

**T.C.  
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ATIKSULARIN AKARSULARA DEŞARJI SONRASINDA  
OLUŞAN KİRLİLİK- ANTALYA ALANYA GAZİPAŞA  
BÖLGESİ DEĞERLENDİRMESİ**

**Tezi Hazırlayan  
Kader KURT**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Sevgi GÜNEŞ DURAK**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**Şubat 2024  
NEVŞEHİR**



T.C.  
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATIKSULARIN AKARSULARA DEŞARJI SONRASINDA  
OLUŞAN KİRLİLİK- ANTALYA ALANYA GAZİPAŞA  
BÖLGESİ DEĞERLENDİRMESİ

Tezi Hazırlayan  
Kader KURT

Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Sevgi GÜNEŞ DURAK

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Şubat 2024  
NEVŞEHİR

Dr. Öğr. Üyesi Sevgi GÜNEŞ DURAK danışmanlığında Kader KURT tarafından hazırlanan "**Atıksuların Akarsulara Deşarjı Sonrasında Oluşan Kirlilik-Antalya Alanya Gazipaşa Bölgesi Değerlendirmesi**" başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

13/02/2024

### **JÜRİ**

Başkan : Prof. Dr. Melayib BİLGİN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şennur Merve YAKUT

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Sevgi GÜNEŞ DURAK

### **ONAY:**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun.....tarih ve..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.../.../20..

Prof. Dr. Cemal ÇARBOĞA  
Enstitü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİM SAYFASI**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Kader KURT



## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince bana güvenen, ilgisini ve tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, yol gösteren, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen, beni cesaretlendiren ve tezimde büyük emeği olan, aynı zamanda kişilik olarak da bana çok şey katan Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Sevgi GÜNEŞ DURAK'a,

Eğitim öğretim hayatım boyunca her zaman yanımda olup, varlıklarıyla beni güvende hissettiren, her çıkmaza girdiğimde ve motivem düştüğünde bana güvenip destekleyen, bana bu hayatta iyi bir öğrenci olmayı öğreten ilk öğretmenlerim olarak her zaman arkamda büyük bir dağ olan canım annem Emine YÜKSEL'e ve canım babam Yakup YÜKSEL'e

En büyük destekçilerimden biri olan, üniversite hayatım ve yüksek lisans hayatımda beni azimlendiren ve teşvik eden, her daim tüm kararlarımda arkamda olup saygı duyan, bir meslektaşım olarak benden bilgilerini hiçbir zaman esirgemeyen, en güzel günde ve en kötü günümde de yanımda olan değerli eşim Umut KURT'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

# ATIKSULARIN AKARSULARA DEŞARJI SONRASINDA OLUŞAN KİRLİLİK-ANTALYA ALANYA GAZİPAŞA BÖLGEŐİ DEĐERLENDİRMEŐİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Kader KURT

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ  
ENSTİTÜŐÜ

Şubat 2024

## ÖZET

Bu alıŐmada, Antalya Alanya Gazipaşa Bölgesi'nde bulunan İnceağrı ayı'ndaki kirlilik yüklerini tespit etmek amacıyla evsel atıksu arıtma tesisi deşarj noktası baz alınarak 2022 ve 2023 Nisan aylarında beş farklı noktadan numune alınmıştır. Bu numunelerin pH, elektriksel iletkenlik, sıcaklık, çözünmüş oksijen, kimyasal oksijen ihtiyacı, amonyak azotu, nitrit azotu, bulanıklık, renk, sertlik, kalsiyum, magnezyum, klorür, alkalinite ve sodyum analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre pH, elektriksel iletkenlik, sıcaklık, çözünmüş oksijen, kimyasal oksijen ihtiyacı, amonyak azotu, nitrit azotu, bulanıklık, renk, sertlik, kalsiyum, magnezyum, klorür, alkalinite ve sodyum değerleri sırasıyla 7.31-7.84, 438-2082  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 15,4-16,7  $^{\circ}\text{C}$ , 4-5,4 mg/L, 0,012-2,9867 mg/L, -0,0636-1,1326 mg/L, 0,0019-0,0254 mg/L, 0,4-3,23 NTU, 8,4435-52,5127 Pt-Co, 212-504 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , 144-232 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , 56-272 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , 7-20,99 mg/L, 188-220 mg/L  $\text{CaCO}_3$  ve -0,1676-412,804 mg/L olarak tespit edilmiştir. Evsel ve endüstriyel atıksu deŐarjları, nehir suyunun sulama suyu olarak kullanılması, bölgedeki hayvancılık faaliyetleri ve topografik eğim su kalitesi değişiminin sebepleri olarak gösterilebilir. Özellikle ayın denize döküldüğü A5 noktasındaki durgun suda su kalitesi oldukça zayıftır. İlgili alanda suların uygun bir yöntem ve projeyle denize açılması ve sularla ilişkili faaliyetlerin denetim altına alınması gerekmektedir.

**Anahtar kelimeler:** *İnceağrı ayı, nehirlerde kirlilik parametreleri, bulanıklık, pH, sertlik, klorür.*

**Tez DanıŐman:** Dr. Öğr. Üyesi Sevgi GÜNEŞ DURAK  
**Sayfa Adeti:** 73

**POLLUTION FORMED AFTER THE DISCHARGE OF WASTEWATER INTO  
STREAMS - ANTALYA ALANYA GAZİPAŞA REGION**

**(M. Sc. Thesis)**

**Kader KURT**

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF  
NATURAL AND APPLIED SCIENCE**

**February 2024**

**ABSTRACT**

In this study, samples were taken from five different points in April 2022 and April 2023 based on the discharge point of the domestic wastewater treatment plant to determine the pollution loads in İnceağrı Stream in Antalya Alanya Gazipaşa Region. These samples were analyzed for pH, electrical conductivity, temperature, dissolved oxygen, chemical oxygen demand, ammonia nitrogen, nitrite nitrogen, turbidity, color, hardness, calcium, magnesium, chloride, alkalinity, and sodium. According to the analysis results, pH, electrical conductivity, temperature, dissolved oxygen, chemical oxygen demand, ammonia nitrogen, nitrite nitrogen, turbidity, color, hardness, calcium, magnesium, chloride, alkalinity, and sodium values were 7.31-7.84, 438-2082  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 15.4-16.7  $^{\circ}\text{C}$ , 4-5.4 mg/L, 0.012-2.9867 mg/L, -0.0636-1.1326 mg/L, 0.0019-0.0254 mg/L, 0.4-3.23 NTU, 8.4435-52.5127 Pt-Co, 212-504 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , 144-232 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , 56-272 mg/L  $\text{CaCO}_3$ , 7-20,99 mg/L, 188-220 mg/L  $\text{CaCO}_3$  and -0,1676-412,804 mg/L, respectively. Domestic and industrial wastewater discharges, use of river water as irrigation water, livestock breeding activities in the region, and topographic slope can be shown as the reasons for the change in water quality. Especially in the still water at point A5 where the river flows into the sea, the water quality is very poor. In the relevant area, the waters should be opened to the sea with an appropriate method and project and the activities related to the waters should be controlled.

***Keywords: İnceağrı stream, pollution parameters in rivers, turbidity, pH, hardness, chloride.***

**Thesis Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Sevgi GÜNEŞ DURAK**

**Page Number: 73**



## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	ix
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
1. BÖLÜM	
GİRİŞ .....	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
2. BÖLÜM	
GENEL BİLGİLER .....	2
2.1. Akarsu Kirliliği.....	2
3. BÖLÜM	
MATERYAL-METOT .....	11
3.1. Araştırma Alanı .....	11
3.2. Analizlerde Kullanılan Malzemeler ve Cihazlar .....	16
3.3. Araştırma Alanı için Yapılan Analizler.....	20
3.3.1. pH analizi .....	20
3.3.2. Elektriksel iletkenlik analizi.....	21
3.3.3. Amonyak azotu analizi.....	21
3.3.4. Nitrit azotu analizi .....	22
3.3.5. Bulanıklık analizi .....	23
3.3.6. Renk analizi.....	24
3.3.7. Toplam sertlik- kalsiyum ve magnezyum analizleri .....	25
3.3.8. Klorür analizi.....	27
3.3.9. Metiloranj ve fenolftalein alkalinitesi analizi.....	28
3.3.10. Sodyum analizi.....	29
3.3.11. Sıcaklık analizi .....	29

3.3.12.	Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) analizi.....	30
3.3.13.	Çözünmüş oksijen (ÇO) analizi .....	30
4. BÖLÜM		
SONUÇLAR.....		32
4.1.	pH Analiz Sonuçları.....	32
4.2.	Elektriksel İletkenlik Analiz Sonuçları .....	34
4.3.	Amonyak Azotu (NH <sub>3</sub> -N) Analiz Sonuçları.....	36
4.4.	Nitrit Azotu (NO <sub>2</sub> -N Analiz Sonuçları).....	37
4.5.	Bulanıklık Analiz Sonuçları.....	38
4.6.	Renk Analizi Sonuçları.....	39
4.7.	Sertlik – Kalsiyum- Magnezyum Analizi Sonuçları.....	40
4.8.	Klorür Analiz Sonuçları.....	43
4.9.	Alkalinite Analiz Sonuçları.....	44
4.10.	Sodyum Analiz Sonuçları.....	45
4.11.	Sıcaklık Analiz Sonuçları.....	46
4.12.	Çözünmüş Oksijen Analiz Sonuçları.....	46
4.13.	KOİ Analiz Sonuçları .....	47
5. BÖLÜM		
TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....		49
KAYNAKLAR .....		51
EKLER.....		58
ÖZGEÇMİŞ .....		64

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1.	Tez çalışmasında kullanılan kimyasal çözeltiler ve standart referans maddeler. ....	17
Tablo 3.2.	Analizlerde kullanılan cihazlar.....	19
Tablo 3.3.	Suların mg/L CaCO <sub>3</sub> sertlik derecesi sınıflandırması (Uzun & Debik, 2019).....	25
EK-1.	Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri .....	58
EK-2.	Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2004).....	61
EK-3.	Dünya Sağlık Örgütü (WHO) su kalite standartları (Teknik Arıtma, 2024).....	62

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	İnceağrı Çayı'nın uydu görüntüsü.....	12
Şekil 3.2.	İnceağrı Çayı .....	12
Şekil 3.3.	Atıksu arıtma tesisinin örnekleme alanındaki konumu. ....	13
Şekil 3.4.	Atıksuyun akarsuya deşarj noktasından 100 m öncesi.....	14
Şekil 3.5.	Atıksu deşarj çıkışı. ....	14
Şekil 3.6.	Atıksuyun akarsuya deşarj noktası. ....	15
Şekil 3.7.	Atıksuyun akarsuya deşarj noktasından 100 m sonrası.....	15
Şekil 3.8.	Akarsuyun denize döküldüğü noktadan önceki birikme alanı. ....	16
Şekil 3.9.	pH ve elektriksel iletkenlik ölçümleri için kullanılan multimetre...20	
Şekil 3.10.	Spektrofotometre. ....	23
Şekil 3.11.	Türbidimetre bulanıklık ölçüm cihazı. ....	24
Şekil 3.12.	Titrasyon düzeneği ile sertlik analizi.....	26
Şekil 3.13	Merck TR320 Termoreaktör Cihazı .....	30
Şekil 3.14	Optical DO çözülmüş oksijen ölçme cihazı .....	31
Şekil 4.1.	Gözlem noktaları-pH grafiği. ....	34
Şekil 4.2.	Gözlem noktaları-EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) grafiği.....	35
Şekil 4.3.	Gözlem noktaları-NH <sub>3</sub> -N (mg/L) grafiği.....	36
Şekil 4.4.	Gözlem noktaları-NO <sub>2</sub> -N (mg/L) grafiği .....	38
Şekil 4.5.	Gözlem noktaları-Bulanıklık (NTU) grafiği .....	39
Şekil 4.6.	Gözlem noktaları-Renk (Pt-Co) grafiği.....	40
Şekil 4.7.	Gözlem noktaları-Sertlik (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) grafiği.....	41
Şekil 4.8.	Gözlem noktaları-Kalsiyum (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) grafiği .....	41
Şekil 4.9.	Gözlem noktaları-Magnezyum (mg/L CaCO <sub>3</sub> ) grafiği.....	42
Şekil 4.10.	Gözlem noktaları-Klorür (mg/L) grafiği. ....	43

Şekil 4.11.	Gözlem noktaları-Alkalinite (mg /L CaCO <sub>3</sub> ) grafiği.....	44
Şekil 4.12.	Gözlem noktaları-Sodyum (mg/L) grafiği .....	45
Şekil 4.13.	Gözlem noktaları-Sıcaklık (°C) Grafiği .....	46
Şekil 4.14.	Gözlem noktaları-Çözünmüş Oksijen (O <sub>2</sub> ) Grafiği .....	47
Şekil 4.15.	Gözlem Noktaları- KOİ (mg/L) Grafiği.....	48



## SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

<b>ABD</b>	Amerika Birleşik Devletleri
<b>AKM</b>	Askıda katı madde
<b>APHA</b>	Amerikan Halk Sağlığı Derneği
<b>BOİ</b>	Biyolojik oksijen ihtiyacı
<b>CA</b>	Küme Analizi
<b>CDOC</b>	Kromoforik çözünmüş organik karbon
<b>CEM</b>	Vietnam çevresel izleme merkezi
<b>CPI</b>	Kapsamlı kirlilik indeksi
<b>DWQI</b>	İçme Suyu Kalite İndeksi
<b>EC</b>	Elektriksel İletkenlik
<b>EI</b>	Ötrofikasyon indeksi
<b>EDTA</b>	Etilen Diamin Tetra Asetat
<b>KOİ</b>	Kimyasal oksijen ihtiyacı
<b>MI</b>	Metal İndeksi
<b>NWQS</b>	Ulusal Su Kalitesi Standardı
<b>OPI</b>	Organik Kirlilik İndeksi
<b>PCA</b>	Temel Bileşenler Analizi
<b>PI</b>	Kirlilik İndeksi
<b>PLSR</b>	Kısmi En Küçük Kareler Regresyon Modeli
<b>RHS</b>	Nehir Habitat Araştırması
<b>SM</b>	Standart Metot
<b>SRI</b>	Spektral Yansıma İndeksleri
<b>SRM</b>	Standart Referans Malzeme
<b>TPI</b>	Ağır Metal İndeks
<b>WPI</b>	Su Kirliliği İndeksi

**WHO** Dünya Sağlık Örgütü

**WQI** Su Kalite İndeksi



# 1. BÖLÜM

## GİRİŞ

### 1.1. Amaç ve Kapsam

Dünya nüfusu, değişen iklim, barınma ihtiyacı üzerine doğan kentleşme ve sanayileşme ile birlikte kullanılan su miktarı da giderek artmaktadır. Sınırlı sayıda bulunan tatlı su kaynakları, küresel ısınma etkisi, bilinçsiz tarım uygulamaları, uygun olmayan kentleşme, sanayileşme ve kirlilik gibi birçok etkene maruz kalarak yok olma derecesine gelmektedir. Tatlı su kaynaklarına örnek olarak bataklık, buzullar, akarsular, yeraltı suları ve bazı göller verilebilir. Bu kaynakların korunması ve sürekliliğinin sağlanabilmesi için uygun biçimde ve uygun yöntemlerle izlenmesi gerekmektedir. Tatlı su kaynağı olan akarsular; atıksular, zirai ilaç ve gübreler, hayvan ve bitki atıkları gibi etkenler nedeniyle kirlenmektedir. Bu gibi çeşitli etkenler sebebi ile kirlenen akarsular, çevresinde bulunan canlılar için tehlike oluşturabilecek duruma gelmektedir.

Bu çalışmada Antalya'nın Gazipaşa ilçesinde yer alan İnceağı Çayı üzerindeki kirletici kaynakları belirlenerek ve olası kirletici kaynakları değerlendirerek çalışmalar yürütülmüştür. Deşarj edilen atıksuyun akarsu ile çevresinde bulunan tarım alanlarına etkisini ve antropojenik kirliliklerin etkileri değerlendirilip kirletici bazı parametrelerin izlenmesi yapılmıştır. Sonuçlara göre akarsuyun karakteristiğı ve kirlilik derecesi hakkında veriler elde edilmiştir. Yapılan analizler ve değerlendirmeler neticesinde ilgili yönetmelikler esas alınarak ortamdaki su kaliteleri sınıflandırılmıştır.



## 2. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER

#### 2.1. Akarsu Kirliliği

Su, canlı ekosisteme ev sahipliği yapan gezegenimizde, yaşamı sağlayan en önemli etkenlerden biridir. Dünyamızın dörtte üçü sularla kaplı olup, insani tüketim açısından kullanılabilir tatlı su kaynakları oldukça kısıtlıdır. Dünya genelinde yalnızca %0,3 oranında tatlı su, insani amaçlı tüketime uygun ve kullanılabilir kapsamda bulunmaktadır. Bu miktarın %2,2'si yüksek dağlarda bulunan buzullar, kutuplardaki buzullar ve yeraltı sularından oluşmaktadır. Genel açıdan bakılacak olursa, dünya genelinde kullanılabilir tatlı su miktarı kısıtlı olmasıyla birlikte küresel ısınma, sanayileşme, barınma ihtiyacının artmasıyla betonarme yapıların fazlaşması ve buna bağlı olarak çarpık kentleşme hem su kirliliğini hem de tatlı su ihtiyacını arttırmaktadır [1]. Bu durum, akarsu bünyesindeki besin maddeleri, canlı yaşamı ve sıcaklık gibi faktörleri doğal döngüsünden uzaklaştırmaktadır. Ekosistemde oluşan olumlu ve olumsuz değişiklikler biyolojik çeşitliliği etkilemektedir. Biyolojik çeşitlilik açısından akarsular için sürdürülebilirlik sağlanması, yüzeysel su kütlelerinin ekolojik kalitesinin biyolojik olarak değerlendirilmesini gerektirmektedir. Endüstriyel atıkların ve demografik artış nedeniyle oluşan atıkların akarsuya illegal karışımı, yüzey sularının kalitesini giderek bozmaktadır [2, 3]. Kalitesi bozulan akarsular kullanım alanlarına göre insan sağlığı ve çevre sağlığı açısından tehlike arz etmektedir.

Tatlı su kaynaklarından biri olan akarsular, içilebilir su miktarına önemli ölçüde etki etmektedir. Yüksek kontaminasyona maruz kalmayan akarsular, içme suyu, sulama suyu ve hayvancılık gibi birçok alanda kullanılabilirler. Bununla birlikte akarsularda oluşabilecek kirlilik birçok canlıyı tehlike altında bırakmaktadır. Bunlar insan sağlığı başta olmak üzere bitki ve hayvan sağlığı yani canlı ekosistem için önem arz etmektedir. Akarsu kirliliğine etki eden etkenler;

- Endüstriyel kirlilik,
- Tarımda kullanılan zirai ilaçlardan kaynaklı oluşan kirlilik (pestisitler),

- Hayvansal kaynaklı kirlilik (hayvansal atıkların kontrolsüz depolanması ve hayvanlardan suya bulaşabilecek bakteriyolojik kirlilik vb.),
- Evsel atıksular,
- Nüfus artışı ve kentleşme,
- Fosseptikler ve çöplükler şeklinde sınıflandırılabilir [1].

Hızla artan nüfus ve ihtiyaçlar, sanayinin gelişimine ve bu durum da endüstriyel kirliliğin artışına sebep olmuştur. Gelişen sanayi ve teknoloji sayesinde ihtiyaç duyulan madde ve ürünler farklılaştıkça endüstri sektörü de giderek farklılaşmış ve alanı genişleyerek büyümüştür. Yapılan bu endüstriyel aktiviteler sonucunda ortaya çıkan ekonomik değeri olmayan inorganik ve organik tehlikeli atıkların neden olduğu her türlü su kirliliğine endüstriyel kirlilik denmektedir. Endüstriyel atıksular bırakıldıkları ortama (canlı yaşamı, toprağı, yeraltı su kaynakları vb.) ciddi ölçüde zarar vermektedirler [4]. Endüstriyel kirlilik açısından akarsuyun kirlilik yükünü tespit etmek ve kirliliğin önlenmesi veya azaltılması konusunda çözüm üretmek gerekmektedir.

Kirletici etkenlerden bir tanesi de zirai ilaçlardır. İnsan yaşamı için önemli bir yeri olan tarım faaliyetlerinde kullanılan gübre ve zirai ilaçlar, istenen ürünün daha hızlı yetişmesini ve daha fazla miktarda üretilmesini sağlamaktadır. Tarım için en önemli faktörlerin başında su gelmektedir. Bilinçli tarım geliştikçe sulama suyu olarak nitelendirdiğimiz su kaynakları tarımda kullanılmaktadır. Fakat ülkemizdeki birçok su kaynağında (sadece sulama sularında değil) tarım kaynaklı pestisit kirliliği ortaya çıkmaktadır. Pestisitler doğada uzun süre bozunmadan kalabilmekte, toprak ve sucul canlılara zarar vermektedir. Pestisit kirliliğine maruz kalan bu sular, içme suyu kaynağı olarak kullanıldığı takdirde insan sağlığı için tehlike arz etmektedir [5].

Günümüzde nüfus artışı ile birlikte hayvansal gıdalarda tüketim oranı giderek artmakta olup bunun yanı sıra hayvancılık sektörü de teknolojinin gelişmesi ile birlikte kararlı bir artış ve gelişim eğilimindedir. Hayvancılık sektörünün gelişmesi ile birlikte hayvansal atıkların kontrol altına alınmaması tehlike arz etmektedir. Hayvansal atıklar yayılı kirlilik kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Atık kontrol sürecinin kontrolsüz ve düzensiz yapılması sonucunda yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarına zarar verebilmektedir. Ayrıca

hayvansal atıkların düzensiz olarak depolanması kötü koku, sinek ve böcek problemleri, zararlı mikroorganizmaların üremesi ve depolama sahasından oluşabilecek sızıntı sularının yol açtığı kirlilik gibi birçok probleme yol açmakta olup çevre sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir [6, 7].

Akarsular evsel, endüstriyel ve tarımsal olarak birçok kirletici etkene maruz kalmaktadır. Dünya çapında kullanılabilir su kaynaklarının miktarının az olması ve söz konusu kirleticilerle kirlenmesi sonucu su kıtlığı yaşanmaktadır. Yaşanan su kıtlığı bazı ülkelerde (örneğin Afrika ülkeleri gibi) yaşamın zorlaşmasına sebep olmaktadır. Bu duruma etken olarak nüfusun artışı ele alırsak, kentsel yaşam alanlarında tüketilen su miktarı da artmaktadır. Kullanılan su miktarıyla orantılı olarak evsel atık su miktarı da orantılı olarak artmaktadır. Evsel atıksu arıtma tesislerinin ihtiyaca karşılık olarak sayıları fazlalaşmıştır ve gelişmiştir. Fakat bu tesisler, kanalizasyon sistemlerinden doğan tekil özelliklerden dolayı oluşan problemlerle yüz yüze gelmektedir. Arıtma sistemlerinde oluşan bu problemlerden kaynaklı kirlilik yükü arttıkça arıtma çıkışı atıksu karakterizasyonu değişim göstermektedir. Arıtma tesisinin arıtım kapasitesinin yeterli olmadığı durumlar olabilmektedir. Dolayısıyla evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisi çıkış sularının deşarj edildiği bölgede kirlilik oluşabilmektedir. Günümüzde bu sorunlarla daha az karşılaşmaktadır. Fakat bazı bölgelerde evsel atıksuyun yetersiz arıtımından dolayı deşarj edildiği bölgelerde kirlilik yaşanmaktadır [8–11].

Kirliliğin önüne geçilebilmesi için kaynağının tespit edilip sorunu kaynağında çözmek en verimli çözümlerden birisidir. Kirleticiler noktasal ve yayılı kirletici olarak ikiye ayrılmaktadır. Su kalitesinin daha iyi olabilmesi için kirleticinin yayılı veya noktasal olmasını belirlemek ve kontrolünü sağlayabilmek yapılması gereken ilk adımdır. Endüstriyel atıksular ve alıcı ortama gelen kentsel atıksular noktasal kaynaklı kirletici olarak adlandırılırken, fosseptik kullanımı, arazi kullanımı hayvancılık, gübre kullanımı ve katı atık sızıntı suları gibi kirletici etkenler yayılı kaynaklı kirletici olarak kabul edilmektedir. Kirleticileri belirlemek için birim kirlilik yüklerini dikkate alarak hesaplamalar ve kompleks modellemeler gibi birçok çalışma yürütülmektedir [12]. Sürdürülebilir su kontrolü açısından dünya genelinde akarsulardan gelen suyun ekolojik yapısını vurgulayan çalışmalar, su kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Su kalitesi indeksi

(WQI), nehir habitat araştırması (RHS) ve su kirliliği indeksi (WPI) yapılan çalışmalarda su kalitesinin değerlendirilmesi aşamasında en önemli adımlardır [13]. Bu adımlar dikkate alınarak suyun ve dolayısıyla akarsuyun kullanım yeri ve kullanım amacı da büyük ölçüde şekillenmektedir. Akarsu kalitesi oldukça yüksek oranda temiz ve kullanılabilir durumda ise içme suyu açısından bir kaynak olarak tercih edilebilmektedir. Akarsuyun konumuna, doğal akış gücüne ve kalitesinin durumuna bakılarak tarım alanında sulama suyu, kentsel alanda rekreasyonel kullanımı, hayvancılık alanında kullanımı ve hidroelektrik enerjisi elde etmek için kullanımı gibi farklı kullanım alanları mevcuttur.

Akarsu kirliliği hakkında ulusal ve uluslararası birçok çalışma yapılmıştır ve halen yapılmaya devam etmektedir. Dünya sorunu haline gelen su kirliliğini yönetebilmek ve önüne geçmek adına yapılan çalışmalara örnek verilecek olursa Nil Nehri yüzey suyunun; su kalitesi indeksleri, spektral imza ve birçok değişkenli modelleme kullanarak su kalitesinin değerlendirildiği bir çalışma yapılmıştır. Makalenin çalışma alanı olan Nil Nehri, 6700 km'lik toplam uzunluğuyla dünyanın en uzun nehirlerinden biridir. Nil Nehri, Damietta ve Rosetta olarak adlandırılan iki koldan oluşmaktadır. Bu iki akarsu kolundan toplamda 51 adet su numunesi alınmıştır. 2 set halinde toplanan numuneler filtrelenerek 500 ml'lik pet şişelere alınmıştır. Bu çalışmada 23 farklı fizikokimyasal parametreye bakılmıştır. Bunlar; pH, EC, TDS, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, sıcaklık, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Cr<sup>2+</sup>, Cu<sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Mo<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> ve Zn<sup>2+</sup> parametreleridir. Nil Nehri'nden alınan su numunelerinin içme suyu olarak uygun olup olmamasına karar verebilmek için kalite fonksiyonu hesabı (alt indeks), parametre seçimi ve alt indekslerin birikimi olmak üzere üç faktör tarafından aritmetik denklemler kullanarak farklı yaklaşımlar uygulamıştır ve karşılaştırma yapılmıştır. Nil Nehri'nin kirliliğe hassasiyeti ve içme suyu olarak uygunluğu, fiziksel ve kimyasal özelliklerinden yararlanarak hesaplaması yapılan metal indeksi (MI), içme suyu kalite indeksi (DWQI) ve kirlilik indeksi (PI) gibi su kalite indeksleri (WQI) kullanılarak araştırması yapılmıştır. Nil Nehri'nin Rosetta kolu üzerinden 21 adet su örneği alınmıştır. Alınan bu örneklerde çalışılan parametrelerden bazılarının ortalama değerleri şu şekildedir; pH 7.8, sıcaklık 30 °C, bulanıklık 3.26 NTU, tuzluluk 258.52 ppm, EC 404 µS/cm, Na<sup>+</sup> 28,91 mg/L, Mg<sup>2+</sup>

13,17 mg/L, Ca<sup>2+</sup> 23,24 mg/L ve Cl<sup>-</sup> 53,13 mg/L' dir. Damietta kolu üzerinden ise 30 adet su örneği alınmıştır. Alınan örneklerdeki bakılan bazı parametrelerin ortalama değerleri; pH 7.85, sıcaklık 28.4 °C, bulanıklık 2.97 NTU, tuzluluk 251.53 ppm, EC 393.06 µS/cm, Na<sup>+</sup> 25,06 mg/L, Mg<sup>2</sup> 12,57 mg/L, Ca<sup>2+</sup> 26,07 mg/L ve Cl<sup>-</sup> 45,88 mg/L olarak elde edilmiştir. Çalışması yapılan parametre değerleri kapsamında Nil Nehri'nin yüzey suyu kalitesinin içme suyu amaçlı kabul edilebilmesi için, fizikokimyasal özellikleri spektral yansıma indeksleri (SRI), küme analizi (CA), kısmi en küçük kareler regresyon modeli (PLSR) ve temel bileşenler analizi (PCA) tarafından yeterli metodolojiler değerlendirilmiştir. WQI değerlendirmelerine göre su kalitesinin kötüleşmesindeki sebepler büyük tarım alanlarından gelen deşarjlar, endüstriyel atıksular, zayıf drenaj sistemleri ve Nil Nehri'ni kapsayan zayıf sanitasyon olarak gösterilmiştir [14].

Dünya'nın diğer bir yanında ise Malezya yarımadasında bulunan Kelantan Nehri'nin su kalitesi hakkında bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmanın amacı, Malezya yarımadasındaki Kelantan Nehri mansabında su kalitesi durumunun eğilimini tespit etmektir. Malezya yarımadasında bulunan bu nehir yılda hem muson mevsimi hem de kurak mevsimi geçirmektedir. Çalışma 2005 yılında başlayıp 2018 yılında son bulmuştur. Çalışma yılları aralığı 2005-2006, 2010-2011, 2017-2018 olarak kabul edilmiş olup her bir yılda bir mevsim döneminde su örnekleri alınıp çalışılmıştır. Deney çalışmalarında 6 parametre belirlenmiştir. Bu parametreler pH, Çözünmüş oksijen, amonyak azotu, BOİ, KOİ ve AKM'dir. Bu parametrelerde amonyak azotu Nessler metodu kullanılarak yapılmış olup diğer kalan parametreler ise APHA metoduna göre çalışılmıştır. Kelantan Nehri için, WQI ve ulusal su kalitesi standardı (NWQS) kapsamında seçilen altı parametrenin alt indekslerinin hesapları değerlendirilerek su kalitesi hakkında bilgi edinilmiştir. 2005'ten 2018 kadar 6 su parametresinin değerleri şöyledir; pH kurak mevsimlerde 2005'ten 2018'e kadar 7 – 7,5 arasında bir alkalilik göstermekte olup, muson mevsimlerinde ise 2005'ten 2018'e kadar 7- 6 arasında bir asidiklik artışı göstermiştir. Çözünmüş oksijen seviyesinin en yüksek olduğu zamanlar 2005-2006 arası ortalama değer olarak 8 civarındayken en düşük değerler ise 2017-2018 yıllarında ortalama 6 değeridir. Muson mevsimi, kurak mevsime kıyasla daha düşük çözünmüş oksijen değerine sahiptir. Askıda katı madde (AKM) konsantrasyonu 2017-2018 yıllarında

muson mevsiminde kurak mevsime kıyasla daha yüksektir. 2005 yılından 2018 yılına kadar AKM değerinde artış gözlemlenmiştir. BOİ değerinde de 2005'ten 2018'e kadar artış gözlemlenmiştir. BOI değeri 2005 yılında sıfıra yakın iken 2018 yılına kadar 2-2,5 mg/L'ye kadar çıkmıştır. KOİ değeri ise 2005 -2018 yılları arasında yükselen bir eğilim göstermiştir. KOİ değeri 0-4 mg/L'den ortalama 16 mg/L' ye kadar artış göstermiştir. Amonyak azotu için de durum benzerdir, en yüksek değeri 2018 yılında ortalama 1,5 mg/L değeri ile 2005'ten 2018 yılına kadar artmıştır. Sonuç olarak Kelantan şehrinin yıllar içinde nüfusu arttıkça Kelantan nehrinin su kalitesi giderek düşüş göstermiştir. Suyun kullanımı için arıtıma ihtiyaç vardır [15].

Tayland Binh Nehri'nin en uzun kolu olan Cau Nehri 288 km uzunluğundadır. Cau Nehri, denize bağlanmadan önce toplamda dört ilden geçmektedir. Bunlar Bac Kan, Bac Giang, Bac Ninh ve Thai Nguyen'dir. Nehir denize boşalmadan önce bu dört il üzerinden topladığı kirlilik yükünü taşımaktadır. Bu nehirde yapılan çalışmanın amacı, mevcut kirlilik yüklerini tespit etmektir. Cau Nehri'ne karışan totalde 63 kirlilik kaynağı olduğu raporunu, Vietnam Çevresel İzleme Merkezi (CEM) yayınlamıştır. 63 kirlilik kaynağı bu dört eyalete yayılmaktadır. Nehrin üst kısmında olan, Bac Kan eyaletinde nüfus yoğunluğu bulunmaktadır, bu da konut faaliyetlerini arttırmaktadır. Ayrıca bölgede yaygın olarak tarımsal üretim yapılmaktadır. Bu sebeplerden dolayı 10 kirlilik kaynağı bu bölgede bulunmaktadır. Nehrin orta bölgesinde yer alan Thai Nguyen eyaletinde, ağır sanayi faaliyetleri yapılmaktadır. Buna ek olarak nüfus da oldukça yoğundur. CEM, bu bölgede 16 kirlilik kaynağı tespit etmiştir. Nehrin alt kısmında ise Bac Giang ve Bac Ninh eyaletleri bulunmaktadır bu bölgelerde ise tarım, sanayi ve zanaat köyleri bulunmaktadır. Nehre bu bölgeden yıl bazında toplam 138.192 m<sup>3</sup> atıksu akışı olduğu tespit edilmiştir. Bac Giang eyaletinden gelen 17 kirlilik kaynağı Bac Ninh eyaletinden gelen 20 kirlilik kaynağı olduğu düşünülmektedir. Nehir üzerinde 16 su parametresi izlenmiştir. Bunlar; pH, sıcaklık, toplam askıda katı madde, bulanıklık, çözünmüş oksijen, BOİ, KOİ, amonyak, nitrat, nitrit, fosfor, koliform, demir, çinko, bakır ve kadmiyum parametreleridir. Kurak ve yağışlı sezon olmak üzere iki sezonda da bu parametreler çalışılmıştır. Örneğin; pH değeri kurak sezonda 7.59 iken, yağmurlu sezonda 7.44 değerindedir. Sıcaklık, kurak sezonda 25,49 °C iken yağışlı sezonda ise 26,57 °C'dir.

Bulanıklık, yağışlı sezonda 77,84 NTU değerindeyken kurak sezonda 76,23 NTU değerindedir. Amonyak, kurak sezonda 0,26 mg/L iken yağışlı sezonda 0,27 mg/L değerindedir. Nitrit, kurak sezonda 0,06 mg/L iken yağışlı sezonda 0.055 mg/L değerindedir. Diğer parametre değerleri de beraber kurak ve yağış sezonu olmak üzere iki set halinde sonuçları elde edilmiştir. Bu çalışmada organik kirlilik indeksi (OPI), ötrofikasyon indeksi (EI), kapsamlı kirlilik indeksi (CPI), ağır metal indeksi (TPI) ve WQI indeksleri kullanılarak nehrin değerlendirilmesi ve hesaplanması yapılmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde Vietnam Ulusal Çevre Standardı'na göre Cau Nehri suyu sulama suyu olarak kalitesi uygun olsa da su temini amacıyla nehrin taşıma kapasitesi konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır [16].

Su kalitesindeki değişimler nedeniyle üzerinde çalışmalar yapılan bir diğer nehir ise Luanhe Nehri'dir. Çin' nin Tianjin şehrinde bulunan Luanhe Nehri, Tianjin şehrine yakınlığından dolayı, Luanhe Nehri'nden su yönlendirme projesi ile ekonomik ve sosyal anlamda yıllardır büyük kalkınma yaşamıştır. Proje kapsamında kullanılan su kalitesinin bozulmasından dolayı araştırmacılar Luan Nehri'nin üst ve orta noktalarından numuneler alarak çalışma yapmışlardır. WQI kapsamlı bir şekilde uygulanmıştır. Temmuz 2017 (yaz), Ekim 2017 (sonbahar) ve Nisan 2018 (ilkbahar) aylarını kapsayan dönemlerde toplam 85 tane su numunesi örneği alınmıştır. Numuneler belirlenen akış noktalarda, su yüzeyinin 0,5 m alt derinliğinden alınmıştır. Kış aylarında buzlanma olduğu için su numunesi örneği alınıp çalışma yapılamamıştır. Alınan numuneler filtre kağıdından süzdürülüp, inkübatörde deney çalışması için muhafaza altına alınmıştır. pH, EC, çözülmüş oksijen ve sıcaklık değerleri taşınabilir multimetre ile yerinde ölçülmüştür. Laboratuvar ortamında ise BOİ<sub>5</sub>, permanganat indeksi, toplam fosfor, potasyum persülfat, toplam azot, toplam askıda madde, amonyak azotu ve nitrat deneyi spektrofotometre ve titrimetrik metotlar ile çalışılmıştır. Çalışılan parametre sonuçları 0 ile 100 arasında değer ile su kalitesi derecelendirilmiştir. Toplamda beş dereceye ayrılan sular; (100-90) mükemmel, (90-70) iyi, (70-50) orta, (50-25) kötü ve (25-0) çok kötü olarak belirlenmiştir. Su numunelerini alındığı üç dönemdeki üst ve orta akıştaki WQI hesaplandığı zaman, 66,4 Temmuz 2017 (yaz) dönemi, 63,6 Ekim 2017 (sonbahar) ve 63,3 Nisan 2018 (ilkbahar) belirlenmiştir. WQI' ne göre su kalite dereceleri orta olarak

nitelendirilmiştir. Bölgenin su kalitesini etkileyen organik ve inorganik kirleticiler önemli faktörlerdendir. Tarımsal faaliyetlerde yapılan değişikliklerin su kalitesine de etki ettiği gözlemlenmiştir. Arazinin kullanımı ve kullanılan gübrelerin farklılığı suyun kalitesinde farklılığa sebep olmuştur. Yazın WQI değeri sonbahar ve ilkbahara kıyasla daha yüksektir. Bunu yazın akışın fazla oluşuna ve su içerisindeki kirliliği seyreltebileceği düşünülebilmektedir. Sonuç olarak Luanhe Nehri etrafındaki yapılan tarımsal faaliyetlerde gübre tüketiminin kontrol altına alınması ve rasyonel olması gerektiğine karar verilmiştir [17].

Ülkemizde gerçekleştirilen akarsu su kalitesi hakkında çalışmalar incelendiğinde, Mersin’de yer alan Deliçay akarsu havzası üzerinde yapılan bir çalışmada, akarsu havzası yaklaşık olarak 55 km uzunluğundadır. Akarsu içerisinde karbonat kayaçlar, kırıntılı kayaçlar ve ofiyolitik kayaçlar gibi kayaçlar bulunmaktadır. Çalışmanın yapıldığı akarsu havzasının etrafında konumlanan arazilerin %49’u tarım alanını, %46’sı orman alanını oluştururken geriye kalan %5’lik alan içerisinde maden sahaları, açık alanlar, endüstriyel alanlar ve yerleşim yerleri bulunmaktadır. %49’luk oranla yoğun olan tarım alanlarının su ihtiyacı Deliçay akarsu havzasından karşılanmaktadır. Bu anlamda sulama suyu kalitesi hakkında çalışma gerçekleştirilmiştir. Akarsu ana kolu üzerinde kaynaktan başlayarak denize döküldüğü yere kadar olan bölgeden toplamda 11 farklı yerden su numunesi örneği alınmıştır. Kimyasal parametreler, debi ölçümleri ve fiziksel parametre analizleri yaparak su kalitesi hakkında bilgi edilmeye çalışılmıştır. pH, EC, çözünmüş oksijen ve sıcaklık parametreleri yerinde ölçülmüştür. Laboratuvarında, kimyasal parametreler üzerinde çalışılması için 250 mL’lik polietilen kaplara su numuneleri aynı noktadan ikişerli olarak alınmıştır. Su örneklerinin laboratuvar sonuçlarında pH değerleri 11 noktadan alınan su numunelerinde kaynaktan denize boşaltım noktasına kadar 8,06-8,5 arasında değeri bazikleşmiştir. Çözünmüş oksijen değerleri ise başlangıç noktasında 5,21 mg/L iken bazı noktalarda 6,39 mg/L’ye kadar yükselmiş olup deşarj noktasında 5,68 mg/L ile sonlanmıştır. Kalsiyum değeri en yüksek başlangıç noktasında 77,48 mg/L olarak sonuç vermiş olup bazı noktalarda 45,96 mg/L’ye kadar düşmüştür. Magnezyum değerleri 49,31-68,64 mg/L aralığında değişmektedir. Sodyum analizinde en düşük değer 7,69 mg/L iken en yüksek değer 39,21 mg/L ile başlangıç noktasında ölçülmüştür. Genel



olarak havzanın jeolojik durumunu değerlendirildiğinde kalsiyum, magnezyum ve bikarbonat değerlerinin bulunması ve bazı noktalarda yüksek olması havzada yer alan karbonat kayaçlardan dolayı meydana gelmektedir. Yapılan diğer parametrelerde WHO kriterlerini aşan değerlerden birisi  $\text{NO}_2^-$  parametresidir. Başlangıç noktasındaki ölçülen 0,320 mg/L değeri ile WQI sınırını aşmaktadır. Bu sınırı aşan diğer parametreler ise 217,30 mg/L ile  $\text{Al}^{+3}$  ve 408 mg/L değer ile  $\text{Fe}^{+2}$ 'dir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği dikkate alınarak değerlendirme yapıldığı zaman havza çıkışında bulunan noktadan alınan su örneklerinden elde edilen elektriksel iletkenlik ve nitrat değerlerine III. sınıf su kalitesini göstermektedir. Akarsu başlangıç noktası ise I. sınıf su sınıfına girmektedir. ABD tuzluluk laboratuvarı ve Wilcox diyagramları neticesinde çalışması yapılan tüm örneklerin sulama suyu olarak kullanılabilir olduğu kabul görmüştür. Fakat havza çıkışındaki endüstriyel, evsel ve tarımsal faaliyetlerin ciddi derecede akarsuyu etkilediği tespit edilmiştir [1].

Dünyada ve ülkemizde yapılan çalışmalar incelendiğinde tarımsal faaliyetlerin ve endüstriyel faaliyetlerin kullanılabilir yüzeysel su kaynakları üzerinde önemli ölçüde etkide bulunduğu açıkça grlmektedir. Mevcut alışmada Antalya'da bulunan İnceağrı ayı'nın söz konusu faaliyetlerden ne kadar etkilendiği araştırılmıştır.

### 3. BÖLÜM

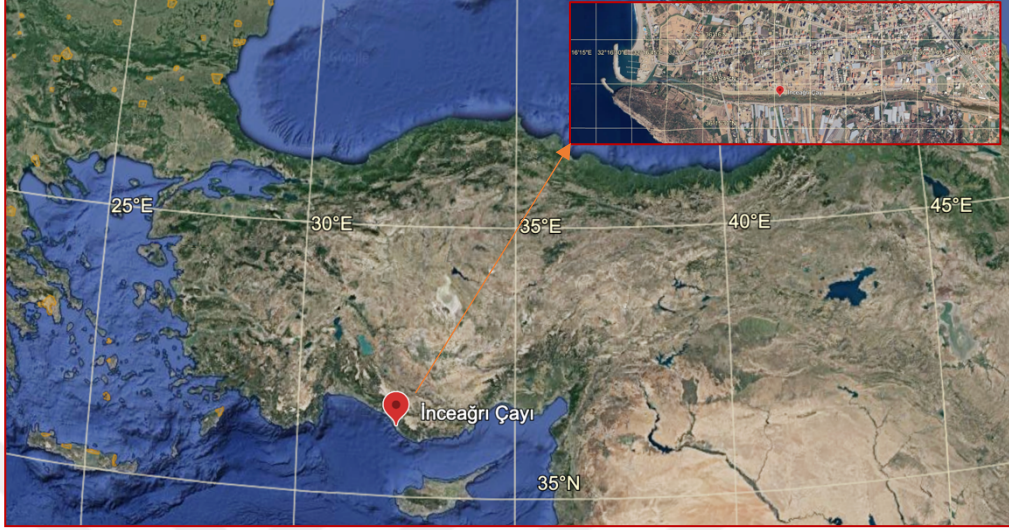
#### MATERYAL-METOT

##### 3.1. Araştırma Alanı

Çalışmanın yapıldığı sucul alan, Antalya, Gazipaşa İlçesi'nde bulunan İnceağrı Çayı'dır. İnceağrı Çayı'nın uzunluğu 30 km'dir. Gökçebelen Koyu yakınından çıkararak sağdan Gereve, Çıglık ve Gökçeler derelerini alıp, Gazipaşa'da birleştikten sonra ovayı sulayıp denize dökülmektedir. Araştırma alanı olan akarsu etrafında ve denize uzanan akarsu kolu boyunca tarım arazileri bulunmaktadır [18]. Araştırma alanının uydu görüntüsü Şekil 3.1'de ve alanın fotoğrafı ise Şekil 3.2'de verilmiştir.

Yerli halk tarımda akarsuyu sulama suyu olarak kullanmaktadır. Tarımsal kullanıma uygunluğunu tespit etmek için akarsuyun kirlilik derecesinin belirlenmesi gerekmektedir. Akarsu genel anlamda sulama amaçlı kullanılmakta içme suyu olarak kullanılmamaktadır. Akarsu etrafında hayvancılık da yapıldığından dolayı hayvanların su ihtiyaçları da bu akarsudan giderilmektedir. Bu sebeple akarsu kirletici etmenlerinden bir diğeri ise hayvansal kaynaklı kirliliktir. Hayvansal atıkların akarsuya karışma olasılığı araştırma alanında oldukça yüksektir. Akarsuyun hemen yanında yapılan hayvancılık suyun kalitesinin oldukça düşmesine sebep olmaktadır. Kontrolsüz yapılan hayvancılık dolayısı ile kirlilik oluşmakta ve bunun önlenmesi gerekmektedir. Hayvansal kirliliğin yanı sıra akarsu etrafında bulunan işletmelerden, kentleşmeden, evsel atıksu arıtma tesisi deşarjından veya akarsuyun birikme yaptığı bölgedeki kanalizasyon alt yapısındaki oluşabilecek herhangi bir sızıntıdan dolayı evsel atıksularda akarsu kirliliğine neden olabilmektedir. Araştırma alanındaki su kaynağını kirletici faktörleri aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz:

- Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklı kirlilik
- Tarımsal faaliyetlerden kaynaklı kirlilik
- Evsel atıksu deşarjından kaynaklı kirlilik
- Akarsuyun biriktiği bölgedeki sızıntıdan kaynaklı kirlilik.



Şekil 3.1. İnceağrı Çayı'nın uydu görüntüsü.



Şekil 3.2. İnceağrı Çayı

Antalya'nın Gazipaşa ilçesinde İnceağrı Çayı'nın kirlilik yükü tespiti için çalışmalar yapılmıştır. Akarsu üzerinde atıksu deşarj noktası esas alınarak beş nokta belirlenmiş ve Nisan 2022 ve Nisan 2023'te bu noktalardan numune alınmıştır. Yıl bazında değerler birbirine çok yakın olduğundan değerlerin ortalamaları verilmiştir. Numuneler için amonyak azotu, nitrit azotu, renk, metiloranj alkalinitesi, fenolftalein alkalinitesi, toplam sertlik, kalsiyum, magnezyum, klorür, pH, iletkenlik, sıcaklık, çözülmüş oksijen, bulanıklık, KOİ ve sodyum analizleri yapılmıştır. Atıksu arıtma tesisi deşarj noktası Şekil 3.3'te görülmektedir. Belirlenen noktalar A1 (atıksu akarsuya deşarj edilmeden 100 m

öncesi) (Şekil 3.4), A2 (atıksuyun akarsuya deşarj noktası) (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6), A3 (deşarj noktasından 100 m sonrası) (Şekil 3.7), A4 (deşarj noktasından 200 m sonrası) ve A5 (Akarsuyun denize döküldüğü noktadan önceki birikme alanı) (Şekil 3.8) olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.3. Atıksu arıtma tesisinin örnekleme alanındaki konumu.

Örnekleme alanında çalışma öncesinde keşif gezisi yapılmış ve örnek alınacak noktalar belirlenmiştir. Daha sonra sterilize edilen kaplara belirlenmiş olan noktalardan numune alımı gerçekleştirilmiş olup, çözünmüş oksijen, sıcaklık, pH ve iletkenlik parametreleri yerinde ölçülmüş ve diğer analizler için numuneler vakit kaybetmeden laboratuvara götürülmüştür.



Şekil 3.4. Atıksuyun akarsuya deşarj noktasından 100 m öncesı.



Şekil 3.5. Atıksu deşarj çıkışı.



Şekil 3.6. Atıksuyun akarsuya deşarj noktası.



Şekil 3.7. Atıksuyun akarsuya deşarj noktasından 100 m sonrası.



Şekil 3.8. Akarsuyun denize döküldüğü noktadan önceki birikme alanı.

### **3.2. Analizlerde Kullanılan Malzemeler ve Cihazlar**

Analizlerde kullanılan kimyasallar ve standart referans malzemeler Tablo 3.1’de verilmiştir. Deneylerde kullanılan cihazlar ise Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Tez çalışmasında kullanılan kimyasal çözeltiler ve standart referans maddeler.

Parametreler	Kullanılan Kimyasal Çözeltiler	Kullanılan Standart Referans Malzemeler (SRM)
Amonyak azotu	Fenol çözeltisi Oksitleme çözeltisi Sodyum Nitroprusid çözeltisi	10 mg/L amonyak ara stok çözeltisi
Nitrit azotu	Renk reaktifi	10 mg/L nitrit ara stok çözeltisi
Renk		500 pt-Co srm
Metiloranj Alkalinitesi	0,02 N Standart H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Metiloranj çözeltisi	0,02 N Sodyum Karbonat Ayar Çözeltisi (Rm:1000 Mg/L Ana Stok Çözeltisi)
Fenolftalein Alkalinitesi	Fenolftalein çözeltisi 0,02 N Standart H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,02 N Sodyum Karbonat Ayar Çözeltisi (Rm:1000 Mg/L Ana Stok Çözeltisi)
Toplam Sertlik	Tampon çözelti Ericochrome T Powder 0,01 N EDTA Titrasyon Çözeltisi	Standart Kalsiyum Çözeltisi (Rm:1000 Mg/L Ana Stok Çözeltisi)
Kalsiyum	1N NaOH çözeltisi Müreksid 0,01 N EDTA Titrasyon Çözeltisi	Standart Kalsiyum Çözeltisi (Rm:1000 Mg/L Ana Stok Çözeltisi)
Magnezyum	Tampon Çözelti Ericochrome T Powder (Standart Çalışma Sertlik Gibi, Numune Çalışması Hesaplama Yoluyla Bulunuyor) 0,01 N EDTA Titrasyon Çözeltisi	Standart Magnezyum Çözeltisi (Rm:1000 Mg/L Ana Stok Çözeltisi)



Tablo 3.2 (Devam). Tez çalışmasında kullanılan kimyasal çözeltiler ve standart referans maddeler.

Parametreler	Kullanılan Kimyasal Çözeltiler	Kullanılan Standart Referans Malzemeler (SRM)
Klorür	Potasyum kromat indikatör çözeltisi	Standart Sodyum Klorür Çözeltisi 0.0141 N (Rm:500 Mg/L Ana Stok Çözeltisi)
pH		pH 4 doğrulama ve kalibrasyon solüsyonu pH 7 doğrulama ve kalibrasyon solüsyonu pH 10 doğrulama ve kalibrasyon solüsyonu
Çözünmüş oksijen		Sodyum Tiyosülfat Çözeltisi (0,025N)
Elektriksel iletkenlik		1412 $\mu$ S/cm doğrulama ve kalibrasyon solüsyonu
Bulanıklık		0,02 NTU doğrulama ve kalibrasyon solüsyonu 10 NTU doğrulama ve kalibrasyon solüsyonu 1000 NTU doğrulama ve kalibrasyon solüsyonu
KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı)	Hazır kit	Hazır kit
Sodyum	Hazır kit	Hazır kit

Tablo 3.3. Analizlerde kullanılan cihazlar.

Çalışılan Deneyler	Kullanılan Cihaz
Amonyak azotu	Spektrofotometre (Agilent/ Cary 60 UV-VİS Spectrophotometer)
Nitrit azotu	Spektrofotometre (Agilent/ Cary 60 UV-VİS Spectrophotometer)
Renk	Spektrofotometre (Agilent/ Cary 60 UV-VİS Spectrophotometer)
Metiloranj Alkalinitesi	Titrasyon düzeneği
Fenolftalein Alkalinitesi	Titrasyon düzeneği
Toplam Sertlik	Titrasyon düzeneği
Kalsiyum	Titrasyon düzeneği
Magnezyum	Titrasyon düzeneği
Klorür	Titrasyon düzeneği
pH	Multimetre (Thermo Scientific Eutech PC 450)
EC (iletkenlik)	Multimetre (Thermo Scientific Eutech PC 450)
Sıcaklık	Multimetre (Thermo Scientific Eutech PC 450)
Çözünmüş Oksijen (ÇO)	DOL1 Optik Çözünmüş Oksijen Ölçer
Sodyum	Spektrofotometre (Agilent/ Cary 60 UV-VİS Spectrophotometer)
Bulanıklık	Türbidimetre (Micro TPW Turbidymeter)
KOİ	Spektrofotometre (Agilent/ Cary 60 UV-VİS Spectrophotometer), Termoreaktör (Merck TR320 Termoreaktör)

### 3.3. Araştırma Alanı için Yapılan Analizler

#### 3.3.1. pH analizi

pH analizinin amacı su, atık su, havuz suyu ve deniz suyunda asitlik veya alkalinite derecesini SM 4500-H<sup>+</sup> B Elektrometrik Metodu kullanarak belirlemektir. Deneyin genel olarak prensibi, bir çözeltinin asit veya baz olma özelliğinin şiddetini gösteren bir kısaltmadır ve çözeltide bulunan H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonunun bir ifade şeklidir. Atık su arıtımında gerek biyolojik gerekse kimyasal dengeyi sağlamak üzere pH bilinmeli ve kontrol edilebilmelidir. Suların pH' ı pH metre ile ölçülür (Şekil 3.9). pH metreler standart bir hidrojen elektrodu (cam elektrod) ve referans elektrodu (kalomel/civa elektrod) içerirler. Aletin esası potansiyometrik olarak hidrojen iyonlarının aktivitesinin ölçümüne dayanır. Bu metoda göre 0-14 pH arası ölçülebilmektedir. Deney çalışması için pH metre açılarak 15 dk. kadar ısıtılır. Eğer kalibrasyonu yoksa, pH 4,01- 7,00 – 10,00 standart çözeltileri ile uygun aralık için kalibrasyon yapılır. Sonra prob distile su ile yıkanır. Yumuşak bir kâğıt mendil ile kurulur. Daha sonra pH elektrot gövdesi tutulur ve ölçülecek olan çözeltiliye “algılama kafası” tamamen batırılır ve prob yavaşça döndürülür. Cihaz ekranında pH değeri sabitlendiği zaman okuma gerçekleştirilir ve sonuç kaydedilir. Böylece pH ölçümü tamamlanmış olmaktadır.



Şekil 3.9. pH ve elektriksel iletkenlik ölçümleri için kullanılan multimetre.

### 3.3.2. Elektriksel iletkenlik analizi

EC (iletkenlik) analizinde, su, atıksu ve deniz suyundaki elektriksel iletkenliğin ve tuzluluğun SM 2510 B Laboratuvar Metodu ile ölçülmesi sağlanmaktadır. Metodun genel prensibi; elektriksel iletkenlik, su numunesinin elektrik akımını iletme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Bu sayı iyonize olmuş maddenin toplam konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlıdır. Birçok inorganik bileşikler iyi iletkenler. Sulu çözeltileri ayrışmayan organik bileşik molekülleri iletkenliği az iletirler. Saf suyun iletkenliği 0,5-3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dir. İletkenlik yardımıyla saf suyun saflık derecesinin kontrolü, doğal ve atıksulardaki çözülmüş madde miktarlarının değişimi, suyun kimyasal analizinin kontrolü yapılmaktadır. İletkenlik birimi olarak  $\mu\text{S}/\text{cm}$  kullanılmaktadır ( $1\mu\text{S}/\text{cm} = 1\mu\text{mho}/\text{cm}$  ve  $1\text{mS}/\text{m} = 10\mu\text{mho}/\text{cm}$ ). Deney çalışması için öncelikle cihaz açılır ve daha sonra EC probu cihaza takılır (Şekil 3.9). Bir süre beklendikten sonra prob distile su ile temizlenir ve kurulanır. Ölçülmek istenilen numuneye prob daldırılarak cihazın dengeye gelmesi beklenir ve ekranda değer sabitlendiği anda ölçüm sonucu kaydedilir.

### 3.3.3. Amonyak azotu analizi

Amonyak azotu analizinin amacı, su, atıksu ve havuz suyunda düşük derişimler için Fenat metodu ile spektrofotometrik olarak amonyum azotunun tayin edilmesidir. Su bünyesinde bulunabilecek yüksek oranda amonyak azotu, canlı çevreye etkisi bakımından oldukça tehlikelidir. Bu tehlike göz önünde bulundurulduğunda akarsu içerisine atıksu arıtma çıkış suyu deşarj edildiği için amonyak azotu analizi bu çalışmaya dahil edilmiştir. Amonyak azotu analizinde SM 4500-NH<sub>3</sub> F Fenat Metodu kullanılmıştır.

Fenat metodu prensip olarak, koyu mavi bir renge sahip bileşik olan indifenol, amonyağın hipoklorür ve fenolile sodyum nitroprosside katalizörlüğünde reaksiyona girmesinden dolayı oluşmaktadır. Fenat metodunda kullandığımız kalibrasyon eğrisi 0,6 mg/L NH<sub>3</sub>-N'e kadar lineer olmaktadır. Amonyum azotu deneyinde kalibrasyon eğrisi oluşturulurken 20 mm'lik küvet kullanılmıştır. Su, atıksu ve havuz suyu için aynı kalibrasyon eğrisi kullanılmaktadır. 0,6 mg/L NH<sub>3</sub>-N 'e kadar ölçüm yapılabildiği için daha yüksek konsantrasyonlarda numune seyreltilmelidir. Deneyde kullanılan akarsudaki amonyak azotunun yüksek konsantrasyonlarda olmadığı varsayılarak seyreltme yapılmadan çalışma yapılmıştır. Deney esnasında kullanılacak olan bütün balon jojelerin

temiz ve kuru olması gerekmektedir. Analiz yapım aşamasında balon jocularin ağızlarının kapatılmasına özen ve dikkat gösterilmeli, havada bulunan azottan etkilenmesini en aza indirmeye çalışılmalıdır. Deney sırasında kullanılacak olan deiyonize suyun taze hazırlanmış olması gerekmektedir çünkü deney sonucunun doğruluğunu arttırması açısından önemlidir. Şahit için 25 ml hacminde amonyaksız su (saf su) ve numune için 25 ml hacimde numune 50 ml'lik balon jocularye eklenmektedir. 1 ml fenol solüsyonu, 1 ml sodyum nitroprusid ve 2,5 ml oksitleme solüsyonu balon jocularye eklenir ve karıştırılır. Hazırlanan şahit ve numune ışık almayacak ve oda sıcaklığında olan bir yerde 1 saat boyunca bekletilmektedir. 1 saatin sonunda ise 20 mm'lik küvette, spektrofotometrede 640 nm dalga boyunda ölçümü yapılmaktadır. Ölçüm yapılmadan önce küvet şahit ve/veya numunenin kendisiyle çalkalandıktan sonra doldurulup cihazda ölçülmesi gerekmektedir. Ölçüm yapılırken küvetin etrafının iz kalmayacak şekilde silinmesi büyük önem arz etmektedir aksi takdirde deney sonucunun doğruluğundan emin olmak mümkün olmamaktadır. Kalite kontrol çalışması için ise önce standart amonyum solüsyonundan 0,5 mg/L NH<sub>3</sub>-N'lik standart yapılması gerekmektedir. Standart amonyum solüsyonundan hangi hacimde çekileceği hesaplanır ve 25 ml hacmine tamamlanır. Geri kalan kısmı için ise şahit ve numune için yapılan adımlar uygulanmaktadır. Spektrofotometreden okunan sonuç NH<sub>3</sub>-N (amonyak azotu) mg/L cinsinden elde edilmektedir. Denklem 3.1 ve Denklem 3.2 ile amonyum ve amonyak cinsinden hesaplanarak bulunabilmektedir.

$$\text{NH}_4 = \text{NH}_3\text{-N mg/L} * 1,288 \quad (3.1)$$

$$\text{NH}_3 = \text{NH}_3\text{-N mg/L} * 1,216 \quad (3.2)$$

#### **3.3.4. Nitrit azotu analizi**

Nitrit azotu analizi, su, atıksu ve havuz suyunda SM4500-NO<sub>2</sub> B Kolorimetrik Metot ile spektrofotometrik olarak nitrit azotunun tayin edilmesine dayanmaktadır. Metodun prensipleri kolorimetrik metotta nitrit anyonu, 2-2,5 pH arasında diazolandırılmış sülfanilik asidin N-(1- naftil) etilendiamin dihidro klorür ile verildiği kırmızımsı mor azo boyar maddesinin rengine dayanarak bulunur. Nitrit azotu analizinde kalibrasyon eğrisi oluşturulurken 20 mm'lik küvet kullanılmaktadır. Deney çalışmasında şahit için 50 mL saf su balon jocularye alınır. Numuneden ise 50 mL balon jocularye alınır. Kalite kontrol noktası için ara stok nitrit çözeltisi hacmini hesaplanır ve 50 mL'ye saf su ile tamamlanır. Şahit,

kalite kontrol ve numunelerin üzerine 2 mL renk reaktifi eklenir. Eğer nitrit varsa pembe renk oluşmaktadır. Daha sonra spektrofotometre açılır, şahit 20 mm'lik küvete aktarılarak cihaz sıfırlanır (Şekil 3.10). Aynı küvete numune (renk oluşumu tamamlanan numune çalkalandıktan sonra) aktarılır ve 543 nm' de ölçüm yapılır. Standart eğriden, mg/L NO<sub>2</sub>-N değeri okunabilmektedir.



Şekil 3.10. Spektrofotometre.

### 3.3.5. Bulanıklık analizi

Bulanıklık analizi, sudaki bulanıklığın SM 2130 B Nephelometrik Metot ile belirlenmektedir. Suda bulanıklığa neden olan maddeler; askıda maddeler, planktonlar ve diğer organik maddelerdir. Bulanıklık suyun optik özelliğini etkiler. Bulanıklık ölçümünün temel prensibi, numuneye gelen ışığın, bulanıklık tarafından absorbe edilmesine ve dağılmasına dayanır. Cihazın ölçüm aralığı 0,01- 1100 NTU/FTU'dur. Deney çalışmasında cihaz olarak türbidimetre kullanılmaktadır. Cihazı açtıktan sonra 10 mL hacme sahip olan küvete numune koyulmaktadır. Küvet etrafı güzelce silinip kurutulmalıdır. Bu işlem sonrası küvet cihaz haznesine yerleştirilir ve okutma başlatılır. Okutma sonlandığı zaman cihaz ekranında NTU birim cinsinden değer kaydedilebilmektedir.

Bulanıklık deneyinin yapımı aşamasında kullanılan Türbidimetre Şekil 3.11'de gösterilmektedir.



Şekil 3.11. Türbidimetre bulanıklık ölçüm cihazı.

### 3.3.6. Renk analizi

Sularda renk analizi, su, havuz suyu ve atık suda, platinyum-kobalt standardı kullanılarak, spektrofotometrik olarak 450 ve 465 nm dalga boyunda ölçülerek gerçekleştirilmektedir. Gerçek örneklerin gerçek renkleri Beer's kanununa uygun olarak tayin edilmektedir. SM 2120 C Spektrofotometrik – Tek Dalga Boyu Metodu bütün doğal sulara, içme sularına, evsel ve endüstriyel atık sulara uygulanabilmektedir.

Sudaki renk, çözülmüş halde bulunan maddelerin meydana getirdiği gerçek renk (sudaki bulanıklığı oluşturan süspanse materyal giderildikten sonraki renktir) olabileceği gibi, sudaki çökebilir ve koloidal askı maddelerinden ileri gelebilir görünen renk (yalnız suyun kendi rengi olmayıp, orijinal numune filtre veya santrifüj edilmeksizin, doğrudan doğruya ölçülen renktir) de olabilir. Kısacası renk, tabii metalik iyonlar (demir ve mangan vs.) humus, turba materyalleri algler, yabancı otlar ve endüstri atıklarından meydana gelebilir. Karakteristik kırmızı renkteki su, hidroksit şeklinde demirin çökmesinden, kırmızı su ise demir (II)'nin demir (III)'e oksitlenmesinden ileri gelir. Her iki olay mikrobiyolojik kaynaklıdır, bazı durumlarda ise su dağıtım sistemleri demir bakterilerinin faaliyetleriyle tıkanır. Bu tipteki renk sorunlarına yer altı sularında, yüzey sularından daha fazla rastlanır. Dağıtım sistemlerindeki korozyon musluk sularında renk ve bulanıklığa sebep olmaktadır. Analizin yapılışı diğer analizlere kıyasla daha basittir. Direk numune ve şahit için spektrofotometrede okutma yapılarak sonuç elde edilmektedir. Öncelikle spektrofotometrede 456 nm dalga boyu seçilmektedir. Okutmanın yapılacağı küvet 50 mm'lik küvet numunenin kendisiyle çalkalandıktan sonra dış kısım silinerek kurutulur ve

spektrofotometrede okutma gerçekleştirilir. Sonuç pt-Co birimi şeklinde spektrofotometrede okunan değer kaydedilir.

### 3.3.7. Toplam sertlik- kalsiyum ve magnezyum analizleri

Bu analizlerin amacı suda ve atıksuda kalsiyum, magnezyum ve toplam sertliğin tayin edilmesidir. Toplam sertlik deneyinde kaynak olarak SM 2340 C EDTA Titrasyon Metodu kullanılmıştır. Kalsiyum sertlik deneyinde kaynak olarak SM 3500 Ca B EDTA Titrasyon Metodu kullanılmıştır. Magnezyum analizinde kaynak olarak SM 3500 Mg B Hesaplama Metodu Tayini kullanılmıştır (Şekil 3.12).

Toplam sertlik, kalsiyum ve magnezyum deneylerinin genel çalışma prensipleri, bazı metal katyon çözeltilerine, etilendiamintetraasetik asit ve onun sodyum tuzlarını kısaca EDTA ilave edildiğinde şelatlanmış çözülebilen kompleks oluşturulmasıdır. Eriochrome Black T veya Calmagite gibi bir boyar maddeden küçük bir miktar çözeltiye eklendiği zaman, pH  $10,0 \pm 0,1$  kalsiyum ve magnezyum iyonlarını içeren bir çözelti elde edilir ve çözeltinin rengi şarap kırmızısı olur. Çözelti, EDTA ile titre edildiğinde; kalsiyum ve magnezyumla kompleks oluşturmaktadır. Kompleks oluşumu bittiğinde çözeltinin rengi şarap kırmızısından maviye döner ve dönüm noktası kaydedilir. Dönüm noktasından emin olabilmek için, magnezyum iyonunun olması gerekmektedir. Bunu sağlamak için, EDTA çözeltisine az miktarda; indikatör olarak nötr magnezyum tuzu ilave edilmektedir. Bu sayede; çözelti otomatik olarak magnezyumu tanır ve blank ile düzeltme yapılmasına gerek kalmaz. Sular sertlik derecesine göre sınıflandırılması Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Suların mg/L CaCO<sub>3</sub> sertlik derecesi sınıflandırması [19].

mg/L CaCO <sub>3</sub>	Sertlik Derecesi
0-75	Yumuşak
75-150	Orta sert
150-300	Sert
300 ve üzeri	Çok sert





Şekil 3.12. Titrasyon düzeneği ile sertlik analizi.

Dönüm noktası netliği; pH artışıyla artmaktadır. Bununla birlikte; pH süresiz artamaz, çünkü kalsiyum karbonatın  $\text{CaCO}_3$  veya magnezyum hidroksidin  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  çökelme tehlikesi bulunmaktadır. Ayrıca; boya, yüksek pH değerlerinde renk değiştirmektedir.  $\text{CaCO}_3$ ' ün çökelme eğilimini en az indirmek için deney süresi 5 dakikayı geçmemelidir.

Toplam sertlik analizinde numune hacmi, EDTA titrasyon maddesinden 15 mL' den daha az sarfiyat olacak şekilde seçilmektedir. Titrasyon süresi 5 dakikayı geçmemelidir. Porselen kapsülde veya diğer uygun bir kaptta 25 mL numune, saf suyla 50 mL'ye seyreltilir. 1 – 2 mL tampon çözeltisi ilave edilmektedir. Çoğunlukla 1 mL tampon çözeltisi pH'ı 10'a ayarlamak için yeterlidir. Kesin bir renk değişiminin olmaması, işlemin bu kademesinde inhibitör ilavesinin gerekli olduğunu ya da indikatörün bozulduğunu göstermektedir. 1 – 2 damla indikatör çözeltisinden damlatılarak, standart EDTA çözeltisi ilavesi ile sürekli karıştırılarak titre edilmektedir. Sarı – kırmızımtırak renk kaybolana kadar en son damlalar 3 – 5 saniye ara ile ilave edilmektedir. Dönüm noktasında çözeltinin rengi maviye dönmektedir. Dönüm noktasındaki sarf edilen hacim kaydedilir. Elde edilen sarfiyat hacmi ile Denklem 3.3 kullanılarak sonuç  $\text{CaCO}_3$  mg/L cinsinden hesaplanmaktadır.

$$\text{Toplam Sertlik, mg/l CaCO}_3 = \frac{A*B*1000}{\text{ml numune}} \quad (3.3)$$

A: Titrasyon için sarf edilen ml EDTA çözeltisi

B: 1 ml EDTA çözeltisinin mg CaCO<sub>3</sub> eşdeğeri

Kalsiyum analizinde, 50 mL ya da 50 mL' ye seyreltilmiş numune hacmi alınmaktadır. Numune hacminin alınmasının ardından üzerine 2 mL NaOH çözeltisi eklenmelidir. Böylelikle pH'ı 12-13 arasına gelmektedir. Numune karıştırılmalıdır. Daha sonra seçilen müreksit indikatöründen bir miktar numune üzerine eklenmelidir. İndikatör eklenmesinin ardından numunenin rengi pembeye dönmektedir. 0.01 N EDTA çözeltisi ile numune rengi, mor renk oluşuncaya kadar titre edilmelidir. Mor renge döndüğü an 0,01 N EDTA titrantının sarfiyatı kaydedilmektedir. Sarf edilen 0,01 N EDTA ile Denklem 3.4'teki gibi hesaplama yapılarak kalsiyum değeri bulunmaktadır.

$$\text{Kalsiyum, } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ CaCO}_3 = \frac{A*B*1000}{\text{ml numune}} \quad (3.4)$$

A: Titrasyon için sarf edilen ml EDTA çözeltisi

B: 1 ml EDTA çözeltisinin mg CaCO<sub>3</sub> eşdeğeri

Magnezyum analizi, toplam sertlik ve kalsiyum iyonu konsantrasyonu (CaCO<sub>3</sub>/L cinsinden) arasındaki farktan hesaplanmaktadır. Bunun için sertlik titrasyonunda uygun inhibitörlerin kullanılması ve kalsiyum tayininde girişimlerin önlenmiş olması gerekmektedir. Sulardaki magnezyum konsantrasyonu Denklem 3.5'ten hesaplanmaktadır.

$$\text{Magnezyum sertliği, mg/l CaCO}_3 = \text{Toplam sertlik, mg/l CaCO}_3 - \text{Kalsiyum sertliği, mg/l CaCO}_3 \quad (3.5)$$

### 3.3.8. Klorür analizi

Klorür analizinin yapılmasındaki amaç, atıksu ve suda var olabilecek klorürün titrasyon metodu ile tayin edilmesidir. SM 4500-Cl- B Titrasyon Metodu kullanılmıştır. Metodun prensibi, nötral veya hafif alkali çözeltilerde potasyum kromat, gümüş nitratin klorürle titrasyonunun dönüm noktasını belirtmek üzere indikatör olarak kullanılabilmesidir. Sülfür, tiyosülfat ve sülfat iyonları, klorür tayininde girişim yapmaktadır. Ancak numune hidrojen peroksit ile muamele edilirse bu girişim uzaklaştırılabilmektedir. Deney için, 100 mL numune veya 100 mL' ye saf su ile seyreltilmiş numune alınmaktadır. pH'ı 7–10 civarında olan numuneler doğrudan doğruya titre edilmektedir. pH'ları bu aralıkta olmayan numunelerin pH değerleri NaOH veya H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile bu aralığa getirilmektedir ve

1.0 mL  $K_2CrO_4$  indikatör çözeltisi ilave edilmektedir. Standart  $AgNO_3$  çözeltisi ile kiremit kırmızısı-sarı renkli dönüm noktasına kadar titre edilmektedir. Şahit numune ile aynı titrasyon işlemi tekrarlanmaktadır. Bu metotta genellikle şahit için  $AgNO_3$  sarfıyatı 0,2-0,3 mL'dir. Denklem 3.6 ile mg  $Cl^-$  /L cinsinden klorür konsantrasyonu hesaplaması yapılmaktadır.

$$mg Cl^- /L = \frac{(A-B)*N*35450}{ml\ numune} \quad (3.6)$$

**A:** Numune için sarf edilen  $AgNO_3$  miktarı, mL

**B:** Şahit numune için sarf edilen  $AgNO_3$  miktarı, mL

**N:**  $AgNO_3$ 'ün normalitesidir.

### 3.3.9. Metiloranj ve fenolftalein alkalinitesi analizi

Metiloranj ve fenolftalein alkalinite analizinin yapılmasındaki amaç; sulardaki (su, atıksu ve havuz suyu) bazikliğin belirlenmesidir. Bunun için SM 2320 B Alkalinite Titrimetrik Metodu kullanılmaktadır. Metodun prensibi; alkalinitesi belirlenen bir pH değerine kadar suyun kuvvetli asitlerle reaksiyona girmesinin kantitatif kapasitesi olarak tanımlanır. Ölçülen alkalinite değeri kullanılan nihai pH değerine bağlı olarak değişir. Alkalinite doğal sularda ve atıksularda çok önemli bir analizdir. Yüzeysel sularda alkalinite, karbonat, bikarbonat ve hidroksat içeriğinin bir fonksiyonu olduğundan bu bileşenlerin konsantrasyonunun bir ölçüsü olarak ele alınır. Alkalinite ölçümlerine boratlar, fosfatlar veya silikatlar da katkıda bulunur. Su ve atık su arıtma proseslerinin kontrolünde ve değerlendirilmesinde alkalinite ölçümleri kullanılmaktadır. Ham evsel atık sular içme suyu temini için kullanılan suların alkalinitesinden daha az veya çok az fazla olmak üzere bir alkaliniteye sahiptirler. Anaerobik çürütücülerin üst sıvısında tipik olarak 2000-4000 mg  $CaCO_3$ /L alkalinite bulunmaktadır. Su numunelerinde bulunan hidroksil iyonları standart asit ilavesiyle suyun içindeki çözünmüş maddelerin hidrolizi veya parçalanması sonucu oluşmaktadır. Alkalinite ölçümü kullanılan nihai pH noktasına bağlıdır. Düşük alkaliniteli numuneler için (20 mg/L  $CaCO_3$ 'ten daha az) dönüm noktasının ötesinde aşırı kullanılan hidrojen iyonu konsantrasyonu ile orantı kurma prensibine göre ekstrapolasyon ile numunenin alkalinitesi bulunmaktadır.

Metiloranj alkalinitesi deney çalışmasında, bir erlene 50 mL (veya uygun miktarda) numune, diğer bir erlene de aynı miktarda saf su koyulur. Her birine üçer damla fenolftalein indikatörü damlatılır. Eğer numunenin rengi pembe oluyorsa rengin tam kaybolduğu noktaya kadar, 0,02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ile titre edilir (pH 8,5). Harcanan 0,02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi hacmi kaydedilir. Hesaplama Denklem 3.7 kullanılır.

$$\text{Metiloranj alkalinitesi, CaCO}_3 \text{ mg/L} = \frac{\text{Harcanan asit çözeltisi} \cdot \text{Asit çözeltisinin normalitesi}}{\text{numune hacmi (ml)}} \quad (3.7)$$

Fenolftalein alkalinitesi analizinin yapılışında bir erlene 50 mL (veya uygun miktarda) numune, diğer bir erlene de aynı miktarda saf su konur. Her birine üçer damla fenolftalein indikatörü damlatılır. Eğer numunenin rengi pembe oluyorsa rengin tam kaybolduğu noktaya kadar 0,02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi ile titre edilir (pH 8,5). Harcanan 0,02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi hacmi kaydedilir. Hesaplama Denklem 3.8'e göre yapılır.

$$\text{Fenolftalein alkalinitesi CaCO}_3 \text{ mg/l} = \frac{\text{Harcanan asit çözeltisi} \cdot \text{Asit çözeltisinin normalitesi} \cdot 50000}{\text{numune hacmi (ml)}} \quad (3.8)$$

### 3.3.10. Sodyum analizi

Sodyum analizinin amacı su içerisinde bulunan sodyum iyonlarının belirlenmesidir. Sodyum deneyinin hazır analiz kit ile yapılmıştır. 0,5 mL Na-1K reaksiyon küvetine pipet yardımıyla koyulmuş ardından ölçülmek istenilen numuneden 0,5 mL reaksiyon küvetine eklenmiş ve kapağı kapatıldıktan sonra karıştırılmıştır. 1 dk reaksiyon süresi beklendikten sonra 550 nm'de 10 mm küvet yardımıyla spektrofotometrede okuması yapılmıştır. Sonuç mg/L Na birimden spektrofotometreden kaydedilmiştir.

### 3.3.11. Sıcaklık analizi

Sıcaklık analizinin amacı, yüzeysel ve yer altı suların, havuz sularının vb. her türlü suyun sıcaklık ölçümünün yapılmasıdır. Sıcaklık analizi SM 2550 B Laboratuvar ve Saha Metodu kullanılarak yapılmıştır. Sıcaklık ölçümü normal olarak civalı Celcius termometreleriyle yapılmaktadır. Termometrenin en az 0,1 °C' lik alt bölümlerinin olması gerekmektedir. Termometre kısa sürede dengeye ulaşmalıdır. Bu çalışmada ölçüm, pH elektrodu ile yapılmıştır Öncelikle cihaz açılmış ve dengeye gelmesi beklenmiştir. Ardından sıcaklık sensörü cihazdaki yuvasına takılmış ve numune içerisine daldırılmıştır.

Ekranda sıcaklık değeri okunup kaydedilmiştir. pH ile sıcaklık ölçüme de aynı pH probu ile birlikte alınabilmektedir.

### 3.3.12. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) analizi

KOİ deneyinin amacı, su kalitesini belirleyebilmek ve kirlenmiş durumda olan (evsel veya endüstriyel atık ile kirlenmiş) su numunesinin oksijen tüketebilme kapasitesini belirlemektir. KOİ analizinde ISO 15705 Küçük Skala Tüp Metodu kullanılmıştır. Metodun prensibi organik maddenin redoks reaksiyonlarıyla oksitlenmesi esasına dayanmaktadır. KOİ değeri daima biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) değerinden yüksektir. KOİ analizinin BOİ analizine kıyasla en büyük avantajı 2-3 saate sonuç vermesidir. Analizin yapımı oldukça kolaydır. Hazır KOİ tüplerine 2 mL numune koyulur ve karıştırılır. Şahit numune için ise 2 ml saf su koyulur ve karıştırılır. Daha sonra tüplerin kapakları iyice kapatılır ve 148 °C ve 2 saate ayarlanmış termoreaktöre koyulur. 2 saat sonunda termoreaktörden alınan numune 10 dakika bekledikten sonra karıştırılır ve oda sıcaklığına gelene kadar soğumaya bırakılır. Ardından spektrofotometrede numunenin değeri ölçülür.



Şekil 3.13 Merck TR320 Termoreaktör Cihazı

### 3.3.13. Çözünmüş oksijen (ÇO) analizi

Çözünmüş oksijen analizinin amacı; su, atıksu ve deniz suyunda suyun çözünmüş oksijen veya oksijen doygunluğunun membran elektrodu ile ölçülmesidir. Çözünmüş oksijen analizi SM 4500-O G Membran Elektrot Metodu kullanılarak çalışılmıştır. Metodun

genel prensibi suyun kalitesini belirlemede önemli bir parametre olan oksijen elementinin varlığını saptamaktır.

Oksijenin varlığı biyolojik hayat için ve aerobik mikroorganizmalar için önemli bir konumdur. Oksijen su içerisinde oldukça az çözünmektedir. Oksijen konsantrasyonu sıcaklığın etkisiyle değişmektedir. Oksijen doyma oranı sıcaklık arttıkça azalmaktadır. Temiz kalmayı başarabilen yüzey suları çözünmüş oksijen bakımından doymuş olmaktadır. Eğer organik atıklar yüzey sularına karışırsa çözünmüş oksijen değeri giderek düşmektedir. Çalışmadaki analizler, Optical Do Oksijen Ölçer ile yapılmıştır. Cihazın 15 dakika öncesinden açılması gerekmektedir. Prop ölçüm yapılmak istenilen numune daldırılmış ve “Ready” tuşuna basılarak ölçüm başlatılmıştır. “Enter” tuşu ile ölçüm sonuçlandırılmıştır. Ekranda okunan değer kaydedilmiştir. Tatlı sularda ölçüm yapılacak ise “Soff” tuşu yani tuzluluk telafi kapalı olmalıdır. Arka arkaya numune ölçümü yapılacaksa, her numune ölçümünden sonra prop yumuşak bir peçete ile kurulanmalıdır.



Şekil 3.14 Optical DO çözünmüş oksijen ölçme cihazı

## 4. BÖLÜM

### SONUÇLAR

Çalışmada, İnceağrı Çayı'nın üzerindeki atıksu deşarj noktası baz alınarak farklı noktalardan temin edilen numuneler vasıtasıyla akarsuyun etkilendiği kirletici parametrelerin değişkenliği ve bu değişkenliğe sebep olması muhtemel faktörler araştırılmıştır. Gözlem noktaları A1, A2, A3, A4 ve A5 olarak adlandırılmıştır.

#### 4.1. pH Analiz Sonuçları

Şekil 4.1'de akarsu üzerindeki gözlem noktalarında ölçülen pH değerleri EK-1 de yer alan Kıtaçığı Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri bakımından değerlendirildiğinde A1, A2, A3, A4 ve A5 noktalarındaki suyun pH'ı 7.31 ve 7.84 arasında değişmektedir. Bu değerler su kalite sınıflarının tümünü kapsamaktadır ve olağan dışı bir değer söz konusu değildir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), akarsular için herhangi bir pH aralığı belirtmemiştir. Ancak içmesuyu kalite değerlerine uygun optimum pH aralığı olarak 6.5-8.5 belirlemiştir. WHO tarafından belirlenen bu optimum değer aralığına bakarak pH değerleri uygun durumdadır [20].

Atıksu deşarjı sonrası suyun bazikliği bir miktar azalmış, 100 m sonra A3 noktasında yeniden artmıştır. A4 noktasında ise pH değeri azalma göstermiştir. A5 noktasında ise pH'ın en düşük olduğu 7,31 değerine gerilemiştir. Birikme bölgesinde pH'ı düşürücü etkenlerin daha fazla olduğunu söylemek mümkündür. Birikme bölgesindeki akarsu eğimi diğer noktalara kıyasla daha az olduğu için, birikme noktasındaki su alt tabanı genişlediği ve alt kısımlarda ise akarsu kıyı şeridindeki sel sularının meydana getirdiği çamurun etkisinden dolayı pH değeri düşmektedir. Akarsu durgunluğu birikme bölgesinde arttığı için yani akışın yavaşlamasından dolayı pH düşüş göstermiş olabilir.

Gözlem noktaları değiştikçe pH değerlerinde dalgalanmalar gözlemlenmiştir. A2 noktasında kirletici etken olarak atıksu artıma tesisi çıkış suyu bir faktördür fakat sürekli bir akışın olduğu akarsu ortamında kirlilik etkenini tespit etmek zordur.

Kanalizasyon deşarjı kirlilik seviyelerini önemli ölçüde artırmıştır. Su seviyesi de bu parametrelerde önemli bir faktördür. En yüksek kirlilik deşarj noktasında olmaktadır, aşağıya yönde ise bir azalma olmaktadır [21].

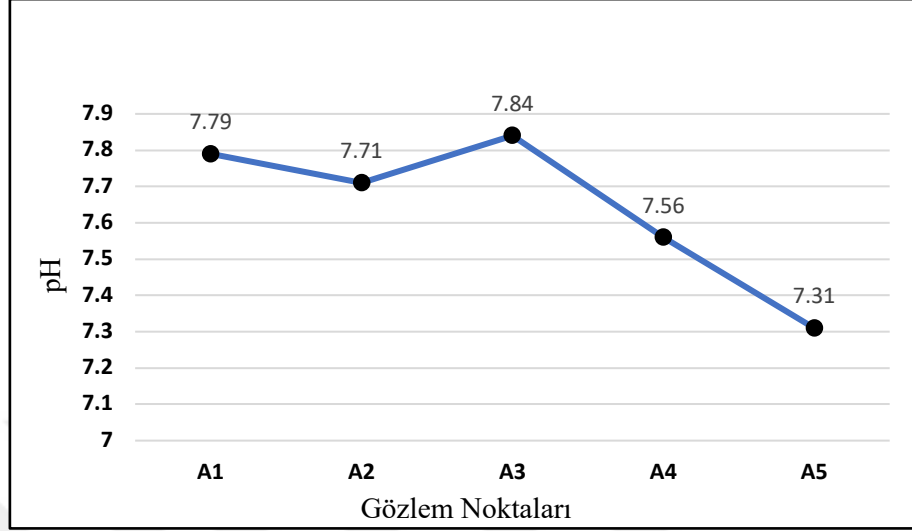
Bir nehrin pH değerinin atık su deşarj noktasından uzaklaştıkça artıp azalmadığını belirlemek için endüstriyel ve kentsel atık suların su kalitesi üzerindeki etkisini göz önünde bulundurmak önemlidir. Çalışmalar, su kütlelerinin pH'ının atık su deşarjı da dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenebileceğini göstermiştir ve alıcı nehirlerin yukarı akış yönündeki suyun ortalama  $7,40 \pm 0,04$  pH ile nötr olduğunu bulmuştur [22]. Benzer şekilde, Oveisi ve diğ. (2021) bir baraj girişinin yukarısındaki nehrin ana mecrasında 8,4 ila 8,53 arasında değişen pH değerleri rapor oluşturmuşlardır [23]. Bu bulgular, nehirlerin pH değerinin atık suların varlığına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Endüstriyel atık suların nehir suyu kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmalarda bir nehrin pH'ının 6-8 arasında sabit bir bantta olduğunu gözlemlemiştir, bu da atık su deşarjının pH seviyeleri üzerindeki etkisini göstermektedir [24]. Suthar ve arkadaşları (2009) endüstriyel ve kentsel atık suların etkilenen bir nehirde pH seviyelerinde ciddi değişimler gözlemlemiş ve atık suların su pH'ı üzerindeki potansiyel etkisini daha da vurgulamıştır [25].

Ayrıca, pH ile atık suların deşarjı arasındaki ilişki çeşitli bağlamlar da araştırılmıştır. Örneğin, Issa & Alshatteri (2021) nehir suyunda pH ile çeşitli fizikokimyasal ve ağır metal parametreleri arasında negatif güçlü korelasyonlar bulmuş ve nehir suyundaki düşük pH'ın ağır metallerde ve kimyasal parametre çözünürlüğünde artışa yol açabileceğini göstermiştir [26]. Bu durum, atık su deşarjının nehirlerin pH'ını potansiyel olarak etkileyebileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, bir nehrin pH'ı endüstriyel ve kentsel atık suların deşarjından etkilenebilir ve nehir deşarj noktasından uzaklaştıkça pH seviyelerinde değişikliklere yol açabilir. İncelenen çalışmalar ve yapılan bu çalışma atık suların nehir suyu pH'ı üzerindeki potansiyel etkisine dair kanıtlar sunmakta ve bu etkinin boyutunu tam olarak anlamak için daha fazla araştırma yapılması gerektiğini vurgulamaktadır.





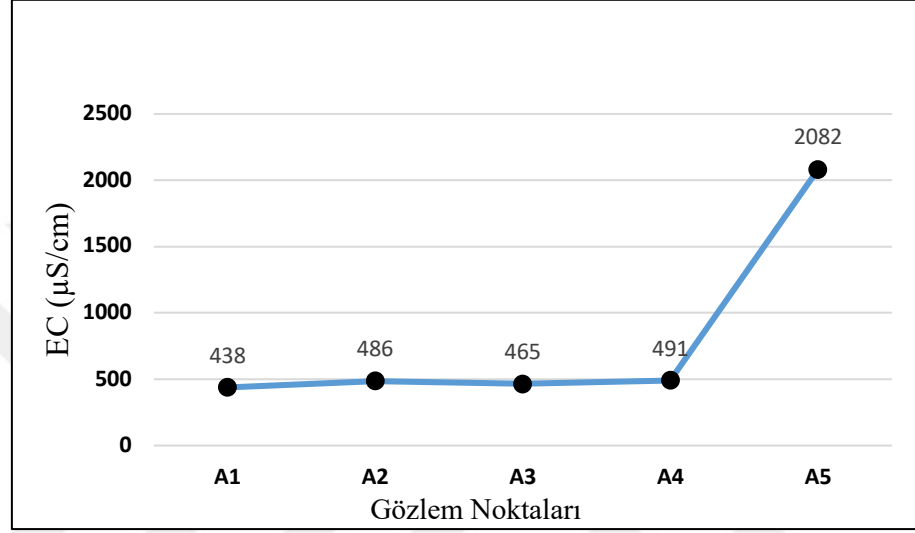
Şekil 4.1. Gözlem noktaları-pH grafiği.

#### 4.2. Elektriksel İletkenlik Analiz Sonuçları

Su kalitesinin belirlenmesinde önemli parametrelerden birisi olan iletkenlik, suyun saflığını belirleyen bir özelliktir. Suyun sahip olduğu iletkenlik değeri ne kadar az ise içerisinde barındırdığı iyon miktarı da o kadar azdır.

Bir akarsuyun elektriksel iletkenliği, özellikle kirletici maddelerin ve kirleticilerin varlığı ile ilgili olarak su kalitesinin önemli bir göstergesidir. Atık su bir nehre deşarj edildiğinde, çeşitli organik ve inorganik kirleticiler ortaya çıkar. Bu kirleticiler daha seyreltik hale geldikçe ve dağıldıkça nehir suyunun elektrik iletkenliğini etkileyebilir. Çalışmalar, alçı taşı gibi bazı malzemelerin tuzlu-sodik topraklara uygulanmasının toprağın elektriksel iletkenliğini ve sodyum adsorpsiyon oranını azaltabileceğini ve bunun da elektriksel iletkenlikte potansiyel bir düşüşe işaret ettiğini göstermiştir. Ayrıca, pH ve organik madde içeriği gibi toprağın fizikokimyasal özelliklerinin elektrik iletkenliğini etkilediği bulunmuştur. Ek olarak, salisilik asit gibi bazı maddelerin varlığı, elektrokoagülasyon gibi süreçler yoluyla elektrik iletkenliğini etkileyebilir. Bulanıklık gibi su kalitesi parametrelerindeki değişimler bir su kütlesinin elektrik iletkenliğini etkileyebileceğinden, su kalitesi ve elektrik iletkenliği arasındaki ilişkiyi dikkate almak önemlidir. Ayrıca, kalsiyum karbonat içeriği ve tuzluluk gibi faktörler de dahil olmak üzere toprağın verimlilik koşulları ve bileşimi de çevredeki su kütlelerinin elektrik

iletkenliğinin belirlenmesinde rol oynayabilir. Bu nedenle, bir deşarj noktasından gelen atık su bir nehirde aşağı doğru hareket ettikçe, seyreltme, dağılma ve kirleticilerin çevredeki ortamlarla etkileşimi nedeniyle elektrik iletkenliğinin değişmesi beklenir [27, 28].



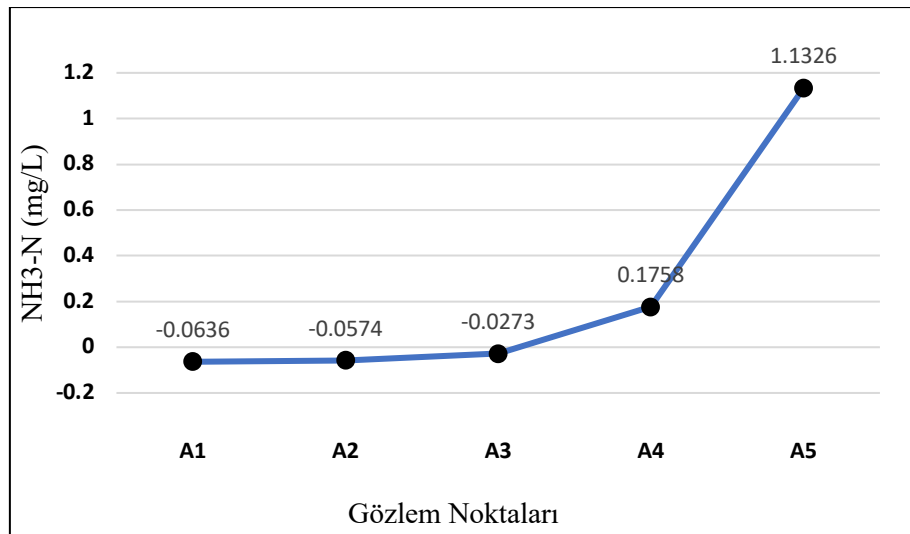
şekil 4.2. Gözlem noktaları-EC (µS/cm) grafiği.

şekil 4.2 incelendiğinde, akarsuyun iletkenliği, diğer gözlem noktalarına kıyasla A5 (akarsuyun denize dökülmeden önce birikme yaptığı nokta) noktasındaki değer oldukça fazla yüksektir. Akarsuyun elektriksel iletkenliği 438 µS/cm ve 2082 µS/cm arasında değişmiştir ve A5 noktasında suyun kalitesinin düştüğü yani barındırdığı iyon sayısının arttığı görölmektedir. A5 noktasında yaşanan bu ani iletkenlik değişiminin nedeni, etrafındaki işletme, akarsuyun izlediği yol boyunca maruz kaldığı kirliliklerin birikme noktasında baş göstermiş olması, birikme noktasının altından geçen kanalizasyon borusundan gelebilecek sızıntı veya bu noktada yapılan vahşi akarsu balıkçılığı olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte akarsuyun elektriksel iletkenliği normal seyirinde devam ederken deşarj noktasında artış göstermiş, A3 noktasında azalmaya başlamış fakat A5 noktasının A4 noktasına karışma durumuna bağlı olarak A4 noktasında en yüksek ikinci elektriksel iletkenlik değerini ölçölmüştür. Sulama sularının sınıflandırılması tablosuna göre (Ek 2), A1, A2, A3 ve A4 noktaları II. Sınıf yani iyi su kalitesinde, A5 noktası ise IV. Sınıf su yani ihtiyatla kullanılması gereken su sınıfına girmektedir.

### 4.3. Amonyak Azotu (NH<sub>3</sub>-N) Analiz Sonuçları

İnceağrı Çayı etrafındaki kirletici etkenlerden dolayı NH<sub>3</sub>-N analizinin yapılması uygun görülmüştür. Beş farklı noktadaki amonyak azotu miktarları incelendiğinde A1, A2 ve A3 noktalarında negatif değer almakla birlikte -0,0636 mg/L ve 1,1326 mg/L arasında değişiklik göstermektedir (Şekil 4.3).

Nehirlerdeki amonyak azotunun negatif değerleri, amonyağın suda iki şekilde bulunmasına bağlanabilir: iyonize olmamış amonyak (NH<sub>3</sub>) ve iyonize amonyak (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Bu nedenle, nehirlerdeki negatif amonyak azotu değerleri, amonyağın iyonize ve iyonize olmayan formları arasındaki pH'a bağlı dengeye bağlanabilirken, amonyak azotu seviyelerindeki artış, amonyağın iyonize formunu destekleyen pH'daki değişikliklerle ilişkilendirilebilir [29]. Bununla birlikte A5 noktasında artan amonyak azotu miktarı, öncelikle hayvanların beslenmesinde kullanılan yemlerdeki protein miktarının artması, özellikle yüksek proteinli yemlerin kullanımı, hayvanlardan kaynaklanan amonyak salınımının bir sonucu olabilir. Bu durum, yem katkı maddelerinin etkilerini inceleyen çalışmalarla desteklenmektedir [30]. Dolayısıyla, hayvan besleme alışkanlıklarındaki değişiklikler ve yem katkı maddelerinin kullanımı, akarsulardaki amonyak azotu seviyelerinin artmasına katkıda bulunabilir. A5 bölgesinin birikim bölgesi olması ve tarım alanlarının su kaynağından faydalanması bunun sebebi olabilir.



Şekil 4.3. Gözlem noktaları-NH<sub>3</sub>-N (mg/L) grafiği.

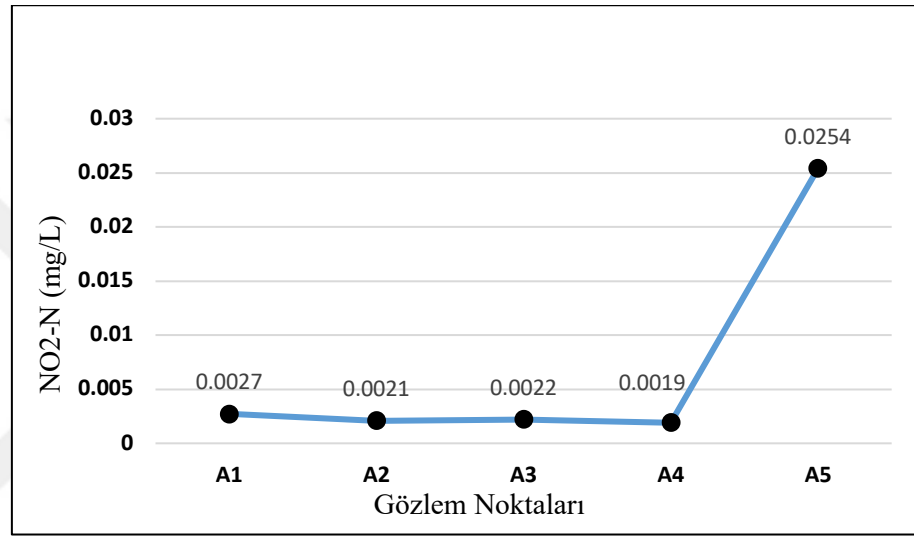
Ek-1'e göre A1-A4 noktalarındaki su kalitesi bakımından I. sınıf su kalitesinde yer almaktadırlar. Fakat A5 noktasında NH<sub>3</sub>-N konsantrasyonu 1 mg/L üzerinde olduğu için II. sınıf su kalitesinde yer almaktadır. Diğer noktalara kıyasla A5 noktasının kirlilik yükü daha fazladır. A5 noktasındaki kirliliğin sebepleri, arıtma tesisi çıkışından gelen evsel atıksular, akarsu etrafında yapılan hayvancılık ve sosyal tesis (açık hava düğün salonu) işletmesinden gelebilecek olası kirlilikler olabilir.

#### **4.4. Nitrit Azotu (NO<sub>2</sub>-N Analiz Sonuçları)**

Nitrit azotu çeşitli faktörlere bağlı olarak akarsularda bulunabilir. Bunun önemli nedenlerinden biri, amonyağın nitrifikasyon bakterileri tarafından nitrite ve daha sonra nitrate oksitlendiği nitrifikasyon sürecidir. Bu süreç, sucul sistemlerde azotun dönüşümü için kilit bir mekanizmadır. Ayrıca, akarsulardaki nitrit varlığı organik azotun mineralizasyonuna bağlanabilir, bu da nitritin bir yan ürün olarak salınmasına neden olur [31]. Ayrıca, nitritin akarsularda birikmesi, atık su arıtma tesislerindeki eksik denitrifikasyon nedeniyle meydana gelebilir; burada nitrit, eksik azot giderme işlemlerinin bir sonucu olarak atık sularda bulunabilir [32]. Ayrıca, azot kaynaklarının büyük akarsu ve nehirlere yakınlığı, azotun haliçlere ulaşmasını etkileyen önemli bir faktör olarak tanımlanmıştır; bu da azot kaynaklarının su kütlelerine göre konumunun akarsulardaki nitrit varlığında rol oynadığını göstermektedir [33]. Ek olarak, akarsulardaki nitrit varlığı, girdiler, nitrifikasyon, denitrifikasyon, bitki alımı, sorpsiyon, sedimentasyon ve ayrışma dahil olmak üzere sucul ortamlardaki azot dinamikleriyle bağlantılı olabilir [34]. Bu nedenle, akarsularda nitrit azotunun oluşumu, nitrifikasyon, organik azot mineralizasyonu, eksik denitrifikasyon ve azot kaynaklarının su kütlelerine yakınlığı dahil olmak üzere biyolojik, kimyasal ve çevresel faktörlerin karmaşık bir etkileşiminden etkilenir.

Azotlu bileşik akarsulara tarımsal yollarla, toprak bünyesinde, hayvansal gübrelerle, evsel atıksularla hatta havayla bile geçebilmektedir. Akarsu etrafındaki kirletici etkenlerden dolayı, NO<sub>2</sub>-N analizi yapılmıştır. Nitrit azotu konsantrasyonu 0,0021 mg/L ve 0,0254 mg/L konsantrasyonları arasında değişmiştir (Şekil 4.4). Beş noktadaki NO<sub>2</sub>-N ölçüm sonuçları incelendiğinde Ek 1'e göre 0,002 mg NO<sub>2</sub>-N/L ve altındaki değerler I. sınıf su

kalitesindeyken 0,01 mg NO<sub>2</sub>-N/L ve üzerindeki değerler ikinci sınıf su kalitesinde bulunmaktadır. Bu kriterlere göre A1-A4 noktalarındaki NO<sub>2</sub>-N derişimleri birinci sınıf su kalitesini gösterirken A5 noktası ikinci sınıf su kalitesini göstermektedir. Bu durum A5 noktasının akarsuyun birikme noktası olması ve buradaki suyun durgun olması ile açıklanabilir.

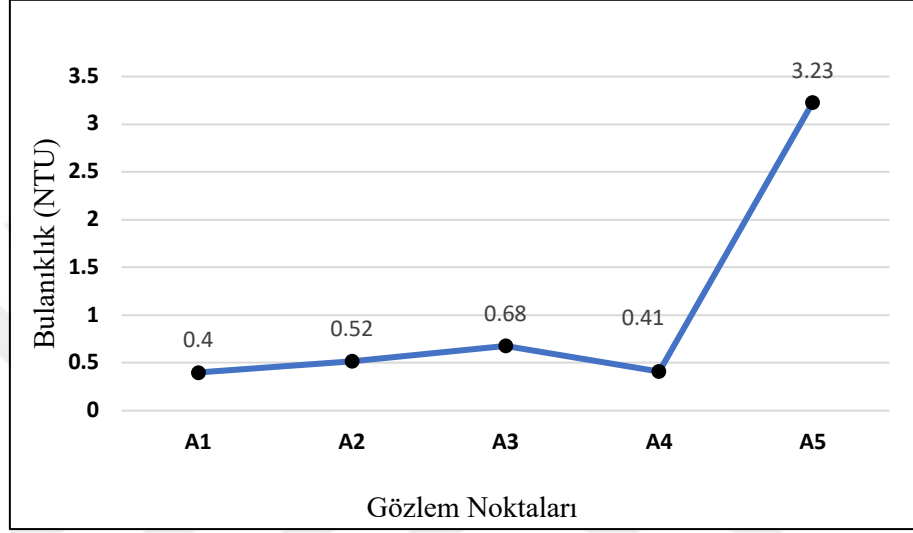


Şekil 4.4. Gözlem noktaları-NO<sub>2</sub>-N (mg/L) grafiği

#### 4.5. Bulanıklık Analiz Sonuçları

Bulanıklık analizi su kalitesini belirlememizde önemli parametrelerden biridir. Özellikle akarsularda bulanıklık sorunu sık görülmektedir. Nehirlerdeki bulanıklığa katkıda bulunan faktörler sediman konsantrasyonları, yağışlar ve antropojenik faaliyetler olarak sıralanabilir. Nehir çıkışlarından kaynaklanan sediman konsantrasyonları, bulanıklığın artmasına neden olan önemli bir faktör olarak tanımlanmıştır [35]. Ayrıca, çalışmalar toplam askıda katı madde (AKM) ile bulanıklık arasında güçlü bir pozitif korelasyon olduğunu göstermiştir, bu da sediman yükünün su kütlelerindeki bulanıklık seviyelerinin yükselmesinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir [36]. Deşarj edilen atıksu miktarının artması ile bulanıklık, ÇO ve pH'ın düşük olduğu yerlerde daha fazladır. Arıtılmamış atıksu alan bölgelerde pH daha düşüktür [37]. Dolayısıyla A5 noktasında başka kirletici parametrelerin gözlem noktasına dahil olduğunu söylemek mümkündür.

Ana gövde bentlerinin inşası ve kanalizasyon, nehirlerdeki yüksek bulanıklık seviyeleri ile ilişkilendirilmiştir [38]. Bu bulgular, sediman taşınımı gibi doğal süreçleri ve antropojenik etkilerin bulanıklık oluşumunu sağladığını göstermektedir.



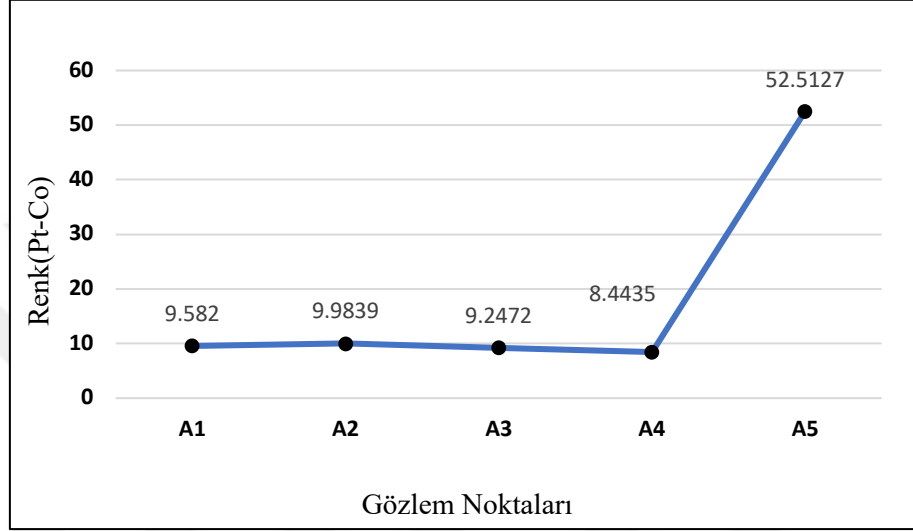
Şekil 4.5. Gözlem noktaları-Bulanıklık (NTU) grafiği

Şekil 4.5 incelendiğinde akarsu üzerinden alınan numunelerin bulanık ölçümlerinin NTU cinden değerlerine bakıldığında değerlerin 0,4 NTU ile 3,23 NTU arasında değiştiği ve A5 noktasındaki bulanıklık değerinin diğer noktalara göre yüksek olduğu görülmektedir.

#### 4.6. Renk Analizi Sonuçları

Yüzey sularında renk oluşumu çeşitli parametrelerden etkilenir. Yüzey sularındaki renk, öncelikle kromoforik çözülmüş organik karbonun (CDOC) varlığından kaynaklanır [39]. CDOC, doğal sularında ana renk kaynağıdır ve güneş radyasyonunun emiliminden sorumludur ve ışığın suya nüfuz etmesini azaltır [40]. Işık penetrasyonundaki bu azalma, eufotik bölgenin derinliğini ve suyun termal yapısını etkiler [41]. Kıyı sularının rengi ayrıca emilim, saçılma, klorofil ve çözülmüş organik maddenin floresansı ve ışığın su kütlesinin dibiyle optik etkileşimi gibi faktörlerden de etkilenir [42]. Bu faktörler, alt kapağın doğasına, klorofil, asılı mineral madde ve çözülmüş organik madde gibi maddelerin derinliklerine ve konsantrasyonlarına bağlı olarak su renginin radyometrik özelliklerinde önemli değişikliklere neden olabilir [43].

Şekil 4.6'daki gözlem noktaları incelendiğinde renk konsantrasyonları 8,4435 Pt-Co ve 52,5127 Pt-Co arasında değişiklik göstermiştir. EK 1'e göre değerlendirme yapıldığında tüm gözlem noktaları renk açısından ikinci sınıf su kalitesine sahiptirler.



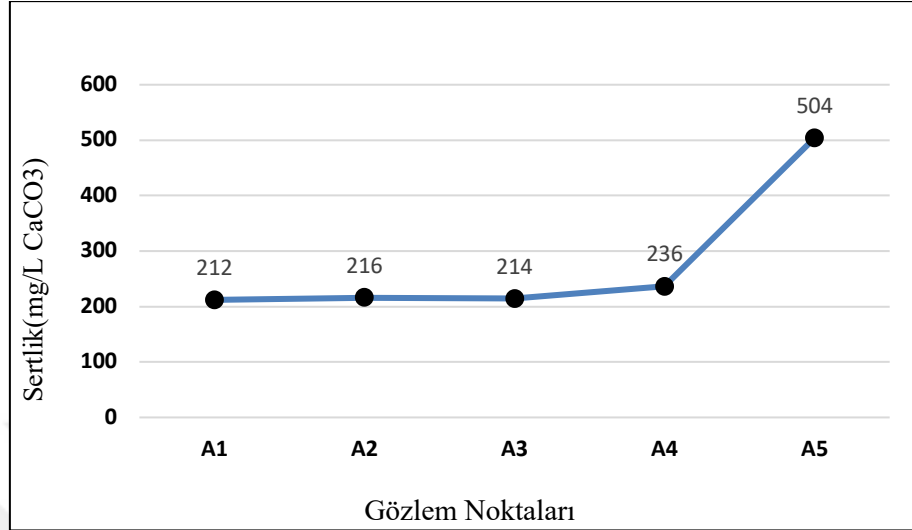
Şekil 4.6. Gözlem noktaları-Renk (Pt-Co) grafiği

#### 4.7. Sertlik – Kalsiyum- Magnezyum Analizi Sonuçları

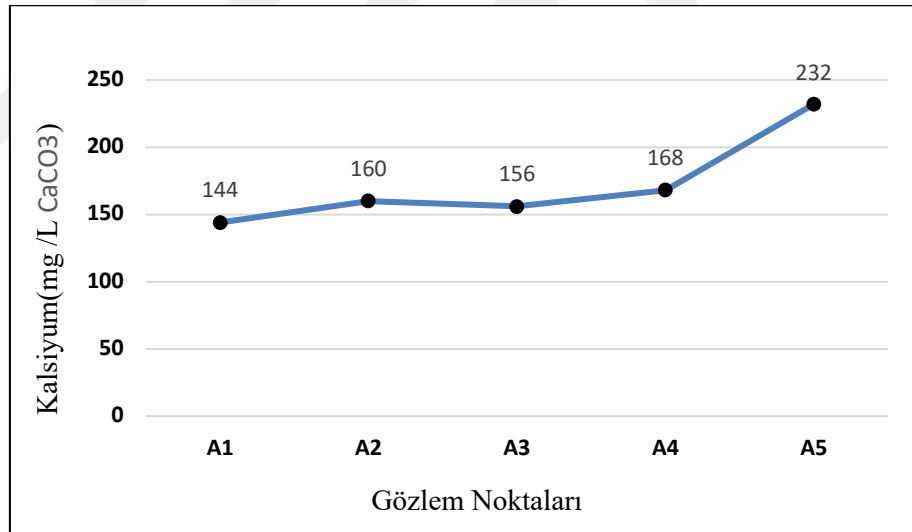
Sertlik doğal kaynak sularında, çözülmüş kalsiyum, stronsiyum, demir, manganez ve magnezyum gibi iki değerlikli iyonların derişimlerinin bulunmasından dolayı ortaya çıkmaktadır [44]. Bu iyonlar dolomit [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] ve kireçtaşı ( $\text{CaCO}_3$ ) gibi kayaçlar yüzeysel sularda ve yeraltı sularında bulunabilmektedir [45].

Şekil 4.7 incelendiğinde sertlik konsantrasyonları 212 mg/L  $\text{CaCO}_3$  ve 504 mg/L  $\text{CaCO}_3$  arasında değişim göstermiştir. Tablo 3.3'teki sertlik sınıflandırmasına göre A1, A2, A3 ve A4 noktaları sert su sınıfına girerken A5 noktası çok sert su sınıfına girmektedir.

Hareketli su kütesinin kireçtaşı, dolomit, jips gibi kayaçlardan geçmesi olan kalsiyum, yeraltı sularında ve yüzeysel sularda bulunabilmektedir. Sertlik deneyi ile aynı çalışma prensibine sahiptir. Yüzeysel sularda kalsiyum konsantrasyonu; sıcaklık, pH ve substrat yapısıyla ilişkili olarak değişmektedir. Yapılan kalsiyum çalışmasındaki elde edilen sonuçlar Şekil 4.8'de verilmiştir. Tüm noktalardaki kalsiyum konsantrasyonu, 144 mg/L  $\text{CaCO}_3$  ve 232 mg/L  $\text{CaCO}_3$  arasında değişmektedir.



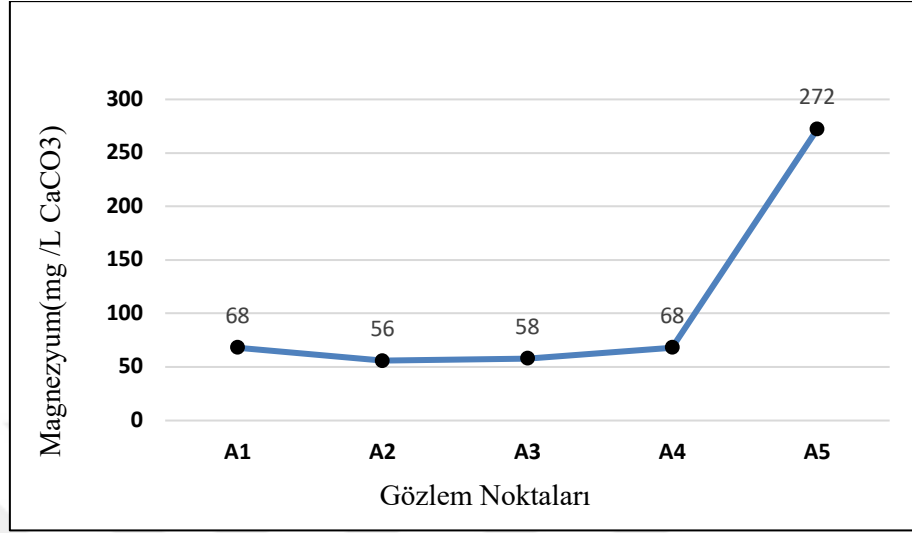
Şekil 4.7. Gözlem noktaları-Sertlik (mg/L CaCO<sub>3</sub>) grafiği.



Şekil 4.8. Gözlem noktaları-Kalsiyum (mg /L CaCO<sub>3</sub>) grafiği

Yüzey sularının kalsiyum sertliği çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Doğada bol miktarda bulunan anhidrit, susuz kalsiyum sülfat (CaSO<sub>4</sub>) olarak adlandırılır [46]. Barajlar, göller ve nehirler gibi faktörler nedeniyle yüzey sularının ve yeraltı sularının azalması, yeraltı suyuna olan talebin artmasına neden olabilir ve bu da suyun kalsiyum sertliğini etkileyebilir [47]. Ayrıca, yağış, yüzey akışı, komşu akiferler ve sulamadan dönen su gibi faktörlerden etkilenen havzaların hidrojeolojik özellikleri, buharlaşma, havza yapısı, endüstriyel faaliyetler, yüzey sularının kalsiyum sertliğini etkileyebilir [48].





Şekil 4.9. Gözlem noktaları-Magnezyum (mg/L CaCO<sub>3</sub>) grafiği

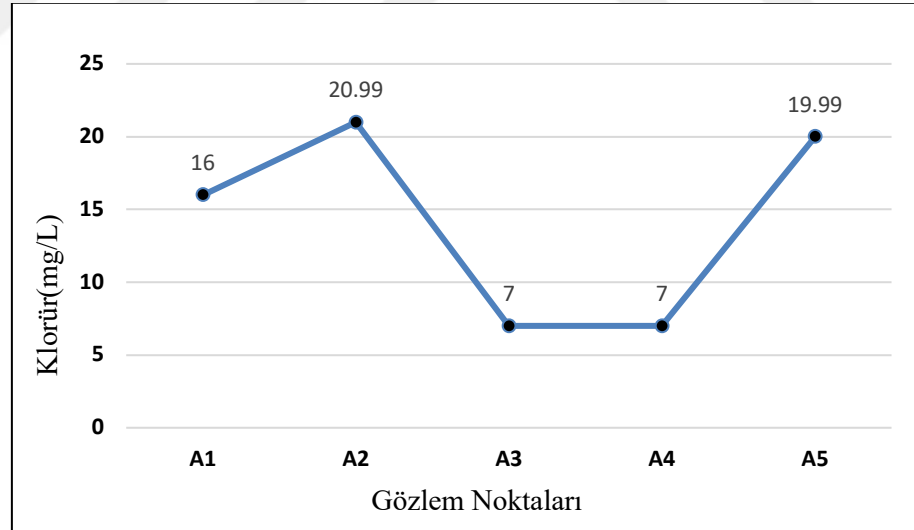
Yeryüzünde en çok bulunan elementlerden biri olan magnezyum, aktif yapısından dolayı doğal element olarak bulunamamaktadır. Birçok minerallerin bileşiminde yer almakta ve kayalarda bulunmaktadır. En çok da dolomit kayalarda ve kireç taşlarında MgCO<sub>3</sub> olarak bulunmaktadır. Su ortamında, kalsiyum bileşiklerine kıyasla magnezyum bileşikleri daha kolay çözünmektedirler. Magnezyum bileşiklerini, akarsular ve yağmur suları aşındırarak su ortamında görülmesine sebep olmaktadır. Tatlı su ortamında magnezyum değeri 5-60 mg/L arasında olması istenmektedir. Normal sulara kıyasla biraz daha sert olan sularda bu değer 60-100 mg/L arasında normal olarak kabul edilebilmektedir [49].

Şekil 4.9'daki magnezyum konsantrasyonları incelendiğinde 56 mg/L CaCO<sub>3</sub> ve 272 mg/L CaCO<sub>3</sub> arasında değişim göstermiştir. Deşarj noktasında magnezyum konsantrasyonunun en az olduğunu söylemek mümkündür. Atık su deşarj noktalarındaki magnezyum konsantrasyonundaki azalma çeşitli faktörlere bağlanabilir. Örneğin, artırılmış atık suyun deşarjı, kentsel ve banliyö nehirlerindeki bentik bakteri topluluklarının bolluğunda ve çeşitliliğinde bir azalmaya yol açabilir ve bu da magnezyum seviyelerini etkileyebilir [50]. Ayrıca, artırılmış atık suyun su kalitesi üzerindeki etkisi, özellikle azot bileşikleri için magnezyum da dahil olmak üzere besin konsantrasyonlarında değişikliklere neden olabilir [51]. Bununla birlikte, sulama için

kanalizasyonlardan atık su deşarjı, atık su kalitesinde değişikliklere yol açarak magnezyum seviyelerini potansiyel olarak etkileyebilir [52].

#### 4.8. Klorür Analiz Sonuçları

Yüzey sularındaki klorür seviyelerini etkileyen faktörler çok çeşitlidir ve çeşitli çevresel ve antropojenik süreçleri kapsar. Örneğin, kentleşme ve geçirimsiz yüzey kaplaması, banliyö ve kentsel su havzalarında tatlı su yaşamı için tolerans seviyelerini aşan artan klorür konsantrasyonları ile ilişkilendirilmiştir [53]. Bununla birlikte deniz suyu, kıyı bölgelerinde yeraltı suyuna karışabilir. Bu durum, yeraltı suyundaki ve birikme bölgesindeki (A5) klorür konsantrasyonunu artırabilir [54]. Yüksek klorür seviyeleri, içme suyu ve sulama suyu olarak kullanılan suların kalitesini etkileyebilir. Ayrıca, ekosistemlere ve sucul yaşam formlarına olan etkileri göz önüne alındığında, klorür düzeylerinin kontrol altında tutulması önemlidir.



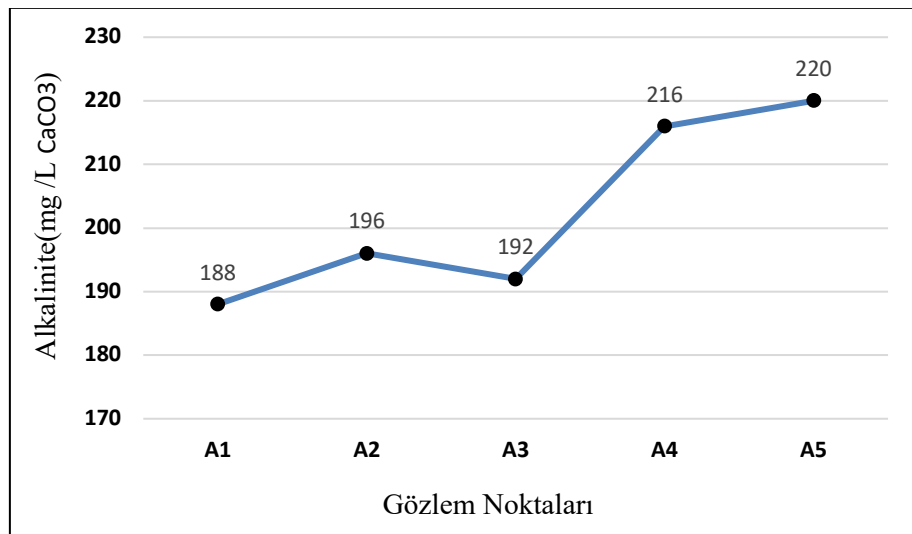
Şekil 4.10. Gözlem noktaları-Klorür (mg/L) grafiği.

Yapılan klorür deneyi çalışması Şekil 4.10'da verilmiştir. Tüm noktalardaki klorür konsantrasyonları 7 mg/L ve 20,99 mg/L arasında değişmektedir. En yüksek değerler A2 deşarj noktası ve A5 birikme noktasında görülmekle birlikte Ek-1'deki kriterlere göre değerlendirme yapılırsa tüm noktalardaki klorür konsantrasyonu 25 mg/L değerinin altında kaldığı için tüm noktalar birinci sınıf su kalitesinde yer almaktadır.

#### 4.9. Alkalinite Analiz Sonuçları

Yüzeysel sularındaki alkalinite seviyelerini etkileyen faktörler çok çeşitlidir ve çeşitli çevresel ve antropojenik süreçleri kapsar. Suyun asidi nötralize etme kabiliyetine alkalinite denmektedir. Suyun içerisinde bulunan  $\text{OH}^-$  (hidroksil iyonu),  $\text{HCO}_3^-$  (bikarbonat iyonu) ve  $\text{CO}_3^{2-}$  (karbonat iyonu) gibi iyonlar alkaliniteyi oluşturmaktadır [55]. pH değerine göre su içerisinde bulunan bu iyonlar düşüş veya artış gösterebilmektedir. Bu çalışmada, yerli halkın sulama amaçlı olarak nehrin suyunu kullanmasından dolayı alkalinite analizi gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.11 incelendiğinde 188 mg/L  $\text{CaCO}_3$  ve 220 mg/L  $\text{CaCO}_3$  arasında değiştiği görülmektedir.

Nehir sularındaki alkalinite artışı çeşitli faktörlere bağlanabilir. Önemli faktörlerden biri, özellikle asit birikiminin yüksek olduğu bölgelerde, asidik ortamlardaki kimyasal ayrışmanın etkisidir ve bu da nehir alkalinitesinin hızlı bir şekilde artmasına neden olmaktadır [55]. Ayrıca, yüzeysel okyanus sularındaki toplam alkalinite değişkenliği, tuzluluk ve sıcaklığı değiştiren tatlı su ilavesi veya uzaklaştırılmasından etkilenmektedir [56]. A5 noktasındaki artışın sebepleri bu faktörlere bağlanabilir. Özellikle tarımsal havzalardan gelen nehirlerdeki bikarbonat ve su akışlarındaki artış, yağışlardaki artışla dengelenmeyen alkalinitenin artmasına katkıda bulunmaktadır [57].

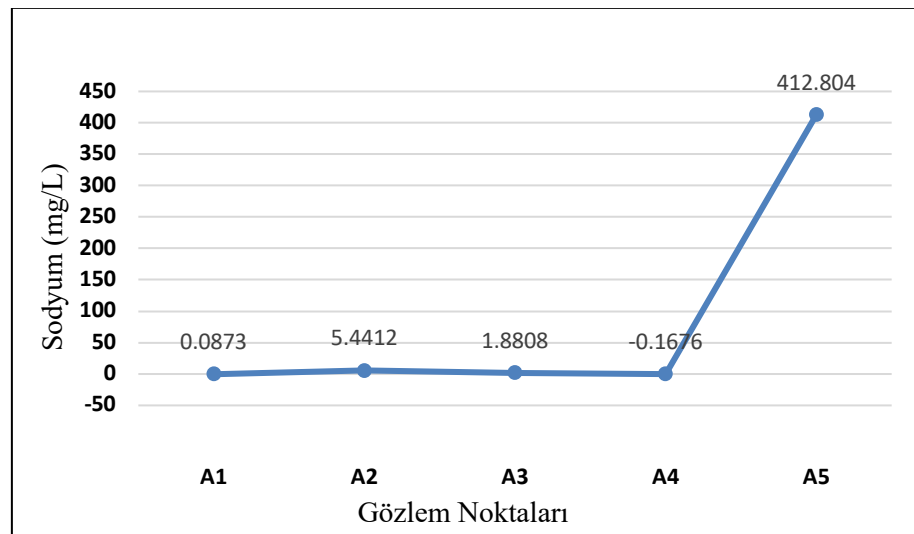


Şekil 4.11. Gözlem noktaları-Alkalinite (mg /L  $\text{CaCO}_3$ ) grafiği.

Arıtılmamış atık su da dahil olmak üzere endüstrilerden gelen deşarj ve yüksek seviyelerde bikarbonat kontaminasyonları nehir sularındaki yüksek alkaliniteye katkıda bulunan faktörler olarak tanımlanmıştır [58]. A1 noktasından A2 noktasına alkalinitenin artışının sebebi bu durum olabilir. Ayrıca, nehir alkalitesi, nehirlerin hakim olduğu okyanus kenarlarındaki karbon sistemi değişkenliğinin önemli bir itici gücü olarak vurgulanmış ve kıyı sularındaki asitlenmeyi doğru bir şekilde değerlendirmek için nehir kimyasını ölçme ihtiyacını vurgulamıştır [59].

#### 4.10. Sodyum Analiz Sonuçları

Nehirlerdeki sodyum seviyelerindeki artış çeşitli faktörlere bağlanabilir. Önemli faktörlerden biri, nehir suyundaki sodyum konsantrasyonunu kontrol eden litojenik ayrışma süreçleridir. Buna ek olarak, nehir seviyesindeki dalgalanma kirlenmiş yeraltı suyunun seyrelmesine yol açarak nehirlerdeki sodyum seviyelerini etkileyebilir. Büyük rezervuar işletmesinin barajların altındaki nehir kesimlerindeki su seviyeleri ve akışları üzerindeki etkisinin yanı sıra nehir yatağının kabalaşması ve bitki örtüsünün büyümesinin artması nehirlerdeki sodyum seviyelerinin yükselmesine katkıda bulunabilir. Endüstriyel ve evsel atıklar, tarımsal akış ve petrol çıkarma gibi antropojenik faaliyetler nehirlerdeki sodyum seviyelerinin yükselmesine katkıda bulunabilir [60, 61].

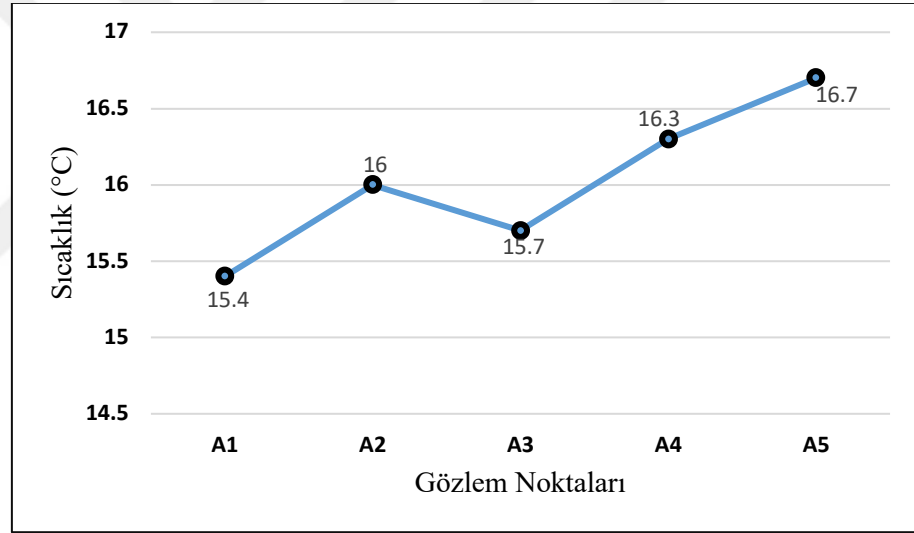


Şekil 4.12. Gözlem noktaları-Sodyum (mg/L) grafiği

Çalışmanın gerçekleştiği akarsu üzerinde tarımsal amaçlı sulama yapıldığı için sodyum sulama sularında bakılması gereken önemli iyonlardan birisidir. A1-A4 noktalarında çok az miktarda sodyum derişimine rastlansa da A5 noktasında aşırı bir sodyum değeri artışı gözlemlenmiştir (Şekil 4.12). Ek-1'e göre değerlendirme yapıldığında A5 noktasındaki su, 250 mg/L üzerinde olduğu için IV sınıf kalitede su sınıfına girmektedir.

#### 4.11. Sıcaklık Analiz Sonuçları

Çalışma alanı olan İnceağrı Çayı'ndaki analiz noktalarına ait sıcaklık değerleri Şekil 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13. Gözlem noktaları-Sıcaklık (°C) Grafiği

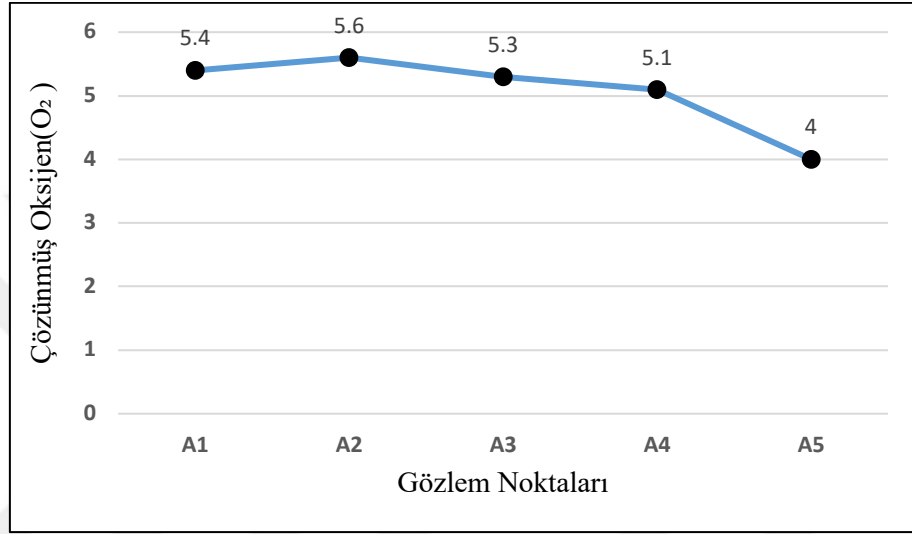
Grafikte de görüldüğü üzere sıcaklık değerleri A1 noktasından A5 noktasında kadar giderek artmaktadır. A1 noktasında 15,4 °C iken A5 noktasında 16,7 °C'ye kadar yükselmiştir. Bu durumun yine durgun su ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

#### 4.12. Çözünmüş Oksijen Analiz Sonuçları

Çevre sağlığı ve insan sağlığı bakımından akarsu kalitesini belirlemede yardımcı olan önemli parametrelerden birisi de çözünmüş oksijen derişimidir. Yüzeysel sularda gerçekleşebilecek fiziksel, kimyasal ve biyolojik aktivitelerde su ortamında bulunan oksijen varlığında gerçekleşmektedir. Böylelikle su ortamındaki oksijen miktarı

azalmaktadır. Su ortamındaki canlı yaşamın devamlılığı için çözülmüş oksijen miktarının 5 mg/L altına düşmemesi gerekmektedir [62].

Bu tez çalışmasındaki çözülmüş oksijen analizinin sonuçları Şekil 4.14'te verilmiştir.

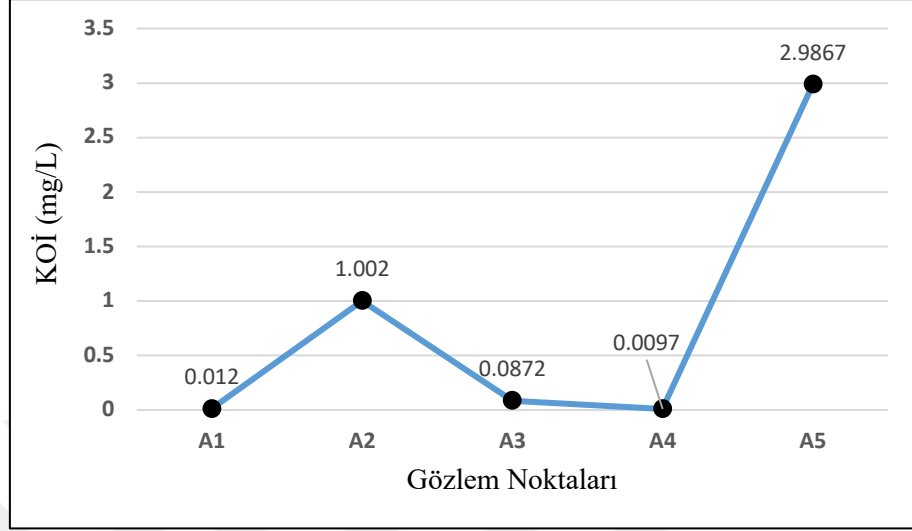


Şekil 4.14. Gözlem noktaları-Çözülmüş Oksijen (O<sub>2</sub>) Grafiği

Analiz sonuçlarına bakarak çözülmüş oksijen değerleri noktalar arasında A5 noktasındaki değer 5 mg/L altındadır. Bu durumda A5 noktasındaki canlı yaşamı, tehlike altındadır. Fakat kirlilik etkeninden ayrı olarak çözülmüş oksijen konsantrasyonu; anlık mevsimsel, akarsu debisi ve eğim kaynaklı olarak etkilenmiş olabilmektedir. En düşük çözülmüş oksijen konsantrasyonu durağan noktada ÇO değeri 4 mg/L'dir. Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'ne göre tüm noktaların su kalitesi III. Sınıf kalitededir.

#### 4.13. KOİ Analiz Sonuçları

KOİ analizi, su içerisindeki kirlilik varlığının olup olmadığını ortaya çıkarmaktadır. Yüzeysel sularda KOİ konsantrasyonu evsel veya endüstriyel atıkların karışması ile ortaya çıkmaktadır. KOİ konsantrasyonunun varlığı su ortamındaki canlı yaşama, çevre ve insan sağlığına tehdit oluşturmaktadır. Tez çalışmasının gerçekleştiği İnceağrı Çayı üzerinde yapılan KOİ analiz sonuçları Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.15. Gözlem Noktaları- KOİ (mg/L) Grafiği

Analiz sonuçları incelendiğinde KOİ konsantrasyonları, 0,012 mg/L ile 2,9867 mg/L arasındadır. Noktalar arasında yükseliş ve düşüşler olsa da A5 noktasında KOİ değeri en yüksek değere ulaşmıştır. Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'ne göre 25 mg/L'nin altındadır. Bu durumda tüm noktalarda 1. Sınıf kalitedir.

## 5. BÖLÜM

### TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

İnceağrı Çayı'ndan elde edilen tüm değerler Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri ve Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri'ne göre değerlendirildiği zaman A5 noktasındaki suyun sulama suyu olarak kullanılabilmesi için sodyum konsantrasyonuna ve sertlik konsantrasyonuna dikkat edilmesi ve buna yönelik giderimi için çalışma yapılması gerekmektedir. Diğer noktalar, Kıtaıçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri ve Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri'ne göre değerlendirildiği zaman tarım amaçlı olarak sulama suyu olarak kullanılabilir. Fakat içme suyu olarak kullanılabilmesi için daha ayrıntılı olarak akarsu üzerinde farklı parametreler çalışmalıdır. Tüm parametreler incelendiğinde nehrin denize karıştığı ve birikimin olduğu noktada kirlilik parametreleri yüksek bulunmuştur. Bu durum farklı kirlenici etkenlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Şehirlerde ve endüstriyel bölgelerde üretilen atıkların kanalizasyon sistemleri aracılığıyla akarsulara karışması bu etkenlerden biridir. Bu atıklar genellikle organik ve kimyasal kirleniciler içerir. Tarım alanlarından sızan tarım ilaçları, gübreler ve diğer kimyasal maddeler akarsulara ulaşabilir. Bu, sudaki besin yükünü artırabilir ve ekosistem üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Bunların yanı sıra toprak erozyonu, akarsulara doğal kaynaklardan çeşitli kirlenicilerin ulaşmasına neden olabilir. Bu kirleniciler arasında toprak parçacıkları, mineral ve organik maddeler bulunabilir. Limanlar ve endüstriyel tesislerden kaynaklanan atıklar da denizle kavuşma noktalarında kirlilik yükünü artırabilir. İklim değişikliği, yağış rejimlerini ve akarsu akışlarını etkileyebilir, bu da kirlilik maddelerinin taşınmasını etkileyebilir. Akarsu debisinde, mevsimsel olarak ve arazi eğiminden dolayı oluşan artış veya azalış da kirlilik yükünün ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Akışın arazi eğiminden dolayı yavaşlayıp durgunlaştığı noktalarda, akarsudaki olası kirlilik daha net gözlemlenmektedir. Mevsimsel kaynaklı ise kış aylarında yağış ile birlikte akış artmakta ve akarsuda bulunan olası kirlilik seyrelmektedir. Yaz aylarında ise kış ayına nispeten kuraklık nedeniyle akış azalmakta ve akarsuda bulunan olası kirlilik



derişimi yükselmektedir. Bu faktörlerin bir kombinasyonu, akarsulardaki kirlilik seviyelerini etkileyebilir. Kirlilik parametreleri genellikle su kalitesini değerlendirmek için kullanılan ölçümlerdir ve suyun içindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşenleri içerir. Bu parametreler arasında sıklıkla ölçülenler pH, oksijen seviyeleri, besin tuzları, ağır metaller ve organik kirleticilerdir. Kirlilik parametrelerindeki yükseklik, su ekosistemleri üzerinde olumsuz etkiler yapabilir ve insan sağlığı için de risk oluşturabilir. Dolayısıyla bu parametreleri kontrol altında tutmak gerekmektedir.



## KAYNAKLAR

1. Yildirim Ü., Güler C., Kurt M. A., Güven O., “Kaynağından Akdeniz’e Deliçay’ın (Mersin) Debisi ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi”, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10 (4), 1121-1135, 2020. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.732106>
2. Çelekli A., Toudjani A. A., Lekesiz H. Ö., Çetin T., “Ecological quality assessment of running waters in the North Aegean catchment with diatom metrics and multivariate approach”, *Limnologica*, 73, 20-27, 2018.
3. Rinke K., Keller P. S., Kong X., Borchardt D., Weitere M., “Ecosystem Services from Inland Waters and Their Aquatic Ecosystems”, İçinde M. Schröter, A. Bonn, S. Klotz, R. Seppelt, & C. Baessler (Ed.), *Atlas of Ecosystem Services* (ss. 191-195). Cham: Springer International Publishing, 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96229-0\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96229-0_30)
4. Çekim M., Dere T., “Eğri Çayı’na Deşarj Edilen Endüstriyel Atıksularının Karakterizasyonu ve Kirlilik Yüklerinin Belirlenmesi”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 30 (3), 207-213, 2014.
5. Doğan F. N., Karpuzcu M. E., “Türkiye’de tarım kaynaklı pestisit kirliliğinin durumu ve alternatif kontrol tedbirlerinin incelenmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25 (6), 734-747, 2019.
6. Hacısalıhoğlu S., “Hayvansal Kaynaklı Yayılı Kirlilik Yükleri Hesabı, Bursa Örneği”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 27 (1), 361-374, 2022. <https://doi.org/10.17482/uumfd.1059035>
7. Tirink S., “İğdır İli ve İlçelerindeki Hayvansal Atıkların Çevresel Etkileri ve Yayılı Kirliletiçi Yükü Hesabı”, *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 4 (2), 43-50, 2021. <https://doi.org/10.34248/bsengineering.841821>
8. Baykal B. B., Allar A. D., “ECOSAN: Ekolojik evsel atıksu yönetimi”, *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, 17 (3), 3-12, 2007.
9. Ghernaout D., Elboughdiri N., “Domestic Wastewater Treatment: Difficulties and Reasons, and Prospective Solutions—China as an Example”, *Open Access Library Journal*, 7 (2), 1-15, 2020.
10. Nas B., Yılmaz C., “Aritılmış Evsel/Kentsel Atıksuların Yeni Bir Su Kaynağı Olarak Kullanımında Faydalar ve Riskler”, *İklim Değişikliği ve Çevre*, 4 (2), 42-46, 2019.

11. Ukaogo P. O., Ewuzie U., Onwuka C. V., “Environmental pollution: causes, effects, and the remedies”, İçinde *Microorganisms for Sustainable Environment and Health* (ss. 419-429). Elsevier, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819001-2.00021-8>
12. Gürsoy Haksevenler B. H., Ayaz S., “Noktasal ve yayılı kirletici kaynaklarının yüzeysel su kalitesi üzerinde etkisi, Alaşehir Çayı alt havzası örneği”, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2021. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.882693>
13. Dunca A.-M., “Water Pollution and Water Quality Assessment of Major Transboundary Rivers from Banat (Romania)”, *Journal of Chemistry*, 2018, 1-8, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/9073763>
14. Gad M., Saleh A. H., Hussein H., Farouk M., Elsayed S., “Appraisal of Surface Water Quality of Nile River Using Water Quality Indices, Spectral Signature and Multivariate Modeling”, *Water*, 14 (7), 1131, 2022. <https://doi.org/10.3390/w14071131>
15. Fitri A., Maulud K. N. A., Pratiwi D., Phelia A., Rossi F., Zuhairi N. Z., “Trend Of Water Quality Status In Kelantan River Downstream, Peninsular Malaysia”, *Jurnal Rekayasa Sipil*, 16 (3), 178-184, 2020. <https://doi.org/10.25077/jrs.16.3.178-184.2020>
16. Son C. T., Giang N. T. H., Thao T. P., Nui N. H., Lam N. T., Cong V. H., “Assessment of Cau River water quality assessment using a combination of water quality and pollution indices”, *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 69 (2), 160-172, 2020. <https://doi.org/10.2166/aqua.2020.122>
17. Tian Y., Jiang Y., Liu Q., Dong M., Xu D., Liu Y., Xu X., “Using a water quality index to assess the water quality of the upper and middle streams of the Luanhe River, northern China”, *Science of The Total Environment*, 667, 142-151, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.356>
18. An-talya, “Antalya Akarsuları”, 2022. Geliş tarihi gönderen <https://antalya.com/antalya-akarsulari/>
19. Uzun H. İ., Debik E., “Membran Kapasitif Deiyonizasyon Prosesi ile Sertlik Giderimi”, *Academic Platform - Journal of Engineering and Science*, 7 (3), 341-346, 2019. <https://doi.org/10.21541/apjes.491791>

20. WHO, "A global overview of national regulations and standards for drinking-water quality", 2021. Geliş tarihi 09 Ocak 2024, gönderen <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240023642>
21. Ewemoje O., Ihuoma S., "Physicochemical Changes in the Quality of Surface Water due to Sewage Discharge in Ibadan, South-Western Nigeria", *Energy and Environment Research*, 4 (1), p55, 2014. <https://doi.org/10.5539/eer.v4n1p55>
22. Phiri O., Mumba P., Moyo B. H. Z., Kadewa W., "Assessment of the impact of industrial effluents on water quality of receiving rivers in urban areas of Malawi", *International Journal of Environmental Science & Technology*, 2 (3), 237-244, 2005. <https://doi.org/10.1007/BF03325882>
23. Oveisi N., Jafarinia R., Taghavi L., Ghoddousi J., "Determination of the amount of Sanitary Water Flow from Dams based on the Quality of Drinking Water: A Case Study, Taleghan River, Iran", *Iranian Red Crescent Medical Journal*, 23 (6), 2021. <https://doi.org/10.32592/ircmj.2021.23.6.611>
24. Kwadzah T. K., Iorhemen O. T., "Assessment of the Impact of Abattoir Effluent on the Water Quality of River Kaduna, Nigeria", *World Journal of Environmental Engineering*, 3 (3), 87-94, 2015. <https://doi.org/10.12691/wjee-3-3-3>
25. Suthar S., Sharma J., Chabukdhara M., Nema A. K., "Water quality assessment of river Hindon at Ghaziabad, India: impact of industrial and urban wastewater", *Environmental Monitoring and Assessment*, 165 (1), 103-112, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0930-9>
26. Issa H. M., Alshatteri A. H., "Impacts of wastewater discharge from Kalar city on Diyala-Sirwan river water quality, Iraq: pollution evaluation, health risks of heavy metals contamination", *Applied Water Science*, 11 (4), 73, 2021. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01397-2>
27. Ak M., Top İ., "Use of Treated Municipal Wastewater for Agricultural Irrigation", *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24 (6), 1161-1168, 2018. <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.89577>
28. Şener Ş., Karakuş M., "Hydrogeological and water chemistry investigation of Tavşanlı (Kütahya) plain", *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23, 313-322, 2017. <https://doi.org/10.5505/pajes.2016.74508>

29. Küçükçongar S., Sevil A., “Atıksu Arıtma Tesisinde Çözünmüş Organik Azotun Biyolojik Parçalanabilirliğinin İncelenmesi”, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 32 (2), 303-312, 2020. <https://doi.org/10.35234/fumbd.642535>
30. Tunç M. A., Yörük M. A., “The Effect of Humic Acid on Rumen Parameters, Protozoa Count and Blood Parameters in Sheep”, *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2009. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2011.4780>
31. Muszyński-Huhajło M., Miodoński S., “Shortcut nitrification/partial nitritation start-up for reject water treatment in a SBR”, *E3S Web of Conferences*, 22, 00121, 2017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172200121>
32. Heathwaite A. L., Johnes P. J., “Contribution of Nitrogen Species and Phosphorus Fractions to Stream Water Quality in Agricultural Catchments”, *Hydrological Processes*, 10 (7), 971-983, 1996. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199607\)10:7<971::AID-HYP351>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199607)10:7<971::AID-HYP351>3.0.CO;2-N)
33. Cao X., Qian D., Meng X., “Effects of pH on nitrite accumulation during wastewater denitrification”, *Environmental Technology*, 34 (1), 45-51, 2013. <https://doi.org/10.1080/09593330.2012.679700>
34. Solley D., Hu S., Hertle C., Batstone D., Karastergiou-Hogan T., Rider Q., Keller J., “Identifying novel wastewater treatment options through optimal technology integration”, *Water Practice and Technology*, 10 (3), 496-504, 2015. <https://doi.org/10.2166/wpt.2015.057>
35. Parsons J. D., Bush J. W. M., Syvitski J. P. M., “Hyperpycnal plume formation from riverine outflows with small sediment concentrations”, *Sedimentology*, 48 (2), 465-478, 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2001.00384.x>
36. Kamarudin M. K. A., Abd Wahab N., Abu Samah M. A., Baharim N. B., Mostapa R., Umar R., ... Bati S. N. A. M., “Potential of field turbidity measurements for computation of total suspended solid in Tasik Kenyir, Terengganu, Malaysia”, *Desalination And Water Treatment*, 187, 11-16, 2020. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25270>
37. Galib S. M., Mohsin A. B. M., Parvez M. T., Lucas M. C., Chaki N., Arnob S. S., ... Islam M. N., “Municipal wastewater can result in a dramatic decline in freshwater fishes: a lesson from a developing country”, *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, (419), 37, 2018. <https://doi.org/10.1051/kmae/2018025>

38. Morris L. A., Langemeier R. N., Russell T. R., Witt Jr. A., “Effects of Main Stem Impoundments and Channelization upon the Limnology of the Missouri River, Nebraska”, *Transactions of the American Fisheries Society*, 97 (4), 380-388, 1968. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1968\)97\[380:EOMSIA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1968)97[380:EOMSIA]2.0.CO;2)
39. Young M. A., “Environmental Photochemistry in Surface Waters”, İçinde *Water Encyclopedia* (ss. 529-535). John Wiley & Sons, Ltd, 2005. <https://doi.org/10.1002/047147844X.pc1847>
40. Molot L. A., “Color of Aquatic Ecosystems”, İçinde G. E. Likens (Ed.), *Encyclopedia of Inland Waters* (ss. 657-663). Oxford: Academic Press, 2009. <https://doi.org/10.1016/B978-012370626-3.00070-3>
41. Haag W. R., Hoigne Juerg., “Singlet oxygen in surface waters. 3. Photochemical formation and steady-state concentrations in various types of waters”, *Environmental Science & Technology*, 20 (4), 341-348, 1986. <https://doi.org/10.1021/es00146a005>
42. Pozdnyakov D. V., Lyakovskiy A. V., Grassl H., Pettersson L., “Assessing the Coloration of Coastal-Zone Waters by Digital Methods”, *Mapping Sciences and Remote Sensing*, 39 (4), 235-257, 2002. <https://doi.org/10.2747/0749-3878.39.4.235>
43. Golea D. M., Upton A., Jarvis P., Moore G., Sutherland S., Parsons S. A., Judd S. J., “THM and HAA formation from NOM in raw and treated surface waters”, *Water Research*, 112, 226-235, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.051>
44. Uzun H. İ., “Membran Kapasitif Deiyonizasyon Prosesi ile Sertlik Giderimi”, *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 341-346, 2019. <https://doi.org/10.21541/apjes.491791>
45. Avcı B., “Doğal kaynak sularında sertlik, iletkenlik ve askıda katı madde gideriminin araştırılması”, 2021. Geliş tarihi gönderen <http://hdl.handle.net/11452/18236>
46. Durukan H., Duran Z., Saraç H., Demirbaş A., “Farklı Organik ve İnorganik Gübre Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Verimine ve Gelişimine Etkileri”, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10, 2835-2840, 2022. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10isp1.2835-2840.5835>
47. Kurt A., Kander S., Çopur Ö. U., “Bursa İli Kırsal Bölgelerindeki İçme Suyu Amaçlı Kullanılan Kuyu Sularının Ağır Metal Seviyelerinin Belirlenmesi”, *Gıda*, 47 (2), 199-211, 2022. <https://doi.org/10.15237/gida.GD22012>

48. Eren B., Çelebi A., “Sakarya Nehri Su Kalitesinin İstatistiksel Veri Değerleme Yöntemleri Kullanılarak Değerlendirilmesi”, *Academic Perspective Procedia*, 1 (1), 1347-1356, 2018. <https://doi.org/10.33793/acperpro.01.01.207>
49. Mutlu E., Yanik T., Demir T., “Horohon Deresi (Hafik-Sivas) Su Kalitesi Özelliklerinin Aylık Değişimleri”, *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 25 (2), 45-57, 2014.
50. Drury B., Rosi-Marshall E., Kelly J. J., “Wastewater Treatment Effluent Reduces the Abundance and Diversity of Benthic Bacterial Communities in Urban and Suburban Rivers”, *Applied and Environmental Microbiology*, 79 (6), 1897-1905, 2013. <https://doi.org/10.1128/AEM.03527-12>
51. de-los-Ríos-Mérida J., Guerrero F., Arijó S., Muñoz M., Álvarez-Manzaneda I., García-Márquez J., ... Reul A., “Wastewater Discharge through a Stream into a Mediterranean Ramsar Wetland: Evaluation and Proposal of a Nature-Based Treatment System”, *Sustainability*, 13 (6), 3540, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13063540>
52. Hamid A., Zeb M., Mehmood A., Akhtar S., Saif S., “Assessment of Wastewater Quality of Drains for Irrigation”, *Journal of Environmental Protection*, 4 (9), 937-945, 2013. <https://doi.org/10.4236/jep.2013.49108>
53. Kaushal S. S., Groffman P. M., Likens G. E., Belt K. T., Stack W. P., Kelly V. R., ... Fisher G. T., “Increased salinization of fresh water in the northeastern United States”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102 (38), 13517-13520, 2005. <https://doi.org/10.1073/pnas.0506414102>
54. Rahimi R., Tavakol-Davani H., Graves C., Gomez A., Fazel Valipour M., “Compound Inundation Impacts of Coastal Climate Change: Sea-Level Rise, Groundwater Rise, and Coastal Precipitation”, *Water*, 12 (10), 2776, 2020. <https://doi.org/10.3390/w12102776>
55. Kaushal S. S., Likens G. E., Utz R. M., Pace M. L., Grese M., Yepsen M., “Increased River Alkalinization in the Eastern U.S.”, *Environmental Science & Technology*, 47 (18), 10302-10311, 2013. <https://doi.org/10.1021/es401046s>
56. Lee K., Tong L. T., Millero F. J., Sabine C. L., Dickson A. G., Goyet C., ... Key R. M., “Global relationships of total alkalinity with salinity and temperature in surface waters of the world’s oceans”, *Geophysical Research Letters*, 33 (19), 2006. <https://doi.org/10.1029/2006GL027207>

57. Raymond P. A., Oh N.-H., Turner R. E., Broussard W., “Anthropogenically enhanced fluxes of water and carbon from the Mississippi River”, *Nature*, 451 (7177), 449-452, 2008. <https://doi.org/10.1038/nature06505>
58. Karobi S., Ahmad Khan S., Ahammed S., Rabbani K., “Seasonal Variation In Turag River Water Alkalinity”, *Pollution Research*, 2022. <https://doi.org/10.53550/PR.2022.v41i03.006>
59. Gomez F. A., Wanninkhof R., Barbero L., Lee S.-K., “Increasing River Alkalinity Slows Ocean Acidification in the Northern Gulf of Mexico”, *Geophysical Research Letters*, 48 (24), e2021GL096521, 2021. <https://doi.org/10.1029/2021GL096521>
60. Jiang L., Yao Z., Liu Z., Wang R., Wu S., “Hydrochemistry and its controlling factors of rivers in the source region of the Yangtze River on the Tibetan Plateau”, *Journal of Geochemical Exploration*, 155, 76-83, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2015.04.009>
61. Moquet J.-S., Maurice L., Crave A., Viers J., Arévalo N., Lagane C., ... Guyot J.-L., “Cl and Na Fluxes in an Andean Foreland Basin of the Peruvian Amazon: An Anthropogenic Impact Evidence”, *Aquatic Geochemistry*, 20, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10498-014-9239-6>
62. Küçükali S., “Akarsularda Farklı Kaya Parçaları Düzeneklerinde Oksijen Transferinin Deneysel Olarak İncelenmesi”, *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4 (3), 500-505, 2019. <https://doi.org/10.35229/jaes.638186>
63. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, , Aralık 31, “Mevzuat Bilgi Sistemi”, 2004. Geliş tarihi 22 Aralık 2023, gönderen <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
64. Teknik Arıtma, “Su Kalite Standartları”, 2024. Geliş tarihi 09 Ocak 2024, gönderen <http://www.teknikaritma.com.tr/tr/iss.asp>



## EKLER

Ek-1. Kıtaıçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal parametreler				
1) Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L) <sup>a</sup>	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) <sup>a</sup>	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl <sup>-</sup> /L)	25	200	400 <sup>b</sup>	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/L)	0.2 <sup>c</sup>	1 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na <sup>+</sup> /L)	125	125	250	> 250

EK-1 (Devam). Kıtaıçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri [63]

B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	0,5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri <sup>d</sup>				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr <sup>+6</sup> /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50

EK-1 (Devam). Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri [63]

8) Kobalt ( $\mu\text{g Co/L}$ )	10	20	200	> 200
9) Nikel ( $\mu\text{g Ni/L}$ )	20	50	200	> 200
10) Çinko ( $\mu\text{g Zn/L}$ )	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) ( $\mu\text{g CN/L}$ )	10	50	100	> 100
12) Florür ( $\mu\text{g F}^-/\text{L}$ )	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor ( $\mu\text{g Cl}_2/\text{L}$ )	10	10	50	> 50
14) Sülfür ( $\mu\text{g S}^-/\text{L}$ )	2	2	10	> 10
15) Demir ( $\mu\text{g Fe/L}$ )	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan ( $\mu\text{g Mn/L}$ )	100	500	3000	> 3000
17) Bor ( $\mu\text{g B/L}$ )	1000 <sup>e</sup>	1000 <sup>e</sup>	1000 <sup>e</sup>	> 1000
18) Selenyum ( $\mu\text{g Se/L}$ )	10	10	20	> 20
19) Baryum ( $\mu\text{g Ba/L}$ )	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum ( $\text{mg Al/L}$ )	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite ( $\text{pCi/L}$ )				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000
	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0,02 mg  $\text{NH}_3\text{-N/L}$  değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300  $\mu\text{g/L}$ 'ye kadar düşürmek gerekebilir.

EK-2. Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametreleri [63]

Kalite Kriterleri	I.Sınıf Su (Çok İyi)	II. Sınıf Su (İyi)	III. Sınıf Su (Kullanılabilir)	IV. Sınıf Su (İhtiyatla Kullanılmalı)	V. Sınıf Su (Zararlı) Uygun Değil
AKM	20	30	45	60	>100
PH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6-9	<6->9
BOİ <sub>5</sub> , mg/L	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
İletkenlik (µs/cm)	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (%Na)	<20	20-40	40-60	60-80	>80
Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)	<10	10-18	18-26	>26	-
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC) mg/L	<66	66-133	>133	-	-
Klorür (Cl <sup>-</sup> ), mg/L	0-142	142-249	249-426	426-710	>716
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ), mg/L	0-192	192-336	336-575	575-960	>960
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mg/L	0-5	5-10	10-30	30-50	>50
Fekal koliform 1/100 ml	0-2	2-20	20-100	100-1000	>10000
Toplam tuz (mg/L)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	>2100
Sulama suyu sınıfı	C1S1	C1S2, C2S2, C2S1	C1S3, C2S3, C3S3, C3S2, C3S1	C1S4, C2S4, C3S4, C4S4, C4S3, C4S2, C4S	-

EK-3. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Su Kalite Standartları [64]

WHO (World Health Organisation)			
Birincil Standartlar (Berraklık)			
Parametreler		Birimler	İçme ve Kullanma Suları
Bulanıklık		Birim	5
Birincil Standartlar (Mikrobiyolojik)			
Koliform Bakteri	EMS/100 mL		0
Birincil Standartlar (İnorganik Std.)			
Alüminyum		mg/L	0,2
Arsenik		mg/L	0,05
Baryum		mg/L	0,7
Kadmiyum		mg/L	0,01
Krom (Toplam)		mg/L	0,05
Florür		mg/L	1,5
Bromür		mg/L	-
Kurşun		mg/L	0,05
Civa		mg/L	0,001
Nitrat(No3)		mg/L	50
Selenyum		mg/L	0,01
Gümüş		mg/L	-
Antimon		mg/L	0,01
Berilyum		mg/L	-

EK-3 (Devam). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) su kalite standartları [64]

İkincil Standartlar (Estetik)			
Klorür		mg/L	250
Renk (Birim)		mg/L	15
Bakır		mg/L	-
Deterjanlar		mg/L	-
Demir		mg/L	-
Mangan		mg/L	0,5
pH		mg/L	6,5 – 8,5
Sülfat		mg/L	250
Toplam Çözünmüş Madde		mg/L	1000
Çinko		mg/L	-
İlave Parametreler		mg/L	
Kalsiyum		mg/L	-
Sertlik		Fr	50
Magnezyum		mg/L	-
Potasyum		mg/L	-
Sodyum		mg/L	200
Bakiye Klor		mg/L	5
Amonyum		mg/L	1,5