

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKGÖL SU KALİTESİNİN ORGANİK PARAMETERELERİ  
DEĞERLERİNE GÖRE SU KALİTE İNDEKSİNİN  
DEĞERLENDİRİLİP KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elvan SELVİ**

**Kimya Anabilim Dalı**

**Organik Bilim Dalı**

**TEMMUZ 2023**



**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKGÖL SU KALİTESİNİN ORGANİK PARAMETERELERİ  
DEĞERLERİNE GÖRE SU KALİTE İNDEKSİNİN  
DEĞERLENDİRİLİP KARŞILAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elvan SELVİ**

**Kimya Anabilim Dalı**

**Organik Bilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hayriye GENÇ BİLGİÇLİ**

**Ortak Danışman: Doç. Dr. Çiğdem ÖZER**

**TEMMUZ 2023**



Elvan SELVİ tarafından hazırlanan “Akgöl Su Kalitesinin Organik Parametreleri Değerlerine Göre Su Kalite İndeksinin Değerlendirilip Karşılaştırılması” adlı tez çalışması 07.08.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Organik Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

### Tez Jürisi

|                       |                                                                           |       |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Jüri Başkanı :</b> | <b>Prof. Dr. Hüseyin ALTUNDAĞ</b><br>Sakarya Üniversitesi                 | ..... |
| <b>Jüri Üyesi :</b>   | <b>Doç. Dr. Hayriye GENÇ BİLGİÇLİ (Danışman)</b><br>Sakarya Üniversitesi  | ..... |
| <b>Jüri Üyesi :</b>   | <b>Doç. Dr. Çiğdem ÖZER (Ortak Danışman)</b><br>Bitlis Eren Üniversitesi  | ..... |
| <b>Jüri Üyesi :</b>   | <b>Doç. Dr. Asude ATEŞ</b><br>Sakarya Üniversitesi                        | ..... |
| <b>Jüri Üyesi :</b>   | <b>Doç. Dr. Esra ALTINTIĞ</b><br>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi | ..... |



## **ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ**

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “Sakarya Akgöl Su Kalitesinin Organik Parameterleri Değerlerine Göre Su Kalite İndeksinin Değerlendirilip Karşılaştırılması ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(...../...../2023).

Elvan SELVİ





*Eşime ve çocuklarıma*



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, titizlikle beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Hayriye GENÇ BİLGİÇLİ ve ortak danışman hocam Doç. Dr. Çiğdem ÖZER'e,

Bu tez çalışmam sırasında her türlü laboratuvar olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Kocaeli İzaydaş Laboratuvar Şefi Erkan BAYSAL'a ve değerli ekibine,

Her zaman desteği ile yanımda olan eşim Onur SELVİ ve kıymetli aileme teşekkürlerimi sunarım.

Elvan SELVİ



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                               |       |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ .....                             | v     |
| TEŞEKKÜR .....                                                                | ix    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                             | xi    |
| KISALTMALAR .....                                                             | xiii  |
| SİMGELER .....                                                                | xv    |
| TABLO LİSTESİ .....                                                           | xvii  |
| ŞEKİL LİSTESİ .....                                                           | xix   |
| ÖZET .....                                                                    | xxi   |
| SUMMARY .....                                                                 | xxiii |
| 1. GİRİŞ .....                                                                | 1     |
| 2. KURAMSAL TEMELLER .....                                                    | 3     |
| 2.1. Su Kalite İndeksi Parametreleri .....                                    | 3     |
| 2.1.1. pH .....                                                               | 3     |
| 2.1.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı .....                                        | 3     |
| 2.1.3. Çözünmüş oksijen .....                                                 | 4     |
| 2.1.4. Askıda katı madde (AKM) .....                                          | 5     |
| 2.1.5. Fosfor .....                                                           | 5     |
| 2.1.6. Azot .....                                                             | 6     |
| 2.1.7. Biyolojik oksijen ihtiyacı .....                                       | 7     |
| 2.1.8. Toplam organik karbon .....                                            | 8     |
| 2.1.9. Toplam kjeldahl azotu .....                                            | 8     |
| 2.1.10. Yağ ve gres .....                                                     | 9     |
| 2.1.11. Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) ..... | 9     |
| 2.1.12. Fenolik maddeler .....                                                | 10    |
| 2.1.13. Minereal yağlar ve türevleri .....                                    | 11    |
| 2.1.14. Sülfat .....                                                          | 11    |
| 2.1.15. Klorür .....                                                          | 12    |
| 2.1.16. Florür .....                                                          | 12    |
| 2.2. Göl Sularının Kalite Sınıflandırılması .....                             | 12    |
| 2.3. Su Kalite İndeksleri .....                                               | 14    |
| 2.3.1. Kanada su kalitesi indeksi (CCME-WQI) .....                            | 14    |
| 2.3.2. Su kalite indeksi (WQI) .....                                          | 16    |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM .....                                                   | 17    |
| 3.1. Çalışma Bölgesi .....                                                    | 17    |
| 3.2. Deneysel Çalışmalar .....                                                | 18    |
| 3.2.1. Numune alma esasları .....                                             | 18    |
| 3.2.2. Numune saklama ilkeleri .....                                          | 19    |
| 3.2.3. Analizlerin yapıldığı cihazlar .....                                   | 19    |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....                                                  | 21    |
| 4.1. pH .....                                                                 | 21    |
| 4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı .....                                          | 21    |

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3. Çözünmüş Oksijen.....                                                 | 23        |
| 4.4. Askıda Katı Madde.....                                                | 23        |
| 4.5. Toplam Fosfor .....                                                   | 24        |
| 4.6. Biyolojik Oksijen İhtiyacı .....                                      | 25        |
| 4.7. Toplam Organik Karbon.....                                            | 26        |
| 4.8. Toplam Kjheldal Azotu .....                                           | 27        |
| 4.9. Yağ ve Gres .....                                                     | 28        |
| 4.10. Metilen Mavisi ile Reaksiyon Veren Yüzey Aktif Maddeleri (MBAS)..... | 29        |
| 4.10.1. Numune hacmi .....                                                 | 29        |
| 4.10.2. Ekstraksiyon ve renk geliştirme .....                              | 30        |
| 4.11. Fenolik Maddeler.....                                                | 31        |
| 4.12. Mineral Yağlar ve Türevleri.....                                     | 32        |
| 4.13. Sülfat-Klorür-Florür-Nitrit Azotu-Nitrat Azotu .....                 | 33        |
| 4.13.1. Sülfat ölçümü .....                                                | 34        |
| 4.13.2. Klorür ölçümü .....                                                | 35        |
| 4.13.3. Florür ölçümü.....                                                 | 36        |
| 4.13.4. Nitrit azotu ölçümü .....                                          | 36        |
| 4.13.5. Nitrat azotu ölçümü.....                                           | 36        |
| 4.14. Su Kalite İndeksi (WQI).....                                         | 37        |
| 4.15. Kanada Su Kalitesi İndeksi (CCME-WQI) .....                          | 40        |
| <b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>                                          | <b>43</b> |
| 5.1. Tartışma.....                                                         | 43        |
| 5.2. Sonuç .....                                                           | 5050      |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                                      | <b>55</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                                       | <b>59</b> |

## KISALTMALAR

|                 |                                                            |
|-----------------|------------------------------------------------------------|
| <b>AKM</b>      | : Askıda Katı Madde                                        |
| <b>BOİ</b>      | : Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı                            |
| <b>CCME-WQI</b> | : Kanada Su Kalitesi İndeksi                               |
| <b>ÇO</b>       | : Çözünmüş Oksijen                                         |
| <b>EC</b>       | : Avrupa Topluluğu                                         |
| <b>FAS</b>      | : Demir (II) Amonyum Sülfat                                |
| <b>KOİ</b>      | : Kimyasal Oksijen İhtiyacı                                |
| <b>LAS</b>      | : Lineer Alkilbenzen Sülfonat                              |
| <b>LDO</b>      | : Lüminesan Çözünmüş Oksijen                               |
| <b>MBAS</b>     | : Metilen Mavisi ile Reaksiyon Veren Yüzey Aktif Maddeleri |
| <b>NSFWOI</b>   | : Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi                |
| <b>OWOI</b>     | : Oregon Su Kalite İndeksi                                 |
| <b>TK</b>       | : Toplam Karbon                                            |
| <b>TIK</b>      | : Toplam İnorganik Karbon                                  |
| <b>TOK</b>      | : Toplam Organik Karbon                                    |
| <b>TKN</b>      | : Toplam Kjeldal Azotu                                     |
| <b>WQI</b>      | : Su Kalite İndeksi                                        |
| <b>WHO</b>      | : Dünya Sağlık Teşkilatı                                   |
| <b>WAWOI</b>    | : Ağırlıklı Aritmetik Su Kalite İndeksi                    |



## SİMGELER

|                                         |                                                                                         |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CaCl<sub>2</sub></b>                 | : Kalsiyum Klorür Çözeltisi                                                             |
| <b>FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O</b> | : Demir (III) Klorür Çözeltisi                                                          |
| <b>F<sub>1</sub></b>                    | : Verilen Hedefleme Değerini Aşan Parameterelerin Toplam<br>Parameterelere Göre Yüzdesi |
| <b>F<sub>2</sub></b>                    | : Frekans                                                                               |
| <b>F<sub>3</sub></b>                    | : Sapma Genişliği ve Hedeflemlerin Karşılanmadığı Miktar                                |
| <b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>      | : Sülfirik Asit                                                                         |
| <b>HNO<sub>3</sub></b>                  | : Nitrik Asit                                                                           |
| <b>HCl</b>                              | : Hidroklorik Asit                                                                      |
| <b>MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O</b> | : Magnezyum Sülfat Çözeltisi                                                            |
| <b>NH<sub>3</sub>-N</b>                 | : Amonyak Azotu                                                                         |
| <b>NO<sub>2</sub>-N</b>                 | : Nitrit Azotu                                                                          |
| <b>NO<sub>3</sub>-N</b>                 | : Nitrat Azotu                                                                          |



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 2.1.</b> Kanada Su Kalite İndeksi Kalite Sınıflandırması. .... | 15 |
| <b>Tablo 2.2.</b> Kanada Su Kalite İndeksi Kalite Sınıflandırması. .... | 16 |
| <b>Tablo 4.1.</b> MBAS numune hacmi.....                                | 30 |
| <b>Tablo 4.2.</b> WQI 1.İstasyon. ....                                  | 38 |
| <b>Tablo 4.3.</b> WQI 2.İstasyon. ....                                  | 39 |
| <b>Tablo 4.4.</b> CCME-WQI 1.İstasyon.....                              | 40 |
| <b>Tablo 4.5.</b> CCME-WQI 2.İstasyon.....                              | 41 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. Akgöl (Google maps,2023). ....            | 17 |
| Şekil 3.2. Akgöl numune alma istasyonları. ....      | 18 |
| Şekil 4.1. pH ölçümü. ....                           | 21 |
| Şekil 4.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı ölçümü ....     | 22 |
| Şekil 4.3. Çözünmüş oksijen ölçümü.....              | 23 |
| Şekil 4.4. Askıda katı madde ölçümü. ....            | 24 |
| Şekil 4.5. Toplam fosfor ölçümü. ....                | 25 |
| Şekil 4.6. Biyolojik oksijen ihtiyacı ölçümü.....    | 26 |
| Şekil 4.7. Toplam organik karbon ölçümü. ....        | 27 |
| Şekil 4.8. Toplam kjheldal azotu ölçümü. ....        | 28 |
| Şekil 4.9. Yağ ve gres ölçümü. ....                  | 29 |
| Şekil 4.10. MBAS ölçümü. ....                        | 31 |
| Şekil 4.11. Fenolik maddeler ölçümü. ....            | 32 |
| Şekil 4.12. Mineral yağlar ve türevleri ölçümü. .... | 33 |
| Şekil 4.13. Sülfat ölçümü.....                       | 34 |
| Şekil 4.14. Klorür ölçümü.....                       | 35 |
| Şekil 4.15. Florür ölçümü. ....                      | 36 |
| Şekil 4.16. Nitrat azotu ölçümü ....                 | 37 |



## **AKGÖL SU KALİTESİNİN ORGANİK PARAMETERELERİ DEĞERLERİNE GÖRE SU KALİTE İNDEKSİNİN DEĞERLENDİRİLİP KARŞILAŞTIRILMASI**

### **ÖZET**

Artan nüfus ve kentselleşme oranı günümüz şartlarında su ihtiyacının çoğalmasına ve su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Yüzey ve yer altı sularının aşırı kullanımı, dış etkenlerin ve doğal afetlerin sebep olduğu kirlenmeler su kaynaklarını tehlikeye atmaktadır. Yakın zamanda yaşanması muhtemel görülen su kıtlığından kaçınmak için su kaynaklarını korumak ve kullanımlarını yönetmek ciddi önem arz etmektedir. Bu amaçla, bölgemizde bulunan Akgöl'ün su kalitesi incelenmiştir.

Akgöl'ün su kalitesini değerlendirmek ve su kirliliği yönetmeliğinde yer alan değerler ile karşılaştırmak üzere Eylül 2021 – Ocak 2022 tarihleri arasında göl içerisinde belirlenen iki farklı noktadan ayda iki kez numune alınmıştır. Numuneler alınırken saklama koşulları ve numune almak esasları dahilinde tüm kurallar sağlanmıştır.

Alınan su örneklerinde 19 parametrenin (sıcaklık, pH, askıda katı madde, çözünmüş oksijen, toplam azot, toplam fosfor, sülfat, klorür, florür, nitrit – nitrat azotu, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, toplam organik karbon, toplam kjheldal azotu, metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeler , fenol, yağ-gres, mineral yağ ve türevleri) analizleri yapılmıştır. Seçilen parametrelerin analizleri ile elde edilen değerler “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”nde yer alan kalite sınıfları değerleri ile kıyaslanmıştır.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’nde bir suyun su kalitesini belirlemek için “o sınıf için seçilen parametreler bütün parametre değerleri ile uyumlu olmalıdır” ifadesi yer alır. Bu ifadenin dışında ise yer alan başka bir madde de grup içerisindeki her bir parametreye göre her parametrenin ayrı ayrı sınıfı belirlenir ve o gruba ait olan en düşük kalite sınıfı o grubun sınıfı belirlediği ifade edilmiştir. Yönetmelikte sınıfların ayrımı 1. Sınıf sular yüksek kalite su, 2. Sınıf sular az kirlenmiş su, 3. Sınıf sular kirlenmiş su, 4. Sınıf sular ise 1. 2. ve 3. Sınıf suların dışında kalan kullanım alanlarında kullanılan sular olarak yapılmıştır.

Belirlenen parametrelerden pH ve çözünmüş oksijen analizleri anlık olarak numune alınırken gerçekleştirilmiştir. Diğer analizler ise laboratuvar ortamında yapılmıştır.

Bu bilgiler neticesinde Akgöl'ün su kalitesini belirlemek amacıyla yapılan analizlerin sınıflandırılması; MBAS, fenol, çözünmüş oksijen, nitrit azotu, nitrat azotu açısından 1. Sınıf, kimyasal oksijen, klorür, florür açısından 2. Sınıf, toplam fosfor, biyokimyasal oksijen, açısından 3. Sınıf, sülfat, toplam organik karbon, toplam kjheldal azotu, yağ ve gres, mineral yağlar ve türevleri açısından 4. Sınıf olduğu tespit edilmiştir.

Akgöl'ün su kalite skoru Kanada Su Kalite İndeksini için 1. Istasyonda 24,71 2.istasyonda 24,94 olarak bulunmuş, Su Kalite İndeksi için 1. Istasyonda 956,74 ve 2. Istasyonda 972,12 olarak bulunmuştur.

Yapılan analizlerin değerlendirilmesi sonucunda göle karışan herhangi bir atık su deşarjı olmamasına rağmen Akgöl'ün IV. Sınıf kalitede bir göl olduğu ayrıca yoğun ötrofik koşullara sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu kirliliğe Akgöl'ün çevresinde bulunan tarımsal arazilerinin sulama suları ve gübreleme yöntemleri sebebiyle yer altı sularına karıştığı tahmin edilen fosforun gölde ötrofikasyon oluşabileceği, organik maddelerin göl gibi ortamlarda toksik etki oluşturabildiği, taşınan organik maddelerin göl yüzeyinde askıda madde miktarının artmasına sebep olduğu gibi sorunların neden olabileceği düşünülmektedir.



# **EVALUATION AND COMPARISON OF THE WATER QUALITY INDEX ACCORDING TO THE ORGANIC PARAMETERS OF AKGÖL WATER QUALITY**

## **SUMMARY**

The increasing population and the rate of urbanization are causing the need for water to increase and water resources to decrease in today's conditions. Excessive use of surface and underground waters, pollution caused by external factors and natural disasters endanger water resources. In order to avoid water scarcity, which is considered likely to occur in the near future, it is of serious importance to protect water resources and manage their use. For this purpose, the water quality of Akgöl in our region was examined.

January September 2021 – January 2022 samples were taken twice a month from two different points determined in the lake between the dates to evaluate the water quality of Akgöl, which is located at a distance of 2.5 km from the Sakarya River, and to compare it with the values contained in the water pollution Decrees. All rules are provided within the storage conditions and sampling principles when samples are taken.

Analysis of 19 parameters (temperature, pH, suspended solids, dissolved oxygen, total nitrogen, total phosphorus, sulfate, chloride, fluoride, nitrite – nitrate nitrogen, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, total organic carbon, total kjhedral nitrogen, surfactants reacting with methylene blue, phenol, oil-grease, mineral oil and derivatives) were performed in the water samples taken. The values obtained by analyzing the selected parameters were compared with the values of the quality classes included in the “Water Quality Control Regulation”.

The Regulation on Water Pollution Control contains states “The parameters selected for this class must be compatible with all parameter values” to determine the water quality. Apart from this expression, another item included is that according to each parameter in the group, the class of each parameter is determined separately, and it has been stated that the lowest quality class belonging to that group determines the class of that group.

Separation of classes in the regulation

- \* Class 1 water is high-quality water,
- Class 2 water is slightly polluted water,
- Class 3 water is contaminated water,
- Class 4 water, on the other hand, was water used in areas other than the 1 st, 2 nd, and 3 rd class water.

The pH and dissolved oxygen analyses of the determined parameters were carried out while the sample was taken instantly. Other analyses were performed in the laboratory environment.

The main equipment used in the laboratory analyses are listed below.

- R 4200 Thermoreactor
- \* automatic burette with 0.2 split, 0.45 micron filter
- \* Binder drying oven (105 degrees)
- A-Tech Zone 47 mm filter paper
- Sartorius AKM assembly
- Sartorius IBP 160P precision scale
- \* Agilent 7500 ICP-MS
- \* Analytic Jena Top Wave Micro Wave
- \* Gerhardt digestion block heater KT8
- Kjeldahl distillation device
- \* Gerhardt Vapodest distillation device
- \* Thermo Scientific Ion Chromotography Device
- \* Agilent 7694E Headspace
- \* Agilent 7890A Gas Chromatography Device
- \* Buchi 8811 Automatic Soxhlet Device

As a result of all the information mentioned above, all the necessary conditions have been provided and analyses have been made for the parameters selected to determine the water quality of Akgöl. The classification made according to the Water Pollution Control Regulation is;

- 1<sup>st</sup> class since the measured MBAS value is 0.004-0.005
- \* 1<sup>st</sup> class since the measured phenol value is 0.003-0.005
- \* 1<sup>st</sup> class since the measured dissolved oxygen value is 10.4-10.6
- 1<sup>st</sup> class since the measured nitrite nitrogen value is 0.00
- 1<sup>st</sup> class since the measured nitrate nitrogen value is 0.05-0.09
- \* 2<sup>nd</sup> class since the measured Chemical oxygen value is 29-30
- 2<sup>nd</sup> class since the measured chloride value is 22-34
- 2<sup>nd</sup> class since the measured fluoride value is 1400-1500
- 3<sup>rd</sup> class since the measured total phosphorus value is 0.2-0.4
- 3<sup>rd</sup> class since the measured biochemical oxygen value is 8.5-9.5
- 4<sup>th</sup> class since the measured sulfate value is 1900-3300
- 4<sup>th</sup> class since the measured total organic carbon value is 12-17
- 4<sup>th</sup> class since the measured total kjeldahl nitrogen value is 5.8-6.0
- 4<sup>th</sup> class since the measured oil and grease value is 2.7-3.0
- \* 4<sup>th</sup> class since the measured mineral oils and their derivatives value are 0.7-1.2

All the data collected after these classifications were used to determine the water quality of Akgöl. For this purpose, in order to determine the water quality of Akgöl, two water quality indices, namely the Canadian Water Quality Index and the Water Quality Index, were studied in this study.

In order to use the Canadian Water Quality Index, it is necessary to take a sample at least four times and evaluate four different parameters. When this information is set out and evaluated, Akgöl's water quality score is 1 as a result of the entire calculation. 24,71 For the station 2.it was found to be 24.94 for the station. When these results we obtained with the classification criteria of the index are compared, it has been determined that Akgöl's water quality class falls into the very bad water class.

The Water Quality Index is carried out in order to determine the synergistic effects of the data. When the calculation of the data collected from this index is made, the water quality scores are 1. 956,74 for the station and 2. It was found to be 972.12 for the station. Water quality index classification criterion When compared with the water quality score of Akgöl, it was determined that it belongs to the D grade very bad water class and can only be used for irrigation purposes.

As a result of the evaluation of the analyses performed, although there was no waste water discharge mixed into the lake, Akgöl's IV. It was concluded that it is a lake of class quality and also has intense eutrophic conditions. It is believed that phosphorus, which is estimated to be mixed into groundwater due to irrigation waters and fertilization methods of agricultural lands located around Akgöl, may cause eutrophication in the lake, organic substances may cause toxic effects in environments such as the lake, transported organic substances may cause an increase in the amount of suspended substances on the lake surface, as well as problems.



## 1. GİRİŞ

Göller kara kütleleri üzerinde ve yeraltında çeşitli etkenlerin etkileşmesiyle çukur olan bölgeleri veya çanakları doldurarak oluşturan su kütleleridir (Türk Coğrafya Dergisi).

Göller yer yüzündeki tatlı suların %87'lik kısmını oluşturalar. Aynı zamanda kara üzerindeki kapladığı alan ise %2'dir. Her ne kadar göller kullanım alanları olarak evsel ve endüstri su temini ile rekreasyonda, sulama-enerji üretiminde tercih edilselerde evsel ve sanayi atık sularının göllere boşaltılma ihtimali de söz konusudur. Bu boşaltımdan kaynaklanan kirletici dışında göl ve gölü çevreleyen kara arasında da bir etkileşim vardır. Bu etkileşim yüzey ve yüzeyaltı akışların göle girmesine sebep olurlar. Bu akışlar beraberinde organik maddeler gibi fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşen maddeleri de sürüklerler. Tüm bunların dışında önemli olan bir diğer kısım ise atmosferden gelen fosil yakıtların yanma ürünleri, endüstri gaz atıkları gibi maddelerdir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017).

Ülkelerdeki nüfus artışıyla birlikte ortaya çıkan çevre sorunlarından birisi de su kirliliğidir (Elmanama vd., 2006; Elmacı vd., 2008; Ünlü vd., 2008). Suyu evrensel bir çözücü ve yenilenebilir kaynak yapan özellikleri aynı zamanda suyu kirlenmeye karşı daha fazla eğilimi olan bir madde haline getirebileceği gibi insan faaliyetleri sonucunda da suyun bileşimi değişeceğinden su kirli olarak kabul edilebilir. Nüfus artışı ile birlikte artan atık miktarları suların kendi kendini temizleme kapasitesinin sınırlarını aşan bir durum oluşturmuştur (Water Pollution, P.K. Goel).

Göllerin su kalitesinin bozulmasının yani su kirliliğinin en belirgin özelliği ötrofikasyondur. Evsel ve endüstriyel atık sular ile tarımsal drenaj suları fosfor ve azot bakımından oldukça zengin olduğundan dolayı göllerde fotosentez ile alg üremesine ve organik madde miktarının artmasına neden olurlar (Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017).

Ülkemizde su kalitesi, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği 'ne göre su kalite parameterleri A, B, C, D olmak üzere 4 farklı kategoriye ayrılmıştır. Bu kategoriler

fiziksel ve inorganik kimyasal parametereler, organik parametereler, inorganik kirlenme parametereleri ve bakteriyolojik parameterelerden oluşmaktadır. Sular her bir kategorinin içerdiği parametere değerine göre ise sınıflara ayrılmıştır. Sınıf I (kaliteli su); sadece dezenfeksiyon işlemi ile içme ve kullanma amaçlı kullanılan sulardır. Sınıf II (az kirlenmiş su); gerekli olan arıtmalar yapıldıktan sonra içme ve kullanma suyu olarak kullanılan sulardır. Sınıf III (kirlenmiş su); kalite su kullanımı gerektirmeyen endüstrilerde uygun arıtma koşulları sağlandıktan sonra elde edilip kullanılan sulardır. Sınıf IV (çok kirlenmiş su); parametre bakımından 1.,2.,3., sınıf suların dışında kalan düşük kaliteli yüzeysel sulardır (Çevre ve Orman Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği).

Bu çalışmada; Akgöl'ün su kalitesini belirlemek amacıyla farklı istasyonlardan farklı zamanlarda alınan numunelerin kimyasal ve organik parametrelere analizleri sonucu karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

## **2. KURAMSAL TEMELLER**

### **2.1. Su Kalite İndeksi Parametreleri**

Bu çalışmada Akgöl su kalitesini belirlemek için kimyasal ve organik parametreler kullanılmış olup elde edilen veriler nezdinde kalite sınıfı değerlendirilmiştir. Çalışmada analizi yapılan parametreler ise; pH, kimyasal oksijen ihtiyacı, çözünmüş oksijen, askıda katı madde, fosfor, azot, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, toplam organik karbon, toplam kjeldahl azotu, yağ ve gress, metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri, fenolik maddeler, mineral yağ ve türevleri, sülfat, klorür, florürdür.

#### **2.1.1. pH**

pH çözeltinin asit yada baz durumunu ifade eden ve aynı zamanda sularda  $H^+$  iyonu konsantrasyonunu gösteren parametredir. pH değerleri 1-14 arasında olup bu değer su pH'ında 4-9 arasındadır. Ayrıca genellikle suda doğal olarak bulunan alkali ve toprak alkali metallerin varlığı sebebiyle hafifçe bazik olabilirler. pH ölçümü su kimyasında en çok ölçülen değer olmakla birlikte en değerli parameter arasındadır (Günay, 2017).

pH ayrıca suda yaşayan canlıların yaşamsal faaliyetlerini etkilemekle birlikte sudaki çeşitli zehirli kimyasalların varlığına ilişkin de gösterge sunmaktadır. Bu yönleri pH'ın suyun kimyasal bileşimini açıklamadaki etkinliğini arttırmaktadır.

pH derecesinin günlük değişimi su bitkilerinin ve fitoplanktonun fotosentezi dolayısıyladır. pH değeri sudaki bitkilerin gündüz vakitlerinde çözünmüş halde karbondioksiti tükettikleri için bazik bir çözelti olan hidroksit iyonları üreterek yükselir ve en yüksek değerine ise öğleden sonra gelir. Bitkilerin gece solunum yaparak oksijen tüketip karbondioksit üretmeleri ile pH düşerek asidik hale gelir (Kaçan 2020).

#### **2.1.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı**

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), evsel ve endsütriyel atık sularının belirli koşulları altında açığa çıkan oksijen miktarının belirlenmesinde kullanılan önemli bir

parametredir. Analiz sonucunda açığa çıkan maddenin oksitlenebilme ihtimalini tahmin etmeyi sağlar. Sonuç genel olarak analizi yapılan numunenin litresi başına tüketilen miligram oksijen olarak ifade edilir. Deneysel deneyimler ile elde edilen veriler ışığında KOİ değeri kullanılan reaktiflerin konsantrasyonundan, sıcaklıklardan etkilenmektedir (Environment agency,2007).

Oksijen suda az çözünmesine rağmen su popülasyonu için çok önemlidir. Serbest çözünmüş oksijen olmazsa eğer göller bir çok su popülasyonu için yaşanılmaz hale gelirler. Bu sebeple, organik kirleticiler ayrışmak için oksijene ihtiyaç duyarlar ve ortamın ekolojisi üzerinde en hızlı etkiyi gösterebilirler. KOİ sınırlı su akışına sahip olan göllerin kıyılarındaki organik kirliliğin izlenmesinde yüksek konsantrasyonlarda organik bileşiklere hizmet eder (Analytica Chimica Acta,1999).

### **2.1.3. Çözünmüş oksijen**

Sudaki oksijen; ekosistemin parçası olan bitki, hayvan ve mikroskobik canlıların yaşam şartlarını sürdürebilmeleri için gerekli olduğu gibi suyun ekolojik stabilitesinde çok önemli bir parametredir. Aynı zamanda çözünmüş oksijen değeri su kalite parameterleri analizleri açısından gerekli olan diğer parametreleri de etkilemektedir (Karaaslan, 2009).

Oksijenin atmosferden doğrudan yayılması, rüzgar ve dalga hareketi ve fotosentez ile çözünmüş oksijen suya aktarılır. Çözünmüş oksijen organik maddenin aerobik olarak ayrışmasında, suda yaşayan organizmaların solunmasında ve mineralin kimyasal oksidasyonu için kullanılır (Kaçar 2020).

Çözünmüş oksijen (ÇO) miktarı konsantrasyonu aynı zamanda suda yaşamın devam edebilirliği, alglerin aktivitesi ve organik madde miktarına bağlıdır (Özkan, vd. 2006).

Analiz sonucunda bulunan çözünmüş oksijen konsantrasyonunun değeri bir nevi suyun kirlenme derecesini de belirtmektedir. Bununla birlikte sudaki organik madde konsantrasyonunu ve suyun kendi kendini ne kadar temizleyebileceğini de ortaya koymaktadır. Suda bulunan çözünmüş oksijen yüzdesi, sıcaklığa göre ters atmosfer basıncına göre doğru orantılıdır. Basınç miktarı yüksek olduğunda yüksek miktarda oksijen çözünmektedir. Buna karşılık yüksek sıcaklıkta düşük miktarda oksijen çözünmektedir. Belirtilen sebepler eşliğinde bu parametreler birbirleriyle yakından

ilişkilidir. Bu bulgular ışığında sudaki çözünmüş oksijen miktarının yüksek olması tercih edilmektedir (Korkut, 2012).

Suyun tutabilceği oksijen miktarı suyun tuzluluğuna ve basıncına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Hızlı hareket eden ve büyük nehir gibi sular daha çok çözünmüş oksijen miktarı içerirken durgun sular daha az çözünmüş oksijen miktarı içerir. Suda bulunan organik maddeler bozulmaya uğradıklarında florası artar ve bol miktarda oksijen tüketir. Bu nedenle, fazla organik madde göller ve nehirlerde ötrofik oluşumuna neden olan koşullar oluşturabilir (Kaçar 2020).

#### **2.1.4. Askıda katı madde (AKM)**

Su numunesi içerisindeki bulunan çökebilir ve çökemeyen katı maddelere askıda katı madde olarak tanımlanır.

Askıda katı madde akarsu, nehir, göl gibi sularda tutulan inorganik ve organik maddelerin kütlesini (mg) veya konsantrasyonunu ifade eder. Tüm akarsular doğal koşullar nedeniyle bir miktar dahi olsa askıda katı madde taşıyarak suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişikliklere neden olurlar. Bu değişiklikler sonucunda biriken katılar su hatlarının rezervlerini tıkayabileceği gibi suya ışığın daha az geçişine sebep olurlar. Ayrıca askıda katı maddelerin yüksek organik içeriğe sahip olduğu yerlerde su popülasyonun çözünmüş oksijen seviyelerini tüketerek onların yaşamlarını tehdit edebilecek bir oksijen eskikliğine sebep olurlar.

Bilimsel olarak askıda katı madde, alınan su numunesinin 103-105 °C sıcaklıkta suyun buharlaştırılarak geriye kalan maddelerin ağırlığıdır. Kalan bu maddelerin bir bölümü filtre kâğıdı ile tutulur ve bu maddeler askıda katı madde olarak ifade edilir. Filtre kâğıdı ile tutulamayan maddeler ise çözünmüş madde olarak tanımlanır. Askıda katı madde ve çözünmüş maddeler içme sularında neden olduğu tat ve koku sebeplerinden dolayı suyun kalitesini bozmaktadır. Bu maddelerin analizinde kullanılan yöntemler çoğunlukla ampirik olup toplam katı madde ve diğer katı madde türlerinde tür ayrımı yapmamaktadır. Analiz için kullanılacak olan filtrelerin por çapı, alanı, malzemesi ve kalınlığı bunlara örnek olarak sayılabilir (Mihelcic1997).

#### **2.1.5. Fosfor**

Fosfor canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için hayati bir elementtir. Fosfor süreci çok yavaş gerçekleşmekte olup doğada doğal olarak bulunan fosfor çoğunluğunu fosfat iyonu oluşturmaktadır. Su arıtma endüstrisinde fosfatlar su

yumuşatıcısı olarak, su kazanlarının ve soğutucularının kirecini gidermek, borularda oluşan sızıntıları önlemek için içme suyunda bir katkı maddesi olarak kullanılır (Phosphorus in wastewater, YSI).

Genel olarak fosfor sediment kütlelerinde ve volkanik kütlelerde bulunan bir elementtir. Su sistemlerinde fosfor karmaşık kimyasal ve biyokimyasal dengenin en sınırlayıcı besin maddeleri arasında olduğu için ekosistemdeki büyümeyi engellemektedir. Doğal sularda bulunan fosfor derişimi normal şartlarda 10-20 mg/L yi geçmemekte ve çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunarak birçok tepkimede yer alır. Aynı zamanda genetik sistemlerde hücredeki enerjinin taşınması ve depolamasında da ciddi bir role sahiptir. Canlı protoplazmanın kuru ağırlık olarak %2'sini fosfor oluşturduğu için büyümeyi sınırlayıcı bir etkiye de sahiptir. Bu nedenle eğer gerekli olan fosfor suda yeterli miktarda bulunmazsa canlıların büyümesini sınırlayabilir (Chapra, 1997).

Fosfor, dünyadaki tüm yaşam için gereklidir ve karbon, hidrojen, oksijen, nitrojen ve kükürt ile canlı organismalar için gerekli olan altı temel elementten biridir (Phosphorus in wastewater, YSI). Fosfora doğada, bitki ve özellikle hayvanların gövde yapısında (hücre ve dokular) bulunan önemli bir element olarak karşılaşılmaktadır. Bir gölün biyolojik olarak verimliliği taşımış olduğu çözünmüş veya yüzen haldeki fosfora ve fosforlu maddelere bağlıdır. Göl sularında bulunan fosforun %90'lık kısmı organik fosfor olarak canlıların hücre yapısında ve ölü organik maddeler içerisinde yer almaktadır (Erençin ve Köksal, 1981).

Fazla besin kirliliği kaynağı ötrofikasyon oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Olması gerekenden fazla kullanılan gübre uygulanan bölgeden sızar ve su kütlelerine karışır. Bazı sistemlerin su kaynaklarına deşarjının belirli bir yeri olduğundan besinler için kaynak olabilmektedir. Bu gibi noktasal kaynaklarda fosforu azaltmak, atık olarak atılan besin maddelerini sınırlamak göllerimizi korumak için en büyük çabanın bir parçasıdır (Phosphorus in wastewater, YSI).

#### **2.1.6. Azot**

Soluduğumuz havanın yaklaşık olarak %80'ini oluşturan Nitrit ve Nitrat Azot elementinin formlarıdır. Azot tüm canlıların hücrelerinde bulunduğu gibi sürekli olarak bitkiler ve hayvanlar tarafından geri dönüştürülür. Azot genel olarak her yerde bulunabildiği gibi gübre, insan ve hayvan atıkları, bahçe atıkları ve havada bulunan

önemli bir besin maddesidir. Organik azot proteinlerde ve diğer bileşiklerde bulunur. İnorganik azot, serbest halde bir gaz, hidrojenle bir araya geldiğinde amonyak olarak veya oksijenle bir araya geldiğinde nitrit-nitrat olarak bulunabilir.

Toprakta yada bazı bitki gruplarının köklerinde yaşayan bakteriler atmosferde serbest halde bulunan azot gazını kendilerine çekerek amonyağa dönüştürürler. Oluşan fazla amonyak ise toprağa salınarak bakteriler tarafından önce nitrite sonra hızla nitratlara dönüştürülürler.

Ayrıca nitritler nitrata dönüştükleri oranda toksik olabilmektedir. İnsan ve hayvanlarda ekstra olarak alınan nitritin nitrata dönüştürülmesiyle veya doğrudan fazla miktarda alınan nitritin kan dolaşımıyla kan hücrelerinin oksijen taşıma yeteneğini yok eden methemoglobin oluşumunu arttırmaktadır. Methemoglobin insan kanındaki hemoglobin ile doğrudan reaksiyona girmesi sonucunda ise methemoglobinemi yani eritrosit formu hastalığı oluşur. Bu hastalık ise bebeklerde “blue baby” hastalığı olarak adlandırılır.

Nitrat, tarımsal gübrenin önemli bir bileşeni olduğundan dolayı tarımsal faaliyetler oldukça gerekli öneme sahiptir. Suda açığa çıkan yüksek nitrat seviyeleri çoğunlukla gübre akıntısı veya atık sudan kaynaklanan bir durumun göstergesidir ve aynı zamanda alg çiçeklenmeleri, bitkilerin aşırı büyümesi ve oksijenin ölü olduğu bölgeleri ile alakalı olabilir. Yağmur yağdığında ise nitrat, tarım alanlarından yakın bölgelerde bulunan su yollarına taşınır (Gord ve Jadhav, 2013).

#### **2.1.7. Biyolojik oksijen ihtiyacı**

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı belirli bir sıcaklıkta ve oksijen varlığındaki koşullar altında organik maddenin suda yaşayan mikroorganizmalar tarafından toplam biyokimyasal ayrışması için gerekli olan oksijeni ölçen parametredir. Atık suyun ve göller gibi alıcı bölgelerin üzerindeki etkisini tahmin etmek için sıklıkla bu parametre kullanılır. Bu nedenle, oksijen tüketim oranı genellikle analitik testte BOİ parametresi ile belirlenir.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı atık sularda organik maddelerin oksidasyonu sırasında mikroorganizmalar tarafından tüketilen çözünmüş oksijenin belirlenmesindeki ölçüdür. Yüksek BOİ seviyelerine sahip olan atıkların deşarjı alıcı olabilen göl gibi su kütlelerinde önemli bir boyutta oksijenin tükenmesi sonucu su aklitesini

etkileyeceği gibi canlı popülasyonunda yaşamsal faaliyetlerinde ciddi sorunlara sebep olmaktadır (Biochemical oxygen demond).

Atık sulardeki organik maddelerin sudaki miktarları suyun kirlilik derecesinin ölçüsü olarak kabul edilir (Samsunlu, 2013).

#### **2.1.8. Toplam organik karbon**

Toplam karbon, çözülebilen ya da çözilemeyen bileşenlerin organik ve inorganik karbonlarının toplamıdır.

Toplam inorganik karbon, çözülebilen ya da çözilemeyen bileşenlerin inorganik olarak bağlı karbonların toplamıdır.

Toplam organik karbon ise çözülebilen ya da çözilemeyen bileşenlerin organik olarak bağlı karbonların toplamıdır.

Toplam organik karbon hesaplarırken aşağıdaki formül kullanılır:

Toplam Organik Karbon = Toplam Karbon – Toplam İnorganik Karbon (Fil ve ark. 2018).

TOK için yapılan araştırmalar bu parametrenin suyun türüne bağlı olduğunu gösterebilir sıcaklık, tuzluluk, pH, mikrobiyal aktivite ve çevre bitki örtüsü gibi çeşitli parametrelerden de etkilendiği söylenmektedir. Sonuç olarak, TOK değeri oldukça değişkenlik göstermektedir (CWQGs 1996).

TOK su numunesinde bulunan organik bileşen miktarıdır. Kirlenmemiş doğal sularda TOK, suda çözünmüş ya da çözünmemiş organik maddelerden, askıda katı maddelerden, bitkisel olarak veya hayvanlardan kaynaklanır. Denizlerde ise TOK kirliliği atıksu deşarjı yapan tesislerden, tarımsal gübrelerden, tarım ilaçlarından, yüzey aktif maddelerden ve solventlerden kaynaklanmaktadır (Tipping ve ark. 1999).

#### **2.1.9. Toplam kjeldahl azotu**

Birçok organik fosfor ve azot bileşenlerinin ayrışma ürünleri göl gibi su kütlelerine boşaltıldığı zaman alglerin oluşmasına sebep olan besin kaynaklarıdır. Bilindiği gibi bu tarz su kütlelerinde oluşan fazla besin kaynakları aynı zamanda ötrofikasyon sürecini büyük ölçüde hızlandırmaktadır. Bu besin kaynaklarını içeren atıkların deşarjı için yönetmeliklerde belirli sınırlamalar yer almaktadır. Bu sebeple fosfor, azot ve azotlu bileşikler su kirliliği açısından önem arz etmektedir. TKN organik azot tayininde en yaygın olarak kullanılan parametredir (Andrea M. Jirka ve ark.).

Azot bileşenleri sularda ve atıksularda azalan oksidasyon basamağına göre, Nitrat azotu ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), Nitrit Azotu ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ), Amonyak azotu ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) ve Organik azot (org-N) şeklinde sıralanabilir. Biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda azot döngüsünde bulunan türler birbirlerine dönüşebilmektedir. Kjeldahl azotu, numunenin yakılarak parçalanma işleminden sonra numunedeki organik azot ve amonyum azot miktarının belirlenmesidir. Bunun sonucunda ise hem amonyağa dönüştürülen organik azot hem de suyun içindeki amonyak aynı zamanda ölçülmüş olur.

Organik azot derişimi suların kategoresine göre değişkenlik göstermektedir. Göl sularında birkaç yüz  $\mu\text{g/L}$  iken kanalizasyon sularında bu değer 20  $\text{mg/L}$ 'ye kadar yükselmektedir. Amonyak azotu çoğu doğal suyun pH aralığına bağlı olarak amonyum olarak bulunur. Büyük oranda organik azot içeren bileşiklerin deaminasyonu ve ürenin hidrolizi sonucunda ise amonyak azotu oluşur. Amonyak azotunun yüzey ve yer altı sularındaki değeri 10  $\mu\text{g/L}$ 'ye, atıksulardaki değeri ise 30  $\text{mg/L}$ 'ye çıkabilmektedir (Samsunlu, 1999).

#### **2.1.10. Yağ ve gres**

Yağ ve gres ham petrol üretimi, petrol rafinerisi, petro kimya endüstrisi, metal işleme, yağlayıcı ve soğutma maddeleri, restoranlar gibi çeşitli kaynaklardan atık sularla birlikte sulara karışmaktadır. Yağlı atık sular fenol, petrol hidrokarbonları gibi toksik maddeler içerirler. Bitki ve hayvaların büyümesine etki eden bu maddeler insanlar için de kanserojen etki gösterirler.

Genel olarak yağlar su fazında çözünmediği için yağlı atık sudaki yağ fazının özelliği değişkenlik gösterir. Anaerobik koşullarda yağlar ve gres uzun zincirli yağ asitlerine yağ asitlerine ve gliserole hidrolize olurlar (Alade ve ark.).

Akışkan bir yağ ile kalınlaştırıcı bir maddenin, katı ile yarı akışkan arasında yapı değişikliği gösterdiği bir yağ Gres olarak ifade edilmektedir. Gres uygulandıktan sonra yoğunluğundan dolayı akmayan ve damlmayan yapıya sahip olduğu için diğer yağlara göre daha avantajlıdır (Topçu ve Ölçeğen, 2015).

#### **2.1.11. Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS)**

İçme suyunda eser miktarda deterjan bulunması, nehirlerde, akarsularda ve göllerde suyun havalanmasına müdahale eden köpüğün çoğalması sudaki yüzey aktif madde konsantrasyonu için değerlendirme yapılmasına yol açmıştır (Pedro J. Journal 1975).

Yüzey aktif maddeler hemen hemen tüm kentsel ve birçok endüstriyel atık sularda bulunan çok önemli kirleticidir. Yüzey aktif maddelerin yüksek miktarlarda bulunması sonucunda bu maddelerin su kütlelerine ve toprağa girerek su kalitesinde olumsuz sonuçların oluşmasına neden olmaktadır. Anyonik yüzey aktif maddeler ev deterjanlarında olduğu gibi birçok endüstride de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Anyonik yüzey aktif maddelerin olduğu su ekosistemlerinde klorofiller zarar gördüğü gibi hücre ölümleri ve büyümeyi engellemeye sebep olan durumlar oluşmaktadır (Mohammad Hadi Dehghoni.2021).

Metilen mavisi aktif maddesi (MBAS) anyonu ile metilen mavisi katyonun iyon çifti oluşturması sonucunda MBAS anyonu katyonik bir madde olan metilen mavisi ile birleşir. Bu birleşme sonrasında ise açığa çıkan mavi renk MBAS'ın miktarını yoğunluğunu gösterir.

#### **2.1.12. Fenolik maddeler**

Fenolik bileşikler tekstil, ilaç, plastik, kozmetik, kömür katranı üretimi gibi endüstrilerden çıkan geniş bir atık prosesinde, konsatrasyonları litre başına ppm ile gram arasında değişen yaygın organik kirleticilerdir (Journal of membrane science,2021).

Fenoller hayvan ve bitki organizmalarında toksite etkileri oluşturabildikleri gibi insan sağlığı açısından da tehlikeli olabilirler. İçme suyu dezendezenfeksiyonunda klorlama yapıldığında suda doğal olarak bulunan fenolik maddelerde var olduğundan klorofenoller oluşurlar. Su içerisinde minumum konsatrasyonda olması dahi kötü bir koku ve tat bırakırlar. Bu klorlu fenolik bileşikler ise insanlar için hayati riskler oluştururlar.

Su ortamındaki fenolik bileşikler doğal maddelerin parçalanması, endüstriyel faaliyetler ve tarımsal uygulamaların neticesinde oluşmaktadırlar (Water resarch,1999).

Fenolik bileşikler meyvelerde yoğunluklu olarak bulunsada bu durum meyvenin çeşidine bağlı olarak farklılıklar oluşturur. Ayrıca aynı meyve türünde fenolik bileşik içeriğini etkileyen faktörler vardır. Bunlar; yetiştigi mevsim şartları, cinsi, çevresel ve iklimsel koşullar, bitkilerde meydana gelen hastalıklar, ekili olduğu toprağın çeşidi, coğrafik konumu gibi etkenlerdir (Sellapan ve diğ., 2002).

Bitkilerde bulunan fenolik maddelerin oranı homojen olarak dağılım göstermemektedir. Fenolikler suda çözünmüyorsa hücre duvarının bileşeni suda çözünüyorsa bitki hücresinin içinde yer alırlar. Bitkilerde bitkinin dış tabakası iç tabakasına göre daha fazla fenolik madde içermektedir (Naczki ve Shahidi, 2004).

#### **2.1.13. Minereal yağlar ve türevleri**

Kimyasal olarak değiştirilmiş olan mineral yağların oluşturulması çevresel faktörler açısından olumlu etki oluşturmuştur. İyileştirilmiş olan uçuculuk ve oksidasyon uzun süreli yağ değişimleri için bir fırsat sağlamaktadır. Böylece yağ değişim sıklığı ve buna bağlı olarak yağ atılma sıklığı azalmıştır (Leslie R. Rudnick).

Mineral yağlar ham petrolden elde edilir ve esas olarak doymuş aromatik hidrokarbonlardan oluşmaktadır. Aromatiklerin elimine edildiği sadece doymuş hidrokarbonların karışımı olan gıda sınıfı mineral yağın kullanımına olanak sağlamaktadır (journal of chromatography A, 2011).

Molekül ağırlıkları C4 ile C40 arasında değişen yağlar mineral yağ olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda su ile karışmadıkları halde diğer yağlarla ve organik çözücülerle karışabilen maddelerdir (Özsar, vd. 2017).

#### **2.1.14. Sülfat**

Sülfat bakımından zengin atık sular sülfirik asit içeriğinden zengin besleme stokları kullanan birçok endüstriyel proses tarafından üretilir. Ayrıca indirgenmiş kükürt bileşenlerinin endüstride kullanımı, yani sülfür veya tosülfat atık suları sülfatla kirletir.

Sülfat bakımından zengin atıksuların biyolojik arıtımı için önemli olan bir sorun ise H<sub>2</sub>S'dir. H<sub>2</sub>S hem anerobik hemde aerobik atık su arıtma sistemlerinde sülfat indirgeyen bakteriler tarafından üretilir (Lena Q. Mq, 1988).

Sülfat bitkiler için birincil kükürt kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bitkiler topraktan sülfatı alır ve gövdesi boyunca dağıtır. Süreç çok yönlüdür; çünkü birçok farklı zar sistemi boyunca taşınmayı içerir ve birçok farklı taşıyıcı vardır. Sülfatın plazma zarından köklere taşınma mekanizması çok iyi çalışmaktadır (The arabidopsis book, 2002).

### **2.1.15. Klorür**

Klorürler nötr halde klor atomunun bir elektron alarak iyon haline geçmesi ile oluşan bileşikleridir.

Artan klorür konsantrasyonu günümüzde ciddi ve yaygın bir çevre sorunu haline gelen tuzlanmaya neden olmaktadır (Science of the total environment,2022).

İçme sularının tesisatlarda dolaşırken bakteri üremesini engellemek için klorlanma işlemi suyun dezenfeksiyonu için kullanılmaktadır. Fakat klor klorlama sırasında gerçekleşen komplikasyon sonucunda mikroorganizmalarla birleşik kontamine olabilirler. İçme sularındaki klorür doğal kaynaklardan, kanalizasyon sızıntılarından, endüstriyel deşarjlardan ve tarımsal faaliyetlerin yapıldığı hayvansal kökenli su sızıntılarından kaynaklanabilir.

Tuzlu su girişiminin olduğu durumlarda yer altı sularında açığa çıkan klorür oranı yüksek konsantrasyonlarda iken normal şartlarda yüzey sularındaki klorür konsantrasyonu genellikle 100 mg/L'nin altında olduğu söylenebilmektedir (NHMRC, 2014, s. 504).

### **2.1.16. Florür**

Florür insan vücudu için gerekli olan eser elementlerden biridir. Ancak aşırı florür ciddi çevre ve sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Florür içeren tozun birikmesi veya minerallerin sızması toprağı ve yeraltı sularını kirletebilmektedir (chemosphere,2022).

Florür toprakta, suda, hayvanlarda ve bitkilerde eser miktarda doğal olarak bulunur. Florür yutulduğu zaman bir kısmı vücut tarafından alınarak dişlerde ve kemiklerde uzun süreli birkmelere sebep olmaktadır (december 2005).

Flor yüksek reaktivitesi sebebiyle element halinde bulunmaz doğada yaygın olarak florür bileşikleri halinde doğada bulunur. Su kaynaklarında görülmesinin sebebi ise doğal kaynakların aşınması, gübre ve alüminyum fabrikaları gösterilebilir (WHO, 2011, s. 370).

## **2.2. Göl Sularının Kalite Sınıflandırılması**

Sular sınıflandırılırken kullanım amaçlarının ve kriterlerin dikkate alınması gerekmektedir. Kullanım amaçlarını da kalite kriterleri belirlediği için suların sınıflandırılması aşamsınd dikkat edilmesi gerekmektedir.

Su kaynaklarının genel olarak sınıflandırılması amacıyla hazırlanan yönetmeliklerde belirli gruplardan ve birçok parametre için sınırlayıcı değerlerden oluşan standartlar bulunmaktadır. Su kaynaklarının kalitesinin değerini koruyabilmesi için bu standartlarda belirtilen sınırlayıcı değerlerin dışına çıkılmaması gerekmektedir.

Bu standartlardan birisi de Ülkemizde Çevre Bakanlığı'na hazırlanmış ve şu an hala yürürlükte olan “Su Kirliliği Yönetmeliği” içinde yer alan “Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” dir.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan kıta içi yüzeysel suların kalitelerine göre yapılan sınıflandırma şu şekildedir.

- Sınıf I (Yüksek kaliteli su) : İçme suyu olabilecek olan yerüstü sular, vücut ile olan teması için kullanılabilen sular, alabalık üretimi, hayva üretimi ve çiftlik ihtiyaçlarının giderilmesinde kullanılabilen sular.
- Sınıf II (Az kirlenmiş Su) : Uygun arıtma sağlanmak şartı ile içme suyu olabilen sular, rekreasyon amacıyla kullanılabilen sular, alabalık üretimi dışında kullanılabilecek sular, sulama suları.
- Sınıf III (Kirli Su) : Gıda, tekstil gibi su gerektiren tesisler dışında uygun bir arıtma sağlanarak su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilen sular.
- Sınıf IV (Çok Kirlenmiş Su) : Sınıf I, II ve III içerisinde yer almayan suların kullanım alanları dışında kalan yerlerde kullanılabilen sular.

Yönetmeliğe göre; bir su kaynağının sayılan sınıf kademelerinden herhangi birine kabul edilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyumlu olmalıdır. Yukarıda belirtilen kalite sınıflarına karşılık gelen suların, yukarıdaki su kullanım alanları için uygun olduğu kabul edilir.

Ayrıca kalite sınıfları belirlemede yönetmelikte yer alan başka maddeler de esas olarak kabul edilmektedir. Bu maddeler ise;

“Su kaynağından alınan numunelerde yapılan analiz sonuçlarına göre her bir parametre grubu için kalite sınıfı tespit edilir. Ayrıca o grup içindeki her bir parametreye göre sınıfı belirlenir. Bir gruba ait en düşük kalite sınıfı o grubun sınıfını belirler”

“Çeşitli amaçlarla kullanılan göl, gölet ve baraj rezervuarlarının kalite özellikleri ve sınıflandırılması Madde 6 ve 7’de açıklanan şekilde yapılır. Ancak, göller ve baraj

rezervuarları için sınıflandırma değer kriterlerinde verilen çözünmüş oksijen konsantrasyonları ve oksijen doygunluk yüzdeleri sınıflandırmaya esas alınmaz” şeklindedir.

### **2.3. Su Kalite İndeksleri**

Yüzey suyu ve yeraltı suyu kalitesi hem doğal hem de insan kaynaklı faaliyetler sebebiyle uzun süredir bozulmaya devam etmektedir. Hidrolojik, atmosferik, iklimsel ve topografik sebepler doğal faktörler su kalitesini etkileyen faktörler arasında sayılabilirler.

Su Kalite İndeksleri birçok parametreye bağlı olarak belirli bölgesel standartlarla karşılaştırılarak uygulanmakta olup aynı zamanda su kalitesindeki yıllık döngüleri, mekansal ve zamansal değişimleri ve eğilimleri göstermek için de kullanılır. Yani bu indeksler göller, akarsular, nehirler ve rezervuarlarındaki su kalitesi sıralamasını yansıtmaktadır (Sandra Chidiac ve ark.2023).

Su kalitesinin yönetimi değerlendirilmesi zor olan büyük su kalitesi verilerinin toplanarak analiz edilmesi gerekmektedir. Bu verileri değerlendirmek için bazı araçlar kullanılmaktadır. Bu araçlardan birisi su kalitesi indeksi (WQI) modelidir. Ayrıca su kalite indeksi belirlemek için Dünyada Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) ve Avrupa’da Avrupa Topluluğu (EC) tarafından kabul edilen bildiriler bulunmaktadır.

Su kontrolü ile ilgilenen kuruluşlar su kalitesini değerlendirmek için su kalite indekslerini kullanmıştır. Dünyada kullanılan su kalite indeksleri arasında Ulusal Sanitasyon Vakfı Su Kalite İndeksi (NSFWOI), Kanada Su Kalitesi İndeksi (CCME-WQI), Oregon Su Kalite İndeksi (OWOI), Ağırlıklı Aritmetik Su Kalite İndeksi (WAWOI), Su Kalite İndeksi (WQI) yer almaktadır. Bahsi geçen su kalite indekslerinin her biri kendi içerisinde farklı parametrelerden oluşmaktadır (Sandra Chidiac ve ark.2023).

Bu amaçla tez için kullanılan parametrelerin yer aldığı indeksler CCME-WQI ve WOI indeksleri olduğundan değerlendirmeler bu indeksler üzerinden yapılmıştır.

#### **2.3.1. Kanada su kalitesi indeksi (CCME-WQI)**

Bu yöntem kapsam, sıklık ve genler olmak üzer üç unsuru içermektedir. İndekste kullanılan özgül değişkenler yaşanan koşullara bağlı olacağından, amaçlar ve zaman periyodu belirtilmemiştir. Bu indeksin kullanımı için hesaplanma yapılırken,

en az dört defa numune alınarak dört değişik parametre kullanılmış olması gereklidir. Bu amaçla seçilen numunelerin ve hedeflerinin belirli bir alan hakkında bilgi verebilecek olması gerekmektedir (A. Bilgin 2018).

Bu indeks kavramsal olarak üç faktör içermekte olup bu faktörleri de aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

F1 verilen hedeflerine değerini aşan parametrelerin toplam parametrelere göre yüzdesi

F2 Frekans

F3 sapma genişliği ve hedeflerin karşılanmadığı miktar

İndeksin hesaplanması için kullanılan formül ise:

$$F1 = \left( \frac{\text{Başarısız parametre sayısı}}{\text{Toplam parametre sayısı}} \right) \times 100$$

$$F2 = \left( \frac{\text{Başarısız parametre sayısı}}{\text{Toplam parametre sayısı}} \right) \times 100$$

$$\text{Sapma} = \left( \frac{\text{Başarısız deney sayısı}}{\text{Hedef değer}} \right) - 1$$

$$\text{nse} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{sapma}}{\text{Test sayısı}} - 1$$

$$F3 = \left( \frac{\text{nse}}{0.01 \text{ nse} + 0.01} \right)$$

$$\text{CCME-WQI} = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732}$$

Kanada su kalite indeksi kalite sınıflandırılması ise Tablo 2.1'deki gibidir.

**Tablo 2.1.** Kanada Su Kalite İndeksi Kalite Sınıflandırması.

| Su Kalite Skoru | Su Kalite Sınıfı |
|-----------------|------------------|
| 0-44            | Çok Kötü         |
| 45-49           | Kötü             |
| 60-79           | Orta             |
| 80-94           | İyi              |
| 95-100          | Çok İyi          |

### 2.3.2. Su kalite indeksi (WQI)

Su kalite indeksi, verilerin sinejik etkilerinin belirlenebilmesi adına kullanılan bir indekstir. Çalışma kapsamında da elde edilen veriler ile ilgili daha detaylı bir yaklaşımda bulunulabilmesi adına su kalite indeksinden yararlanılmıştır.

Su kalite indeksinin formülüzasyonu şu şekildedir (Canbaz, 2022).

$$WQI = \sum [w_i \times \left(\frac{c_i}{s_i}\right) \times 100]$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum w_i}$$

Su kalite indeksi kalite sınıflandırılması ise Tablo 2.2'deki gibidir.

**Tablo 2.2.** Kanada Su Kalite İndeksi Kalite Sınıflandırması.

| Su Kalite Skoru | Su Kalite Sınıfı | Kullanım Olanakları       | Derecelendirme |
|-----------------|------------------|---------------------------|----------------|
| 0-50            | Mükemmel         | İçme, sulama, endüstriyel | A              |
| 50-100          | İyi              | İçme, sulama, endüstriyel | B              |
| 100-200         | Kötü             | Sulama, endüstriyel       | C              |
| 200-300         | Çok kötü         | Sulama                    | D              |

### 3. MATERİYAL VE YÖNTEM

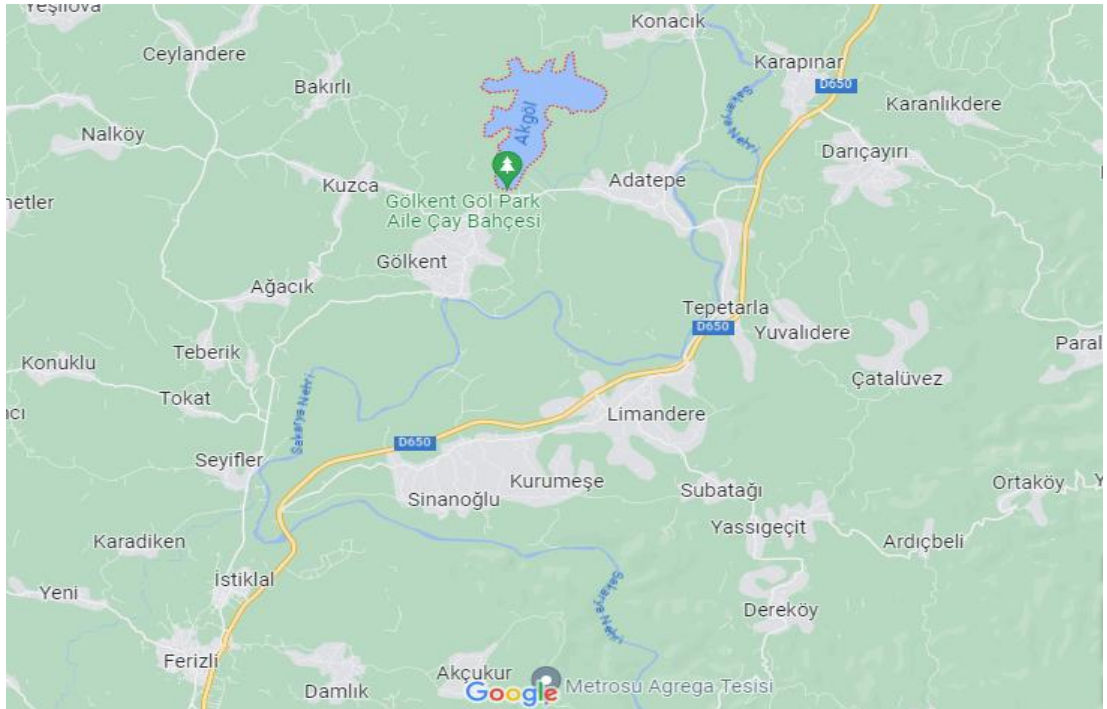
#### 3.1. Çalışma Bölgesi

Akgöl, Sakarya'da Karasu ve Ferizli ilçeleri arasında kalan bir tatlı sulu alüvyal set gölü olarak yer almaktadır. Sakarya nehri gölün 2,5 km kadar yakınından geçmektedir. Bu nehrin biriktirdiği alüvyonların etkisiyle de Akgöl oluşmuştur.

Akgöl'ün haritası şekil 3.1 de gösterilmiştir.

Sakarya merkeze olan uzaklığı Ferizli'ye bağlı Gölkent köyü üzerinden yaklaşık olarak 38 km'dir. Ayrıca Eski Karasu yolu üzerinden Adatepe köyü üzerinden de ulaşım imkânı vardır. Göl kenarında Ferizli'nin Gölkent, Kuzca, Bakırlı ile Karasu'nun Adatepe, Konacık, Kancalar köyleri yer alır.

Gölün çoğu yerini sazlık ve bataklık ile oluşmuş olup büyüklüğü 19 km<sup>2</sup>'dir. Göl kenarına yaklaştıkça açıklık alanlar azdır. Gölün drenaj alanı 47 km<sup>2</sup>, en derin yeri 6 m, maksimum su kotu 4 m'dir. Yapılan araştırmalarda göl suyu kalitesi IV. sınıftır ve yoğun ötrofikasyon tespit edilmiştir.



Şekil 3.1. Akgöl (Google maps,2023).

Gölün Karasu ilçesi kıyılarından Torf çıkarılmaktadır. Akgöl'deki organik toprağın ithal edilen torfla aynı değerde olduğu, herhangi bir farkının olmadığı belirlenmiştir. Gölden; kerevit, tatlısu levreği, yayın, kızılkanat, turna, kadife, tahta, aynalı sazan, gümüş havuz balığı, çapak avlanabilmektedir (Sakarya Valiliği 2019-<http://www.sakarya.gov.tr/buyuk-akgol> ).

Gölün yakın çevresinde yerleşim yerleri olarak köy ve mahalleler bulunmaktadır. Bazı kesimlerde ise tarım arazileri de yer aldığından bitki yetiştiriciliği yapıldığı gözlemlenmektedir. Aynı zamanda gölün etrafında piknik alanları mevcuttur. Bu alan içerisinde ise restoranlar ve oturma alanları da yer almaktadır.

Bu çalışmada Akgöl için seçilen 2 adet ölçüm istasyonu Şekil 3.2 de gösterilmiştir.



**Şekil 3.2.** Akgöl numune alma istasyonları.

### **3.2. Deneysel Çalışmalar**

#### **3.2.1. Numune alma esasları**

Numune alma sırasında numune ile reksiyona girmeye sebep olmayacak paslanmaz çelik veya plastik malzemeden yapılmış olan numune kapları yada tek kullanımlık cam kaplar kullanılmış olup bu malzemelerden hariç herhangi bir reaktif veya madde kullanılmamıştır.

Su kalitesini izleyebilmek ve analiz değerlerini karşılaştırmak amacıyla; analiz için kullanılacak olan numuneler daha önceden belirlenmiş olan farklı istasyonlardan farklı zamanlarda alınmıştır.

### **3.2.2. Numune saklama ilkeleri**

Numunelerin muhafaza süresi mümkün olduğunca en aza indirilmiş ve bekleme süresi 24 saati aşmamıştır. Gerekli süzme işlemleri yapılmış, numune kararlı hale getirilmiş ve +4 derecede muhafaza edilmiştir.

### **3.2.3. Analizlerin yapıldığı cihazlar**

Çalışmada kullanılan başlıca ekipmanlar,

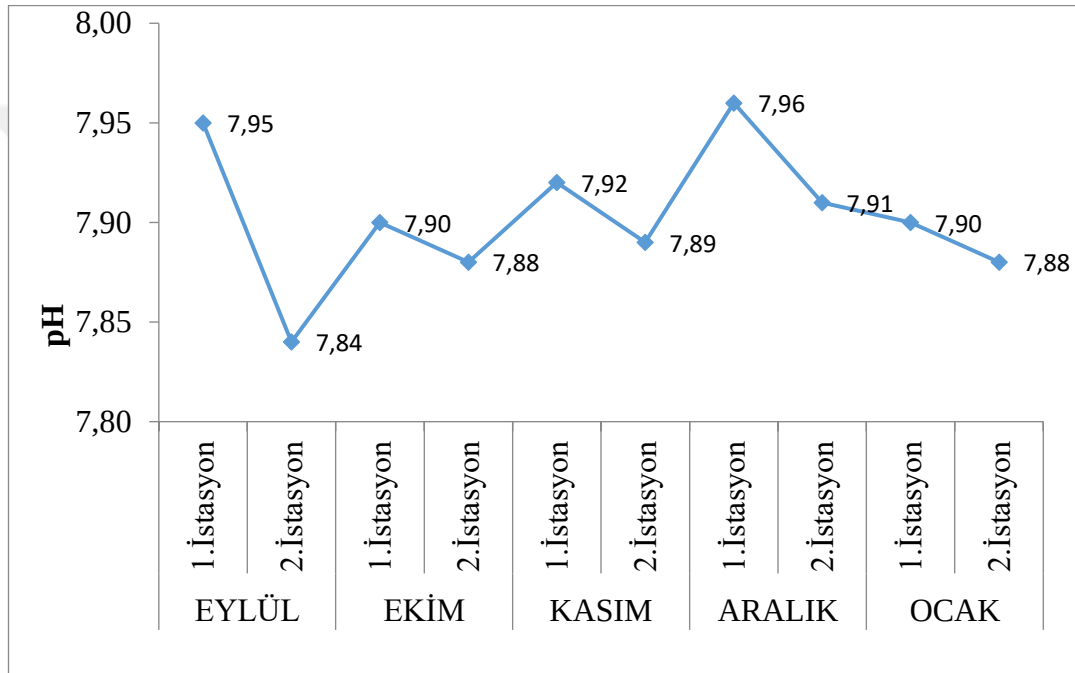
- R 4200 Termoreaktör
- 0,2 bölüntülü otomatik büret
- Binder kurutma fırını (105 derece)
- A-Tech Zone 47 mm filtre kâğıdı
- Sartorius AKM düzeneği
- Sartorius IBP 160P hassas terazi
- Agilent 7500 ICP-MS
- 0,45 mikron filtre
- Analitik Jena Top Wave Mikro Dalga
- Gerhardt digestion block ısıtıcı KT8
- Kjeldahl destilasyon cihazı
- Gerhardt Vapodest destilasyon cihazı
- Thermo Scientific İyon Kromatografi Cihazı
- Agilent 7694E Headspace
- Agilent 7890A Gaz Kromatografi Cihazı
- Buchi 8811 Otomatik Soxhlet Cihazı



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. pH

pH metre üzerinde 25 °C 'ye göre sıcaklık ayarı yapıldı. Okumadan önce elektrot, su ile yıkandı ve kâğıt havlu ile kurutulduktan sonra numuneye koyuldu. Numune karıştırıldı ve karıştırma işlemi durdurulduktan sonra pH değeri okundu.



Şekil 4.1. pH ölçümü.

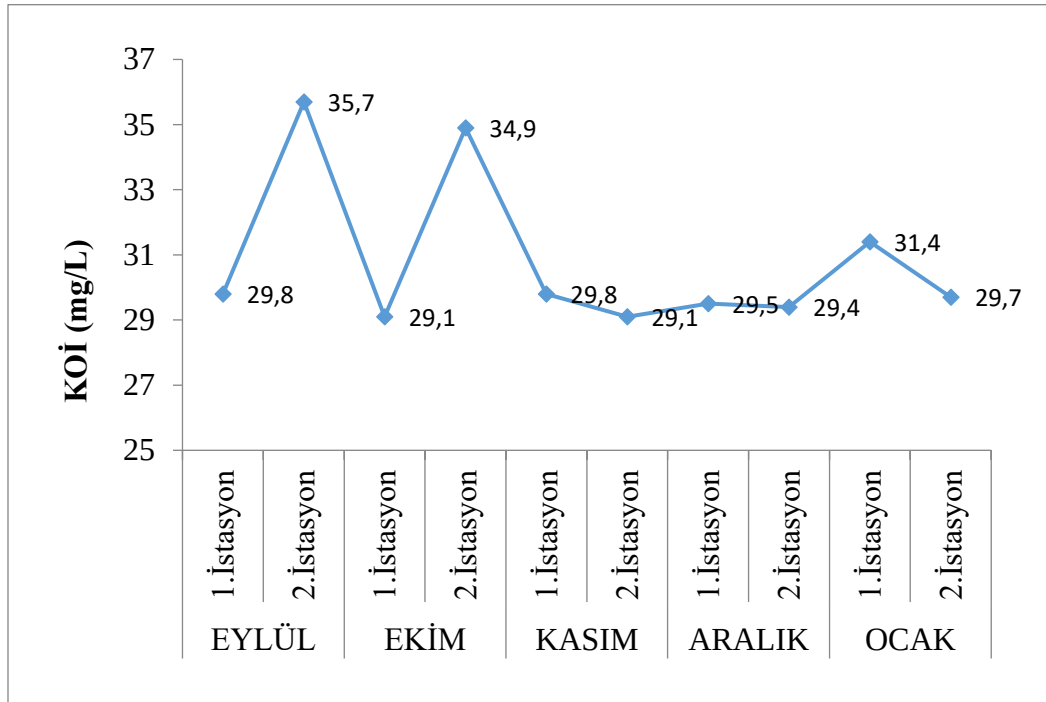
pH parametresi için yapılan incelemede ölçümler sonucunda ortalamanın 7.9 seviyesinde olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak da pH değeri için ideal seviyede olduğundan söz etmek mümkündür.

### 4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Tüpler içine, 2,50 mL homojenize edilmiş numune alınarak ve üzerine 1,50 mL standart potasyum dikromat parçalama çözeltisi eklendi. Ardından, 3,5 mL sülfürik asit reaktifi numune-parçalama çözeltisi fazının altında bir asit fazı oluşacak şekilde dikkatlice tüpün içine alındı. Bu işlemin ardından tüplerin kapakları sıkıca kapatılarak birkaç kere ters yüz edilerek içeriğin karışması sağlandı. Tüpler, sıcaklığı 150°C'ye

gelmiş termoreaktöre yerleştirilerek içeriklerinin 2 saat süresince reflaks etmesi sağlandı.

2 saat sonra tüpler termoreaktörden alınarak oda sıcaklığına soğumaları beklendi. Soğuduktan sonra tüp içerikleri bir behere alınarak üzerine 1 veya 2 damla seyreltilmiş ferroin indikatörü eklendi. Manyetik karıştırıcı ile bir yandan karıştırarak, mikrobüretten eklenen standardize edilmiş FAS titrantı ile mavi-yeşil renkten kırmızımsı kahve rengine keskin bir dönüş görülene kadar titre edildi.



**Şekil 4.2.** Kimyasal oksijen ihtiyacı ölçümü

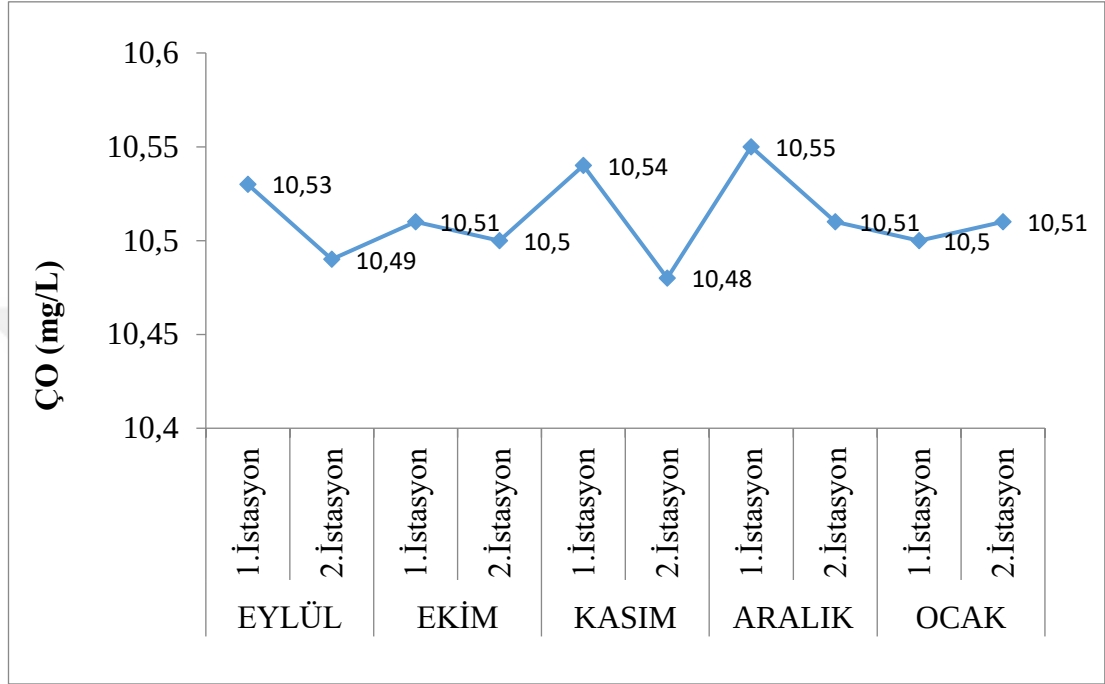
Kimyasal oksijen ihtiyacı parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

- 0 – 25 arası 1.sınıf
- 25 – 50 arası 2.sınıf
- 50 – 70 arası 3. Sınıf
- 70 üstü 4.sınıf

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda kimyasal oksijen ihtiyacı parametresinin 2. sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.3. Çözünmüş Oksijen

LDO probu numune içine yerleştirildi. Stabilizing mesajı ile bir ilerleme çubuğu ekrana gelerek Prob numune içinde stabilize edilirken çubuk %0'dan '100'e geldi. Kararlı bir sonuç elde edildiğinde kilit simgesi belirlendi ve sonuç otomatik olarak görüldü.



Şekil 4.3. Çözünmüş oksijen ölçümü

Çözünmüş oksijen ihtiyacı parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

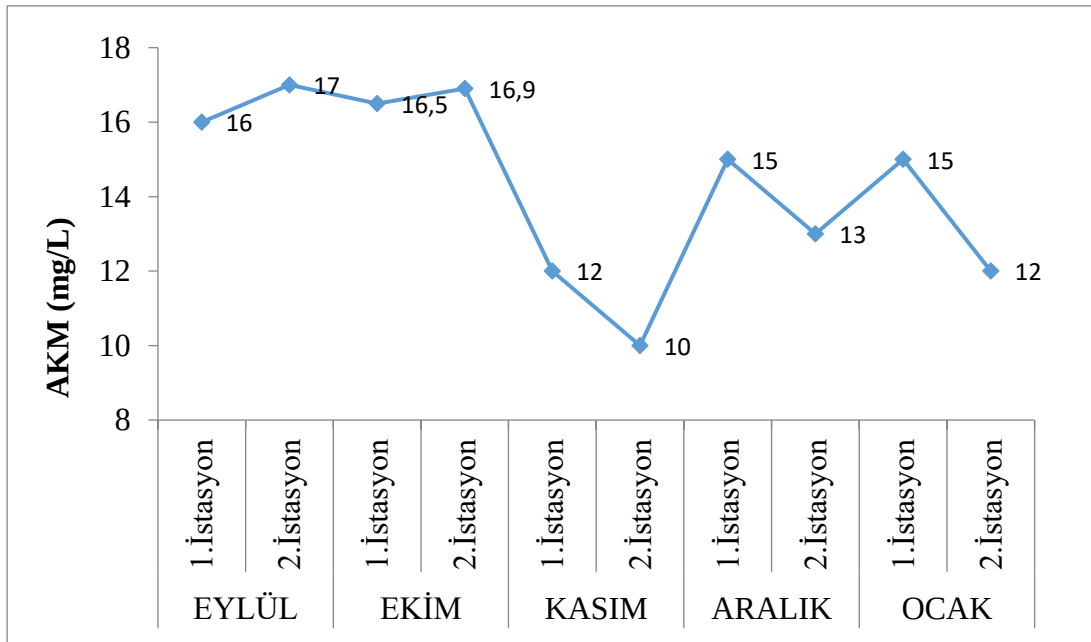
- 8 ve üstü 1.sınıf
- 6 – 8 arası 2.sınıf
- 3 – 6 arası 3. Sınıf
- 3'ün altı 4.sınıf

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda çözünmüş oksijen ihtiyacı parametresinin 1.sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.4. Askıda Katı Madde

Süzgeç kâğıdı ilk olarak tartıldı. Ardından vakumlu AKM düzeneğine yerleştirilerek, az bir miktar saf su ile ıslatıldı ve vakum uygulayarak kâğıdın iyice oturması sağlandı. Numune şişesi çok iyi bir şekilde çalkalandı. Analiz için uygun miktarda

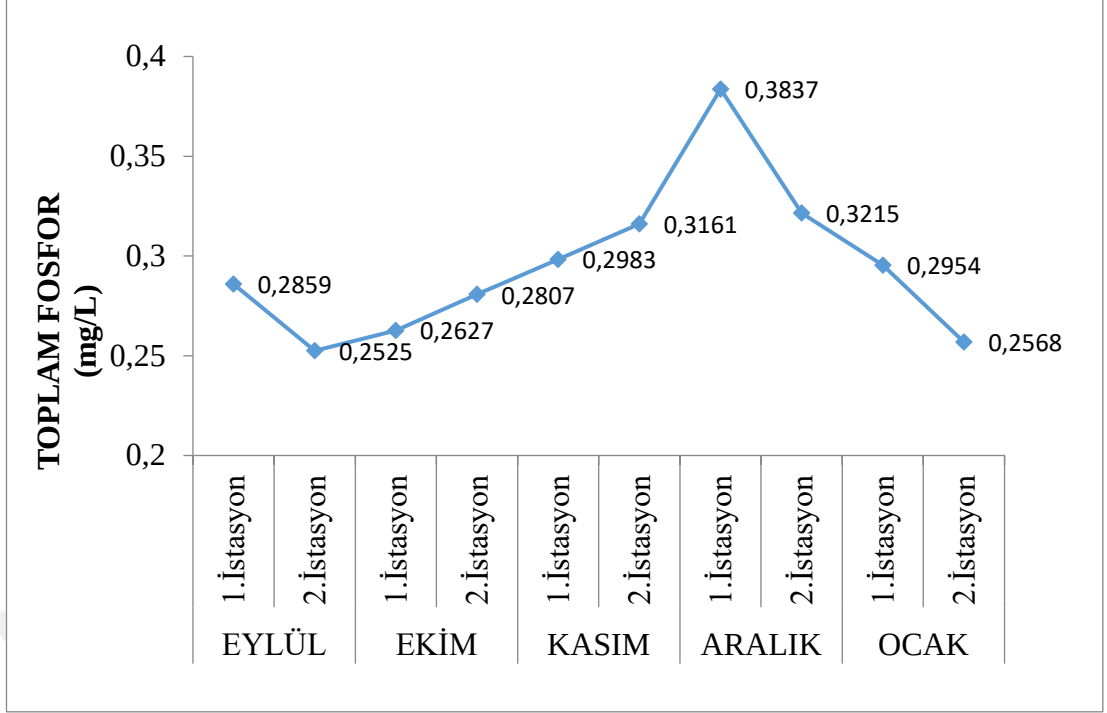
alınan numune bir ölçme kabına bekleme yapmadan bir defada aktarıldı. Numune süzüldü ve ölçme kabı yaklaşık 20 mL saf su ile çalkalanarak elde edilen bu kısım süzgeci yıkamak için kullanıldı. Ölçme kabının içi de ilave bir 20 mL'lik damıtık suyla durulandı. Vakumlama işlemi sonucunda süzgeç hemen hemen kuru hale geldiğinde vakum (veya basınç) hattından ayrıldı. Düz uçlu pensle süzgeç dikkatli bir şekilde huniden alınarak en az 1 saat ve en fazla 14-16 saat  $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'ta etüvde kurutuldu. Etüvden çıkarılarak terazinin bulunduğu ortamdaki havayla dengeye gelinceye kadar beklenildi ve önceden tartıldığı şekilde tartıldı.



**Şekil 4.4.** Askıda katı madde ölçümü.

#### 4.5. Toplam Fosfor

Numulardan karıştırılarak mikrodalga numune kaplarına 20 ml alındı. Üzerine 5 ml  $\text{HNO}_3$  asit ilavesi yapılarak SM Metot 3030 K'ya göre mikrodalga da ön işlem uygulandı ( $170^{\circ}\text{C}$  10 dk yakma işlemi). Numune ön işleminden sonra 50 ml balon jojeye aktarılarak saf su ile temizlendi. Sonrasında 0,45 mikron filtreden süzülerek cihazın numune kabına koyuldu ve ICP-MS cihazında analizi yapılarak sonuçlar elde edildi.



**Şekil 4.5.** Toplam fosfor ölçümü.

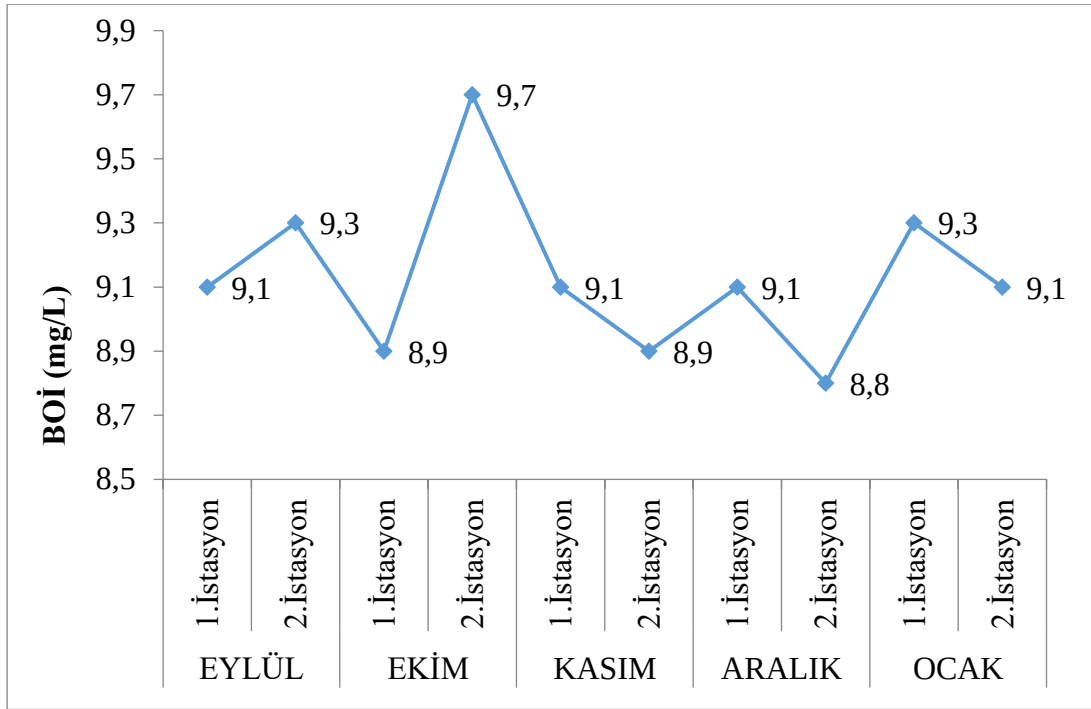
Toplam fosfor parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

- 0– 0.02 arası 1.sınıf
- 0.02 – 0.16 arası 2.sınıf
- 0.16 – 0.65 arası 3. Sınıf
- 0.65 üstü 4.sınıf

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda toplam fosfor parametresinin 3.sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.6. Biyolojik Oksijen İhtiyacı

Numunenin miktarı için KOİ analiz sonucu baz alınarak uygun değer bulundu. Daha sonra üzeri saf su ile 1000 ml ye tamamlandı. Üzerine fosfat tamponu,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $CaCl_2$ ,  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  çözeltilerinden 1 ml olarak ilave edildi. Sonrasında BOİ şişelerine aktarılan numunelerin kapakları su mührü ile kapatılarak hava almayacak şekilde alüminyum folyo ile kapatıldı,  $20^\circ C$  ( $+1/-1$ ) 5 gün boyunca bekletildi. 5 gün sonunda değerleri ölçülerek analiz tamamlandı.



**Şekil 4.6.** Biyolojik oksijen ihtiyacı ölçümü.

Biyolojik oksijen ihtiyacı parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

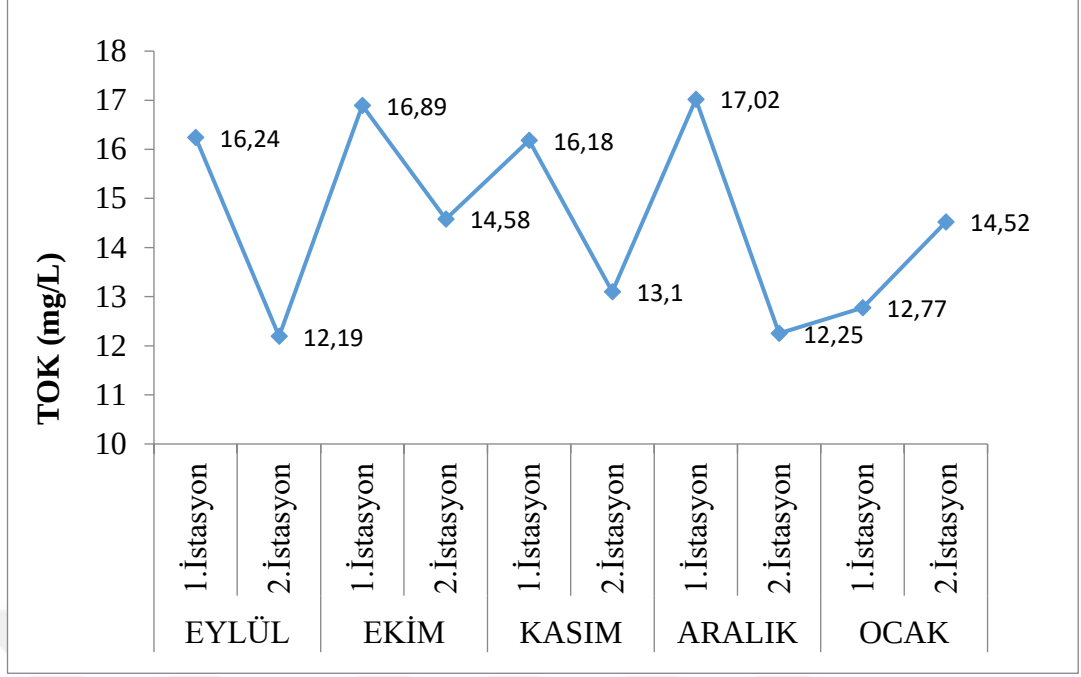
- 0– 4 arası 1.sınıf
- 4 – 8 arası 2.sınıf
- 8 – 20 arası 3. Sınıf
- 20 üstü 4.sınıf

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda biyolojik oksijen ihtiyacı parametresinin 3.sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.7. Toplam Organik Karbon

Numune, cihaz vasıtasıyla otomatik olarak numune alma noktasından enjekte edilerek 680 °C de yanma fırınında yakıldı. Açığa çıkan karbondioksit dedektörde okundu ve mg/L C olarak ölçülürken inorganik karbon miktarı mg/L C olarak okundu. TOK değeri ise aşağıdaki gibi hesaplandı.

$$TOK = TK - TIK$$



**Şekil 4.7.** Toplam organik karbon ölçümü.

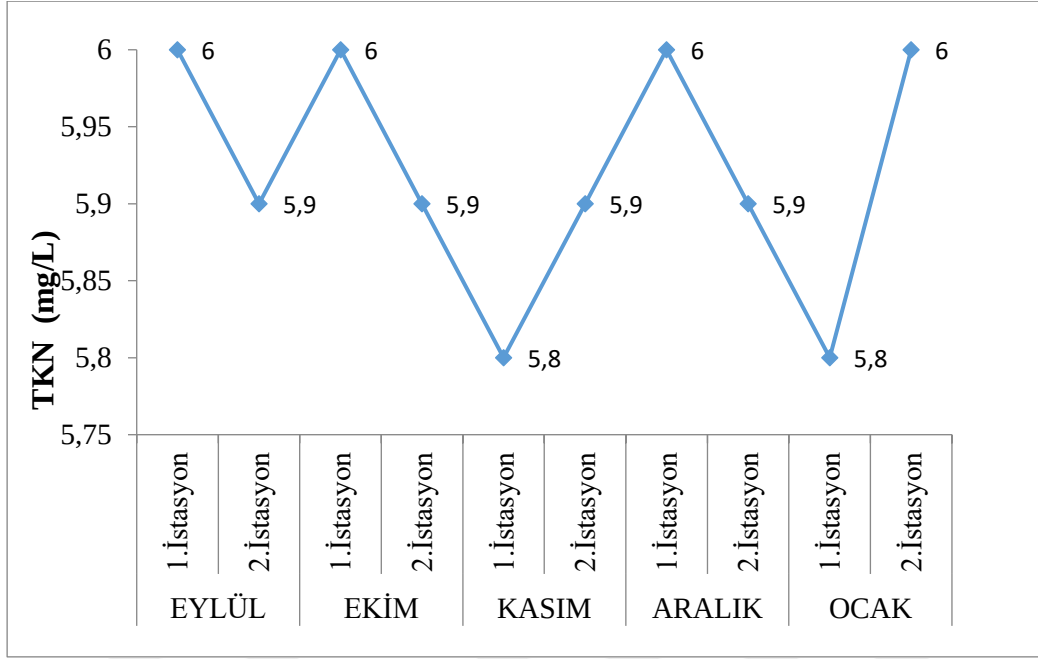
Toplam organik karbon parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

- 0– 5 arası 1. sınıf
- 5 – 8 arası 2. sınıf
- 8 – 12 arası 3. Sınıf
- 12 üstü 4.sınıf

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda toplam organik karbon parametresinin 4. sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.8. Toplam Kjeldal Azotu

Numuneden 20 ml alınarak yakma cihazının tüpüne koyuldu. Üzerine 2 adet selenyum tablet ve 12 ml derişik  $H_2SO_4$  ilave edilerek cihaza yerleştirilip yakma işlemi başlatıldı. Yakma işlemi sonrasında soğuyan numune kabı damıtma cihazına yerleştirildi ve damıtma işlemi başlatıldı. Damıtılan numune %4lük borik asit çözeltisinde toplandı. Damıtma işlemi sonrasında toplanan numune 0,1 N HCl ile titre edilerek harcanan sarfiyat üzerinden sonuç hesaplanarak analiz tamamlandı.



**Şekil 4.8.** Toplam kjhedral azotu ölçümü.

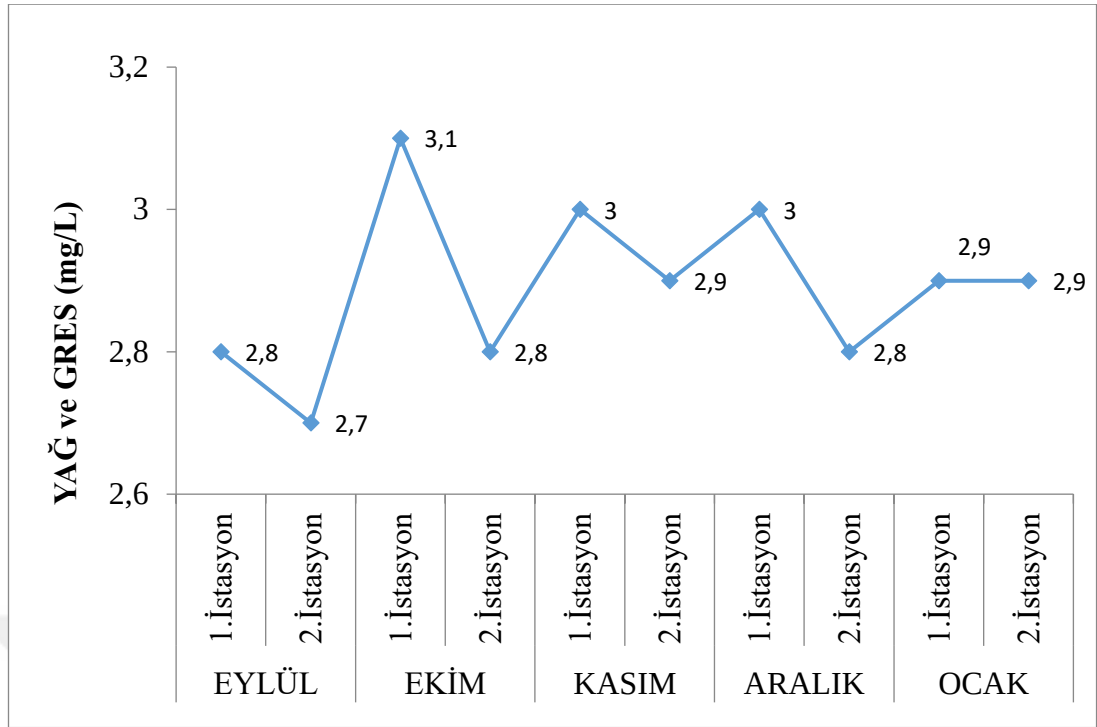
Toplam kjhedral azotu parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

- 0– 0.5 arası 1. sınıf
- 0.5 – 1.5 arası 2. sınıf
- 1.5 – 5 arası 3. Sınıf
- 5 üstü 4. sınıf

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda toplam kjhedral azotu parametresinin 4. sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.9. Yağ ve Gres

Numune laboratuvara ayrı bir cam kavanoz ile ulaştıktan sonra kaptaki numunenin üst seviyesine bir işaret konuldu ve numune bölünmeden hepsi analizde kullanıldı. Filtrasyon düzeneği hazırlanarak kaba süzgeç kâğıdı huniye yerleştirildi, üzerine filtre kâğıdı konuldu. Vakum ile üzerinden 100 ml diatoma toprağı geçirilerek 1 L suyla yıkama yapıldı. Ardından numune filtrasyon düzeneğinden geçirilerek filtre kâğıdı ekstraksiyon kartuşuna alındı ve etüvde 103°C’de 30 dk boyunca tutuldu. Sabit tartıma gelmiş ekstraksiyon kabının darası alındı ve içine 100 ml n-hekzan konuldu. Otomatik soxhlet ekstraksiyon cihazında 1 saat ekstrakte edildi. Hekzan uzaklaştırılarak ekstraksiyon kabı tartıldı.



**Şekil 4.9.** Yağ ve gres ölçümü.

Yağ ve Gres parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

- 0.00– 0.02 arası 1.sınıf
- 0.02 – 0.3 arası 2.sınıf
- 0.3 – 0.5 arası 3. Sınıf
- 0.5 üstü 4.sınıf

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda toplam yağ ve gres parametresinin 4.sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### **4.10. Metilen Mavisi ile Reaksiyon Veren Yüzey Aktif Maddeleri (MBAS)**

##### **4.10.1. Numune hacmi**

Tablo 4.1'den yararlanılarak verilen LAS konsantrasyonuna göre analiz edilecek olan numune miktarı seçildi (Eğer numune hacmi 100 mL'den daha az ise, destile su ile 100 mL'ye tamamlanır).

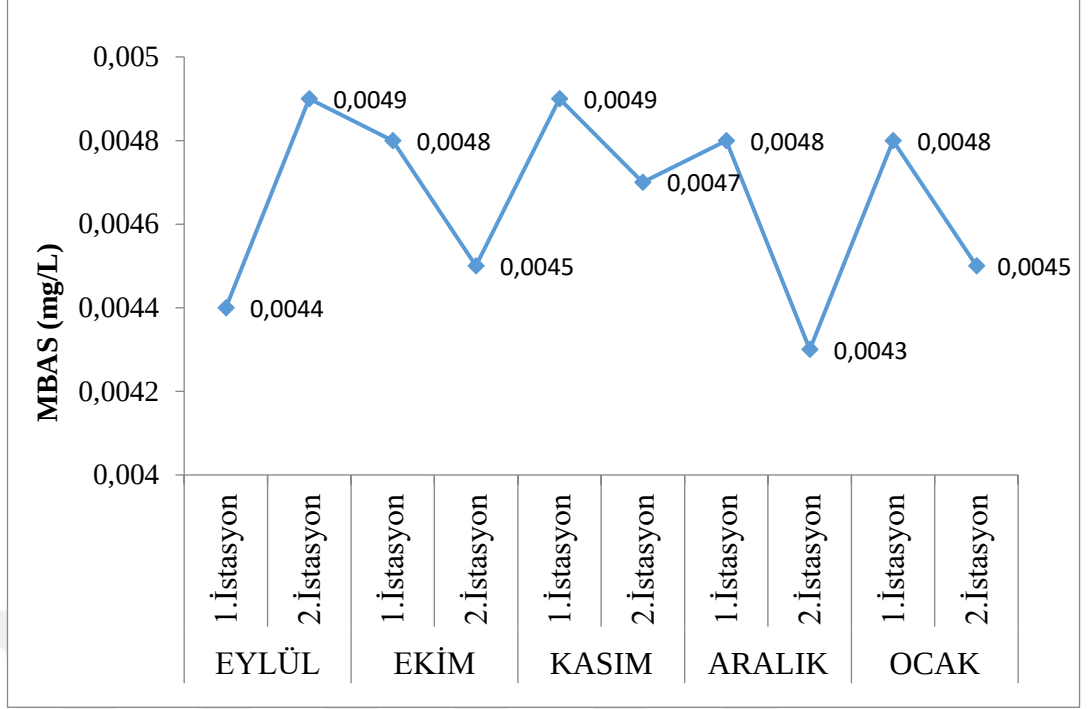
Eğer numune hacmi MBAS konsantrasyonu 2 mg/L'den fazla ise numune, 40 – 200 µg MBAS içerecek şekilde destile su ile 100 mL'ye seyreltilir.

**Tablo 4.1.** MBAS numune hacmi

| Numunede olması<br>beklenen LAS<br>konsantrasyonu<br>(mg/L) | Alınan numune hacmi (mL) |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 0,025-0,080                                                 | 400                      |
| 0,08-0,40                                                   | 250                      |
| 0,4-2,0                                                     | 100                      |

#### **4.10.2. Ekstraksiyon ve renk geliştirme**

Numune ayırma hunisine alınarak içerisine 1 damla fenolftalein, 1 damla 1N NaOH damlatılarak fenolftalein indikatörünün pembe rengi görünecek şekilde alkali yapıldı. Sonra bu renk 1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> damlatılarak giderildi. 10 mL kloroform ve 25 mL metilen mavisi reaktifi ilave edilerek ayırma hunisinde 30 sn süreyle şiddetlice çalkalandı ve fazların ayrılması için beklenildi. Ayrım sonrasında elde edilen kloroform fazı diğer ayırma hunisine aktarıldı. Bu aşamadan sonra ekstraksiyon her seferinde 10 mL kloroform çözeltisi ilave edilerek toplamda üç kez tekrarlandı. Son olarak elde edilen tüm faz ayrımları ikinci ayırma hunisinde toplandı. Ardından 50 mL yıkama çözeltisi ilave edildi ve 30 sn süre boyunca şiddetli bir şekilde ekstraksiyon yapıldı. Fazların ayrılması için beklenip, hafifçe karıştırıldı. Kloroform tabakası cam yünüden geçirilerek, 100 mL'lik balon jojeye alındı. Bu işlem her seferinde 10 mL kloroform kullanılarak 2 defa daha tekrarlanarak kloroform fazları aynı balon jojeye toplandı. Cam yünü ve huni kloroform ile yıkandı ve 100 mL ye kloroform ile tamamlandı. Çözeltinin absorbansı 652 nm'de kloroform şahidine karşı okunarak analiz tamamlandı.



**Şekil 4.10.** MBAS ölçümü.

MBAS parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

- 0.00– 0.05 arası 1.sınıf
- 0.05 – 0.2 arası 2.sınıf
- 0.2 – 1 arası 3. Sınıf
- 0,1 üstü 4.sınıf

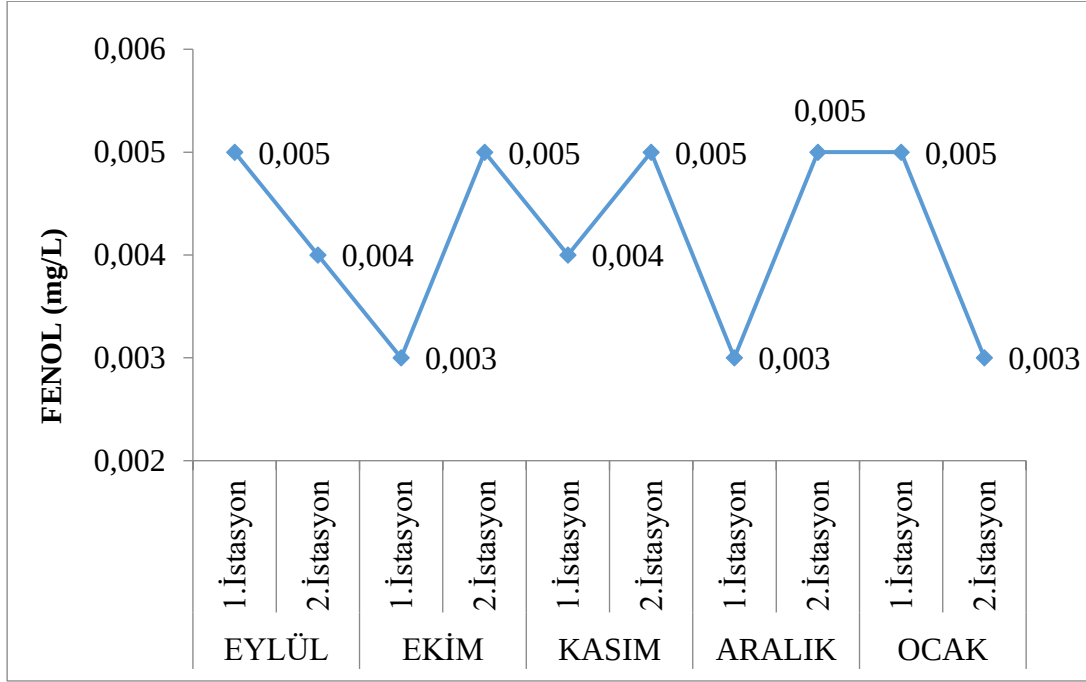
Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda toplam MBAS parametresinin 1. sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.11. Fenolik Maddeler

Numune çözeltisinden 500 mL ölçülerek bir behere alındı. Numuneye 5 mL bakır (II) sülfat çözeltisi ilâve edilerek fosforik asit çözeltisi ile numunenin pH'ı 1-2 arasında olacak şekilde ayarlandı. Karışım damıtma cihazına aktararak damıtma ürünlerini toplamak için 500 mL'lik taksimatlı bir silindir kullanıldı. Toplam 500 mL damıtma ürünü toplanana kadar damıtmaya devam edildi.

Damıtmada toplanan numune ekstraksiyon balonuna alınarak 20 mL Potasyum sodyum tartarat, 3,0 mL 4-aminoantipirin çözeltisi, 3,0 mL potasyum hekzasiyanoferrat (III) çözeltisi ilâve edildi ve hemen tekrar karıştırıldı. Karıştırma

işleminde 15 dakika sonra, 25 ml kloroform eklenerek ekstraksiyon yapıldı. Numuneyi 50 ml balon jöjeye toplamak üzere; balon jöjünün üzerine huni ile birlikte 5 ml granül susuz sülfat tartılarak ekstraksiyon işlemi sonrası faz ayrımı gerçekleşen numune aktarıldı. Ardından numune kloroform şahidine karşı cihazda okutularak fenolik bileşiklerin fenol indeksi mg/L cinsinden ölçüldü.



**Şekil 4.11.** Fenolik maddeler ölçümü.

Fenolik Maddeler parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

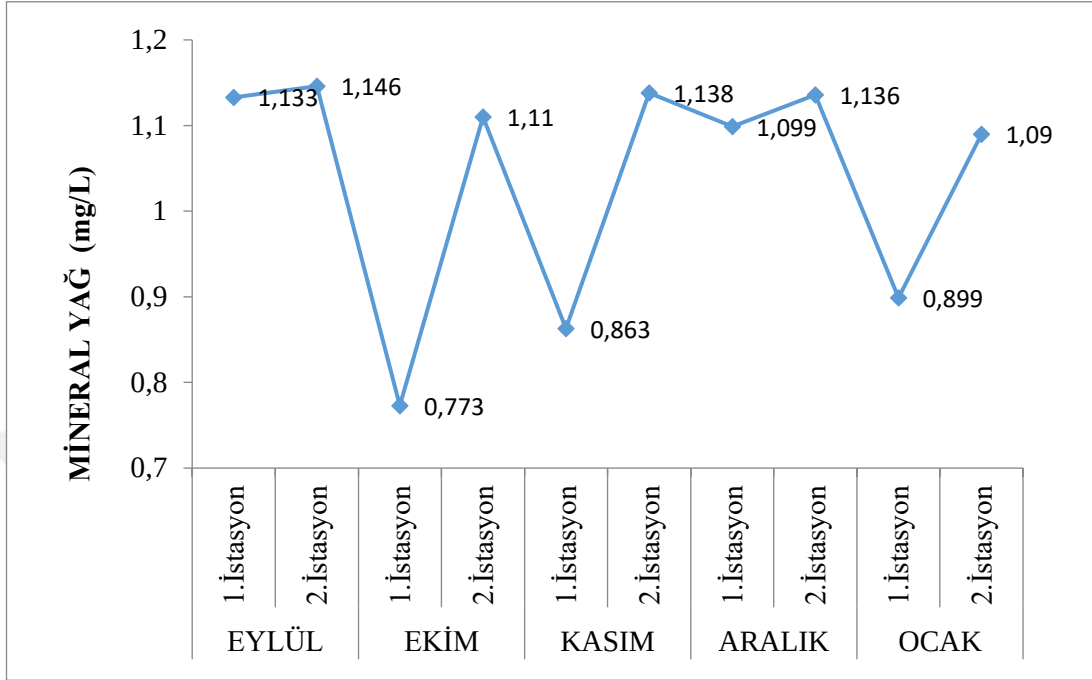
- 0.000– 0.002 arası 1.sınıf
- 0.002 – 0.01 arası 2.sınıf
- 0.01– 0.1 arası 3. Sınıf
- üstü 4.sınıf

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda Fenolik Maddeler parametresinin 2.sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.12. Mineral Yağlar ve Türevleri

Numune bir kaba alındı. Üzerine 50 ml standart ekstraksiyon çözeltisini ekleyerek kapağı kapatılıp 30 dakika boyunca karıştırıcı karıştırıldı. Daha sonra numune ayırma hunisine alınarak su fazı atıldı. Kalan fazı florosil sodyum sülfat kolonundan

geçirildi. Kolandan geçirilerek toplanan faz evaporatör cihazına alındı ve çözücüsünün uzaklaşması sağlanarak deriştirildi. Derişim sonunda elde kalan numune cihaza verilerek analiz tamamlandı.



**Şekil 4.12.** Mineral yağlar ve türevleri ölçümü.

Mineral yağlar ve türevleri parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

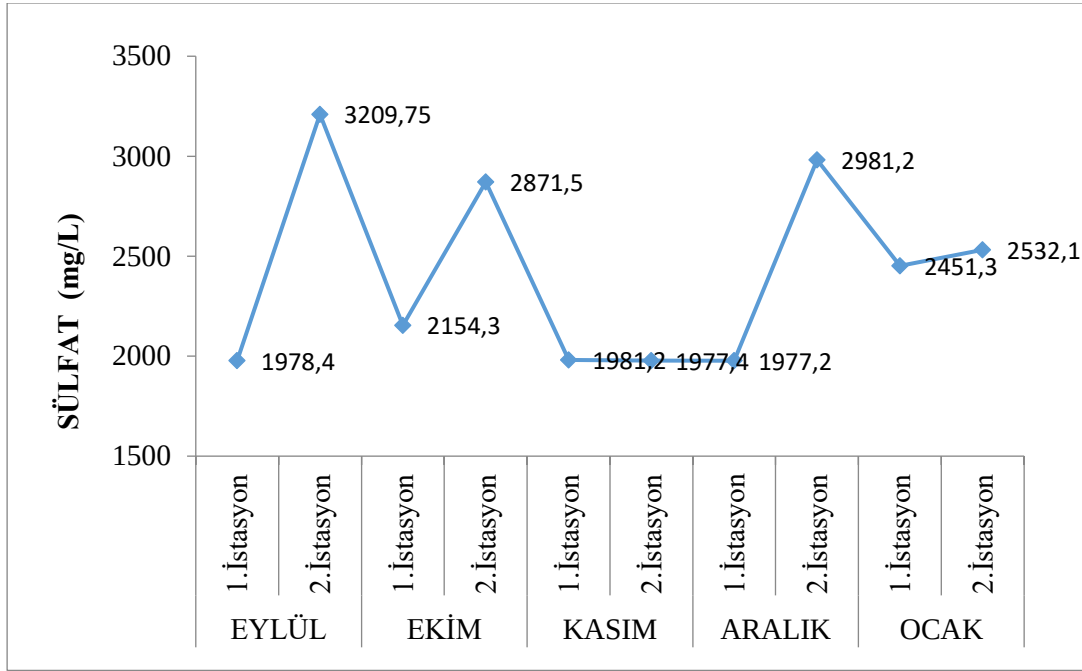
- 0-200 arası 1.sınıf
- 0.02 – 0.1 arası 2.sınıf
- – 0.5 arası 3. Sınıf
- 0.5 üstü 4.sınıf

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda mineral yağlar ve türevleri parametresinin 4.sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.13. Sülfat-Klorür-Florür-Nitrit Azotu-Nitrat Azotu

Numune 0,45 mikron filtreden geçirilerek cihazın numune kabına koyuldu. Ardından cihazda okutulurak analiz tamamlandı.

#### 4.13.1. Sülfat ölçümü

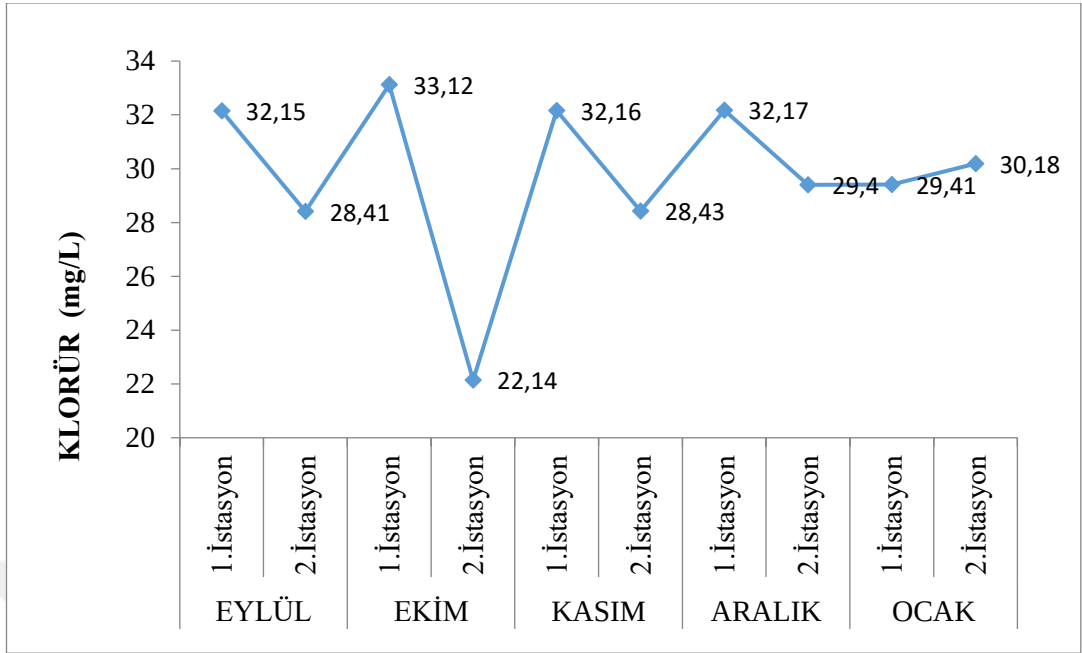


Şekil 4.13. Sülfat ölçümü

- 0– 25 arası 1.sınıf
- 25 – 200 arası 2.sınıf
- 200 – 400 arası 3. Sınıf
- 400 üstü 4.sınıf

Sülfat parametresi için kabul gören sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda toplam sülfat parametresinin 4.sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.13.2. Klorür ölçümü



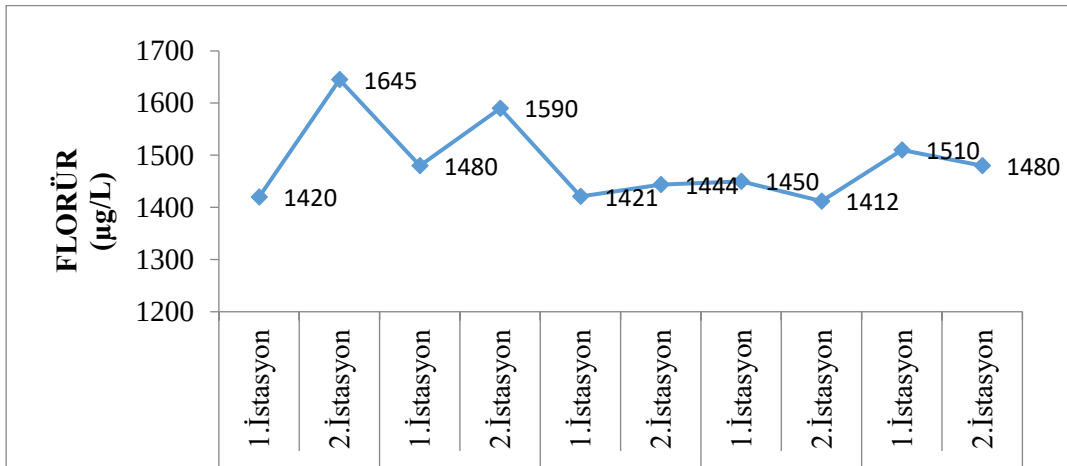
Şekil 4.14. Klorür ölçümü.

Klorür parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

- 0– 25 arası 1.sınıf
- 25 – 200 arası 2.sınıf
- 200 – 400 arası 3. Sınıf
- 400 üstü 4.sınıf

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda klorür parametresinin 2.sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.13.3. Florür ölçümü



Şekil 4.15. Florür ölçümü.

Florür parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

- 0– 1000 arası 1.sınıf
- 1000 – 1500 arası 2.sınıf
- 1500 – 2000 arası 3. Sınıf
- 2000 üstü 4.sınıf

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda florür parametresinin 2.sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

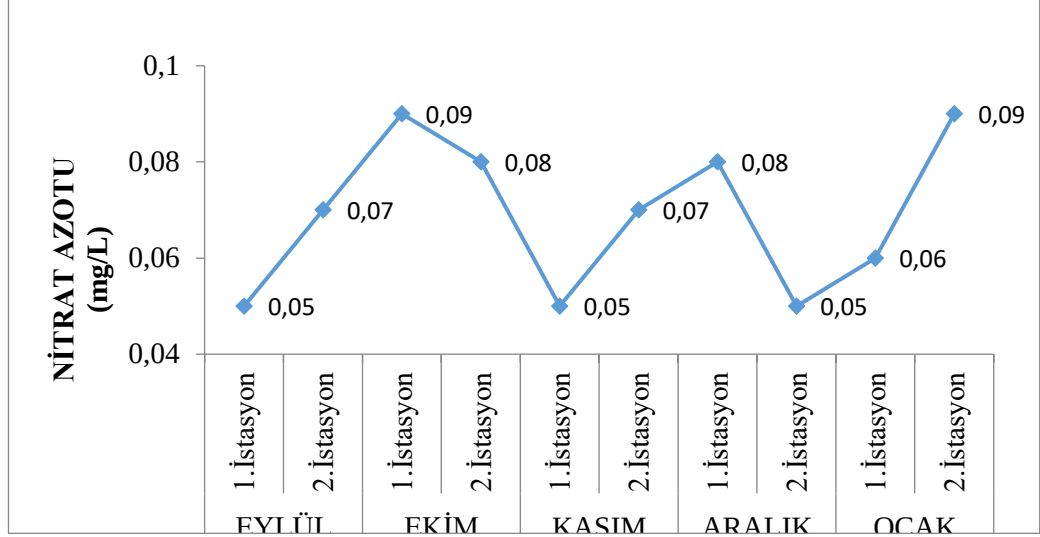
#### 4.13.4. Nitrit azotu ölçümü

Nitrit azotu parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

- 0.000– 0.002 arası 1.sınıf
- 0.002 – 0.01 arası 2.sınıf
- – 0.05 arası 3. Sınıf
- 0.05 üstü 4.sınıf

#### 4.13.5. Nitrat azotu ölçümü

Kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda nitrit azotu parametresinin 1.sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.



**Şekil 4.16.** Nitrat azotu ölçümü

Nitrat azotu parametresi için kabul gören sınıflandırma şu şekildedir:

- 0– 5 arası 1.sınıf
- 5 – 10 arası 2.sınıf
- 10 – 20 arası 3. Sınıf
- 20 üstü 4.sınıf

Son olarak kabul gören bu sınıflandırmaya göre yapılan ölçümler sonucunda nitrat azotu parametresinin 1.sınıf kaliteye sahip olduğundan söz etmek mümkündür.

#### 4.14. Su Kalite İndeksi (WQI)

Bu indeks için toplanan veriler ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen bilgiler aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

**Tablo 4.2.** WQI 1.İstasyon.

| 1. İSTASYON                     |             |          |             |             |          |              |                      |          |          |          |
|---------------------------------|-------------|----------|-------------|-------------|----------|--------------|----------------------|----------|----------|----------|
|                                 | Standart D. | 1/Sn     | Toplam 1/Sn | 1/Top. Sn=K | Wi=K/Sn  | Vi (idealv.) | Mean Cons Value (Vn) | Vn/Sn    | Qn=J*100 | Wn*Qn    |
| ÇO (mg/L)                       | 5           | 0,2      | 1133,159    | 0,000882    | 0,000176 | 14,6         | 10,526               | 0,424375 | 42,4375  | 0,00749  |
| pH                              | 8,5         | 0,117647 | 1133,159    | 0,000882    | 0,000104 | 7            | 7,926                | 0,61733  | 61,73333 | 0,006409 |
| AKM (mg/L)                      | 15          | 0,066667 | 1133,159    | 0,000882    | 5,88E-05 | 0            | 14,9                 | 0,993333 | 99,33333 | 0,005844 |
| Toplam Fosfor (mg/L)            | 0,1         | 10       | 1133,159    | 0,000882    | 0,008825 | 0            | 0,3052               | 3,052    | 305,2    | 2,693356 |
| İletkenlik (us/cm)              | 300         | 0,003333 | 1133,159    | 0,000882    | 2,94E-06 | 0            | 364,8                | 1,216    | 121,6    | 0,000358 |
| KOİ (mg/L)                      | 8           | 0,125    | 1133,159    | 0,000882    | 0,00011  | 0            | 29,92                | 3,74     | 374      | 0,041256 |
| BOİ (mg/L)                      | 5           | 0,2      | 1133,159    | 0,000882    | 0,000176 | 0            | 9,1                  | 1,82     | 182      | 0,032123 |
| TOK (mg/L)                      | 5           | 0,2      | 1133,159    | 0,000882    | 0,000176 | 0            | 15,82                | 3,164    | 316,4    | 0,055844 |
| TKN (mg/L)                      | 0,5         | 2        | 1133,159    | 0,000882    | 0,001765 | 0            | 5,92                 | 11,84    | 1184     | 2,089734 |
| MBAS (mg/L)                     | 0,05        | 20       | 1133,159    | 0,000882    | 0,01765  | 0            | 0,00474              | 0,0948   | 9,48     | 0,16732  |
| Fenol (mg/L)                    | 0,002       | 500      | 1133,159    | 0,000882    | 0,441244 | 0            | 0,004                | 2        | 200      | 88,2489  |
| Yağ-Gres (mg/L)                 | 0,02        | 50       | 1133,159    | 0,000882    | 0,044124 | 0            | 2,96                 | 148      | 14800    | 653,0418 |
| Mineral Yağ ve Türevleri (mg/L) | 0,02        | 50       | 1133,159    | 0,000882    | 0,044124 | 0            | 0,9534               | 47,67    | 4767     | 210,3412 |
| Sülfat (mg/L)                   | 200         | 0,005    | 1133,159    | 0,000882    | 4,41E-06 | 0            | 2108,48              | 10,5424  | 1054,24  | 0,004652 |
| Klorür (mg/L)                   | 25          | 0,04     | 1133,159    | 0,000882    | 3,53E-05 | 0            | 31,802               | 1,27208  | 127,208  | 0,00449  |
| Florür (µg/L)                   | 1000        | 0,001    | 1133,159    | 0,000882    | 8,82E-07 | 0            | 1456,2               | 1,4562   | 145,62   | 0,000129 |
| Nitrit Azotu (mg/L)             | 0,002       | 500      | 1133,159    | 0,000882    | 0,441244 | 0            | 0                    | 0        | 0        | 0        |
| Nitrat Azotu (mg/L)             | 5           | 0,2      | 1133,159    | 0,000882    | 0,000176 | 0            | 0,066                | 0,0132   | 1,32     | 0,000233 |
|                                 |             | 1133,159 |             |             | 1        |              |                      |          |          | 956,7412 |

**Tablo 4.3.** WQI 2.İstasyon.

| 2. İSTASYON                     |             |          |                |                |          |                  |                               |          |          |          |
|---------------------------------|-------------|----------|----------------|----------------|----------|------------------|-------------------------------|----------|----------|----------|
| Parametreler                    | Standart D. | 1/Sn     | Toplam<br>1/Sn | 1/Top.<br>Sn=K | Wi=K/Sn  | Vi<br>(ideallv.) | Mean<br>Cons<br>Value<br>(Vn) | Vn/Sn    | Qn=J*100 | Wn*Qn    |
| ÇO (mg/L)                       | 5           | 0,2      | 1133,159       | 0,000882       | 0,000176 | 14,6             | 10,498                        | 0        | 0        | 0        |
| pH                              | 8,5         | 0,117647 | 1133,159       | 0,000882       | 0,000104 | 7                | 7,88                          | 0        | 0        | 0        |
| AKM (mg/L)                      | 15          | 0,066667 | 1133,159       | 0,000882       | 5,88E-05 | 0                | 13,78                         | 0,918667 | 91,86667 | 0,005405 |
| Toplam Fosfor (mg/L)            | 0,1         | 10       | 1133,159       | 0,000882       | 0,008825 | 0                | 0,28552                       | 2,8552   | 285,52   | 2,519682 |
| İletkenlik (us/cm)              | 300         | 0,003333 | 1133,159       | 0,000882       | 2,94E-06 | 0                | 366,6                         | 1,222    | 122,2    | 0,000359 |
| KOİ (mg/L)                      | 8           | 0,125    | 1133,159       | 0,000882       | 0,00011  | 0                | 31,76                         | 3,97     | 397      | 0,043794 |
| BOİ (mg/L)                      | 5           | 0,2      | 1133,159       | 0,000882       | 0,000176 | 0                | 9,16                          | 1,832    | 183,2    | 0,032334 |
| TOK (mg/L)                      | 5           | 0,2      | 1133,159       | 0,000882       | 0,000176 | 0                | 13,328                        | 2,6656   | 266,56   | 0,047047 |
| TKN (mg/L)                      | 0,5         | 2        | 1133,159       | 0,000882       | 0,001765 | 0                | 5,92                          | 11,84    | 1184     | 2,089734 |
| MBAS (mg/L)                     | 0,05        | 20       | 1133,159       | 0,000882       | 0,01765  | 0                | 0,00458                       | 0,0916   | 9,16     | 0,161672 |
| Fenol (mg/L)                    | 0,002       | 500      | 1133,159       | 0,000882       | 0,441244 | 0                | 0,0044                        | 2,2      | 220      | 97,07379 |
| Yağ-Gres (mg/L)                 | 0,02        | 50       | 1133,159       | 0,000882       | 0,044124 | 0                | 2,82                          | 141      | 14100    | 622,1547 |
| Mineral Yağ ve Türevleri (mg/L) | 0,02        | 50       | 1133,159       | 0,000882       | 0,044124 | 0                | 1,124                         | 56,2     | 5620     | 247,9794 |
| Sülfat (mg/L)                   | 200         | 0,005    | 1133,159       | 0,000882       | 4,41E-06 | 0                | 2714,39                       | 13,57195 | 1357,195 | 0,005989 |
| Klorür (mg/L)                   | 25          | 0,04     | 1133,159       | 0,000882       | 3,53E-05 | 0                | 27,712                        | 1,10848  | 110,848  | 0,003913 |
| Florür (µg/L)                   | 1000        | 0,001    | 1133,159       | 0,000882       | 8,82E-07 | 0                | 1514,2                        | 1,5142   | 151,42   | 0,000134 |
| Nitrit Azotu (mg/L)             | 0,002       | 500      | 1133,159       | 0,000882       | 0,441244 | 0                | 0                             | 0        | 0        | 0        |
| Nitrat Azotu (mg/L)             | 5           | 0,2      | 1133,159       | 0,000882       | 0,000176 | 0                | 0,072                         | 0,0144   | 1,44     | 0,000254 |
|                                 |             | 1133,159 |                |                | 1        |                  |                               |          |          | 972,1182 |

Yapılan analizler sonucunda İstasyon 1 için WQI değeri 956,74 olarak elde edilirken İstasyon 2 için ise WQI değeri 972,12 olarak elde edilmiştir. Buna bağlı olarak bu indekse göre her iki istasyon için de su kalitesi çok kötüdür ve yalnızca sulama için kullanılmalıdır sonucuna ulaşmak mümkündür.

#### 4.15. Kanada Su Kalitesi İndeksi (CCME-WQI)

**Tablo 4.4.** CCME-WQI 1.İstasyon.

| 1. İSTASYON                     |                   |        |        |        |          |         |
|---------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|----------|---------|
| Parametreler                    | Standart Değerler | Eylül  | Ekim   | Kasım  | Aralık   | Ocak    |
| İletkenlik (us/cm)              | 300               | 364    | 365    | 364    | 366      | 365     |
| pH                              | 8,5               | 7,95   | 7,9    | 7,92   | 7,96     | 7,9     |
| AKM (mg/L)                      | 15                | 16     | 16,5   | 12     | 15       | 15      |
| Toplam Fosfor (mg/L)            | 0,1               | 0,2859 | 0,2627 | 0,2983 | 0,3837   | 0,2954  |
| ÇO (mg/L)                       | >8                | 10,53  | 10,51  | 10,54  | 10,55    | 10,5    |
| KOI (mg/L)                      | 8                 | 29,8   | 29,1   | 29,8   | 29,5     | 31,4    |
| BOİ (mg/L)                      | 5                 | 9,1    | 8,9    | 9,1    | 9,1      | 9,3     |
| TOK (mg/L)                      | 5                 | 16,24  | 16,89  | 16,18  | 17,02    | 12,77   |
| TKN (mg/L)                      | 0,5               | 6      | 6      | 5,8    | 6        | 5,8     |
| MBAS (mg/L)                     | 0,05              | 0,0044 | 0,0048 | 0,0049 | 0,0048   | 0,0048  |
| Fenol (mg/L)                    | 0,002             | 0      | 0      | 0      | 0        | 0       |
| Yağ-Gres (mg/L)                 | 0,02              | 2,8    | 3,1    | 3      | 3        | 2,9     |
| Mineral Yağ ve Türevleri (mg/L) | 0,02              | 1,133  | 0,773  | 0,863  | 1,099    | 0,899   |
| Sülfat (mg/L)                   | 200               | 1978,4 | 2154,3 | 1981,2 | 1977,2   | 24,51,3 |
| Klorür (mg/L)                   | 25                | 32,15  | 33,12  | 32,16  | 32,17    | 29,41   |
| Florür (µg/L)                   | 1000              | 1420   | 1480   | 1421   | 1450     | 1510    |
| Nitrit Azotu (mg/L)             | 0,002             | 0      | 0      | 0      | 0        | 0       |
| Nitrat Azotu (mg/L)             | 5                 | 0,05   | 0,09   | 0,05   | 0,08     | 0,06    |
|                                 | F1                | 66,67  |        |        | CCME WQI |         |
|                                 | F2                | 63,33  |        |        | 24,71    |         |
|                                 | F3                | 92,46  |        |        |          |         |

**Tablo 4.5. CCME-WQI 2.İstasyon.**

| <b>2. İSTASYON</b>              |                   |         |        |        |          |        |
|---------------------------------|-------------------|---------|--------|--------|----------|--------|
| Parametreler                    | Standart Değerler | Eylül   | Ekim   | Kasım  | Aralık   | Ocak   |
| İletkenlik (us/cm)              | 300               | 368     | 364    | 367    | 368      | 366    |
| pH                              | 8,5               | 7,84    | 7,88   | 7,89   | 7,91     | 7,88   |
| AKM (mg/L)                      | 15                | 17      | 16,9   | 10     | 13       | 12     |
| Toplam Fosfor (mg/L)            | 0,1               | 0,2525  | 0,2807 | 0,3161 | 0,3215   | 0,2568 |
| ÇO (mg/L)                       | >8                | 10,49   | 10,5   | 10,48  | 10,51    | 10,51  |
| KOİ (mg/L)                      | 8                 | 35,7    | 34,9   | 29,1   | 29,4     | 29,7   |
| BOİ (mg/L)                      | 5                 | 9,3     | 9,7    | 8,9    | 8,8      | 9,1    |
| TOK (mg/L)                      | 5                 | 12,19   | 14,58  | 13,1   | 12,25    | 14,52  |
| TKN (mg/L)                      | 0,5               | 5,9     | 5,9    | 5,9    | 5,9      | 6      |
| MBAS (mg/L)                     | 0,05              | 0,0049  | 0,0045 | 0,0047 | 0,0043   | 0,0045 |
| Fenol (mg/L)                    | 0,002             | 0       | 0      | 0      | 0        | 0      |
| Yağ-Gres (mg/L)                 | 0,02              | 2,7     | 2,8    | 2,9    | 2,8      | 2,9    |
| Mineral Yağ ve Türevleri (mg/L) | 0,02              | 1,146   | 1,11   | 1,138  | 1,136    | 1,09   |
| Sülfat (mg/L)                   | 200               | 3209,75 | 2871,5 | 1977,4 | 2981,2   | 2532,1 |
| Klorür (mg/L)                   | 25                | 28,41   | 22,14  | 28,43  | 29,4     | 30,18  |
| Florür (µg/L)                   | 1000              | 1645    | 1590   | 1444   | 1412     | 1480   |
| Nitrit Azotu (mg/L)             | 0,002             | 0       | 0      | 0      | 0        | 0      |
| Nitrat Azotu (mg/L)             | 5                 | 0,07    | 0,08   | 0,07   | 0,05     | 0,09   |
|                                 | F1                | 66,67   |        |        | CCME WQI |        |
|                                 | F2                | 62,22   |        |        | 24,94    |        |
|                                 | F3                | 92,65   |        |        |          |        |

Yapılan analizler sonucunda İstasyon 1 için CCME-WQI değeri 24,71 olarak elde edilirken İstasyon 2 için ise CCME-WQI değeri 24,94 olarak elde edilmiştir. Buna bağlı olarak bu indekse göre her iki istasyon için de su kalitesi çok kötüdür sonucuna ulaşmak mümkündür.



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

### 5.1. Tartışma

Türkiye'nin birçok su yatağına sahip olması ile birlikte bu su yataklarının su kalitelerine yönelik de birçok araştırma gerçekleştirilmektedir. Bu anlamda literatürün zengin olduğundan söz etmek mümkündür. Bu çalışmalardan birinde Ölmez (2022), Ankara'nın Keçiören ilçesinde bulunan Körselik Göleti özelinde incelemelerde bulunmuştur. Mayıs 2020 – Nisan 2021 döneminde aylık toplanan veriler üzerinden yapılan araştırmada örnekleme istasyonları belirlenmiştir. Araştırma süresi boyunca örnekleme istasyonlarından her ay bir su numunesi alınarak laboratuvarda analizleri yapılmıştır. Göletin su kalite parametrelerini belirlemek amacıyla çözünmüş oksijen, tuzluluk, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, askıda katı madde miktarı, klorür, sülfat, sodyum, potasyum, toplam alkanite, magnezyum, kalsiyum, nitrit, nitrat, kalsiyum+magnezyum, bikarbonat, bor, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) olarak 19 adet kalite göstergelerinin analizleri yapılmıştır. İstatiksel verilerin incelenmesi sonucunda göletin II. sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Göletin kalite göstergeleri açısından sucul canlıların yaşamlarına uygun bir ortam olabileceği tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular ışığında Körselik Göleti'nin Sakarya Akgöl'ün su kalitesinden daha iyi olduğundan söz etmek mümkündür.

Konuya ilişkin bir başka çalışmada Boz (2022) İzmir Balaban Deresi özelinde incelemede bulunmuştur. Bu çalışmada, Balaban Deresi mevsimsel olarak Ekim 2019-Ağustos 2020 tarihleri arasında su kalitesi epilitik diyatometlere ve fiziko-kimyasal parametrelere göre incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda Balaban Deresi üzerinde 5 istasyon belirlenmiş ve bu istasyonlarda suyun fiziksel ölçümleri yapılmış diyatome örnekleri toplanmıştır. Yüzeysel Su Kalite Yönetmeliği'ne göre alınan su örneklerinin analiz sonuçlarına göre bütün istasyonlarda Balaban Deresi su sıcaklığı parametresine göre I. kalite, çözünmüş oksijen miktarı bakımından I. kalite, oksijen doygunluğu bakımından I. kalite, pH değerleri bakımından I. kalite ve son olarak elektriksel iletkenlik bakımından I.-II. kalite olarak tespit edilmiştir. Elde edilen

bulgular ışığında İzmir Balaban Deresi su kalitesinin Sakarya Akgöl'e göre kullanılabilir olma olasılığının daha fazla olduğundan söz etmek mümkündür.

Uslu (2022) tarafından gerçekleştirilen bir başka araştırmada bu kez Aksu Çayı ve Acısu Deresi özelinde incelemelerde bulunulmuştur. Antalya Nehir Havzası'ndaki akarsulardan biri olan, Kovada I, Kovada II Hidroelektrik Santrallerini ve Karacaören Barajını besleyen Aksu Çayı, Karacaören-2 Baraj Gölü'nün işletim rejimi, sulama çekimleri ve küresel iklim değişikliğine bağlı yağış düzensizlikleri sonucunda hidrolojik baskı altındadır. Bahsi geçen çalışmanın ikinci uygulama alanı olan, yoğun seracılık faaliyetlerinin gerçekleştirildiği ve turizm açısından değerli bir bölge olan Acısu Deresi önemli bir yerüstü kaynağıdır. Dolayısıyla bahsedilen bölgelerde su kalitesinin ve miktarının sürdürülebilir yönetimi gerekli ve önemlidir. TÜBİTAK tarafından desteklenmiş olan Aksu Çayı ve Acısu Deresi üzerinde yer alan 24 izleme noktasında su kalitesi izleme çalışmaları Eylül 2020 ve Eylül 2021 dönemi boyunca aylık olarak 1 yıl boyunca gerçekleştirilmiştir. Aksu Çayı için on izleme istasyonu iyi, iki istasyon da orta kalite olarak sınıflandırılmıştır. Dört ayrı değerlendirme kriteri kullanılırken bu kriterlerden birisi de bu çalışmada da kullanılmış olan CCME-WQI olmuştur. Acısu Deresi için ise altı izleme istasyonu iyi su kalitesine, altı izleme istasyonu ise orta kaliteye sahiptir. İzlenen yöntemler ve takip edilen yönetmelikler itibari ile bu çalışma ile önemli farklılıklar olduğu görülse de su yatakları özelinde yapılan karşılaştırma sonucunda söz konusu su yataklarının benzer su kalitesi seviyelerinde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bir başka araştırmada Ece (2021), Erdemli kıyı akiferi özelinde incelemede bulunmuştur. Çalışma kapsamında Ağustos 2020 döneminde 50 kuyudan, Haziran 2021 döneminde 46 kuyudan yeraltı suyu örneği alınmıştır. Yeraltı sularının fiziksel ve kimyasal parametrelerinin analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirtilen içme suyu kalite kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Ağustos 2020 döneminde dört örnekte, Haziran 2021 döneminde iki örnekte WHO'nun  $\text{Na}^+$  sınır değeri aşılmıştır. Ağustos 2020 döneminde dört örnek, Haziran 2021 döneminde ise üç örnek WHO'nun klorür sınır değerini aşmıştır. Bazı noktalarda WHO'da belirtilen sınır değerlerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanı yeraltı suları, tarımsal sulama suyu olarak kullanılabilirlik bakımından, tuzlanmanın olduğu bölümler hariç uygun sulardır bulgularına ulaşılmıştır. Bahsi geçen çalışmalar ve bizim araştırmamızla

kıyaslandığında Erdemli kıyı akiferinin su kalitesi olarak benzer seviyede olduğu ve bu yönüyle bahsi geçen su yataklarından ayrıldığı görülmektedir.

Acar (2021) tarafından yürütülen bir başka çalışmada Sivas Demiryaz Göleti örneklem bölgesi olarak ele alınmış ve bu bölge özelinde incelemede bulunulmuştur. Gölette belirlenen dört istasyondan Ocak 2019- Aralık 2019 tarihleri arasında alınan su numunelerinin bazı fiziksel ve kimyasal su parametreleri analiz edilmiştir. Demiryazı Göleti’nden alınan numuneleri analiz sonuçları ile elde edilen veriler Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği’ne göre değerlendirilmiştir. Bu parametreler içerisinde kimyasal oksijen ihtiyacı, sıcaklık, çözünmüş oksijen, biyolojik oksijen ihtiyacı, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu, demir, kurşun, civa, nikel, bakır, kadmiyum, çinko bulunmaktadır. Demiryaz Göleti su kalitesi için fosfat kalitesi III. Sınıf, pH kalitesi IV. Sınıf su kalitesi özelliği göstermiş olmasına rağmen diğer parametre sonuçlarının I. sınıf su kalitesinin özelliklerini gösterdiği tespit edilmiştir. Göletin su kalitesi sınıfı belirlenirken “Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri” yönetmeliği kıstas alınmıştır. Bu nedenle tüm parametre sonuçlarına göre Demiryazı Göleti’nin su kalitesi IV. Sınıf olarak belirlenmiştir. Göletin canlıların yaşam şartlarını sürdürebilmeleri açısından riskli olmasına rağmen pH değerinin belirli aylarda ve bazı istasyonlarda geçici olarak yüksek olması gölette bulunan su popülasyonunu etkilemeyeceği düşünülmüştür. Su kalitesi sınıfı bakımından kıyaslama yapıldığında Demiryazı Göleti’nin su kalitesi ile Sakarya Akgöl su kalitesinin benzer olduğu söylenebilir.

Konuya ilişkin bir başka araştırmada Gedikoğlu (2021) Balıkesir ili içme suyunun arıtılarak geldiği ikiztepeler barajının su kalitesi üzerinde incelemede bulunulmuştur. 2017, 2018 ve 2019 yıllarındaki içme suyundan direk alınan su ve arıtılmış olarak alınan su numunelerinin kalite parametreleri olan 13 adet parametre üzerinden yapılan analizlerin sonuçları TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmenlik içeriği üzerinden incelenmiş olup Balıkesir merkez içme sularının fiziksel ve kimyasal açıdan tüketime uygun olup olmadığına dair çıkarım yapılmıştır. Bu çıkarımın sonucunda ise içme suyunun yönetmelik standartlarına uygun olduğu görülmüştür.

Barlak (2021) tarafından yürütülen çalışmada Tokat Aşağıgüçlü Göleti özelinde su kalitesi incelemesinde bulunulmuştur. Şubat 2017- Ocak 2018 tarihleri arasında bazı fiziksel ve kimyasal su parametreleri ölçülmüştür. Bu ölçümler, Artova Aşağıgüçlü

Göleti'ni temsil eden dört istasyonunda yapılmıştır. Bu istasyonlar Artova Aşağıgüçlü Göleti'ne Karasu Deresi'nin giriş kısmı (göletin güneyi), göletin doğu kısmı, göletin batı kısmı ve göletin kuzey kısmı noktası olarak seçilmiştir. Çalışma süresince, belirlenen bu dört istasyondan ayda bir defa su numunesi alınmış ve elde edilen on iki aylık ortalama değerler (genel ortalama, standart sapma, mevsimsel ortalama) incelenmiştir. Bu dört istasyonda alınan su örneklerinde su kalitesini belirlemek amacıyla 28 adet fiziksel ve kimyasal parametrenin analizleri yapılmıştır. Bu analizler içerisinde çözünmüş oksijen, tuzluluk, pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, askıda katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, klorür, fosfat, sülfat, sülfat, sodyum, magnezyum, demir, kurşun, bakır, kadmiyum, civa, nikel, çinko, kalsiyum, potasyum, toplam sertlik, toplam alkanite, nitrit, nitrat, amonyum tuzu, bulunmaktadır. Analiz sonuçları ışığında toplanan veriler istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak gölün su kalitesi sınıfı III sınıf olarak değerlendirilmiş edilmiş olup, gölde genel bir kirlilik sorunu olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca bu bilgiler ışığında suyun artırılarak su türlerinin yetiştiriciliği için uygun olduğu görülmüştür. Su kalitesi olarak Tokat Aşağıgüçlü Göleti'nin de Sakarya Akgöl'ün su kalitesinin üstünde kaldığı görülmektedir.

Literatürde yer alan konuya ilişkin bir başka çalışmada Ayaz (2021) Bursa ilindeki Nilüfer Çayı özelinde bir araştırma gerçekleştirmiştir. Nilüfer çayından numune almak ve analizleri yapmak üzere farklı noktalar belirlenmiştir. Analiz için seçilen parametreler arasında fiziksel parametere olarak pH, sıcaklık, ÇO, iletkenlik vb ve kimyasal parametere olarak ise TKN, nitrit azotu, nitrat azotu NH<sub>4</sub>, vb parametreler bulunmaktadır. Analiz sonucunda parametere değerleri su kalitesi yönetmeliğine göre değerlendirilmiş ve yönetmeliğe göre kalite sınıfları belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar, Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde yer alan kriterlere göre değerlendirildiğinde ise; analizi yapılan 5 istasyonun III. Sınıf, 9 istasyonun ise IV. Sınıf kalitede olduğu sonucuna varılmıştır. Nilüfer çayının su kalitesinin büyük oranda iyi durumda olmadığı ve bu kirliliğine bölgedeki sanayinin sürekli gelişmekte olması ve bölgedeki tarımsal faaliyetlerin neden olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada, havzadaki tüm kirleticiler değerlendirilerek, Nilüfer çayını besleyen tüm su kaynaklarının ve sulama amaçlı kullanılacak olan çay çıkış suyunun su kalitesinin artması için bazı çözüm önerileri

sunulmuştur. Genel bir değerlendirmede bulunulduğunda ise Nilüfer Çayı'nın su kalitesinin Sakarya Akgöl'ün su kalitesine benzer olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Titiz (2020) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada İpsala ilçesi içme suyunun kalite incelemesinde bulunulmuştur. 45 istasyondan alınan veriler ışığında yapılan incelemeler sonucunda içlerinde bu çalışmada kullanılmış olan WQI kalite indeksinin de yer aldığı farklı değerlendirme kriterleri kullanılmış ve çalışma sonucunda İpsala ilçesi içme suyunun içilebilir seviyede olduğu sonucuna varılmıştır.

Bir başka araştırmada Süleymanov (2019) Eskişehir ili sınırları içerisinde bulunan Kanlıpınar göleti su kalitesinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç için çalışmalar 2018 Kasım ayında başlamış ve 8 ay süreyle su numuneleri alınmış çalışma Haziran 2019'da tamamlanmıştır. Gölet için toplamda 6 istasyondan alınan numunelerin fiziksel ve kimyasal parametreleri incelenmiştir. Bu parametrelerden sıcaklık, elektriksel iletkenlik, pH, çözülmüş oksijen gibi parametreler numune alımı sırasında anlık olarak, amonyum, nitrat, nitrit, fosfat gibi parametrelerin ise o gün içerisinde uygun koşullarda muhafaza edildikten sonra laboratuvarında ölçümleri yapılmıştır. Analiz sonucunda parametrelerin değerleri "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği"nde bildirilen kıta içi su kalite standartlarına göre değerlendirilmiştir olup Kanlıpınar göletinin bazı kalite parametreleri II ve III sınıf olarak çıksada suyun kalitenin I sınıf su kalitesinde olduğu belirlenmiştir. Sakarya Akgöl'ün su kalitesi ile karşılaştırıldığında ise Akgöl'e oranla çok daha iyi kalitede olduğu görülmektedir.

Günhan (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada su kalitesi sınıflamaları için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne ait olan ve Ergene Nehri üzerinde bulunan İnanlı İstasyonu ve Lüleburgaz ölçüm istasyonlarına ait 1999 - 2014 yılları arasındaki değerler aylık olarak incelenmiştir. Bu incelemeler biyolojik oksijen ihtiyacı, sodium, klor, kalsiyum, magnezyum, kimyasal oksijen ihtiyacı, fosfat, sülfat, nitrit azotu, sıcaklık, alkalinite, pH, TDS, amonyum azotu, elektriksel iletkenlik, potasyum permanganate, çözülmüş oksijen, toplam sertlik, askıda katı madde parametrelerinin analiz sonuçları değerlendirilmiş ve su kalite sınıfı belirlenmiştir.

Yapılan bir başka araştırmada Özel (2019) Isparta ilinde içerisinde bulunan Isparta Deresi incelenmiştir. Aynı zamanda Isparta Deresi Karacaören-1 Baraj Gölü'ne

dökülmekte olduğu için kalitesi önem taşımaktadır. Bu amaçla Isparta Deresi'nden numune almak üzere 6 istasyon belirlenerek çalışmalar yapılmıştır. Dereden alınan numune örnekleri için su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen değerleri anlık olarak yapılmış olup  $\text{BOI}_5$ , amonyum, nitrat, nitrit ve klorür analizleri laboratuvar şartlarında yapılmıştır. Araştırma sırasında yaz aylarında 2. istasyon kuru olması nedeniyle numune alınamamış ve analizleri yapılamamıştır. Isparta Deresi için 5. ve 6. İstasyonlar için analizi yapılan parametrelerin diğer istasyonlardaki analiz değerlerine göre yüksek olduğu görülmüştür. Su kalite sınıfı belirlenirken YSKY kullanılmıştır. Kullanılan yönetmeliğe göre ise analiz sonuçları değerlendirildiğinde 1., 2., 3. ve 4. istasyonların parametre sınıfı I. kalite sınıfında, 5. ve 6. İstasyonların parametre sınıfı ise II. kalite sınıfında olduğuna karar verilmiştir. Bu analizler doğrultusunda Isparta Deresi'ndeki su kalitesinin Sakarya Akgöl'deki su kalitesine göre daha iyi olduğundan söz etmek mümkündür.

Güzel – Emin (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışma Sinop ili Erfelek ilçesinde bulunan Gümüşsuyu Göleti için yapılmıştır. Yönetmelikte yer alan fiziksel ve kimyasal su parametrelerinin kriterleri ile seçilen parametrelerin analizleri kıyaslanabilmesi için Nisan 2018 – Mart 2019 arasında yapılmıştır. Gümüşsuyu Göleti'nin kalite sınıfını belirlemek amacıyla numune alımı her ay belirlenen dört istasyondan yapılmıştır. Ayda bir kez olmak üzere on iki ay boyunca su numuneleri alınmış olup elde edilen ortalama değerler incelenmiştir. Alınan numuneler için fiziksel ve kimyasal parametrelerden oluşan toplamda 28 parametre üzerinde çalışılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen fiziksel ve kimyasal parametrelerin yıllık ortalama sonuçları yönetmeliğe göre istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Bu yönetmelik ile yapılan karşılaştırma sonucunda ise göletin su kalite sınıfının II. sınıf su kalite sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Gümüşsuyu Göleti'nin de Sakarya Akgöl su kalitesinden iyi düzeyde olduğu görülmektedir.

Kaçar (2019) gerçekleştirdiği çalışmada Hakkari ilinde bulunan merkez köylerinin sulama amaçlı kullanılan suların kalite parametreleri değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu sebeple sulama amacıyla kullanılmakta olan havuz sularının kalitesi analiz edilmiş olup sulama suyu açısından sınıfı belirlenmiştir. Numune örnekleri 10 adet sulama havuzundan 2018 yılında ürün yetiştiriciliğinin Haziran, Temmuz, Ağustos ve ayrıca Eylül ayında alınmış ve alınan sulama suyu örneklerinde ise pH, iletkenlik, kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, sülfat, nitrit,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve klorür analizleri yapılmıştır. Bu analizlerin değerleri sonucunda Sodyum Yüzdesi (%Na) ve Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR), Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) değerleri hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda sulama havuzlarında bulunan sularının hemen hemen hepsi yönetmelikte yer alan sınırlar arasında olduğundan birinci sınıf kalite ve sulama için kullanıma uygun olduğu tespit edilmiştir. Ancak 1. Örnekleme noktası olan Akçalı Köyü Kanatlı bölgesindeki havuzun nitrat ve magnezyum değerleri ile 3. örnekleme noktası olan Kırıkdağ Köyü Şişer bölgesindeki havuzun ise potasyum değeri sınır değeri geçmiştir. Bu bölgedeki değerlerin yüksekliğinin sebebinin yer tabakasında bulunan kar sularının azotlu bileşikleri su kaynaklarına sürüklenmesi, hayvan artıklarının düzensiz depolanması neticesinde su kaynaklarına karışması ve aşırı derecede kullanılan gübre ile tarım ilaçlarının sebep olduğu tahmin edilmektedir. Numune örneklerinin aylık pH değeri ortalamaları 7.06-8.43 arasındadır tüm bu bulgular sonucunda sulama havuzlarındaki suların kirlenmemiş ve sulamada kullanılması açısından uygun kaliteye sahip olduğu kanaatine varılmıştır. Akgöl'ün su kalitesinin IV. sınıf su kalitesine sahip olmasından dolayı bu çalışmadan daha düşük kaliteye sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Orak ve Gürbüzürk (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada olan Suat Uğurlu Barajı incelenmiştir. Bu çalışma Yeşilirmak Nehri üzerinde aşağı havzada kurulan en son baraj bu baraj suyunun bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin, rezervuarın trofik yapısının, su kalitesinin ve ekolojik durumunun, kirlenme ile ilgili bir problemin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri belirlemek amacıyla Cu, B, Zn, A, Ni, Se, Cd, pH, Sb, Ba, Hg, tuzluluk, sıcaklık, iletkenlik, çözünmüş oksijen, toplam çözünmüş madde, Escherichia coli ve toplam koliform gibi analizler yapılmıştır. Araştırma sonucunda Suat Uğurlu Baraj Gölü'nün su kalite kriterleri "Kıta içi yer üstü su kaynaklarının sınıflarına göre kriterleri" ile karşılaştırılmış olup su kalite sınıfının I-II aralığında olma ihtimali oluşmuştur. Rezervuar suyu sıcaklık, pH, ÇO, nitrat azotu, toplam azot, elementler ve inorganik kirlilik açısından yüksek kaliteli su sınıfı I. sınıf olup, nitrit azotu, amonyum azotu, TKN, toplam fosfor, koliform analizleri açısından az kirlenmiş su sınıfı II. sınıf su olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Baraj Gölü'nün analiz sonuçlarına göre ötrofik olduğu söylenebilmektedir. Suat Uğurlu Barajı'nın balık çeşitliliği ve enerjisi bakımından değerli olduğu tahmin edildiğinde, ötrofik koşulları ortadan kaldırmak için gerekli önlemlerin alınması gerektiği ve hatta burada uzun

sürekli denetleme çalışmalarının devamlılığı gerektiği bulgularını söylemek mümkündür. Sonuç olarak bulunduğu ötrofik koşul sebebiyle bu barajın Akgöl ile benzer kriterlere sahip olduğu yorumunda bulunmak kaçınılmazdır.

Kılıçerkan (2016) tarafından Keban Baraj Gölü Ağın Bölge'sinin su kalitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada bazı incelemeler gerçekleştirilmiştir. Parametre analizleri için 12 ay Ağın Bölgesin'nde 2013 Aralık ayı ile 2014 Kasım ayları arasında her ay numune almak şartıyla çalışmalar yapılmıştır. Araştırma süresince su sıcaklığı, pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen analizleri numune alımı sırasında anlık olarak ölçülürken, toplam sertlik, toplam azot, alkalinite, toplam fosfor, tuzluluk, sülfat, organik madde, nitrit azotu, nitrat azotu, amonyum, silika, AKM ve KOİ gibi kimyasal parametrelerin analizleri laboratuvarda yapılarak değerler belirlenmiştir. Elde edilen değerler kıta içi su kaynakları sınıflarına göre değerlendirildiğinde klorür değeri dışında bütün parametrelerin I. sınıf su kalitesine sahip olduğunu tespit edilmiştir. Keban Baraj Gölü'nün sahip olduğu su kalitesinin Sakarya Akgöl'ün sahip olduğu su kalitesinden daha iyi bir kalitede olduğunu ifade etmek mümkündür.

Güneş (2016) tarafından gerçekleştirilen araştırma incelenmiştir. Bu amaçla Van Gölü'ne 25 km uzaklıkta bulunan yer alan Nazik Gölü seçilmiştir. Bu göl Doğu Anadolu Bölgesi'nin volkanik set kökenli göllerinden birisidir. Bu çalışma için Nazik Gölü üzerinde üç farklı nokta seçilmiş olup alınan su numunelerinin analizleri yapılmıştır. Göl suyundan alınan su numunelerin sıcaklık, pH, ÇO, oksijen doygunluğu, amonyak azotu, elektriksel iletkenlik, toplam sertlik, orta fosfat, sülfat, florür, kalsiyum, bromür, magnezyum, lityum, klorür, nitrit azotu, sodyum, nitrat azotu, sodyum, toplam fosfor, potasyum, toplam azot gibi fiziksel ve kimyasal parametreleri incelenmiştir. Seçilen parametrelerin analiz sonuçları ise "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği"nde yer alan kıta içi su kalite standartları kıstas alınarak sonuçlandırılmıştır. Verilere bakıldığında gölün su kalitesi pH için IV. sınıf, toplam fosfor açısından III. sınıf, nitrit için II. sınıf kalitede olduğuna, bu parametrelerin dışında kalan parametreler içinde I. sınıf kalitede olduğu bulgusuna varılmıştır. Tüm bu bilgiler dahilinde gölün herhangi kirletici bir kaynak tarafından kirlenmediği ve oligotrofik sınıflandırmada yer aldığına karar verilmiştir. Ayrıca bu çalışmanın Sakarya Akgöl'e kıyasla kalite düzeyinin çok iyi olduğu söylemek mümkündür.

Son olarak 2002 yılında B. Şengörür ve A. Demirel tarafından yapılan araştırma da Sakarya Akgöl incelenmiş olup gölde meydana gelen değişiklikler takip edilerek yapılan analizler ile gölün kalite sınıfının belirlenmesi üzerinde çalışılmıştır. Bu amaçla gölün tespit edilen noktasından dip ve yüzey olmak üzere belirli bir bölgesi seçilmiş olup 6 ay boyunca aylık olarak düzenli şekilde numuneler alınmıştır. Yapılan çalışmada sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, KOİ, BOİ, nitrit, nitrat, toplam fosfor, amonyum azotu, askıda katı madde, sülfat, krom, potasyum, florür, magnezyum, klor, fenol parametereleri analiz edilmiştir. Seçilen parameterelerin analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ise Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre yapılmış ve Akgöl'ün su kalite sınıfının IV. sınıf olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan analiz sonuçlarına göre amonyum azotu, nitrit, nitrat, toplam fosforun ortalamasına bakıldığında Akgöl'ün ötrofik bir göl olduğu sonucuna varılmıştır. Tüm bu veriler ışığında iki tez sonuçları arasında yapılan değerlendirmeler kıyaslandığında; aradan geçen zamana rağmen göl suyunun kalite sınıfında herhangi bir değişiklik olmadığı görülmüştür.

## 5.2. Sonuç

Su, şüphesiz insanlık tarihinde çok önemli bir yere sahip olan, asırlar boyunca yaşanan sonsuz gelişime rağmen önemini korumaya devam eden hayati bir unsurdur. İnsanlık tarihine bakıldığında ilk medeniyetlerin su kenarlarında gelişim gösterdiği, su çevrelerinin her zaman insanlık için çok değerli tutulduğu görülmektedir. Suyun tükenebilir bir kaynak olması da yaşanan tüm gelişmelere rağmen gelecek nesiller adına suyun önemini arttıran bir unsur niteliğindedir. Çalışma kapsamında önemli su kaynaklarından birisi olan Sakarya Akgöl'e ait su kalitesinin çeşitli parametrelerce ölçülmesi ve su kalitesinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizlerden elde edilen bulgulara göre Akgöl'ün su kalitesi ile ilgili olarak su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre parametre bazlı değerlendirme sonuçlarımız şu şekildedir;

- pH değeri ideal seviyededir.
- Çözünmüş oksijen ihtiyacı açısından 1.sınıf kaliteye sahiptir.
- Nitrit azotu açısından 1.sınıf kaliteye sahiptir
- Nitrat azotu açısından 1.sınıf kaliteye sahiptir.

- Yağ ve Gres açısından 4.sınıf kaliteye sahiptir.
- Kimyasal oksijen ihtiyacı açısından 2.sınıf kaliteye sahiptir.
- Florür açısından 2.sınıf kaliteye sahiptir.
- Klorür açısından 2.sınıf kaliteye sahiptir.
- Fenol açısından 1.sınıf kaliteye sahiptir.
- Biyolojik oksijen ihtiyacı açısından 3.sınıf kaliteye sahiptir.
- Toplam fosfor açısından 3.sınıf kaliteye sahiptir.
- Toplam organik karbon açısından 4.sınıf kaliteye sahiptir.
- Toplam kjherdal azotu 4.sınıf kaliteye sahiptir.
- MBAS açısından 4.sınıf kaliteye sahiptir.
- Mineral Yağlar ve türevleri açısından 4.sınıf kaliteye sahiptir.
- Sülfat açısından 4.sınıf kaliteye sahiptir.

BOİ değeri yüksek olduğunda sudaki yaşamlara zarar vererek onların ölümlerine sebep olmaktadır. Bu sebeple büyük yapılı askıda katı maddelerinin sudan uzaklaştırılarak III. Sınıf kalitede olan BOİ değerinin düşürülmesi ve kalitesinin yükseltilmesi sağlanabilir.

Fosfor kanalizasyon atıkları, endüstriyel-evsel atıklar, tarımsal arazilerin sulama suları ve gübreleme yöntemleri gibi sebepler ile gölde ötrofikasyon oluşturarak, Sakarya Akgöl çevresinde de bulunan tarım arazilerinin yer altı sularına karışan sulama faktörleri gölde yoğun bir fosfor oluşumuna sebep olmaktadır. III. sınıf kaliteye sahip olan fosforun kalite sınıfının yükseltilebilmesi için göl çevresindeki gübrelemenin kontrol altına alınarak yer altı suları ile göle karışmaması sağlanabilir.

Organik maddeler nehir, akarsu, göl gibi ortamlarda toksik olmasalarda toksik etki oluşturabilirler. Organik atıklar sudaki oksijeni tüketerek canlıların yaşam şartlarını olumsuz etkilemekte ve ekosistemi tehdit etmektedir. Toplam organik karbon açısından IV. sınıf kaliteye sahip olan gölün organik atıklarının göl çevresinde gerçekleşen aşınma yada diğer dış etkenler tarafından gerçekleşmiş olabilme ihtimali sebebiyle öncelikli olarak biyolojik kirleticilerden ve askıda katı maddelerden uzaklaştırılarak kalite sınıfının yükselmesi sağlanabilir.

Yağ ve gres ise su yüzeyinde ince bir tabaka oluşturarak göl kıyılarında birikmelere sebep olur. Bu su yüzeyinde bulunan tabaka atmosferdeki gazların suya difüzyonu engelleyebilmektedir. Bu sebeple gölün etrafındaki restaurant ve konutların denetlenerek arıtma sisteminin geçirildikten sonra gerekli yere deşarj işleminin yapılıp yapılmadığı kontrol altına alınarak Yağ ve gres açısından IV. sınıf kaliteye sahip olan Sakarya Akgöl'ün temizlemesi mümkün olabilir.

Elde edilen bu bulgular ışığında genel olarak Sakarya Akgöl su kalitesinin kabul edilebilir bir seviyede olduğundan ancak kesinlikle iyileştirilmesi gereken yönlerinin olduğundan bahsetmek mümkündür. Kalite sınıflandırması 4 basamaklı olup özellikle 4. sınıfta yer alan parametrelerin iyileştirilmesine öncelik verilmesi faydalı olacaktır. Bununla birlikte 1. ve 2. sınıf kaliteye sahip olan parametrelerin korunması ve bu kalitede kalmalarının sağlanması da Sakarya Akgöl üzerinde gerçekleştirilebilecek çalışmaların başında gelmektedir.

Çalışma içerisinde de yer verildiği üzere iki ayrı değerlendirme kriteri (su kalite indeksi (WQI) ve Kanada su kalitesi indeksi (CCME-WQI) baz alınmış olup bu kriterlerden ilkinde İstasyon 1 için WQI değeri 956,74, İstasyon 2 için ise WQI değeri 972,13 olarak belirlenmiştir. Değerlendirme kriteri kapsamında her iki istasyon için de su kalitesinin çok düşük olduğu sonucuna ulaşılrken, yalnızca sulama için kullanılması gerektiği yorumunda bulunulmuştur. Benzer şekilde ikinci değerlendirme kriteri için de İstasyon 1 için CCME-WQI değeri 24,71 ve İstasyon 2 için CCME-WQI değeri 24,94 olarak elde edilmiştir. İlk değerlendirme kriterinde olduğu gibi su kalitesi çok düşüktür sonucuna varılırken, yalnızca sulama için kullanılmalı tavsiyesinde bulunulmuştur.

Sonuç olarak Sakarya Akgöl'ün sahip olduğu su kalitesinin üstünde kalitede su kaynakları olduğu gibi benzer kalitede de su kaynakları bulunmaktadır. Bu doğrultuda kaliteyi düşüren unsurlar öncelikli hale getirilerek yapılacak iyileştirme çalışmalarıyla birlikte sahip olunan kalitenin yukarıya taşınması adına çalışmalarda bulunmak bundan sonraki süreçte atılması gereken adımlar olarak görülmektedir.



## KAYNAKLAR

- Acar, O. M. (2021). Demiryazı Göleti (Sivas)'nin Su Kalitesinin İncelenmesi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu.
- Analytica Chimica Acta (Nisan,1999) Cilt 389, sayı:3
- Ayaz, G. (2021). Nilüfer Çayının Su Kalitesinin Belirlenmesi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
- Barlak, F. S. (2021). Aşağıgüçlü Göleti (Artova-Tokat)'nin Su Kalitesinin Değerlendirilmesi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu.
- Bilgin A. (2018). Journal of Current Researches on Engineer Science of Technology.
- Boz, T. (2022). İzmir'in İçme Suyu Kaynaklarından Balaban Deresi'nin Su Kalitesinin Epilitik Diyatome Örneklerine Göre Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Canbaz, C. (2022). Lalapaşa İlçesi İçme Suyu Kalitesinin Mevsimsel Değişimi ve Su Kalite İndeksi Kullanılarak İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Chidiac Sandra, Najjar Paula El, Ouaini Naim, Rayess Youssef El & Azzi Desiree El (2023). A Comprehensive Review Of Water Quality Indices (WOIs): history, models, attempts and perspectives – Reviews in Environmental Science and Bio/Technology 22, 349-395.
- Chemosphere (August,2022). Vol:301
- Davi M. Letizia, Gnudi Franco (1999). Water Research, Vol:33, Issue:14.
- Dehghoni Mohammad Madi, Yousefi Mahmood. Method Article (MBAS) Efficiency of ultrasound for degradation of an anionic surfactant from water: Surfactant determination using methylene blue active substances method (September 24,2021).
- Ece, F. (2021). Erdemli (Mersin) Kıyı Akiferi Su Kalitesinin Araştırılması, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Mersin.
- Environment Agency (2007). The Determination of Chemical Oxygen Demand in Waters and Effluents
- Feng Xiansho, Wang Kean, Cao Xiatong (Nisan 2021). Journal of Membrane Science, Vol:623.
- Güneş, S. (2016). Nazik Gölü Su Kalitesinin Belirlenmesi, Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tunceli.
- Günhan, E. (2019). Ergene Nehri Su Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Yapay Sisnir Ağları Kimyasal Oksijen İhtiyacının Belirlenmesi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.

- Güzel Emin, A. (2019). Gümüşsuyu Göleti (Erfelek – Sinop)’nin Su Kalitesinin Değerlendirilmesi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu.
- Jirka Andrea M., Carter Mark J., May Darothy and Fuller Frederic (1976). Ultramicro Semiauto Mated Method for Simultaneous Determination of Total Phosphorus and total Kjeldahl Nitrogen in Wastewaters
- Journal Pedro J. (April 1975), Wong Lawrence K., Shuster William W. American Water Works Association, Vol:67, No:4.
- Journal of Chromatography A. (October 2021). Vol:1218, Issue:42
- Journal of Fluorine Chemistry (December,2005). Vol:126, Issue:11-12
- Kaçan, M. (2020). Fethiur Körfezinde Su Kalitesi İndeksleri ile Değerlendirmenin Karşılaştırılması, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Kaçar, K. (2019). Hakkari – Merkez Sulama Havuzlarındaki Su Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Van.
- Kılıçerkan, M. (2016). Keban Baraj Gölü Ağın Bölgesinin Su Kalitesi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- Mete, B., Baki, O.T. ve Bayram, A. (2022). Sera Deresi Havzasında (Trabzon) Askıda Katı Madde Hareketinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 27(1).
- Mq. Lena Q. (1988). Critical Reviews in Environmental Science and Technology, Vol:28, Issue:1
- Orak – Gürbüzürk, T. (2019). Suat Uğurlu Baraj Gölü’nün (Samsun) Su Kalitesi ve Trofik Seviyesinin Araştırılması, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ordu.
- Orman ve Su, Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı (2017-2023)
- Ölmez, F. (2022). Körselik Göleti (Ankara)’nin Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin İncelenmesi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu.
- Özel, B. (2019). Isparta Deresi’nin Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Simulidae Faunasına Göre Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Özsar, A. Ö., Yılmaz, M. ve Çiftçi, Y. (2017). Mineral Yağlar ve Bu Yağların Kullanım Alanları, Gümrük ve Ticaret Dergisi.
- P. K. Goel- Water Pollution(2006); Causes, Effect and Control
- Pen Michael R., Pauer James J., Mihelcic James R. (2017): Biochemical Oxygen Demand
- Phosphorus in Wastewater, YSI Municipal Water E-book
- Rudnick Leslie R.. Synthetic, Mineral Oils and Bio-Based Lubricants,2020.
- Science of The Total Environment (2022). Vol:821

Süleymanov, S. (2019). Kanlıpınar Göleti (Eskişehir) Su Kalitesinin Araştırılması, Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Şengörür Bülent , Ali Demirel (2002). SAU Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 6. Cilt, 3.Sayı, Akgöl’de (Gölkent-Sakarya) Ötrofikasyon ve Su Kalite Sınıfının Belirlenmesi.

The Arabidopsis Book (2002).

Titiz, A. M. (2020). Su Kalitesi İndeksi ve Bazı Çoklu İstatistikî Teknikler Kullanılarak İpsala İlçesi İçme Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Edirne.

Topcu Ş., Çölgeçen H. (2015). Bitki Sekonder Metabolitlerinin Biyoreaktörlerde Üretilmesi. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 8(2), 9-29.

Uslu, A. (2022). Aksu Çayı ve Acısu Deresi Su Kalitesinin Su Kalite İndeksleri Kullanılarak Değerlendirilmesi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Antalya.

Water Researc (2008). Cilt 42



## ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Elvan SELVİ

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2018, Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya
- **Yükseklisans** : Devam ediyor, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Organik Kimya

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 
- 

### TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

- 

### DİĞER ESERLER: