

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

KAYALIKÖY BARAJININ İÇME SUYU KALİTESİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE AĞIR METAL DERİŞİMİNİN
AAS İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOLGA SAVAŞTÜRK

HAZİRAN - 2023

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

KAYALIKÖY BARAJININ İÇME SUYU KALİTESİ AÇISINDAN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE AĞIR METAL DERİŞİMİNİN
AAS İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOLGA SAVAŞTÜRK

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cemile ÖZCAN

Haziran – 2023

“Kayalıköy Barajının İçme Suyu Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi ve Ağır Metal Derişiminin AAS İle Belirlenmesi” adlı tez çalışması **Tolga SAVAŞTÜRK** tarafından hazırlanmış olup aşağıdaki jüri tarafından **OY BİRLİĞİ** ile Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Cemile ÖZCAN
Kırklareli Üniversitesi

.....

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Meryem ÇAMUR DEMİR
Kırklareli Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Elvan HASANOĞLU ÖZKAN
Gazi Üniversitesi

.....

Tez Savunma Tarihi: 05/06/2023

.....

Doç. Dr. Hasibe Hale KARAYER
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Kırkırelı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez ve Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum bilgileri, verileri ve dokümanları, değişik sonuç verebilecek şekilde araştırma araç gereçleri kullanmadan, işlem veya kayıt sonuçlarını değiştirmeden akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Tolga SAVAŞTÜRK
05/06/2023

ÖZET

KAYALIKÖY BARAJININ İÇME SUYU KALİTESİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ VE AĞIR METAL DERİŞİMİNİN AAS İLE BELİRLENMESİ

Tolga SAVAŞTÜRK

Yüksek Lisans Tezi

Kırklareli Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Doç. Dr. Cemile ÖZCAN

Haziran 2023, 61 sayfa

Bu araştırmada, Kırklareli ili sınırları içerisinde bulunan, içme ve sulama amaçlı kullanılan Kayalıköy Barajının içme suyu kalitesi açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla, Kayalıköy Barajı üzerinde 5 (beş) farklı istasyon belirlenmiş olup 2021 ile 2022 yıllarında sırasıyla yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde numuneler toplanmıştır. Çalışmada baraj suyunda içme suyu kalitesine göre iletkenlik, çözülmüş oksijen (Ç. O₂), pH, organik madde, bulanıklık, fosfat (PO₄³⁻), nitrit (NO₂⁻), nitrat (NO₃⁻), amonyum (NH₄⁺), kadmiyum (Cd), alüminyum (Al), krom (Cr), bakır (Cu), nikel (Ni), mangan (Mn), demir (Fe), sodyum (Na), kurşun (Pb), çinko (Zn), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve potasyum (K) analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde içme suyu kalitesi açısından kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kayalıköy Barajı, içme suyu kalitesi, mevsimsel değişim.

ABSTRACT

EVALUATION OF KAYALIKÖY DAM IN TERMS OF DRINKING WATER QUALITY AND DETERMINATION OF HEAVY METAL CONCENTRATION BY AAS

Tolga SAVAŞTÜRK

MSc Thesis

Kirklareli University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Cemile ÖZCAN

June 2023, 61 pages

In this study, it was aimed to evaluate Kayalıköy Dam, which is located within the borders of Kırklareli province and used for drinking and irrigation purposes, in terms of drinking water quality.

For this purpose, 5 (five) different stations were determined on Kayalıköy Dam and samples were collected in summer, fall, winter and spring seasons in 2021 and 2022, respectively. In the study, conductivity, dissolved oxygen (D. O₂), pH, organic matter, turbidity, phosphate (PO₄³⁻), nitrite (NO₂⁻), nitrate (NO₃⁻), ammonium (NH₄⁺), cadmium (Cd), aluminum (Al), chromium (Cr), copper (Cu), nickel (Ni), manganese (Mn), iron (Fe), sodium (Na), lead (Pb), zinc (Zn), calcium (Ca), magnesium (Mg) and potassium (K). When the results obtained were analyzed, it was determined that it was within acceptable limits in terms of drinking water quality.

Keywords: Kayalıköy Dam, drinking water quality, seasonal change.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sürecinde değerli yardımları ve katkıları ile beni yönlendiren, her zaman bilgisiyle yanımda olan tez danışmanı hocam Sayın Doç. Dr. Cemile ÖZCAN'a,

Kırklareli Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesisi laboratuvarında tez çalışmam sürecinde gerekli olanakların kullanılması için yardımlarından dolayı Belediye Başkanına, birim sorumlumuz Belediye Başkan Yardımcısı Sayın Mehmet GİDER'e, Su İşleri Müdürü Sayın Selçuk TANTA'ya ve Tesis Sorumlusu Sağlık Teknikeri Sayın Mücahit KILIÇARSLAN'a,

Çalışmamda yardımlarından dolayı Kimyager ve Biyolog Sayın Çisem ÇETİNKAYA GOGOLARA'a,

Kayalıköy Barajı hakkında teknik bilgilerin bulunması için yardımlarından dolayı Sayın Oğuz Onur FİKİR'e,

Varlığı ile hayatımın her anında her şartında yanımda olan sevgili eşim Ayşen SAVAŞTÜRK'e, kızım Eylül SAVAŞTÜRK ile oğlum Kaan SAVAŞTÜRK'e ve değerli babam Eşref SAVAŞTÜRK, annem Nazlı SAVAŞTÜRK ile kardeşim Pınar SAVAŞTÜRK'e sağladıkları manevi desteklerinden dolayı,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	İV
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	İX
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR	XI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİ	3
2.1. Su Kalitesi Sınıflandırması	3
2.2. Demir (Fe) ve Mangan (Mn)	7
2.3. Nikel (Ni)	8
2.4. Bakır (Cu).....	8
2.5. Alüminyum (Al)	9
2.6. Kadmiyum (Cd).....	10
2.7. Krom (Cr)	10
2.8. Kurşun (Pb)	11
2.9. Çinko (Zn)	12
2.10. Kalsiyum (Ca)	12
2.11. Magnezyum (Mg)	13
2.12. Potasyum (K) ve Sodyum (Na)	13
2.13. Organik Madde.....	14
2.14. Bulanıklık	14
2.15. Toplam Azot, Amonyum, Nitrit ve Nitrat	15
2.16. Fosfor (P).....	16
2.17. Literatür Özetleri	17
3. MATERYAL VE DENEYSEL YÖNTEM	23
3.1. Araştırma Bölgesi.....	23
3.2. Numune Toplama Bölgeleri	24
3.3. Numunelere Yapılan Fiziko-Kimyasal ve Metal Analizleri	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	47

KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	61



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 2.1. İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve artırılması hakkında yönetmelik değerleri.	5
Çizelge 2.2. TS266/T3 içme suyu standartları.	5
Çizelge 2.3. WHO'nun içme suyu kalite parametreleri.	6
Çizelge 2.4. Dünya Sağlık Örgütü'ne bağlı Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından insandaki kanserojenik etki risklerine göre 5 gruba ayrılmış kimyasalların etkileri	11
Çizelge 2.5. Azot bileşiklerinin sudaki rolü.	16
Çizelge 2.6. Bursa vilayetinde ICP-MS ile 10 bölgenin analiz derişim sonuçları.	20
Çizelge 2.7. Ülkemiz göllerinde ölçülen bazı element derişimleri.	21
Çizelge 3.1. Kayalıköy Barajının Bazı Özellikleri	24
Çizelge 3.2. Numune Alım İstasyon Koordinatları.	25
Çizelge 3.3. FAAS cihazında metal analizleri için uygulanan parametreler	29
Çizelge 4.1. Yaz mevsimine ait organik madde, bulanıklık, bulanıklık, T. N ₂ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₃ ⁺ ve PO ₄ ³⁻ analiz sonuçları.	31
Çizelge 4.2. Sonbahar mevsimine ait organik madde, bulanıklık, bulanıklık, T. N ₂ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₃ ⁺ ve PO ₄ ³⁻ analiz sonuçları.	31
Çizelge 4.3. Kış mevsimine ait organik madde, bulanıklık, bulanıklık, T. N ₂ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₃ ⁺ ve PO ₄ ³⁻ analiz sonuçları.	32
Çizelge 4.4. İlkbahar mevsimine ait organik madde, bulanıklık, bulanıklık, T. N ₂ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , NH ₃ ⁺ ve PO ₄ ³⁻ analiz sonuçları.	32
Çizelge 4.5. Mevsimsel analizlerin aritmetik ortalama değerleri.	32
Çizelge 4.6. Al, Ca, Mg, Mn, Fe, K, Na ve Zn metal analiz sonuçları.	35
Çizelge 4.7. Ülkemizde bazı göl sularında yapılan metal analiz sonuçları ile bu çalışmaya ait sonuçların karşılaştırılması.	45
Çizelge 5.1. İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve artırılması hakkında yönetmelik değerleri ile yıllık ortalama analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.	47
Çizelge 5.2. TS266/T3 İçme Suyu Standartları ile analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.	53
Çizelge 5.3. WHO'nun içme suyu kalite parametreleri ile analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.	53

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 2.1. Fe ve Mn metallerinin sudaki formları.....	7
Şekil 2.3. Toplam azotun bileşenleri.	15
Şekil 2.4. Fosforun doğada bulunuş şeması	17
Şekil 3.1. Kayalıköy Barajının coğrafi koordinat sisteminde bulunduğu yeri	23
Şekil 3.2. Kayalıköy Barajı ve numune alım istasyonlarının yerleri.....	25
Şekil 3.3. Kırklareli Belediyesi içme suyu artıma tesisinde yapılan analiz görseli.....	26
Şekil 3.5. Spektrometrik analizlerde kullanılan spektrometre.....	27
Şekil 3.6. FAAS cihazının şematize edilmiş hali.	29
Şekil 3.7. Metal analizlerinde kullanılan FAAS cihazı.	30
Şekil 4.1. Al metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.....	37
Şekil 4.2. Mn metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.	38
Şekil 4.3. Fe metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.....	39
Şekil 4.4. Zn metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.	40
Şekil 4.5. Ca metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.	41
Şekil 4.6. Mg metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.	42
Şekil 4.7. K metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.	43
Şekil 4.8. Na metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.	44
Şekil 5.1. Bulanıklık değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.	48
Şekil 5.2. Fe değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.....	49
Şekil 5.3. Mn değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.	50
Şekil 5.4. Al değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.....	51
Şekil 5.5. Ca derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.	52
Şekil 5.6. Mg derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.	52
Şekil 5.7. K derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

hm³	Hektometreküp
km²	Kilometrekare
m³	Metreküp
mg/L	Miligram/Litre
µS/cm	Mikrosiemens/Santimetre
µg/dL	Mikrogram/Desilitre

Kısaltmalar

Açıklamalar

AAS	Alevli Atomik Absorbsiyon Spektrometre
Ç.O₂	Çözünmüş Oksijen
IARC	Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı
ICP-MS	Endüktif Eşleşmiş Kütle Spektrometre
NTU	Nefelometrik Bulanıklık Birimi
PACS	Polialüminyum Klorür Hidroksit Sülfat
PAC	Polialüminyum Klorür
PAFC	Polialüminyum Demir Klorür
TS266	Türk Standartları 266 Numaralı Çizelge
T.N₂	Toplam Azot
T.E.	Tespit Edilmedi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Tüm canlılar ve birçok fiziksel ile kimyasal reaksiyonlar için vazgeçilmez olan madde su'dur. İçme suyu temininde en önemli iki ölçüt vardır: Biri tatlı su kaynağı olması ve diğeri temiz olmasıdır. Dünyamızın 2/3'ü su ile kaplı olmasına rağmen bu suyun % 97,5'i okyanuslarda bulunan tuzlu sulardan oluşmaktadır. Geriye kalan %2,5 oranındaki tatlı suyun büyük bir kısmı kutuplarda buzul ve çok derin jeolojik tabakalarda yeraltı suyu olarak bulunur. Ulaşabildiğimiz temiz su kaynakları göllerde, rezervuarlarda, nehirlerde ve derelerde bulunmakta olup, bu miktar yerküredeki toplam tatlı su potansiyelinin %0,10'unu oluşturmaktadır.

Zamanımızın en büyük sorunu olan küresel ısınmadan ve kontrolsüz kullanımdan dolayı temiz ve tatlı su kaynakları hızla azalmakta veya tamamen yok olmaktadır. Doğal içme suyu kaynakları, özellikle de yüzey suları antropojenik ve doğal kökenli organik-inorganik maddeler içermektedir. Bu maddelerin eser miktarlarda olması halinde bile zararlı olanları vardır. Örneğin; Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn vb. inorganik maddeler sayılabilir.

Bu araştırmamıza konu olan içme suyu temininde ve ayrıca tarım sulamasında kullanılan Kayalıköy Barajı'dır. Kayalıköy Barajı Kırklareli'nde, Teke Çayı üzerinde sulama ve taşkın kontrolü amacıyla 1975-1986 yılları arasında inşa edilmiş. Baraj Kofçaz ilçesi ile Kırklareli merkez sınırları içerisinde yer almaktadır.

DSİ 11. Bölge / DSİ 112. Şube Müdürlüğüne bağlı olup dolgu tipi kaya gövdesi olan barajın depolama hacmi 149.856.000 m³, maksimum su yüksekliği 247,55 metre, minimum su yüksekliği 209,00 metre, normal su kotunda gölalanı 10,20 km²'dir. Baraj 15.957 hektarlık bir alana sulama ve Edirne iline 5,96 hm³/yıl içme suyu temin hizmeti vermektedir.

İçme suyunun kullanımında çevresel, sağlık ve ekonomik yönleri kapsayan bütüncül bir değerlendirmeye ulaşabilmek için iletkenlik, çözünmüş oksijen, pH, organik madde, bulanıklık, PO₄³⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ bileşenlerinin yanı sıra majör düzeyde Mn, Fe, Na, Zn, Ca, Mg ve K elementleri ve toksik olan Cd, Al, Cr, Pb, Cu, Ni analizlerinin tayini

ve takibi oldukça önemlidir. Özellikle, son 20-30 yıl öncesinden başlayarak endüstrinin, nüfusun, kentleşmenin vb. kontrolsüz bir şekilde çevrenin kaldırabileceği yükten fazlasını oluşturarak nasıl hava sorunu, gürültü sorunu, alt yapı sorunu gibi kavramlar ön plana çıkmaya başladıysa temiz suya erişim gibi gerekliliği ortaya çıkarmıştır.

Bu amaçla Kayalıköy Barajından 2021-2022 yıllar arasında 5 farklı istasyondan mevsimsel olarak toplanan baraj suyu örneklerinin analizi, içme suyu kalitesi açısından sonuçların yorumlanması ve standartlarla karşılaştırılması amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİ

2.1. Su Kalitesi Sınıflandırması

Genel olarak su, sağlıklı yaşamı destekleyen, kişisel hijyeni koruyan, hastalıkları önleyen ve yaşam kalitesini artıran önemli bir besin gereksinimidir [1]. Tüm canlılar için hayati önem taşıyan su birçok fiziksel ile kimyasal reaksiyonlar için vazgeçilmez olan maddedir. Su, Na, K, Ca, Mg ve Mn gibi vücut için önemli olan mineraller içermesinin yanı sıra insan hayatı için oksijenden sonra en önemli ikinci ihtiyaçtır. Kısaca belirtilmesi gerekirse içeriğindeki mineraller ile vücudun ihtiyaç duyduğu oksijenden sonra en önemli kimyasaldır. İçme suyu temininde ise iki önemli kriterden birisi tatlı su kaynağı olması ve diğeri ise temiz olmasıdır. Bunlara ilaveten dünyamızın ve vücudumuzun yüzde 70'i suyla kaplıdır. Fakat dünyamızdaki suyun %97,5'i tuzlu sudur. Canlıların ihtiyacı olan tatlı su kaynakları ise %2,5 civarındadır. Bu ise içme ihtiyacı, tarımsal amaçla, enerji-sanayi suyu ihtiyacını karşılamak, hayvancılık ve balıkçılık sektöründeki su ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır [2].

Günümüzün en büyük sorunu olan küresel ısınmadan dolayı temiz ve tatlı su kaynakları hızla azalmakta veya tamamen yok olmaktadır. Özellikle içme suyu olarak kullanılan su kaynaklarında eser miktarda olsa bile bulunacak toksik olan maddeler belirli bir derişimi aştığında sağlık için zararlı olmaktadır. Özellikle su kirliliğine etki eden unsurlar, tarımsal uygulamalar (zirai ilaçlar ve kimyasal gübreler), sanayileşme, şehirleşmeyle birlikte nüfus artışıdır. Bunların yanı sıra, endüstride kullanım sırasında yaşananlarda su kalitesinin önemli ölçüde zarar görmesi ve deşarj sonrasında canlıların hayatını tehlikeye sokacak hale gelmesidir.

Hayatımızın temel taşı olan su ve diğerk tüm doğal kaynaklarımız içinde yapmamız gerekenler bireylerden başlayarak devlet yapısına kadar yapılması gerekenlerin belirlenip ve bunlara azami tolerans göstererek uyulması gerekmektedir. Ulaşabildiğimiz temiz su kaynakları göllerde, rezervuarlarda, nehirlerde ve derelerde bulunmakta olup, bu miktar yerküredeki toplam tatlı su potansiyelinin %0,10'unu oluşturmaktadır.

Tatlı ve temiz su kaynağı olarak baraj yapısı da kullanılmaktadır. Baraj ve diğer su kaynaklarının içme suyu olarak kullanılması için belirlenmiş olan fiziksel ve kimyasal kriterlere sahip olmaları gerekmektedir.

Su kalitesi kriterleri ile su kalitesi standartları arasında ayırım yapmak çok önemlidir. Kriterler suyun güvenli olarak kullanımını sağlayan ve suyun kalitesini bozan değişik bileşikler, elementler üzerinde getirilen kalitatif ve kantitatif sınırlamalardır. Standartlar ise, bu kriterler ile beraber belirli kullanım amaçlarını ve kalitesini koruyabilecek şekilde planlanmış gerekli arıtmalar ile denetim yollarıdır. Kriterler bilimsel kararlar ken standartlar ise su kullanımlarında uyulması gereken kuralları kapsayan uygulanabilir açıklamalardır.

Kriterler ancak yeni bilimsel veriler elde edildikçe değişebilir. Kriterler belirli koşullar altındaki değişimleri ve bazı faktörlerin birbirleri ile olan etkileşimlerini de göz önünde bulundurur. Diğer taraftan, standartlar daha statik olup, çoğunlukla etkenlerin, istatistiksel değişme miktarları için açıklama yapmaksızın normal sonuçlarını veya etkenlerini gösterirler [3].

Ülkemizde içme ve kullanma suyunun taşınması gereken fiziksel, kimyasal ve bakteriyo-lojik nitelikleri ve üst sınır limit değerleri Çizelge 2.1.'de olduğu gibi " *İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi Ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik* " tarafından belirlenmiştir. Ayrıca bu yönetmelikler içinde olmayan bazı parametreler Çizelge 2.2.'de olduğu gibi " *Türk Standartlarında (TS266/T3)* " ayrıca belirtilmektedir.

Çizelge 2.1. İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik değerleri [4].

<i>Parametreler</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>
İletkenlik, $\mu\text{S/cm}$	2500	-	25000
Çözünmüş O_2 , mg/L	5	5	5
pH	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5
Organik Madde, mg/L	0-5	0-5	0-5
Bulanıklık, NTU	1	50	500
PO_4^{3-} , mg/L	0,4	0,7	-
NO_2^- , mg/L	0,5	-	3,3
NO_3^- , mg/L	50	-	330
NH_4^+ , mg/L	0,5	2,5	5
Cd, mg/L	0,005	0,015	0,05
Al, mg/L	0,200	0,500	2
Cr, mg/L	0,05	0,5	1
Cu, mg/L	2	5	20
Ni, mg/L	0,02	0,03	0,20
Mn, mg/L	0,05	0,100	0,250
Fe, mg/L	0,200	1	2
Na, mg/L	200	-	2000
Pb, mg/L	0,010	0,050	0,100
Zn, mg/L	3	6	12

*A1: Basit fiziksel arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen suları,

*A2: Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen sular

*A3: Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma, ileri arıtma ve dezenfeksiyon ardından içilebilir hale gelen suları, ifade eder.

*Tablodaki A1 sınır değerine kadar olan sular A1 sınıfında, A1 sınır değerinden A2 sınır değerine kadar olan sular A2 sınıfında, A2 sınır değerinden A3 sınır değerine kadar olan sular A3 sınıfındadır. Bir parametre için herhangi bir sınıf sınır değeri verilmemiş olması, o parametrenin o sınıftaki arıtma prosesleri ile giderilemediğini göstermektedir.

Çizelge 2.2. TS266/T3 içme suyu standartları [5].

<i>Parametreler</i>	<i>Tavsiye edilen değer</i>	<i>İzin verilen maks. değer</i>
Ca, mg/L	100	200
Mg, mg/L	30	50
K, mg/L	10	12

Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 1993 yılında Cenevre’de belirlenen 2018’de en son revize edilen İçme Suyu Kalite Standartları, Çizelge 2.3.’te görüldüğü üzere içme suyu güvenliği açısından uluslararası bir referans noktası teşkil etmektedir [6].

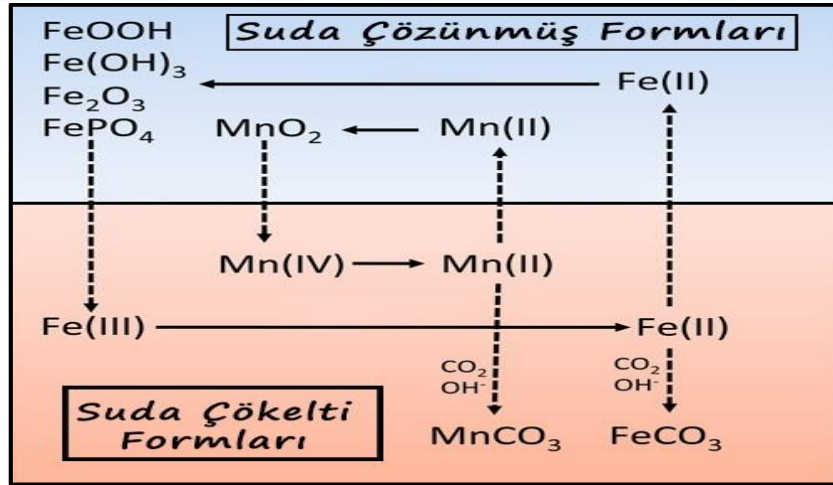
Çizelge 2.3. WHO’nun içme suyu kalite parametreleri [6].

<i>Parametreler</i>	<i>Maks. Sınır değeri</i>
İletkenlik, $\mu\text{S/cm}$	2500
Çözülmüş O_2 , mg/L	5
pH	6,5-9,5
Organik Madde, mg/L	0-5
Bulanıklık, NTU	5
PO_4^{3-} , mg/L	0,4
NO_2^- , mg/L	0,5
NO_3^- , mg/L	50
Cd, mg/L	0,003
Al, mg/L	0,200
Cr, mg/L	0,05
Cu, mg/L	2
Ni, mg/L	0,02
Mn, mg/L	0,10
Fe, mg/L	0,300
Na, mg/L	200
Pb, mg/L	0,010
Zn, mg/L	-
Ca, mg/L	100
Mg, mg/L	-
K, mg/L	-

Yapılan araştırma Kayalıköy Barajı üzerinde 5 (beş) farklı istasyon belirlenmiş olup 2021 ile 2022 yıllarında sırasıyla yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde numuneler toplanarak yapıldı. Bu çalışmada baraj suyunda içme suyu kalitesine göre iletkenlik, çözülmüş oksijen (CO_2), pH, organik madde, bulanıklık, PO_4^{3-} , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , Fe, Mn, Ni, Cu, Al, Cd, Cr, Pb, Zn, Ca, Mg, K ve Na analizleri yapılmış olup içme suyu kalitesi açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

2.2. Demir (Fe) ve Manganez (Mn)

Fe ve Mn su da çözülmüş halde bulunmalarının mevcut sistemde bulunan kayaç yapısı, mikroorganizmalar, çözülmüş karbondioksit (Ç. CO₂) ve oksijen (O₂) ile yakından ilgilidir. Şekil 2.1.'de olduğu gibi Fe ve Mn bazı sularda kayaç yapısından dolayı yüksek oranda bulunmasından ve çeşitli reaksiyonlar sonucu suda çözümlü formlara dönüşerek su içindeki bulunma ihtimalini artırmaktadır [7]. Kayaç yapısında bulunan Fe ve Mn, mikroorganizmaların anaerobik ortamda yapılarındaki reaksiyonlar sonucu ortama verdikleri CO₂ gazının su da çözünürlüğü oldukça düşük FeCO₃ (demir (II) karbonat) ve MnCO₃ (manganez (II) karbonat) bileşiklerinden Fe ve Mn serbest hale geçmesini sağlayarak su içinde çözülmüş Fe²⁺ ve Mn²⁺ değerinin artmasını sağlamaktadır [8]. Ayrıca kayaç yapısında Fe₂O₃, Fe(OH)₃, FeS₂ ve MnO₂ bileşikler karbondioksit varlığında suda çözümlü forma dönüşmezler. Ama burada suda çözülmüş oksijen varlığı olduğunda bu bileşikler oksijen ile reaksiyona girerek yine suda çözümlü forma dönüşmektedir. Buradan yola çıkarak kayaç yapısında farklı formlarda bulunan Fe ve Mn'nin ortamdaki mikroorganizmalara, anaerobik ortama, su yapısında olan ya da dışarıdan müdahale ile sudaki çözülmüş oksijen varlığına göre suyun Fe ve Mn oranı değişmektedir [8].



Şekil 2.1. Fe ve Mn metallerinin sudaki formları.

İçme sularında bulunan Fe ve Mn insan vücuduna alındığı zaman yapılan bir takım araştırmalarda herhangi bir zararının olmadığı, bazı çalışmalarda ise vücutta yüksek ve sürekli birikimlerde pankreas, karaciğer gibi organlarda hasara sebep olduğu sonucuna varılmıştır. Her ne kadar Fe ve Mn insan yapısında bulunması gereken elementler olsa da fazlasının sağlık sorunlarına yol açabilme durumları bulunmaktadır [9]. Özellikle sudaki yüksek Mn seviyeleri, bebeklerde ve genç erişkinlerde beyin hasarına neden ola-

bildiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir [10]. Bunların dışında içme ve kullanma suyuna ise Fe kahverengi-kırmızı renk, Mn ise siyahımsı renk vermesi ayrıca suyun tadında değişmelere sebep olması başka bir sorun oluşturmaktadır [8].

Diğer bir taraftan su içinde çözünmüş halde Mn veya Fe iyonlarının varlığında suyun dezenfeksiyonunda kullanılan serbest klor ile $Fe(OH)_3$ (Fe^{3+}) veya MnO_2 (Mn^{4+}) ökeltilerinin oluşmasına sebep olarak su borularının tıkanmasına sebep olmaktadır [8].

Fe ve Mn'nin varlığının belli standart değerler üzerinde olduğu zaman hem iyon halinde olan hem de çökelti halinde olup sürüklenerek taşınan demir ve manganın bazı işlemlere tabi tutularak su yapısından uzaklaştırılmaları gerekmektedir [11]. Bunlar için genelde iyon değişimi, kireçleme, oksitleme-yumaklaştırma-çöktürme-filtreleme gibi bazı işlemler uygulanarak giderimi sağlanmaktadır [8].

2.3. Nikel (Ni)

Ni gümüşümsü sert ve suda çözünmeyen bir metal olmasına rağmen Ni'in klorür, sülfat ve nitrat tuzları suda çözünmektedir. Ni ve bileşikleri Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından Grup 1 karsinogenik ajan olarak belirtilmiştir [12]. Ni hava, gıda ve su ile birlikte insan vücuduna taşınabilmektedir. Fosil gruptaki yakıtların yanması sonucunda oluşan dumandan, sigara dumanı gibi yollar ile solunum yolları ile vücuda alınıp depolanmaktadır. Gıda olarak ise bitkisel ürünler yapısal özelliklerinden dolayı hayvansal ürünlere göre daha fazla Ni içermekte olup sindirim sistemi ile vücuda taşınmaktadır. Suyolu ile ise suda çözünebilen klorür, sülfat ve nitrat tuzlarının herhangi bir yolla su yapısına ulaşması ve buradan tüketimi sağlanarak insan yapısına taşınmasıdır [13]

Ni, Fe üretiminde, para basılmasında, elektronik sanayisinde, metal alaşımların oluşturulmasında gibi önemli bir yeri bulunmaktadır [14]. Arıtma yöntemlerinden kimyasal koagölasyon, çöktürme, ters ozmos, kireç ile yumuşatma ve filtrasyon ile giderim sağlamak olanaklıdır. pH ve bulanıklığın yüksek değerlerinde Ni giderimi sağlanarak verimlilik artışı sağlanır [15]. Yeraltı suların olağan yapısında bulunan nikelin giderimi ise iyon değişimi veya adsorpsiyon ile sağlanabilir [16].

2.4. Bakır (Cu)

Cu Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansına göre karsinogenik bir metal değildir [17]. Cu insan vücudu için büyük bir öneme sahip elementtir ve azlığı halinde ciddi sorunlara yol açabilmektedir [18]. Sinir yapısında bulunması görme, hafıza kaybı, dengesizlik gibi

hayati sorunlara yol açarken, enzim yapısında yer aldığından dolayı biyolojik reaksiyonlarda sorunların oluşmasına neden olabilmektedir [19]. Ayrıca, kemik yapısının sertleşmesi, bağırsaklardan Fe emiliminin sağlanması gibi daha birçok görevi de bulunmaktadır. Her ne kadar önemli bir element olsa da insan yapısına gıda, su gibi yollarla yüksek miktarda alındığı zaman kusma, karın ağrısı, bulantı, koma, böbrek ve karaciğer sorunlarına kadar giden hayati öneme sahip sağlık sorunlarına yol açabilmektedir [20]. Sadece hayvansal değil bitkiler içinde yüksekliği sorunlara sebep olur. Yüzeysel sularında 1 mg/L altında bile su bitkilerine zehirli etki yapabilmektedir [21].

2.5. Alüminyum (Al)

Al doğada serbest halde bulunmayan ama hayatımızın hemen hemen her yerinde iç içe olduğumuz bir elementtir. Al doğada bileşiklerin yapısında yer almaktadır. Kullanım alanı oldukça geniştir. Günümüzde endüstri sanayisinde, gıdaların koruyucu yapılarında, yiyeceklerin gerek pişirilmesi gerek saklanması aşamasında tencere, tava, saklama kapları gibi birçok ürün yapısında yer alır [22]. İlaç yapılarında, deodorant yapılarında, özellikle hazır gıdalarda ve gıda saklama araç-gereçlerinde, içme sularında doğal olarak yapısında olması, içme sularının çeşitli giderimleri sağlamak amacıyla kullanılan kimyasal bileşiklerin içinde, kirleticiler vb. yollar ile suya taşınarak insan yapısına solunum, deri ve ağız yolu ile girişi kolayca sağlanabilmektedir. Serbest halde olmaması ama çok büyük bir kullanım alanının olmasından dolayı canlı yapısına deri, solunum ya da ağız yolu ile temasında önemli zararları mevcuttur. Araştırmalar her ne kadar tam netlik düzeyinde olmasa da P mekanizması ile etkileşime geçip, halsizlik, iskelet sistem ağrısı, sinir ile endokrin sistem sorunlarına ve en önemli olarak Alzheimer hastalığı ile ilişkisinin olduğu yapılan araştırmalarda ortaya konulmuştur [23].

Ayrıca tarihte önemli bir yere sahip olan İngiltere’de 1988 yılında içme suyu arıtma tesisinde meydana gelmiş olan ve “Camelford kazası” olarak ta anılan su arıtmada kullanılan yaklaşık 20 tonluk Alüminyum Sülfat yanlışlıkla su dağıtım tankına verilerek şebekeye neredeyse normal değerlerin 400 katı kadar Al geçişine sebep olunmuştur. Yaklaşık 20 bin kişinin etkilendiği ve bulantı, kusma, ishal, ağız ve deride ülserler, deri döküntüleri, kas ve eklem ağrıları, hafıza kaybı, yüksek hassasiyet ve sindirim sistemi sorunları gözlenmiştir. Ve bu etkilerin akut olup kalıcı bir hale geçmediği de ortaya konulmuştur. Her ne kadar yapılan araştırmalar net olarak kalıcı zararları açıklamada zor-

lansa da su yapısında Al değerleri yönetmelik sınır değerleri altında tutulmalıdır [24]. WHO'ya göre içme suyunda Al 0,2 mg/L'nin altında olmalıdır [25].

Suda Al giderimi çeşitli kimyasallar ile alüminyumun çökelti haline getirilip çöktürme ve filtrasyon işlemleri ile sudan uzaklaştırılmasıyla sağlanabilmektedir. Al giderim sağlarken en dikkat edilmesi gereken husus giderimde kullanılan kimyasalın suya Al salmaması gerekir. Eğer kimyasal maddenin yüksek bulanıklık giderimi gibi sebeplerden dolayı dozu artırılırsa suya salınan Al yani bakiye alüminyumda artış olmaktadır. Alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3$) kullanımında suda bakiye Al sorunu yaşanmaktadır. Bunun yerine polimerik Al tuzları kullanılarak (PAC, PACS, PAFC gibi) alüminyumun suda oluşturduğu reaksiyonlarda suya geçmesi engellenerek polimerik yapıda bağlı kalması sağlanır. Böylece Al sorunu da büyük ölçüde önlenmiş olmaktadır [26].

2.6. Kadmiyum (Cd)

Cd Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansına göre karsinojenik bir metaldir [27]. Doğada serbest halde bulunabilirken Zn, Ni, Ag vb. elementlerle birlikte de bulunabilmekte ve toksitesi oldukça yüksek olan bir elementtir [28]. Karaciğer ve böbrekte birikme yaparak organ tahribatını sağlar, kemik yapısında birikmesi ile mineral dengesi bozarak iskelet sistemi rahatsızlıkları gibi hayati sorunlara yol açabilmektedir [29].

Plastik üretiminde, araba yağlarında, pillerin yapısında, galvaniz kaplamalarda, kauçuk üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Günümüz en büyük sorunu olan çevre sorunlarından kaynaklı atık ürünlerin içme sularına taşınmalarıyla Cd miktarının artışı sağlanmaktadır. Gerek Cd içerikli malzemelerin üretiminde gerekse içinde Cd içeren malzemelerin yakılması sonucu atmosfer tabakalarına nüfus etmesi ve yağışlarla su kaynaklarına taşınma görünmektedir [30].

2.7. Krom (Cr)

Cr yeryüzünde serbest halde bulunmaz. Fe ve O_2 ile birlikte Kromit ($FeCr_2O_4$) formunda doğal olarak bulunmaktadır. Cr doğal sulara Cr^{3+} değerliğe sahip olarak bulunmaktadır. Cr^{3+} pH dördün altında olduğu zaman kararlı yapıya geçmektedir. Cr^{6+} ise sanayi üretimlerinin sonucunda doğaya atık olarak çıkmaktadır. Cr^{6+} Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansına göre oldukça karsinojenik bir metaldir ve Grup 1 içinde yer almaktadır. Cr^{3+} ise Grup 3 içinde yer almaktadır. Bu grubun anlamı ise insanlar için kanserojenliğine göre sınıflandırılmazdır [27].

Cr³⁺ insan bedeni için gereklidir. Yağ ve karbonhidrat mekanizmasında yer alır, damar sertliğine karşı koruyucu etkileri bulunmaktadır [31].

2.8. Kurşun (Pb)

Pb oldukça toksik bir etkiye sahip ağır metaldir [32]. Toksik düzeyi maruz kalınan Pb miktarı ve süresi ile ilişkilidir. Pb'un deriden emilimi oldukça düşüktür fakat maruz kalınan yüzeyden azda olsa emilim gerçekleşebilmektedir. En büyük vücuda girişi solunum ve sindirim sistemi yolları ile olmaktadır. Pb ağır metalinin kullanıldığı yakıt, sanayi vb. sistemlerden çıkan Pb metalini içeren havanın solunması en büyük örnek içinde yer almaktadır [33]. Diğer bir yol olan sindirim sistemi ise suya bulaşmış Pb metalinin alınması, yenilen gıdaların Pb içermesi gibi sorunlardan kaynaklanarak insan bedenine girişi ile sağlanmaktadır. Sağlık yönünden normal kabul edilebilecek Pb düzeyi çocuklarda 10 desilitrede 10 mg altında ve yetişkinlerde desilitrede 25 mg altında olmasıdır [34]. İdeali ise düzeyin sıfır olmasıdır. Bu düzeylerden sonra en belirgin özelliği kanda, merkezi sinir sisteminde ve böbreklerde anormal çalışma ya da fonksiyonların çalışmaması olmaktadır. Diğer bir sorun kemik yapısında birikmesi ve buradan tekrar sistemlere gönderilmesidir. Hem hücrenel, hem dokusal hem de kan ve doku arası sıvılarda bulunmasıyla bütün sistemlerde toksik etkiyle fonksiyonların bozulması ve kaybına sebep olabilmektedir [27]. Kanserojenik etkisi olan kimyasallar, elementler vb. IRAC tarafından yapılan araştırmalar sonucu Çizelge 2.4.'deki tabloda olduğu gibi risk gruplarına ayrılmıştır.

Çizelge 2.4. Dünya Sağlık Örgütü'ne bağlı Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından insandaki karsinojenik etki risklerine göre 5 gruba ayrılmış kimyasalların etkileri

<i>Grup</i>	<i>Karsinojenik Etki</i>	<i>Araştırma</i>
Grup 1	İnsanda karsinojenik etkililer	İnsanlarda kanser oluşturduklarına ait yeterli delil bulunan.
Grup 2A	İnsanda karsinojenik etki olasılığı bulunanlar	İnsandaki karsinojenik etkileri konusunda sınırlı delil ve deney hayvanlarındaki karsinojenik etkileri konusunda yeterli delil bulunan.
Grup 2B	İnsanda muhtemelen karsinojenik etkili olanlar	İnsandaki karsinojenik etkileri konusunda sınırlı delil ve deney hayvanlarındaki karsinojenik etkileri konusunda yeterli delil bulunmayan.
Grup 3	İnsandaki karsinojenik etkileri olmayanlar yönünden sınıflandırılabilir	Hiçbir gruba girmeyen.
Grup 4	İnsanda karsinojenik etkisi olmayanlar	İnsanda ve deney hayvanlarında karsinojenik etkileri yönünden delil bulunmayan.

2.9. Çinko (Zn)

Zn insan vücudu tarafından birçok fonksiyonların gerçekleştirilmesi için kullanılan önemli bir elementtir. Enzim yapısında, bağışıklık sisteminde, protein ile DNA sentezlerinde, yaraların iyileşmesinde olmak üzere önemli görevleri bulunmaktadır [35].

Zn eksikliğinde büyümede ve gelişmede sorunlar, bağışıklık sisteminin zayıflaması kaynaklı birçok hastalıklara karşı direnç gösterememe, deride oluşan ve geçmeyen yaralar, enzim protein gibi yapılarda oluşan sorunlardan kaynaklı hayati fonksiyonlarda bozulmalar gibi sorunlara yol açabilmektedir [36]. Fazlalığında ise kusma, ishal, Cu eksikliği, tat duyusunda kayıplar ve bazı sindirim sistemi sorunlarına yol açabilmektedir.

Şiddetli Zn eksikliğinin belirtileri arasında büyüme ve gelişimde dejenerasyon, cinsellik yaşamına erişimde gecikme, deri sorunları, yara iyileşme sürecinde aksama ve davranış problemleri yer almaktadır [37].

2.10. Kalsiyum (Ca)

Ca doğada tek başına bulunmaz. En çok bulunan formu kalsiyum karbonattır (CaCO_3). Kalsiyum karbonat tebeşir, mermer, kireçtaşı vb. yapılarını oluşturmaktadır. Kabuklu deniz hayvanları kabuk yapılarını suda çözülmüş kalsiyumdan yapmaktadırlar. İnsan vücudunda Ca %99 oranında iskelet yapısında bulunurken geri kalan %1'lik kısım dolaşımında, kaslarda, dokularda bulunmaktadır. Bu denge homeostazi (iç denge) ile her zaman korunmaktadır. Ca vücutta sinir sisteminde, kas yapısında, kanın pıhtılaşmasında, enzim yapılarında, hücre içi ve dışı reaksiyonlarda görev almaktadır [38].

Kalsiyumun katyonik bir iyon olmasından dolayı su sertliğinin oluşumuna katkı sağlamaktadır. Özellikle Ca oranı yüksek olan bir su ısıtıldığı zaman kalsiyum karbonat çökerek çaydanlık vb. yapıların tabanında kalıntı oluşturur [39]. Sulardaki en Ca kaynağı kayalık yapılarından kaynaklıdır. Kireç taşı, mermer, tebeşir, kalsit, vb. kayalık yapılarında doğal olarak bulunmakla birlikte sulara karışarak Ca iyonunu artırabilir. Böylece yüksek oranda su sertliğine katkı sağlar. Sert suların sağlığa zararı olmasa da; suyun tadını değiştirmesinin yanı sıra sabunun köpürmesini azaltır. Ayrıca kazan taşları (kireçlenme) oluşturarak, bazı endüstriyel proseslere zarar verip olumsuz durum meydana gelmesine katkı sağlar [40].

Ca oranı yüksek sularda giderim de koagülant kullanımı ile sağlanmaktadır [39]. Burada kalsiyumun katyonik olması, seçilecek koagülantın içeriğinde anyonik varlığı ile yapılır.

Anyonik ve katyonik (Ca iyonu) birleşimi sonucu floklaşma ve çökelti oluşumu ile giderim sağlanmaktadır [41].

2.11. Magnezyum (Mg)

Mg doğada serbest halde bulunmayıp bileşik yapıda bulunmaktadır. Saf halinde hava ile temasında çok kolay tutuşabilmektedir. Mg metali toz ya da şerit halinde iken yaklaşık 650 °C ye kadar ısıtılırsa yanma reaksiyonu gerçekleşebilmekte ve çok parlak beyaz ışık ortaya çıkmaktadır. Mg alaşımlarda kullanılarak sağlamlık, dayanıklılık kazanılmasında yardımcı olur [42]. Kolay yanabilmesi ve parlak ışık çıkarmasından dolayı havai fişeklerde kullanılmaktadır.

İnsan vücudunda ise hayati öneme sahip bir element olarak görev yapmaktadır [43]. İnsan vücudunda yaklaşık yüzde 60 oranında iskelet yapısında, yüzde 20 civarında kas sisteminde ve diğer miktarlar farklı dokularda yer almaktadır. Yüzde 99 oranında hücrelerin içinde yer almaktadır. İnsan bedeninde enzim yapılarında, reseptörlerde, sinyal iletimlerinde, iskelet sistemi desteğinde, kasların kasılma fonksiyonlarında olmak üzere birçok hayati öneme sahip mekanizmalarda yer almaktadır [43]. Mg eksikliği genel olarak görünme oranı oldukça düşüktür. Düşüklüğün sebebi genelde diyet kaynaklı Mg alımının az olması ya da hastalıklardan, kullanılan ilaçlardan kaynaklı idrar gibi yollarla vücuttan yüksek oranda atılmasıyla oluşmaktadır [44]. Ayrıca böbreklerde yüksek miktarda Ca bulunması da magnezyumun emilimini azaltabilmektedir [45]. Mg eksikliği kandan yapılan tahlillerden ziyade 24 saatlik idrar kontrolü ile en doğru sonuç saptanmış olmaktadır. Eksikliğinin etkileri bulantı, kusma, kalp krizi, kramplar, damar sorunları, böbrek sorunları, yüksek tansiyon gibi hayati öneme sahip sorunlara neden olmaktadır [46]. Yüksek miktarda Mg alınması ise böbrek yetmezliği, diyabetik asidoz, hipotiroidizm, adrenalectomi gibi hastalıklara sebep olmaktadır [47].

2.12. Potasyum (K) ve Sodyum (Na)

K ve Na insan yapısında oldukça büyük öneme sahip bir elementlerdir. Birbirleri ile karşılıklı etkileşim içinde olduklarından bazı sistemlerde dengenin sağlanmasında birlikte rol alırlar. Na ile K birlikte çalışarak sıvı/elektrolit dengesini, kan basıncının dengede tutulmasını, enzim ve hücrelerin yapısında aktif rol alarak, damar/sinir ve kas sisteminde dengenin oluşturulması ve korunması gibi birçok hayati öneme sahip roller oynamaktadır [48]. Hücre içi sıvıda K yüksek oranda bulunurken hücre dışı sıvıda Na yüksek oranda bulunmaktadır.

Her ne kadar yükseklikleri organizmada olumsuz sonuçlar çıkarsa da en büyük sorun eksikliklerinden kaynaklanmaktadır. Eksikliklerinde; kas sisteminde oldukça gerekli olmasından dolayı K kasılmayı Na gevşemeyi sağladığından kasların kasılma sorunlarını ortaya çıkararak kramplara sebep olmaktadır [44]. Kalp ve damar yapısında eksikliği sebebi ile tansiyon yüksekliği veya düşüklüğüne yol açması, sıvı/elektrolit dengesinin bozulması kaynaklı aşırı idrara çıkma ve sürekli su içme isteği gibi sorunlara sebep olabilmektedir [49].

İncelenen metallerin toksik etkileri: Varlığı toksik etkili (karsinojenik) metaller: Cd, Al, Cr, Ni ve Pb. İnsan bedeni için gerekli olup fakat yüksek dozlarda vücutta toksik etki gösterebilme ihtimali olan metaller: Cu, Zn, Ca, Mg, K, Na, Fe ve Mn.

2.13. Organik Madde

Baraj yapısı gibi yüzeysel sularda organik maddeler genelde bitki yapısı, toprak yapısı, evsel ve endüstriyel kaynaklı olabilmektedir [50]. Burada en önemli ve giderim yönünden daha zorlayıcı olan evsel ile endüstriyel kaynaklı olan organik yapılardır. Doğal organik maddeler bitki ve toprak yapısından kaynaklı olurken evsel ve endüstriyel kaynaklı organik maddeler daha karmaşık yapıya sahiptirler [51]. Doğal organik maddeler küçük molekül yapısına sahip karbonhidrat, protein, yağ, asit, karboksilik asit, karbonhidratlar, gözle görülebilen ya da görünemeyen canlıların yapılarından kaynaklanmaktadır [52].

2.14. Bulanıklık

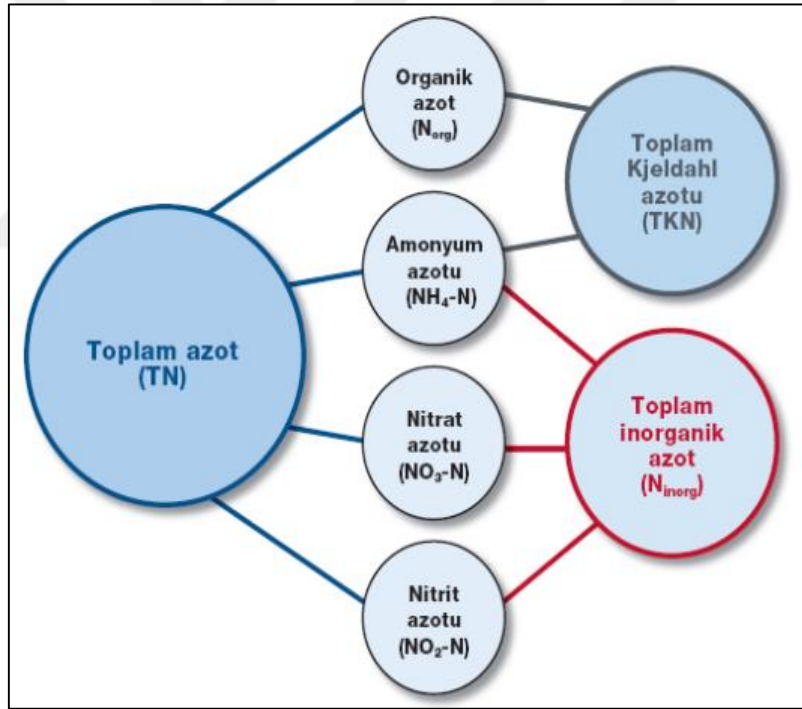
İçme suyunda suyun kalitesini gözle görülebilir düzeyde etkilendiğini gösteren bulanıklık önemli bir parametredir [53]. Bulanıklığa suya katılan katı maddeler ve kolloidler dediğimiz büyüklüğü 0,001 milimetreden küçük parçaların varlığı sebep olmaktadır. Toprak yapısı (kil, kum, kaya parçaları vb.), mikroorganizmalar, bitki parçaları, Fe, Mn vb. elementlerin yüksek miktarda olması gibi doğal kaynaklı sebeplerin yanında evsel ve endüstriyel kaynaklı kirleticilerin (organik ve inorganik yapılar) bulunması en büyük bulanıklığa neden olan yapılardır [54].

Su bulanıklığı NTU birimi kullanılarak ifade edilmektedir. Gözle görülebilir bulanıklık seviyesi 5 NTU ve üzeridir [55]. Doğal hali ile yüzey suları 25 NTU civarında iken bu oran yağmur, yüksek debili akıntı sayesinde 1000 NTU ya kadar yükselebilmektedir [56].

2.15. Toplam Azot, Amonyum, Nitrit ve Nitrat

Azot bütün canlıların yapı taşlarından birisidir. Canlılarda DNA yapısında, aminoasit, protein, hormon gibi hayati öneme sahip yapıların oluşumunda bulunması gereken elementtir [57]. Atmosferin yaklaşık %78'ini oluşturan azot bileşikleri canlı yapısı için oldukça öneme sahip olması, yüzey sularında aşırı şekilde bulunmasıyla canlı hayatını olumsuz da etkileyebilmektedir [58].

İçme ve kullanma sularında azot ve azot türevlerinin bulunması suyun kalitesi üzerinde oldukça önemlidir. Sularda azot yapısı Şekil 2.3.'de görüldüğü üzere dört şekilde amonyum, organik azot, nitrit ve nitrat azotu olarak bulunabilmektedir. Ayrıca atık su sistemlerinde azot formları oldukça önemli bir yere sahiptir. Hem atık su sisteminin işletilmesinde gerekli proseslerin işlemesi için hem de deşarj yapısında sağlanması gereken sınır değerlerinde dikkat edilmelidir [59].



Şekil 2.3. Toplam azotun bileşenleri.

Azot ve türevleri su ortamında çeşitli yollarla parçalanması sonucu yüksek oranda NH_3 formuna dönüştürülmektedir. NH_3 formu ise su içinde NH_4^+ formuna dönüşmektedir [60]. Burada suyun pH seviyesi amonyak/amonyum miktarına etki etmektedir. Suyun pH derecesi 7 ve üzerinde ise suda NH_4^+ oranı artarken suyun pH 7'den az ise NH_4^+ formu oranı artmaktadır [61].

Azot bileşigi yeryüzündeki hemen hemen tüm canlılar için büyük önem taşımaktadır. Özellikle sudaki azot bileşiklerinin rolü Çizelge 2.5.'de verilmiştir.

Çizelge 2.5. Azot bileşiklerin sudaki rolü [62].

<i>Form (Sembol)</i>	<i>Sudaki rolü</i>
Azot (N ₂)	Etkisiz gazdır. Atmosferden suya geçer.
Organik azot (Org-N)	Proteinlerin parçalanmasıyla oluşur.
Amonyak (NH ₃)	Sucul hayvanlar için oldukça toksiktir. Yüksek pH'ta daha çok ortaya çıkmaktadır.
Amonyum (NH ₄ ⁺)	Çok yüksek derişimleri dışında toksik değildir. Düşük pH'ta daha çok ortaya çıkmaktadır.
Toplam amonyak (NH ₃ + NH ₄ ⁺)	İyonize ve iyonize olmamış amonyağın toplamıdır. Çoğunlukla amonyak testlerinde toplam amonyak azotu olarak ölçüm yapılır. Nitrifikasyon bakterileri ile nitrite dönüşür.
Nitrit (NO ₂ ⁻)	Sucul hayvanlar için toksiktir ve nitrifikasyon bakterileri ile nitrata dönüşür.
Nitrat (NO ₃ ⁻)	Çok yüksek derişimleri dışında toksik değildir. Su bitkileri tarafından kullanılabilir.

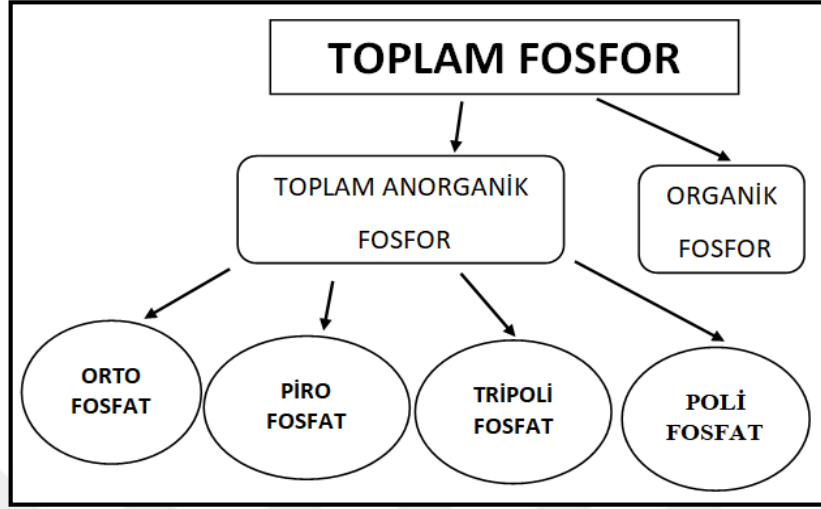
2.16. Fosfor (P)

Sularda P çeşitli bileşik yapılarında yani fosfat halinde bulunmaktadır. P elementi oksijene olan büyük ilgisinden dolayı doğada serbest halde bulunamaz. P elementi fosfat yapısında doğada yer almaktadır ve canlı organizmalar üzerindeki toksisite yüksekliğinden dolayı dikkatli kullanılmalıdır [63].

P elementinin canlılar üzerinde görevi ise enerjinin temeli olan ATP (Adenozin trifosfat) ve ADP (Adenozin difosfat) yapısında, hücre çeperlerinde, kemik ile diş yapısında, DNA (Deoksiribo nükleik asit) ve RNA (Ribonükleik asit) yapısında, enzim yapısı gibi birçok yapıda esas elaman olarak bulunmaktadır [64]. Fosfat kayalarından sulara, sudan da sudaki bitki veya hayvan yapılarına taşınır. Bu bitki ve hayvanlar ile karadaki canlılara taşınarak bir yol izlemektedir.

Fosforlar doğal halde fosfat yapılarında bulunurken Şekil 2.4.'de olduğu gibi yapılarındaki fosfatların bulunuş yerlerine ve buldukları zincirdeki sayılarına göre isimlendirilirler [65]:

Ortofosfat, KH_2PO_4 (monopotasyum fosfat) pirofosfat, $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (disodyum pirofosfat), ADP (adenozin difosfat) Tripolifosfat, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ (sodyum trifosfat), ATP (adenozin trifosfat) Polifosfat.



Şekil 2.4. Fosforun doğada bulunuş şeması

2.17. Literatür Özetleri

2012 yılında ülkemizin Mardin ilindeki içme suyunda Mn, Co, Cu ve Zn ağır metalleri incelenmiştir. Ağır metallerin analizi Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (FAAS) kullanılarak yapılmıştır. İçme suyu olarak kullanılan noktalardan 15 adet numune toplanmıştır. Bu araştırmada sonuçlar Türk Standartları Enstitüsü'nün İnsani Amaçlı İçme ve Kullanma suyu standartlarına göre değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda tüm numunelerde Mn sonucu limit değerlerinin üzerinde çıkmıştır. Co sonuçları üç numune sınır değerler altında olurken, on iki numune sınır değerlerin üzerinde çıkmıştır. Cu ve Zn tüm numunelerde sınır değerlerinin altında çıkmıştır. Araştırma Mardin vilayetinde içme suyu için Mn ve Co ağır metalleri için gerekli önlemlerin alınması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmıştır [66].

2006 ve 2007 yıllarında ülkemizin Bitlis vilayetinde Merkez, Ahlat, Tatvan, Güroymak, Adilcevaz ve Hizan ilçelerinde olmak üzere toplamda 164 içme suyu numunesinde bazı ağır metallerin varlığının araştırılması yapılmıştır. Numuneler sonbahar ve ilkbahar olmak üzere iki farklı mevsimde toplanmıştır. Analizler FAAS tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırmada Cu, Zn, Fe, Mn, Co, Pb, Ni ve Cd ağır metalleri araştırılmıştır. Analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği sınır değerlere göre değerlendirilmiştir.

dirilmeleri yapılmıştır. Pb ağır metali ortalama değeri iki mevsimde de ve numunelerin tamamında sınır değerlerin üzerinde sonuçlara sahip olmuştur. Fe, Zn, Cd, Ni ve Co ağır metallerinin ortalama değerleri ilkbahar mevsiminde, Mn ve Cu ağır metalleri ortalama değerleri sonbahar mevsiminde diğer mevsime göre daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Araştırma sonucunda mevsim ve yerleşim yerlerinin farklılıkları Bitlis vilayetinin inceleme yapılan içme sularındaki ağır metal değerlerinin üzerinde oldukça etkili olduğunu ortaya koymuştur [67].

2013 yılından Myanmar ülkesinde Myingyan şehrinde içme suyunda kullanılmak üzere açılmış su kuyularında As, Mn, Fe, U vb. ağır metallerin varlığı ve değerleri araştırılması yapılmıştır. Fe analizi için Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi, Mn analizi için de ICP-MS kullanılmıştır. İçme suyu analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği sınır değerlere göre değerlendirilmeleri yapılmıştır. Analizler sonucunda Fe ağır metali minimum 100 µg/L ile maksimum 4160 µg/L değerleri bulunmuş olup ortalama 940 µg/L değeri ile kuyuların yaklaşık %17'sinde üst sınır değer olan 2000 µg/L üzerinde analiz sonuçları çıkmıştır. Mn ağır metalinde ise 5 µg/L ile maksimum 1748 µg/L değerleri bulunmuş olup ortalama 342 µg/L değeri ile kuyuların yaklaşık %28'inde üst sınır değer olan 400 µg/L üzerinde analiz sonuçları çıkmıştır [68].

Ülkemizde Trabzon vilayeti Araklı ilçesinde bulunan Karadere deresinde su kalitesi özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili araştırma yapılmıştır. Yüzeysel suyundan kurak dönem olarak Ekim-2020 ve yağmurlu dönem olarak Nisan-2021 tarihlerinde alınan numuneler kullanılmıştır. Numunelerde fiziksel özellikler, kimyasal özellikler ve bazı ağır metaller incelenmesi yapılmıştır. Analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliklerine göre ilgili parametrelerin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Kimyasal analizler İyon Kromatografisi ile B, Al, Mn, Cu, Ni ve Fe metallerin analizleri induktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) kullanılarak yapılmıştır. Kimyasal analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik sınır değerlerinin altında ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre 1. Sınıf su kalitesine sahiptir. NO_3^- , NO_2^- ve NH_4^+ bileşikleri için yapılan analiz sonuçları Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik sınır değerlerinin altında ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine (SKKY) göre NO_3^- ile NH_4^+ 1. sınıf su kalitesinde iken NO_2^- 4. Sınıf su kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Bor, Mn ve Ni TS266 sınır değerleri altında olmasına rağmen yağışlı dönemde alınan numunelerde Al ve Mn değeri

TS266 sınır değerlerinin üstünde olduğundan içme ve kullanma suyu kullanımına uygun olmadığı belirlenmiştir. Fakat bazı bitkilerin haricinde tarımsal faaliyette kullanılabilir olduğu belirlenmiştir [69].

2016 yılında ülkemizin Kastamonu vilayetinin Daday ilçesindeki Germeçtepe Barajından Ocak ile Aralık ayları arasında olmak üzere her ay toplanan yüzey sularından çalışma yapılmıştır. Yüzey suyu fiziko-kimyasal olarak incelenmiştir. Analizler spektrofotometrik metotla gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları yüzey suları yönetmeliğinin iç sularından olan yüzeysel suların, kaynak kalite değerlerine göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Analiz sonuçlarında NO_3^- , NH_4^+ , pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen ihtiyacı değerleri ilgili yönetmelik kriterinde 1. sınıf sular içinde, NO_2^- değerleri açısından 2. sınıf sular içinde olup, PO_4^{3-} bakımından ise 4. sınıf sular içinde olduğu belirtilmiştir. Germeçtepe baraj yüzey suyunun yıl boyunca ve mevsimsel değişikler altında önemli bir kirliliğe maruz kalmadığı sonucuna varılmıştır [70].

2010 yılı Aralık ile 2011 yılı Aralık ayları arasında ülkemiz Sivas vilayetinde Ulaş ilçesinde bulunan Tecer gölünde fiziko-kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Numuneler gölün ortasından tek istasyondan toplanmıştır. Analizler standart metotlarla yapılmıştır. Analiz sonuçları SKYK göre değerlendirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda Tecer gölü yüzey suyunun çözünmüş oksijen, sıcaklık, NO_3^- , NO_2^- ve NH_4^+ , Mn ve Fe değerleri ilgili yönetmelik kriterlerinde 1. sınıf sular içinde olup, toplam PO_4^{3-} yönünden 2. sınıf su olup pH, SO_4^{2-} , Cl^- ve kimyasal oksijen ihtiyacı açısından 4. sınıf sular içinde olduğu belirlenmiştir [71].

2022 yılında araştırması tamamlanan ülkemizin Bursa vilayetine bağlı olarak 10 farklı konumdan içme suyu örnekleri toplanmıştır. Numuneler Mudanya, Gemlik ve Orhangazi ilçelerine bağlı köylerden içme suyunda kullanılmak üzere faaliyet gösteren kuyulardan toplanmıştır.

Numune sonuçları WHO ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik limit değerleri temel alınarak değerlendirilmiştir. Çizelge 2.6.'da görüldüğü üzere ICP-MS ile analizi yapılan su numuneleri WHO ve TS266 limit değerlerinin altında olduğu ortaya konmuştur [72].

Çizelge 2.6. Bursa vilayetinde ICP-MS ile 10 bölgenin analiz derişim sonuçları [72].

Metal İyonları-Birimi: µg/L (Metal Ions-Unit: µg/L)	#Limit Değer (Limit Value)	Kuyu Sıra No'ları (Serial Numbers of Wells)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Demir (Iron)	200	313.00	*<2.92	<2.92	<2.92	20.00	23.00	38.00	7.00	3.00	<2.92
Mangan (Manganese)	50	29.00	<3.02	<3.02	12.00	6.00	<3.02	4.00	<3.02	<3.02	<3.02
Alüminyum (Aluminum)	200	8.00	<3.27	<3.27	<3.27	<3.27	<3.27	<3.27	8.00	7.00	<3.27
Bor (Boron)	1000	<0.05	0.16	0.08	0.15	<0.05	0.06	0.05	0.06	<0.05	0.08
Antimon (Antimony)	5	<0.1	0.36	0.20	0.16	0.1	0.11	0.15	0.14	<0.1	0.11
Arsenik (Arsenic)	10	<0.1	0.25	0.71	0.95	0.48	0.83	0.45	5.82	0.19	2.59
Bakır (Copper)	2000	0.46	0.58	0.65	1.41	0.38	1.26	2.58	1.99	2.48	5.65
Cıva (Mercury)	1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Kadmiyum (Cadmium)	5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Krom (Chromium)	50	0.44	<0.1	<0.1	0.21	<0.1	6.94	0.15	0.21	0.44	0.24
Kurşun (Lead)	10	0.66	0.12	<0.1	0.34	<0.1	0.17	0.76	0.17	0.16	<0.1
Nikel (Nickel)	20	4.01	0.31	0.33	0.38	0.21	0.91	0.91	0.35	0.29	0.28
Selenyum (Selenium)	10	<0.1	0.68	2.23	0.95	0.32	1.06	1.85	0.21	<0.1	0.59

Su kalitesi olarak da WHO tarafından ‘‘mükemmel’’ kabul edilen sular sınıfında yer almaktadır. İçme suyu kaynağı olarak kullanılan suyun hayvan ya da insan bedeninde herhangi bir kanserojenik etkiye sebep olmadığı da araştırma sonucunda belirtilmiştir [72].

2010 yılında araştırma yayını yapılan ülkemizin Konya vilayetine bağlı merkez ilçe ve 28 ilçeye ait su kuyusu, kaynaklar, depo ve arıtma çıkışlarından 50 adet su numunesi toplanmıştır. Analiz sonuçları WHO, T.C. Sağlık Bakanlığı, TS266 ve Avrupa Birliği içme suyu kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Al, Zn, Ba, Ag, Cr, Cd, Pb, Mn, Cu, Ni ve Fe ağır metalleri incelenmiştir. Numune analizleri ICP-MS ile yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda Pb değerleri dışındaki ağır metallerin sonuçları WHO, T.C. Sağlık Bakanlığı, TS266 ve Avrupa Birliği içme suyu kriterlerinin üst sınır limit değerlerinin altında olduğu belirlenmiştir.

17 su numunesinde Pb değerleri TS266 üst limit değeri altında olup (50 µg/L), WHO, T.C. Sağlık Bakanlığı ve Avrupa Birliği üst limit değeri (10 µg/L) üzerinde olduğu tespit edilmiştir [73].

Çizelge 2.7.'de yukarıda bahsedilen araştırmaların haricinde ölkemizde yapılan bazı araştırmaların analiz sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 2.7. Ölkemiz göllerinde ölçölen bazı element derişimleri [74].

<i>Elementler</i>	<i>Bafa 1 Gölü (Nisan 2018)</i>	<i>Bafa 2 Gölü (Ekim 2015 - Mart 2016)</i>	<i>Beyşehir Gölü (2016)</i>	<i>Eğirdir Gölü (Eylül 2011 - Şubat 2012)</i>	<i>Kovada Gölü (05.04.2005-23.02.2006)</i>	<i>Sapanca Gölü (Nisan, Haziran, Eylül ve Aralık 2015)</i>	<i>Abant Gölü (Nisan, Haziran, Eylül ve Aralık 2015)</i>
Cd, mg/L			0,001	0,002		0,003	0,003
Cr, mg/L		0,003	0,003			0,062	0,064
Cu, mg/L	0,002		0,002	0,001		0,018	0,025
Ni, mg/L	0,002	0,001	0,003	0,001	0,010	0,046	0,051
Pb, mg/L	0,000	0,001	0,001			0,036	0,037
Al, mg/L	0,101	0,014	0,097		0,038		
Fe, mg/L	0,006		0,273	0,001	0,478		
Mn, mg/L	0,008		0,035	0,111	0,063	0,023	0,035
Zn, mg/L	0,026			0,017	0,020	0,089	0,022



3. MATERYAL VE DENEYSEL YÖNTEM

3.1. Araştırma Bölgesi

Araştırma ülkemizde Kırklareli ilindeki Kayalı köyüne bağlı Kayalıköy Barajında yapılmıştır. Kayalıköy Barajı; Teke Çayı üzerine, tarım sulama ile sel gibi taşkın önleme sebebiyle 1981 ile 1986 yılları arasında inşa edilmiş olup, Şekil 3.1.'de görüldüğü üzere $41^{\circ} 47' 19''$ Kuzey ile $27^{\circ} 8' 3''$ Doğu Coğrafi Koordinatlarına sahiptir.



Şekil 3.1. Kayalıköy Barajının coğrafi koordinat sisteminde bulunduğu yeri (17/02/2021 Tarihli Google Earth Uydu Görüntüsü)

Kayalıköy barajı yaklaşık 16000 hektarlık alana tarım sulama kaynağı olarak kullanılırken, 2017 yılından itibaren Edirne iline içme suyu isale hattı yapılarak içme suyu kaynağı olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Çizelge 3.1.'de görüldüğü üzere dolgu yapısı

kaya olan barajın aktif hacmi 135.024.000 m³, akış yatağından yüksekliği 68,7 metre, en yüksek su kotundaki su barındırma kapasitesi 149.856.000 m³, normal düzeydeki su düzeyinde gölün Yüzey A: 10,20 kilometrekaredir.

Çizelge 3.1. Kayalıköy Barajının Bazı Özellikleri

Barajın Yeri	Kırklareli İlinin 14 km Kuzeybatısında
İl-İlçe	Kırklareli-Merkez
Bölgesi	11. Bölge
Şubesi	DSİ 112. Şube Müdürlüğü
Akarsuyu	Tekke Deresi
Kuruluş Amacı	Sulama + Taşkın Koruma + İçme Suyu
İnşaat Zamanı Baş. – Bit.	1975-18.06.1986
Gövde Dolgu Tipi	Kaya Dolgu
Depolama Hacmi	149 856 000 metreküp
Aktif Hacmi	135 024 000 metreküp
Maksimum Su Yüksekliği	247,55 metre
Minimum Su Yüksekliği	209,00 metre
Maksimum Göl Alanı	13,60 km ²
Normal Su Kotunda Göl Alanı	10,20 km ²
Sulama Alanı	15957 hektar
İçme Suyu Kullanım Miktarı	5,96 hm ³ /yıl Edirne, 0,49 hm ³ /yıl Kırklareli

3.2. Numune Toplama Bölgeleri

Numuneler; mevsimsel değişikliklerinde su üzerindeki etkilerini gözlemlemek için 2021 yılında (Yaz (Ağustos) ile Sonbahar (Kasım)) ve 2022 (Kış (Şubat) ve İlkbahar (Mayıs)) tarihlerinde Şekil 3.2. ve Çizelge 3.2.’de belirtilen noktalardan ve koordinatlardan toplanmıştır. Kayalıköy barajında beş (5) numune toplama istasyonu belirlenmiştir. Kayalıköy barajında 5 numune toplama istasyonundan “ *SKKY Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliğine*” göre alındı. Uygun koşullarda kıydan yaklaşık 1 m uzaktan ve su yüzeyinden yaklaşık 50 ile 60 cm derinliğinden su içinde açılması sağlanan aparat ile numuneler toplandı.

Numune alınan istasyonlarda hava ve su sıcaklığı, iletkenlik, pH ve çözülmüş oksijen değerleri anlık olarak numune alımı esnasında ölçülmüştür.

Diğer analizler için su numuneleri 1,5 litre kapasiteli plastik şişelere dolduruldu ve çökelmeleri önlemek için nitrik asit eklenerek pH 2’ye ayarlandı.

Laboratuvara getirilen numuneler analize kadar buzdolabında +4 ile +8 °C’de muhafaza edildi.



Şekil 3.2. Kayalıköy Barajı ve numune alım istasyonlarının yerleri

Çizelge 3.2. Numune Alım İstasyon Koordinatları.

<i>Numune Alım İstasyonları</i>	<i>Kuzey Koordinatları</i>	<i>Doğu Koordinatları</i>
1. İstasyon	41°48'06.3"N	27°09'36.3"E
2. İstasyon	41°48'01.0"N	27°09'49.4"E
3. İstasyon	41°48'25.8"N	27°09'55.5"E
4. İstasyon	41°48'26.7"N	27°09'55.1"E
5. İstasyon	41°47'04.6"N	27°07'43.3"E

3.3. Numunelere Yapılan Fiziko-Kimyasal ve Metal Analizleri

Numunelerin fiziko-kimyasal ve metal analizleri Kırklareli Üniversitesi Merkez Laboratuvarında ve Kırklareli Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesisi Laboratuvarında olmak üzere iki yerde gerçekleştirildi. Numune alımı esnasında hava ve su sıcaklığı, pH, iletkenlik ve çözünmüş oksijen değerleri ölçüldü. Kırklareli Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesisi Laboratuvarında bulanıklık, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, organik madde, fosfat ve T. N₂ analizleri yapıldı. Analizlerin yapılış anına ait görsel Şekil 3.3.'de görüldüğü gibidir. Kırklareli Üniversitesi Merkez Laboratuvarında ise alevli atomik absorpsiyon spektroskopisi (FAAS) cihazı ile metallerinin analizleri yapıldı.



Şekil 3.3. Kırklareli Belediyesi içme suyu artıma tesisinde yapılan analiz görseli.

3.3.1. Çözünmüş oksijen, pH ve elektriksel iletkenlik ölçümü

Çözünmüş oksijen, pH ve elektriksel iletkenlik ölçümleri Hach HQ40d dijital multimetre seti ile yapılmıştır. Çözünmüş oksijen ölçümü Lüminesan teknolojisini kullanılarak optik prob ile ölçülmüştür. pH ölçümü yerleşik sıcaklık sensörüne sahip dijital kombine pH elektrotu ile ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik ölçümü ve tuzluluk ölçümü sıcaklık sensörüne sahip dijital, grafit 4 kutuplu metodu ile iletkenlik hücrelerine sahip prob ile ölçümü yapılmıştır [75].

3.3.2. Bulanıklık tayini

Bulanıklık ölçümü Hach marka TU5200 model masa tipi lazer türbidimetre cihazı ile TS EN ISO 7027-2 standardına uygun olarak yapılmıştır.

3.3.3. Organik madde tayini

Organik madde tayini asitli ortamın sağlanarak potasyum permanganat ile organik maddelerin yükseltgenmesi reaksiyonuna dayanarak analizin yapılmasıdır. Organik madde tayininde örnek numuneden, 50 mL su numunesi 100 mL'lik bir erlene konularak 5 mL seyreltik H_2SO_4 ve 5 mL potasyum permanganat (0,01 N) çözeltisi katılmıştır. Erlen kaynamakta olan su banyosunda 70 °C'de 30 dk kadar tutulmuştur. Sonra 5 mL oksalat çözeltisi ilave edilerek permanganatın kalan rengi giderilmiş ve 0,01 N potasyum per-

manganat çözeltisi ile numunede hafif pembe renk oluşana kadar geri titre edilmiştir. Sarf edilen potasyum permanganat miktarından yararlanılarak organik madde derişimi oksijen cinsinden hesaplanması ile sonuç bulunmuştur [76].

Potasyum Permanganat Sarfıyatı (mg O₂/L)= (8x1000 x B x 0,1) / A

(A: Alınan numune hacmi, mL/ B: Titrasyonda harcanan 0,01N KMnO₄ miktarı mL'dir)

3.3.4. Nitrat tayini

NO₃⁻ analizi Hach markasına ait hazır kit kullanılarak yine Şekil 3.5.'te görünen Hach markasına ait DR6000 model spektrofotometre cihazı ile okuma yapılmıştır. Hach markasına ait LCK339 koduna sahip hazır NO₃⁻ tayini 2,6 dimetilfenol spektrometrik metotuna sahiptir [77].



Şekil 3.5. Spektrometrik analizlerde kullanılan spektrometre [78].

3.3.5 Nitrit tayini

NO₂⁻ tayininde “Diazolandırma metodu” kullanılarak yapılmıştır. 50 mL numuneye 1 g NO₂⁻ reaktifi (60 g tartarik asit, 5 g sülfanilik asit ve 1 g α-naftilamin) ve 5 mL asetik asit konularak ağızları kapalı erlende 30 dk bekletme sonunda 385 nm dalga boyunda Hach DR6000 spektrofotometresinde okutularak sonuç değeri bulunmuştur.

3.3.6 Amonyum tayini

NH_4^+ tayini İndofenol Mavisi metoduna göre tasarlanmış Hach markasına ait LCK304 koduna sahip hazır kit ile yapılmıştır. Numuneler Hach DR6000 spektrofotometresinde okutularak sonuç değeri bulunmuştur.

3.3.7 Fosfat tayini

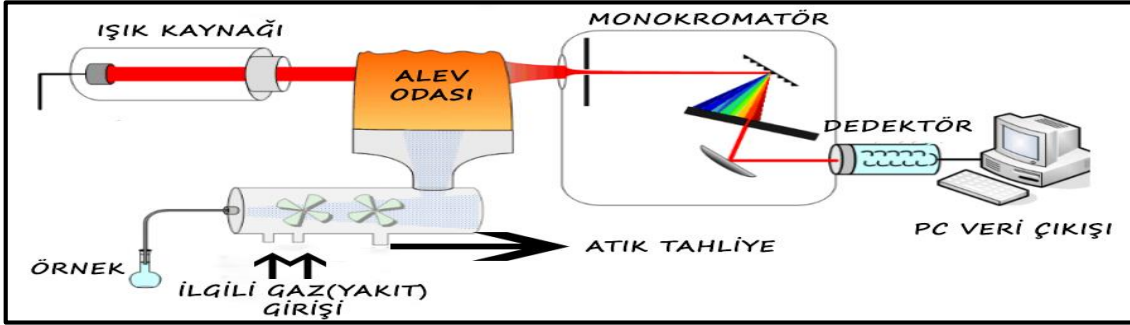
PO_4^{3-} analizi Hach markasına ait hazır kit kullanılarak spektrofotometrik okuma yöntemi ile yapılmıştır. Hach markasına ait LCK348 koduna sahip hazır PO_4^{3-} tayini fosfat iyonlarının asidik ortamda molibdat ile antimon iyon formları reaksiyona girerek anti-monil fosfomolibdat oluşur. Bu yolla askorbik asit ile fosfomolibden mavisine indirgenmesi reaksiyonu gerçekleştirilmekte olup bu metod kullanılmıştır [79]. Sonuç okumasında Hach marka DR6000 modeli spektrofotometre kullanılmıştır.

3.3.8 Toplam azot (T.N₂) tayini

T. N₂ analizi Hach markasına ait hazır kit kullanılarak spektrofotometrik okuma yöntemi ile yapılmıştır. Hach markasına ait LCK238 koduna sahip hazır T.N₂ bulunurken organik ve inorganik olarak bağlanmış azot peroksodisülfat ile parçalanarak nitrata oksitlenir. NO_3^- iyonları nitrofenol oluşturmak için sülfürik ve fosforik asit solüsyonunda 2,6 dimetilfenol ile reaksiyona girerler ve T.N₂ hesaplanması sağlanır. Koroleff Sindirimi (peroksodisülfat) ve 2,6 dimetilfenol ile “Fotometrik Saptama” metoduna göre hazır kitler tasarlanmıştır [80]. Sonuç okumasında Hach marka DR6000 modeli spektrofotometre kullanılmıştır.

3.3.9 Metallerinin analizleri

Metallerin analizi FAAS (*Agilent Technologies 200 Series AA: 240FS Modeli*) cihazı ile yapılmıştır. Şekil 3.6.'da görüldüğü üzere FAAS cihazının şematize edilmiş hali bulunmaktadır.



Şekil 3.6. FAAS cihazının şematize edilmiş hali.

Analizi yapılan metaller farklı derişimlerde hazırlanarak kalibrasyon grafikleri çizilmiş ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Standartlar hazırlanırken 1000 mg/L NIST ana stok standartlarından uygun seyreltmeler yapılarak 50 mg/L ara stok hazırlanmıştır. Kalibrasyon grafiği oluşturulurken analizi yapılan elementlerin derişim aralığı aşağıdaki gibi olup FAAS cihazında uygulanan parametreleri Çizelge 3.3'te verilmiştir. Fe için 0,1; 0,25; 1; 2,5; 5; 10 mg/L, Mg ve Mn için 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 3; 5 mg/L, Zn ve Cu için 0,01; 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 5 mg/L, Al için 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 5 mg/L, Cd için 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 3 mg/L, Pb, Ni ve Cr için 0,01; 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 3 mg/L, Ca ve K için 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2; 3 mg/L, Na için 0,5; 1; 2; 3; 4; 5 mg/L.

Çizelge 3.3. FAAS cihazında metal analizleri için uygulanan parametreler.

<i>Elementler</i>	<i>Dalga boyu (nm)</i>	<i>Lamba akımı (mA)</i>	<i>Slit genişliği (nm)</i>	<i>Hava akış hızı. mL/min</i>	<i>Asetilen akış hızı. mL/min</i>	<i>N₂O akış hızı. mL/min</i>
Pb	283,3	10	0,5	13,5	2,00	-
Ni	352,5	4,0	0,2	13,5	2,00	-
Cd	326,1	4,0	0,5	13,5	2,00	-
Cu	324,8	4,0	0,2	13,5	2,00	-
Zn	213,9	5,0	1,0	13,5	2,00	-
Fe	372,0	5,0	0,2	13,5	2,00	-
Mn	279,5	5,0	0,2	13,5	2,00	-
Mg	285,2	3,0	0,5	13,5	2,00	-
Na	589,0	5,0	0,5	13,5	2,00	-
K	766,5	5,0	1,0	13,5	2,00	-
Cr	357,9	7,0	0,2	-	6,80	10,0
Al	309,3	10,0	0,5	-	6,80	10,0
Ca	422,7	10,0	0,5	-	6,80	10,0

Metal analizleri Şekil 3.7.'de görülen Agilent Technologies 200 AA serisinden olan 240FS AA modeline ait cihazında yapıldı.



Şekil 3.7. Metal analizlerinde kullanılan FAAS cihazı.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması 2021-2022 yılları arasında mevsimsel olarak (yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar) Kayalıköy Barajından beş farklı istasyondan su numuneleri toplanarak yapılmıştır. Bu amaçla, içme suyu kalitesinde önemli olan parametreler incelenmiştir. Çalışmada organik madde, bulanıklık, T. N₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺ ve fosfat analizleri Kırklareli Belediyesi İçme Suyu Arıtma Tesis laboratuvarında yapılmıştır. Dört mevsim ve beş istasyona ait 20 adet numune analizlerinin sonuçları Çizelge 4.1., 4.2., 4.3. ve 4.4.'de gösterilmiştir. Ayrıca Çizelge 4.5'de ise analizlerin aritmetik ortalama değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Yaz mevsimine ait organik madde, bulanıklık, T. N₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₃⁺ ve PO₄³⁻ analiz sonuçları.

31/08/2021 Tarihli Numune Analizleri				Hava Sıcaklığı 28 °C		
Analizler	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon	Ort.
İletkenlik, µs/cm	231	235	230	230	232	232
Ç.O ₂ , mg/L	7,99	8,4	8,41	8,34	8,01	8,2
pH	7,99	7,98	8,06	8,12	8,21	8,1
O. Madde, mg/L	2,4	2,6	3,8	4,1	2,6	3,1
Bulanıklık, NTU	84,8	77,2	36,3	28,7	35,29	52,5
T. N ₂ , mg/L	65,1	68,4	69,9	57,9	66,8	65,6
NO ₂ ⁻ , mg/L	0,024	0,022	0,015	0,023	0,018	0,02
NH ₄ ⁺ , mg/L	0,043	0,029	0,019	0,05	0,019	0,03
NO ₃ ⁻ , mg/L	1,2	1,26	1,31	1,82	1,26	1,4
PO ₄ ³⁻ , mg/L	0,18	0,13	0,18	0,11	0,11	0,1

Çizelge 4.2. Sonbahar mevsimine ait organik madde, bulanıklık, bulanıklık, T. N₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₃⁺ ve PO₄³⁻ analiz sonuçları.

30/10/2021 Tarihli Numune Analizleri				Hava Sıcaklığı 14°C		
Analizler	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon	Ort.
İletkenlik, µs/cm	233	229	229	230	237	232
Ç.O ₂ , mg/L	9,94	10,42	10,22	10,38	9,16	10,02
pH	6,99	7,34	7,14	7,14	7,17	7,2
O. Madde, mg/L	2	2,1	3,5	3,3	2,1	2,6
Bulanıklık, NTU	22,1	20,9	19,3	18,7	17,9	19,8
T. N ₂ , mg/L	58,5	66,6	69,1	54,1	63,9	62,4
NO ₂ ⁻ , mg/L	0,009	0,012	0,008	0,004	0,006	0,007
NH ₄ ⁺ , mg/L	0,022	0,017	0,009	0,011	0,013	0,01
NO ₃ ⁻ , mg/L	2,11	2,06	2,09	2,02	1,89	2,03
PO ₄ ³⁻ , mg/L	0,136	0,145	0,135	0,157	0,124	0,14

Çizelge 4.3. Kış mevsimine ait organik madde, bulanıklık, bulanıklık, T. N₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₃⁺ ve PO₄³⁻ analiz sonuçları.

19/02/2022 Tarihli Numune Analizleri				Hava Sıcaklığı 4°C		
Analizler	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon	Ort.
İletkenlik, µs/cm	218	220	220	221	217	220
Ç.O ₂ , mg/L	9,65	9,58	9,77	10,02	10,11	9,8
pH	7,21	7,16	7,22	7,85	7,65	7,4
O. Madde, mg/L	1,6	1,5	1,8	1,4	1,6	1,6
Bulanıklık, NTU	26,5	25,5	27,6	30,4	31,4	28,3
T. N ₂ , mg/L	66,5	64,8	71,6	71,1	69,9	68,8
NO ₂ ⁻ , mg/L	0,018	0,021	0,026	0,018	0,022	0,02
NH ₄ ⁺ , mg/L	0,021	0,014	0,011	0,019	0,017	0,02
NO ₃ ⁻ , mg/L	2,44	2,18	1,87	2,64	1,98	2,2
PO ₄ ³⁻ , mg/L	0,15	0,16	0,12	0,18	0,14	0,15

Çizelge 4.4. İlkbahar mevsimine ait organik madde, bulanıklık, bulanıklık, T. N₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₃⁺ ve PO₄³⁻ analiz sonuçları.

03/05/2021 Tarihli Numune Analizleri				Hava Sıcaklığı 21°C		
Analizler	1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon	Ort.
İletkenlik, µs/cm	221	216	232	225	228	224
Ç.O ₂ , mg/L	10,15	10,01	10,17	9,98	10,12	10,1
pH	7,05	6,98	6,91	7,09	7,11	7,0
O. Madde, mg/L	1,8	1,4	1,7	1,5	1,6	1,6
Bulanıklık, NTU	21,3	22,2	24,4	23,9	19,8	22,3
T. N ₂ , mg/L	47,8	51,8	51,1	49,3	48,7	49,7
NO ₂ ⁻ , mg/L	0,009	0,011	0,013	0,008	0,013	0,01
NH ₄ ⁺ , mg/L	0,019	0,016	0,018	0,007	0,01	0,01
NO ₃ ⁻ , mg/L	1,86	1,56	1,24	1,77	2,01	1,7
PO ₄ ³⁻ , mg/L	0,15	0,17	0,12	0,09	0,1	0,13

Çizelge 4.5. Mevsimsel analizlerin aritmetik ortalama değerleri.

Analizler	Mevsimsel ortalama
İletkenlik, µs/cm	227± 6
Ç.O ₂ , mg/L	9,54 ± 0,83
pH	7,41 ± 0,44
O. Madde, mg/L	2,22 ± 0,84
Bulanıklık, NTU	30,7 ± 18,0
T. N ₂ , mg/L	61,6 ± 8,36
NO ₂ ⁻ , mg/L	0,015 ± 0,006
NH ₄ ⁺ , mg/L	0,019 ± 0,011
NO ₃ ⁻ , mg/L	1,83 ± 0,41
PO ₄ ³⁻ , mg/L	0,14 ± 0,027

Elektriksel iletkenlik değerleri dört mevsim dönemi ve tüm numunelerde hemen hemen aynı değerde sonuçlar ortaya çıkmıştır. Dört mevsimin aritmetik ortalama elektriksel iletkenlik değeri 227 $\mu\text{S/cm}$ 'dir. Ülkemizin bazı derelerinde yapılan benzer çalışmalar- da; Doğu Karadeniz havza sularını oluşturan yapılarda elektriksel iletkenlik açısından bakıldığında ortalama elektriksel iletkenlik değeri 0,183 $\mu\text{S/cm}$ (Serdar, 2015) iken Fır- tına deresinde 0,055 $\mu\text{S/cm}$ (Gedik ve ark., 2010), İyidere'de 0,058 $\mu\text{S/cm}$ (Verap ve ark., 2005), Aksu deresinde 0,17-0,49 $\mu\text{S/cm}$ (Kalyoncu ve ark., 2008), Kapistre dere- sinde ise 0,085 $\mu\text{S/cm}$ (Serdar, 2015), ayrıca Cire'de 250,83-418,50 $\mu\text{S/cm}$ (Ertan vd., 1996), Büyük Gökçeli'de 274,08- 287,50 $\mu\text{S/cm}$ (Morkoyunlu vd., 1997) ve Pınar pa- zarında 420,77-495,66 $\mu\text{S/cm}$ (Morkoyunlu vd., 1996-1997) gibi sonuçlar ortaya ko- nulmuştur.

Çözünmüş oksijen değeri ilkbahar mevsiminde daha yüksek iken 10,15 ile 9,98 mg/L değerleri arasında olup, yaz mevsiminde daha düşük olup 8,41 ile 7,99 mg/L değerle- rinde olduğu saplanmıştır. Dört mevsimin aritmetik ortalama çözünmüş oksijen değeri 9,54 mg/L'dir.

pH değerleri yaz döneminde genel olarak 7 ile 8 arasındadır. Dört mevsimin aritmetik ortalaması 7,41'dir. Ülkemizin bazı derelerinde yapılan benzer çalışmalarda; Fırtına deresinde 7,16 (Gedik ve ark., 2010) ve İyidere deresinde ise 7,5 (Verap ve ark., 2005) olduğu, Giresun Aksu deresinde 8,14-8,42 arasında değiştiği (Kalyoncu ve ark., 2008) sonuçlar ortaya konmuştur.

Organik madde yaz dönemi diğer dönemlere göre biraz daha yüksek sonuçlu değerler ortaya çıkarmıştır. En yüksek organik madde değeri yaz döneminde 4. istasyonda olup 4,1 mg/L, en düşük değer ilkbahar döneminde 2. istasyonda 1,4 mg/L saptanmıştır. Dört mevsimin aritmetik ortalaması 2,22 mg/L'dir. Ülkemizin bazı su yapılarında yapılan benzer çalışmalarda; Aralık 2013-Kasım 2014 tarihleri arasında, Pınargözü Kaynağı ile ilgili bulgularında C.O_2 13,08-14,34 mg/L arasında (Hülya Ateş ve mer Osman Ertan, 2017), Cire'de 9,0 mg/L, Kocapınar'da 8,3 mg/L, Konne'de 8,3 mg/L, Pınarpazarı'nda 8,4 mg/L (Morkoyunlu vd., 1997) sonuçlar ortaya konmuştur.

Bulanıklık sonuçlarında yaz dönemi değerleri diğer dönemlere göre oldukça yüksek saptanmıştır. Yaz döneminde 84,8 ile 28,7 NTU arasında ölçülmüştür. Dört mevsimin aritmetik ortalaması 30,7 NTU'dur. Ülkemizin bazı su yapılarında yapılan benzer a- lışmalarda; Karadeniz havza yapısında bulunan akarsuları ortalama bulanıklığı 39,6

FTU (Serdar, 2015), Fırtına deresi 9,89 NTU (Gedik ve ark., 2010), Aksu deresinde 4,16-99,15 NTU arasında (Kalyoncu ve ark., 2008) gibi sonuçlar ortaya konmuştur.

T. N₂ sonuçları yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde birbirlerine yakın değerlerdedir. İlkbahar döneminde ise daha düşük T.N₂ değerleri ölçülmüştür. En yüksek değer yaz döneminde 3. istasyonda 69,9 mg/L iken, en düşük değer ilkbahar döneminde 1. istasyonda 47,8 mg/L'dir. Dört mevsimin aritmetik ortalaması 61,64 mg/L'dir.

NO₂⁻ sonuçları yaz ve kış dönemleri analiz sonuç değerleri birbirine yakın iken, sonbahar ve ilkbahar dönemi analiz sonuç değerleri birbirine yakın olduğu görülmüştür. En yüksek NO₂⁻ değeri yaz döneminde 1. istasyonda olup 0,024 mg/L, en düşük değer sonbahar döneminde 4. istasyonda 0,004 mg/L saptanmıştır. Dört mevsimin aritmetik ortalaması 0,015 mg/L'dir. Ülkemizin bazı su yapılarında yapılan benzer çalışmalarda; Doğu Karadeniz havza yapısındaki sularda ortalama değeri 0,0041 mg/L (Serdar, 2015) iken Fırtına deresi ortalama 0,0012 mg/L (Gedik ve ark., 2010) ve Kapistre deresi ortalama 0,0019 mg/L (Serdar, 2015) gibi sonuçlar ortaya konmuştur.

NH₄⁺ sonuçları yaz mevsiminde yüksek olurken diğer üç mevsim değerleri birbirlerine yakın olduğu görülmüştür. En yüksek değer yaz döneminde 1. istasyonda 0,043 mg/L iken, en düşük değer ilkbahar döneminde 4. istasyonda 0,007 mg/L'dir. Dört mevsimin aritmetik ortalaması 0,02 mg/L'dir. Ülkemizin bazı su yapılarında yapılan benzer çalışmalarda; Doğu Karadeniz havza yapısındaki sularda ortalama 0,028 mg/L (Serdar, 2015), Fırtına deresi ortalama 0,048 mg/L (Gedik ve ark.,2010), Aksu deresi ortalama 0,050 mg/L (Kalyoncu ve ark., 2008) ve Kapistre deresinde 0,005 mg/L (Serdar, 2015) gibi sonuçlar ortaya konmuştur.

NO₃⁻ sonuçları sonbahar ve kış mevsimlerinde daha yüksek sonuç değerlerinin olduğu gözlenmiştir. Yaz ve ilkbahar dönemi değerleri daha düşük olurken diğer iki mevsime göre, ayrıca yaz dönemi analiz sonuçları tüm mevsimlere göre daha düşük sonuçlara sahip olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek değer kış döneminde 4. istasyonda 2,64 mg/L iken, en düşük değer yaz döneminde 1. istasyonda 1,20 mg/L'dir. Dört mevsimin aritmetik ortalaması 1,83 mg/L'dir. Ülkemizin bazı su yapılarında yapılan benzer çalışmalarda; Doğu Karadeniz Havza yapısındaki sularda ortalama 0,685 mg/L (Serdar, 2015), Fırtına deresi 1,36 mg/L (Gedik ve ark., 2010) ve Kapistre deresi ise 0,63 mg/L (Serdar, 2015) gibi sonuçlar ortaya konulmuştur.

PO₄³⁻ sonuçları dört mevsim dönemlerinde birbirlerine yakın değerdelerdir. En yüksek değeryaz döneminde 1. ve 3. istasyonlarda 0,18 mg/L ve kış döneminde 4. istasyonda 0,18 mg/L ölçülmüştür. En düşük değeryilkbahar döneminde 4. istasyonda 0,09 mg/L'dir. Dört mevsimin aritmetik ortalaması 0,14 mg/L'dir. Ülkemizin bazı su yapılarında yapılan benzer çalışmalarda; Cire'de 0,01 mg/L (Ertan vd., 1996), Büyük Gökçeli'de 0,03 mg/L (Morkoyunlu, 1997), Pınarpazarı'nda 0,03 mg/L (Morkoyunlu vd., 1997) gibi sonuçlar ortaya konmuştur.

Fe, Mn, Ni, Cu, Al, Cd, Ca, Mg, Cr, Na, K, Pb ve Zn metallerinin analizleri Kırklareli Üniversitesi merkez laboratuvarında Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresinde yapıldı. Yapılan analizlerde Cd, Cu, Ni, Cr³⁺, Cr⁶⁺ ve Pb metallerine dört mevsim ve beş istasyondan alınan tüm numunelerde tespit edilmemiştir.

Fe, Mn, Al, Ca, Mg, Na, K ve Zn metalleri ise dört mevsimde ve alınan beş istasyona ait her numunede tespit edilmiş olup Çizelge 4.6.'de sonuçları gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Al, Ca, Mg, Mn, Fe, K, Na ve Zn metal analiz sonuçları.

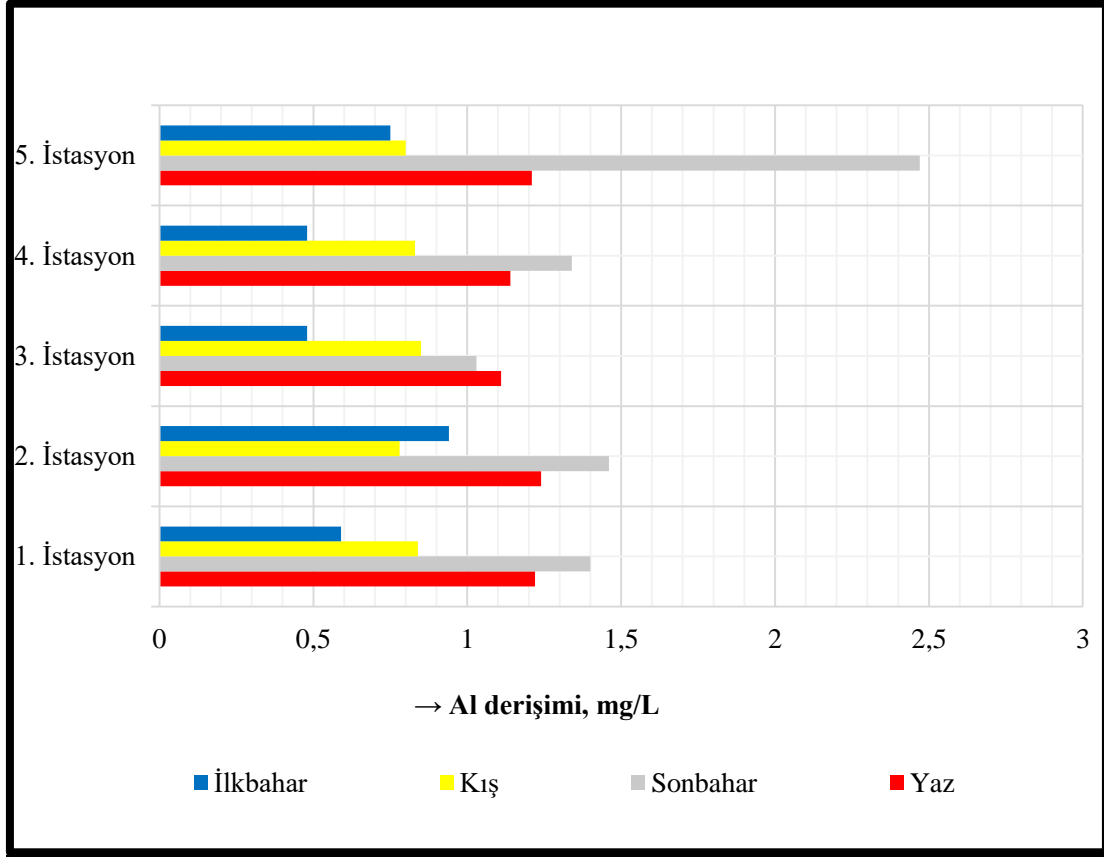
2021 Yaz Dönemi								
İstasyon	Al, mg/L	Ca, mg/L	Mg, mg/L	Mn, mg/L	Fe, mg/L	K, mg/L	Na, mg/L	Zn, mg/L
1	1,22	180,36	18,03	0,08	1,04	4,71	13,39	0,25
2	1,24	29,44	4,68	0,04	0,48	2,71	13,55	0,29
3	1,11	42,16	15,60	0,04	0,43	4,60	13,45	0,29
4	1,14	40,50	18,54	0,08	0,57	4,85	13,99	0,30
5	1,21	45,73	26,32	0,07	0,53	4,79	14,19	0,29
ORT.	1,18	67,63	16,634	0,06	0,61	4,33	13,71	0,28
2021 Sonbahar Dönemi								
İstasyon	Al, mg/L	Ca, mg/L	Mg, mg/L	Mn, mg/L	Fe, mg/L	K, mg/L	Na, mg/L	Zn, mg/L
1	1,40	38,25	10,18	0,07	0,96	4,50	12,12	0,51
2	1,46	41,21	16,11	0,07	0,76	5,00	13,50	0,34
3	1,03	27,79	4,18	0,05	0,61	2,80	12,58	0,23
4	1,34	40,27	14,78	0,06	0,76	4,73	12,89	0,22
5	1,47	37,16	8,74	0,17	1,95	4,20	10,21	0,47
ORT.	1,34	36,93	10,79	0,084	1,008	4,24	12,26	0,354

Çizelge 4.6. Al, Ca, Mg, Mn, Fe, K, Na ve Zn metal analiz sonuçları (devamı).

2022 Kış Dönemi								
İstasyon	Al, mg/L	Ca, mg/L	Mg, mg/L	Mn, mg/L	Fe, mg/L	K, mg/L	Na, mg/L	Zn, mg/L
1	0,84	38,89	7,76	0,02	0,43	3,44	12,18	0,33
2	0,78	30,38	4,17	0,02	0,31	2,74	9,90	0,40
3	0,85	27,51	2,99	0,02	0,28	2,20	8,71	0,30
4	0,83	39,29	8,70	0,03	0,45	3,79	13,97	0,33
5	0,80	28,03	3,99	0,03	0,38	2,68	8,62	0,36
ORT.	0,82	32,82	5,522	0,024	0,37	2,97	10,676	0,344
2022 İlkbahar Dönemi								
İstasyon	Al, mg/L	Ca, mg/L	Mg, mg/L	Mn, mg/L	Fe, mg/L	K, mg/L	Na, mg/L	Zn, mg/L
1	0,59	40,06	8,98	0,01	0,14	3,27	12,33	0,26
2	0,94	44,10	23,80	0,04	0,48	4,37	14,59	0,29
3	0,48	38,02	8,27	0,01	0,16	3,07	11,32	0,25
4	0,48	44,65	18,91	0,01	0,17	3,93	13,98	0,45
5	0,75	44,97	26,01	0,03	0,50	4,21	14,69	0,22
ORT.	0,648	42,36	17,194	0,02	0,29	3,77	13,382	0,294
Yıllık Aritmetik Ort.	0,99	44,94	12,54	0,05	0,57	3,83	12,51	0,32

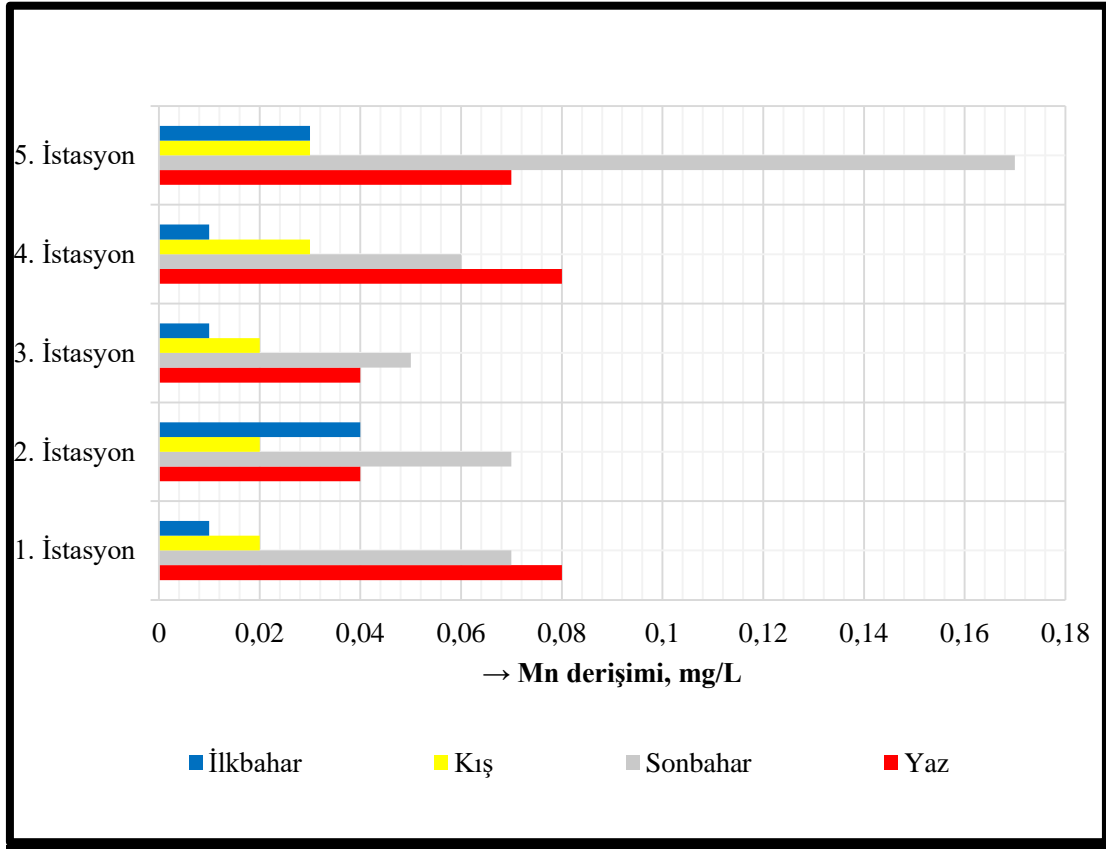
Bu çalışmada elde edilen pH değerleri, içme suyu için izin verilen 6,5-8,5 aralığındadır [81]. Bu parametrelerin seviyeleri içme suyunda kabul edilebilir sınırlar içindeydi. K metal derişimi WHO'nun izin verdiği değerin altındaydı (12 mg/L). Bununla birlikte, tüm bölgelerden alınan sudaki Na ve Mg derişim değeri genellikle kabul edilebilir sınır olan 50 mg/L'nin içinde kalmıştır [82].

Al metali inceleme yapılan beş istasyonda ve dört mevsimde alınan numunelerde tespit edilmiştir. Al metali yaz ve sonbahar mevsiminde yüksek değerli sonuçlara sahipken, kış ve ilkbahar dönemlerde daha düşük değerli sonuçlara sahip olduğu Çizelge 4.2.'de ve Şekil 4.1.'de görülmektedir.



Şekil 4.1. Al metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

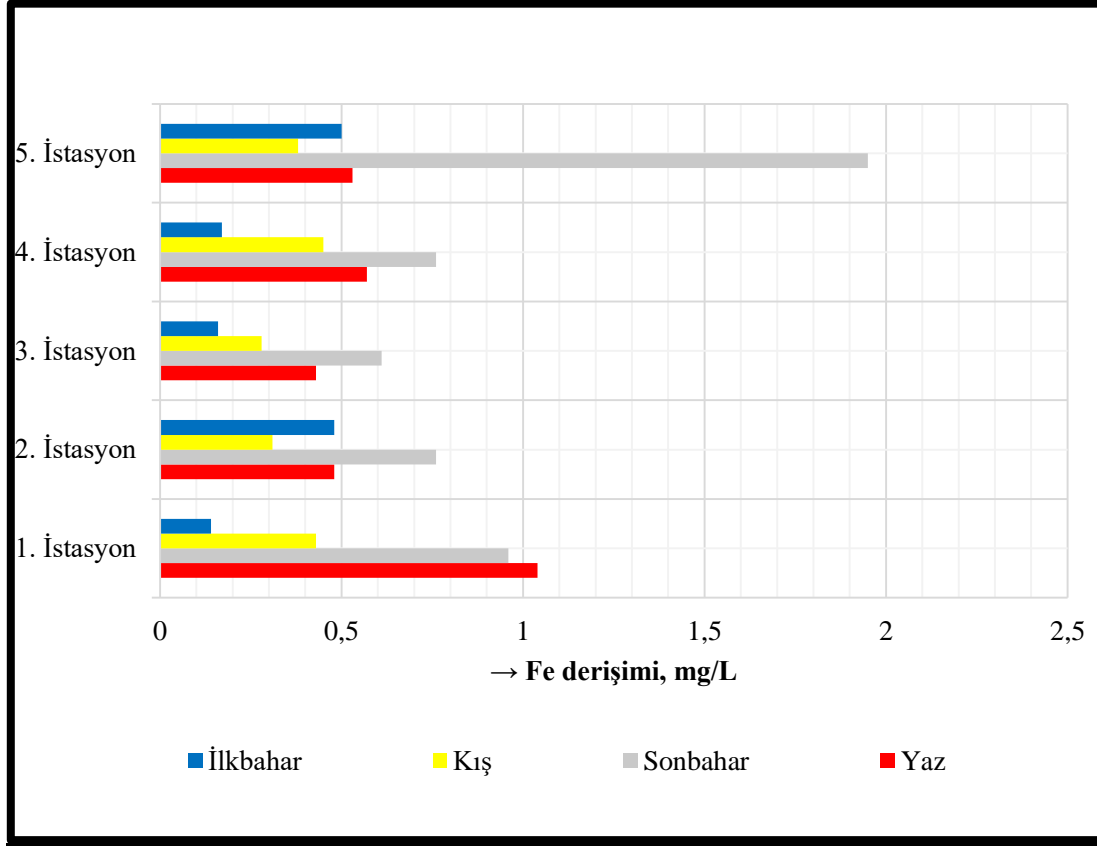
Mn metali inceleme yapılan beş istasyonda ve dört mevsimde alınan numunelerde tespit edilmiştir. Mn metali yaz ve sonbahar mevsiminde yüksek değerli sonuçlara sahipken, kış ve ilkbahar dönemlerde daha düşük değerli sonuçlara sahip olduğu Çiz



elge 4.2.'de ve Şekil 4.2.'de görünmektedir.

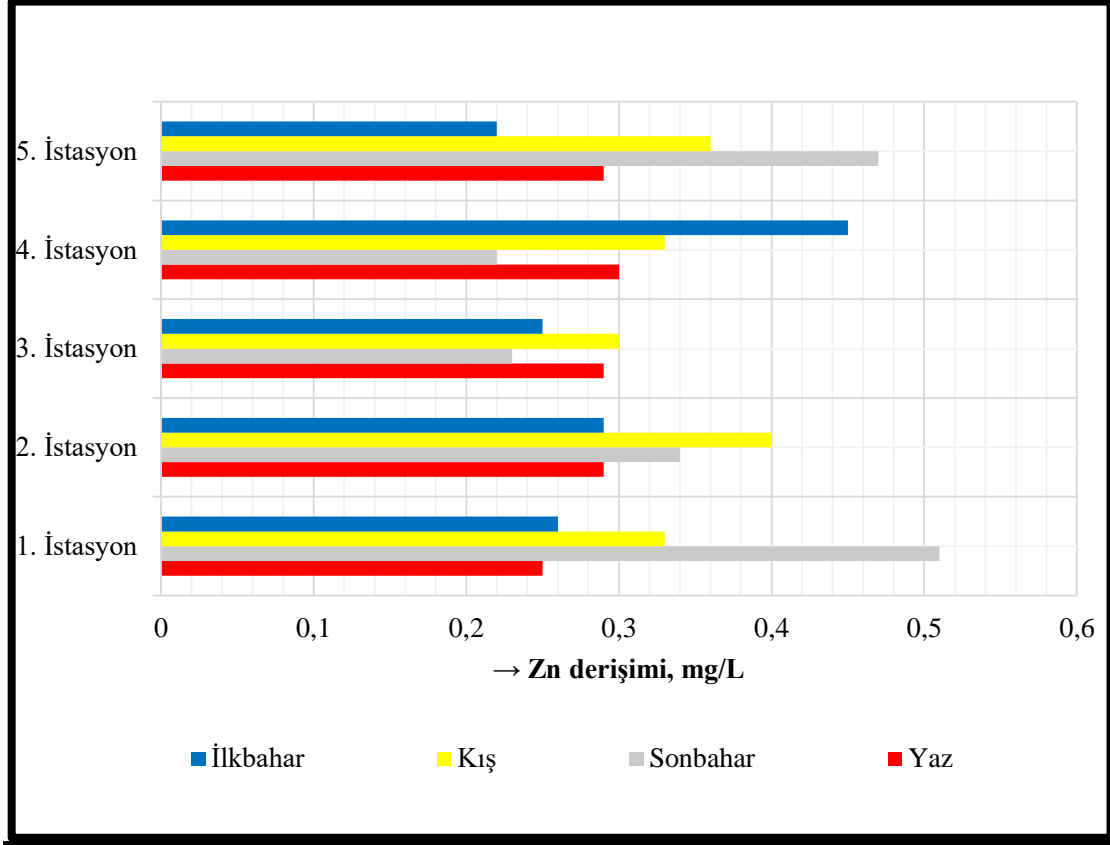
Şekil 4.2. Mn metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

Fe metali inceleme yapılan beş istasyonda ve dört mevsimde alınan numunelerde tespit edilmiştir. Fe metali yaz ve sonbahar mevsiminde yüksek değerli sonuçlara sahipken, kış ve ilkbahar dönemlerde daha düşük değerli sonuçlara sahip olduğu Çizelge 4.2.'de ve Şekil 4.3.'te görülmektedir.



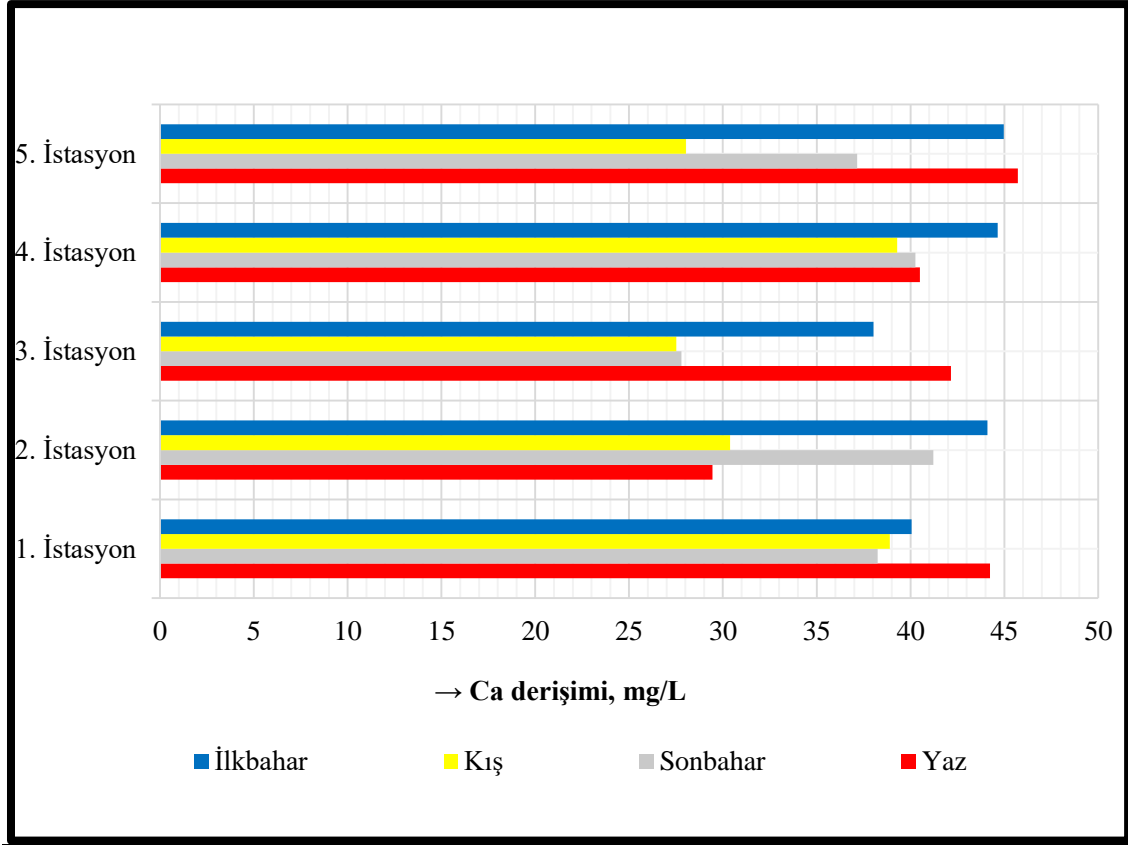
Şekil 4.3. Fe metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

Zn metali inceleme yapılan beş istasyonda ve dört mevsimde alınan numunelerde tespit edilmiştir. Zn metali dört mevsimde de hemen hemen birbirlerine yakın değerlere sahip olduğu Çizelge 4.2.'de ve Şekil 4.4.'de görünmektedir.



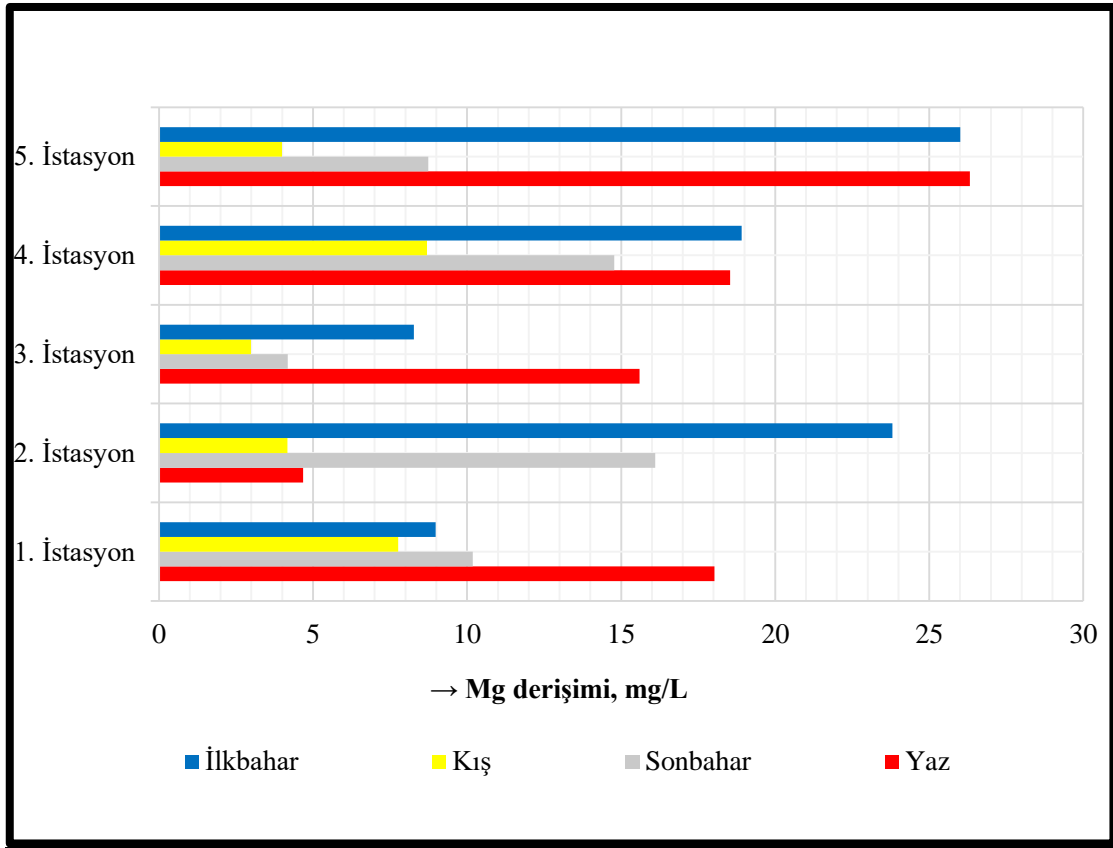
Şekil 4.4. Zn metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

Ca metali inceleme yapılan beş istasyonda ve dört mevsimde alınan numunelerde tespit edilmiştir. Ca metali dört mevsimde de hemen hemen birbirlerine yakın değerlere sahip olduğu Çizelge 4.2.'de ve Şekil 4.5.'de görünmektedir. Ülkemizin bazı barajlarında yapılan çalışmalarda Çakmak Barajında 39-60 mg/L (Ersanlı, 2006), Karacaören I Barajında 31,35-47,41 mg/L (Gülle, 2005), Yedikır Baraj Gölü'nde 52-91 mg/L (Maraşlıoğlu, 2007) Kayalıköy Barajındaki Ca değerlerine benzer sonuçlar aralığı saptanmıştır.



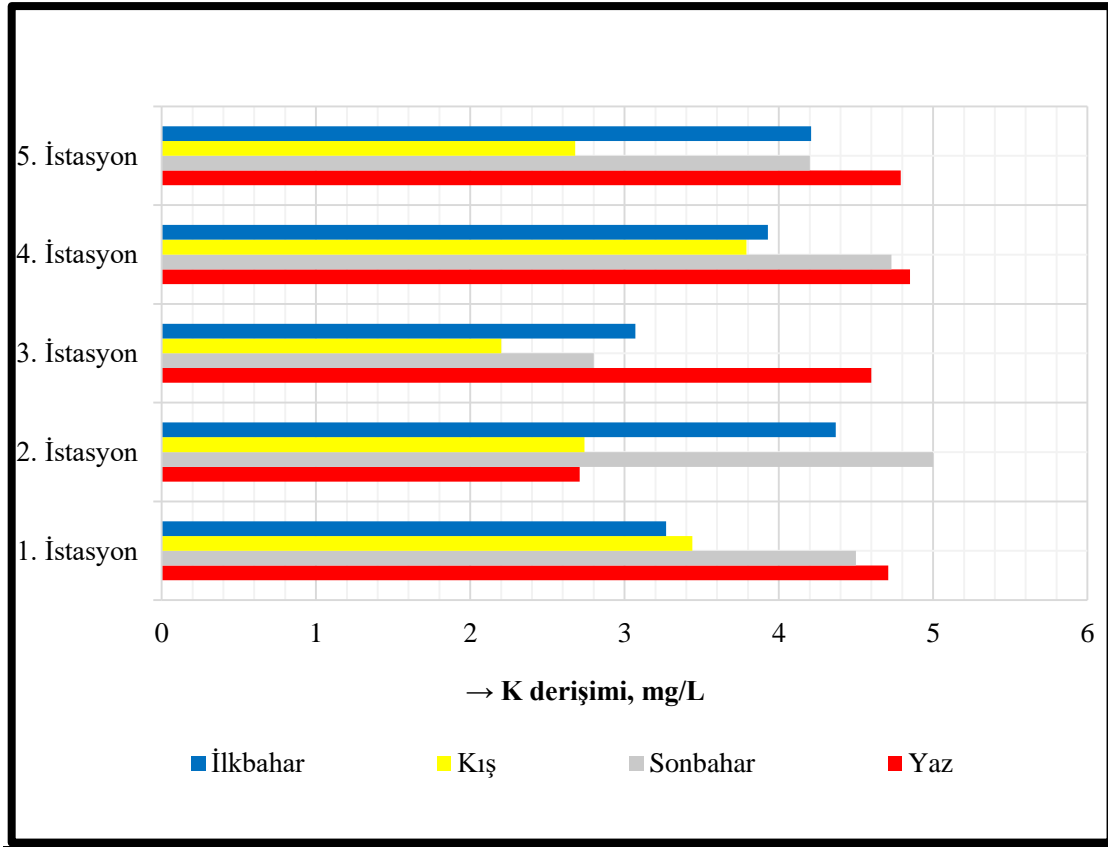
Şekil 4.5. Ca metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

Mg metali inceleme yapılan beş istasyonda ve dört mevsimde alınan numunelerde tespit edilmiştir. Mg metali yaz ve ilkbahar dönemlerinde birbirlerine yakın ve yüksek düzey sonuçlara sahipken, sonbahar ve kış dönemlerinde birbirlerine yakın ve düşük düzey sonuçlara sahip olduğu Çizelge 4.2.'de ve Şekil 4.6.'da görünmektedir. Ülkemizin bazı baraj göllerinde yapılan çalışmalarda da Süleyman Demirel Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi su arıtma sisteminden yapılan araştırmada arıtma giriş suyunda Mg değeri 6,18 mg/L iken arıtma çıkış suyunda 4,25 mg/L olarak ölçülmüştür [83]. Konya Apa Baraj Gölünde bir yıllık çalışmanın ortalama değeri 18,95 mg/L (Ramazan M. ve ark, 2008) değerler bulunmuş olup Kayalıköy Barajındaki Mg değerlerine benzer sonuçlar aralığı saptanmıştır.



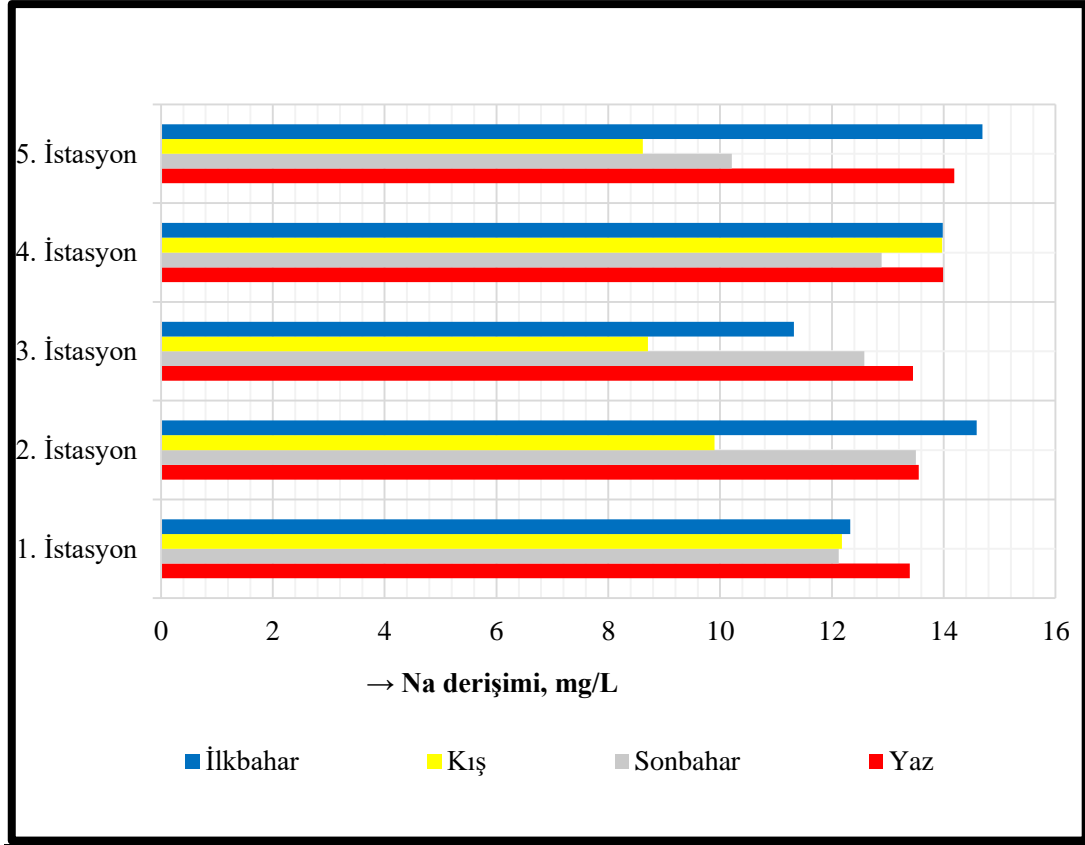
Şekil 4.6. Mg metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

K metali inceleme yapılan beş istasyonda ve dört mevsimde alınan numunelerde tespit edilmiştir. K metali dört mevsimde de hemen hemen birbirlerine yakın değerlere sahip olduğu Çizelge 4.2. ve Şekil 4.7.'de görünmektedir. Ülkemizin bazı baraj göllerinde yapılan çalışmalarda da Almus Barajında 0,2-1,6 mg/L (Papuçcu, 2000), Yedikır Barajında 3,2-5,46 mg/L (Maraşlıoğlu, 2007) değerler bulunmuş olup Kayalıköy Barajındaki K değerlerine benzer sonuçlar aralığı saptanmıştır.



Şekil 4.7. K metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

Na metali inceleme yapılan beş istasyonda ve dört mevsimde alınan numunelerde tespit edilmiştir. Na metali dört mevsimde de hemen hemen birbirlerine yakın değerlere sahip olduğu Çizelge 4.2.'de ve Şekil 4.8.'de görülmektedir. Ülkemizin bazı baraj göllerinde yapılan çalışmalarda da Almus Baraj Gölü'nde 3-9 mg/L (Papuçcu, 2000), Yedikır Baraj Gölü'nde 8-15 mg/L (Maraşlıoğlu, 2007) değerler bulunmuş olup Kayalıköy Barajındaki Na değerlerine benzer sonuçlar aralığı saptanmıştır.



Şekil 4.8. Na metalinin istasyonlarda mevsimsel değişimi.

Ülkemizin bazı su yapılarında yapılan benzer çalışmalarda, farklı zamanlarda ve farklı göl sularında metal analizleri yapılmış olup Çizelge 4.3.'de gösterilmiştir. Yapılan çalışmaların sonuçları ile Kayalıköy Baraj suyunun sonuçları karşılaştırılmıştır.

Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb metalleri çalışmamızı yaptığımız Kayalıköy Baraj suyunda tespit edilememiş olup, karşılaştırma yapmış olduğumuz diğer göllerin sonuçlarında genel olarak tespit edilmiştir.

Al metal sonucu Bafra 1 ve Beyşehir Göllerinde yapılan analiz sonuçlarına yakın değerlerde olurken geriye kalan göllerin sonuçlarından yüksek bulunmuştur. Fe metal sonucu Kovada Gölündeki sonuca yakın bir değerde olurken, Bafra 1, Beyşehir ve Eğirdir Göl-

lerinde yapılan analiz sonuçlarına göre yüksek bulunmuştur. Mn metal sonucu Abant ve Beyşehir Göllerinde yapılan analiz sonuçlarına yakın olurken, Eğirdir ile Kovada Gölle-
rindeki Analiz Sonuçlarından düşük ve Bafra 1 ile Sapanca Göllerindeki analiz sonuçla-
rından yüksek tespit edilmiştir. Zn metal sonucu Bafra 1, Eğirdir, Kovada, Sapanca ve
Abant Göllerinde yapılan analiz sonuçlarından yüksek tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Ülkemizde bazı göl sularında yapılan metal analiz sonuçları ile bu
çalışmaya ait sonuçların karşılaştırılması [74].

<u>Elementler</u>	<u>Bafa 1 Gölü</u> <u>(Nisan 2018)</u>	<u>Bafa 2 Gölü</u> <u>(Ekim 2015 - Mart 2016)</u>	<u>Beyşehir Gölü</u> <u>(2016)</u>	<u>Eğirdir Gölü</u> <u>(Eylül 2011-Şubat 2012)</u>	<u>Kovada Gölü</u> <u>(05.04.2005-23.02.2006)</u>	<u>Sapanca Gölü</u> <u>(Nisan, Haziran, Eylül ve Aralık</u> <u>2015)</u>	<u>Abant Gölü</u> <u>(Nisan, Haziran, Eylül ve Ara-</u> <u>lık 2015)</u>	<u>Kavalköy Barajı</u> <u>(Bu Çalışma)</u>
Cd, mg/L			0,001	0,002		0,003	0,003	T.E.
Cr, mg/L		0,003	0,003			0,062	0,064	T.E.
Cu, mg/L	0,002		0,002	0,001		0,018	0,025	T.E.
Ni, mg/L	0,002	0,001	0,003	0,001	0,010	0,046	0,051	T.E.
Pb, mg/L	0,000	0,001	0,001			0,036	0,037	T.E.
Al, mg/L	0,101	0,014	0,097		0,038			0,99
Fe, mg/L	0,006		0,273	0,001	0,478			0,57
Mn, mg/L	0,008		0,035	0,111	0,063	0,023	0,035	0,05
Zn, mg/L	0,026			0,017	0,020	0,089	0,022	0,32

*T.E. : Tespit edilmedi.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kayalıköy barajında yapılan bu araştırmada ortaya çıkan fiziko-kimyasal ve metal analiz sonuçlarının değerlendirilmesi yapıldı. Değerlendirmeler ilgili yönetmelikteki üst sınır, tavsiye edilen maksimum sınır değerler ile ilgili çizelgelerde de ayrıca belirtildi. Yapılan analizlerin yıllık aritmetik ortalama sonuçları “İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik” değerlerine göre iletkenlik, pH, PO₄³⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Mn, K, Mg, Na, Ca ve Zn analiz sonuçları A1 sınıfına ait su kalitesindedir. Bulanıklık ve Fe A2 sınıfına ait su kalitesinde ve Al ise A3 sınıfına ait su kalitesine sahip olduğu tespit edilmiş olup Çizelge 5.1.’de ayrıca gösterilmiştir.

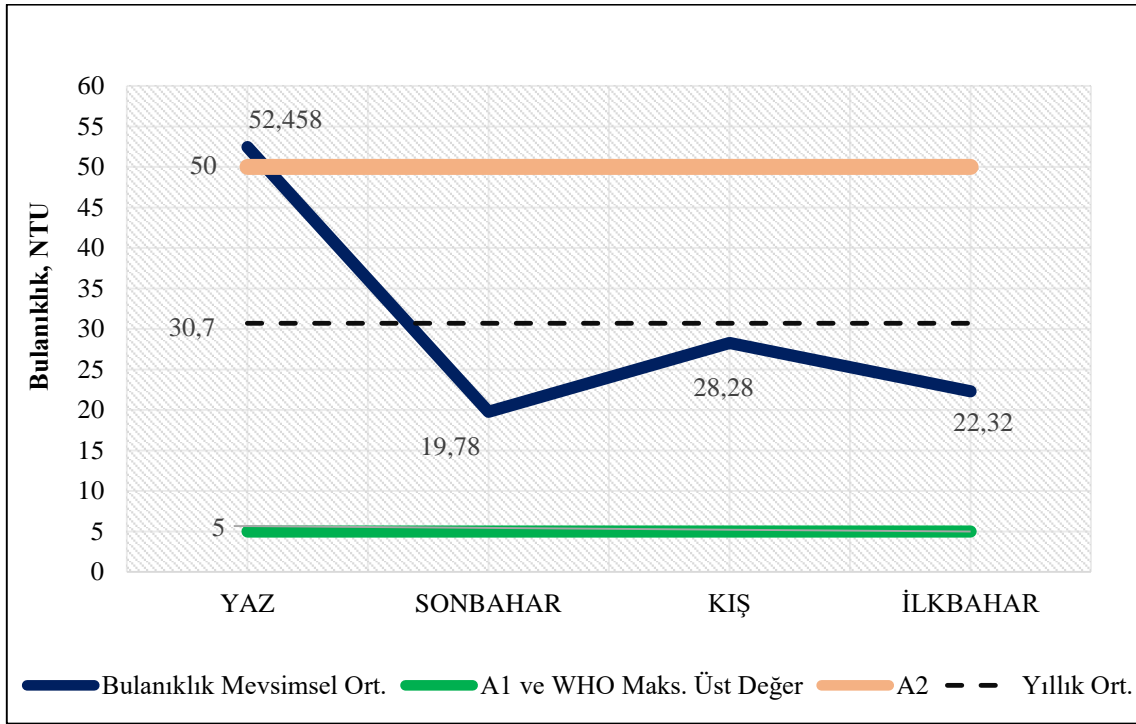
Çizelge 5.1. İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik değerleri ile yıllık ortalama analiz sonuçlarının değerlendirilmesi [4].

PARAMETRELER	A1	A2	A3	KAYALIKÖY BARAJ YILLIK ORT. SONUÇ DEĞERLERİ
İletkenlik, µS/cm	2500	-	25000	227
pH	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	7,41
Bulanıklık, NTU	1	50	500	30,7
PO ₄ ³⁻ , mg/L	0,4	0,7	-	0,14
NO ₂ ⁻ , mg/L	0,5	-	3,3	0,02
NO ₃ ⁻ , mg/L	50	-	330	1,83
NH ₄ ⁺ , mg/L	0,5	2,5	5	0,02
Cd, mg/L	0,005	0,015	0,05	T.E.
Al, mg/L	0,200	0,500	2	0,99
Cr, mg/L	0,05	0,5	1	T.E.
Cu, mg/L	2	5	20	T.E.
Ni, mg/L	0,02	0,03	0,20	T.E.
Mn, mg/L	0,05	0,100	0,250	0,05
Fe, mg/L	0,200	1	2	0,57
Na, mg/L	200	-	2000	12,51
Pb, mg/L	0,010	0,050	0,100	T.E.
Zn, mg/L	3	6	12	0,32

*T.E. : Tespit Edilmedi.

*Çizelgede arka zemini boyalı olan kısımlar suyun hangi kalite sınıfına ait olduğunu gösterir.

Bulanıklık değerleri Şekil 5.1.'de görüldüğü üzere tüm mevsimlerde ve yıllık ortalama değeri ilgili yönetmeliği A1 kalitesine ait değerinin üstünde bir değere sahip olarak A2 kalitedeki sular sınıfına girmektedir. Yaz mevsiminde oldukça yüksek bir değere sahip olarak A2 kalitesine ait değerin de üstünde bir sonuç ortaya çıkarak A3 kalitedeki sular sınıfında yer almıştır. Yıllık ortalama ise 30,7 mg/L değeri ile A2 kalitedeki sular sınıfında tespiti yapılmıştır.



Şekil 5.1. Bulanıklık değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.

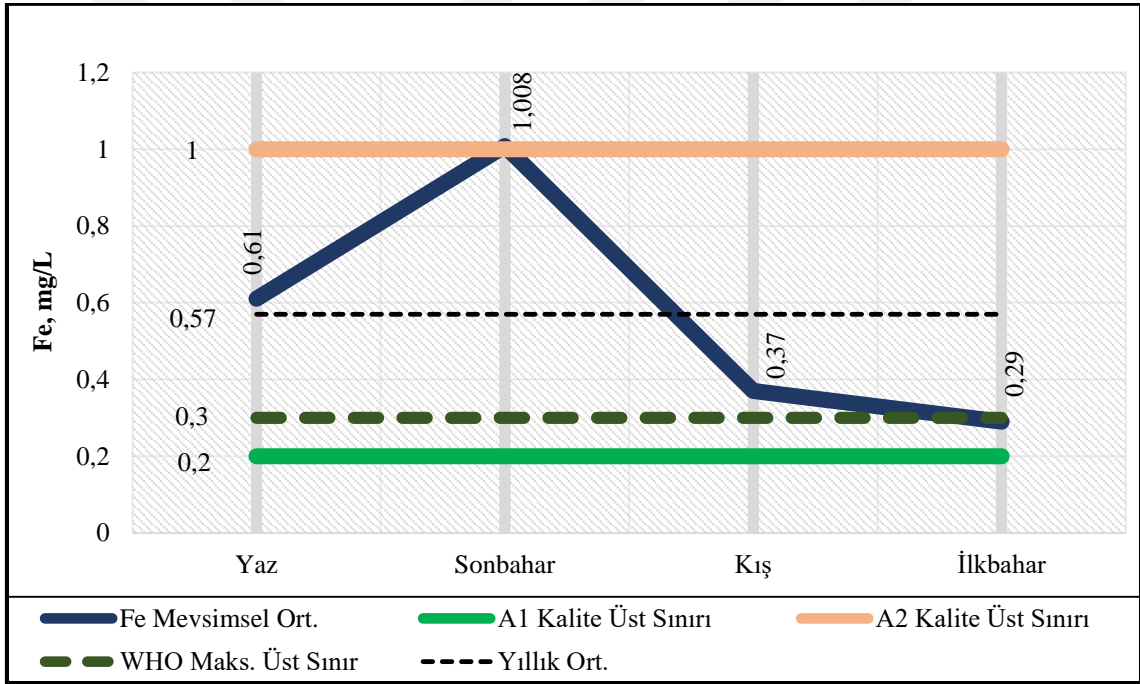
Yapılan analizlerde Cd, Cu, Ni, Cr³⁺, Cr⁶⁺ ve Pb metallerine dört mevsim ve beş istasyondan alınan tüm numunelerde tespit edilmemiş iken Na, Zn, Fe, Mn, Al, Ca, Mg ve K metalleri ise dört mevsimde ve alınan beş istasyona ait her numunede tespit edilmiştir.

Na metalinin en yüksek değer olduğu ilkbahar dönemine ait 5. İstasyonda alınan numunede 14,69 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük değer olduğu kış dönemi 5. İstasyonda 8,62 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık olarak ele alındığı zaman yirmi adet numunede aritmetik Na derişim ortalaması 12,50 mg/L'dir. Bu değerler sonucunda A1 kalitesindeki sular sınıfında yer almaktadır.

Zn metalinin en yüksek değer olduğu sonbahar dönemine ait 2. İstasyonda alınan numunede 0,51 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük değer olduğu sonbahar dönemi 4.

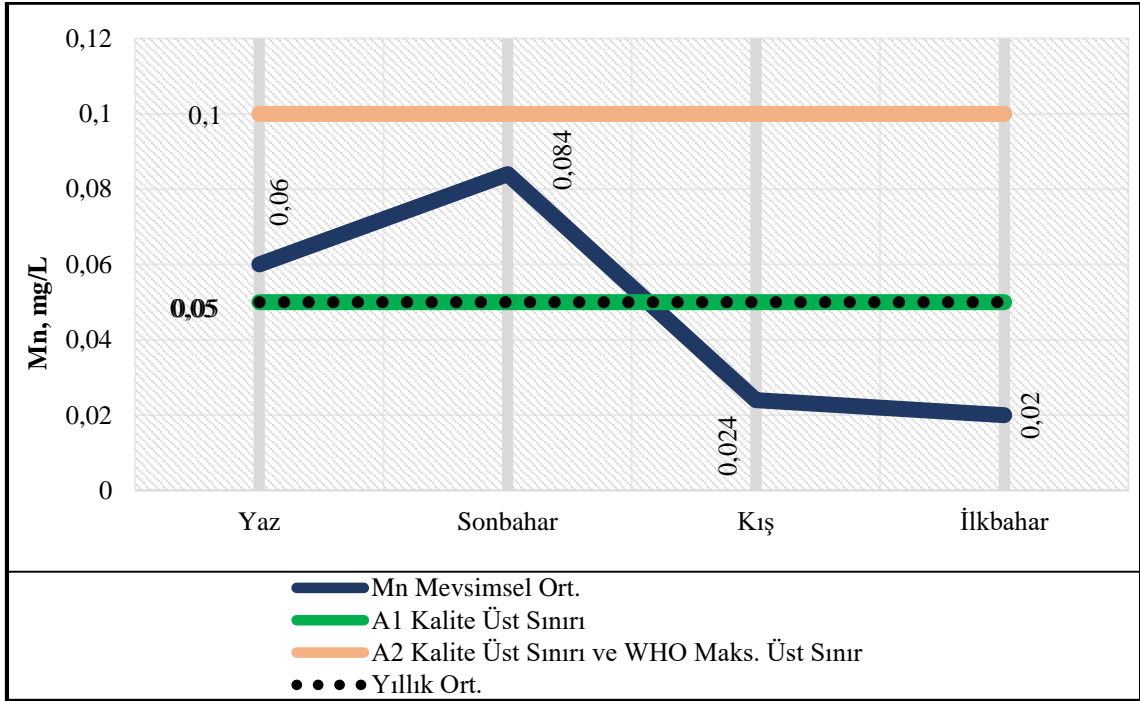
İstasyon ile ilkbahar dönemine ait 5. İstasyonlarda 0,22 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık olarak ele alındığı zaman aritmetik Zn derişim ortalaması 0,32 mg/L'dir. Bu değerler sonucunda A1 kalitesindeki sular sınıfında yer almaktadır.

Fe metalinin en yüksek değer olduğu sonbahar dönemine ait 5. İstasyonda alınan numunede 1,95 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük değer olduğu ilkbahar dönemine ait 1. İstasyonlarda 0,14 mg/L olarak tespit edilmiştir. Şekil 5.2.'de görüldüğü üzere yaz, kış ve ilkbahar mevsim dönemlerinde A1 kalite üst sınırının üstünde olup A2 kaliteye sahip sularda yer almakta iken, sonbahar mevsiminde A2 kalite üst sınırının da üstünde yer alarak bu dönemde A3 kaliteye sahip sularda yer almıştır. Yıllık olarak ele alındığı zaman aritmetik Fe derişim ortalaması 0,57 mg/L değeri ile A2 kalitedeki sular sınıfında tespiti yapılmıştır.



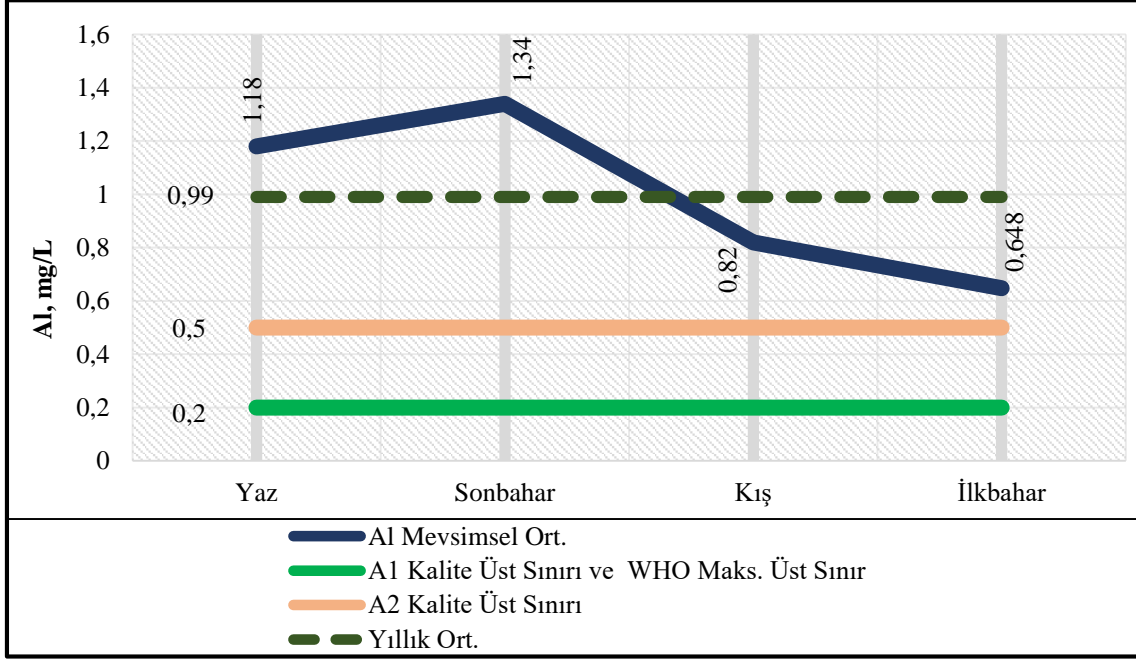
Şekil 5.2. Fe değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.

Mn metalinin en yüksek değer olduğu yaz dönemine ait 1. ve 4. İstasyonda alınan numunelerde 0,8 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük değer olduğu ilkbahar dönemine ait 1. , 3. ve 4. İstasyonlarda 0,01 mg/L olarak tespit edilmiştir. Şekil 5.3.'de görüldüğü üzere yaz ve sonbahar mevsimlerindeki ortalama sonuçları A1 kalite üst sınırının üstünde olup A2 kaliteye sahip sulara yer almakta iken, kış ve ilkbahar mevsimlerinde A1 kalite üst sınırının altında yer alarak bu dönemde A1 kaliteye sahip sulara yer almıştır. Yıllık olarak ele alındığı zaman aritmetik Mn derişim ortalaması 0,04 mg/L değeri ile A1 kalitedeki sular sınıfında tespiti yapılmıştır.



Şekil 5.3. Mn değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.

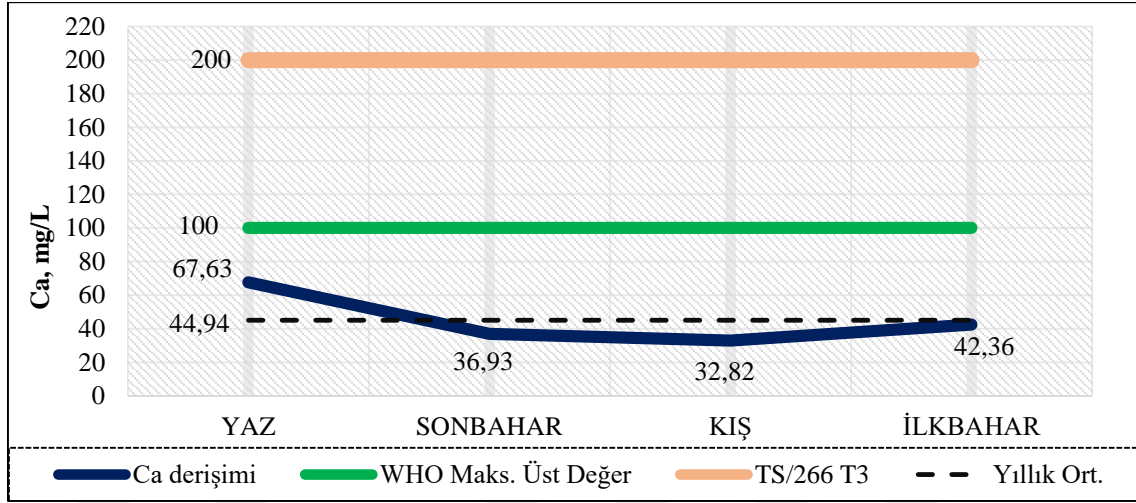
Al metalinin en yüksek değer olduğu sonbahar dönemine ait 5. İstasyonda alınan numunede 1,47 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük değer olduğu ilkbahar dönemine ait 3. ve 4. İstasyonlarda 0,48 mg/L olarak tespit edilmiştir. Şekil 5.4.'de görüldüğü üzere tüm mevsimlerindeki ortalama sonuçları A2 kalite üst sınırının üstünde olup A3 kaliteye sahip sularda yer almaktadır. Yıllık olarak ele alındığı zaman aritmetik Al derişim ortalaması 0,99 mg/L değeri ile A3 kalitedeki sular sınıfında tespiti yapılmıştır.



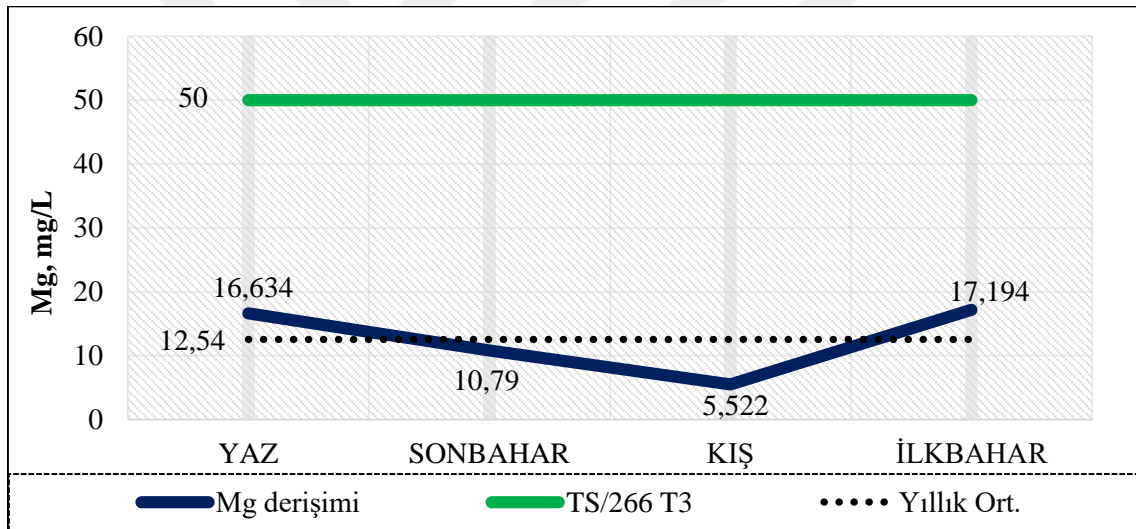
Şekil 5.4. Al değerlerinin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.

Ca metalinin en yüksek değer olduğu yaz dönemine ait 5. İstasyonda alınan numunede 45,73 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük değer olduğu kış dönemi 3. İstasyonda 27,51 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık olarak ele alındığı zaman aritmetik Ca derişim ortalaması 44,94 mg/L'dir. Mg metalinin en yüksek olduğu değer ilkbahar dönemine ait 5. İstasyonda alınan numunede 26,01 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük olduğu değer kış dönemi 3. İstasyonda 2,99 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık olarak ele alındığı zaman aritmetik Mg derişim ortalaması 12,54 mg/L'dir. K metalinin en yüksek değer olduğu sonbahar dönemine ait 2. İstasyonda alınan numunede 5,00 mg/L olarak tespit edilmiştir. En düşük değer olduğu kış dönemi 3. İstasyonda 2,20 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yıllık olarak ele alındığı zaman yirmi adet numunede aritmetik K derişim ortalaması 3,82 mg/L'dir. Ca, Mg ve K metalleri TS266/T3 tablosunda izin verilen maksimum değerlere karşılık değerlendirilmektedir.

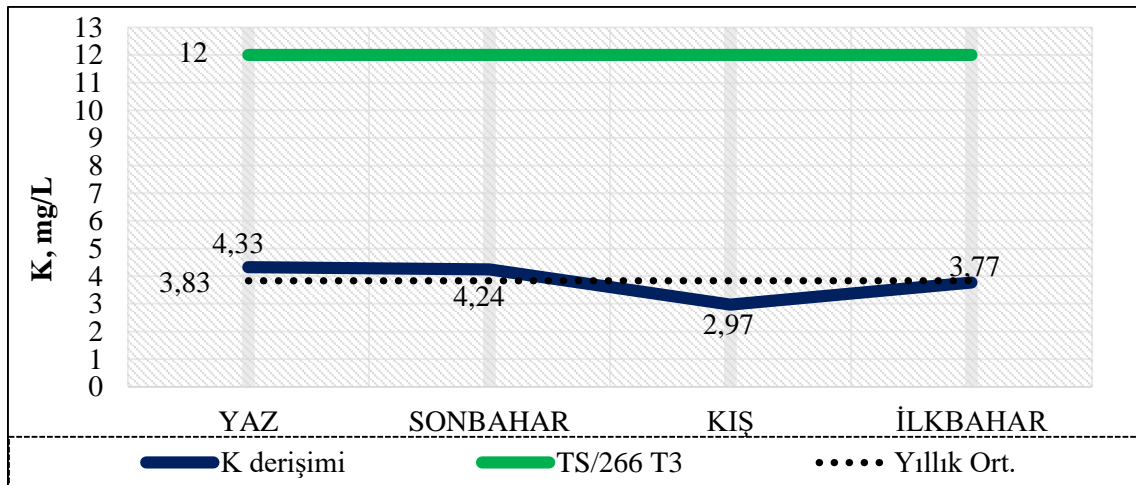
Bu metallere ait mevsimsel ve yıllık ortalama değerleri TS266/T3’de değerlendirilmesi Şekil 5.5., 5.6. ve 5.7.’de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Ca derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.



Şekil 5.6. Mg derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.



Şekil 5.7. K derişiminin mevsimsel ve yıllık ortalamalarının değerlendirilmesi.

Ca, Mg ve K sınır değerlerine ‘İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Artırılması Hakkında Yönetmelikte’ yer verilmediğinden analiz sonuçları ‘Türk Standartları İçme Suyu (TS266/T3)’ sınır değerleri ile değerlendirilmiştir. Aritmetik ortalama analiz sonuçları izin verilen maksimum değerlerin altında olduğu tespit edilmiş olup ayrıca Çizelge 5.2.’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. TS266/T3 İçme Suyu Standartları ile analiz sonuçlarının değerlendirilmesi [5].

<i>Parametreler</i>	<i>İzin Verilen Maks. Değer</i>	<i>Kayalıköy Barajı Yıllık Ortalama Derişim Değerleri</i>
Ca, mg/L	200	44,94
Mg, mg/L	50	12,54
K, mg/L	12	3,82

Dünya Sağlık Örgütü tarafından içme suyunda kullanılacak olan suların fiziko-kimyasal ve metaller için belirlenen maksimum sınır değerler ile analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Bulanıklık, Al ve Fe sonuçları sınır değerleri üzerinde olduğu, bazı dönemlerde Mn metalinin derişimin sınır değerinin üzerine çıktığı geriye kalan analizi yapılan parametrelerin sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Bu karşılaştırma Çizelge 5.3.’de ayrıca gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. WHO’nun içme suyu kalite parametreleri ile analiz sonuçlarının değerlendirilmesi [6].

<i>Parametreler</i>	<i>Maks. Sınır Değer</i>	<i>Kayalıköy Barajı Yıllık Ort. Değerleri</i>
İletkenlik, $\mu\text{S}/\text{cm}$	2500	227
pH	6,5-9,5	7,41
Organik Madde, mg/L	0-5	2,22
Bulanıklık, NTU	5	30,7
PO_4^{3-} , mg/L	0,4	0,14
NO_2^- , mg/L	0,5	0,02
NO_3^- , mg/L	50	1,83
NH_4^+ , mg/L	-	0,02
Cd, mg/L	0,003	T.E.
Al, mg/L	0,200	0,99
Cr, mg/L	0,05	T.E.
Cu, mg/L	2	T.E.
Ni, mg/L	0,02	T.E.
Mn, mg/L	0,10	0,05

Çizelge 5.3. WHO'nun içme suyu kalite parametreleri ile analiz sonuçlarının değerlendirilmesi [6] (devamı).

Fe, mg/L	0,300	0,57
Na, mg/L	200	12,51
Pb, mg/L	0,010	T.E.
Zn, mg/L	-	0,32
Ca, mg/L	100	44,94
Mg, mg/L	-	12,54
K, mg/L	-	3,82

*Çizelgede arka zemini boyalı olan değerler sınır değeri aşan sonuçları göstermektedir.

Bu bilgilerin ışığında düzenli olarak gerekli analizlerin (içme ve kullanma suyu için) yapılmalıdır. Ayrıca çevresel olarak su yapısına olumsuz yönde etkileyebilecek etmenler varsa tespit edilmeli ve tedbirlerin alınmasını da önermekteyiz.

KAYNAKLAR

- [1] Howard, G., Bartram, J., Water, S., & World Health Organization. (2003). Domestic water quantity, service level and health.
- [2] Aksungur, N., & Firidin, Ş. (2008). *Su kaynaklarının kullanımı ve sürdürülebilirlik. Aquaculture Studies*, 2008
- [3] J. İbadullayeva , K. Jumaniyazova , S. Azimzadeh , S. Canigür ve F. Esen , "Çevre Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri", *Türk Tıp Öğrencileri Araştırma Dergisi*, c. 1, sayı. 3, ss. 52-58, Kas. 2019
- [4] Url-1 <<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=32653&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>> (Erişim Tarihi: 09/04/2023)
- [5] Url-2 <<https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073082080080071077100076119105103072>> (Alınma Tarihi: 09/04/2023)
- [6] Url-3 <<https://www.who.int/publications/i/item/9789240023642>> (Alınma Tarihi: 09/04/2023)
- [7] Robbins, L. J., Fakhraee, M., Smith, A. J., Bishop, B. A., Swanner, E. D., Peacock, C., ... & Lyons, T. W. (2023). *Manganese oxides, Earth surface oxygenation, and the rise of oxygenic photosynthesis*. *Earth-Science Reviews*, 104368.
- [8] Prof. Dr. Ömer Akgiray *Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Göztepe, İstanbul omer.akgiray@marmara.edu.tr Tesisat Dergisi Ağustos 2003*
- [9] Wala, M., Kołodziejek, J., & Wilk, T. (2022). *Acidity and availability of aluminum, iron and manganese as factors affecting germination in European acidic dry and alkaline xerothermic grasslands*. *PeerJ*, 10, e13255
- [10] Url-4 <<https://www.healthlinkbc.ca/healthlinkbc-files/manganese-drinking-water>> (Erisim tarihi 1 Mayıs 2023)
- [11] Kody, M. K. K. (2019). *Quality and Physicochemical Characterization of Drinking Water in Southern Kordofan State* (Doctoral dissertation, Sudan University Of Science & Technology).
- [12] Begum, W., Rai, S., Banerjee, S., Bhattacharjee, S., Mondal, M. H., Bhattarai, A., & Saha, B. (2022). *A comprehensive review on the sources, essentiality and toxicological profile of nickel*. *RSC advances*, 12(15), 9139-9153.
- [13] Järup, L. (2003). *Hazards of heavy metal contamination*. *British medical bulletin*, 68(1), 167-182.
- [14] Liu, S., & Costa, M. (2022). *Carcinogenicity of metal compounds*. In *Handbook on the Toxicology of Metals* (pp. 507-542). Academic Press., 7

- [15] **Ozcan, A. C., & Gurel, L.** (2023). *Lead, nickel, and copper removal by chemical precipitation using calcined Black Sea mussel shells. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 38(2), 743-752.
- [16] **Vakili, M., Rafatullah, M., Yuan, J., Zwain, H. M., Mojiri, A., Gholami, Z., ... & Yu, G.** (2021). *Nickel ion removal from aqueous solutions through the adsorption process: A review. Reviews in Chemical Engineering*, 37(6), 755-778.
- [17] **Mulware, S. J.** (2013). *Trace elements and carcinogenicity: a subject in review. 3 Biotech*, 3(2), 85-96.
- [18] **Fortoul, T. I., Rodriguez-Lara, V., Gonzalez-Villalva, A., Rojas-Lemus, M., Colin-Barenque, L., Bizarro-Nevaras, P., ... & Cano-Rodriguez, M. C.** (2015). *Health effects of metals in particulate matter. In Current air quality issues. IntechOpen.*
- [19] **du Plessis, M., Fourie, C., Stone, W., & Engelbrecht, A. M.** (2023). *The impact of endocrine disrupting compounds and carcinogens in wastewater: Implications for breast cancer. Biochimie.*
- [20] **Yaman, M.** (2000). *Speciation of copper in soils and relation with its concentration in fruits. Communications in soil science and plant analysis*, 31(19-20), 3205-3215.
- [21] **WHO.** *Guidelines for Drinking-Water Quality, Health Criteria and Other Supporting Information, 2nd ed.;* World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2004; Volume 2.
- [22] **Bondy, S. C.** (2010). *The neurotoxicity of environmental aluminum is still an issue. Neurotoxicology*, 31(5), 575-581.
- [23] **Bondy, S. C.** (2016). *Low levels of aluminum can lead to behavioral and morphological changes associated with Alzheimer's disease and age-related neurodegeneration. Neurotoxicology*, 52, 222-229.
- [24] **Srinivasan, P. T., Viraraghavan, T., & Subramanian, K. S.** (1999). *Aluminium in drinking water: An overview. Water Sa*, 25(1), 47-55.
- [25] **WHO.** *Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th ed.;* WHO: Geneva, Switzerland, 2011.
- [26] **Christopher N. Martyn,** *Environ Geochem Health* **12**, 169–171 (1990). <https://doi.org/10.1007/BF01734065>
- [27] **Manić, L., Wallace, D., Onganer, P. U., Taalab, Y. M., Farooqi, A. A., Antonijević, B., & Djordjevic, A. B.** (2022). *Epigenetic mechanisms of metal carcinogenicity. Toxicology Reports.*
- [28] **Rahman, M. M., Hossain, M. K. F. B., Afrin, S., Saito, T., & Kurasaki, M.** (2022). *Effects of metals on human health and ecosystem, Design of Materials and Technologies for Environmental Remediation*, 81–119.
- [29] **Järup, L.** (2003). *Hazards of heavy metal contamination. British medical bulletin*, 68(1), 167-182.
- [30] **Nriagu JO** (1996) *History of global metal pollution. Science* 272:223–224

- [31] **M. Yalçın ve H. Oğuz** , "Konya Bölgesi İçme Sularındaki Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması", *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, c. 2, sayı. 35, ss. 9-18, Ara. 2010
- [32] **Nriagu JO** (1996) *History of global metal pollution*. Science 272:223–224
- [33] **Flora SJS, Flora GJS, Saxena G** (2006) Environmental occurrence, health effects and management of lead poisoning. In: Cascas SB, Sordo J (eds) *Lead: chemistry, analytical aspects, environmental impacts and health effects*. Elsevier, pp 158–228.
- [34] **Järup, L.** (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British medical bulletin*, 68(1), 167-182.
- [35] **Arfi, N., Khatoon, K., & Alim, F.** (2022). Zinc Malnutrition in Children and Its Consequences on Health. *Microbial Biofertilizers and Micronutrient Availability: The Role of Zinc in Agriculture and Human Health*, 35-67.
- [36] **Gupta, M., Mahajan, V. K., Mehta, K. S., & Chauhan, P. S.** (2014). Zinc therapy in dermatology: a review. *Dermatology research and practice*, 2014.
- [37] **Shams Tabrez, K., & Malik, A. (Eds.).** (2021). Microbial biofertilizers and micronutrient availability: *The role of zinc in agriculture and human health*. Springer Nature.
- [38] **Greene, H. L., Hambidge, K. M., Schanler, R., & Tsang, R. C.** (1988). Guidelines for the use of vitamins, trace elements, calcium, magnesium, and phosphorus in infants and children receiving total parenteral nutrition: report of the Subcommittee on Pediatric Parenteral Nutrient Requirements from the Committee on Clinical Practice Issues of the American Society for Clinical Nutrition. *The American journal of clinical nutrition*, 48(5), 1324-1342.
- [39] **Chang, R., Kim, S., Lee, S., Choi, S., Kim, M., & Park, Y.** (2017). Calcium carbonate precipitation for CO₂ storage and utilization: a review of the carbonate crystallization and polymorphism. *Frontiers in Energy Research*, 5, 17.
- [40] **Alberti, F. B.** (2016). *This mortal coil: The human body in history and culture*. Oxford University Press.
- [41] **Yeşiltaş, H. K. & Yılmaz, T.** (2022). Yüzeysel Su Kaynağından İçme Suyu Elde-sinde Alkali Koagülasyon Metodunun Uygulanması ve Kalsiyum Sertliğinden İleri Gelen Kireç Taşı Oluşumu. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 37 (1) , 249-260. DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1095078
- [42] **Rahyussalim, A. J., Supriadi, S., Kamal, A. F., Marsetio, A. F., & Pribadi, P. M.** (2019, April). Magnesium-carbonate apatite metal composite: Potential biodegradable material for orthopaedic implant. *In AIP Conference Proceedings* (Vol. 2092, No. 1, p. 020021). AIP Publishing LLC.
- [43] **Al-Fartusie, F. S., & Mohssan, S. N.** (2017). Essential trace elements and their vital roles in human body. *Indian J Adv Chem Sci*, 5(3), 127-136.
- [44] **Faryadi, Q.** (2012). The magnificent effect of magnesium to human health: a critical review. *International Journal of Applied*, 2(3), 118-126.

- [45] **Glasdam, S. M., Glasdam, S., & Peters, G. H.** (2016). The importance of magnesium in the human body: a systematic literature review. *Advances in clinical chemistry*, 73, 169-193.
- [46] **Sayyora, B., & Israilov, M.** (2022). ON THE IMPORTANT PROPERTIES OF MAGNESIUM METAL. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 10(5), 756-759.
- [47] **O. Gürsoy, G. Kavas ve Ö. Kınık** , "Magnezyum ve Sağlık: Süt ve Süt Ürünleri Perspektifi", *Akademik Gıda*, c. 3, sayı. 4, ss. 34-36, Ağu. 2005
- [48] **Awwad, N. S., Saleh, K. A., Abbas, H. A. S., Alhanash, A. M., Alqadi, F. S., & Hamdy, M. S.** (2019). Induction apoptosis in liver cancer cells by altering natural hydroxyapatite to scavenge excess sodium without deactivate sodium-potassium pump. *Materials Research Express*, 6(5), 055403.
- [49] **Adrogué, H. J., & Madias, N. E.** (2007). Sodium and potassium in the pathogenesis of hypertension. *New England journal of medicine*, 356(19), 1966-1978.
- [50] **Ritter, Keith Solomon, Paul Sibley, Ken Hall, Patricia Keen, Gevan Mattu, Beth Linton, L.** (2002). Sources, pathways, and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton inquiry. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 65(1), 1-142.
- [51] **Kim, H. G., & Hong, S.** (2023). Influence of land cover, point source pollution, and granularity on the distribution of metals, metalloids, and organic matter in the river and stream sediments in the Republic of Korea. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.
- [52] **Zavarzina, A. G., Danchenko, N. N., Demin, V. V., Artemyeva, Z. S., & Kogut, B. M.** (2021). Humic substances: hypotheses and reality (a review). *Eurasian Soil Science*, 54, 1826-1854.
- [53] **Myre, E., & Shaw, R.** (2006). The turbidity tube: simple and accurate measurement of turbidity in the field. *Michigan Technological University*, 15.
- [54] **Azman, A. A., Rahiman, M. H. F., Taib, M. N., Sidek, N. H., Bakar, I. A. A., & Ali, M. F.** (2016, October). A low cost nephelometric turbidity sensor for continual domestic water quality monitoring system. In *2016 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)* (pp. 202-207).
- [55] **World Health Organization.** (2017). *Water quality and health-review of turbidity: information for regulators and water suppliers.*
- [56] **Crioni, P. L., Teramoto, E. H., & Chang, H. K.** (2023). Monitoring river turbidity after a mine tailing dam failure using an empirical model derived from Sentinel-2 imagery. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 95, e20220177.
- [57] **Boyd, C. E.** (2001). Water quality standards: total ammonia nitrogen. *The Advocate*, 4(4), 84-85.
- [58] **Bernhardt, E. S., Band, L. E., Walsh, C. J., & Berke, P. E.** (2008). Understanding, managing, and minimizing urban impacts on surface water nitrogen loading. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134(1), 61-96.

- [59] **Taş, B. & Çetin, M.** (2011). Gökgöl (Ordu-Türkiye)'ün Bazı Fiziko-Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1 (1), 75-84. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ordubtd/issue/11062/132145>
- [60] **G. K. Ökmen ve Ö. F. Algur**, "Denitrifikasyon ve Mikroorganizmalar", *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, sayı. 2, ss. 11-15, Tem. 2011
- [61] **Rožić, M., Cerjan-Stefanović, Š., Kurajica, S., Vančina, V., & Hodžić, E.** (2000). Ammoniacal nitrogen removal from water by treatment with clays and zeolites. *Water Research*, 34(14), 3675-3681.
- [62] **Url-5** <<https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/fakbal/133020/Azot%20ve%20fosfor.pdf>> (Alınma Tarihi: 09/04/2023)
- [63] **Adami, S., & Zamberlan, N.** (1996). Adverse effects of bisphosphonates: a comparative review. *Drug safety*, 14, 158-170.
- [64] **Zoroddu, M. A., Aaseth, J., Crisponi, G., Medici, S., Peana, M., & Nurchi, V. M.** (2019). The essential metals for humans: a brief overview. *Journal of inorganic biochemistry*, 195, 120-129.
- [65] **B. Öztürk ve M. Serdaroğlu**, "Et Ve Et Ürünlerinde Fosfatlar: İşlevleri Ve İkame Olanaklarının Güncel Çerçeve Değerlendirilmesi", *Gıda*, c. 42, sayı. 5, ss. 535-545, Tem. 2017
- [66] **Yaşar, S., Üstek, M. A., Bengü, A. Ş. & Mis, L.** (2016). Mardin Bölgesi İçme Sularında Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(2), 63-71. Retrieved from <http://cusbed.cumhuriyet.edu.tr/tr/pub/issue/26874/379599>
- [67] **Kahraman T, Alemdar S, Alişarlı M, Ağaoğlu S.** Bitlis ili içme sularında ağır metal düzeyleri. *Eurasian J Vet Sci*, 2012, 28, 3, 164-171
- [68] **Url-6** <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.038>> (Alınma Tarihi: 09/04/2023)
- [69] **A. Fırat Ersoy ve E. Hatipoğlu Temizel**, "Karadere Deresi'nin (Araklı-Trabzon) İçme ve Sulama Suyu Amaçlı Kullanım Uygunluğunun İncelenmesi", *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, c. 8, sayı. 2, ss. 238-249, Tem. 2022, doi:10.21324/dacd.1005286.
- [70] **E. Atea, A. E. Kadak ve A. Y. Sönmez**, "Germeçtepe Baraj Gölünün (Kastamonu-Daday) Bazı Fiziko-kimyasal Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi", *Alinteri Journal of Agriculture Science*, c. 32, sayı. 1, ss. 55-68, Haz. 2017, doi:10.28955/alinterizbd.316483.
- [71] **E. Kasaka**, "Tecer Gölü'nün (Ulaş/Sivas) Fizikokimyasal Özellikleri ve İçerdiği Fitoplanktonik Topluluklar", *International Journal of Innovative Engineering Applications*, c. 6, sayı. 1, ss. 81-90, Haz. 2022, doi:10.46460/ijiea.1068358
- [72] **A. Kurt, S. Kander ve Ö. U. Çopur**, "Bursa İli Kırsal Bölgelerindeki İçme Suyu Amaçlı Kullanılan Kuyu Sularının Ağır Metal Seviyelerinin Belirlenmesi", *Gıda*, c. 47, sayı. 2, ss. 199-211, Şub. 2022, doi:10.15237/gida.GD22012

- [73] **M. Yalçın ve H. Oğuz** , "Konya Bölgesi İçme Sularındaki Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması", *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, c. 2, sayı. 35, ss. 9-18, Ara. 2010
- [74] **M. Kara** , "Bafa Gölü Sularında Element Konsatrasyonlarının Belirlenmesi ve Su Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi", *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 8, sayı. 1, ss. 287-297, Mar. 2019, doi:10.17798/bitlisfen.469974
- [75] **Url-7** <<https://tr.hach.com/product.detailprint.version.jsa?id=24930455424>>(erişim tarihi 01 Mayıs 2023).
- [76] **Url-8**<<https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/gbakan/133016/8%20Organik%20Madde%20Tayini>>(erişim tarihi 01 Mayıs 2023).
- [77] **Url-9**<<https://tr.hach.com/nitrat-kuvet-testi-0-23-13-5-mg-l-no-n/productdetails?id=26370298763>> (erişim tarihi 01 Mayıs 2023).
- [78] **Url-10**<https://tr.hach.com/dr6000-rfid-teknolojisine-sahip-uv-vis-spektrofo_tometre/product?id=26370529819> (erişim tarihi 01 Mayıs 2023).
- [79] **Url-11**<<https://tr.hach.com/orto-toplam-fosfat-kuvet-testi-0-5-5-0-mg-l-pop/product-details?id=26370298772>> (erişim tarihi 01 Mayıs 2023).
- [80] **Url-12**<<https://tr.hach.com/laton-toplam-azot-kuvet-testi-5-40-mg-l-tn-sub-b-sub/product-details?id=26370275693>> (erişim tarihi 01 Mayıs 2023).
- [81] **Url-13** <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254636/9789241550017-eng.pdf>> (erişim tarihi 01 Mayıs 2023).
- [82] **WHO**. *Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th ed.*; WHO: Geneva, Switzerland, 2011.
- [83] **S. Demer, Ü. Memiş ve N. Özgür** , "Süleyman Demirel Üniversitesi İçme ve Kullanma Sularının Kalitesinin İzlenmesi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 14, sayı. 2, ss. 174-186, Şub. 2014, doi:10.19113/sdufbed.81509

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	
Telefon	
E-Posta Adresi	
Web Adresi	
Mesleki Deneyim	

Yüksek Lisans	
Üniversite	
Enstitü Adı	
Anabilim Dalı	
Programı	
Lisans	
Üniversite	
Fakülte	
Bölümü	
Mezuniyet Yılı	
Önlisans	
Üniversite	
Fakülte	
Bölümü	
Mezuniyet Yılı	
Lisans	
Üniversite	
Fakülte	
Bölümü	
Mezuniyet Yılı	

Makale ve Bildiriler	