirlilik Derecesi

4.4.3. Jeobirikim indeksi (Igeo)

Toksik metaller tarafından kirlenmenin değerlendirme derecesi olarak Jeobirikim indeksi, Muller (1969) tarafından kullanılmak üzere geliştirilmiştir: Jeobirikim İndeksi (Igeo) kirlenme dereceleri “ $I_{geo} \leq 0$ Kirlenmemiş; $0 < I_{geo} < 1$ Kirlilik yok veya orta derecede kirlilik; $1 < I_{geo} < 2$ Orta derecede kirlilik; $2 < I_{geo} < 3$ Orta veya ağır derecede kirlilik; $3 < I_{geo} < 4$ Ağır derecede kirlilik; $4 < I_{geo} < 5$ Ağır veya aşırı derecede kirlilik; $I_{geo} \geq 5$ Aşırı derecede kirlilik” olarak sıralanmıştır.

Cr için, Su örneklerinin ortalama Igeo değerlerine göre A: 6,06 ve B: 5,86 olarak bulunmuştur (Aşırı derecede kirlilik) (Çizelge 4.13).

Cu için, Su örneklerinin ortalama Igeo değerlerine göre A: 0,07 ve B: 0,10 olarak bulunmuştur (Kirlilik yok veya orta derecede kirli).

Fe için, Su örneklerinin ortalama Igeo değerlerine göre A: 7,89 ve B: 11,37 olarak bulunmuştur (Aşırı derecede kirlilik).

Zn için, Su örneklerinin ortalama Igeo değerlerine göre A: 0,24 ve B: 0,24 olarak bulunmuştur (Kirlilik yok veya orta derecede kirli).

Sr için, Su örneklerinin ortalama Igeo değerlerine göre A: 85,39 ve B: 76,46 olarak bulunmuştur (Aşırı derecede kirlilik).

Mn için, Su örneklerinin ortalama Igeo değerlerine göre A: 2,79 olarak bulunmuştur (Orta veya ağır derecede kirlilik).

Çizelge 4.13. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin jeobirikim indeksi değerleri

Lokasyon A	Igeo minimum	Igeo maksimum	Igeo ortalama	Igeo
Cr	4,21	9,23	6,06	Aşırı derecede kirlilik
Cu	0,04	0,12	0,07	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
Fe	3,59	8,89	7,89	Aşırı derecede kirlilik
Mn	1,89	5,68	2,79	Orta veya ağır derecede kirlilik
Zn	0,15	0,33	0,24	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
Sr	31,31	144,49	85,39	Aşırı derecede kirlilik
Lokasyon B	Igeo minimum	Igeo maksimum	Igeo ortalama	
Cr	3,87	10,03	5,86	Aşırı derecede kirlilik
Cu	0,05	0,25	0,10	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
Fe	4,37	11,37	11,37	Aşırı derecede kirlilik
Zn	0,15	0,33	0,24	Kirlilik yok veya orta derecede kirli
Sr	26,49	135,26	76,46	Aşırı derecede kirlilik

4.4.4. Su kirlilik indeksi (WPI)

WPI için, su örneklerinin ortalama değeri A: 1,146375 ve B: 1,15025 olarak bulunmuştur. WPI < 0,5 mükemmel kaliteyi, 0,5-0,75 arası iyi kaliteyi, 0,75-1 arası orta derecede kirli suyu, WPI > 1 ise son derece kirli suyu gösterir. Buna göre bu sular son derece kirli sulara işaret ettiği görülmektedir (Çizelge 4.14).

4.5. Bakteriyolojik Analizler

Su kaynaklarının kirlilik düzeyi, koliform bakteri grubu incelenerek belirlenir. Escherichia coli'nin sularda bulunması zararlı mikroorganizmaların varlığının işaretidir. Su örneklerinde bakteriyolojik analizler yapılmıştır. Bu sonuçlara ait limit değerleri şu şekildedir. Toplam Koloni Sayısı 22 °C: 1000 kob/ml (ISO 6222:2002); Enterococcus: 0 kob /100 ml (ISO 7899-2:2000); Toplam Koloni Sayısı 37 °C: 200 kob/ml (ISO

6222:2002); *Escherichia coli*: 0 kob/100 ml (ISO 9308-1:2016); Koliform: 0 kob/100 ml (ISO 9308-1:2016); *Pseudomonas aeruginosa*: 0 kob/100 ml (TS EN ISO 16266:2009).

A lokasyonunda toplam koloni sayısı 22 °C’de, 15-28 Mart, 15 Nisan, 15-28 Mayıs, 15-28 Haziran, 15 Temmuz, 28 Kasım, 15 Aralık ve 15 Ocak tarihlerinde üreme görülmüştür. En yüksek toplam koloni sayısı 22 °C için 15 Haziran tarihinde 1740 kob/ml olarak belirlenmiştir.

Enterococcus ise 28 Mart tarihinde 21 kob/100 ml olarak ölçülmüştür.

Toplam koloni sayısı 37 °C’de, 15 Şubat, 15-28 Mart, 15-28 Nisan, 15-28 Mayıs, 15-28 Haziran, 15 Temmuz, 15-28 Kasım, 15 Aralık ve 15 Ocak tarihlerinde üreme görülmüştür. En yüksek toplam koloni sayısı 37 °C için 15 Haziran tarihinde 1860 kob/ml olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. A ve B lokasyonlarına ait su örneklerinin su kirlilik indeksi değerleri

ÖRNEKLER	WPI	ÖRNEKLER	WPI
A-1	1,16	B-1	1,16
A-2	1,14	B-2	1,16
A-3	1,15	B-3	1,17
A-4	1,16	B-4	1,16
A-5	1,15	B-5	1,15
A-6	1,15	B-6	1,14
A-7	1,14	B-7	1,14
A-8	1,13	B-8	1,14
A-9	1,15	B-9	1,15
A-10	1,16	B-10	1,15
A-11	1,16	B-11	1,16
A-12	1,14	B-12	1,15
A-13	1,14	B-13	1,14
A-14	1,14	B-14	1,14
A-15	1,15	B-15	1,16
A-16	1,15	B-16	1,15
A-17	1,14	B-17	1,15
A-18	1,16	B-18	1,15
A-19	1,13	B-19	1,15
A-20	1,14	B-20	1,15
A-21	1,14	B-21	1,14
A-22	1,15	B-22	1,16
A-23	1,15	B-23	1,15
A-24	1,15	B-24	1,15
ORTALAMA	1,146375		1,15025

Escherichia coli, üreme görülmemiştir.

Koliform, 15-28 Mart, 15 Nisan, 15 Mayıs, 15 Haziran, 15 Aralık ve 15 Ocak tarihlerinde üreme görülmüştür. En yüksek üreme 15 Haziran tarihinde 60 kob/100ml olarak belirlenmiştir.

Pseudomonas aeruginosa, 15 Haziran tarihinde üreme görülmüş olup, 22 kob/100ml olarak ölçülmüştür.

B lokasyonunda toplam koloni sayısı 22 °C’de, 15 Şubat, 15 Mart, 15 Nisan, 15-28 Mayıs, 15-28 Haziran, 15 Temmuz, 28 Ekim, 15-28 Kasım, 15 Aralık ve 15 Ocak tarihlerinde üreme görülmüştür. En yüksek toplam koloni sayısı 22 °C için 15 Haziran tarihinde 1810 kob/ml olarak belirlenmiştir.

Enterococcus ise 15 Haziran tarihinde 21 kob/100 ml olarak ölçülmüştür.

Toplam koloni sayısı 37 °C’de, 15 Şubat, 15 Mart, 15-28 Nisan, 15-28 Mayıs, 15-28 Haziran, 15 Temmuz, 28 Ekim, 15-28 Kasım, 15 Aralık ve 15 Ocak tarihlerinde üreme görülmüştür. En yüksek toplam koloni sayısı 37 °C için 15 Haziran tarihinde 1940 kob/ml olarak belirlenmiştir.

Escherichia coli, 15 Haziran tarihinde 16 kob/100ml üreme görülmüştür.

Koliform, 15 Mart, 15 Nisan, 15 Mayıs, 15 Haziran, 28 Ekim, 28 Kasım, 15 Aralık ve 15 Ocak tarihlerinde üreme görülmüştür. En yüksek üreme 15 Mayıs ve 15 Haziran tarihlerinde aynı şekilde 90 kob/100ml olarak belirlenmiştir.

Pseudomonas aeruginosa, 15 Haziran tarihinde üreme görülmüş olup, 36 kob/100ml olarak ölçülmüştür.

Escherichia coli (*E. coli*), bağırsak florasında doğal olarak bulunan ancak bazı türleri insanlarda ciddi bağırsak enfeksiyonlarına yol açabilen bir bakteridir. Su kaynaklarının kirlilik düzeyi, hastalık yapıcı mikroorganizmalarla benzer özellikler taşıyan koliform bakteri grubu incelenerek belirlenir. Bu grup içerisinde özellikle *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis* ve *Clostridium perfringens* sporları yer alır. Bu bakteriler, insan ve hayvan dışkısında yaygın olarak bulunan mikroorganizmalardır. Sularda *Escherichia coli* varlığının tespit edilmesi, potansiyel olarak zararlı patojenlerin de mevcut olabileceğinin bir göstergesidir. Bakteriyolojik analizler sonucunda suda *Escherichia coli* bulunması, söz konusu suyun kanalizasyon kaynaklı atıklarla kirlendiğini açıkça ortaya koyar (EPA, 2009; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2019; WHO, 2017).

Koliform bakteriler, toprak, yüzey suları ve dışkı kaynaklı ortamlarda yaygın olarak bulunan, laktozu fermente edebilen aerobik veya fakültatif anaerobik mikroorganizmalardır. Bu bakteriler patojen olmasalar da içme ve kullanma sularında hijyenik kaliteyi değerlendirmek için gösterge organizmalar olarak kullanılır (EPA, 2009;

T.C. Sağlık Bakanlığı, 2019; WHO, 2017). Koliformların tespiti, suyun dışkı ile bulaşmış olabileceğini veya dezenfeksiyon işleminin yetersiz olduğunu gösterebilir.

Kaynak sulara koliform bakteri bulunmasının başlıca nedenleri (EPA, 2009; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2019; WHO, 2017):

1. Toprak ve bitki örtüsünden doğal geçiş: Koliform bakteriler, özellikle toprak ve çürümekte olan organik maddeler üzerinde yaşayabilirler. Süzülme yoluyla bu bakteriler kaynak sularına taşınabilir.

2. Yüzeysel akış ve yağışlarla taşınma: Şiddetli yağışlar, yüzeydeki koliform içeren maddeleri (hayvan dışkısı, gübre, çöpler) yeraltı suyuna taşıyabilir.

3. Hayvansal faaliyetler: Kaynak çevresinde serbestçe dolaşan hayvanlar veya açık otlatma alanları koliform bulaşına neden olabilir.

4. Evsel atıklar ve kanalizasyon sızıntısı: Sızdıran fosseptik sistemleri veya yanlış yerleştirilmiş kanalizasyon hatları koliform kontaminasyonuna yol açabilir.

5. Tarım faaliyetleri: Gübreleme sırasında kullanılan hayvansal gübreler, özellikle iyi ayrışmamışsa, koliformların yeraltı suyuna geçişine sebep olabilir.

6. Yetersiz kaynağın koruma ve yapılandırılması: Kaynak çevresinde gerekli hijyen önlemlerinin alınmaması (örneğin çevre çitin olmaması, hayvanların kaynağa ulaşabilmesi) bakteriyel bulaşma riskini artırır.

Toplam koliform bakteriler, tek başına dışkı kökenli olmayabilir; bu nedenle suda özellikle E. coli'nin tespiti dışkı bulaşmasının varlığını kesin olarak gösterir. Ancak koliformlar genel hijyen göstergesi olarak değerlendirilir (EPA, 2009; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2019; WHO, 2017).

Yeraltı sularında koliform bakterilerin tespit edilmesi, suyun yüzeysel kaynaklarla temas ettiğini veya dışkı kaynaklı bulaşma olasılığını gösterir. Bu durum, genellikle tarım faaliyetleri, hayvancılık, sızdıran fosseptik sistemleri ya da doğal filtrasyonun yetersiz olduğu jeolojik ortamlarda ortaya çıkar (EPA, 2009; Özdemir, 2013).

5. SONUÇLAR

Pınarbaşı kaynağı, Üst Anisiyen-Neroniyen (Trag) yaşlı, Üst Triyas çakıllı kireçtaşı, bitümlü kumtaşı ve radyolaritlerden oluşan Alakırçay napı içinden çıkmaktadır. Bununla beraber kaynağın çıktığı tepenin hemen kuzey yarısında yer alan Neritik kireçtaşlarından oluşan Resiyen-Senomaniyen yaşlı Tekedağ Formasyonu ile etkileşimli olduğu düşünülmüştür. Alakırçay napı Tekirova ofiyolit napının üzerinde ve Tahtalıdağ napının altında bulunduğundan bu birimlerle, ayrıca, kaynağın kuzey ve doğu kesimindeki Boğaçayı Kuvaterner alüvyonları ile de etkileşimli olduğu düşünülmüştür.

Su kaynağı ve çevresi, yıl içerisinde 2°C ve 39°C arasındaki sıcaklık koşullarında bulunur. Don gözlenmez. A ve B lokasyonlarının Ca^{+2} (33,88 ve 33,42) ve Mg^{+2} (20,17 ve 20,03) ortalamaları, Na^+ (30,47 ve 30,16), Cl (38,45 ve 40,16), SO_4 (29,41 ve 31,25) oranları TS266 (2005) mg/l kabul edilebilir sınırları içindedir. Yumuşak sudur.

Ortalama sertlik verilerine göre, A lokasyonunda 10,5 ile 6,8 Fr° arasındadır. B lokasyonunda 10 ile 6,3 Fr° arasındadır. Her iki lokasyondan alınan örnekler “Menba suyu” sınıfındadır.

A lokasyonu için 6,53 ile 8,21 pH arasında değişmektedir. Örnekler “Bazik karakterli: 7-8,5; 12. ve 14. örnekler hariç” ve “nötr:7” ve “asit karakterli: 7-4,5; sadece 12. ve 14. örnekler” sınıfına sahiptir. B lokasyonu için 6,51 ile 8,29 pH arasında değişmektedir. Örnekler “Bazik karakterli: 7-8,5; 12. ve 14. örnekler hariç” ve “nötr:7” ve “asit karakterli: 7-4,5; sadece 12. ve 14. örnekler” sınıfına sahiptir. pH değerlerinin mevsime bağlı olarak geniş aralıkta değiştiği düşünülmektedir.

Çalışma alanındaki özgül elektriksel iletkenlik değerleri A: 427 – 540 mch/cm ve B: 434-555 mch/cm arasında değişmektedir ve bu durumda sulama suyu olarak “İyi” sınıfındadır.

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Diyagramına göre genellikle C2S1 ve C3S1 sınıfında yer almaktadır. Buna göre orta tuzlulukta ve düşük sodyumlu su olarak sınıflandırılabilir. Bu durumda sodyuma karşı çok duyarlı olan bitkilerin dışında ve orta derecede tuza gereksinim duyan bitkiler için kullanılabilir niteliktedir.

Suyun toplam çözünmüş madde değeri A: 215,5-272 ve B: 219-280 mg/l arasında değişmekte olup, ortalamaları ise A: 243,75 ve B: 249,5'dir ve iki lokasyon da “Tatlı Su” olarak sınıflandırılmaktadır.

Su örneklerinin ortalama PI değeri A: 53 ve B: 54 olarak bulunmuştur. Buna göre bu sular II. sınıf sulara işaret ettiği görülmektedir ve sulama suyu olarak “Orta” sınıfındadır.

Su örneklerinin ortalama MT değeri A: 12,3856 ve B: 12,0857 olarak bulunmuştur.

Su örneklerinin ortalama Kelly Oranı (KR) değeri A: 0,19783 ve B: 0,19782 olarak bulunmuştur. Buna göre bu suların sulama suyuna uygun olduğu görülmektedir.

Schoeller İçilebilirlik Diyagramına göre; tüm sular “İçilebilir” nitelikte olup, “Çok iyi ve iyi kaliteli sular” sınıfındadır.

Piper Diyagramına göre su: Sodyum-Klor tip su; Sodyum-Bikarbonat tip su; Karışım tip su (Kalsiyum-Magnezyum- Klor); Karışım tip su; Sodyum ve Potasyum tip su ve Bikarbonat tip su olarak belirlenmiştir.

Gibbs Diyagramına göre, kaya kimyası ile yeraltı sularının kimyası arasındaki etkileşim söz konusudur. Veriler, “kayaç baskın” olarak çıkmıştır.

Su örneklerinin ortalama Na% değeri A:0,315542 ve B:0,300667 olarak bulunmuştur. Buna göre bu sular sulama suyu olarak “mükemmel sulara” işaret etmektedir.

Su örneklerinin ortalama SAR, SAR ug, SAR % değerleri: A: 0,5637; 563,82625; 5,639166667 ve B: 0,56333333; 564,22375; 5,643333333 olarak belirlenmiştir. Buna göre suların tümü “Çok iyi” özellikte olan sulama suyu niteliği taşımaktadır.

Sulama suyu olarak kullanım sınıflandırılmasında kullanılan Wilcox diyagramına göre; sular “Çok iyi-iyi” olarak sınıflandırılmıştır.

Ağır metal kirlilik indeksi (CF) “Cr, Fe, Sr, Mn” aşırı derecede kirli çıkmıştır. Zenginleştirme faktörü (EF) derecesinde “Sr” önemli kirlilik derecesi göstermiştir. Jeobirikim İndeksi (Igeo) “Cr, Fe, Sr” aşırı derecede kirlilik göstermiştir. Her üç yöntemde de “Sr” çok yüksek değerler göstermiş olup, bu konuda yeni ve özgün araştırma yapılması önerilmiştir.

Ağır metaller WPI için, su örneklerinin ortalama değeri A: 1,146375 ve B: 1,15025 olarak bulunmuştur. WPI < 0,5 mükemmel kaliteyi, 0,5-0,75 arası iyi kaliteyi, 0,75-1 arası orta derecede kirli suyu, WPI > 1 ise son derece kirli suyu gösterir. Buna göre bu sular son derece kirli sulara işaret ettiği görülmektedir.

Escherichia coli’nin sulara bulunması zararlı mikroorganizmaların varlığının işaretidir. Bakteriyolojik analizler sonucunda suda Escherichia coli bulunması, söz konusu suyun kanalizasyon kaynaklı atıklarla kirlendiğine işaret etmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akay, E. ve Uysal, S., 1985. Orta Torosların batısındaki (Antalya) Neojen çökellerinin stratigrafisi, sedimantolojisi ve yapısal jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Arslan, O., Önder, H. H., & Özdemir, G. (2013). Antalya ili içme ve kullanma suyu ihtiyacı ve bazı öneriler. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 29(2), 159-169.
- Blumenthal, M.M., 1951. Recherches géologiques dans le Taurus occidental dans l'arrière-pays d'Alanya. Verlag nicht ermittelbar.
- Bozkaya, O. ve Yalcin, H., 2010. Geochemistry of mixed-layer illite-smectites from an extensional basin, Antalya Unit, Southwestern Turkey. Clays and Clay Minerals, 58(5): 644-666.
- Brunn, J., Dumont, J., De Graciansky, P.C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O. ve Poisson, A., 1971. Outline of the geology of the western Taurids. Geology and history of Turkey: 225-255.
- Cengiz, M. F., Kilic, S., Yalcin, F., Kilic, M., & Gurhan Yalcin, M. (2017). Evaluation of heavy metal risk potential in Bogacayi River water (Antalya, Turkey). Environmental monitoring and assessment, 189, 1-12.
- Coşar, A., & Önen, F. (2005) Antalya yerleşiminde yağmur suyu debilerinin tayini ve yağmur su yüklerinin incelenmesi. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Türkiye, 22 - 24 Eylül 2005, ss.73-78
- Çıplak, K., & Atik, M. (2022). Antalya, Boğaçay projesinin yer altı ve yerüstü suları üzerine etkisinin belirlenmesi. Peyzaj Araştırmaları ve Uygulamaları Dergisi, 4(1), 20-31.
- Çınar, A. (2011). Antalya'nın Kentsel Ekolojisi: Boğaçay Havzası Örneği (Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi (Turkey). Ss. 127.
- Davraz, A. ve Çakmak, M., 2016. Yarışlı Gölü (Burdur) Sulak Alanının Hidrojeoloji ve Hidrojeokimyasal İncelemesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2): 102-115.
- Davraz, A., Şener, Ş. ve Şener, E., 2016. Su kaynaklarının kullanma ve koruma metodolojisinin geliştirilmesi: eğirdir gölü havzası örneği. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 4(3): 227-238.
- Davraz, A., & Varol, S. (2022). Aksu Çayı Havzası (Tefenni-Burdur) Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal İncelemesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(2), 390-404.

- Deely, J.M. ve Fergusson, J.E., 1994. Heavy metal and organic matter concentrations and distributions in dated sediments of a small estuary adjacent to a small urban area. *Science of the Total Environment*, 153(1-2): 97-111.
- Dipova, N. (2016). Antalya Konyaaltı Sahilinde Kıyı Erozyonu Tehlikesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Volume: 7 Supplementary Issue: 1, 223-231. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/makufebd/issue/24751/261691>
- Dipova, N. (2020). Boğaçay (Antalya) Sediment Taşınımı ve Konyaaltı Kıyı Çizgisi İlişkisinin Görüntü İşleme Teknikleriyle İncelenmesi. *Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi*, 2 (1), 10-23. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijedt/issue/53923/703785>
- Dipova, N., & Yıldırım, M. (2005). Antalya tufa platolarının oluşumu ve jeomorfolojik özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29(2), 53-69.
- Doneen, L., 1964. Water quality for agriculture, Department of Irrigation. University of California, Davis: 48.
- DSİ, 2020. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754#:~:text=%C3%9Clkemizde%20ki%C5%9Fi%20ba%C5%9F%C4%B1na%20d%C3%BC%C5%9Fen%20kullan%C4%B1labilir,ise%201%20346%20m3%20olmu%C5%9Ftur>.
- Erdoğan R., Mansuroğlu S., Atik M., Gülyavuz P.K. (2009) Turizm kentlerinde suyun yeniden kullanımı: Antalya örneği. 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Haziran 2009-Konya
- Erdoğan, R., Atik, S. M. M., & Gülyavuz, P. Turizm kentlerinde suyun yeniden kullanımı: antalya örneği, 1. Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Haziran 2009-Konya.
- Erguvanlı, K. & Yüzer, E. (1997) Yeraltı suları Jeolojisi, İTÜ Yayınları, İstanbul.
- Ertepe, E. (2023). Evsel ve kentsel atıksu arıtma tesislerinde pasif örnekleyiciler kullanılarak poliaromatik hidrokarbonların izlenmesi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 79 sayfa.
- Gashi, F., Frančišković-Bilinski, S., Bilinski, H., Haziri, A. ve Gashi, S., 2016. Assessing the trace element content in water samples from Badovci Lake (Kosovo) using inductively coupled plasma-mass spectrometry analysis. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(6): 1-11.
- Gibbs, R.J., 1970. Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, 170(3962): 1088-1090.

- Günay, G. (2022). Karst springs of Turkey: Hydrogeology of the Kirkgözler karst springs, Antalya. In *Caves and Karst of Turkey-Volume 2: Geology, Hydrogeology and Karst* (pp. 67-73). Cham: Springer International Publishing.
- ISO 6222:2002. Jakość wody. Oznaczanie żywych organizmów. Określanie ogólnej liczby kolonii na agarze odżywcym metodą posiewu powierzchniowego lub wglębnego. PKN, Warszawa
- ISO 7899-2 2000 Water Quality – Detection and Enumeration of Intestinal Enterococci – Part 2: Membrane Filtration Method. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO 9308-1:2016- Qualidade da água- Enumeração de Escherichia coli e bactérias coliformes Método de membrana filtrante. (2016). Retrieved from www.iso.org
- Kalafatçıoğlu, A., 1973. Antalya Körfezi batı kısmının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 81(81).
- Karatay, M., Ünşar, E. K., Otuzaltı, M. M., Yılmaz, F., Ateş, M., Perendeci, A., ... & Yıldız, O., (2017). Kanalizasyon Şebekesine Sızan Yeraltı Suyu ve Yağmur Suyunun Atıksu Arıtma Tesisine Etkisi; Antalya Örneği. 4th International Water Congress, İzmir, Türkiye, 2 - 04 Kasım 2017, ss.783-793.
- Kareem, J., & Leventeli, Y. (2024). Evaluation of river water quality using multivariate statistics and water quality indices: A case of Göynük canyon (Turkey). *Kuwait Journal of Science*, 51(3), 100228.
- Kelley, W., 1963. Use of saline irrigation water. *Soil science*, 95(6): 385-391.
- Lefevre, R. ve Orcel, J., 1967. “Un” nouvel élément dans la géologie du Taurus lycien: les nappes d'Antalya (Turquie).
- Leventeli, Y. ve Yalcın, F., 2019. Heavy metal pollution index (hpi) in surface water between alakir dam and alakir bridge, antalya-turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22: 125-131.
- Leventeli, Y. ve Yalcin, F., 2021. Data analysis of heavy metal content in riverwater: multivariate statistical analysis and inequality expressions. *Journal of Inequalities and Applications*, 2021: 1-22.
- Leventeli, Y., 2010. Tahtalı Dağı'nın (Antalya) hidrojeolojik geleceği. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 3 (1): 139-144.
- Leventeli, Y., Yalcin, F. & Kilic, M. (2019). An investigation about heavy metal pollution of Duden and Goksu Streams (Antalya, Turkey). *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2).
- Manavoğlu, E. (2007). Şehir planlama ve tasarımı su kaynaklarının önemi Antalya-Konyaaltı örneği. *Planlama TMMOB Şehir Plancıları Odası Yayını*, 3(4), 119-130.

- Manavoğlu, E. (2009). Antalya Kenti'nin Geçmişten Günümüze Mekansal Gelişimi ve Planlama Çalışmalarının Değerlendirilmesi. Şehir Plancıları Odası Antalya Şubesi ve Antalya'nın Planlama ve Gelişme Sorunları Üzerine Şehir Plancısı Orhan Ermergen İle Söyleşi Düzenleme ve Resimler: Ebru Manavoğlu.
- Mansuroğlu, S., Kınıklı, P., & Saatçı, B. (2012). Antalya'da kentsel gelişimin ekolojik açıdan değerlendirilmesi ve sürdürülebilirlik kapsamında önerilerin geliştirilmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 49(3), 255-264.
- Marcoux, J., 1979. Antalya Naplarının genel yapısı ve tetis güney kenari paleocografyasındaki yeri.
- MGM, 2020a. <https://www.mgm.gov.tr/genel/hidrometeoroloji.aspx?s=3>
- MGM, 2020b. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ANTALYA>
- MTA, 1997. Türkiye Jeoloji Haritaları, Antalya - O25 Paftası 1/100.000 Ölçekli Vektör Jeoloji Haritası.
- Muller, G., 1969. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. Geojournal, 2: 108-118.
- Ozcelik, M. (2022). Potential effects of excessive water withdrawal from boreholes drilled in the Antalya (Turkey) travertine plateau and well interactions. Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration, 7(2), 241-249.
- Piper, A.M., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. Eos, Transactions American Geophysical Union, 25(6): 914-928.
- Poisson, A., 1977. Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie), 795 p. Doctorat d'état thesis, Université de Paris-Sud, Orsay, France.
- Ravichandran, M., Baskaran, M., Santschi, P.H. ve Bianchi, T.S., 1995. History of trace metal pollution in Sabine-Neches estuary, Beaumont, Texas. Environmental science & technology, 29(6): 1495-1503.
- Robertson, A. ve Woodcock, N., 1980. Strike-Slip Related Sedimentation in the Antalya Complex, Southwest Turkey. Sedimentation in Oblique-Slip Mobile Zones:127-145.
- Schoeller, H., 1955. Terres et eaux (Paris-Algiers). First quarter. Pp 4-1 1. UNESCO Series, UNESCO, Paris.
- Szabolcs, I., Darab, C. (1964). The influence of irrigation water of high sodium carbonate content on soils. In I. Szabolcs (Ed.), Proc 8th International Congress Soil Science Sodics Soils, Res Inst Soil Sci Agric Chem Hungarian Acad Sci, ISSS Trans II, 1964, 802-812.
- SKKY, R., 2008. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Başbakanlık Basımevi, 26786.

- Şenel, M., Dalkılıç, H., Gedik, İ., Serdaroğlu, M., Metin, S., Esentürk, K., Bölükbaşı, A. ve Özgül, N., 1998. Orta Toroslar'da Güzelsu koridoru ve kuzeyinin stratigrafisi, Türkiye. Bulletin of Mineral Research and Exploration of Turkey, 120: 171-198.
- Şenel, M., Gedik, İ., Dalkılıç, H., Serdaroğlu, M., Bilgin, A.Z., Uğuz, M.F., Bölükbaşı, A.S., Korucu, M. ve Özgül, N., 1996. Isparta büklümü doğusunda, otokton ve allohton birimlerin stratigrafisi (Batı Toroslar). Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 118(118).
- Şenel, M., Serdaroğlu, M., Kengil, R., Ünverdi, M. ve Gözle, M.Z., 1981. Teke Torosları güneydoğusunun jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 95 (95, 96).
- TS 266, 2005. İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelik, sular-içme ve kullanma suları, Türk Standartları, Ankara.
- TS EN ISO 16266 (2009) Water Quality—Detection and Enumeration of Pseudomonas aeruginosa—Method by Membrane Filtration. TS EN ISO 16266, 24.
- TS266, 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular. Türk İçme Suyu Standartları TS 266.
- TUİK, 2018. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-Projeksiyonlari-2018-2080-30567>
- Wang, Q., Dong, S., Wang, H., Yang, J., Huang, H., Dong, X. and Yu, B., 2020. Hydrogeochemical processes and groundwater quality assessment for different aquifers in the Caojiatan coal mine of Ordos Basin, northwestern China. Environmental Earth Sciences, 79, 199, 1-16.
- WB, 2013. "Water and Climate Change." from <https://www.worldbank.org/>.
- WHO, 2011. Small-scale water supplies in the pan-European region: background. challenges improvements. World Health Organization. Regional Office for Europe.
- WWF, 2014a. https://www.wwf.org.tr/calismalarimiz/tatli_su/#:~:text=D%C3%B Cnya%20haritas%C4%B1na%20bakt%C4%B1%C4%9F%C4%B1n%C4%B1zda%20g%C3%B6rd%C3%BC%C4%9F%C3%BCn%C3%BCz%20maviliklerin,suyun%20y%C3%BCzde%2070'i%20buzullardad%C4%B1r wwf, Türkiye 2014
- WWF, 2014b. <https://www.wwf.org.tr/?2720/trkiyeninsuayakiziraporu>
- Yalcin, F., Unal, S., Yalcin, M.G., Akturk, O., Ocak, S.B. ve Ozmen, S.F., 2020. Investigation of the effect of hydrothermal waters on radionuclide activity concentrations in natural marble with multivariate statistical analysis. Symmetry, 12(8): 1219.
- Yalcin, M., Setti, M., Karakaya, F., Sacchi, E. ve Ilbeyli, N., 2015. Geochemical and mineralogical characteristics of beach sediments along the coast between Alanya and Silifke (Southern Turkey). Clay Minerals, 50(2): 233-248.

Yalçın, F., Kilic, S., Nyamsari, D., Yalçın, M. G. & Kilic, M. (2016). Principal component analysis of integrated metal concentrations of Bogacayi riverbank sediments in Turkey. Polish Journal of Environmental Studies, 25(2), 471-485.



ÖZGEÇMİŞ

Berna Çayhan

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2021-2025	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 1991-1996	İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıbbi Biyolojik Bilimler Bölümü, İstanbul

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Biyolog 2015-Devam ediyor	Sağlık Bilimleri Üniversitesi Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi
Biyolog 1998-2015	Başkent Üniversitesi Adana Dr. Turgut Noyan Uygulama ve Araştırma Merkezi

ESERLER

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- B Cayhan, MG Yalcin (2023) Regression analysis of chemical compound of Hurma region spring water. The 6th Mediterranean International Conference of Pure & Applied Mathematics and Related Areas (MICOPAM 2023), 1: 99-102

2- Berna Cayhan, Yerkın Bektay, Gaukhar Turysbekova, Mustafa Gurhan Yalcin, Bauyrzhan Shiderin (2022). Biyoliçin uygulama alanları ve Türkiye’deki durumu. International Symposium on Advanced Engineering Technologies. 316-317.