



**ERZURUM İÇME SUYU ARITMA TESİSİ SU
KALİTESİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN
İSTATİKSEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**
Mehmet TOPAL

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2025

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ BİLİM DALI

**ERZURUM İÇME SUYU ARITMA TESİSİ SU KALİTESİNİN MEVSİMSEL
DEĞİŞİMİNİN İSTATİKSEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**
(STATISTICAL EVALUATION OF SEASONAL VARIATION OF WATER
QUALITY OF ERZURUM PROVINCE DRINKING WATER TREATMENT FACILITY)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet TOPAL

Danışman: Doç. Dr. Fatma EKMEKYAPAR TORUN

Erzurum

Eylül, 2025

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Mehmet TOPAL tarafından hazırlanan “Erzurum İçme Suyu Arıtma Tesisi Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İstatiksel Olarak Değerlendirilmesi” başlıklı çalışması 26/08/2025 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Çevre Teknolojileri Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ

Atatürk Üniversitesi

Aslı ıslak imzalıdır

Danışman: Doç. Dr. Fatma EKMEKYAPAR TORUN

Atatürk Üniversitesi

Aslı ıslak imzalıdır

Jüri Üyesi: Doç. Dr. Züleyha REÇBER

Iğdır Üniversitesi

Aslı ıslak imzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Alper NUHOĞLU

Enstitü Müdürü

Aslı ıslak imzalıdır

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Doç. Dr. Fatma EKMEKYAPAR TORUN danışmanlığında sunulan “Erzurum İçme Suyu Arıtma Tesisi Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	2	30
Kuramsal Temeller	7	30
Materyal ve Metot	18	35
Bulguları ve Tartışma	12	20
Sonuçlar ve Öneriler	4	20
Tezin Geneli	11	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Mehmet TOPAL	Doç. Dr. Fatma EKMEKYAPAR TORUN
11.8.2025	11.8.2025
İmza:	İmza:

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışma süresince tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, tezimde büyük emeği olan ve kıymetli zamanımı benden esirgemeyen saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. Fatma EKMEKYAPAR TORUN'a teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi açıdan emeklerini ödeyemeyeceğim değerli babam Ramazan TOPAL'a, değerli annem Cale TOPAL'a, değerli ablam Işıl AÇIK'a ve tez aşamasında bana desteğini esirgemeyip elinden gelen tüm yardımı gösteren değerli eşim Deniz TOPAL'a teşekkür ederim.

Tez sürecinde ilgili verileri paylaşan Erzurum Büyükşehir Belediyesine, içme suyu arıtma tesisi çalışanlarına ve tarafıma elinden gelen tüm yardımlarını esirgemeyen ve kolaylıklar sağlayan Erzurum Çevre Şehircilik Ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, Çevre Yönetimi ve Denetim Şube Müdürüm Sayın Hasan Tamer ALPARSLAN'a ve mesai arkadaşlarım Muhammet Taha DAL ve Nevzat Lütfü GÜNDÜZ'e teşekkür ederim.

Mehmet TOPAL

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZURUM İÇME SUYU ARITMA TESİSİ SU KALİTESİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN İSTATİKSEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet TOPAL

Danışman: Doç. Dr. Fatma EKMEKYAPAR TORUN

Amaç: Bu çalışmada, Erzurum İl merkezine dağıtımı gerçekleştirilen içme ve kullanma sularının ölçüm verileri kapsamında su kalitesinin belirlemek ve kullanımı açısından değerlendirilmeler yapılarak mevsimsel değişimlerini araştırmak amaçlanmıştır.

Yöntem: Haziran 2022- Mayıs 2023 tarihleri arasında analizi gerçekleştirilecek parametrelerin verileri, Erzurum Büyükşehir Belediyesinden resmi yazı ile talep edilerek alınmış olup, parametreler kapsamında su kalitesi ve mevsimsel etkileri belirlenmiştir.

Bulgular: Alınan veriler doğrultusunda, analizi gerçekleştirilecek parametrelerden 3 adet fiziksel özellik (bulanıklık, sıcaklık(°C), renk) ve 9 adet kimyasal özellik (pH, elektriksel iletkenlik(EC), çözünmüş oksijen(ÇO), alüminyum(Al), demir(Fe), mangan(Mn), klorür(Cl⁻), sülfat(SO₄⁻²), sodyum(Na)) olmak üzere toplam 12 adet parametrenin analizleri gerçekleştirilerek ilgili yönetmelik ve standartlar kapsamında değerlendirilmiştir.

Sonuçlar: Analizi gerçekleştirilen tüm parametreler, 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğin ilgili hükümleri ve TS 266 standartlarına kapsamında su kalitesi uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Arıtma, İçme Suyu, Mevsimsel Değişim, Su kalitesi, Erzurum

Eylül 2025, 71 Sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

STATISTICAL EVALUATION OF SEASONAL VARIATION OF WATER QUALITY OF ERZURUM PROVINCE DRINKING WATER TREATMENT FACILITY

Mehmet TOPAL

Supervisor: Assoc. Prof. Fatma EKMEKYAPAR TORUN

Purpose: In this study, it was aimed to determine the water quality and evaluate it in terms of its use within the scope of measurement data of drinking and domestic water in Erzurum city center, and to investigate its seasonal changes.

Method: The data of the parameters to be analyzed between June 2022 and May 2023 were obtained by requesting an official letter from Erzurum Metropolitan Municipality, and seasonal effects were evaluated by determining the quality of the water.

Findings: In line with the data received, a total of 12 parameters, including 3 physical properties (turbidity, temperature (°C), color) and 9 chemical properties (pH, electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), aluminum (Al), iron (Fe), manganese (Mn), chloride (Cl⁻), sulfate (SO₄⁻²), sodium (Na)), were analyzed and evaluated within the scope of the relevant Regulations and standards.

Results: All the parameters analyzed were found to be in compliance with the relevant provisions of the Regulation on Waters for Human Consumption, which entered into force through publication in the Official Gazette dated 17.02.2005 and numbered 25730, and water quality within the scope of TS 266 standards.

Keywords: Drinking Water, Water Quality, Treatment, Seasonal Change, Erzurum

September 2025, 71 Pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	iii
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	ix
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	4
İçme Suları.....	4
İçme Suyunun Özellikleri.....	4
Fiziksel Özellikler	5
Kimyasal Özellikler	7
Biyolojik ve Bakteriyolojik Özellikler.....	9
Radyoaktif Özellikler	10
İçme Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Parametreleri.....	10
Bulanıklık.....	10
Sıcaklık.....	11
Renk	12
pH.....	12
Elektriksel İletkenlik (EC)	13
Çözünmüş Oksijen	14
Alüminyum	14
Demir ve Manganez.....	15
Klorür	16
Sülfat	16
Sodyum	17

Örnek Çalışmalar (Literatür Özetleri)	17
MATERYAL VE METOT	21
Çalışma Alanı Bilgileri:.....	21
Çalışma Alanı Coğrafyası.....	21
Çalışma Alanı İklimi Ve Bitki Örtüsü	22
İçme Suyu Arıtma Tesisi Bilgileri ve Akım Şeması	23
Giriş Vana Odası	26
Akım Kontrol ve By-Pass Vana Odası.....	26
Kaskad Havalandırıcı	27
Ön Ozonlama	27
Koagülasyon Havuzları (Hızlı Karıştırma)	28
Flokülasyon Havuzları (Yavaş Karıştırma)	28
Kimya Binası.....	28
Çamur Battaniyeli Durultucu	28
Hızlı Kum Filtreleri.....	29
Dezenfeksiyon Ünitesi (Klor Binası)	29
Analizlerde Kullanılan Metodlar	29
Verilerin Değerlendirilmesi	30
ARAŞTIRMA, BULGULAR VE TARTIŞMA	35
İçme Suyu Fiziksel Özelliklerine İlişkin Değerlendirme	35
Sıcaklık Değerlendirmesi	35
Bulanıklık Değerlendirmesi	36
Renk Değerlendirmesi.....	38
İçme Suyu Kimyasal Özelliklerine İlişkin Değerlendirme.....	39
pH Değerlendirmesi	39
Elektriksel İletkenlik Değerlendirmesi	41
Demir Değerlendirmesi	42
Çözülmüş Oksijen Değerlendirmesi.....	43
Klorür Değerlendirmesi	44
Alüminyum Değerlendirmesi.....	45
Sodyum Değerlendirmesi.....	47
Mangan Değerlendirmesi	48
Sülfat Değerlendirmesi.....	49
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	51
KAYNAKÇA	54

ÖZGEÇMİŞ.....	57
---------------	----



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Türkiye 1990–2030 Yılları Sektörel Bazda Su Kullanım Miktarları	2
Tablo 2. Sıcaklıklarına Göre Suların Sınıflandırılması	11
Tablo 3. Analizlerde Kullanılan Metotlar	29
Tablo 4. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe Göre Kimyasal Parametreler	31
Tablo 5. TS 266 İçme Suyu Kalite Parametreleri	33



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Araştırma sahası lokasyon haritası.....	21
Şekil 2. Palandöken Barajı isale boru hattı kesiti.....	23
Şekil 3. İçme suyu arıtma tesisine ait google earth görüntüsü 1	24
Şekil 4. İçme suyu arıtma tesisine ait google earth görüntüsü 2	24
Şekil 5. İçme suyu arıtma tesisine ait genel görünüm.....	25
Şekil 6. İçme suyu arıtma tesisi akım şeması.....	26
Şekil 7. Sıcaklık verilerinin aylara göre değişimi	35
Şekil 8. Bulanıklık verilerinin aylara göre değişimi	37
Şekil 9. Renk verilerinin aylara göre değişimi	38
Şekil 10. pH verilerinin aylara göre değişimi.....	40
Şekil 11. Elektriksel iletkenlik verilerinin aylara göre değişimi	41
Şekil 12. Demir verilerinin aylara göre değişimi	42
Şekil 13. Çözünmüş oksijen verilerinin aylara göre değişimi.....	43
Şekil 14. Klorür verilerinin aylara göre değişimi.....	45
Şekil 15. Alüminyum verilerinin aylara göre değişimi	46
Şekil 16. Sodyum verilerinin aylara göre değişimi	47
Şekil 17. Mangan verilerinin aylara göre değişimi	48
Şekil 18. Sülfat verilerinin aylara göre değişimi.....	49

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

ad/ml: adet/mililitre

Al₂(SO₄)₃: Alüminyum sülfat

B: Bor

Ba: Baryum

Br: Bromür

bq/l: bekerel/litre

°C: Santigrat Derece

Ca: Kalsiyum

Ca(HCO₃)₂: Kalsiyum Bikarbonat

CH₄: Metan

C₆H₆O: Fenol

Cl: Klor

CO: Çözünmüş Oksijen

CO₂: Karbondioksit

CO₃²⁻: Karbonat

Cr: Krom

Cu: Bakır

F⁻: Florür

H⁺: Hidrojen

H₂S: Hidrojen Sülfür

HCO₃⁻: Bikarbonat

K₂SO₄: Potasyum Sülfat

Hg: Civa

K: Potasyum

Kl: İyodür

KMnO₄: Potasyum Permanganatın

l: Litre

m: Metre

mg: Miligram

Mg: Magnezyum

MgCl₂: Magnezyum Klorür

N: Azot

Na: Sodyum

NaCl: Sodyum Klorür

NH₃: Amonyak

NH₄⁺: Amonyum

NO₂⁻: Nitrit

NO₃⁻: Nitrat

NTU: Nephelometric Turbidity Unit

OH⁻: Hidroksit

Pb: Kurşun

PO₄⁻³: Fosfat

Se: Selenium

SiO₂: Silikat

SO₄⁻²: Sülfat

TCU: True Colour Ünite

µs: Mikrosiemens

µCi: Mikroküri

Pt-Co: Platin-Kobalt

GİRİŞ

Su, yaşam döngüsünün en temel elementlerinden biri olup dünyamızda yaşayan tüm canlıların yaşam devamlılığı için hayat kaynağıdır ve yüzyıllardan beri yerleşik hayata geçişi geliştirme yönünde olmuştur. Medeniyet kurulacak alanların seçiminde su kaynaklarına yakın alanların seçilmesi ve buralarda yaşam kurulması, suyun insan hayatındaki en önemini unsur olduğunu göstermektedir. Eski çağlardan günümüze kadar zaman diliminde giderek yükselen kentleşme süreci sonucunda insanlığın en temel ihtiyaçları olan içme suyunun temin edilmesi önem göstermektedir. Dünya üzerinde bulunan canlı varlıkların yaşamlarını devam ettirebilmesi için en temel gereksinimleri içinde en önemli yere sahip olan su, gıda olmasının yanında içeriğindeki mineral varlığıyla canlılarda birçok aksiyonların gerçekleşmesinde büyük bir önemi bulunmaktadır. Suyun iyonik bileşikler için çok iyi bir çözücü olması, donarken hacminin artması ve bundan dolayı yoğunluğunun azaldığı bir sıvı olması bize canlılığın devam ettirilebilmesi için sudan daha önemli bir bileşik bulunmadığını göstermektedir (Akın ve Akın, 2017).

İnsan yaşamının temel kaynağı olan su yeryüzünün %75'ini kapsamaktadır ve yaklaşık %97'lik kısmı tuzlu su olarak denizler ve okyanuslarda, %3'lük kısmı ise tatlı su olarak göller ve akarsularda yer almaktadır. Dünyada akarsular, göller, buzullar ve yeraltında bulunan suyun sadece %0,74'ü içilebilir kalitededir. Dünya nüfusunun çok hızlı bir şekilde artması, sanayi ve teknolojinin durmaksızın gelişimi, su tüketiminin fazlalaşmasının yanı sıra iklim değişiklikleri ve çevre bilincinin yeterince kavranamamış olması sebebiyle içilebilir su miktarının giderek azalması söz konusu olmaktadır (Aksu, 2019).

Gerçekleştirilen araştırmalarda dünya üzerindeki suyun %70'i tarımsal alanlarda, %22'si endüstrilerde ve %8'i ise insani tüketim amaçlı kaynak su olarak tüketilmektedir. Gelişmiş ülkelerde tarım ürünlerinin daha çok ithal edilmesi ve endüstriyel ürünlerin üretiminin fazla olması sebebiyle yaklaşık olarak %30'luk kısmın tarımsal amaçla, %59'luk kısmının endüstriyel üretim faaliyetlerinde ve %11'lik kısmının ise insani tüketim amaçlı kaynak su olarak kullanıldığı görülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde ise endüstri alanlarının yetersiz olması ve genelde tarımsal faaliyetlerin yoğun olmasından dolayı suyun %82'si tarımsal alanlarda, %10'u endüstri faaliyetlerinde olup insani tüketim amaçlı kaynak sular için %8 oranında tüketim görülmüştür (DSİ, 2014).

Türkiye, gelişmekte olan ülkeler sınıfında yer almaktadır ve 2004 yılında suyun %74'lük gibi büyük bir bölümü tarımsal faaliyetler açısından sulamalarda, %15'lik kısmının insani tüketim amaçlı su kullanımında ve %11'lik bölümünün endüstri kaynaklı su kullanımlarında gerçekleşmektedir. Su miktarları olarak tarımsal alanlarda kullanılan suyun 29,6 milyar m³ olduğu, insani tüketim amaçlı suların kullanım miktarının 6,2 milyar m³ olduğu ve endüstri kaynaklı üretimler için kullanılan suyun 4,3 milyar m³ olduğu ölçülmüş olup, 2004 yılında toplam su tüketimin ülke genelinde 40 milyar m³ olduğu hesaplanmıştır. Tüketilen su miktarı her geçen yıl artmakta olmasından dolayı gerekli hesaplamalar yapılarak 2030 yılında tüketilen su miktarının 112 milyar m³ olacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda yukarıda belirtilen veriler neticesinde Tablo 1 oluşturulmuş olup aşağıda yer almaktadır.

Tablo 1. Türkiye 1990–2030 Yılları Sektörel Bazda Su Kullanım Miktarları

Yıl	Toplam Su Tüketimi		Tarımsal Sulama		Kaynak Suyu		Endüstri	
	km ³	%	km ³	%	km ³	%	km ³	%
1990	30,60	100	22,00	72	5,10	17	3,4	11,00
2004	40,10	100	29,60	74	6,20	15	4,3	11,00
2030	112,00	100	72,00	64	18,00	16	22,0	20,00

Ham su, doğal ve beşeri faktörlere bağlı olarak yapısında belirli bir değişiklik gösterebilir ve bu değişiklik, arıtmanın verimliliği ve dolayısıyla topluma güvenli içme suyu temini üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Gray, 2008). Bu nedenle içme suyu kalitesi, kaynak suyu kalitesinden doğrudan etkilenir ve onunla ilişkilidir. Ayrıca, bir toplum için yeni bir kaynağın içme suyu olarak seçilmesinden önce dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta da suyun kalitesinin içme için tatmin edici veya arıtılabilir olmasıdır. Bu kapsamda, bir topluma devamlı olarak belirli bir kalite seviyesinde su sağlayabilmek için içme suyu standartları oluşturulmaktadır. Bileşikler hakkında mevcut verilerin elde edilmesi ve geliştirilmesi ile ham ve içme sularında bulunan kimyasal ve biyolojik bileşiklerin sağlık üzerindeki etkileri daha net anlaşıldığından, izlenmesi gereken parametreler ve bu parametreler için belirlenen sınır değerler günden güne güncellenmektedir (Karavoltsos ve ark, 2008).

İçme ve kullanma amacına uygun olarak sudaki parametreler kategorilere ayrılarak arıtma sistemleri belirlenmekte olup, arıtma sonrasında ilgili Yönetmeliğin standartlarını ve kriterlerini sağlaması önemlidir. Bu standartlar kapsamında uygun olan ham suları veya arıtılmış suların içilebilir ve kullanılabilir olduğu kabul edilmektedir.

Bu çalışmada, Erzurum içme suyu arıtma tesisinden arıtılan suların fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait tesis giriş ve çıkış verilerini, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik sınır değerleri ve TS 266 sınır değerlerine göre değerlendirilerek oluşan verilerin mevsimsel farklılıklarını incelemek amaçlanmıştır. Araştırmada; Erzurum içme suyu arıtma tesisindeki giriş ve çıkış değerlerinin Haziran 2022 - Mayıs 2023 tarihleri arasında farklı mevsimlerden alınan veriler doğrultusunda yıllık değişim değerlendirilmiştir. Analizi gerçekleştirilen içme suyunda 3 fiziksel özellik (bulanıklık, sıcaklık (°C), renk) ve 9 kimyasal özellik (pH, elektriksel iletkenlik (EC), çözülmüş oksijen (ÇO), alüminyum (Al), demir (Fe), mangan(Mn), klorür (Cl⁻), sülfat (SO₄⁻²), sodyum (Na)) olmak üzere toplam 12 adet parametre değerlendirilmiştir. Araştırma verilerinden elde edilen sonuçlar kapsamında tüm ölçümü gerçekleştirilen parametrelerin ilgili yönetmelik standart değerlerine uygun olduğu görülmüştür.

KURAMSAL TEMELLER

İçme Suları

Su, evrensel bir değer olduğundan dolayı kirliliği tüm insanlığı etkilemektedir. İçme sularında arıtılması istenilen sınır değerler Türkiye’de TS 266 standardı ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ile belirtilmiş olup, söz konusu yönetmelik’te içme suyunun tanımı “jeolojik katmanlarda natürel olarak kendiliğinden oluşan ve doğada kaynak olarak çıkış noktasında devamlı akışkan olan veya araştırmalar sonucu çıkarılan suyun yönetmelikle belirlenen standartları sağlaması adına gerekli arıtma tekniklerinden geçirilebilen, uygulanabilirliği ve sürdürülebilirliği olan ve standartlarda satış için belirtilen kriterleri sağlayarak pazara sunulan sulardır.” olarak yapılmıştır (İTASHY, 2005).

Bir topluma sürekli olarak belirli bir kalite düzeyinde su sağlayabilmek adına içme suyu standartları oluşturulmaktadır. Ham ve arıtılmış sularda bulunan kimyasal ve biyolojik bileşiklerin sağlığa etkileri, bileşikler üzerindeki mevcut verilerin elde edilmesi ve geliştirilmesi ile daha net anlaşıldığından, izlenecek parametreler ve belirlenen sınır değerler gün geçtikçe güncellenmektedir. Belirlenen kriterler neticesinde insanoğlunun yaşamının devam edebilmesi ve sağlığını etkilememesi için insani amaçlı suların üretilmesi ve devamlılığını sağlamak adına çalışmaların yapılması önceliklidir (Arora, 2017).

İçme Suyunun Özellikleri

Kaynak suların yapısında, birden fazla canlılara yer veren ve canlı cansız tüm oluşumlar için zorunlu olan bir ekosistemdir. Bu kompleks durumun var olmasında suyun sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, toplam çözünmüş katı madde, metaller, mikrobiyolojik ölçekteki tüm canlılar, tüm flora ve fauna gibi fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak bütününe etkisi bulunmaktadır. Yukarıda belirtilen etkenlerin hepsi diğer değişkenler ile etkileşimi içerisinde tamamlanmakla beraber ham kaynak suyu üreten ve sürekli olarak destekleyen yağış rejimlerinin yanı sıra bölgesinin jeolojik, jeofiziksel ve antropojenik özellikleri suyun değerlerinin ortaya çıkmasında önemli bir etkenlerdir. Bu fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenlerin tamamının beraber olmaları, çoğunlukla ekosistem adını alırken sucul yerlerin genel karakteristik özelliklerini belirleyen, fizikokimyasal ve biyolojik hayatı betimleyen tüm değişkenler suyun özelliklerini belirlemektedir. Ekosistemi tanımlayan bu durumun erozyon, sel, deprem vb. tüm doğal afetlerin kendiliğinden gelişen süreçleri ve insanlarca oluşturulan faaliyetler nedenleriyle suyun niteliklerini olumsuz etkileyebilmektedir (Serdar, 2015).

Kaynak sularının kalitesinin kapsamlı hali, fiziksel özellikleri (tat, koku, sıcaklık vb.) kimyasal özellikleri (pH, elektriksel iletkenlik, sodyum, potasyum vb.) mikrobiyolojik özellikleri (parazit, mantar, bakteri vb.) ile radyoaktif özellikler olmak üzere toplamda dört bölümde belirtilmektedir (Serdar, 2015).

Fiziksel Özellikler

İçme sularında fiziksel özellikler, suyun görüntüsü ve algılanması gibi durumlarını öğrenmek nedeniyle kullanılan yöntemdir ve sıcaklık, renk, bulanıklık parametrelerinin insanlarca belirleyebileceği özellikler olaraktan bilinmektedir.

Kaynak suların yapısında, alıcı ortamla birebir etkileşim sonucu metaller bulunmaktadır ve bazı elementlerin ve bileşiklerin suya renk verme durumları bulunmaktadır. Nitrik asit (HNO_3), bakır (Cu) gibi ağır metaller suda sarı ve kahverengi rengini oluşturduğu, demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) gibi ağır metaller suda kırmızı veya koyu kahverengi rengini oluşturduğu ve suda pH ayarlaması için kullanılan kalsiyum oksit (CaO) yeşil renk verdiği görülmektedir. Aynı zamanda, sanayi kaynaklı katı veya sıvı atıklar, organik maddeler, kil, yeşil su yosunları gibi içerikler suyun renk yapısını bozmaktadır. Suda renk tayinlerini gerçekleştiren, özellikle içme suyu arıtma tesislerinde kullanılan cihaz “Spektrofotometre” dir (Doboğlu, 2014).

Suyun görünüşü tüketici için oldukça önemli bir detaydır ve suda bulanık bir görünüm istenmemektedir. Bulanıklık, suda bulunan ve suya kirli bir görünüm veren askıdaki katı maddelerden (kum, kil, mikroorganizmalar gibi) kaynaklanmaktadır. Arıtılmış sularda bulanıklık 0-1 NTU arasındaki değerlerde olması gerekmektedir. Sudaki parçacıkların ışığı absorbe etmesi ve suyun yapısına ışığı geçirmemesi sonucu bulanık görünüm oluşur ve içeriğindeki maddeler organik veya inorganik olabileceği gibi boyutlarının ufak olması, suyun yapısından ayrılmasını veya dip tarafa çökmesi zorlaştırmaktadır. Bu kapsamda, su içerisinde yer alan parçacıklar bulanıklığa sebep olmalarından dolayı arıtım yapılması gerekmektedir. Özellikle içme suyu arıtma tesislerinde hızlı ve yavaş karıştırma üniteleri bulanıklık gideriminde oldukça etkili ünitelerdir. Bulanıklık, parça boyutları ile bağlantılı olduğu kadar öz kütleleriyle bağlantı kurulması oldukça güç bir durumdur. Nedeni olarak ışığı yayma veya absorbe etme niteliklerinin farklı olmasıdır. Sularda bulanıklık bulunması, canlı sağlığı açısından aranan ilk koşul değildir ve bulanık bulunan sulara şüpheli yaklaşılması gerekmektedir. Şüphe ile yaklaşılmasının nedeni olarak suya kaynağı bilinmeyen bir maddenin karışması ve suyun sağlık açıdan uygunluk durumunun bilinmemesi düşünülmektedir. Bu durumda, suda ilgili tahliller yapılmalı ve arıtma teknikleri olan ozonlama, klorlama, koagülasyon, flokülasyon vs. gibi işlemler yapılarak suyun kullanılabilir duruma getirilmesi

sağlanmalıdır. Bulanıklık deneyleri, Nephelometric ve Turbidimetrik metotlarıyla gerçekleştirilmektedir (Akar, 2000).

Kaynak sularında üzerindeki kokunun hissedilmesinde en önemli yol insan organı olan burundur ve suların kirliliği hakkında bize bilgi verecek ilk işaret olarak görünmektedir. Bazı kimyasallar, elementler, bileşikler ve gazlar suda kokuya sebebiyet verebilmektedir. Özellikle sulara karışan sanayi atıkları, arıtılmadan deşarj edilen kanalizasyon suları, bazı gazlar vb. durumlar suda kötü koku yaymaktadır (Şengül ve Türkman, 1998).

Tat alma hissi, bazı tayinlerde ortalama düzeyde olumlu sonuçlar alınacağı gibi bazı ölçümlerin doğru sonuç vermesinde de yetersiz kalmaktadır. Demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu), klor (Cl) gibi ağır metaller, sülfirik asit (H_2SO_4) vb. bazı asit çeşitleri, petrol ve petrolün işlenmesi sonucu ortaya çıkan ürünler, suda kimyasal kullanımı ve kimyasalların birleştirilmesiyle ortaya çıkan sabun, deterjan vb. ürünler suda kötü bir tat bırakmaktadır. Suları yapısına oksijen vermek, tat ve koku gideriminde önemli bir yoldur (Doboğlu, 2014).

Mevsimler neticesinde oluşan sıcaklık farklılıkları, suların sıcaklıklarında da değişkenlik göstermesine neden olmaktadır. İnsanların içebileceği ve kullanabileceği suyun sıcaklığı oda sıcaklığı ortalamasında ($12-25^{\circ}C$) olmalıdır. Yeraltı suları sıcaklığı ise yüzeysel sulara göre daha sıcaktır. Yeraltı suyu sıcaklıkları mevsim etkileri nedeniyle hiçbir şekilde değişim görülmemekte olup, yeraltı suyunda herhangi bir nedenle sıcaklık değişimi gözlemlendiği takdirde başka bir kaynağın karıştığı ve kirlenme ihtimalinin olduğu anlaşılmaktadır (Karpuzcu, 1988).

Bu özelliklerin yanı sıra içme sularındaki agresiflik de önemli bir sorundur. Bu durumu oluşturan en önemli faktör olarak karbondioksit (CO_2) ile bikarbonat (HCO_3^-) bileşiklerinin dengede bulunmaması durumudur. Özellikle içme ve kullanma amaçlı sularının taşınım sağladığı boru hatlarının paslanması, korozyona uğraması, boru hatlarının parçalanması ve parçalanma sonucu karışabilecek muhtemel dış kaynaklar nedeniyle bozunmalar başlıca etken olarak gösterilebilir (Anonim, 2009).

Su, iyi bir elektrik iletkenlik özelliği olan bir bileşiktir. Bu özellik, bir çok faktöre bağlı olup başlıca iyon varlığı, yoğunlaşması ve suyun sıcaklığı ile hareketliliği ile ilişkilidir. Ayrıca suyun iyi iletken olma durumunu etkileyen bir diğer durum ise içeriğinde bulunan karbon ve türevi bileşiklerdir. Tam tersi durum ise suyun içeriğinde moleküllere ayrılamayan bileşiklerin iletkenlik özellikleri oldukça düşüktür veya bulunmamaktadır. Saf suyun iletkenliği, $0,5-3 \mu S/cm$ aralığındadır ve bu vasıta ile suyun kirlilik durumunu, ham su ve kirlenmiş sulardaki çözünmüş madde durumları ile anlaşılmaktadır. Sudaki iletkenliğin 100 sayısına bölünmesiyle, sudaki anyon (=katyon) toplamı mEq/l olarak hesaplanabilir.

İçme ve kullanma sularının tadı temiz, sade ve sağlıklı olmak zorundadır. Bu bağlamda suyun lezzetini, çözülmüş oksijen ve karbondioksit gazının miktarları, sıcaklık derecesi ve bazı mineraller etkilemektedir. Yapılan araştırmalarda suyun yapısında fazla bulunan sodyum klorürün (NaCl) suda tuzlu bir tat oluşturduğu, magnezyum klorür (MgCl_2) ve potasyum sülfat (K_2SO_4) bileşiklerinin acı tat yarattığı ve demir (Fe) elementinin mayhoş bir tat yarattığı deneylenmiştir.

Kimyasal Özellikler

Suyun kimyasal yapısı, aşındırma, parçalanma, bozunma, çökelme gibi durumlara sebebiyet vermektedir. TS 266 ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirtildiği üzere özellikle su bileşiğinin yapısını bozan cıva (Hg), kurşun (Pb), krom (Cr), arsenik (As), fenol ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$) gibi zararlı ağır kimyasal elementlerin suyun rengini etkilemesi ve kirlilik oluşturmalarının yanı sıra insan sağlığını olumsuz yönde etkilediği görülmektedir (Aral, 1994).

Kaynak suyun içeriğinde bulunabilecek veya başka kaynaktan karışmış olabilecek arsenik (As), kadmiyum (Cd), krom (Cr), kurşun (Pb), cıva (Hg), selenyum (Se) gibi zararlı kimyasallar, suyun yapısında bozunma ve zehirlenmenin yanı sıra canlılar tarafından kullanımı durumunda sağlıklarında toksik bir etkilenme oluşturmaktadır. Özellikle çok fazla toksik etkisi bulunan arsenik (As) elementi, öğütülmüş haliyle ve ham haliyle zehirli olmaktadır. Aynı zamanda arsenik (As) elementi, su ve nem ile reaksiyona girmesi ile arsenik trioksit (As_2O_3) dönüşmektedir ve fazla toksik duruma ulaşmakta olup, insan sağlığında felç, sinir sistemi hasarları ve kanser etkisi göstermektedir (Arora, 2017).

Cıva (Hg) kimyasalının insan vücudunda birikmesi, baş ağrısı, yorgunluk, eklemlerde ağrılar, diş sağlığında bozunmalar ve çürümelere yol açmaktadır. Ayrıca cıva (Hg) kimyasalının fazlalığı insan psikolojisini olumsuz etkilemekte olup, beyin organındaki gerilemeler ve travmalar görülmesi ile duyu bütünleme fonksiyonundaki tahribatlara yol açmaktadır. İnsan vücudunda birikmesi ile sağlığı olumsuz etkileyecek bir diğer element olan kadmiyum (Cd) ve türevlerinin, baş ağrılarının oluşmasında, sindirim organımız olan ağız ve boğaz bölgesinde susuzluk, kuruluk ve özellikle boğaz bölgesinin aşınmasında etkili olmaktadır. Krom (Cr) elementi insan sağlığında mide hastalıklarına, boğaz yolu hastalıkları ile akciğer ve böbrek organlarında tahribatlara yol açmaktadır. Kurşun (Pb) ve kurşun elementinden oluşan bileşik türevlerinin insan sağlığında halsizlik ve bitkinlik hissine, açlık duygusunun azalmasına, mide bozunmalarına ve bazı organlarımızın zarar görmesine olanak sağlamaktadır. Baryum (Br) elementi, özellikle kayalarda bulunması sebebiyle yeraltı ve yerüstü sularına karışmaktadır. İnsan sağlığına olumsuz bir etkisi olup, başlıca kalp damar hastalıklarının oluşmasında, kas ve sinir sistemi yapısında tahribata yol açmaktadır (Anonim, 2016).

Kaynak sularının doğal yapısında amonyak (NH_3), nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), hidrojen sülfür (H_2S) gibi zararlı kimyasallar bulunmamakta olup, yağmur yağışları vb. durumlarda doğal yollarla karışabilmektedir. Sularda gerçekleştirilen numune alımları neticesinde, yukarıda belirtilen kimyasalların standartların üstünde bulunması durumu acil bir durum olarak değerlendirilmesi gerekmekte olup, kaynak sularının kirliliğe maruz kaldığı anlaşılmaması ve bir an önce gerekli müdahalelerin yapılarak kirlilik kaynağının bulunması gerekmektedir. Suların yapısında nitrat (NO_3^-) bileşiğinin derişimi 10 mg/l miktarının altında olmalıdır. Nitrat miktarının ve derişiminin artması durumu, planktonların ve alglerin sulardaki varlığını artırmasına neden olmakla beraber su kirliliğini oluşturmaktadır. Nitrat bileşiği, vücutta fazla birikmesi ile genetik bozunmalara, hipertansiyona, yaklaşık 15 farklı kansere ve doğumsal kalp hastalıklarına (mavi bebek hastalığı) sebebiyet vermektedir. Doğumsal kalp hastalığı (mavi bebek hastalığı), genelde nitrat ile kirlenmiş suların tüketimi sonucu vücutta bulunan bakterilerin nitrite yükseltgenmesi ve kanda bulunan oksijen miktarında azalma görülmesi sonucu bebek ölümlerine yol açması olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda doğumsal kalp hastalığı, kanda bulunan oksijen miktarının azalması ve kanın renginin değişerek mavimsi bir renk alması nedeniyle mavi bebek hastalığı olarakta adlandırılmaktadır (Doboğlu, 2014).

Florür (F^-), toprağın yapısında bulunan doğal bir mineraldir ve kaynak sularının yapısında yer almaktadır. İçme suyu arıtma tesislerinde kontrol edilmesi gereken bir kimyasal olan florür elementi, derişiminin fazla olması durumlarında insan sağlığında ağız ve diş hastalıklarına ve eklem hastalıklarına neden olabilmektedir ve aynı etki hayvanlarda da gözlemlenmektedir (WHO, 2011).

İçme suyu arıtma tesislerinde gözetilmesi gereken bir diğer parametre pH dengesidir. Suyun pH'ı 1 ile 14 arasında değerlik alır ve 7 değeri nötr anlamına gelmektedir. Sular, hidrojen iyonunun yükselmesi durumunda pH 7 değerinin altına düşmektedir ve su asidik hale dönüşmektedir. Aynı zamanda sularda hidroksil iyonunun yükselmesi durumunda pH değeri 7'nin üzerine çıkmaktadır ve su bazik (alkali) olmaktadır. Özellikle yönetmeliklerde ve ilgili standartlar incelendiğinde suyun daha içilebilir olması ve suyun yapısında bulunan bazı zararlı minerallerin arıtma sonucu pH'ın nötr seviyesinden biraz daha yüksek olarak bazik olunması istenmektedir. İnsan vücudu, kanın pH seviyesini 7,35-7,45 ortalamasında dengelemeye çalışmaktadır (Şimşek, 2011).

Potasyum permanganat (KMnO_4) bileşiği, suda dezenfektan görevini üstlenmektedir ve fazla olması durumunda mevcut organik madde oranını yükseltmekte olup, oksitleyici gücü artırmaktadır (Doboğlu, 2014).

Kaynak sularında sertliğin göstergesi olarak çökeltim durumundan dolayı sabun kullanılmaktadır. Suyun içeriğinde sertliğe neden olabilecek birçok mineral yer almaktadır ancak magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) mineralleri miktarsal olarak su yapısında daha fazla bulunması ve sabun ile bileşerek çökmesi sonucu oluşan derişimlerin toplamı olarak ifade edilmektedir. İçme ve kullanma sularında sertlik istenmeyen bir özellik olur yapısını negatif etkilemektedir. Özellikle ev içerisinde bulunan tesisat borularındaki deformasyon, suyun kullanıldığı lavabo, çaydanlık, depo vb. alanlarda kireçlenme problemleri ve tekstil ürünlerinde yıpranma problemlerini oluşturmaktadır (Suman, 1982).

Alkalinite (CaCO_3), su için gerçekleştirilen deneylerde ölçülen ve pH değeri kadar güçlü asitler ile tepkimesi sonucu oluşan maksimum değerdir. Karbonat (CO_3^{2-}), bikarbonat (HCO_3^-) ve hidroksit (OH^-) atomlarının yapılarında işlevi bulunan alkalinite suların karakteristik olarak korozyon etkisini oluşturmaktadır. Su içerisinde alkalinite miktarı, laboratuvarlarda gerçekleştirilen titrasyon metodu ile öğrenilir. Alkalinite ile tepkime veren ve ham suların içeriğinde çok az bulunan amonyak (NH_3), fosfat (PO_4^{3-}), silikat (SiO_2) gibi bileşikler çoğunlukla görünmediğinden dolayı sınır değeri açısından alkalinite adına herhangi bir veri bulunmamaktadır (Gemci, 2016).

Birtakım sanayi sektörlerinden oluşan atıklarda ve deniz sularında gerçekleştirilen tahlillerde önemli parametreler olarak tuzluluk ve elektriksel iletkenlik bulunmaktadır. Tuzluluk, tüm karbonatları oksitlerine çevirmektedir ve tüm bromür (Br^-) ve iyodürlerin (I^-) klorürler (Cl^-) ile yer değiştirdiğinde ve tüm organik madde oksitlendiğinden sudaki toplam katı madde miktarı olarak tanımlanmaktadır. Tuzluluk parmetresi, gram ve kilogram gibi ağırlık birimleri olarak ifade edilmektedir (Anonim, 2016).

Biyolojik ve Bakteriolojik Özellikler

İçme ve kullanma suları, İnsan sağlığı açısından temiz, kullanılabilir ve içeriğinde bulunabilme ihtimali olan virüsler ve bakterilerinden arınmış biçimde olması istenmektedir. Aynı zamanda, suyun içeriğinde yer alan virüslerin deneyler sonucu belirlemek çok zor ve çok fiyatlı olmakla birlikte var olması durumunda insan sağlığı üzerinde çok ciddi tehlikeler oluşturmaktadır. Bu tarz durumlarla karşılaşılmasını için içme suları üzerinden patojenler yerine koliform topluluğunda bulunan E-coli bakterilerinin tespiti çalışılmaktadır. Kanalizasyon sularının, atıksu arıtma tesislerinden arıtılmadan by-pass edilerek alıcı ortama verilmesi, E-coli bakterilerine rastlanabileceği anlamına gelmektedir. Aynı zamanda suyun içinde bulunması ihtimal organik artıkların suya karışması, hastalık yapan mikropların suda mevcudiyetini göstermektedir. Bir kişi günde ortalama 200×10^9 koliform bakteri üretmektedir. Arıtılmamış ve E-coli bakterilerin varlığının bulunduğu suların kullanılması ile insan sağlığında

ölümcül olabilecek tifo, kolera, sarılık, dizanteri, sıtma, sarı humma ve benzeri hastalıkların oluştuğu bilinmektedir (Geter, 2019).

Bu tarz hastalıkların oluşmaması ve insan sağlığını tehlikeye atılmaması için içme ve kullanma sularının arıtımı önem arz etmektedir. Özellikle bu tarz bakterilerin giderilmesi için arıtma tesislerinde ön ozonlama ve dezenfeksiyon (klorlama) üniteleri bulunmaktadır. Ancak yine de bu ünitelerin varlığı oldukça büyük virüslere etki etmemektedir. Ayrıca insan vücuduna giren mikroplar sadece içmek için kullanılan sudan oluşmamakta olup, yediğimiz ve kullandığımız malzemelerin temizlenme suyu ile teması sonucunda da geçebilmektedir (Geter, 2019).

Radyoaktif Özellikler

Radyoaktif maddeler, yapılarında bulunan kararsız nötron ve protonlar vasıtasıyla ışın denilen radyasyon yayarak canlıların hücrelerinde ve sonucu olarak organlarının da etkileyerek sağlıklarında bozulmalar meydana getirmektedir. Aynı zamanda, radyoaktivite sonucu canlılar üzerinde etkili olduğu gibi suyun kimyasını da bozabilmekte olup, suya sadece doğal yollarla karışmayıp nükleer santraller, radyoaktif madde olan uranyum, toryum gibi elementlerin üretildiği sanayi tesisleri gibi yerlerden de geçebilmektedir.

Sulara radyoaktif madde karışması durumunda en etkili dezenfektan yöntemi yine suyun kendisi olmaktadır. Çünkü sudaki madde yoğunluğunu düşürmek için veya suda ölçülen radyasyon oranını azaltmak için temiz kaynak sularla eklemeler yapılarak seyreltik hale getirmemiz gerekmektedir (Doboğlu, 2014).

İçme Suyunun Fiziksel ve Kimyasal Parametreleri

Bulanıklık

Sularda bulanıklık, suya askıdaki maddelerin su molekülünün yapısından geçen ışığı engellemesi sonucu oluşacak görüntü olarak tanımlanmaktadır. Bulanıklık görünen sular tehlikeli sular olarak görülmektedir ve ilgili tahliller yapılarak bulanıklığa sebep olan maddeler tespit edilmelidir. Genel anlamda suda bulanıklık yaratan maddeler başlıca şunlardır; sanayi tesislerinde oluşan atıkların arıtılmadan deşarj edilmesi, organik maddeler, ağır metaller ve suda oluşan bakteri ve virüslerdir. Aynı zamanda bulanık sular, içerisinde gün ışığının girişini engellemesinden dolayı su içerisinde bulunan canlı yaşamının (bitki, balık vb.) oksijensiz kalması sebebiyle ölümlerine sebep olmaktadır ve bu durum sularda koku, renk, tat gibi problemleri de ortaya çıkarmaktadır (Şahinci, 1991).

İçme sularında yapısal sorun oluşturan bulanıklık problemi bazı durumlarda arıtılmış sulara dahi görünmeye devam etmektedir. Özellikle atıksu arıtma tesislerinde çıkan suların içme sınıfında olmamasının sebebi olarak değerlendirilmiştir. Bu durumda bile suların kullanımında kuşku duyulması gerekmektedir. Laboratuvarlarda, Nefolometri metodu kullanılarak bulanıklık değeri öğrenilmekte olup birimi NTU'dur (Alemdar ve ark, 2009).

Sıcaklık

İçme sularında sıcaklık, suların fiziksel kategorisinde yer almakta olup suların yapısındaki birden fazla özelliğini etkilemektedir. Özellikle suların konsantrasyonunu, hacmini, ağırlığını, pH değerlerini, içeriğinde bulunan kimyasalların reaksiyona girme şiddetini, biyolojik bozunmaların gerçekleşmesi ve oksijen miktarı gibi bir çok etmeni bulunmaktadır. Selsius, fahrenheit veya kelvin gibi birimleri bulunan sıcaklığın dünyaca kabul edilen ve en çok kullanılan birimi selsiustur. Dünyamızda kaynak suların sıcaklıkları 0-35°C arasında değişmektedir ve insanların sağlığı açısından içme sularının sıcaklıkları 15°C olmalıdır. Ülkemizdeki standartlar kapsamında içme suları için tavsiye edilen sıcaklık aralığı 12-25°C olmalıdır.

Su sıcaklığı, atmosfer basıncı ile suyun içeriğinde bulunan oksijen değerini, metabolik faaliyetleri, embriyonik aşamaları, büyüme verileri gibi birden fazla duruma sebebiyet vermesinden dolayı içerisinde yaşayan canlılar açısından dikkate alınması gereken bir fiziksel durumdur. Suyun sıcaklığının artması ile elementlerin reaksiyon hızı yükselmekte olup, ancak oksijen, karbondioksit gibi suyun yapısını oluşturan gazların tepkime hızlarını yavaşlamaktadır. Sıcaklığın yükselmesi, içinde bulunan gazların buharlaşmasına veya absorbe edememesine sebep olabilmektedir (Eroğlu, 2012).

Sıcaklık, sucul organizmaların solunum hızını artırarak, oksijen tüketiminin artmasına ve organik maddelerin bozunmasına yol açar. Canlı yaşamı olumsuz etkilenir ve su ekosisteminin dengesi bozulur. Su kalitesi incelenirken, sıcaklık son derece önemli bir faktördür (Şimşek, 2011). Sıcaklığa göre suların sınıflandırılması, Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Sıcaklıklarına Göre Suların Sınıflandırılması

Sıcaklık Verileri (°C)	Sular
5-12	Çok Soğuk Su
12-16	Soğuk Su
16-26	Serin Su
26-33	Ilık Su
33-35	Ilımlı Su
35-37	Sıcak Su
37-...	Çok Sıcak Su

Renk

Suyun içerisinde bulunan askıda katı maddelerin reaksiyona girmesi, çözünmesi veya erimesi gibi durumlar, suda renk oluşması olarak tanımlanabilir. Aynı zamanda, suyun rengini sanayi kaynaklı atıkları, ağır metaller olan demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu), kurşun (Pb) gibi elementler, bitkiler, planktonlar, algler, kanalizasyon suları vb. materyallerde etkileyebilmektedir.

Kaynak ve arıtılmış sularda renk özelliği dikkat edilmesi gereken bir özellik olup, renk oluşturan maddelerin tespit edilmesi ve oluşturduğu reaksiyonların araştırılması veya genel kapsamda etkilerinin araştırılması gerekmektedir.

Su atomunun yapısı incelendiğinde, renk veren materyallerinin ve renginin çok az olduğu görülmektedir. Özellikle arıtma sonucu kaynak sularda pH ayarlaması yapılması ve içme sınıfına girebilmesi için suyun bazik yapılmaya çalışılması suda renk oluşturmaktadır. Ayrıca renk parametresi koku, tat gibi parametreler ile ilişkilendirilmektedir. Demir ve mangan parametresi yeraltı sularında görülmekte, bakır, kurşun gibi elementlerin yüzeysel sulara karışması gibi durumlar suların rengini değiştirmekte olup, suyun arıtma aşamasında ve dağıtım aşamasında birçok problemlere yol açmaktadır (Aydın, 2015).

İçme ve kullanma sularının herhangi bir rengi bulunmamasından dolayı renkli olan suların kullanılması tavsiye edilmemektedir. İnsanlar, görme organı olan gözleriyle 15 TCU'ya kadar olan renkleri fark edemezler. Bu kapsamda içme ve kullanma sularının bu değerden düşük şekilde kullanılması uygun bulunmaktadır. Ülkemizdeki standartlar kapsamında içme suları için tavsiye edilen renk değer aralığı 1-10 mg/l aralığında olmalıdır.

Sağlık açısından aksiyonlarına bakılırsa, renk parametresi için bir standart değer belirlenmiş olup ancak bir renk artışı gözle görülebilir seviyede ise bunun neden kaynaklandığı araştırılıp bulunmalıdır.

pH

İçme ve kullanma sularında suyun pH değerini bilmek oldukça önemlidir ve içtiğimiz ve kullandığımız suların asidik özellik göstermesi istenmeyen bir durumdur. Ölçümü gerçekleştirilen suyun pH değeri 1 ile 14 rakamları arasında ölçülmektedir ve 7 değeri nötr anlamına gelmektedir. Sularda ölçülen pH derecesi 7'den düşük ise su asidik özellik göstermekte olup, 7'den fazla ölçülüyor ise suyun bazik özellikleri gösterdiği anlaşılmaktadır. Aynı zamanda, bir içme suyunda karbondioksit (CO₂) gazının yüksek olması durumunda asidik, kalsiyum bikarbonat Ca(HCO₃)₂ bileşiğinin yüksek olması durumunda ise bazik nitelikte olduğu anlaşılmaktadır. Aynı zamanda suyun yapısında potasyum (K), kalsiyum (Ca),

magnezyum (Mg) gibi metallerin varlığı ise suyun bazik yapılmaya çalışıldığını anlamını çıkarmaktadır (Samsunlu, 1999).

Sudaki hidrojen (H^+) atomlarının derişimlerinin 10 tabanına göre eksi logaritması pH olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda, hidrojen atomunun hareketliliğini olarakta söylenebilmektedir (Samsunlu, 1999).

Farklı kaynak sularında veya alınan farklı su numunelerinde gerçekleştirilen pH ölçümleri farklı değerlerde çıkmaktadır. Bu durum, suyun pH derecelerinin değışken olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. 22°C’de bulunan organik suyun değeri nötrdür. Sularda nötr durumu 7 değeriğini alır ve hidrojen (H^+) derişiminin yükseltilmesiyle sular asidik, hidroksil (OH^-) derişiminin yükseltgenmesiyle bazik nitelik kazanmaktadır. Ölçümü yapılan suların pH değeri, ülkemizde yürürlükte bulunan yönetmelikler ve standartlar kapsamında tavsiye edilen 6,5 ile 9,2 aralığında belirtilmekte olup, dünya sağlık örgütünün ve çevre koruma ajansında bu aralığın 6,5 ile 8,5 olması gerektiğı belirlemiştir. Yeraltı kaynak suları ve yüzey sularında yapılan ölçümlerde yeraltı sularının hidrojen oranının yüksek olmasından kaynaklı asidik nitelik taşıdığı, yüzey sularının ise hidroksil oranının yüksek olduğundan dolayı bazik nitelikte bulunduğu gözlemlenmiştir (Şimşek, 2011).

İçme ve kullanma sularının pH dengesi önemli olup, genel anlamda bazik olması istenmektedir. Çünkü, insan sağlığı neticesinde uzun süreli kullanılan asidik suların vücutta böbrek sorunları oluşturması, kanser etkilerinin bulunması, beyin sisteminde sorunlar yaratması gibi insan sağlığına ciddi biçimde zararlı etkileri bulunmaktadır. Aynı zamanda, su iletim hatlarında ve tesis bünyesinde asidik suların aşındırma özelliklerinden dolayı tercih edilmemektedir.

Elektriksel İletkenlik (EC)

Suyun elektriğı iletme kapasitesinin ölçüsüne iletkenlik denir. Suyun atom yapısı ve derişimi nedeniyle büyük çoğunluğu elektriğı iletmektedir. Aynı zamanda iletkenlik, izleme parametresidir ve suda çözünmüş maddeler hakkında bir sınıflandırma yapılmasına imkan sağlamaktadır. Elektriksel iletkenlik ile sıcaklık parametreleri arasında doğru orantı bulunmakta olup, sıcaklıkların yükseldiğı durumda suyun derişimi yükseleceğinden dolayı elektriksel iletkenlik değerlerinde de artış yaşanmaktadır. Suların elektriksel iletkenlik değerleri sıcaklık parametresinin yanı sıra bulunduğu bölgenin yapısından, iklim durumlarından, suyun konsantrasyonundan etkilenmektedir.

Suyun yapısında bulunan ve çözünen maddeler ile alakalı olan iletkenlik verisi, aynı zamanda iyon parçacıkların yüksek miktarda bulunması ile elektriğı fazla ileteceğı anlamına

gelmektedir. İletkenliğin birimi microohm/cm olarak ifade edilir. Laboratuvarında oluşturulan organik suların iletkenli değeri 0,5-5 mikroohm/cm, doğal sularda 20-1500 microohm/cm aralığında yer almakta olup, içme sularının 30–2000 mikromho/cm'dir (Süleymanov, 2019).

Çözünmüş Oksijen

Kaynak sularında oksijen miktarı önemlidir ve suyun içeriğinde bulunan canlıların yaşam devamlılığı ve kirlilik yükünün öğrenilmesinde de fazlasıyla yardımcı olan bir parametredir. Sularda özellikle oksijen değerinin yüksek olunması istenmektedir ve az olması durumu suların kirliliğe maruz kaldığı anlamını taşımaktadır. Sularda oksijen miktarı içeriğinde bulunan elementlere ve miktarlarına, suya uygulanan basınca, sıcaklığa, tuzluluğa, konsantrasyona ve benzeri parametrelere bağlıdır. Elektriksel iletkenlik, sıcaklık ile doğru orantılı iken çözünmüş oksijen ile ters orantılıdır. Özellikle sıcaklıkların yükseldiği dönemlerde sularda buharlaşma oranının artması sonucu çözünmüş oksijen miktarında azalma görülmektedir.

Su içerisinde yaşayan canlıların oksijene ihtiyacı vardır ve su için oksijen miktarı yaşam faaliyetlerinin devamlılığı açısından önem arz etmektedir. Sularda az da olsa çözünmüş oksijene ihtiyaç bulunmaktadır. Bu oksijen değeri belli bir değerin altına düştüğünde anaerobik çürüme faaliyetleri başlar. Bu olay sonucunda gaz çıkışına rastlanır ve kötü kokar. Çözünmüş oksijen değeri; sıcaklığa, pH'a ve çözünmüş tuz konsantrasyonuna bağlıdır ve birimi mg/l'dir. Ülkemizde içme suları için kabul edilen ilgili yönetmeliklerde ve standartlarda çözünmüş oksijen için herhangi bir veri veya sınırlandırıcı değer bulunmamaktadır. Ancak uluslararası standartlarda 1 mg/l çözünmüş oksijen değerini oldukça az, 10 mg/l değeri suyun çözünmüş oksijene doyduğu olarak kabul edilmektedir (Gemci, 2016).

Alüminyum

Suda bulunan alüminyum (Al) seviyesi toprağa göre daha düşüktür. İçme suyuna asit yağmurlarının karışması neticesinde alüminyum topraktan suya geçmektedir (Copestake, 1993). İçme sularının alüminyum (Al) seviyesinin yüksek ve vücutta emiliminin hızlı olduğu tespit edilmiştir. Şehir içme sularının temizlenmesinde kimyasal olarak alüminyum tuzları kullanılmaktadır. Bundan dolayı da içme sularının alüminyum değeri artmaktadır.

İnsan vücuduna alüminyum doğal yollarla da girebilmekte olup, özellikle içilen kaynak sularda ve yenilen gıdalarda alüminyum varlığı yer almaktadır. Alüminyum elementi aynı zamanda doğada bileşik halinde bulunabilmekte olup, özellikle suların arıtma aşamalarında bileşik hali kullanılmaktadır.

İçme sularının yapısında bulunan alüminyum elementinin insan sağlığına etkisini en az değere çekilebilmesi için Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) içme suyu arıtımında bulunan bileşik versiyonlarının sınırlı miktarlarda uygulanmasını ve çıkış suyu alüminyum değerinin 0,2 mg/l'den fazla olmamasını bildirmiştir (İTASHY, 2005).

Nötr pH seviyesinde alüminyum elementinin çözünabilirliği az olmaktadır ve suyun çıktığı kaynaktan çözünmüş alüminyum derişimi az olup, genellikle derişimleri 0,001-0,05 mg/l aralığındadır. Aynı zamanda suyun pH değerinin 4,5 altında bulunması ve pH 7,5 üzerinde bulunması durumunda alüminyum derişimi artmaktadır. Suyun hidrojeninin fazla olduğu ve pH değerinin 7'den düşük olduğu durumlarda 0,5-1 mg/l arasında değişen değerler görülmektedir.

Alüminyum elementi belirlenen miktardan fazla olması durumunda renk ve koku problemleri yaratmaktadır. Suda çözünmüş alüminyum derişimi 0,2 mg/l değerinden yüksek olduğu anlarda, pH ile bağlantılı olarak alüminyum hidroksit beyaz jelatin olarak çökerek, suyun süt görünümlü bir halde görünmesine neden olur (WHO, 2011).

Demir ve Mangan

Dünya üzerinde fazla miktarda bulunan ve beraber yer alan demir (Fe) ve mangan (Mn) elementleri, canlı hayatlarının devamlılığı açısından değerli bir mineraldir. Özellikle toprakların verimliliği açısından yapısında bulunması istenilen demir ve mangan elementleri bazı durumlarda bileşikleri halinde de yapısında yer almaktadır ve aynı zamanda bitkilerin yaşamlarında da oldukça değerli bir etmendir.

Demir minerali çoğunlukla topraklarda ve kayaçların yapısında yer almaktadır. Yeraltı kaynak sularında özellikle kayaçlardan ve ortamda bulunan topraklardan akarak oluştuğu düşünüldüğünde, akış yerlerinde elverişli şartların oluşması durumunda demir minerali su içerisine girebilmektedir (Aydın, 2007).

Oluşum aşamasında beraber bulunan demir (Fe) ve mangan (Mn) mineralleri aynı zamanda suyun yapısında da birlikte yer almaktadır. Ancak su yapısı içerisinde demir minerali derişimi mangan mineralinden daha fazladır. Gerçekleştirilen deneyler neticesinde sularda yaklaşık olarak 0,01-0,6 mg/l civarındadır. Ancak suyun yapısında mangan elementinin 1 mg/l'den fazla bulunması durumu, mangan elementinin oksijensiz ortamda su ile reaksiyon gerçekleştirdiğini göstermektedir (De Zuane, 1990).

İçme sularında belirli bir seviyede olması gereken demir ve mangan minerallerinin yüksek konsantrasyonda bulunması durumunda sularda kirliliğe sebebiyet vermektedir. Zaman içerisinde tat, koku ve renk problemleri oluşturması, su yapılarının iletim hatlarında sorunlar

yaratması, borularda korozyona neden olması sonucu iletilen su miktarında azalma gibi problemler oluşturmaktadır.

Su bileşiminde bulunan demir, borularda demir varlığının artmasına ve boruların korozyona uğraması, tıkanması gibi sorunlara yol açmaktadır. İki değerli mangan iyonu da demire benzer problemler oluşturur. Suda bulunan mangan dioksit (MnO_2) siyah tortu oluşturur ve doyumluğa ulaşır. Aynı zamanda kullanılan suların makul seviyede sertlikte olması istenir (Şengül ve Türkman, 1998).

Klorür

Klorür (Cl^-), klor elementinin yükseltgenme ile oluşmaktadır ve suda fark edilen çok değerli anorganik anyonlardandır. Suda bulunan sodyum klorür tuzu, çözünmesinden ileri geliyorsa 250 mg/l klorür derişimli bir suda tuzluluk sertliği fark edilmektedir. Suyun yapısında organik olarak bulunan klor minerali, suyun kirli olduğunu ve kaynağının bir an önce belirlenerek kirlilik yükünden kurtulması gerektiği ön görülmektedir (Mutluay ve Demirak, 1996).

Kaynak sularda natürel halde bulunan ve değişik derişimlerde yer alan klor minerali, özellikle deniz suyunun yapısında bulunan tuz derişiminin fazla olmasından dolayı yüksek miktarda bulunmaktadır. Yüksek yamaçlarda oluşan kaynak sularında düşük derişimlerde az miktarda olduğu görülmektedir. Kaynak sularına klorür elementi çeşitli şekillerde girebilmektedir. Toprağın yeryüzüne yakın bölümünde yer alan klorür elementi su ile reaksiyonu sonucu suyun yapısına girmektedirler. Deniz suyu, tatlı sulara karşın konsantrasyonları daha yüksek olmakta olup, deniz suyunun sıcaklık nedeniyle buharlaşma olayı gerçekleşmektedir ve buharlaşan havanın nem yükü artması sonucunda da yağmur oluşması gerçekleşmektedir. Bu sayede su kaynaklarının klorür miktarı artmaktadır (Samsunlu, 1999).

İnsan metabolizmasının klorür elementine tahammül seviyesi 150 $\mu g/kg$ 'dır (Anonymous 2006). Klorür elementi yüksekliği sularda sertlik oluşturmakta olup, özellikle 250 mg/l derişiminden yüksek olduğu durumlarda tuzluluk oluşturmaktadır. İnsanlarca hoş karşılanmayan bu olay suyun içilebilirliği adına istenmeyen bir durumdur. Bakteriyolojik analiz yöntemlerinin tam anlamıyla öğrenilmediği zamanlarda klorür deneyleri, yeraltı sularına kirlenmiş suların karışma durumu olarak kullanılmıştır (Samsunlu, 1999).

Sülfat

İçme sularında genelde sülfat bulunur. Kayaların suyla teması sonucu katyonlar çoğu zaman sülfatla çözünebilen bileşikler oluşturur. Tat veren sülfat kimyasalının başlangıç

miktarları sodyum sülfat (Na_2SO_4) için 200-500 mg/l, kalsiyum sülfat için 250-900 mg/l ve magnezyum sülfat için 400-600 mg/l'dir (Güler, 1997).

Sülfat (SO_4^{2-}), doğada yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Maden sanayisinden oluşan kirlilikler bulunduğu çevrede sülfat oluşturmaktadır. Özellikle sülfatın karıştığı sular çimentonun bağlayıcı minerallerinde tahribat oluşturup kireç oluşumuyla zarar vermektedir (Mutluay ve Demirak, 1996).

Sodyum

Sodyum minerali, insan metabolizmasında bulunan sıvılarda fazlaca bulunmaktadır ve fazlası yüksek oranda sindirim organları vasıtasıyla boşaltılmakta olup, en çok insan vücudundaki mühim görevi olarak ozmotik basıncı dengelemesi olmasıdır. Vücutta yapısında tespiti sonucu fazla miktarda bulunan sodyum elementi vücuttan atılmaz ise ciddi hastalıklara neden olmakla beraber özellikle beyin ve iç organ hastalıklarına, kas sistemleri sorunlarına ve belirli yaşa kadar sindirim organlarının tam geliştirmemesinden dolayı ölümlere yol açtığı bilinmektedir. Sodyum, Yerkürede en fazla yer alan mineraldir ve kaynak sularında ve deniz sularında oldukça fazla rastlanmaktadır (Güler 1997).

Örnek Çalışmalar (Literatür Özetleri)

Adana İlinde bulunan içme ve kullanma sularını değerlendirmek için su ve kanalizasyon idaresine ait 139 kuyudan alınan numunelerle yapılan bu çalışmada, Seyhan Nehri'nin her iki yakasında 19 adet içme suyu kuyusu ve bunların beslendiği alanlardan mikrobiyolojik analizler bir yıl boyunca çalışılmıştır. İl Şebeke sularının mikrobiyolojik kirlenmesi ve kirlenme kaynakları araştırılmış olup, çözüm önerilerini sunulmuştur. Bu çalışmadan çıkarılan sonuçlar İl Sağlık Müdürlüğü verileriyle karşılaştırılmıştır (Özay, 1996).

Mersin ilinde Davultepe, Tece, Kargıpınarı, Çeşmeli, Tömük, Arpaçbahşiş, Erdemli ve Limonlu alanlarında yapılan çalışmada, tatil semtlerinin içme ve kullanma suyu için tükettikleri ve İl belediyesi şebekelerine su temin eden yapılardan alınan numune örnekleri, fiziksel ve kimyasal açıdan incelenmiştir. Sıcaklık, toplam sertlik, pH, kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ kararsızları için gerçekleştirilen analizler sonucunda, bazı örneklerde özellikle sertliğe neden olan iyon derişiminin yüksek olduğu anlaşılmıştır (Yalvaç, 1997).

Mamasın Baraj gölü, Aksaray ilinin su kaynağını oluşturmakta olup, gölün fiziksel ve kimyasal parametrelerini incelemek adına Ocak-Mayıs 2001 tarihleri arası her ay 1 numune alımı gerçekleştirilmiş ve kaynak suların arıtıldıktan sonraki özellikleri araştırılmış olup, WHO, AB ve TS 266'ya göre uygunluğu görülmüştür (Alaş, 2002).

Orta Toroslarda bulunan ve Antalya sınırlarında yer alan Eğrigöl ilçesinin su kalitesini araştırmak maksadıyla 2000-2001 yılları içerisinde yedi bölge belirlenmiş ve numune alınarak sonuçlar değerlendirilmiştir. İncelenen su numunelerinde fiziksel ve kimyasal özellikler (sıcaklık, pH, iletkenlik, çözünmüş oksijen ve magnezyum gibi) araştırılmış olup sonuçlar ilgili yönetmelik sınır değerleri kapsamında değerlendirilmiştir (Başaran ve Egemen, 2006).

Rize ilinin akarsuyu olan ve Trabzon ili ile sınır oluşturan İyidere deresinin su kalitesini belirlemek adına çalışmalar yapılmıştır ve içme ve kullanma standartları kapsamında değerlendirmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda derenin belli bölgelerinden yedi ay boyunca numuneler alınarak yapısındaki fiziksel ve kimyasal nitelikleri değerlendirilmiş olup, sonuçların yönetmelik standartlarına ve sınırlamalarına uygun olduğu, ancak oluşabilecek bakteri ve virüsleri engellemek adına dezenfeksiyon ünitesinden geçirilerek içme suyu olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir (Verp ve ark, 2005).

Konya ve Karaman il sınırı içerisinde bulunan Akgöl'ün su kalitesini öğrenmek adına gölden 2005 yılında aylık 5 farklı bölgeden olmak üzere toplam 20 adet numune alınmıştır. 4 aylık süre zarfında oluşan numunelerde ilk olarak fiziksel ve kimyasal özellikler değerlendirilmiş olup, nitrat (NO_3^-) ve fosfat (PO_4^{3-}) bileşiklerinde ve demir (Fe), selenyum (Se) ve alüminyum (Al) elementlerinde anlamlı farklılıklar görülmüştür. Su kalitesinin IV.sınıf olduğu belirlenmiş, biyolojik özelliklerin değerlendirilmesi kapsamında II.sınıf sular özelinde bulunduğu tespit edilmiştir (Zeybek 2006).

İstanbul ilinde bulunan Samandıra, Sarıgazi ve Taşdelen semtlerinden suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini öğrenmek ve yürürlükte bulunan ilgili yönetmelik ve standartlarınca değerlendirmek adına Elmalı ve Ömerli Barajı'nın farklı bölümlerinden analiz yapılmak üzere toplamda 60 adet örnekler alınmış ve 3 noktadan arıtma çıkışı verilen ve gelişigüzel belirlenen yerlerden seçilen 32 tane musluk suyundan toplamda 384 tane numune alınmıştır. Baraj bölümlerinden alınan örneklerin 36'sından koliform bakteri tespit edilmiş olup, 15 tanesinden ise E-coli bakterisi bulunmuştur. Arıtma çıkışından seçilen ve rastgele alınan örneklerden 238 tanesinde klor (Cl) mineralinin fazla olduğu belirlenmiştir (Aydın 2007).

Erzurum merkezinden su dağıtım şebekesinin farklı noktalarından rastgele seçilmiş evler, halk çeşmeleri, gıda işletmeleri, resmi kurumlar dahil toplam 70 noktadan alınan su numunelerinin fiziksel ve kimyasal parametreleri değerlendirilmiştir. Alınan numuneler, ölçülen değerler ve ilgili yönetmelik sınır değerleri karşılaştırılması yapıldığında dağıtım gerçekleştirilen suların temizliği açısından oldukça kötü olduğu ve toplum sağlığı kapsamında kötü sonuçlar doğurabileceği tespit edilmiştir (Koçak, 2007).

Bitlis ilini oluşturan Adilcevaz, Ahlat, Güroymak, Hizan ve Tatvan ilçelerinin su kaliteleri araştırılmış olup, içme ve kullanma sularının fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreleri incelenmiştir. Gerçekleştirilen değerlendirmeler neticesinde su kaynaklarının sürekli kontrol edilmesi gerektiği, sorunların analiz edilmesi gerektiği ve en aza indirmek için gerekli işlemlerin başlanması gerektiği ifade edilmiştir (Alemdar ve ark., 2009).

Erzurum ili Palandöken ilçesi sınırları içerisinde yer alan içme suyu arıtma tesisinin kaynağı olan Palandöken Barajı'nın fiziksel ve kimyasal açısından değerlendirilmesi çalışılmıştır ve veriler 15 noktadan elde edilmiştir. Sonuçlar kapsamında nitrat seviyesi yüksek ve orta sertlikte olan kuyu sularının yerine kurulan arıtma tesisinin çıkışının yumuşak ve nitrat sınır değerleri olumlu ölçülen suların ilgili yönetmelik kapsamında uygun değerlendirilmiştir. Yüzeysel sulardan elde edilen içme sularında ise anlık bulanıklık değerlerinde yükseklik, tat ve koku yönünden problem olduğu gözlenmiştir (Dombaycı, 2009).

Yenişehir gölünün su kalitesini belirlemek adına Hatay Reyhanlı bölgesinde bulunan gölden 12 ay boyunca örnekler alınmıştır. Su kalitesi parametrelerinden; çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, tuzluluk, toplam alkalinite ve sertlik, nitrit (NO_2^-), nitrat (NO_3^-), fosfat (PO_4^{3-}), sülfat (SO_4^{2-}), sodyum (Na), potasyum (K), klor (Cl) parametreleri değerlendirilmiştir. Bu kapsamda gerçekleştirilen değerlendirmelerde su kalitesinin aylık farklılıklar görülmüş ancak yine de gölün sularının herhangi bir problemi bulunmadığı gözlemlenmiştir (Tepe, 2009).

Ankara ilinin önemli içme suyu kaynaklarından olan Kirmir havzasında 12 aylık çalışma ile 10 ayrı noktadan elde edilen su kalitesi verileri beş farklı su kalite indeks yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Su kalitesi analiz sonuçları TS 266, Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik ve WHO standartlarındaki sınır değerler kullanılmıştır. Renk, bulanıklık, E.coli, Enterokok, demir (Fe), mangan (Mn), alüminyum (Al), bor (B) ve baryum (Ba) parametrelerinin havzadaki su kalitesini etkileyen başlıca kirleticiler olduğu tespit edilmiştir (Dede ve ark, 2013).

Kahramanmaraş ilinde içme suyu kaynağı olan Ayvalı Baraj Gölü'nden alınan suyun arıtma tesisinde yer alan bölümlerinden ve arıtma çıkış suyundan 18 aylık çalışma neticesinde örnekler alınmıştır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan nitelikleri değerlendirilmiştir. İçme suyu standartları olan Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve TS 266 sınır değerleri kapsamında içme ve kullanma açısından uygun olduğu belirtilmiştir (Doboğlu, 2014).

Samsun ve Amasya sınırları içerisinde bulunan Tersakan Çayı'nın 2011-2012 yılları arası 12 aylık çalışma ile fiziksel ve kimyasal parametreler incelenmiştir. Sonuçlar TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik sınır değerleri kapsamında değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler açısından numune örneklerinin I. Sınıf olarak

değerlendirilmiş olup, yaz mevsiminde oluşan sıcaklıklar neticesinde buharlaşma ve tüketimle mevsimsel su miktarında azalmalar gözlemlenmiştir (Kasımoğlu ve Yılmaz, 2014).

Van Çaldıran Ovası yüzey sularına ait fiziksel ve kimyasal özellikler tespit edilmiş, bu suların içme, kullanma, sulama amaçlı su standartlarına göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Yönetmelik kapsamında sıcaklık sınır değerleri ile ilgili değerlendirme sonucunda yüzey sularının içme ve kullanma suyu olarak doğrudan kullanımının uygun olmadığı görülmüştür (Aydın, 2015).

Kahramanmaraş İli içme suyu kaynağı olan Pınarbaşı, Karasu ve Ayvalı kaynaklarından alınan örneklerin su kalitesini belirlemek için çalışmalar gerçekleştirilmiş olup, sonuçların Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve TS 266 sınır değerleri ile karşılaştırılarak sonuçların olumlu olduğu ve içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilceği belirlenmiştir (Gemci, 2016).

Yapılan çalışmada, 45 noktadan içme suyu ve yeraltı suyu numuneleri alınarak mevsimsel çeşitli parametreleri (sıcaklık, çözünmüş oksijen, yüzde oksijen doygunluğu, pH, iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde, askıda katı madde, tuzluluk, bulanıklık, nitrat azotu, nitrit azotu ve fosfat) incelenelerek Edirne ili İpsala ilçesi içme suyu kalitesinin değerlendirilmesi amaçlamıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde A sınıfı kalitede su olduğu tespit edilmiştir (Titiz, 2020).

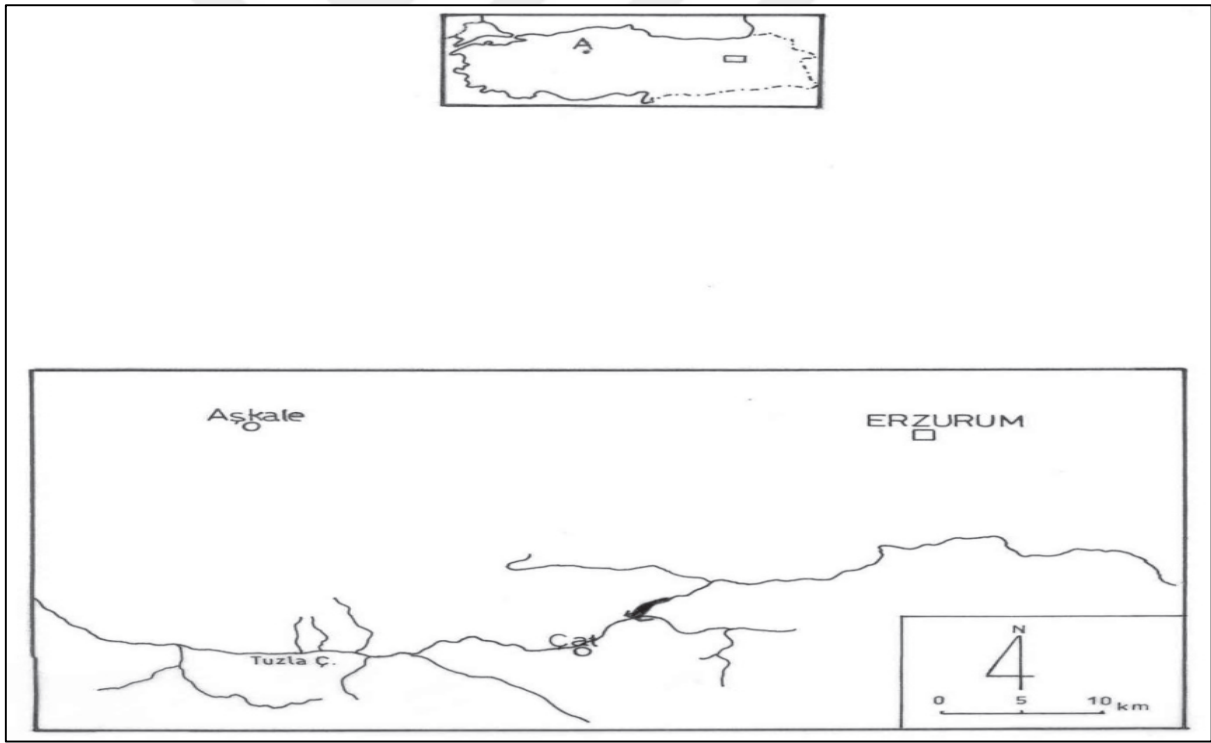
Balıkesir il merkezinde, içme ve kullanma sularının kalitesinin belirlenmesi ve kullanım açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. 2017, 2018 ve 2019 yıllarına ait alüminyum, amonyum, bulanıklık, çözünmüş oksijen, demir, iletkenlik, mangan, nitrat, nitrit, pH, renk, sertlik ve toplam organik madde gibi fiziksel ve kimyasal parametreler ilgili yönetmelik sınır değerleri kapsamında değerlendirilmiştir (Gediklioğlu, 2021).

Adana ilinde şehir merkezi içme ve kullanma suları kaynağı olan Çatalan Baraj Gölü'nden arıtılarak gelen su ile 4 merkez ilçenin (Seyhan, Sarıçam, Çukurova, Yüreğir) içme suyu şebekelerinden numuneler alınmış ve 15 farklı su parametresi değerlendirilmiş olup, oluşan sonuçlar kapsamında Adana ilinde su kalitesi incelenmiştir. İlgili yönetmelik kapsamında değerlendirmenin yanı sıra ayrıca elde edilen veriler Kanada Su Kalite İndeks Modeli (CWQI) ve British Columbia Su Kalite İndeksi metodu ile değerlendirilmiş ve su kalite indeksleri kapsamında genel olarak Adana İli içme suyunun Kanada Su Kalite İndeksi (CWQI) hesaplamalarına göre 84.6, British Columbia Su Kalite İndeksi (BCWQI) hesaplamalarına göre 81.6 ile “İYİ” sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Güloğlu, 2023).

MATERYAL VE METOT

Çalışma Alanı Bilgileri:

Erzurum İli, 39° K - 41° D boylamları arasında yaklaşık 25000 km² yüz ölçümüne sahiptir ve ülkemizin yüz ölçümü açısından 4'üncü sırasında bulunmaktadır. İlin kuzey kısmında Artvin, Bayburt ve Rize illeri, güney kısmında Bingöl ve Muş illeri, batı kısmında Erzincan ili ve doğu kısmında ise Ağrı, Kars ve Ardahan illeriyle sınır komşuluğu bulunmaktadır. Erzurum ili, Büyükşehir Belediye statüsünde yer almakta olup merkezini Yakutiye, Aziziye ve Palandöken ilçeleri oluşturmaktadır. Aynı zamanda il toplam 20 ilçeden oluşmakta olup bunlar Aşkale, Çat, Hınıs, Horasan, İspir, Karaçoban, Karayazı, Köprüköy, Narman, Olur, Oltu, Pasinler, Pazaryolu, Şenkaya, Tekman, Tortum ve Uzundere'dir. Konum açısından İran, Azerbaycan ve Ermenistan ile transit ticaret bölümünde yer almaktadır. 2023 yılı değerlerine göre ilin nüfusu 749993 olup, bu nüfusun %49,7'si erkek, %50,3'ü kadındır. Çalışma alanına ait lokasyon haritası Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Araştırma sahası lokasyon haritası

Çalışma Alanı Coğrafyası

Çalışma alanı, Doğu Anadolu Bölgesinin Erzurum- Kars bölümünde bulunmaktadır. Volkanik faaliyetler sonucu lavların dağılmasıyla oluşan platolar, yüksek dağlık bölümler ile ana kara levhalarının sıkışması sonucu oluşan deprem alanının yüzey şekli belirlemiştir. Türkiye'de yer alan iller arasında en yüksek rakıma sahip olan ilin önemli bir kış turizmi

potansiyeli bulunmaktadır ve kayak merkezi bulunan Palandöken Dağı bu ilimizde yer almaktadır. Aynı zamanda Karasu, Çoruh ve Aras gibi ülkenin su kaynakları açısından oldukça önemli bir yere sahip olan nehirler, Erzurum il sınırlarından geçmektedir. Çoruh Nehri, il sınırlarında bulunan Mescit Dağından kaynağını alarak Karadeniz'e, Karasu Nehri, il sınırlarında bulunan Dumlu Dağından kaynağını alarak Basra Körfezine ve Aras Nehri, il sınırları içerisinde yer alan Bingöl Dağlarının kuzeyinden kaynağını alarak Hazar Denizine dökülmekte olup, alanın coğrafi yapısı nedeniyle oluşan Tortum Gölü, ilin en önemli gölü olma özelliğine sahiptir. İlin kuzeyine doğru ve özellikle Doğu Karadeniz bölümüne gidildikçe engebe ve yükselti artmaktadır ve güney kısmı nispeten daha sade yüzey şekilleri görülmektedir. Erzurum Ovası, Pasinler Ovası ve Güzelova (Daphan), Erzurum ilini oluşturmaktadır ve gerek volkanizma yapısı gerekse fay hatları kapsamında deprem riski bulunan ilin termal enerji potansiyeli oldukça yüksektir.

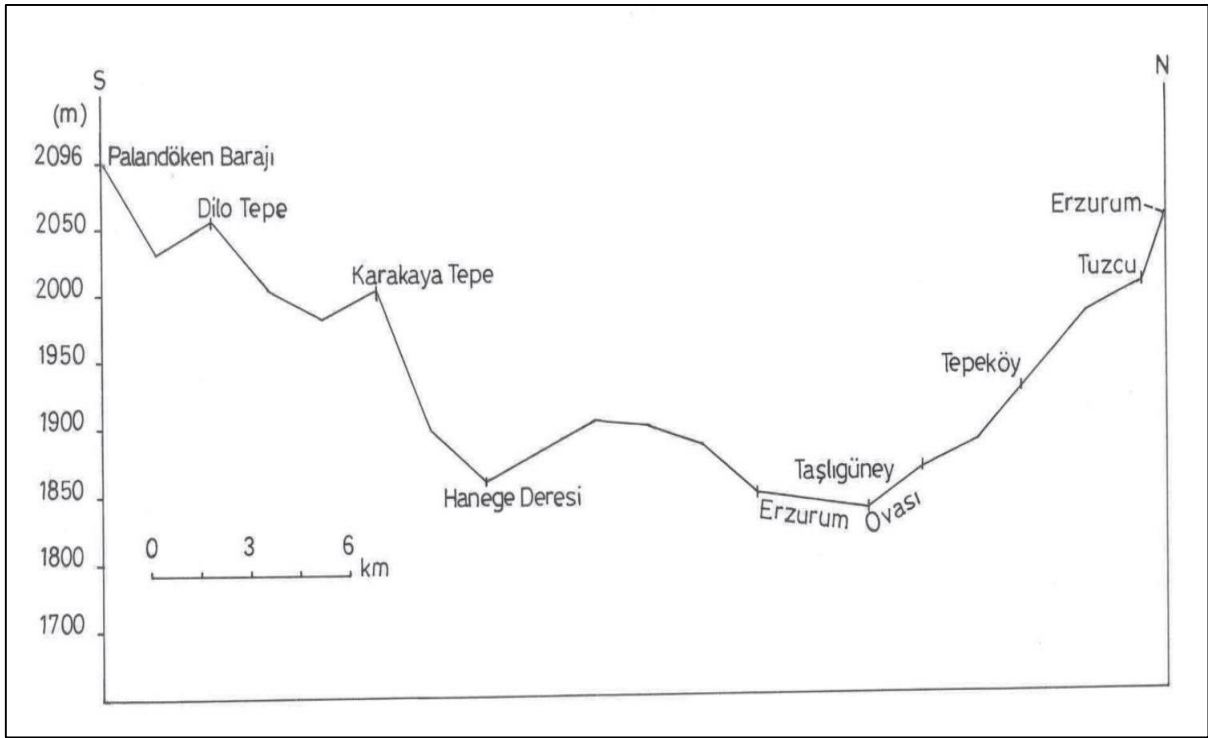
Çalışma Alanı İklimi Ve Bitki Örtüsü

Ülkemiz su kaynakları bakımından oldukça zengin bir noktadadır ve Erzurum ili su kaynakları bakımından zengin illerin başında yer almaktadır. Bölgede özellikle kar yağışlarının yoğun olması, erimesi ve yaz yağışlarının varlığı sebebiyle yeraltı ve yerüstü suları oldukça yüksektir. İklimi kapsamında sıcaklık farkının yüksek olmasından dolayı fiziksel (mekanik) çözülme fazladır. İlde sert karasal iklim görülmektedir ve kışları oldukça soğuk ve karlı biçimde uzun sürelerle geçerken yazları ise kısa ve serin geçmektedir. Aynı zamanda Erzurum, yılın yaklaşık 5 aylık süre zarfında karla örtülüdür. Sert karasal iklim özellikleri nedeniyle ara mevsimlerin (ilkbahar ve sonbahar) süresi oldukça kısadır. En fazla yağışı Mayıs ve Haziran aylarında almakta olup, genelde yağışlar sağanak veya kırkikindi şeklinde görülmektedir. Yağış, en az kış mevsiminde gerçekleşmektedir ve yağışların yıl içerisinde dağılımı düzenli değildir. Bölgede en sıcak ay Ağustos olup bu ayda ortalama sıcaklık 26°C'dir. İlin yaz ayları ortalama sıcaklığı ise 18,4°C iken görülen ortalama en düşük sıcaklık 9°C düzeyindedir. Erzurum, Türkiye genelinde yaz ayları ortalama sıcaklığın en düşük olduğu il olarak görülmektedir ve Ocak ayı ortalama sıcaklığı -9,1°C ile ülke genelinde kış aylarının en soğuk illerinden biri olmaktadır. Aynı zamanda yıllık sıcaklık ortalaması 5,8°C civarındadır. İlde yaklaşık 676 mm yağmur yağmakta olup, ortalama 1700 saat üzerinde ve 2-3 aylık zaman dilimine karşılık gelen güneşten yararlanma süresi ile Erzurum ili GES potansiyeli açısından oldukça önemli bir nokta bulunmaktadır. Erzurum, İlkbahar başlangıcında karların erimesi ve yağışlar sebebiyle yeşil alan potansiyeli yüksek bir ildir. Özellikle bölgenin Doğu Anadolu bölümünde bulunmasına karşın Doğu Karadeniz sınırlarına da dahil olması nedeniyle çeşitli iklim ve bitki örtüsüne sahip olup, en çok dağ çayırları ile iğne yapraklı ormanlar görülmektedir.

Yüz ölçümü bakımından yaklaşık % 9' unu orman ve fundalık alanlar oluşturmakta olup, yaklaşık % 68'ini ise çayır ve meralar oluşturmaktadır.

İçme Suyu Arıtma Tesisi Bilgileri ve Akım Şeması

Erzurum Büyükşehir Belediyesi İçme ve Kullanma Suyu Arıtma Tesisi, 39°51'32.24"K enlem ve 41°14'39.09"D boylam koordinatlarında bulunmaktadır. 2008 yılında kurulan içme suyu arıtma tesisi temiz su kaynağını 4 mevsim Palandöken Barajı'ndan temin etmektedir. 4900 metre uzunluğunda inşa edilen tünel üzerindeki su alma yapısı ile Palandöken Barajı'ndaki kaynak suları, 1,5 metrelik çelik borular ile Şekil 2'de görülen yaklaşık 19000 metre uzunluğundaki isale hattı vasıtasıyla arıtma tesisi sahasına getirilmekte olup, Erzurum ortalama il merkez nüfusu olan 400000 kişiye hizmet vermektedir.

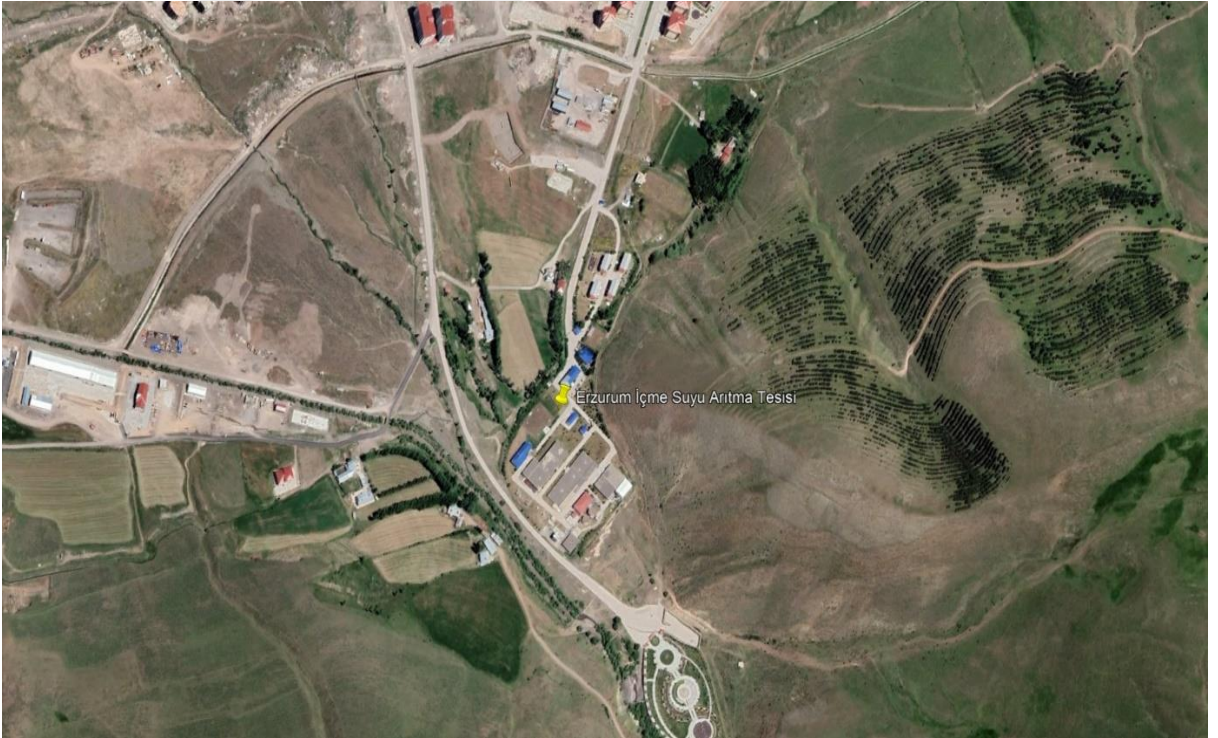


Şekil 2. Palandöken Barajı isale boru hattı kesiti

Erzurum içme suyu arıtma tesisi, ilin merkezinde yer alan Palandöken ilçesine kurulmuştur ve ilin merkezini oluşturan 3 ilçeye içme ve kullanma suyu temini gerçekleştirilmektedir. Arıtma tesisine ait Google Earth görüntüleri olan Şekil 3 ve Şekil 4 ile tesise ait genel görünüm Şekil 5'te verilmektedir.



Şekil 3. İçme suyu arıtma tesisine ait google earth görüntüsü 1



Şekil 4. İçme suyu arıtma tesisine ait google earth görüntüsü 2



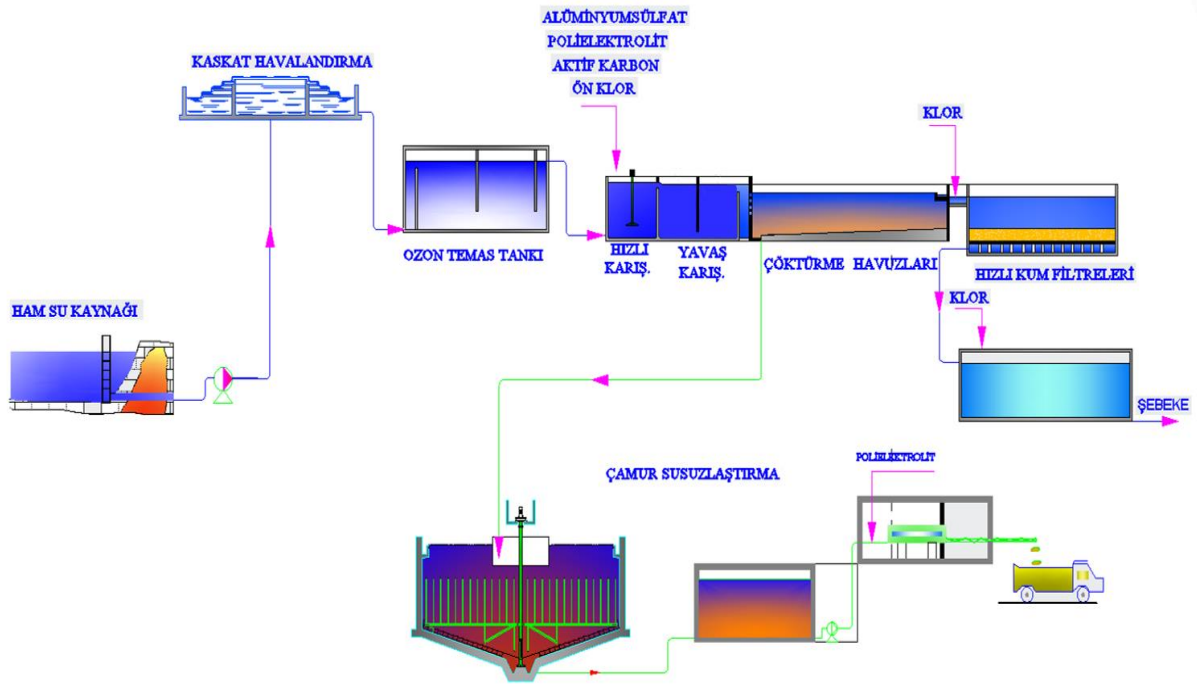
Şekil 5. İçme suyu arıtma tesisine ait genel görünüm

İçme suyu arıtma tesisleri, suyun arıtılması adına 3 temel prensibi bulunmaktadır: fiziksel açıdan suyu görünümünü etkileyen parametreler giderilerek nitelik kazandırmak, kimyasal açıdan suyun yapısında bulunabilecek veya bulunma olasılığı olan patojenik ve kimyasal toksin maddelerden arındırmak ve mikrobiyolojik açıdan enfeksiyon yapabilecek maddelerden ve tek hücrelilerden giderilerek insan sağlığını korumaktır. İçme sularının arıtılmasındaki temel amaçlar aşağıda sıralanmaktadır;

- Suyun sıcaklık değerlerini standartlara göre azaltmak veya artırmak,
- Suyun “renk, koku, sıcaklık, tat” gibi fiziksel özellikleri açısından uygun hale getirmek,
- Mikrobiyolojik giderim gerçekleştirmek,
- Kimyasal açıdan suyu zehirleyebilecek toksin maddeleri gidermek,
- Oksijen (O_2), karbondioksit (CO_2) gibi gazların konsantrasyonunu dengelemek,
- Suda pH dengesini sağlayabilmek,
- Suyun tatsızlığını gidermek,
- Suyun aşındırma özelliğini gidermek,
- Suyu, tuzluluk özelliğini arındırmak,
- Suyun yapısını kırabilecek kimyasallardan arındırmak (Gürsakar, 2007).

Tez çalışmasında içme suyu arıtma tesisine gelen kaynak suyun; akım kontrol ve by-pass vana odası, havalandırma ünitesi, ön klorlama ünitesi, hızlı ve yavaş karıştırma üniteleri, filtreleme ünitesi, alüm ve kireç ekleme ünitesi, geri devir ve son klor dozajlama ünitesinden

geçirildikten sonra içme ve kullanma suyu standartlarına sağlayarak alıcı ortama verilmekte olup, içme suyu arıtma tesisine ait akım şeması Şekil 6’da gösterilmektedir.



Şekil 6. İçme suyu arıtma tesisi akım şeması

Şekil 6’da gösterilen akım şeması kapsamında, Palandöken Barajı’ndan gelen ham sudan içme ve kullanma suyu olarak alıcı ortama uygun haline getirilmesine kadar uygulanan tüm işlemler için ünite bilgileri aşağıda yer almaktadır.

Giriş Vana Odası

Palandöken Barajı’ndan gelen ham suyun tesise girdiği ilk ünedir. Bu kısımda, bir sonraki üniteler için ölçümler yapılır ve suyun karakteristiği açısından nicelik kazandırmak adına hangi arıtmaların gerçekleştirileceğinin kararının verildiği ünedir. Bu kısımda; gelen kaynak suyunun birim zamandaki hızını ve hacmini ayarlamak adına debi ölçümlerini gerçekleştirilmek, suyun asidik veya bazik durumunu öğrenmek ve içme suyu standartlarına uygun hale getirmek adına suyun bulanıklık tayinlerini gerçekleştirilerek suyun fiziksel açıdan uygun hale getirmektir.

Akım Kontrol ve By-Pass Vana Odası

Tesise gelen ham suyun geçtiği ikinci ünite olan akım kontrol ve by-pass odası ünitesi, giriş vana ünitesinde ölçülen debinin uygulamaya alındığı veya ayarlama yapıldığı kısımdır. Birim zamanda geçen suyun ölçümleri yapılarak geçen suyu kontrol altına almak, hızını

yavaşlatmak veya artırmak ile hacmini kontrol ederek tesise sabit bir giriş sağlamak adına gerekli ayarlamaların yapıldığı ünedir.

Kaskad Havalandırıcı

Ham su kaynağı, mevsim değışiklikleri kapsamında zamanla su seviyesinde azalma veya artma durumları ile karşılaşılacağı ön görölmektedir. Su seviyesindeki bu değışiklik, suyun yapısının oksijen ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bir suda çözünmüş oksijen miktarının fazlalığı suda olumlu etki yaratacağı gibi azlığı ise koku, tat, bulanıklık, sertlik gibi problemlere yol açmaktadır. Bu kapsamda, ölçülen suyun oksijen değerine göre kaskad havalandırma ünitesinde suya oksijen takviyesi yapılmakta olup, bazı problemlerinin ortadan kalkması sağlanacaktır. Aynı zamanda suya oksijen verilmesiyle suyun yapısında bulunan mangan (Mn) ve demir (Fe) gibi elementler paslandırarak içeriğinden uzaklaştırılması sağlanacaktır.

Ön Ozonlama

Kimyasal yapısı 3 oksijen atomunun birleşmesiyle oluşan ozon (O₃) bileşigi, demir (Fe), mangan (Mn), amonyum (NH₄⁺) gibi kimyasallar için kuvvetli bir yükseltgen madde olmasına karşın suyun içeriğinde bulunması muhtemel bakteriler, mikroplar, tehlikeli küçük canlı organizmalar için iyi bir antiseptiktir. Ozon bileşigin içme sularında çok önemli bir rolü bulunmakta olup bunlar başlıca;

- Kaynak suyunun içeriğinde bulunması muhtemel mikroorganizmaların yok edilmesinde etkili olması,
- Bir diğer dezenfektan maddesi olarak kullanılan klor (Cl) elementinden çok daha fazla etkisi bulunması ve kalıntı oluşturmaması,
- Suda oksijen (O₂) değerini yükseltmesi,
- Suyun içiminde rahatsız eden tatsızlığı düşürmesi,
- Yüksek oranda sudan metalleri arıtması,
- Suyun bulanıklılığını gidererek içilebilir ve kullanılabilir bir görüntü oluşturmaya sağlaması,
- Üretiminin kolay olması ve gereksinin anında kolayca ulaşılabilmesi durumlarıdır.

Ozon bileşigi, arıtma tesisleri açısından kurulum aşamasında pahalı bir sistemdir ancak brom (Br), ve krom (Cr) gibi dezenfektanlara karşın daha az tüketilmesi ve bakım-onarım maliyetin düşük olması sebebiyle daha iktisatlı ve çözümcül bir ünedir.

Koagülasyon Havuzları (Hızlı Karıştırma)

İçme suyu arıtma tesislerinde, iyi bir düzeyde içme ve kullanma suyu elde edilmesi için koagülasyon ünitesi oldukça önemli bir noktada yer almaktadır ve flokülasyon ünitesi için ön hazırlık kısmıdır. Koagülasyon ünitesinin çalışma prensibi, suda bulunan ve askıda kalan katı parçacıkların birbirleriyle yapışarak daha büyük parçacıklar haline getirilmesi istenmektedir. Bu amaç doğrultusunda koagülant kimyasalları kullanılmaktadır ve genelde alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3$) kimyasalı kullanılır. Koagülant kimyasalı, askıda katı maddelere etki ederek daha büyük partikül haline getirilmesi amaçlanmaktadır. Aynı zamanda koagülasyon ünitesinde pH düzenlenmesi adına kireç kimyasalı kullanılmakta olup, suya eşit dağılması amacıyla hızlı karıştırma ünitesi tercih edilmektedir.

Flokülasyon Havuzları (Yavaş Karıştırma)

Flokülasyon havuzları, koagülasyon ünitesinde koagülant ve pH düzenlemesine tabi tutulan suyun içerisinde oluşan askıdaki katı maddelerin yavaş karıştırması vasıtasıyla birbirlerine yapışıp daha büyük floklar haline getirilerek (yumaklaştırılarak) dibe çöktürülmesi ünitesidir. Bu sayede suyun içerisindeki oluşan katı maddeler sıyrılarak bulanık, renk vb. gibi durumlardan kurtarılması sağlanmaktadır. Suyun yüzeyinde ve üzerinde bulunan floklar, flokülasyon havuzlarının dibinde, yüzeyinde ve içerisinde yer alan sıyrıcılar vasıtasıyla suyun dışarısına atılıp çamur durdurma kısmına gönderilir. Aynı zamanda flokülasyon ünitesinde daha büyük flokların oluşması için bulunan koagülant kimyasalının yanı sıra polielektrolit kimyasalıda deşarj edilmektedir.

Kimya Binası

İçme suyu arıtma tesislerinde bulunması önem arz eden kimya binası ünitesi, kaynak suyu arıtımında kullanılan koagülant kimyasalı olarak alüminyum sülfatın ($Al_2(SO_4)_3$), bakteri vb. arıtımı için Ozonun (O_3), pH düzenlenebilmesi için kireğin, flokülasyon ünitesinde koagülant kimyasalına yardımcı olunması için kullanılan polielektrolitin vb. gibi kimyasalların ve çözeltilerin bulundurulduğu, muhafaza edildiği veya üretildiği kısımdır.

Çamur Battaniyeli Durultucu

Çamur battaniyeli ünitesi, flokülasyon ünitesinden gelen ham suyun bu bölümden geçirilerek suyun içerisinde floklaşmış maddeler ile suyun tamamen ayrılmasının amaçlandığı ünedir. Sudan ayrılan floklar çamur battaniyesini oluşturmaktadır ve kısım kısım sıyrıcılar vasıtasıyla atılmaktadır. Aynı zamanda çamur battaniyesi içeriğinde bir çok kimyasal

tepkimler oluşmakta olup, ancak özellikle demir (Fe) ve mangan (Mn) gibi kimyasalların floklar ile reaksiyonu sonucu su içeriğinden ayrılmasını rahatlatmaktadır.

Hızlı Kum Filtreleri

Dezenfeksiyon ünitesi öncesi son aşama olan hızlı kum filtre bölümü, ham suyun flokülasyon ve çamur battaniyeli durultucu ünitelerinden geçtikten sonra suyun içerisinde kalabilmesi ön görülen flokların ayrılmasını ve ilgili yönetmelik sınır değerlerine uygun içme ve kullanma suları oluşmasını sağlayan önemli bir ünedir. Hızlı kum tutucu filtreler, tesiste birden fazla bulunması gerekmektedir olup, özellikle filtrelerin temizlenmesi ve onarım aşamalarına önemle dikkat edilmelidir. Aynı zamanda, filtrelerin çıkış bölümlerinde debi ölçerler yer almakta olup, ölçümü sonucu suyun geçişini ayarlamak adına vanalar bulunmaktadır.

Dezenfeksiyon Ünitesi (Klor Binası)

Hızlı kum filtrelerinden geçen suyun çıkış aşaması için geldiği son ünite dezenfeksiyon ünitesi (klor binası)'dır. Bu ünite, su yapısında oluşabilecek koku, tat ve zararlı kimyasallar (nitrit, demir, mangan vb.) açısından denetimi gerçekleştirilmek, suyun yapısında kalabilecek hastalık yapıcı bakterilerden kurtulmak ve patojenik etkiyi yok etmek amaçlanmaktadır. Dezenfektan olarak klor ekimyasalı kullanılmaktadır. Kullanılacak klorun dozajlama miktarı, ilgili yönetmeliklerde ve standartlarda belirtilmekte olup, suya deşarj edilen klor miktarı sürekli olarak gözlemlenmesi gerekmektedir ve dezenfeksiyon işleminde kullanılan klorun suya eşit dağılımı yapılması oldukça önem arz etmektedir. Aynı zamanda, İçme suyu arıtma tesislerinde, klor deşarjı için lazım olan 1 adet tank ve 1 adet yedek tank bulundurulması gerekmektedir.

Analizlerde Kullanılan Metodlar

Erzurum İli İçme suyu arıtma tesisine gelen ham suyun giriş suyu verileri ile çıkış suyu verileri, Haziran 2022-Mayıs 2023 tarihleri arasında Erzurum içme suyu arıtma tesisinden temin edilmiştir. Çalışmada 3 fiziksel özellik (bulanıklık, sıcaklık(°C), renk) ve 9 kimyasal özellik (pH, elektriksel iletkenlik(EC), çözünmüş oksijen(ÇO), alüminyum(Al), demir(Fe), mangan(Mn), klorür(Cl⁻), sülfat(SO₄⁻²), sodyum(Na)) olmak üzere toplam 12 adet parametre değerlendirilmiştir. Bahse konu parametrelerin analizleri, tesiste yer alan akredite laboratuvarda ölçümleri gerçekleştirilmekte olup, analizlere ait kullanılan Laboratuvar ölçüm metotları Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. Analizlerde Kullanılan Metotlar

Analizler	Kullanılan Metotlar
Bulanıklık	SM 2130 Metodu
Sıcaklık	SM 2550 Metodu
Renk	SM 2120 Metodu
Ph Tayini	TS EN ISO 10523 Metodu
Elektriksel İletkenlik	TS9748 EN 27888 Metodu
Çözülmüş Oksijen	TS EN ISO 5814
Alüminyum	EPA 200-7 ICP ve TS EN ISO 17294-2 Metotları
Demir	EPA 200-7 ICP ve TS EN ISO 17294-2 Metodu
Mangan	EPA 200-7 ICP ve TS EN ISO 17294-2 Metodu
Klorür	SM 4500 ve TS EN ISO 10304-1 Metodu
Sülfat	TS EN ISO 10304-1 Metodu
Sodyum	TS EN ISO 14911 Metodu

Verilerin Değerlendirilmesi

Tesisten elde edilen veriler; 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Türk Standartları Enstitüsü TS 266 ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü iklim verileri kapsamındaki limit değerler ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Dünya sağlık örgütü ve uluslararası sözleşmeler ile yönetmeliklerden kaynak alınarak hazırlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik standartları, suyun yapısında bulunması gereken mineraller ile bulunmasına izin verilen element ve bileşiklerin sınır değerlerini oluşturmakta olup, tavsiye edilen ve izin verilen değerler Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliğe Göre Kimyasal Parametreler

Parametre	Parametrik değer	Birim	Notlar
C ₃ H ₅ NO	0,1	µg/l	
Sb	5	µg/l	
As	10	µg/l	
C ₆ H ₆	1	µg/l	
C ₂₀ H ₁₂	0,01	µg/l	
B	1	mg/l	
BrO ₃ ⁻	10	µg/l	
Cd	5	µg/l	
Cr	50	µg/l	
Cu	2	mg/l	
Cn ⁻	50	µg/l	
C ₂ H ₄ Cl ₂	3	µg/l	
C ₃ H ₅ ClO	0,1	µg/l	
F	1,5	mg/l	
Pb	10	µg/l	
Hg	1	µg/l	
Ni	20	µg/l	
NO ₃ ⁻	50	mg/l	
NO ₂ ⁻	0,5	mg/l	
Pestisitler	0,1	µg/l	
Toplam pestisitler	0,5	µg/l	
PAH'lar	0,1	µg/l	
Se	10	µg/l	
C ₂ Cl ₄ ve C ₂ HCl ₃	10	µg/l	
THM'ler	100	µg/l	
C ₂ H ₃ Cl	0,5	µg/l	

Parametre	Parametrik Değer	Birim	Notlar
Al	200	µg/l	
NH ₄ ⁺	0,5	mg/l	
Cl ⁻	250	mg/l	
C. perfringens (sporlular dahil)	0	sayı/100 ml	
Pt-Co	Kullanıcılarca değerlendirilebilir ve herhangi değişim bulunmamaktadır		
EC	2500	20°C’de µS/cm ⁻¹	
pH	≤ 9,5-6,5≤	pH birimleri	
Fe	200	µg/l	
Mn	50	µg/l	
Koku	Kullanıcılarca değerlendirilebilir ve herhangi değişim bulunmamaktadır		
Oksitlenebilirlik	5	mg/l O ₂	
SO ₄ ²⁻	250	mg/l	
Na	200	mg/l	
Tat	Kullanıcılarca değerlendirilebilir		
22°C’de koloni sayımı	Herhangi değişim bulunmamaktadır		
Koliform bakteri	0	Sayı/100 ml	
Toplam Organik Karbon (TOC)	Herhangi değişim bulunmamaktadır		
Bulanıklık	Herhangi değişim bulunmamaktadır		

Türkiye’de içme suyu arıtma tesislerinden çıkan suyun hangi aralıklarda olmasının karar verildiği kurum TSE’dir. Bu amaçla, Türk Standartları Enstitüsü tarafından çıkartılan TS 266 standartları, çıkış suyuna ait sınır değerler ile tavsiye aralığını, nitelikleri hakkında açıklamalar, araştırma amaçlı örnek alma yöntemleri ve üretilen suyun satış ve pazarlama kriterlerini belirlemektedir. TS 266 standartlarına göre içme ve kullanma suyu: “kaynak su veya arıtma sonucu ortaya çıkan çıkış suyunun belirtilen sınır değer kriterleri karşılaması, insani amaçlı

“içme, gıdaları tüketmek veya hazırlama amaçlı kullanma nedeniyle tüketime uygun sulardır” şeklinde tanımlanmakta olup, TS 266 standartları Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5. TS 266 İçme Suyu Kalite Parametreleri

PARAMETRE	BİRİM	TAVSİYE EDİLEN DEĞER	İZİN VERİLEN MAKS. DEĞER
Organoleptik Parametreler			
Görünüm		Berrak-Renksiz	
Koku		Kokusuz	
FİZİKO-KİMYASAL PARAMETRELER			
SICAKLIK	°C	12	25
pH		6,5<pH<8,5	6,5<pH<9,2
Renk	Pt-Co	1	20
Bulanıklık	NTU	5	25
Elektriksel İletkenlik	μs/cm	400	2000
Cl ⁻	mg/l	25	600
Cl	mg/l	0,1	0,5
SO ₄ ²⁻	mg/l	25	250
Ca	mg/l	100	200
Mg	mg/l	30	50
Sertlik	mg/l		50
Na	mg/l	20	175
K	mg/l	10	12
Al	mg/l	0,05	0,2
TDS	mg/l		1500

NO ₃ ⁻	mg/l	25	50
NO ₂ ⁻	mg/l		0,1
NH ₄ ⁺	mg/l	0,05	0,5
Kjeldahl Azotu	mg/l		1
B	µg/l	1000	2000
Fe	µg/l	50	200
Mn	µg/l	20	50
Cu	µg/l	100	3000
Zn	µg/l	100	5000
P	µg/l	400	5000
F ⁻	µg/l		1500
Ba	µg/l	100	300
Ag	µg/l		10
Toksik Maddeler			
As	µg/l		50
Cd	µg/l		5
Cn ⁻	µg/l		50
Cr	µg/l		50
Hg	µg/l		1
Ni	µg/l		50
Pb	µg/l		50
Sb	µg/l		10
Se	µg/l		10
Mikrobiyolojik Parametreler			
Toplam Koliform	ad/100 ml		0
Toplam bakteri	ad/ml	100	500
Radyoaktivite			
Alfa aktivitesi	Bq/l	0,037	0,037
Beta aktivitesi	Bq/l	0,37	0,37

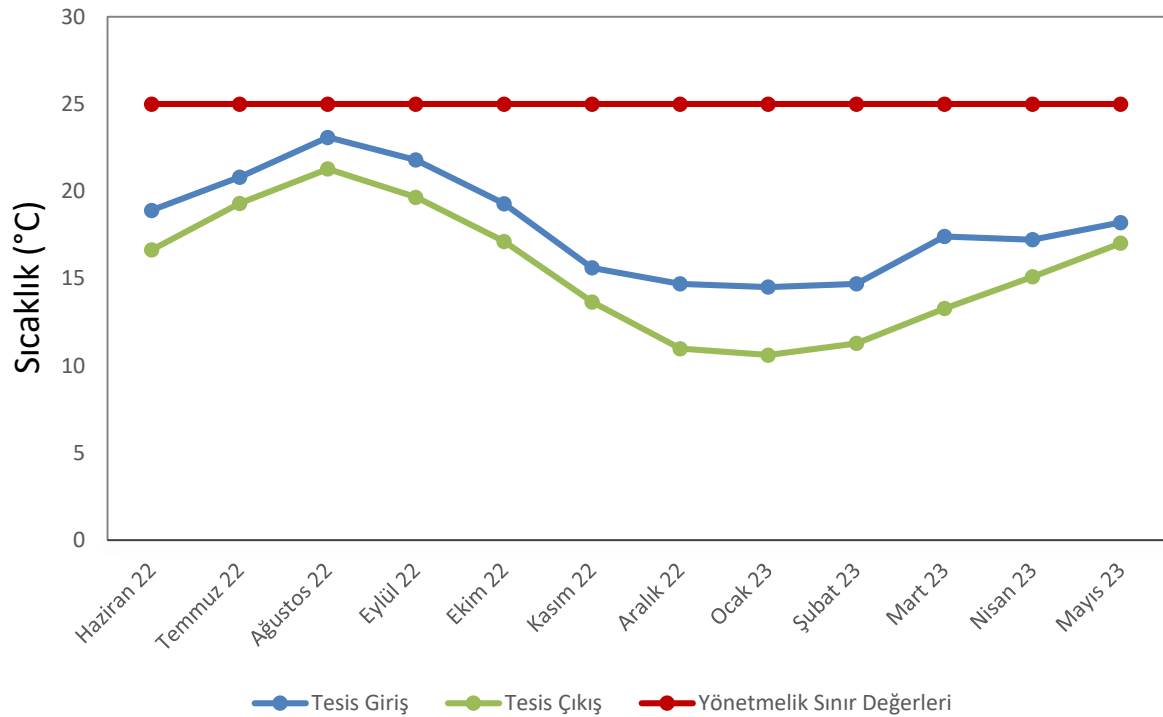
ARAŞTIRMA, BULGULAR VE TARTIŞMA

İçme Suyu Fiziksel Özelliklerine İlişkin Değerlendirme

Bu bölümde, kaynağını Palandöken Barajı'ndan alan ham su ile arıtma sonrası alıcı ortama verilen çıkış suyunun fiziksel özellikleri araştırılmış olup, sıcaklık, renk ve bulanıklık parametreleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik sınır değerleri ile TS 266 standartlarına göre aşağıdaki bölümlerde karşılaştırılmıştır.

Sıcaklık Değerlendirmesi

İçme sularında sıcaklık, sudaki birçok kimyasal, fiziksel ve biyolojik unsurları etkileyen önemli parametrelerden biridir. Sıcaklığın artması birçok etkeni tetiklemekte olup, sıcak sularda bakterilerin ve yosunların büyümesi, soğuk suya göre daha hızlıdır ve reaksiyon hızı daha fazla çözülmüş oksijen tüketimine neden olarak sudaki canlı yaşamını zorlaştırmaktadır. Söz konusu yönetmelik standartlarına göre suyun tavsiye edilen sıcaklık değeri 12-25°C iken sınır değeri olarak 25°C olarak belirtilmiştir. Arıtma tesisinde ölçülen giriş suyu ve çıkış suyu sıcaklık verileri Şekil 7'de yer almaktadır.



Şekil 7. Sıcaklık verilerinin aylara göre değişimi

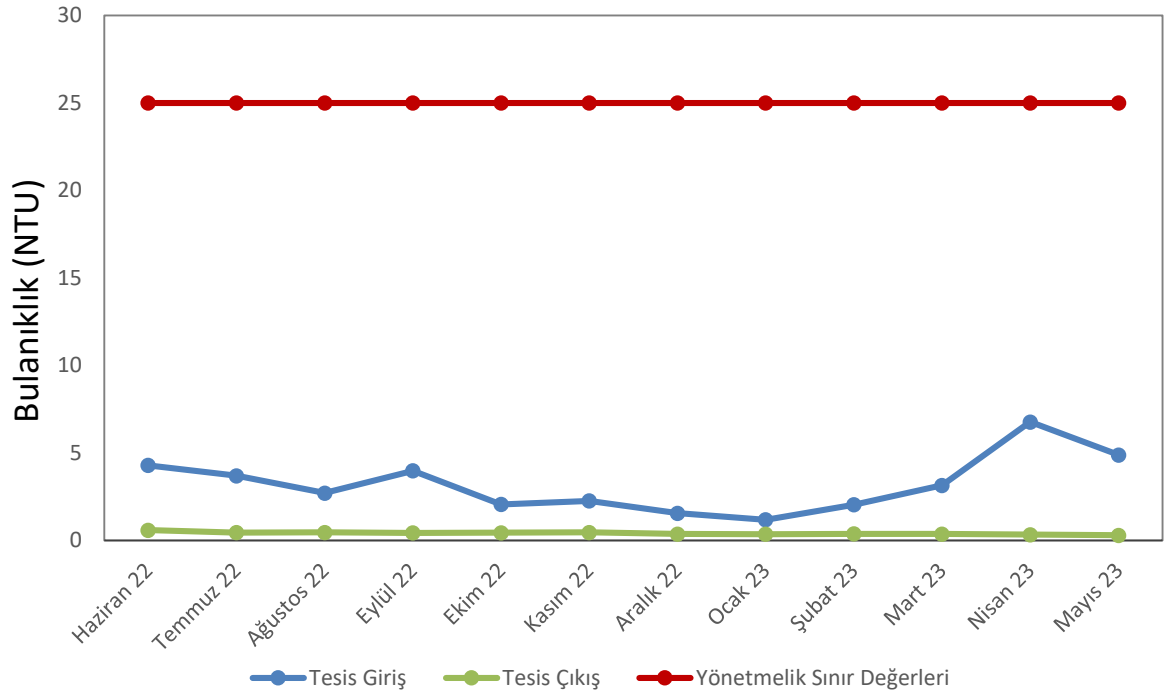
Şekil 7'de sıcaklık grafiğinden görüldüğü üzere, Haziran ayında suyun giriş sıcaklığının 18,91°C ölçülürken alıcı ortama verilen çıkış suyu sıcaklığı 16,64°C ölçülmüştür. Yaz mevsimi olmasından dolayı Haziran ayından Ağustos ayına kadar giriş ve çıkış suyu sıcaklık değerleri

düzenli olarak artış göstermiş olup, Ağustos ayında giriş ve çıkış sularında en yüksek sıcaklık ölçülmüştür. Ağustos ayı sonrası bölgenin iklim şartları doğrultusunda sıcaklık verilerinde düzenli bir düşüş gözlemlenmiş olup, Aralık ayı giriş suyu sıcaklığı 14,70°C iken çıkış suyu sıcaklığı 10,98°C olarak ölçülmüştür. Ocak ayı tesise giriş suyu sıcaklığı 14,51°C iken çıkış suyu sıcaklığı 10,61°C olarak ölçülmüş olup, Erzurum ilinin coğrafi konumu ve iklim şartları nedeniyle Ocak ayında en düşük giriş ve çıkış su sıcaklıkları ölçülmüştür. Ocak ayı itibariyle sıcaklık verileri, mevsim şartları doğrultusunda yükselmeye başlamış olup, Mayıs ayı giriş suyu sıcaklık değeri 18,21°C, çıkış suyu sıcaklık değeri 17,03°C kadar yükselmiştir.

Söz konusu grafik incelendiğinde, 2023-2024 yılları arasında kış ayı sıcaklık ortalaması yaklaşık -7,5°C iken, yıllık sıcaklık ortalaması yaklaşık 6°C'dir. Palandöken Barajı'ndan gelen kaynak suyunun borulardan gelerek sürtünmeye maruz kalması, iletim hattının toprak altında olması ve arıtma tesisinde uygulanan işlemler doğrultusunda yıllık sıcaklık ortalamalarının üstünde ölçümler gerçekleşmiştir. İlgili yönetmelik sınır değerlerine göre su sıcaklığının tavsiye edilen aralığı 12-25°C olarak gösterilmektedir. Bu kapsamda, grafikte görüldüğü üzere sadece kış mevsimi olan Aralık, Ocak ve Şubat aylarında su sıcaklığı tavsiye edilen sıcaklık aralığının altında görülmektedir. Ancak, söz konusu yönetmelik kapsamında ölçülen sıcaklık verilerinin üst sınır değer 25°C yi aşmamasından dolayı su kalitesi uygun olarak değerlendirilmiştir.

Bulanıklık Değerlendirmesi

İçme sularında bulanıklık, suda süspanse (asılı) halde bulunan maddelerin miktarını belirtir. Kil, organik maddeler gibi pek çok madde suda asılı durabilir. Suyun içerisinde asılı duran askıda katı maddeler, suyun içinden geçen ışığı engeller ve suyun bulanık görünmesine neden olmaktadır. Bulanık görünen su, içme suyunun tadını olumsuz etkilediği gibi suyun filtre ve dezenfekte edilebilirliğini de azaltmaktadır. İlgili yönetmelik standartlarına göre suyun bulanıklık seviyesi için tavsiye edilen değer aralığı 5-25 NTU iken üst sınır değeri 25 NTU olarak belirlenmiş olup, veriler doğrultusunda elde edilen grafik Şekil 8'de gösterilmiştir.



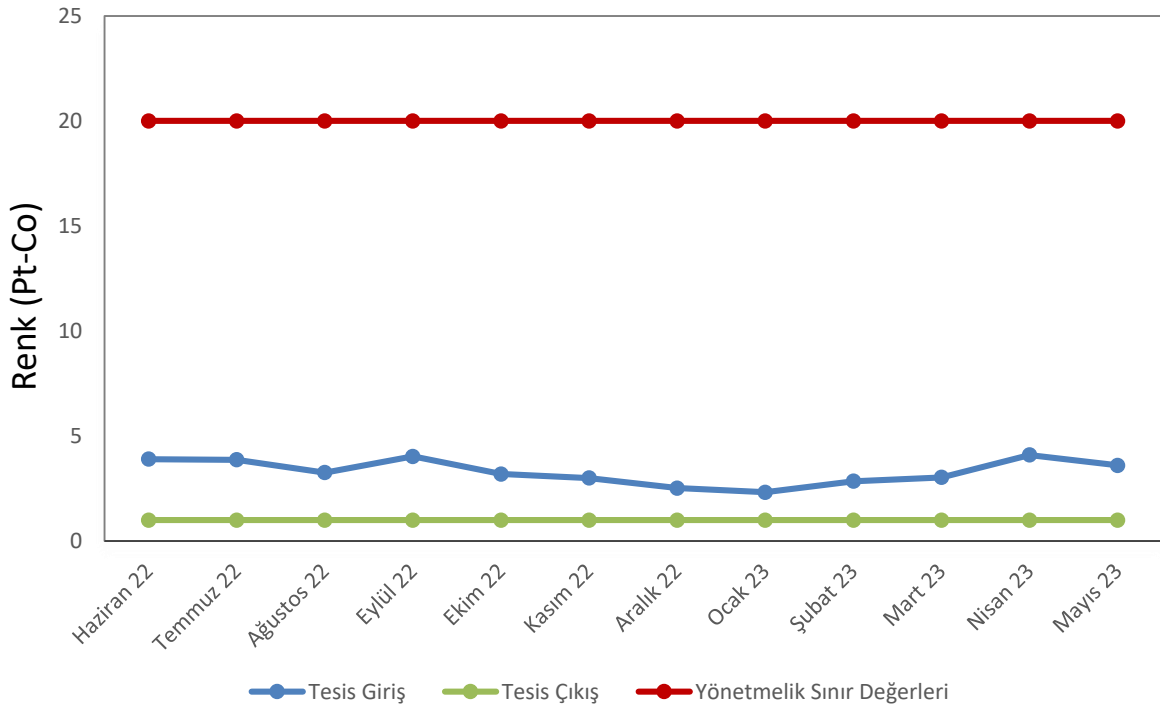
Şekil 8. Bulanıklık verilerinin aylara göre değişimi

Şekil 8’de yer alan bulanıklık grafiğinin incelenmesi sonucunda, Haziran ayında ölçülen giriş değeri 4,29 NTU iken arıtma çıkışı 0,59 NTU olarak ölçülmüştür. Arıtılmış çıkış suyu bulanıklık ölçümleri, yıl boyunca birbirine paralellik göstererek 0-1 NTU aralığında olduğu görülmüş olup, Mayıs ayı çıkış suyu verisi 0,3 NTU olarak ölçülmüştür. ait ham su bulanıklık değerleri yaz mevsimi boyunca düşüş göstermiş ve Ağustos ayı tesis giriş suyu bulanıklık değeri 2,71 NTU olarak görülmüştür. Ağustos ayından itibaren Mart ayına kadar sabit bir eğilim gösteren veriler, Nisan ayında artış göstermiş ve 6,77 NTU değerine kadar yükselmiş olup en yüksek giriş değeri olarak belirlenmiştir. Mayıs ayı çıkış suyu bulanıklık değeri ise 4,89 NTU’dur.

Yönetmelikte belirtilen maksimum bulanıklık verisi Şekil 8’de gösterilmiştir. Özellikle giriş suyunda görülen bulanıklık verilerinin dalgalı olması, kış mevsiminde yağan karlar ve karların erime dönemleri ile dönemsel yaz yağışlarından kaynaklandığı şeklinde değerlendirilmektedir. Aynı zamanda, grafikte giriş suyu bulanıklık verilerinin çıkış suyu bulanıklık verilerinden her zaman daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, tesisin bulanıklık giderimi açısından oldukça yüksek bir verime sahip olduğunu göstermektedir. İlgili yönetmelikte suda bulanıklık parametresi için tavsiye edilen sınır değer aralığı 5-25 NTU olarak belirtilmektedir. Bu kapsamda, bulanıklık verilerinin tavsiye edilen aralıkta olmadığı ancak üst sınır olan 25 NTU değerini aşmadığı için su kalitesi açısından uygun olarak değerlendirilmiştir.

Renk Değerlendirmesi

Suyun renk bileşenini, çözünmüş halde bulunan organik maddeler, demir, mangan ve diğer ağır metaller oluşturmaktadır. Özellikle kaynak sularında ve içme-kullanma sularında renk, oldukça önemli bir özellik olup, yapısında renkli ve partikül maddeler içermemesi önem arz etmektedir. İçme suyunda renk, bulanıklık ile doğru orantılı olup, bulanıklığın giderilmesi durumunda suda renk ölçümleri yapılabilmektedir. İlgili yönetmelik standartlarına göre suda renk parametresi için tavsiye edilen değer aralığı 1-20 Pt-Co olarak belirlenmiş olup, veriler doğrultusunda elde edilen grafik Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9. Renk verilerinin aylara göre değişimi

Şekil 9’da yer alan renk grafiğinin incelenmesi sonucunda, arıtılmış çıkış suyuna ait renk verileri yıl boyunca standartlara uygun olup, 1 Pt-Co değerinde ölçülmüştür. Barajdan gelen kaynak suyunda, renk verilerinde dalgalı bir ilerleme olup analizin başladığı Haziran ayından Eylül ayına kadar düşüş gözlemlenmiştir. Eylül ayından itibaren Ocak ayına kadar sabit bir düşüşle devam eden veriler, Ocak ayından Nisan ayında kadar tekrardan artış göstermiş ve Nisan ayı giriş suyu renk verisi 4,1 Pt-Co olarak ölçülerek, renk ölçümü açısından en yüksek değer olarak tespit edilmiştir.

Yönetmelikte belirtilen üst sınır renk verisi Şekil 9’da gösterilmiştir. İçme sularında renk parametresi ile bulanıklık parametresi doğru orantılıdır. Bu kapsamda renk parametresinin, kış mevsiminde yağan karlar ve karların erime dönemleri ile dönemsel yaz yağışlarından etkilendiği düşünülmektedir. Aynı zamanda, grafikte giriş suyu renk verilerinin çıkış suyu renk

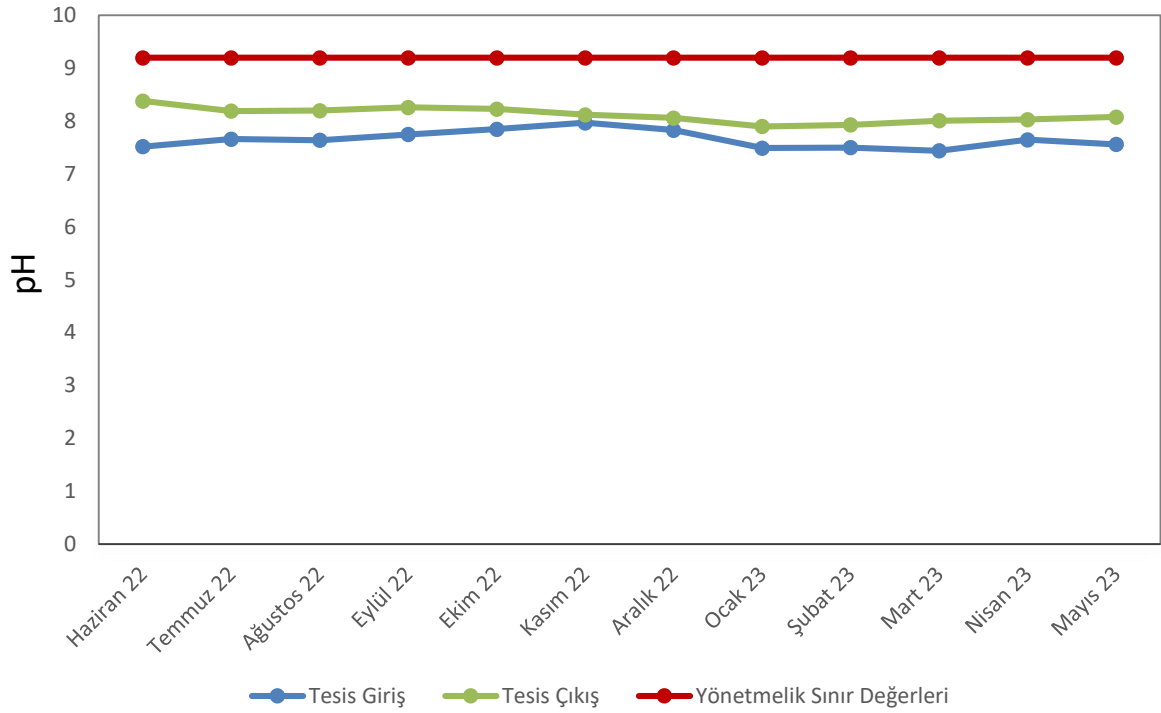
verilerinden her zaman daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, tesisin renk giderimi açısından oldukça yüksek bir verime sahip olduğunu göstermektedir. İlgili yönetmelikte sudaki renk parametresi için tavsiye edilen sınır değer aralığı 1-20 Pt-Co olarak belirtilmektedir. Bu kapsamda renk verilerinin, tavsiye edilen aralıkta olduğu ve üst sınır olan 20 Pt-Co sınır değerini aşmadığından dolayı su kalitesi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

İçme Suyu Kimyasal Özelliklerine İlişkin Değerlendirme

Bu bölümde, kaynağını Palandöken Barajı'ndan alan ham su ile arıtma sonrası alıcı ortama verilen çıkış suyunun kimyasal özelliklerini oluşturan pH, elektriksel iletkenlik, demir, çözünmüş oksijen, klorür, alüminyum, sodyum, mangan ve sülfat parametreleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik sınır değerleri ile TS 266 standartları ile aşağıdaki bölümlerde karşılaştırılmıştır.

pH Değerlendirmesi

İçme sularında pH, suların asidik, bazik, nötr durumlarını gösterir ve 0-14 arasında bir değeriğe sahiptir. pH'si 7'nin altında olan sular asidik, 7'nin üstünde olan sular ise bazik özellik göstermektedir. Asidik sular, aşındırıcılık ve korozyon gibi etkilere sahip olmakta ve borulardaki birtakım zehirli metalleri çözebilmektedir. Bu durum insan sağlığı açısından büyük risk oluşturmaktadır. İçme sularında yüksek baziklik durumu, suyun tadını kötü yönde etkilediği gibi kayganlık hissi de verebilmektedir. Ancak, içme sularının asidik olması yerine az da olsa bazik özellik göstermesi gerekmektedir. İçme sularında pH verileri için yönetmelik standartlarında tavsiye edilen aralık $6,5 < \text{pH} < 8,5$ olarak belirtilmiş iken sınır değer $6,5 < \text{pH} < 9,2$ olarak belirtilmiştir. Su numunelerinin analizlerinden elde edilen pH verileriyle oluşturulan grafik Şekil 10'da gösterilmiştir.

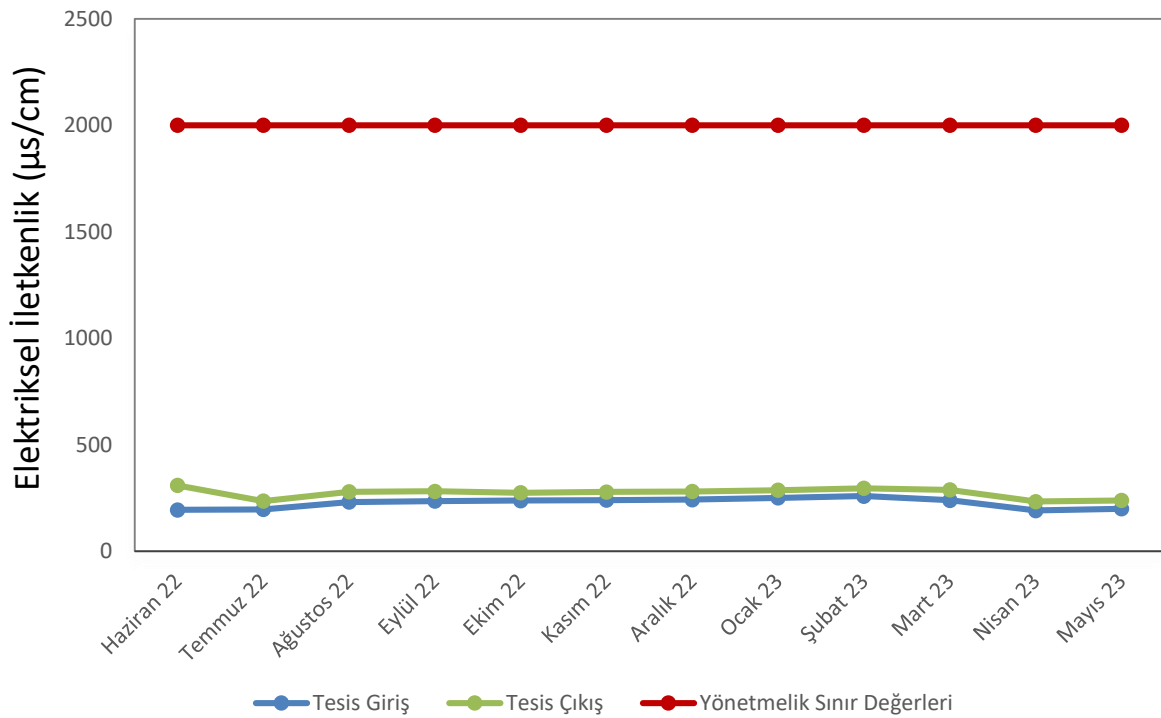


Şekil 10. pH verilerinin aylara göre değişimi

Şekil 10’da yer alan pH grafiği incelendiğinde, Haziran ayında alıcı ortama verilen çıkış suyunun pH değeri 8,38 olarak ölçülmüş ve analiz yapılan aylar arasında en yüksek değer olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni özellikle yaz aylarında yüksek fotosentez olmasından dolayı karbondioksit tüketimi olarak düşünülmektedir. Giriş pH değerleri Kasım ayına kadar hafif şekilde sürekli yükselirken çıkış pH değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Giriş ve çıkış değerlerinin en yakın olduğu Kasım ayında pH giriş suyu değeri 7,97 iken çıkış suyu pH değeri 8,12 olarak ölçülmüştür. Arıtılmış su için Kasım ayından Ocak ayına kadar pH değerlerinin düştüğü, Ocak ayından Mayıs ayına kadar tekrardan yükseliş gösterdiği gözlemlenmiş olup, Mayıs ayı için giriş suyu pH değeri 7,56, çıkış suyu pH değeri 8,08 olarak ölçülmüştür. Yıl bazında çıkış suyu pH değerlerinin giriş suyu pH değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, tesise gelen kaynak suyu üzerinde pH değerinin yükseldiğini göstermektedir. Aynı zamanda çıkış suyu açısından Ocak ve Şubat ayları hariç analiz yapılan tüm aylarda pH 8’in üstünde ölçülmüştür. Bu durum, özellikle kış aylarında kar ve yağmur yağışlarının kaynak suyuna karışması sonucu suyun pH değerini düşürmesiyle açıklanabilir. İlgili yönetmelikte suyun pH değeri için tavsiye edilen sınır değerler aralığı $6,5 < \text{pH} < 8,5$ olarak belirtilmektedir. Bu kapsamda pH verileri, tavsiye edilen aralıkta olduğu ve üst sınır olan 9,2 değerini aşmadığından dolayı su kalitesi açısından uygun olarak değerlendirilmiştir.

Elektriksel İletkenlik Değerlendirmesi

Su, iletkenlik özelliği bulunan kimyasal bir bileşiktir ve iletkenlik değeri suda çözülmüş halde bulunan iyonların toplam ve bağıl konsantrasyonlarına, hareketliliklerine, değerliklerine ve ölçüm sıcaklıklarına bağlıdır. Bir suyun iletkenlik analizi, suların değişik kökenli ve farklı kalitede sular olup olmadığı ile suyun kirlilik seviyesi hakkında bilgi vermektedir. Elektriksel iletkenliğin, ilgili yönetmelik standartlarına göre suda tavsiye edilen değer aralığı 400-2000 $\mu\text{S/cm}$ ve üst sınır değeri ise 2000 $\mu\text{S/cm}$ olarak belirlenmiştir. Su numunelerinde gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen elektriksel iletkenlik verilerine ait grafik Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 11. Elektriksel iletkenlik verilerinin aylara göre değişimi

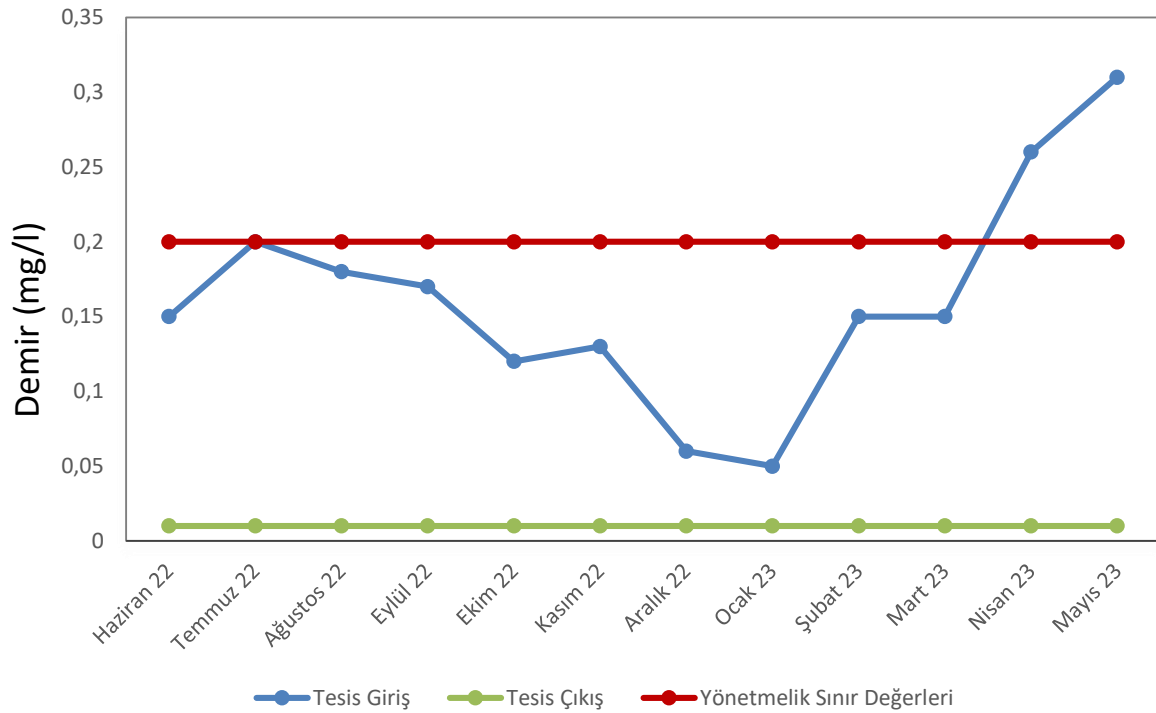
Şekil 11’de yer alan elektriksel iletkenlik grafiği incelendiğinde, Haziran ayında ölçülen giriş suyu değeri 193,77 $\mu\text{S/cm}$ iken çıkış suyu değeri 309,1 $\mu\text{S/cm}$ olarak ölçülmüştür. Temmuz ayı çıkış suyu değeri 235,14 $\mu\text{S/cm}$ olarak ölçülmüş ve Haziran ayına göre düşüş göstermiş olup, giriş suyu değerinde ise yükselme görülmüştür. Ağustos ayında çıkış suyunda elektriksel iletkenlik yükselmiş ve 278,97 $\mu\text{S/cm}$ olarak ölçülmüştür. Ağustos ayından Mayıs ayına kadar küçük farklılıklarla değerler değişmiş olup, Mayıs ayı giriş suyu elektriksel iletkenlik değeri 198,90 $\mu\text{S/cm}$ ve çıkış suyu değeri 237,83 $\mu\text{S/cm}$ olarak ölçülmüştür. Grafik genel anlamında değerlendirildiğinde; yıl bazında çıkış suyu değerlerinin giriş suyu değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, tesise gelen kaynak suyunda elektriksel iletkenlik değerinin yükseldiğini göstermektedir. Aynı zamanda elektriksel iletkenlik değerlerinin çıkış suyunda yükselmesi, kaynak suyunda bulunan sodyum, potasyum, alüminyum, kükürt vb. ağır

metallerin giderilmesi için kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanabileceği şeklinde değerlendirilmektedir.

Yönetmelikte belirtilen elektriksel iletkenlik üst sınır değeri Şekil 11’de gösterilmiştir. İlgili yönetmelikte, sularda elektriksel iletkenlik parametresi için tavsiye edilen sınır değer aralığı 400-2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ olarak belirtilmektedir. Bu kapsamda, elektriksel iletkenlik değerlerinin tavsiye edilen aralıkta olmadığı, ancak maksimum 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ sınır değerini aşmadığından dolayı su kalitesi uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Demir Değerlendirmesi

Demir elementi, yerkürede en çok bulunan madenlerden biri olduğu gibi doğal su içerisinde de yer alabilen bir elementtir. Demir elementi suyun rengine etki etmektedir ve paslı bulanık bir görüntü verdiği gibi aynı zamanda da suya metalik bir tat vermektedir. İlgili Yönetmelik standartlarına göre suda demir elementi için suyun tavsiye edilen değer aralığı 0,05-0,2 mg/l iken sınır değeri ise 0,2 mg/l olarak belirlenmiştir. Su numunelerinde gerçekleştirilen analizlerden elde edilen demir grafiği Şekil 12’de gösterilmiştir.



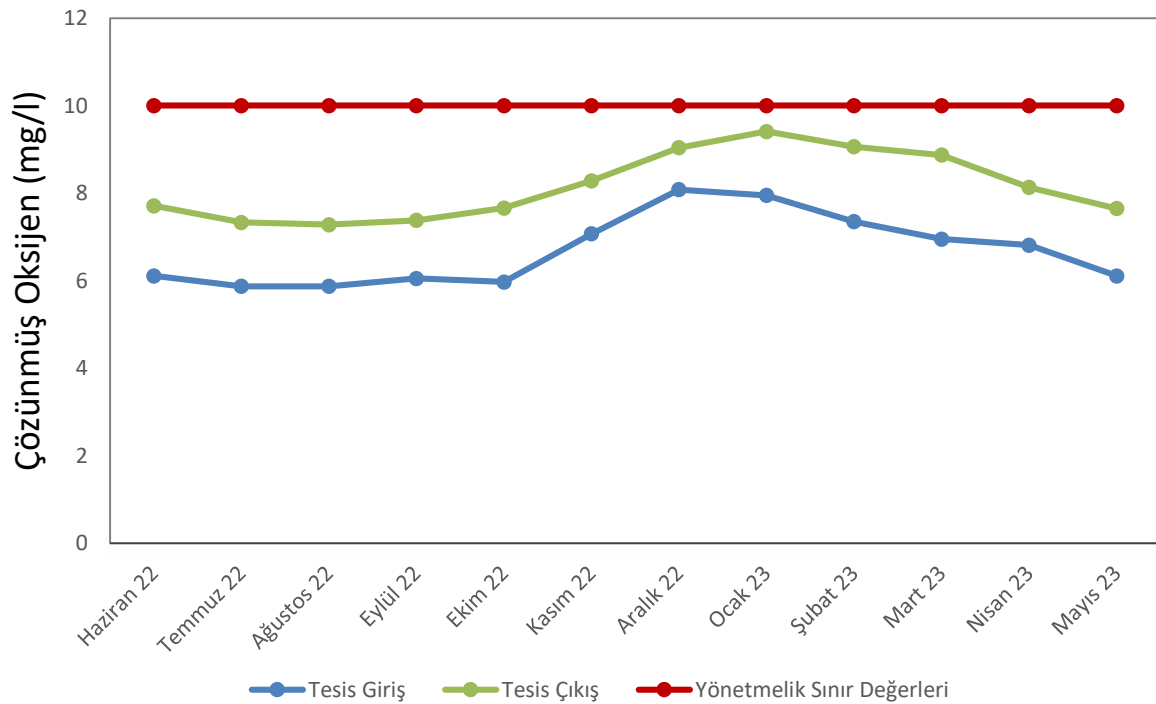
Şekil 12. Demir verilerinin aylara göre değişimi

Şekil 12’de yer alan grafik incelendiğinde, alıcı ortama verilen tesis çıkış suyunun demir değerlerinin yıl boyunca sabit olduğu görülmektedir. Haziran ayında ölçülen giriş suyu değeri 0,15 mg/l’ten çıkış suyu değeri 0,01 mg/l’ten olarak ölçülmüştür. Temmuz ayından Ocak ayına kadar giriş suyu demir değerlerinde kısmen düşüşler yaşanmış olup, Ocak ayı giriş suyu demir konsantrasyonu 0,05 mg/l olarak ölçülmüştür. Şubat ve Mart aylarında giriş suyu demir

değerleri sabit olmakla birlikte genel olarak Ocak ayından Mayıs ayına kadar yükselen bir eğilim göstermekte olup Mayıs ayında demir konsantrasyonu 0,31 mg/l'te ulaşmıştır. Grafik genel anlamında değerlendirildiğinde; yıl bazında demir konsantrasyonunun giriş suyunda çıkış suyundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, tesise gelen kaynak suyunda demir artırımının oldukça yüksek bir verimle gerçekleştiğini göstermektedir. Kaynak suyu demir değerlerindeki mevsimsel dalgalanmalara yağışların nedeni olduğu düşünülmektedir. İlkbahar mevsiminde artan yağmur yağışları ile demir miktarının yükseldiği, yaz ve sonbahar mevsimlerinde düştüğü ve kış mevsiminde ise kar yağışları nedeniyle en düşük demir değeri gözlenmiştir. Yönetmelikte demir için belirtilen üst sınır değer 0,2 mg/l olup Şekil 12'de gösterilmiştir. İlgili yönetmelikte suda bulunan demir parametresinin tavsiye edilen sınır değeri aralığı 0,05-0,2 mg/l olarak belirtilmektedir. Bu kapsamda tesis çıkış suyu, demir verilerinin tavsiye edilen aralıkta olmadığı ancak üst sınır olan 0,2 mg/l değerini aşmadığı için su kalitesi yönünden uygun olarak değerlendirilmiştir.

Çözünmüş Oksijen Değerlendirmesi

Çözünmüş oksijen, su içindeki çözünmüş halde bulunan oksijen miktarını belirtmektedir ve su kirliliği açısından oldukça önemli bir parametredir. Su yapısında yer alan oksijen miktarı, atmosfer basıncına, su sıcaklığına, suya oksijen sağlayan organizmalara ve suda yer alan minerallere bağlıdır. Su numunelerinde gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen çözünmüş oksijen grafiği Şekil 13'te gösterilmiştir.

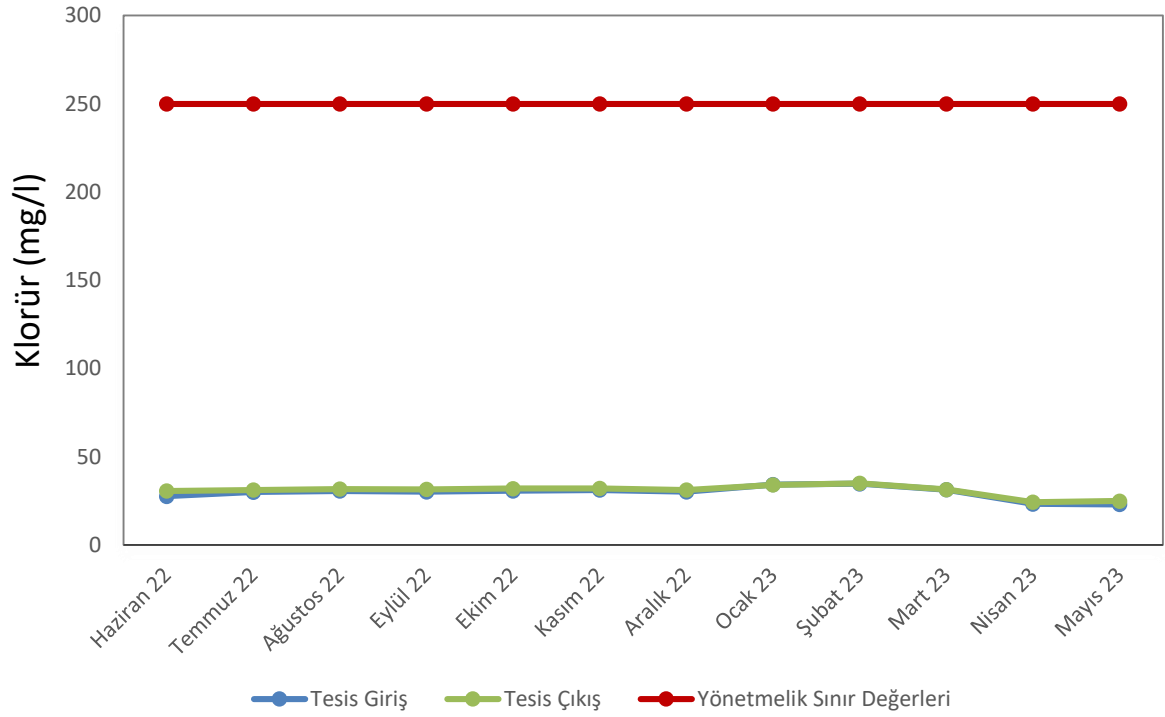


Şekil 13. Çözünmüş oksijen verilerinin aylara göre değişimi

Şekil 13'te yer alan grafikten görüldüğü üzere, Haziran ayında Ç.O. konsantrasyonu giriş suyunda 6,11 mg/l, çıkış suyunda 7,71 mg/l olarak ölçülmüştür. Yıl bazında çıkış değerlerinin giriş değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, tesiste kaynak suyu sıcaklığının düşmesi ve yeterli havalandırma yapılması ile açıklanabilmektedir. Özellikle sıcaklığın yükseldiği ilkbahar ve yaz mevsimlerinde suda oksijen miktarında düşüş, sıcaklığın düştüğü sonbahar ve kış mevsimlerinde ise oksijen miktarında yükselmeler görülmektedir. En yüksek giriş ve çıkış suyu Ç.O. konsantrasyonu Ocak ayında olup, giriş suyu değeri 8,11 mg/l, çıkış suyu değeri ise 9,41 mg/l olarak ölçülmüştür. İçme ve kullanma sularında çözünmüş oksijenin yüksek olması tercih edilmektedir. Ancak, söz konusu İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve TS 266 standartları incelendiğinde, çözünmüş oksijenle ilgili herhangi bir sınırlandırıcı ifade ve sınırlandırıcı veri bulunmamaktadır. Bu kapsamda, Şekil 13'te gösterilen üst sınır değeri uluslararası standartlardan alınmış olup, ölçümü gerçekleştirilen suyun, 1-10 mg/l olan alt ve üst Ç.O. sınır değerlerini sağlamasından dolayı su kalitesinin uygun olduğu kabul edilmiştir.

Klorür Değerlendirmesi

Kaynak sularının yapısında doğal halde bulunan ve klor elementinin yükseltgenmesiyle oluşan klorür elementi, özellikle içme ve kullanma sularına evsel ve endüstriyel deşarj yoluyla karışmaktadır. Klorür elementinin fazlalığı, içme sularında yüksek aşındırıcılık, suların tadında bozulma ve tuzluluk hissi oluşturmaktadır. İlgili yönetmelik standartlarında suda bulunan klorür elementi için tavsiye edilen bir aralık bulunmamakla birlikte üst sınır değeri 250 mg/l olarak belirtilmektedir. Su numunelerinde gerçekleştirilen klorür analizlerinin sonuçlarından elde edilen grafik Şekil 14'te gösterilmiştir.



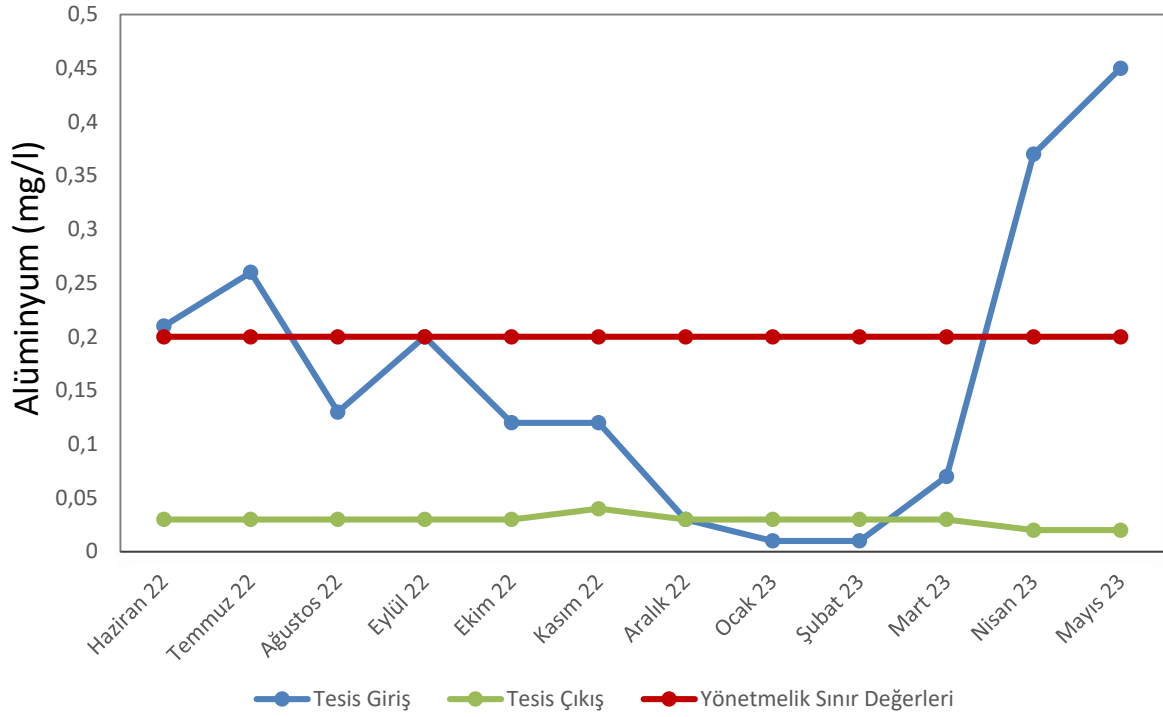
Şekil 14. Klorür verilerinin aylara göre değişimi

Şekil 14'te yer alan klorür grafiğinde, tesise ait giriş ve çıkış suyu klorür değerlerinin yıl boyunca birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu durum, tesisin kaynağını aldığı barajdan gelen sudan herhangi bir klorür giderimi yapılmadığı sonucunu göstermektedir. Haziran ayında ölçülen giriş değeri 27,65 mg/l'te iken çıkış değeri 30,61 mg/l'te olarak ölçülmüştür. Aralık ayına kadar yaklaşık sabit kalan değerler kış mevsimi dolayısıyla biraz yükselme eğilimi göstermiş olsa da ilkbahar mevsiminde sıcaklıkların yükselmesi ile tekrardan düşüş göstermiştir. Tesise ait Mayıs ayı giriş suyu klorür konsantrasyonu 23,01 mg/l'te, çıkış suyu klorür konsantrasyonu 24,91 mg/l'te olarak ölçülmüştür. Yıl boyunca çıkış suyu değerlerinin giriş suyu değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür. Giriş suyu için ölçülen değerlerin çıkış suyu değerlerinden az olması, su arıtımı için kullanılan kimyasalların klorür miktarını yükselttiği şeklinde yorumlanmıştır. İlgili yönetmelik kapsamında, suda bulunması gereken klorür miktarı için üst sınır değeri 250 mg/l'te belirtilmektedir. Gerçekleştirilen klorür analizlerine ait sonuçlar, sınır değeri aşmadığı için su kalitesinin uygun olduğu görülmüştür.

Alüminyum Değerlendirmesi

Alüminyum, yer kabuğunda en fazla bulunan elementlerden biri olmasına rağmen suyun yapısında az miktarda bulunmaktadır. Alüminyum elementi, sularda fazla miktarda olması durumunda mavimsi renk verir. Yüksek miktarda kullanımı sonucu insan vücudunda, böbreklerde tahribat yarattığı gibi alzheimer hastalığına ve nörolojik rahatsızlıklara da sebep

olabilmektedir. Aynı zamanda alüminyum tuzları, içme suyu arıtma tesislerinde rengin ve bulanıklığın giderilmesi için koagülant (çöktürücü) olarak kullanılmaktadır. İlgili yönetmelik standartlarına göre suda bulunan alüminyum elementi için tavsiye edilen değer aralığı 0,05-0,2 mg/l'ten üst sınır değeri 0,2 mg/l'te belirtilmektedir. Su numunelerinde gerçekleştirilen analizlerden elde edilen sonuçlara ait grafik Şekil 15'te gösterilmiştir.



Şekil 15. Alüminyum verilerinin aylara göre değişimi

Şekil 15'te yer alan grafik incelendiğinde, çıkış suyu alüminyum değerlerinin yıl boyunca yaklaşık 0,03 mg/l ile sabit olduğu görülmektedir. Ancak giriş suyu alüminyum değerlerinde dalgalanmalar görülmekte olup, alüminyum elementinin kayaç ve toprakta doğal halde bulunması ve bölgenin her mevsimde yağış alması sebebiyle bu durumun meydana geldiği düşünülmektedir. Özellikle kış mevsiminde giriş suyu alüminyum değerlerinin çıkış suyundan daha az olmasının sebebi kar yağışları olarak değerlendirilebilir. Aynı zamanda grafik yıl bazında değerlendirildiğinde, genel olarak giriş değerlerinin çıkış değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum tesiste, gelen kaynak suyunda alüminyum arıtımının gerçekleştiğini ve oldukça yüksek bir arıtma veriminin sağlandığını göstermektedir. İlgili yönetmelikte, suda bulunan alüminyum parametresi için tavsiye edilen sınır değer aralığı 0,05-0,2 mg/l'te belirtilmektedir. Bu kapsamda çıkış suyu, alüminyum değerlerinin tavsiye edilen aralıkta olmadığı ancak 0,2 mg/l üst sınır değerini aşmadığı için su kalitesi yönünden uygun olarak değerlendirilmiştir.

Sodyum Değerlendirmesi

Sodyum, yumuşak ve kaygan bir metal olup yer kabuğunda en çok bulunan elementlerdendir. Bu nedenle doğal sularda sodyuma çok sık rastlanır. Sodyum, insan vücudunda makul seviyede sinir ve kas sistemine yardımcı olurken kan basıncının dengelenmesin de görev alır. İlgili yönetmelik standartlarına göre suda bulunan sodyum elementi için tavsiye edilen aralık 20-175 mg/lt, üst sınır değeri ise 175 mg/lt olarak belirtilmiştir. Su numunelerinde yapılan sodyum analizlerinden elde edilen sonuçlar Şekil 16’da gösterilmiştir.

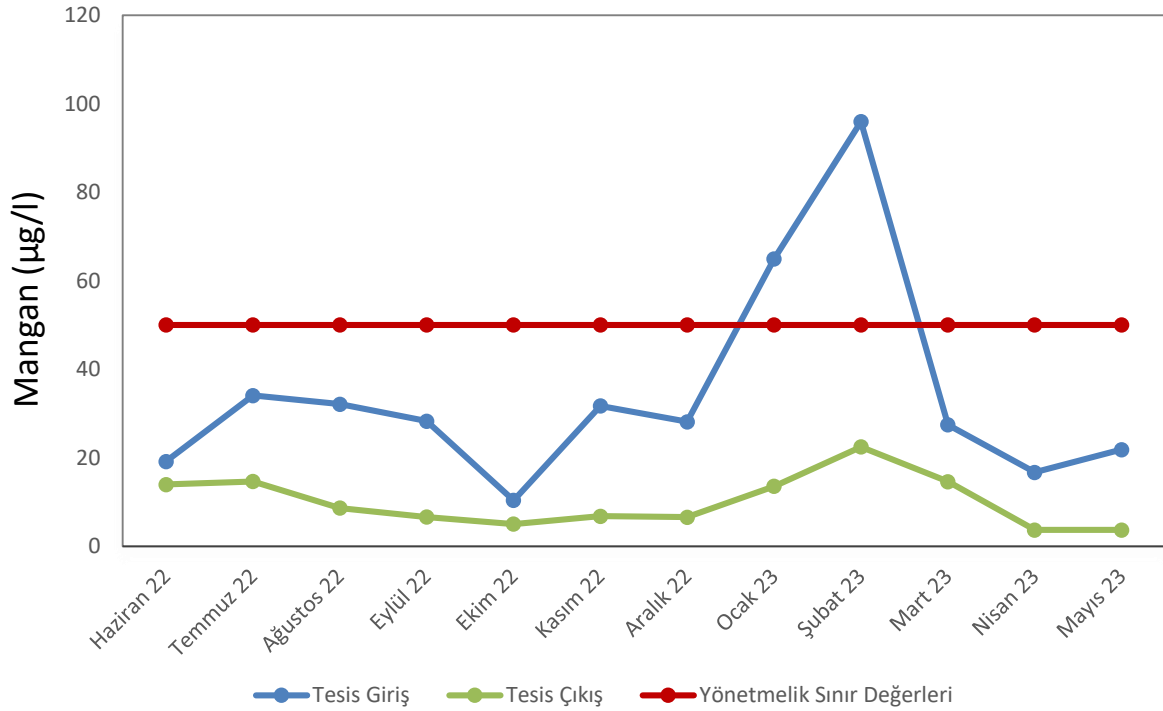


Şekil 16. Sodyum verilerinin aylara göre değişimi

Şekil 16’da yer alan grafik, tesise ait giriş ve çıkış suyu sodyum değerlerinin yıl boyunca birbirlerine çok yakın olduğunu göstermektedir. Bu durum, tesisin kaynağını aldığı barajdan gelen sudan herhangi bir sodyum giderimi yapılmadığı sonucunu göstermektedir. Haziran ayında tesis girişi sodyum değeri 23,36 mg/lt iken tesis çıkışında 20,51 mg/lt olarak ölçülmüştür. Haziran ayından Ocak ayına kadar sürekli olarak yükselen sodyum değerleri, Ocak ayında giriş suyu için 30,65 mg/lt, çıkış suyu için ise 30,10 mg/lt olarak ölçülmüştür. Ocak ayından Mayıs ayına kadar düşüş gösteren değerler, Mayıs ayı giriş suyunda 20,24 mg/lt, çıkış suyunda 21,59 mg/lt olarak ölçülmüştür. İlgili yönetmelik sınır değerlerine göre suda bulunan sodyum parametresi için tavsiye edilen aralık 20-175 mg/lt olarak belirtilmektedir. Sonuç olarak tesis çıkış suyu, sodyum değerlerine göre tavsiye edilen aralıkta olup üst sınır olan 175 mg/lt değerini aşmadığından dolayı su kalitesi açısından uygun olarak değerlendirilmiştir.

Mangan Değerlendirmesi

Mangan, yaygın olarak toprakta ve yeraltı suyunda doğal halde bulunan bir elementtir. Manganın içme sularında yüksek miktarda bulunması insan sağlığı açısından zararlıdır ve suya kötü tat vermektedir. Bu nedenle mangan arıtımı sular için son derece önemlidir. İlgili yönetmelik standartlarına göre suda bulunan mangan elementi için tavsiye edilen değer aralığı 20-50 µg/l iken üst sınır değeri 50 µg/l olarak belirtilmektedir. Analizlerden elde edilen mangan verilerine ait grafik Şekil 17’de gösterilmiştir.



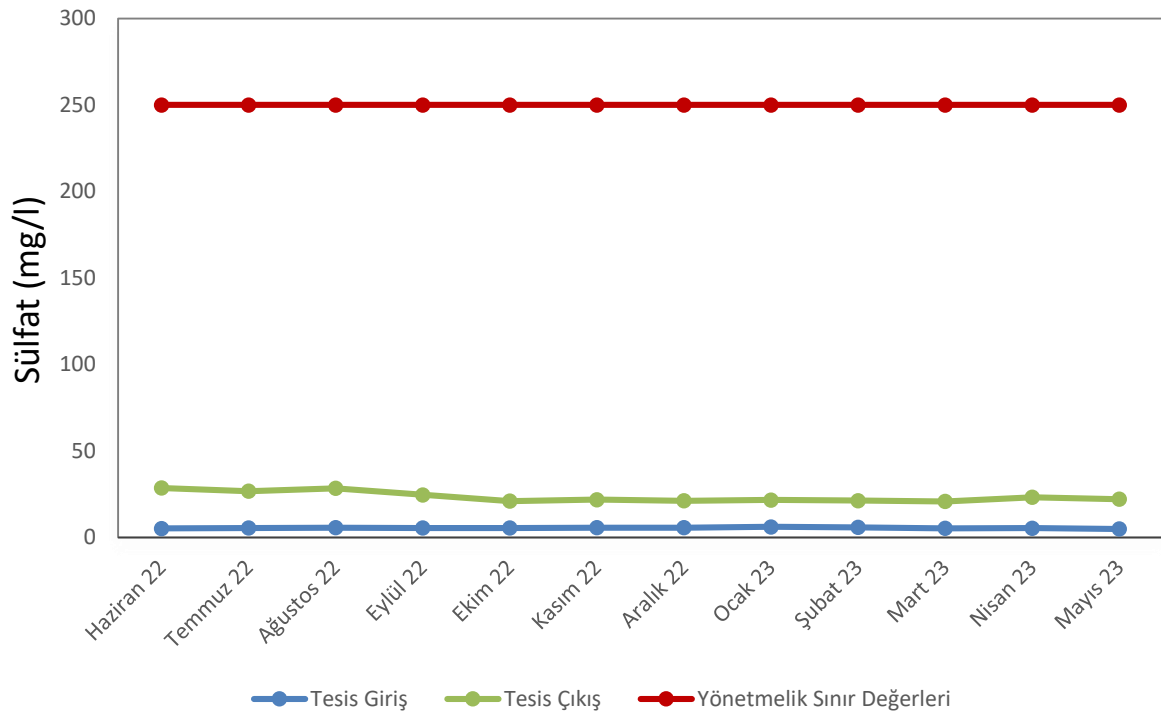
Şekil 17. Mangan verilerinin aylara göre değişimi

Şekil 17’de yer alan grafikten görüldüğü üzere, Haziran ayında ölçülen giriş ve çıkış suyu mangan konsantrasyonları sırasıyla 19,17 µg/l ve 13,94 µg/l olarak ölçülmüştür. Yıl boyunca giriş ve çıkış suyunda, bazı aylarda yüksek ve bazı aylarda nispeten düşük olmak üzere çok değişken değerler olduğu görülmektedir. Mangan elementi, kış aylarında yılın en yüksek değerlerine sahiptir. Özellikle Şubat ayında en yüksek giriş ve çıkış değerleri ölçülmüş olup, giriş suyu mangan değeri 95,96 µg/l, çıkış suyu mangan değeri ise 22,45 µg/l olarak ölçülmüştür. Bu durum çözünemeyen ve çözünen formlarda manganın kaynak suyu içerisinde doğal olarak bulunmasıyla açıklanmaktadır. Su içerisinde yer alan ⁺² değerlikteki mangan çözünebilen formdadır ve oksijen ile teması sonucunda suda artarak çözünemeyen ve istenmeyen ⁺⁴ değerlikteki mangan formuna ulaşmaktadır. Özellikle kış aylarında mangan miktarındaki yükselmenin, sıcaklığın düşmesi ile suyun oksijen miktarında oluşan artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda, söz konusu grafik yıl bazında değerlendirildiğinde manganın yüksek bir verimle arıtıldığını göstermektedir. İlgili

yönetmeliğe göre sulara bulunması gereken mangan miktarı için tavsiye edilen sınır değer aralığı 20-50 µg/l olarak belirtilmektedir. Bu kapsamda mangan değerleri, Şubat ayı dışında tavsiye edilen aralıkta olmamasına karşın üst sınır değeri olan 50 µg/l'tyi aşmaması nedeniyle su kalitesi açısından uygun olarak değerlendirilmiştir.

Sülfat Değerlendirmesi

Sülfat, birçok mineralde ve su kaynaklarında doğal olarak bulunur. Genellikle en yüksek seviyeleri yeraltı sularında ölçülmektedir. Sülfat bileşikler, çeşitli reaksiyonlar sonucunda suda toksite, koku ve korozyon etki yaptığı için önemli kirleticiler durumundadır (WHO, 1984). İlgili yönetmelik standartlarına göre suda bulunan sülfat elementi için tavsiye edilen değer aralığı 25-250 mg/l, üst sınır değeri ise 250 mg/l olarak belirtilmektedir. Analizlerden elde edilen sülfat verileri Şekil 18'de gösterilmiştir.



Şekil 18. Sülfat verilerinin aylara göre değişimi

Şekil 18'de yer alan grafikten görüldüğü üzere, Haziran ayı giriş suyu ve çıkış suyu sülfat konsantrasyonları sırasıyla 5,17 mg/l ve 28,63 mg/l olarak ölçülmüştür. Grafikte, mevsimsel yüksek dalgalanmaların olmadığı, çıkış suyu değerlerinde yaz mevsimi sonrası az miktarda düşüş yaşandığı ve sonrasında sabit bir şekilde ilerlediği görülmekte olup Mayıs ayı giriş suyu sülfat değeri 4,95 mg/l, çıkış suyu sülfat değeri 22,1 mg/l olarak ölçülmüştür. Tesise ait giriş ve çıkış suyu sülfat konsantrasyonları yıl boyunca birbirlerine yakın değerlerde olup giriş suyu sülfat konsantrasyonlarının çıkış suyundan düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi, özellikle suda bulanıklık ve renk gibi parametreleri gidermek için kullanılan Al_2SO_4 vb.

kimyasalların sülfat değerlerini yükseltmesi olarak düşünülmektedir. Ayrıca düşük alkalinite oluştuğu zamanlarda metal boruların aşınması sonucunda da sülfat değerlerinde yükselmelerin olduğu düşünülmektedir. İlgili yönetmelikte suda bulunması gereken sülfat miktarı için tavsiye edilen sınır değer aralığı 25-250 mg/l olarak belirtilmektedir. Bu kapsamda sülfat verilerinin, yaz ayları dışında tavsiye edilen aralıktaki olmadığı; ancak 250 mg/l olan üst sınır değerini aşmadığından dolayı su kalitesi için uygun olduğu şeklinde değerlendirilmiştir.



SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İçme suyu kalitesinin insan yaşamı ve hayat döngüsü açısından çok önemli olduğu zamanlardan geçmekteyiz. Özellikle bulunduğumuz zaman diliminde insan sayısının ve endüstrileşmenin geçmiş yüzyıllara kıyasla oldukça yüksek olması, üretimde suya duyulan yüksek miktarda ihtiyaç, yeraltı sularının azalması, iklim değişikliği kapsamında barajların çekilmesi ve yüzey sularının kirlenmesi insanoğlunun su konusunda hassas davranması gerektiği konusunda farkındalık oluşturması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışmada, Erzurum içme suyu arıtma tesisinin Haziran 2022- Mayıs 2023 tarihleri arasındaki verileri değerlendirilmiştir. Tesisten alınan 12 adet giriş ham su ve arıtılmış çıkış su numunelerinin mevsimsel değişimi ay bazında ayrı ayrı ele alınarak incelenmiş ve analiz sonucu elde edilen veriler aşağıda özetlenmiştir.

- İçme sularında sıcaklık çok önemli bir parametredir. Grafik incelendiğinde, Erzurum içme suyu sıcaklık verilerinin mevsimsel doğrultuda ilerlediği, yaz mevsiminde sıcaklık değerlerinin en yüksek, kış mevsiminde ise en düşük sıcaklık ortalamasına sahip olduğu görülmektedir. Tüm yıl bazında yapılan ölçümlerde, yönetmelikte belirtilen 25°C üst sınır sıcaklık değerinin aşılmadığı gözlemlenmiş ve standartları karşıladığı görülmüştür. Ancak sıcaklığın kış mevsimi olan Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ilgili yönetmelikte tavsiye edilen 12-25°C aralığının altında kaldığı tespit edilmiştir. Neden olarak bölgenin karasal iklim şartları gösterilebilir.
- Tesise ait giriş kaynak suyu ve arıtılmış çıkış suyu bulanıklık verileri yıllık bazda değerlendirildiğinde, tesis giriş verilerinin bölgeye ait yaz yağışları ve kar erimeleri neticesinde değişkenlik gösterdiği, çıkış verilerinin ise sabit kaldığı görülmektedir. İlgili yönetmelikte suda bulanıklık parametresi için tavsiye edilen sınır değer aralığı 5-25 NTU gösterilmektedir. Bu kapsamda, bulanıklık verilerinin tavsiye edilen aralıkta olmadığı ancak 25 NTU üst sınır değerini aşmadığından dolayı su kalitesi yönünden uygun olduğu görülmüştür.
- İçme sularında renk parametresi önemli bir parametre olup analizlerin sonucunda tesis giriş suyu renk verilerinin sabit olduğu görülmektedir. Ölçümü gerçekleştirilen renk parametresi, ilgili yönetmelikte tavsiye edilen 1-20 Pt-Co aralığında olmasından dolayı su kalitesi bakımından uygun olarak değerlendirilmiştir.
- Su kalite çalışmalarında önemli bir yere sahip olan parametrelerden biri pH değeridir. Suyun asidik ve bazik olma durumunu tayin eder. Erzurum içme suyu arıtma tesisi giriş ve çıkış suyu pH verileri yıl bazında değerlendirildiğinde genel olarak bazik özellik göstermektedir. TS 266 standartları ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında

Yönetmelik sınır değerleri kapsamında pH verilerinin tavsiye edilen aralıkta olduğu tespit edilmiş olup, Erzurum iline ait içme ve kullanma sularının pH parametresi açısından uygun olduğu görülmüştür.

- Tesise ait elektriksel iletkenlik giriş ve çıkış suyu verileri yıl boyunca yakın olup mevsimsel açıdan büyük bir değişiklik göstermemiştir. Ölçümü gerçekleştirilen çıkış suyu elektriksel iletkenlik verilerinin, ilgili yönetmelikte tavsiye edilen 400-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında olmadığı, ancak üst sınır olan 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değerini aşmamasından dolayı su kalitesi yönünden uygun olduğu görülmüştür.
- Su kalitesi açısından izlenmesi gereken önemli parametrelerden biri de demirdir. Erzurum içme sularında tesis çıkış suyunun demir içeriği yıl boyunca 0,01 mg/Lt değerinde sabit şekilde ilerlemiştir. Ölçülen çıkış suyu demir parametresinin, ilgili yönetmelikte tavsiye edilen 0,05-0,2 mg/Lt aralığında olmadığı, ancak üst sınır değeri olan 0,2 mg/Lt değerini aşmaması dolayısıyla su kalitesi bakımından uygun olduğu sonucuna varılmıştır.
- Kullanma sularında yüksek çözünmüş oksijen içeriği tercih edilmektedir. Tesise ait giriş ve çıkış suyu çözünmüş oksijen verilerinin yıl boyunca yakın değerlerde olduğu görülmektedir. TS 266 standartları ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik sınır değerleri incelendiğinde çözünmüş oksijenle ilgili herhangi bir sınırlandırıcı veri bulunmamaktadır. Tesis çıkış suyu Ç.O. değerleri, uluslararası standartlarda 1-10 mg/Lt olarak kabul edilen sınır değer aralığını sağlamış olup su kalitesi yönünden uygun bulunmuştur.
- Tesise ait giriş ve çıkış suyu klorür verileri incelendiğinde, mevsimsel açıdan büyük bir değişim görülmediği ve yıl boyunca birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum barajdan gelen kaynak suyunda herhangi bir klorür giderimi yapılmadığını göstermektedir. Ancak ölçümü gerçekleştirilen klorür verilerinin, ilgili yönetmelikte belirtilen 250 mg/Lt üst sınır değerini aşmaması dolayısıyla standartlara uygun olduğu anlaşılmaktadır.
- Alüminyum, içme suları kalitesi açısından izlenmesi gereken parametrelerden biridir. Tesise ait giriş suyu alüminyum değerlerinde mevsimsel etkiler dolayısıyla dalgalanmalar olduğu, tesise ait çıkış suyu alüminyum değerlerinin ise sabit kaldığı görülmektedir. Çıkış suyu alüminyum parametresinin, ilgili yönetmelikte tavsiye edilen 0,05-0,2 mg/Lt aralığında olmadığı, ancak üst sınır değeri olan 0,2 mg/Lt'yi aşmamasından dolayı su kalitesi açısından uygun olduğu görülmüştür.
- Tesise ait sodyum verileri değerlendirildiğinde, giriş ve çıkış suyu değerlerinin yıl boyunca birbirlerine yakın olduğu ve mevsimsel açıdan büyük bir değişim olmadığı

görülmüştür. Tesiste, kaynağını barajdan alan giriş suyunda herhangi bir sodyum giderimi yapılmadığı anlaşılmaktadır. Sodyum, içme suları için belirli oranda faydalı olduğundan arıtma aşamasında sodyum takviyesi yapılabilir. Ölçülen çıkış suyu sodyum parametresinin, ilgili yönetmelikte tavsiye edilen 20-175 mg/lt aralığında olması dolayısıyla su kalitesi açısından uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

- Tesise ait mangan verileri değerlendirildiğinde, giriş sularının mevsimsel olarak değiştiği görülmektedir. Aynı zamanda yıl boyunca giriş verilerinin çıkış verilerinden yüksek olması tesiste mangan arıtımının gerçekleştirildiğinin göstergesidir. Ölçülen çıkış suyu mangan parametresinin, ilgili yönetmelikte tavsiye edilen 20-50 µg/lt aralığında olmadığı, ancak üst sınır olan 50 µg/lt değerini aşmadığı için su kalitesi bakımından uygun olduğu görülmüştür.
- Tesise ait sülfat verileri incelendiğinde, giriş ve çıkış suyu sülfat verilerinin, yıl boyunca genel olarak birbirlerine yakın olduğu ve mevsimsel açıdan büyük bir değişiklik göstermediği gözlemlenmiştir. Çıkış suyu sülfat verileri, ilgili yönetmelikte tavsiye edilen 20-250 mg/lt aralığında olmamakla beraber üst sınır değeri olan 250 mg/lt'yi aşmamasından dolayı su kalitesi açısından uygun olarak değerlendirilmiştir.

Erzurum ilinin içme ve kullanma suyu kalitesini belirlemek adına 12 adet su kalite parametresinin mevsimsel değişiminin incelendiği bu çalışmada, kaynak suyuna ait sıcaklık, bulanıklık, renk, pH, demir, çözünmüş oksijen, alüminyum ve mangan analizlerine ait veriler değerlendirilmiştir. Elektriksel iletkenlik, klorür, sodyum ve sülfat dışında diğer parametrelerin mevsim koşullarından ve geçişlerinden etkilendiği gözlemlenmiştir. Bu kapsamda, kaynağını Palandöken Barajı'ndan alan ham suda mevsimsel etkilerin görüldüğü parametrelerin tesiste arıtma işlemine tabi tutularak yüksek verimle giderildiği, mevsimsel koşullardan etkilenmeyen parametrelerin ise herhangi bir arıtma işlemine tabi tutulmadığı ve alıcı ortama verilen sularda yapılan analizlerde herhangi bir olumsuz duruma rastlanmadığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda sülfat, mangan, sodyum, klorür, çözünmüş oksijen, pH, renk parametrelerinin TS 266 standartlarında belirtilen tavsiye aralığında olduğu, bulanıklık, sıcaklık (Aralık, Ocak ve Şubat ayları), elektriksel iletkenlik, demir ve alüminyum parametrelerinin ise belirtilen tavsiye aralığında olmadığı gözlemlenmiştir. Tüm bu değerlendirmeler sonucunda, arıtma tesisinden çıkan içme ve kullanma sularının 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve Türk Standartları Enstitüsü TS 266 standartları sınır değerlerine uygun olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

- Akar, A. (2000). İçme Suyu Kalitesi Açısından Kirlilik Parametrelerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 14-15.
- Akın, M. & Akın, G. (2017). Suyun Önemi, Türkiye'de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi.
- Aksu, H. (2019). Türkiye’de içmesuyu arıtımında membran uygulamaları ve uygulama aşamasında karşılaşılan işletme problemleri, Uzmanlık Tezi, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Alaş A., (2002). Aksaray İline İçme Suyu Sağlayan Bazı Kaynaklarda Su Kalite Parametrelerinin İncelenmesi, Araştırma Makalesi, Niğde Üniversitesi, Aksaray Eğitim Fakültesi, Aksaray.
- Alemdar, S. & Kahraman, T. & Ağaoğlu, S. & Alişarlı, M. (2009). Bitlis merkez ve ilçelerindeki (Adilcevaz, Ahlât, Güroymak, Hizan ve Tatvan) içme sularının bazı mikrobiyolojik ve fizikokimyasal Özellikleri. 19, 73, 29-38.
- Anonim, (2009). Türkiye’de Su. WWF Türkiye, ([http://www.wwf.org.tr/su/rakamlarla-su-sorunu/turkiyede-su/\(01.06.2009\)](http://www.wwf.org.tr/su/rakamlarla-su-sorunu/turkiyede-su/(01.06.2009))).
- Anonim, (2016), (Suların Analiz Parametreleri, 2011).
- Anonymous, (2003). Water for People Water for Life, The United Nations World Water Development Report. UNESCO-WWAP, http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/ex_summary/ex_summary_en.pdf.
- Anonymous, (2006). Guidelines for Drinking-Water Quality First Addendum to Third Edition Volume 1. World Health Organization, 217-375, Switzerland.
- Aral, N. (1994). Su Getirme Kanalizasyon ve Çözümlü Problemler. Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Arora, P. (2017). Water resources and management: physical, chemical and biological characteristics of water. Kurukshetra University, India.
- Atalık, A. (2006). Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri. Bilim ve Ütopya Dergisi, 139, 18-21.
- Aydın, H. (2015). Batlama Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-51.
- Aydın, Ö.F. (2007). İstanbul İlinde Samandıra, Sarıgazi ve Taşdelen Beldelerinde İçme ve Kullanma Suyu Durumu. Yüksek Lisans Tezi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Başaran, A.K. & Egemen, Ö. (2006). Orta Toros Dağlarındaki Eğrigöl’ün Su Kalitesi Parametrelerinin Araştırılması. Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt 12(2), 137-143.
- Dağlı, H. (2005). İçme suyu kalitesi ve insan sağlığına etkileri, bizim İller, İller Bankası Aylık Yayın Organı, 3, 16-21.
- De Zuane, J. (1990). Handbook of Drinking Water Quality. (2nd edition). ABD: John Wiley & Sons Inc.
- Dede, Ö. & Telci, İ. & Aral, M. (2013). The Use of Water Quality Index Models for the Evaluation of Surface Water Quality: A Case Study for Kirmir Basin, Ankara, Turkey.
- Demirer, A. (1995). Su Hijyeni. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, 41.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2014). Toprak su kaynakları, (çevrimiçi) <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>
- Doboğlu, Y. (2014). Kahramanmaraş içme suyu projesinin kalite kontrol parametreleri açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Dombaycı, K. (2009). Erzurum içme suyunun bazı fiziksel ve kimyasal kalite parametreleri bakımından gözlenmesi ve değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

- EPA (United States Environmental Protection Agency) (2002). Manual Report for List of Chemical Priority. USA.
- Eroğlu, M. (2012). Aksaray İli Merkez İlçesinin Yüzey ve Yeraltı Su Potansiyelinin ve Su Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Eroğlu, V. (1995). Su Tasfiyesi. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yayınları. İstanbul.
- Erzurum İçme Suyu Arıtma Tesisi İşletme ve Bakım Dokümanları
- Gediklioğlu, H. (2021). Balıkesir İli Merkez İçme Suyu Arıtma Tesisi Su Kalitesinin Yıllık Değişiminin Değerlendirilmesi ve Revizyon Önerisi. Yüksek Lisans Tezi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir.
- Gemci, E. (2016). Kahramanmaraş İline İçme Suyu Sağlayan Pınarbaşı, Karasu ve Ayvalı Kaynaklarının İçme Suyu Kalitesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Getir, S.Ö. (2019), Eyyübiye İlçesi (Şanlıurfa) İçme-Kullanma Suları Kalitesinin Çevre Sağlığı Açısından Araştırılması. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Gray, N.F. (2008), Drinking Water Quality Problems and Solutions, Cambridge University Press, 2nd edition, 48-50.
- Güler, Ç. (1997). Su Kalitesi. Çevre Sağlığı Temek Kaynak Dizini No: 43, 9-46.
- Güloğlu, E. (2023). Adana İli İçme Suyu Kalite İndeksinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Gürsakaal H. (2007). İçme Suyu Arıtma Tesisleri Yapımında Proje Yönetimi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- <https://ced.csb.gov.tr/turkiye-cevre-durum-raporu-i-82673>
- Karavoltsos, S. & Sakellari, A. & Mihopoulos, N. & Dassenakis, M. & Scoullou, M. J. (2008), Evaluation of the quality of drinking water in regions of Greece, Desalination 224 317-329.
- Karpuzcu, M. (1988). Çevre Mühendisliğine Giriş. İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, İkinci Baskı Sayı.1356, İstanbul.
- Kasimoğlu, C. & Yılmaz, F. (2014). Tersakan Çayı'nın (Muğla, Türkiye) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması, BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi Cilt 16(2).
- Koçak, Ö. (2007), Erzurum İl merkezindeki içme ve kullanma sularının kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalitesi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Lawson, T.B, (1995). Fundamentals of Aquacultural Engineering Chapman- Hall, an International Thomson Publishing Company, U.S.A, 3-335.
- Mert, R. & Bulut, S. & Solak, K. (2008). Apa Baraj Gölü'nün (Konya) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(2), 1-10.
- Muslu Y. (1985). Su Temini ve Çevre Sağlığı. Cilt III, İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, İstanbul.
- Mutluay, H. & Demirak, A. (1996). Su Kimyası. Beta Basım Dağıtım, 21-71.
- Özay, A. (1996). Adana Merkez İlçe Sınırları İçindeki Seyhan Nehrinin ve İçme Sularının Çevre ve İklimsel Faktörlere Bağlı Olarak Bakteriyolojik Kirlilik Düzeyi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 17-24.
- Özbilen, M.V. (2005). Su Sektöründeki Gelişmeler ve Bunun Karşısında Kent Plancılarının Duruşu Nasıl Olmalıdır. TMMOB Şehir Plancıları Odası.
- Resmi Gazete, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği. Tarih 17.02.2005, Sayı:25730.
- Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği. Tarih: 12.12.2004, Sayı: 25687.
- Samsunlu, A. (1999). Çevre Mühendisliği Kimyası. Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları, 164-353.

- Serdar, S. (2015). Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fizikokimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Suman, A.R. (1982). Su İnşaatı. Cilt 3. Devlet Su İşleri Yayınları, Ankara.
- Süleymanov, S. (2019). Kanlığınar Göleti Su Kalitesinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir.
- Sungur, T. (1977). Su Yapıları. Cilt 2. Devlet Su İşleri Yayınları, Ankara.
- Şahinci, A. (1991). Jeotermal Sistemler ve Jeokimyasal Özellikleri. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Yayınları, 83-88.
- Şengül, F. & Türkman, A. (1998). Su ve Atıksu analizleri. TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, İzmir.
- Şimşek, H. (2011). Saazlıdere baraj gölü'nün mikrobiyolojik ve kimyasal kirlilik düzeyinin belirlenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020). ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü. 6. Türkiye Çevre Durum Raporu
- Tepe, Y. (2009). Reyhanlı Yenışehir Gölü (Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. Çevre Ekoloji Yayını, Cilt 18(70), 38-46.
- Titiz, A. (2020). Su Kalitesi İndeksi ve Bazı Çoklu İstatistik Teknikler Kullanılarak İpsala İlçesi İçme Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- TS 266, (2005). İnsani Tüketim Amaçlı Sular. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Türkman, A. & Tokgöz, S. & Sarptaş, H. (1999), İçme Suyu Standartları ve Güvenilir İçme Suyu, 3. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi.
- Verep, B. & Serdar, O. & Turan, D. & Şahin, C. (2005). İyidere (Trabzon)'nin fiziko kimyasal açıdan su kalitesinin belirlenmesi. Ekoloji Yayınları, 14, 26-35.
- Yalvaç, M. (1997). İçel İli Sahil Yerleşim Bölgelerinde İçme ve Kullanma Suyunda Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi ve Model Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Yıldız, N. (1996). Şanlıurfa İçme Suyu Sisteminin Kalite Kontrol Parametreleri Açısından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 27-37.
- Yılmaz, G. (1999). Büyük Melen Nehrinin Kirlilik Durumunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adapazarı.
- Zeybek, Z. (2006). Akgöl'deki (Karaman-Konya) Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- World Health Organization (WHO), (1984). Fluorine and Fluorides in Environmental Health Criteria, (36) 25-26, World Health Organization, Geneva.
- World Health Organization (WHO), (2011 – 2004). www.who.int/whosis/whostat/2011/en, (16.06.2017)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı :	Mehmet TOPAL
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri :	
Uyruğu :	
Adres :	
Tel:	
Eğitim	
Lise:	İskenderun Anadolu Lisesi
Lisans:	Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı (2025)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	Intermediate-Orta (B1 ⁺)
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	
Dergi park, Van Yüzüncüyıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi “Erzurum İçme Suyu Arıtma Tesisi Arıtılmış Suların Niteliğinin Değerlendirilmesi” konulu makale	