

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

**SAKARYA KARAMAN ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ
SUYUNUN MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Diğdem YELEK

Biyoloji Anabilim Dalı

MAYIS 2023

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

**SAKARYA KARAMAN ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ
SUYUNUN MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Diğdem YELEK

Biyoloji Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kenan TUNÇ

MAYIS 2023

Diğdem Yelek tarafından hazırlanan “Sakarya Karaman Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyunun Mikrobiyolojik ve Kimyasal Olarak Değerlendirilmesi” adlı tez çalışması 08.05.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı: **Doç. Dr. Mehmet SAĞIROĞLU**

Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi : **Dr. Öğr. Üyesi Kenan TUNÇ** (Danışman)

Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi: **Dr. Öğr. Üyesi Hülya DEMİRHAN**

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 Karaman Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyunun Mikrobiyolojik ve Kimyasal Olarak Değerlendirilmesi” 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, etik kurul onay belgesi aldığımı, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

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

(imza)

Diğdem YELEK

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca üstün bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda desteğini almaktan çekinmediğim değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Kenan TUNÇ'a ve çalışmamın her aşamasında destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli meslektaşım Uzm. Biyolog Alican Bahadır SEMERCİ'ye ve teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olduğunu hissettiren, hayatı paylaştığım sevgili eşim Şahin YELEK'e, yaşamıma renk katan sevgili oğullarım Miraç Yiğit YELEK ve Yağız Alp YELEK'e, iyi ki çocukları olmuşum dediğim değerli annem-babam Müzeyyen ve Zeki ÇINAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eğitimimin deney aşamalarında tecrübelerini benimle paylaşan Sakarya İl Sağlık Müdürlüğü Halk Sağlığı Laboratuvarı'nda görevli olan çok kıymetli Biyolog ve Kimyager arkadaşlarıma tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Diğdem Yelek

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR.....	xi
SİMGELER	xiii
TABLO LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Atık Sularda Kirlilik	5
2.2. Biyolojik Parametreler	5
2.2.1. Koliformlar ve fekal koliformlar	5
2.2.2. Fekal streptokoklar.....	6
2.2.3. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	7
2.2.4. <i>Clostridium perfringens</i>	7
2.3. Kimyasal Parametreler.....	8
2.3.1. NH ₄	8
2.3.2. NO ₂	8
2.3.3. NO ₃	8
2.3.4. PO ₄	8
2.3.5. pH.....	9
2.3.6. İletkenlik.....	9
2.3.7. KOİ.....	9
2.4. Sakarya ili Karaman Atıksu Arıtma Tesisi (KAAT).....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Materyal	13
3.1.1. Kullanılan araç-gereçler ve kimyasal malzemeler.....	13
3.2. Yöntem	14
3.2.1. Su örneklerinin alınması	14
3.3. Analizler.....	16
3.3.1. Mikrobiyolojik analizler.....	16
3.3.1.1. Koliform ve E. coli analizi.....	16
3.3.1.2. <i>Clostridium perfringens</i> analizi.....	17
3.3.1.3. Fekal streptokok analizi.....	18
3.3.1.4. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> analizi.....	19
3.3.2. Kimyasal Analizler.....	20
3.3.2.1. NH ₄ ölçümü.....	20

3.3.2.2. NO ₂ ölçümü.....	20
3.3.2.3. NO ₃ ölçümü.....	21
3.3.2.4. PO ₄ ölçümü.....	21
3.3.2.5. İletkenlik, pH ve KOİ ölçümleri.....	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	23
4.1. Mikrobiyolojik Analiz Bulguları.....	23
4.1.1. Koliform ve <i>E.coli</i> bulguları.....	23
4.1.2. <i>Clostridium perfringens</i> bulguları.....	24
4.1.3. Enterekok bulguları.....	25
4.1.4. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> bulguları.....	26
4.2. Kimyasal Analiz Bulguları.....	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	31
KAYNAKLAR	35
ÖZGEÇMİŞ	39

KISALTMALAR

AAT	: Atıksu arıtım tesisi
AATUT	: Atıksu Arıtım Teknik Usuller Tebliği
AB	: Acetamide Broth
AKM	: Askıda katı madde
BOİ	: Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
CCA	: Chromocult Coliform Agar
<i>C. perfringens</i>	: <i>Clostridium perfringens</i>
ÇŞİDB	: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
<i>E. coli</i>	: <i>Escherichia coli</i>
E.N.	: Eşdeğer Nüfus
KAAT	: Karaman Atıksu Arıtım Tesisi
KAAY	: Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği
MFS	: Membran Filtrasyon Sistemi
<i>P. aeruginosa</i>	: <i>Pseudomonas aeruginosa</i>
SB	: Slanetz Bartley Agar
SEA	: Safra Eskülin Agar
SSKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TPS	: Tamponlanmış Peptonlu Su
TS EN ISO	: Türk Standartları European Norm International for Standardization Organization.
YEA	: Yeast Extract Agar

SİMGELER

C₂H₅OH	: Etil alkol
Cfu	: Colony-forming unit
dk.	: Dakika
Kob	: Koloni oluşturan birim
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
µl	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre
µS/cm	: Mikrosimens/santimetre
mg/lt	: Miligram/litre
Nm	: Nanometre
NaCl	: Sodyum klorür
NH₃	: Amonyak
NH₄	: Amonyum
NO₂	: Nitrit
NO₃	: Nitrat
pH	: Power of Hydrogen" (hidrojenin gücü)
PO₄	: Fosfat
UV	: Ultraviyole

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Evsel nitelikli atık suların parametreleri.....	3
Tablo 2.1. Kentsel atıksu arıtım tesislerinde ikincil arıtıma ilişkin deşarj limitleri...	11
Tablo 2.2. Kentsel atık su arıtım tesislerinden ileri arıtıma ilişkin deşarj limitleri...	12
Tablo 3.1. Numune tarihleri ve numaraları.....	14
Tablo 4.1. 100 ml numune için Koliform ve <i>E.coli</i> koloni sayıları	23
Tablo 4.2. 100 ml numune için <i>C. perfringens</i> sayıları	24
Tablo 4.3. 100 ml numune için Enterekok koloni sayıları;.....	25
Tablo 4.4. 100 ml numune için <i>P. aeruginosa</i> koloni sayıları;.....	26
Tablo 4.5. Kimyasal parametre ölçümleri	27

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. E. coli'nin taranan elektron mikrografı	6
Şekil 2.2. Sakarya KAAT Tesisi.....	10
Şekil 3.1. a)Steril cam kavanoz b)MFS c)Dilüsyonda kullanılan 15 ml'lik steril santrifüj tüpleri.....	15
Şekil 3.2. Kullanılan besiyerleri a)CCA besiyeri b)m-CP besiyeri c) CN Besiyeri d) SB besiyeri.....	16
Şekil 3.3. Koliform ve E. coli analizi a)E. coli ve koliform içeren petriler b)YEA alınan şüpheli koliformlar c) Oksidaz testi.....	17
Şekil 3.4. C. perfringens analizi a) Anaerobik jar b)Şüpheli C. Perfringens kolonileri c)Doğrulan C. perfringens kolonileri.....	18
Şekil 3.5. Enterekokların analizi a)Şüpheli Enterecocus kolonileri b) SEA besiyeri içeren petri c)SEA besiyerinde hidroliz.....	19
Şekil 3.6. P. aeruginosa analizi a)Floresan ışıktaki şüpheli P. aeruginosa kolonileri b) AB besiyeri c) Amonyak üretimi.....	20
Şekil 3.7. Kimyasal analizler a)Fosfat tayini b)Nitrit tayini c)Amonyum tayini d) Spektrofotometre ölçümü.....	21
Şekil 4.1. Koliform ve E. coli koloni sayıları karşılaştırması grafiği.....	24
Şekil 4.2. C. perfringens koloni sayıları grafiği.....	25
Şekil 4.3. Enterekok koloni sayıları grafiği.....	26
Şekil 4.4. P. aeruginosa koloni sayıları grafiği.....	27
Şekil 4.5. Azotlu bileşiklerin karşılaştırmalı değerleri.....	28
Şekil 4.6. Numunelerin fosfat değer dağılımları.....	29
Şekil 4.7. Numunelerin pH değerleri dağılımları.....	29
Şekil 4.8. Numunelerin elektriksel iletkenlik değerleri dağılımları.....	30
Şekil 4.9. Numunelerin Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerleri dağılımları.....	30

SAKARYA KARAMAN ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SUYUNUN MİKROBİYOLOJİK VE KİMYASAL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, 2021 Ağustos ile 2022 Nisan ayları arasında, MFS kullanılarak, Sakarya Karaman Atıksu Arıtma Tesisi (KAAT) çıkış suyundan alınan 12 adet numunede, mikrobiyolojik kirlilik göstergeleri olan koliform ve fekal koliform olarak *Escherichia coli* (*E.coli*), fekal streptokoklar, *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) ile *Clostridium perfringens* (*C. perfringens*) varlığı araştırılmıştır. Yine aynı numunelerde kimyasal kirlilik göstergeleri olarak Amonyum (NH₄), Nitrat (NO₃), Nitrit (NO₂), Fosfat (PO₄) düzeyleri ile pH, iletkenlik değerleri ölçülmüş, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) sonuçları ise atıksu arıtım tesisinden alınmıştır.

Koliform ve fekal koliform analizi için Chromocult Coliform Agar (CCA) besiyerine konulan filtre kâğıdı 36°C’de 24 saat inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonunda pembemsi kırmızı renkli koloni oluşturanlar şüpheli koliform olarak; koyu mavimenekeş renkli koloni oluşturanlar *E. coli* olarak değerlendirildi. Şüpheli koliform olarak değerlendirilen koloniler daha sonra çizgi ekim yöntemiyle 90 mm çaplı petrilere hazırlanan Yeast Extract Agar (YEA)’a alınarak, 24 saat daha 36 °C’de inkübasyona tabi tutuldu. Koliformlar oksidaz negatif özellik gösterdiğinden, inkübasyon sonunda öze ile üreme bölgesinden oksidaz test çubuklarına örnek alındı. Oksidaz test çubuğunu negatife döndürenler koliform olarak kabul edildi.

Clostridium perfringens analizi için, membran filtrasyon sisteminden geçirilerek anaerobik jarda 42,5°C’de 24 saat bekletilen Membrane Clostridium perfringens Agar (m-CP) besiyerinde üremiş şüpheli *Clostridium perfringens* kolonilerine, doğrulama işlemi için pastör pipeti yardımıyla petrinin kapağına amonyak solüsyonu damlatıldı. 20–30 saniye boyunca amonyum hidroksit buharına maruz bırakıldıktan sonra pembe veya kırmızı renge dönüşen opak sarı kolonilerin sayımı yapıldı.

Enterokokların analizini yapmak için Membran Filtrasyon Sistemi (MFS)’den geçirilerek Slanetz Bartley (SB) besiyerine yerleştirilen filtre kâğıdı, 36°C’lik etüvde 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda SB besiyerinde üreyen şüpheli Enterokok kolonileri içeren filtre kâğıdı, doğrulama işlemi için 60 mm’lik çaplı petrilere hazırlanmış Safra Eskülin Agar (SEA)’a steril pensle yerleştirilerek 42,5°C de 2 saat boyunca inkübe edildi. SEA’da zeytin yeşiline dönüşen koloniler Enterokok kolonileri olarak kabul edildi.

P. aeruginosa analizi için 36°C’de 48 saat inkübasyon sonunda üreme görülen CN besiyerindeki kolonilere önce UV ışık altında bakıldı. UV ışık altında floresan pigment gösteren koloniler, şüpheli *P. aeruginosa* olarak değerlendirilerek YEA’ya çizgi yöntemiyle ekildi ve 24 saat 36°C’de tekrar inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonucunda YEA’daki üreme bölgesinden öze ile alınan örnekler, Acetamide Broth (AB) çözeltisine aktarılarak 36°C’lik etüvde 24 saat boyunca acetamitten amonyak oluşumu için inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonucunda nessler reaktifinden

pastör pipetiyle birkaç damla alınarak AB'li tüplere damlatıldı. Derişime bağlı olarak sarıdan tuğla kırmızısına kadar değişen bir rengin meydana gelmesi amonyak üretiminin pozitif olduğunu gösterdiğinden, *P. aeruginosa*'nın bu test sonucunda petride ve örnekte bulunduğu sonucunu varıldı.

Sulardaki kimyasal kirlilik göstergeleri olan amonyak (NH₄), nitrit (NO₂), nitrat (NO₃) ve fosfat (PO₄) ölçümleri test kitleri yardımıyla spektrofotometrede yapılmıştır. pH ve iletkenlik değerleri pH metre cihazı kullanılarak ölçülmüş olup Kimyasal Oksiyen İhtiyacı (KOİ) değeri ise tesisteki cihazdan temin edilmiştir.

Alınan 12 adet numunenin mikrobiyolojik analizlerinin sonucunda koliform koloni sayısı 474000 (koloni oluşturan birim) kob/100 ml ile 17700 kob/100 ml aralığında; *E. coli* koloni sayısı 180000 kob/100 ml ile 4700 kob/100 ml arasında değiştii görülmüştür. Doğada çok yaygın bulunan ve sporlarının canlılığını uzun süre sürdürebildiği fekal kontaminasyonun göstergesi olan *C. perfringens*'in değerlerinin 2000 kob/100 ml ile 300 kob/100 ml aralığında olduğu tespit edilmiştir. İntestinal enterekokların tespitinde ise bulunan koloni sayıları 60000 kob/100ml ile 4500 kob/100 ml aralığındadır. İnsan için fırsatçı patojen mikroorganizma olan *P. aeruginosa*'nın analiz sonuçlarında ise koloni sayısının 70000 kob/100 ml ile 5000 kob/100 ml aralığında değiştii görülmüştür.

Nutrient maddelerden olan azotlu bileşiklerin ve fosfatın kimyasal ölçümlerde sınır değerlerde olduğu, iletkenlik düzeyinin 966 µS/cm ile 637 µS/cm arasında değiştii görülmüştür. pH değerleri ise en yüksek 7,67; en düşük 6,95 olarak ölçülmüş olup evsel nitelikli atık suların parametre değerlerine uygun aralıkta bulunmuştur. Mikrobiyolojik kirliliğin daha azami seviyelere çekilerek çevre için daha korunaklı bir yapı oluşturulması için ikincil arıtıma ek olarak çeşitli dezenfeksiyon yöntemlerinin kullanılmasının yararlı olabileceği düşünülmektedir.

MICROBIOLOGICAL AND CHEMICAL EVALUATION OF SAKARYA KARAMAN WASTEWATER TREATMENT PLANT EFFLUENT

SUMMARY

Water is one of the most essential substances for the life of living things. Cells, the smallest unit of our life, and most of the events that take place in the tissues formed by the cells and the organs formed by the tissues take place in a liquid environment, the origin of which is water.

About 0.3% of the water resources on earth are usable and drinkable. For this reason, it is of great importance that the water used is recycled and used in drinking, irrigation or industrial activities without harming the environment.

After the waste water is disposed of by sewerage, it is treated by institutions due to water efficiency, and recycling is ensured. These processes also provide a great deal of savings in the use of today's inadequate water resources. In addition, treated wastewater is seen as a resource in agricultural irrigation to feed the ever-increasing urban population.

Poor water purification is linked to the transmission of diseases such as hepatitis A, diarrhea, cholera, typhoid fever, dysentery and polio. Poor sanitation reduces human well-being, economic and social development by causing malnutrition and lost educational opportunities for children due to many neglected diseases, including intestinal worms, schistosomiasis and trachoma.

In our country, plans are being made by the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change in order to reuse domestic and urban treated wastewater as an alternative water source for purposes such as industrial water supply, urban irrigation, agricultural irrigation.

Physical properties such as odor, color, temperature in determining the qualities of domestic wastewater; Chemical properties such as pH, organic compounds, inorganic compounds; Biological features such as bacteria, viruses, protists, algae play a role. Eutrophication may occur in surface waters due to domestic wastewater discharged into the discharge environment without being adequately treated. Insufficient oxygen availability as a result of eutrophication negatively affects the life of aquatic organisms.

In this study, between August 2021 and April 2022, in 12 samples taken from Sakarya Karaman Wastewater Treatment Plant (KAAT) effluent using MFS, microbiological pollution indicators as coliform and fecal coliform, *Escherichia coli* (*E.coli*), fecal streptococci, *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) and *Clostridium perfringens* (*C. perfringens*) were investigated. Again, in the same samples, Ammonium (NH₄), Nitrate (NO₃), Nitrite (NO₂), Phosphate (PO₄) levels as well as pH, conductivity values were measured as chemical pollution indicators, and

Chemical Oxygen Demand (COD) results were obtained from the wastewater treatment plant.

Bacteria used as indicators for faecal contamination of wastewater treated by conventional methods are total and fecal coliform bacteria. Coliform group bacteria are non-spore forming, gram negative, aerobic and facultative aerobes, producing gas and acid from lactose at 36°C in 24-48 hours. In addition to these features, bacteria that are fecal coliform reproduce at 44°C and produce gas and acid from lactose. Although these bacteria are found naturally in the human gut, some subtypes can threaten human health. These diseases are treated with antibiotics.

For coliform and fecal coliform analysis, filter paper placed in Chromocult Coliform Agar (CCA) medium was incubated for 24 hours at 36°C. At the end of incubation, pinkish-red colonies forming suspicious coliforms; dark blue-violet colored colonies were evaluated as *E. coli*. Colonies that were considered as suspicious coliform were then transferred to Yeast Extract Agar (YEA) prepared for 90 mm diameter petri dishes by line sowing method and incubated at 36 °C for another 24 hours. Since the coliforms were oxidase negative, samples were taken from the growth area with loops to the oxidase test rods at the end of the incubation. Those that turned the oxidase test strip negative were considered coliform.

Since *C. perfringens* is a heat-resistant bacterium that can be found in spore form, its detection from water is used as an indicator of fecal pollution. They can survive in waters longer than *E. coli* and Enterococci. Unlike most *Clostridium* species, *C. perfringens* can reproduce anaerobically at 44°C.

For *Clostridium perfringens* analysis, suspected *Clostridium perfringens* colonies grown on Membrane *Clostridium perfringens* Agar (m-CP) medium, which were kept in an anaerobic jar at 42.5°C for 24 hours after being passed through a membrane filtration system, were dripped with ammonia solution on the petri dish with the help of a pasteur pipette for confirmation. Opaque yellow colonies that turned pink or red after exposure to ammonium hydroxide vapor for 20–30 seconds were counted.

All species known as Enterococcus genus are heated to 60°C for 30 minutes. They provide the growth criteria at pH 9.6 and 6.5% sodium chloride (NaCl), which can withstand the main growth at 10°C to 45°C. They live longer than *E. coli* and are more resistant to environmental conditions and chlorination. Enterococci are one of the indicators of fecal contamination in water, such as *E. coli*.

In order to analyze enterococci, filter paper was placed in Slanetz Bartley (SB) medium by passing through Membrane Filtration System (MFS) and incubated for 48 hours in a 36°C oven. As a result of the incubation, filter paper containing suspicious Enterococcal colonies grown in SB medium was placed in Bile Esculin Agar (SEA) prepared in 60 mm diameter petri dishes with sterile forceps and incubated at 42.5°C for 2 hours. Colonies that turned olive green in SEA were considered Enterococcal colonies.

P. aeruginosa is among the facultatively multiplying bacteria classified as gram negative. It has the ability to oxidize some carbohydrates, such as galactose, but cannot ferment it. Although the optimum growth temperature is 36°C, it has been observed that this temperature can be up to 41°C in the laboratory environment.

For the analysis of *P. aeruginosa*, colonies on CN medium that showed growth after 48 hours of incubation at 36°C were first examined under UV light. Colonies that showed fluorescent pigment under UV light were evaluated as suspicious *P. aeruginosa* and seeded on YEA by streaking method and incubated again at 36°C for 24 hours. As a result of the incubation, the samples taken from the growth area in YEA were transferred to Acetamide Broth (AB) solution and incubated for 24 hours in a 36°C oven for the formation of ammonia from acetamide. At the end of the incubation, a few drops of Nesler's reagent were taken with a pasteur pipette and dropped into tubes with AB. It was concluded that *P. aeruginosa* was found in the petri dish and the sample as a result of this test, since a color ranging from yellow to brick red depending on the concentration indicates positive ammonia production.

Measurements of ammonia (NH₄), nitrite (NO₂), nitrate (NO₃) and phosphate (PO₄), which are indicators of chemical pollution in water, were made in a spectrophotometer with the help of test kits. The pH and conductivity values were measured using a pH meter device, and the Chemical Oxygen Demand (COD) value was obtained from the device in the facility.

As a result of microbiological analysis of 12 samples taken, the number of coliform colonies ranged from 474000 (colony forming unit) cfu/100 ml to 17700 cfu/100 ml; It was observed that the number of *E. coli* colonies varied between 180000 cfu/100 ml and 4700 cfu/100 ml. It has been determined that the values of *C. perfringens*, which is very common in nature and is an indicator of fecal contamination, whose spores can sustain their viability for a long time, are between 2000 cfu/100 ml and 300 cfu/100 ml. Colony numbers in the detection of intestinal enterococci range from 60000 cfu/100 ml to 4500 cfu/100 ml. In the analysis results of *P. aeruginosa*, which is an opportunistic pathogenic microorganism for humans, it was observed that the number of colonies varied between 70000 cfu/100 ml and 5000 cfu/100 ml.

It has been observed that nitrogenous compounds and phosphate, which are nutrient substances, are at limit values in chemical measurements, and the conductivity level varies between 966 µS/cm and 637 µS/cm. The highest pH values are 7.67; the lowest was measured as 6.95 and it was found in the appropriate range for the parameter values of domestic wastewater. It is thought that it may be useful to use various disinfection methods in addition to secondary treatment in order to know how to create a more sheltered structure for the environment by maximizing microbiological pollution.

1. GİRİŞ

Canlıların yaşamları için gerekli olan maddelerin en başında su gelir. Yeryüzündeki su birikintilerinin oranı %70'den fazladır. İnsan vücudunda ise yaklaşık %70 kadar su bulunur. Canlılığımızın en küçük birimi olan hücre ve hücrelerin oluşturduğu dokuların ve dokuların oluşturduğu organların içerisinde gerçekleşen olayların çoğu, aslı su olan sıvı bir ortamda gerçekleşir. Bundan dolayı su canlılar için vazgeçilmez bir maddedir [1].

Suyun içinde bulunabilecek pek çok zararlı bakterinin bulaşıcı hastalıklara yol açabilmesi ve bu hastalıkların tedavisinde kullanılacak antibiyotiklere karşı oluşacak direncin bireyler arasında yayılmasının önlenmesinde, su hijyeninin sürekliliğinin büyük önemi vardır [2].

Yeryüzündeki su kaynaklarının yaklaşık % 0.3'ü kullanılabilir ve içilebilir özelliktedir. Bu nedenle kullanılan suyun çevreye zararsız olarak geri kazanımla içmede, sulamada veya endüstriyel faaliyetlerde kullanılması, küresel iklim değişikliğinin yaşandığı günümüzde büyük önem arz etmektedir. Ev, iş yerleri, kurumlar ve fabrika gibi yerlerde kullanıldıktan sonra arta kalan yani boşaltılan atık sular, kanalizasyonla bertaraf edildikten sonra su verimliliği gereği kurumlarda arıtıma tabi tutularak geri kazanım sağlanmaktadır. Bu işlemler de günümüzün yetersiz su kaynaklarının kullanımında büyük ölçüde tasarruf sağlamaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) 2019 yılında yaptığı açıklamaya göre 2017'de dünya nüfusunun %45'i (3,4 milyar kişi) güvenli bir şekilde yönetilmiş su arındırma hizmeti almış durumdadır. Küresel nüfusun ise %31'i (2,4 milyar kişi), atık suyun arıtıldığı kanalizasyona bağlı özel sanitasyon tesislerini kullanmış olup buna rağmen 2,0 milyar insan hala tuvalet gibi temel hijyen altyapısına erişememektedir [3].

Kırsal kesimlerdeki su kullanım oranı şehir merkezindeki kullanım oranlarından çok daha düşüktür. Eldeki verilere göre, kentteki evsel atık sular, gelişmekte olan ülkelerde kısmen arıtılmış olarak veya arıtılmadan doğrudan dereler, nehirler ve göller gibi su kaynaklarına deşarj edildiği görülmektedir. Ayrıca arıtılmış atık sular

sürekli artan kentsel nüfusu beslemek için, tarımsal sulamada kaynak olarak görülmektedir.

Yine DSÖ'ye göre atık suyla sulanan gıdaları tüketen nüfusun en az %10 olduğu düşünülmektedir. Çoğunlukla arıtılmamış kentsel atık sularla sulanan kentsel alanların çevresindeki ekili alanların yaklaşık 36 milyon hektar olduğu tahmin edilmektedir ki bu büyüklük Almanya'nın toprak büyüklüğüne eşdeğerdir. Temizliğin kötü olması, hepatit A, ishal, kolera, tifo, dizanteri ve çocuk felci gibi hastalıkların bulaşmasıyla bağlantılıdır. Sanitasyonun yetersizliği bağırsak solucanları, şistozomiyaz ve trahom dahil olmak üzere ihmal edilen birçok hastalık yüzünden çocukların eğitim fırsatlarının kaybolmasına, yetersiz beslenmeye sebep olarak insan refahını, ekonomik ve sosyal gelişmeyi azaltır [3].

Ülkemizde de evsel ve kentsel arıtılmış atık suların alternatif bir su kaynağı olarak endüstriyel su sağlama, kentsel amaçlı sulama, tarımsal sulama gibi amaçlarla tekrar kullanılması amacıyla Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nca (ÇŞİDB) planlamalar yapılmaktadır. Evsel ve kentsel atık suyun bir su kaynağı olarak değerlendirilmesi amacıyla 11. Kalkınma Planı'nda, atık suların yeniden kullanılması oranının % 3,2 den, 2023 yılında, % 5'e çıkarılması hedeflenmektedir. Bu hedefe ulaşabilmek için mevcut mevzuatta yenilenme çalışması yapılmaktadır.

2872 sayılı Çevre Kanunu'na dayanılarak çıkarılan ve 31.12.2004 tarihli 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne (SKKY) göre ülkemizde atıksu altyapı tesislerinin tamamlanmasından belediyeler sorumludur. Nüfusu 50.000'den büyük olan belediyeler atıksu bertarafı ile ilgili hizmetleri karşılayabilir durumda olduklarından ve 2003 yılından bugüne kadar yapılan atıksu altyapı yatırımlarının oranında hızlı bir artış olmuştur [4].

SKKY'ne göre evsel nitelikli atık sular (Sınıf 4:Kirlilik Yükü Ham Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı Olarak 6000 kg/G'den büyük, Nüfus>100.000 için parametreler Tablo 1.1'de verilmiştir [5].

Bu yönetmeliğe göre 2 saatlik kompozit numunenin Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) 120 mg/L, pH ise 6 ile 9 birim arasında; 24 saatlik kompozit numunenin KOİ 90 mg/L, pH ise yine 6 ile 9 birim arasında olmalıdır.

Tablo 1.1. Evsel nitelikli atık suların parametreleri.

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) (Çözünmüş)	(mg/L)	40	35
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	120	90
Askıda Katı Madde (AKM)	(mg/L)	40	25
pH	-	6-9	6-9

Bu çalışmanın amacı; Sakarya iline ait KAAT'de arıtılan suyun çıkış ünitesinden alınan numunede, mikrobiyolojik yük göstergelerinden toplam koliform, fekal koliform olan *E. coli*, *P. aeruginosa*, fekal streptokok (enterekoklar) ve *C. perfringens* varlığı saptanacak ayrıca kimyasal kirlilik göstergeleri olan NH₄, NO₂, NO₃ ve PO₄ ölçümleri ile pH, iletkenlik ve KOİ değerleri ölçülerek suyun kalitesi araştırılacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Atık Sularda Kirlilik

Evsel atık sular; köy, kasaba ve şehirlerde insanların günlük hayatında yaptığı çeşitli faaliyetler sonucu kanalizasyon çıkışlarına verilen mutfak, tuvalet banyo atık sularıdır. Evsel atık suların niteliklerinin belirlenmesinde koku, renk, sıcaklık gibi fiziksel özellikler; pH, organik bileşikler, inorganik bileşikler gibi kimyasal özellikler; bakteriler, virüsler, protistler, algler gibi biyolojik özellikler rol oynar.

Sudaki mikro ve makro canlıların gelişim ve büyüme evresi için azot (N), fosfor (P) ve karbon (C) gibi besin maddelerine ihtiyaç olmasına karşın, azot ve fosfor yoğunluğunun dereler, akarsular ve göller gibi yüzey sularında fazla miktarda olması ekosistemi olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle alıcı ortama verilen atık suların ortama deşarj edilmeden önce arıtılması gerekmektedir [6].

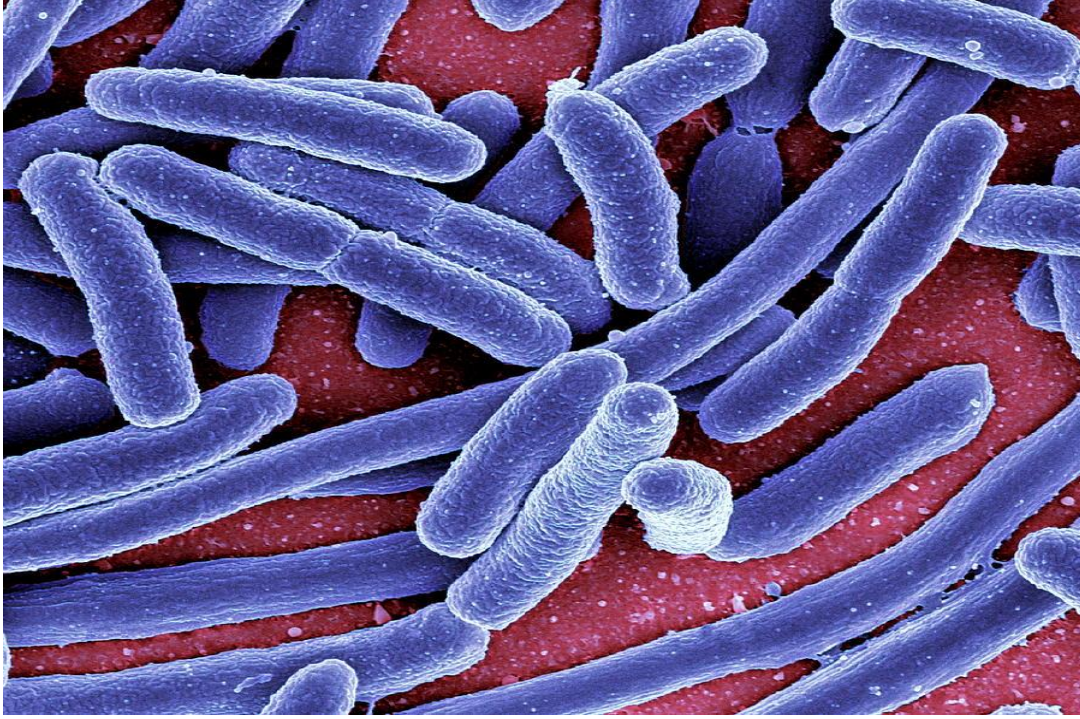
Yeterince arıtılmadan deşarj ortamına verilen evsel atık sular nedeniyle yüzey sularında ötrifikasyon oluşabilir. Ötrifikasyon sonucunda yetersiz oksijen varlığı suda yaşayan canlıların yaşamını olumsuz yönde etkiler.

2.2. Biyolojik Parametreler

2.2.1. Koliformlar ve fekal koliformlar

Omurgalı canlılarda su kaynaklı bulaşıcı hastalıklara sebep olan ciddi durumlardan biri de arıtılmış/arıtılmamış atık sularda salınan patojenlerdir [7]. Antibiyotik direncinin oluşmasında çevrenin etkisi son zamanlarda etkili olan konulardan biridir [8]. Gelişmekte olan ülkelerin çoğunda atık su rafinajı düşüktür ve insan sağlığı için tehlikeli olan ishal, kolera, tifo ve parazitlerden kaynaklanan çeşitli tehlikeler oluşturur. Bu nedenle kötü yönetilen atık su arıtmaları, banyo yapmak, içme suyu veya gıda yetiştirmek için kullanıldığında antibiyotiğe dirençli bakterilerin yayılmasına da yardımcı olur. Antibiyotik direnci oluşturan bakterilerin tehdidini azaltmak için atık suların, geliştirilmiş bir arıtılma ve dezenfeksiyon prosesleri ile desteklenmesi gerekmektedir [9,10].

Geleneksel yöntemlerle arıtılmış atık suyun fekal kontaminasyonu için gösterge olarak kullanılan bakteriler toplam ve fekal koliform bakterilerdir[11]. Koliform grup bakteriler spor oluşturmeyen, gram negatif, aerob ve fakültatif aerob, 24-48 saatte 36°C’de laktozdan gaz ve asit üreten bakterilerdir. Fekal koliform olan bakteriler bu özelliklerin yanında 44°C’de de çoğalarak yine laktozdan gaz ve asit üretir[12]. Dışkı kaynaklı bir koliform olan *E. coli*, pediyatrist ve bakteriyolog olan Theodor Escherich tarafından bebek gaitalarında bulunmuştur ve adını "kalın bağırsaktan" anlamına gelen ‘coli’ sözcüğünden almaktadır[13]. Bu bakterilerden insan bağırsağında doğal olarak bulunmasına rağmen bazı alt tipleri insan sağlığını tehdit edebilir. Oluşan bu hastalıkların tedavisi antibiyotikler aracılığıyla gerçekleşir.



Şekil 2.1. *E. Coli*'nin taranan elektron mikrografı [14].

2.2.2. Fekal streptokoklar

Enterococcus cinsi olarak bilinen tüm türler 60°C ye 30 dk. dayanabilen esas üremesini 10°C ile 45°C de gerçekleştiren pH 9.6’da ve %6.5 Sodyum klorür (NaCl) de üreme ölçütlerini sağlarlar. *E. coli*’den daha uzun yaşarlar ve çevresel koşullara ve klorlama işlemine karşı daha dayanıklıdır [12]. Enterokoklar, *E. coli* gibi sudaki fekal kirlilik göstergelerinden biridir. Enterokoklar ve antimikrobiyaller idrar ve dışkıyla atılır ve kentleşmiş gelişmiş ülkelerde bu atıkların çoğu, yüzey sularına deşarj edilmeden önce AAT'lere taşınır ve burada arıtılır [15]. Hocquet ve

arkadaşlarının yaptıkları çalışmada topluluk atık kaynaklarında, atık su arıtma tesislerinde ve hastane atık sularındaki enterekokların varlığı karşılaştırmalı olarak ortaya konmuş ve vankomisin direnci yaygınlığının son yıllarda arttığı görülmüştür [16].

2.2.3. *Pseudomonas aeruginosa*

P. aeruginosa gram negatif olarak sınıflandırılan fakültatif çoğalan bakteriler arasındadır. Galaktoz gibi bazı karbonhidratları oksitleme yeteneğine sahiptir ama fermente edemez. Optimum çoğalma sıcaklığı 36°C olmasına rağmen laboratuvar ortamında bu sıcaklığın 41°C ye kadar olabileceği gözlemlenmiştir [17]. Evsel atık su tesislerinden *Pseudomonas*'ın uzaklaştırılması ile ilgili yapılan bir çalışmada mikro alg etkisiyle bakterinin uzaklaştırıldığı gözlemlenmiş olup, *E.coli*'nin uzaklaştırılmasının ise mikroalg-bakteri birlikteliğinde daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır [18]. Algler oksijen üreteçleri görevi görür ve bakteriler bu alg oksijenini biyokimyasal oksijen ihtiyacı için kullanır ve bakteri tarafından üretilen karbondioksit algler tarafından sabitlenir [19]. Bir atık su arıtma tesisinin rolü, nitrojen bakımından zengin giriş suyunu, yan ürünü olarak katı çamurla birlikte, nitrojen yönünden fakir yani 'temiz' çıkış suyuna dönüştürmektir. Bu süreçlerde nitrifikasyon ve denitrifikasyon işlemleri gerçekleşir. Denitrifikasyon, genellikle isteğe bağlı bir özelliktir ve elektron alıcısı olarak oksitlenmiş nitrojen bileşiklerini (oksijen yerine) kullanabilen çeşitli solunum bakterileri tarafından gerçekleştirilir. *Pseudomonas*, tipik denitrifiye edici bakterilerden biridir [20].

2.2.4. *Clostridium perfringens*

C. perfringens sıcaklığa karşı dayanıklı spor formunda bulunabilen bir bakteri olduğundan sulardan tespit edilmesi fekal kirliliğin göstergesi olarak kullanılır. *E. coli* ve Enterekoklardan daha uzun süre sularda varlığı sürdürebilirler. *Clostridium* türlerinin pek çoğunun aksine *C. perfringens* 44°C'de anaerob olarak üreyebilir[12]. Yapılan bir çalışmada bu bakterinin su kalitesi göstergesi olarak kullanılması tavsiye edilirken, atık sudaki *C. perfringens* konsantrasyonlarının klorlama da dahil olmak üzere arıtma işlemleriyle kayda değer ölçüde azalmadığı vurgulanmış, atık su tesislerinin verimli çalışıp çalışmadığının değerlendirilmesi açısından fekal koliformların *C. perfringens*' e oranının ölçülmesi önemli görülmüştür [21].

2.3. Kimyasal Parametreler

2.3.1. NH₄

Atık suların biyolojik arıtımında azot yoğunluğunun bilinmesi gereklidir. Suyun azot miktarı az ise, arıtım için dışarıdan azot ilavesi gerekebilir. Azotlu bileşiklerden olan amonyak suda organik ve inorganik maddelerin parçalanmasından, hayvan ve bitkilerin artıklarından, azotun indirgenmiş hali olarak çözülmüş oksijenin az olduğu ortamlarda bulunur[22]. Amonyum en önemli su kirliliği parametrelerinden biridir. Gübreler, insan ve hayvan atıkları endüstriyel atıklar en önemli amonyum kirlilik kaynaklarıdır. Sudaki serbest amonyak; suyun sıcaklığına ve pH değerine bağlı olarak toplam amonyum değerinin belli bir oranıdır.

2.3.2. NO₂

Amonyumun nitrata çevriminde ara ürün olarak oluşur. Ortamda oksijen varsa nitrata yükseltgenir. İndirgeyicilerin olduğu ortamda da azot gazına indirgenir. Nitrit, oksijenle zenginleştirilmiş ortamda nitrata oksitlenebildiğinden, evsel atık sularda genellikle önemli konsantrasyonlarda bulunmaz [23].

2.3.3. NO₃

Önemli bir bitki besin maddesi olan NO₃ çevrede doğal olarak bulunur. Azot döngüsünün bir parçasıdır ve tüm bitkilerde değişen yoğunluklarda bulunur. Nitrat, tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübrelerin aşırı kullanımının bir sonucu olarak, atık suların atılmasından ve insan ile diğer hayvan dışkılarındaki azotlu atık ürünlerin yükseltgenmesinden dolayı hem yüzey suyuna hem de yeraltı suyuna ulaşabilir. Yüzey suyu nitrat yoğunluğu gübrenin yüzey akışı, fitoplankton tarafından alınması ve bakteriler tarafından denitrifikasyon nedeniyle hızla değişebilir.

Nitratlar temel bitki besin kaynağı olmasına karşın fazlası önemli su kalite problemlerine yol açar. Fosforla birlikte aşırı miktarda bulunan nitratlar, ötrifikasyonu hızlandırarak sularda yaşayan hayvan ve bitki türlerinde değişikliğe ve bitki yığınlığında artmaya sebep olarak sudaki çözülmüş oksijen seviyeleri, sıcaklık ve diğer göstergeleri etkilemektedir. Düşük oksijen konsantrasyonları sıcakkanlı hayvanlarda zehirli etki yapabilmektedir.

2.3.4. PO₄

Pek çok tatlı su ve çoğu kıyı deniz ekosisteminin su kalitesinde iyileştirmeler yapmak için, o ekosisteme ulaşan nitrojen ve fosfor girişlerinin azaltılması gerekir.

Fosfor düzeyleri ayrıca gübre kullanımının yanı sıra evsel ve endüstriyel atık sularından dolayı da önemli ölçüde artmıştır[24]. Evsel atık suları önemli ölçüde fosfor yükü varken tekstil, gübre ve kağıt fabrikası atık sularında fosfor düzeyi orta seviyededir[25]. Atık suların biyolojik olarak arıtılması, azot ve organik karbonun çoğunu azaltırken fosforun giderilmesinde sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle ileri atık su arıtımlarında fosforun zararını azaltmak için genellikle arıtım sonrası usullerin uygulanması gerekir [26].

2.3.5. pH

Latince “potentia hydrogenii”, İngilizce ‘Power of Hydrogen’ olarak adlandırılan ve pH olarak kısaltılan çözeltideki hidrojen gücü, atık suların arıtılması işleminde geçerli olan önemli parametrelerden biridir. Suların verimliliğinde asitlik ve alkalilik etkili olup, asit karakterdeki suların verimliliğinin düşük, alkali karakterdeki suların ise daha verimli olduğu bilinmektedir. Buldukları ortamın pH değişikliklerine göre sucul canlıların farklı komüniteler oluşturdukları ve pH 5-9 değerlerine en elverişli derecede uyum sağladıkları bilinmektedir [27].

Suyun alkalilik değeri yani pH değeri yükseldikçe, sudaki NH_4 ve Amonyak (NH_3) ikilisinden, amonyuma göre çok daha zehirli olan amonyakın miktarı yükselir. Evsel nitelikli atık suların alıcı ortama deşarj standartlarında pH değeri 6 ile 9 arasında olması gerekmektedir [5].

2.3.6. İletkenlik

Elektrik akımını iletme özelliğinin ölçüsü elektriksel iletkenliktir. Sulardaki iletkenlik ise çözünmüş negatif veya pozitif iyonların bulunmasından etkilenmektedir. Tuz konsantrasyonu, suda iletkenliğin artmasına yol açar [28]. Elektriksel iletkenlik, kirliliğin izlenmesi ve değerlendirilmesinde parametrelerden biri olarak kullanılır. Atık sularda iletkenlik değerinde meydana gelecek ani değişiklikler kirlilik olarak değerlendirilir. Sudaki çözünmüş oksijenle de ters orantı halindedir. Yani iletkenlik ne kadar yükselirse sudaki çözünmüş oksijen oranı o kadar azalır [29].

2.3.7. KOİ

KOİ, suların veya atık suların içinde bulunan organik maddelerin o suyu ne kadar kirlettiğini belirten en önemli kirlilik parametrelerinden biridir. KOİ, atık sularda ne kadar organik madde bulunduğunu belirlemek amacı ile yapılır. Numunedeki organik

maddeler kimyasal maddelerle oksidasyona uğrayarak su ve karbondioksite dönüşür. Bu oksidasyon sırasında kullanılan oksijen, o numunenin KOİ değerini belirler. KOİ değeri belirlenirken sudaki mikroorganizmaların organik maddeleri parçalaması göz önüne alınmaz [30].

2.4. Sakarya ili Karaman Atıksu Arıtma Tesisi (KAAT)

Tesis 2003 yılında faaliyete girmiş olup, Sakarya ilinin Adapazarı, Erenler, Serdivan, Arifiye, Sapanca ilçelerinden gelen evsel nitelikli atık sular arıtılmaktadır. Tesis Şekil 2.2.'de görüldüğü gibi 'Uzun Havalandırmalı Aktif Çamur Sistemi' ile işletilmekte, biyolojik arıtım için havuz sistemindeki bakterilere oksijen girişi sağlanmaktadır.



Şekil 2.2. Sakarya KAAT [31].

Tesisin belirlenen bölgelerinden alınan numuneler analiz edilip, Eşdeğer Nüfusa (E.N.) göre, Tablo 2.1.'de verilen Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY) 'Kentsel Atıksu Arıtım Tesislerinden İkincil Arıtıma İlişkin Deşarj Limitleri' ve Tablo 2.2.'de verilen 'Kentsel Atıksu Arıtım Tesislerinden İleri Arıtıma İlişkin

Deşarj Limitleri'nde belirtilen standart sınır değerlerin altında artırılmış olan atıksu, alıcı ortam olan ark Deresi'ne deşarj edilmektedir. Tesis deşarj yapısında bulunan kabin içerisine kurulan sistemde yer alan proplar vasıtasıyla çıkış suyu kalitesi 24 saat analiz edilmektedir. Analiz sonuçları ve ölçüm değerleri (iletkenlik, pH, sıcaklık, znm oksijen, debi, akış hızı) sürekli olarak izlenmekte ve 5 dakikalık periyotlarla çşİDB'ye gönderilmektedir [31,32].

Biyolojik arıtma tesisi, yüksek oksijen varlığında mikroorganizmaların büyük oranda çoğalarak, doğal olarak kirletici olan organik maddelerin parçalanarak giderilmesi prensibiyle işletilir. Aktif amur olarak adlandırılan bakteri kütlesi, mikro-organik kolonilerin kolay çökelebilir floklar hlinde toplanmasından oluşur. Bu sayede artırılmış sudan ayrılar ve tekrar tesise getirilen arıtılacak sulara geri verilebilir. Uzun havalandırma olarak adlandırılan sürecin farkı, havalandırmanın uzun süreli oluşudur. Bu sayede arıtma veriminde % 95'e kadar artış meydana gelerek aktif çamurun oluşumunun daha iyi kontrol edilmesi gibi birçok avantaj elde edilir. Sonuç olarak atılacak çamur miktarı çok düşer [33].

Tablo 2.1. Kentsel atık su arıtım tesislerinden ikincil arıtıma ilişkin deşarj limitleri.

Parametreler	Konsantrasyon (mg/l)	Minimum arıtma verimi(%)	Referans lm metodu
Nitrifikasyonsuz Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (20°C'de BOİ ₅)	25	70-90 40 Madde 8 (c)	Homojen, filtre edilmemiş, keltilmemiş ham rnek. Tamamen karanlık ortamda 20°C ±1°C'de beş günlük inkübasyondan önce ve sonra znm oksijenin llmesi. Bir nitrifikasyon inhibitörünün ilavesi
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	125	75	Homojen, filtre edilmemiş, keltilmemiş ham örnek. potasyum dikromat yöntemi.
	35	90 ²	
Toplam askıda katı madde (TAKM)	35 Madde 8 (c) (10000 E.N.'den fazla)	90 Madde 8 (c) (10000 E.N.'den fazla)	-Temsili rneğin 0,45 µm membran ile filtrasyonu. 105 °C'de kurutulması ve tartılması.
	60 Madde 8 (c) (2000-10000E.N.)	70 Madde 8 (c) (2000-10000 E.N.)	-Temsili rneğin santrifüj edilmesi (ortalama 2800- 3200 g.lık ivme ile en az beş dakika kadar),105 °C'de kurutulması ve tartılması.

Tablo 2.2. Kentsel atık su arıtım tesislerinden ileri arıtıma ilişkin deşarj limitleri.

Parametreler	Konsantrasyon	Minimum arıtma verimi(%)	Referans Ölçüm Metodu
Toplam fosfor	2 mg/l P (10000-100000 E.N.) 1 mg/l P (100 000 E.N.'den fazla)	80	Moleküler absorpsiyon spektrofotometre
Toplam azot	15 mg/l N (10000-100000 E.N.) 10 mg/l N (100 000 E.N.'den fazla)	70-80	Moleküler absorpsiyon spektrofotometre

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada, Sakarya KAAT atık su deşarj ünitesinden, Ağustos 2021 ile Nisan 2022 ayları arasında, yağmursuz günlerde ayda 2 kere olmak üzere, periyodik aralıklarla, su deşarj kısmından steril şişelere örnekler alınarak, saklama koşullarına uygun bir şekilde soğuk zincirde mikrobiyoloji ve kimya laboratuvarlarına getirilerek aynı gün içerisinde gerekli deneysel çalışmalar yapılmıştır.

3.1.1. Kullanılan araç-gereçler ve kimyasal malzemeler

Çalışmada kullanılan başlıca ekipmanlar, steril edilmiş cam kavanoz, Orlab marka 11 litrelik soğuk taşıma çantası, Turbo Torch markalı pürmüz, Sartorius Stedim Biontech markalı Membran Filtrasyon Sistemi (MFS), Neogen marka tamponlanmış peptonlu su (TPS), Merck marka Chromocult Coliform Agar (CCA), Merck marka Yeast Extract Agar (YEA), Biolife marka Slanetz Bartley (SB) agar, Biolife marka safra eskülin agar (SEA), Biolife marka Pseudomonas Agar Base (CN), Biolife marka Membrane Clostridium perfringens Agar Base (m-CP), Binder marka 42,5 °C'ye ayarlanmış etüv, Nüve EN 120 marka 36°C'ye ayarlanmış etüv, Mikrotest marka 36°C'ye ayarlanmış etüv, Thermo marka 2,5 litrelik anaerobik ped, Merck marka 2,5 litrelik anaerobik jar, 4W/366 nanometrelik Merck marka Mikrobiyoloji Ultraviyole (UV) lamba, Laborlar Biyoteknoloji marka Acetamide Broth(AB), Carlo Erba marka Nessler reaktifi, Merck marka 2,5 litre amonyak solüsyonu, 3 ml'lik Pastör pipeti, MDİ marka 0,45 mikrometrelik (μm) filtre kâğıdı, Fıratmed marka 60 mm çaplı steril petri kapları, Fıratmed marka 90 mm çaplı steril petri kapları, tıbbi kullanım amaçlı % 96'lık Etil Alkol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), Dolphin Marka pudrasız vinil eldiven, Orlab marka mavi renkli 20 adetlik 10 mikrolitrelik (μl) Disposable Plastik Öze, Chembio marka 50 adetlik oksidaz test çubuğu, Tarsons marka 15 ml'lik steril santrifüj tüpü, Hach Lange DR/6000 marka spektrofotometre, Hach Lange DR72010 marka spektrofotometre, WTW pH/Cond 720 marka pH metre cihazı, Matriks marka test kitleri, Hach marka test kitleri.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada Sakarya ili Adapazarı ilçesine bağlı KAAT'den 2021 yılı Ağustos ayından 2022 yılı Nisan ayına kadar belirli aralıklarla, numune alma kurallarına dikkat edilerek alınan çıkış suyu örneklerinde, mikrobiyolojik yük göstergelerinden toplam koliform, fekal koliform olarak *E. coli*, *P. aeruginosa*, fekal streptokok (Enterekoklar) ve *C. perfringens* varlığı ve kimyasal kirlilik göstergeleri olan NH₄, NO₂, NO₃ ve PO₄ ölçümleri ile arıtılan suyun pH, iletkenlik ve KOİ değerleri ölçülmüştür.

3.2.1. Su örneklerinin alınması

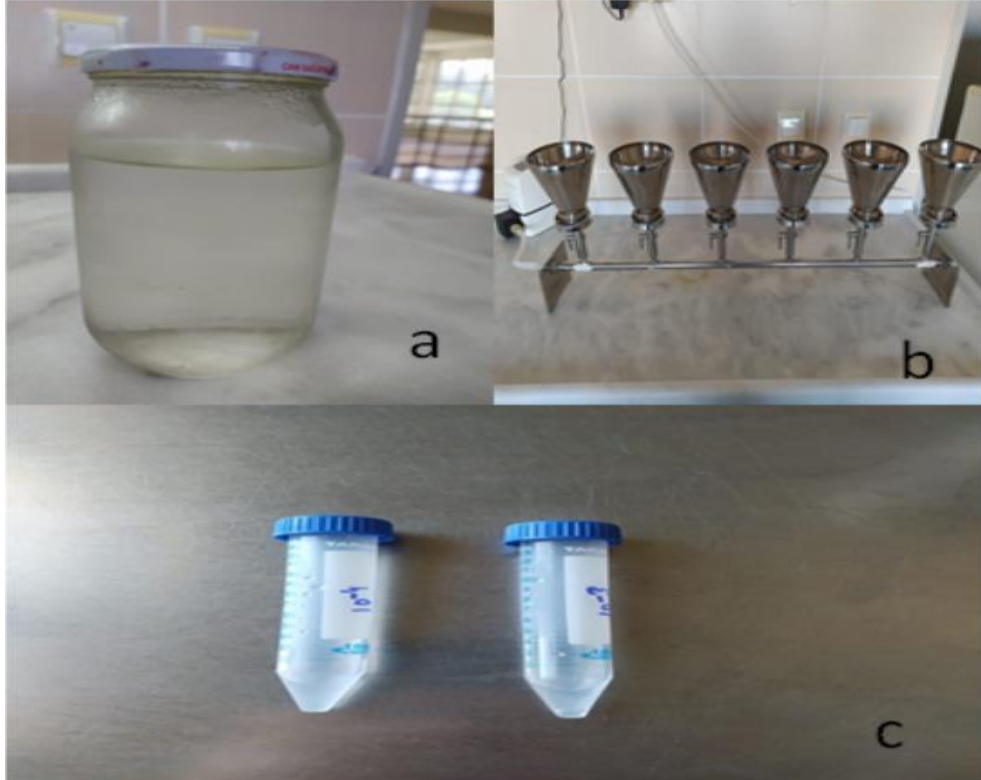
Bu amaçla çıkış suyu numunesi, Şekil 3.1.a'da gösterilen 121°C de 15 dk. steril edilmiş cam şişeye alınmış, soğuk zincir kurallarına uygun bir şekilde laboratuvara getirilerek gerekli mikrobiyolojik ve kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir. Toplamda on iki adet numune alınmış olup, numunelerin tarihleri ve numune numaraları Tablo 3.1.'de gösterilmiştir. Mikrobiyolojik analizler için numune 100 ml miktarla ekime başlanıp 10⁻⁴'e kadar TPS ile Şekil 3.1.c'de gösterilen 15 ml'lik steril santrifüj tüplerinde seyreltilmiş olarak, por büyüklüğü 0.45 µm olan selüloz nitrat filtrelerden MFS (Şekil 3.1.b) yardımıyla vakum yoluyla süzölmüştür. Filtreler hava kalmayacak biçimde steril pensle, sırasıyla Şekil 3.2.'de gösterilen CCA, SB, CN ve m-CP agar içeren 60 mm çaplı petrilere yerleştirilmiştir.

Tablo 3.1. Numune tarihleri ve numaraları.

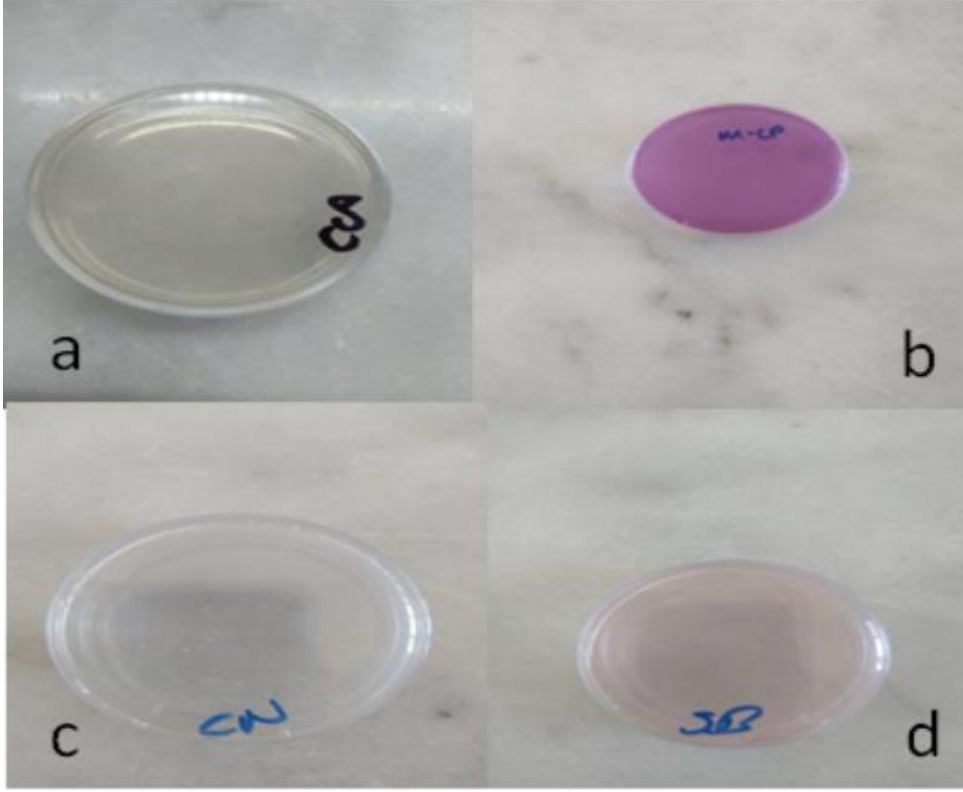
Tarih	Numune Numaraları
05.08.2021	1
23.08.2021	2
07.09.2021	3
22.09.2021	4
05.10.2021	5
20.10.2021	6
03.11.2021	7
24.11.2021	8
09.02.2022	9
01.03.2022	10

Tablo 3.1. (Devamı) Numune tarihleri ve numaraları.

Tarih	Numune Numaraları
05.08.2021	1
23.08.2021	2
07.09.2021	3
22.09.2021	4
05.10.2021	5
20.10.2021	6
03.11.2021	7
24.11.2021	8
09.02.2022	9
01.03.2022	10
16.03.2022	11
20.04.2022	12



Şekil 3.1. a)Steril cam kavanoz b)MFS c)Dilüsyonda kullanılan 15 ml'lik steril santrifüj tüpleri.



Şekil 3.2. Kullanılan besiyerleri a)CCA besiyeri b) m-CP besiyeri c) CN besiyeri d) SB besiyeri.

3.3. Analizler

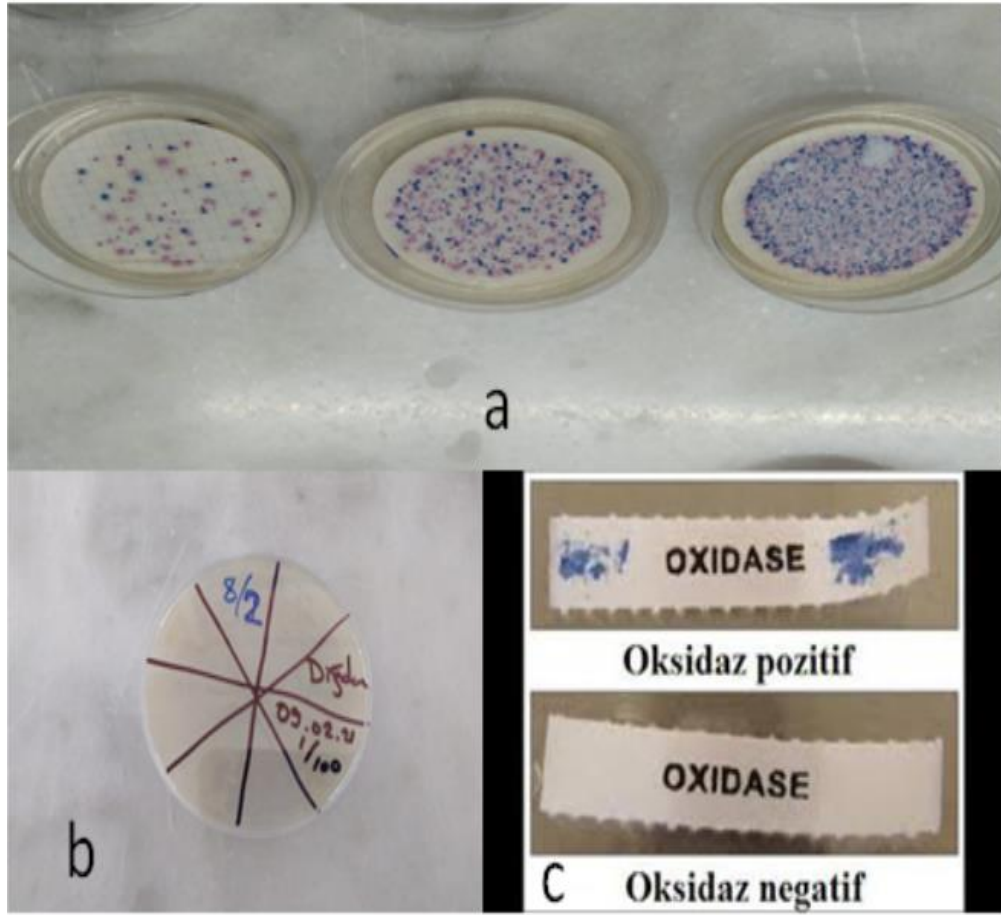
3.3.1. Mikrobiyolojik analizler

3.3.1.1. Koliform ve *E. coli* analizi

Koliform ve fekal koliform üremesi için CCA besiyerine konulan filtre kâğıdı Türk Standartları (European Norm) International Organization for Standardization 9308-1 yöntemine göre (TS EN ISO 9308-1) 36°C'de 24 saat inkübasyona bırakıldı. Şekil 3.3.2.1.a'da görüldüğü gibi inkübasyon sonunda pembemsi kırmızı renkli koloni oluşturanlar şüpheli koliform olarak; koyu mavi-menekşe renkli koloni oluşturanlar *E. coli* olarak değerlendirildi. Şüpheli koliform olarak değerlendirilen koloniler daha sonra çizgi ekim yöntemiyle 90 mm çaplı petrilere hazırlanan YEA'a alınarak, 24 saat daha 36 °C'de inkübasyona tabi tutuldu. (Şekil 3.3.2.1.b) Koliformlar oksidaz negatif özellik gösterdiğinden, inkübasyon sonunda öze ile üreme bölgesinden oksidaz test çubuklarına örnek alındı. Oksidaz test çubuğunu negatife döndürenler koliform olarak kabul edildi.

β -D-galactosidase enzimi koliform grup bakteriler için karakteristiktir ve CCA besiyerinde bulunan Salmon-GAL (LacZ genini kodlayan β -galaktosidaz aktivitesini

tespit edebilen alternatif bir kromojenik substrat) kromojenik substratını parçalayarak koliform bakterilerin pembemsi kırmızı koloni oluşturmasını sağlar. Besiyerinde bulunan diğer substrat olan X-Glucuronide substratı (5-bromo-4-chloro-3-indolyl β -D-glucoronide (XGLUC)) ise *E. coli* için karakteristik olan β -D-Glucuronidase enzimi tarafından parçalanır. Böylece *E. coli* koliform bakteri olarak Salmon-GAL'i parçalaması yanında X-Glucuronide substratını da parçalayarak diğer koliform bakterilerden koyu mavi-menekşe renkli koloni oluşturması ile ayrılır.

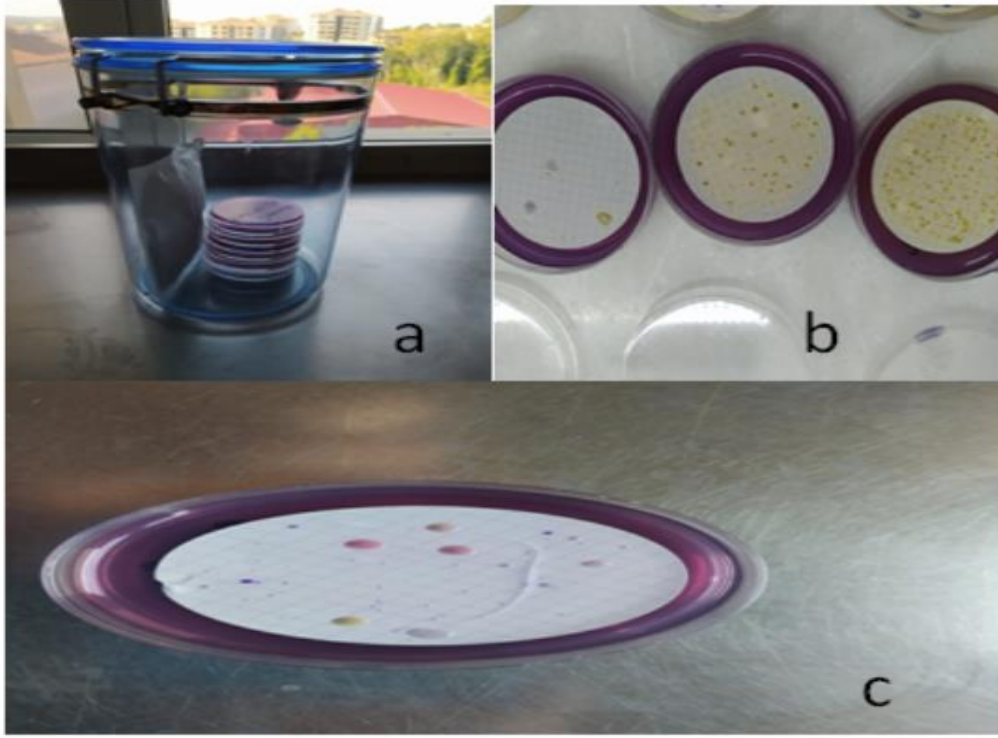


Şekil 3.3. Koliform ve *E. coli* analizi a) *E. Coli* ve koliform içeren petriler b) YEA alınan şüpheli koliformlar c) Oksidaz testinde koliform çıkanlar.

3.3.1.2. *Clostridium perfringens* analizi

Avrupa Birliği Konseyi 98/83/EC [34] direktifi tarafından tavsiye edildiği şekliyle membran filtrasyon sisteminden geçirilerek anaerobik jarda 42,5°C'de 24 saat bekletilen m-CP besiyerli filtrelerde üremiş şüpheli *Clostridium perfringens* kolonilerine, doğrulama işlemi için pastör pipeti yardımıyla petrinin kapağına amonyak solüsyonu damlatıldı. 20–30 saniye boyunca amonyum hidroksit buharına

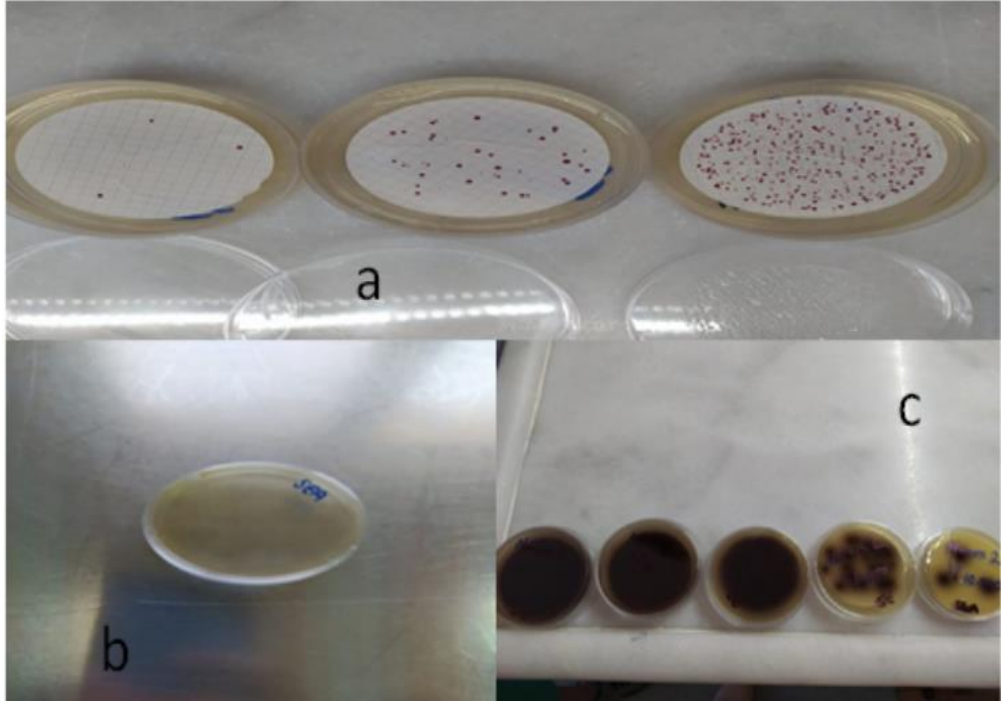
maruz bırakıldıktan sonra pembe veya kırmızı renge dönüşen opak sarı kolonilerin sayımı yapıldı.



Şekil 3.4. *C. perfringens* analizi a) Anaerobik jar b) şüpheli *C. perfringens* içeren petrilere c) doğrulanmış *C. perfringens* kolonileri.

3.3.1.3. Fekal streptokok analizi

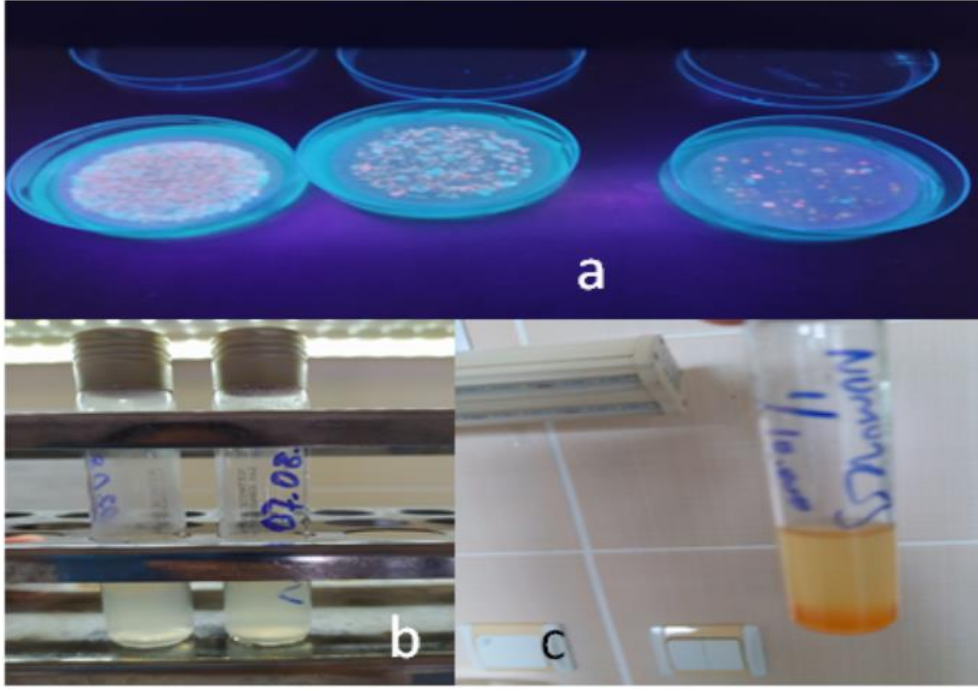
TS EN ISO 7899-2 yöntemi kullanılarak Enterokokların analizini yapmak için MFS'den geçirilerek SB besiyerine yerleştirilen filtre kağıdı, 36°C'lik etüvde 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda SB besiyerinde üreyen şüpheli Enterokok kolonileri içeren filtre kağıdı, doğrulama işlemi için 60 mm'lik çaplı petrilere hazırlanmış SEA'a steril pensle yerleştirilerek 42,5°C de 2 saat boyunca inkübe edildi. Enterokoklar, glycoside esculini dextrose ve esculetine dönüştürerek hidrolize ederler. Esculetin, demir (III) iyonları ile zeytin yeşili-siyah renkli kompleks oluşturur. Enterokoklar, safra tuzlarına dirençlidir. Safra tuzları, başta Gram negatifler olmak üzere pek çok refakatçi bakteri kolonilerinin gelişimini baskılar. Bu yüzden SEA'da zeytin yeşiline dönüşen koloniler Enterokok kolonileri olarak kabul edildi.



Şekil 3.5. Enterekokların analizi a) Şüpheli *Enterococcus* kolonileri b) SEA besiyeri içeren petri c) SEA besiyerinde hidroliz.

3.3.1.4. *Pseudomonas aeruginosa* analizi

TS EN ISO 16266 yöntemine göre çalışılan ve 36°C'de 48 saat inkübasyon sonunda üreme görülen CN besiyerindeki kolonilere önce UV ışık altında bakıldı. Çünkü yapısında bulunan floresan pigmentler, floresans nitelik taşıyan *Pseudomonas* 'ların (*P. aeruginosa*, *P. putida*, *P. fluorescens*, *P. chlororaphis*, *P. syringae*, *P. cichori*, *P. flavescens*) özellikleridir ve bu pigmentin görülebilmesi için UV ışığa ihtiyaç vardır. UV ışık altında floresan pigment gösteren koloniler, şüpheli *P. aeruginosa* olarak değerlendirilerek YEA'a çizgi yöntemiyle ekildi ve 24 saat 36°C'de inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonucunda YEA da ki üreme bölgesinden öze ile alınan örnekler, AB çözeltilisine aktarılarak 36°C'lik etüvde 24 saat boyunca acetamitten amonyak oluşumu için inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonucunda nessler reaktifinden pastör pipetiyle birkaç damla alınarak AB'li tüplere damlatıldı. Derişime bağlı olarak sarıdan tuğla kırmızısına kadar değişen bir rengin meydana gelmesi amonyak üretiminin pozitif olduğunu gösterdiğinden, *P. aeruginosa*'nın bu test sonucunda petride ve örnekte bulunduğu sonucunu varıldı.



Şekil 3.6. *P. aeruginosa* analizi a) Floresan ışık altındaki şüpheli *P. aeruginosa* kolonileri. b)AB besiyeri c) Acetamid brothta amonyak üretimi.

3.3.2. Kimyasal Analizler

3.3.2.1. NH₄ ölçümü

NH₄, ortamın pH değerine göre kısmen amonyum iyonu kısmen de amonyak formunda bulunur. 20-25°C aralığında sıcaklığa sahip numune süzülerek 5 ml test tüpüne alınıp 1 adet NH₄-1 reaktifi tüpe eklenerek reaksiyonun gerçekleşmesi için 15 dk. beklenir. Amonyum azotu mavi indofenol bileşiği üzerinden spektrofotometrik yöntemle 690 nanometre (nm) dalga boyunda tayin edilir. Test sonucundaki amonyum azotu ifadesi amonyum iyonları ve çözülmüş amonyaktan gelen amonyum azotunu ifade eder. Metot ISO 7150/1 ve EPA 350.1'e eşdeğerdir. Sonuçlar miligram/litre (mg/lt) olarak verilir.

3.3.2.2. NO₂ ölçümü

15-25°C sıcaklığa sahip olan bulanık numune süzülerek 5 ml numune test tüpüne alınır. Reaksiyonun gerçekleşmesi için 10 dk. beklenerek 525 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülür. Çıkan sonuçların birimi mg/l olarak verilir. Nitrit iyonları asidik solüsyonda sulfonilik asit ile diazonyum tuzu oluşturmak üzere reaksiyona girer. Bu da N-(1-naftil) etilendiamin dihidroklorürle reaksiyona girerek kırmızı-menekşe azo boyası oluşur.

3.3.2.3. NO₃ ölçümü

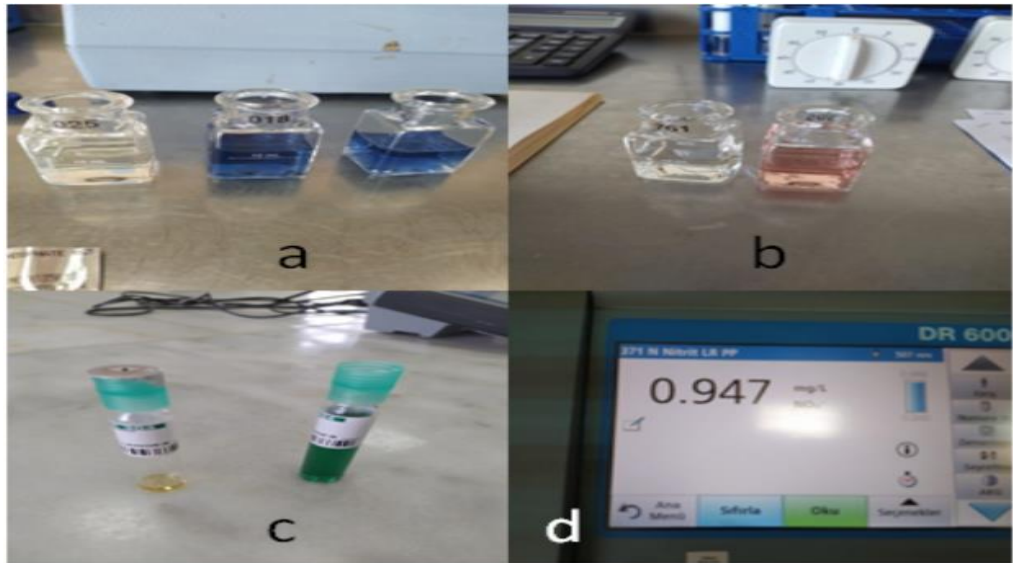
Bulanıklığını gidermek için süzülen numuneden 0,7 ml tüpe ilave edilir ve 1 ml NO₃-1 reaktifi reaksiyon tüpüne ilave edilir. Reaksiyonun gerçekleşmesi için 10 dk. beklenecek 340 nm dalga boyunda fotometrik olarak ölçülür. Çıkan sonuçlar mg/l cinsinden verilir Sülfürik ve fosforik asit varlığında nitrat iyonları 2,6-dimetilfenol ile fotometrik olarak ölçülen 4-nitro-2,6-dimetilfenol oluşturmak üzere reaksiyona girer. Metot ISO 7890/1'e eşdeğerdir.

3.3.2.4. PO₄ ölçümü

Atık sudaki fosfat analizleri HACH 8048 nolu PhosVer 3 (Ascorbic Acid) - (0.02-2.50 mg/L PO₄-3) metodu ile PhosVer 3 Phosphate reagent isimli fosfor reaktifi kullanılarak yapılmıştır. Numune süzülerek uygun test tüplerine konulur ve kitin reaksiyona geçmesi için 10 ml'lik numune, 5 dk. bekletilerek spektrofotometrik olarak tayini gerçekleştirilir. Sonuçlar mg/l olarak verilir.

3.3.2.5. İletkenlik, pH ve KOİ ölçümleri

Atık suyun iletkenlik ve pH değerleri WTW pH/Cond 720 marka pH metre cihazı ile ölçülmüş, iletkenlik sonuçları mikrosimens/santimetre (μ S/cm) cinsinden verilmiştir. KOİ değerleri ise tesiste kullanılan cihazdan alınarak değerlendirilmiş olup birimi mg/l olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Kimyasal analizler a) Fosfat tayini b) Nitrit tayini c) Amonyum tayini d) Spektrofotometre ölçümü.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

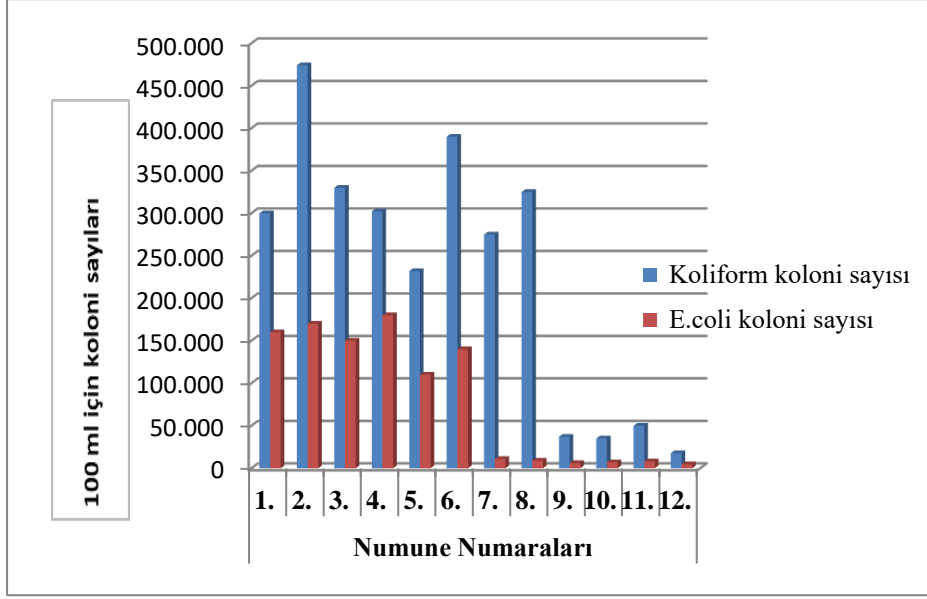
4.1. Mikrobiyolojik Analiz Bulgular

4.1.1. Koliform ve *E.coli* bulguları

KAAT deşarj ünitesinden alınan 12 numunenin mikrobiyolojik analizlerinin sonucunda en fazla koliform koloni sayısı 474000 (koloni oluşturan birim)kob/100 ml olarak; en düşük koliform koloni sayısı ise 17700 kob/100 ml olarak ölçülmüştür. Fekal kontaminasyonun en önemli göstergesi olan *E. coli* koloni sayısı en fazla 180000 kob/100ml; en düşük 4700 kob/100ml olarak belirlenmiştir. 6 aylık koloni sayıları değerleri Tablo 4.1.'de; değişimi ise Şekil 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. 100 ml numune için Koliform ve *E. coli* koloni sayıları.

Numune Numarası	Koliform koloni sayıları	<i>E. coli</i> koloni sayıları
1	300000	160000
2	474000	170000
3	330000	150000
4	302000	180000
5	232000	110000
6	390000	140000
7	275000	11000
8	325000	9000
9	37000	6000
10	35000	7000
11	50000	8000
12	17700	4700



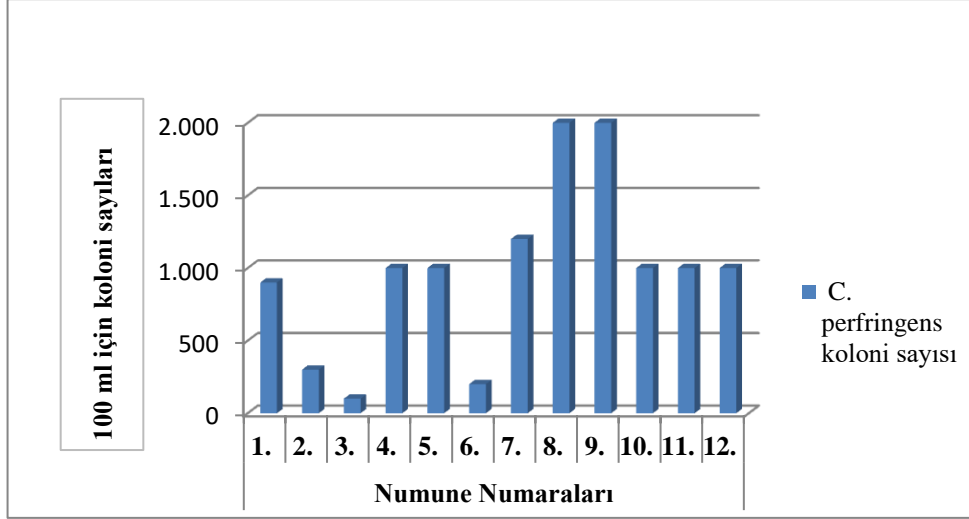
Şekil 4.1. Koliform ve *E. coli* koloni sayıları karşılaştırması grafiği.

4.1.2. *Clostridium perfringens* bulguları

Oldukça sık rastlanan ve barsak mikrobiyotasının doğal bir üyesi olan *C. perfringens*'in analiz sonuçlarına göre en fazla koloni sayısı 2000 kob/100 ml; en az koloni sayısı ise 300 kob/100 ml olarak ölçülmüştür. *C. perfringens* kolonilerinin 6 aylık değerleri Tablo 4.2. 'de; koloni sayılarının değişimleri ise Şekil 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. 100 ml numune için *C. perfringens* sayıları.

Tarih	<i>C. perfringens</i> koloni sayıları
1	900
2	300
3	100
4	1000
5	1000
6	200
7	1200
8	2000
9	2000
10	1000
11	1000
12	1000



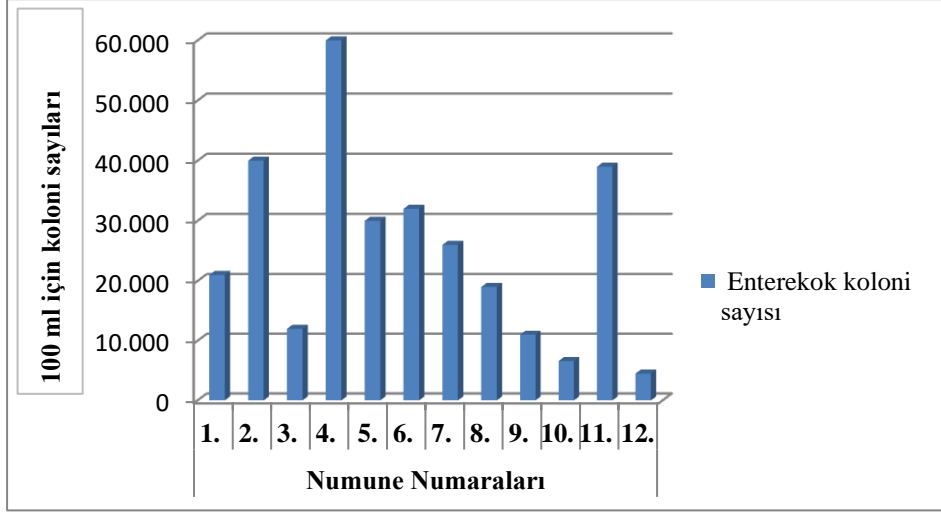
Şekil 4.2. *C. perfringens* koloni sayıları grafiği.

4.1.3. Enterekok bulguları

İnsan dışkısından izole edilebilen Enterekokların, alınan numunelerdeki analiz sonuçlarında, en fazla koloni sayısı 60000 kob/100ml; en düşük koloni sayısı ise 4500 kob/100 ml olarak ölçülmüştür. 6 aylık enterekok değerleri Tablo 4.3.'de; koloni değişimleri ise Şekil 4.3.'de verilmiştir.

Tablo 4.3. 100 ml numune için Enterekok koloni sayıları.

Tarih	Enterekok koloni sayıları kob/100ml
1	21000
2	40000
3	12000
4	60000
5	30000
6	32000
7	26000
8	19000
9	11000
10	6600
11	39000
12	4500



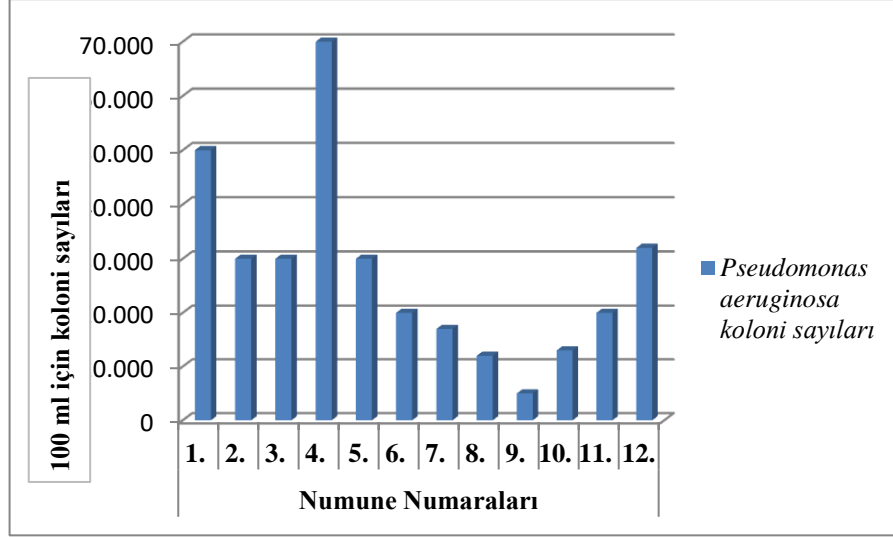
Şekil 4.3. Enterekok koloni sayıları grafiği.

4.1.4. *Pseudomonas aeruginosa* bulguları

Nemli ortamlarda kolaylıkla üreyebilen ve fırsatçı bir patojen olan *Pseudomonas aeruginosa*'nın analiz sonuçlarında en fazla koloni sayısı 70000 kob/100 ml; en az koloni sayısı ise 5000 kob/100 ml olarak ölçülmüştür. 6 aylık süre zarfında bulunan *P. aeruginosa koloni* değerleri Tablo 4.4.'de; koloni sayıları değişimleri Şekil 4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. 100 ml numune için *P. aeruginosa* koloni sayıları.

Tarih	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> koloni sayıları kob/100ml
1	50000
2	30000
3	30000
4	70000
5	30000
6	20000
7	17000
8	12000
9	5000
10	13000
11	20000
12	32000



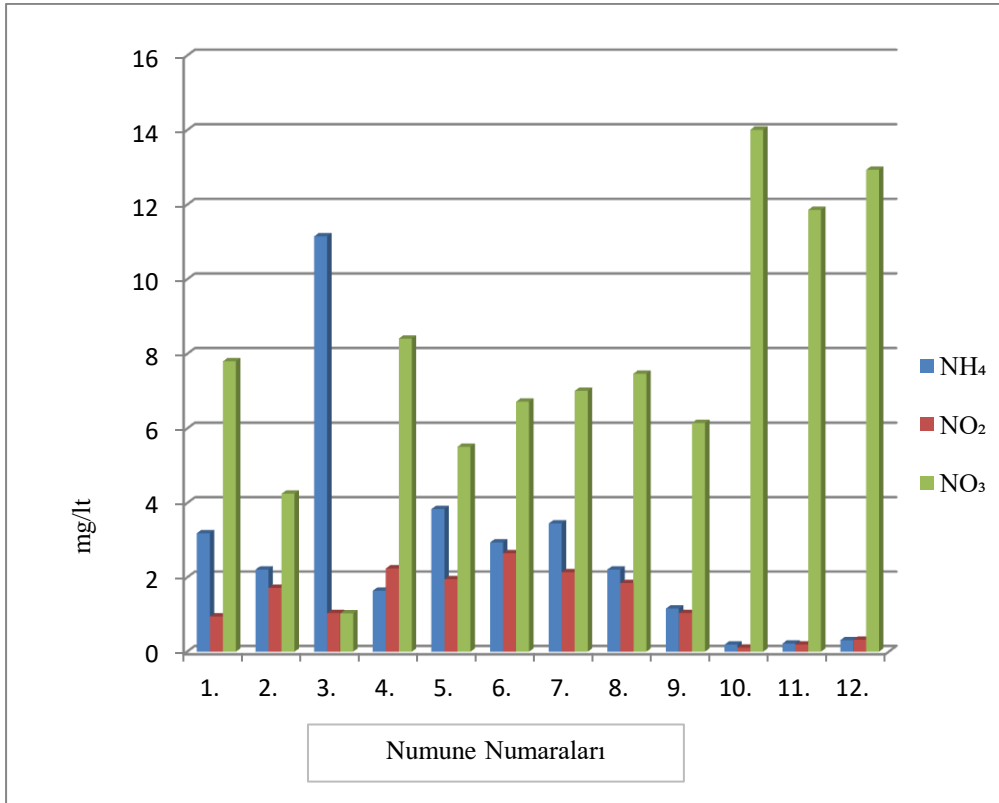
Şekil 4.4. *Pseudomonas aeruginosa* koloni sayıları grafiği.

4.2. Kimyasal Analiz Bulguları

Tablo 4.5. Kimyasal parametre ölçümleri (mg/lt).

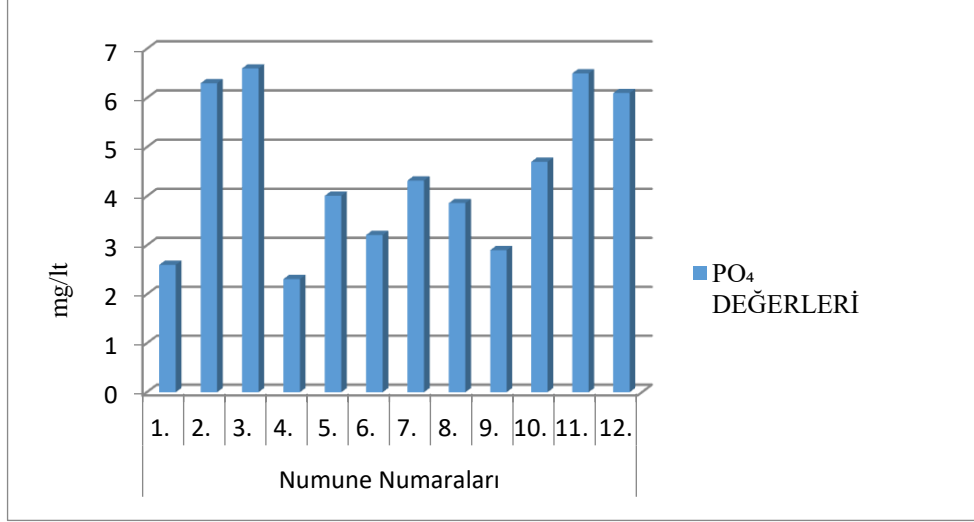
Tarih	NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄	pH	İletkenlik(µS/cm)	KOİ
1	3,19	0,947	7,8	2,60	7,57	813	21
2	2,21	1,72	4,25	6,3	7,51	787	23
3	11,15	1,04	1,03	6,60	6,95	966	25
4	1,64	2,24	8,41	2,31	7,53	862	23
5	3,84	1,95	5,51	4,01	7,49	902	25
6	2,94	2,65	6,72	3,21	7,11	895	24
7	3,45	2,14	7,01	4,32	7,67	882	26
8	2,21	1,85	7,47	3,86	7,47	906	29
9	1,16	1,04	6,15	2,9	7,48	637	32
10	0,19	0,11	14,01	4,7	7,4	790	44
11	0,22	0,19	11,86	6,5	7,32	944	56
12	0,31	0,32	12,935	6,1	7,36	895	50

Tablo 4.5.'te bu çalışmamızda ölçtüğümüz kimyasal parametrelerin değerleri verilmiştir. En önemli su kirliliği parametrelerinden biri olan amonyumun tesisten alınan numunelerde ölçülen en yüksek değeri 11,15 mg/lt; en düşük değeri ise 0,19 mg/lt olarak ölçülmüştür. Azot çevriminde ara ürün olarak bulunan ve sabit olmayan nitrit değerleri en çok 2,65 mg/lt; en az 0,11 mg/lt olarak ölçülmüştür. Atık su arıtımı sırasında dönüşüme uğrayan azotun diğer bir basamağı olan nitratın en yüksek değeri 14,01 mg/lt; en düşük değeri 4,25 mg/lt olarak ölçülmüştür. Azotlu bileşiklerin karşılaştırmalı dağılımları Şekil 4.5.'de gösterilmiştir.



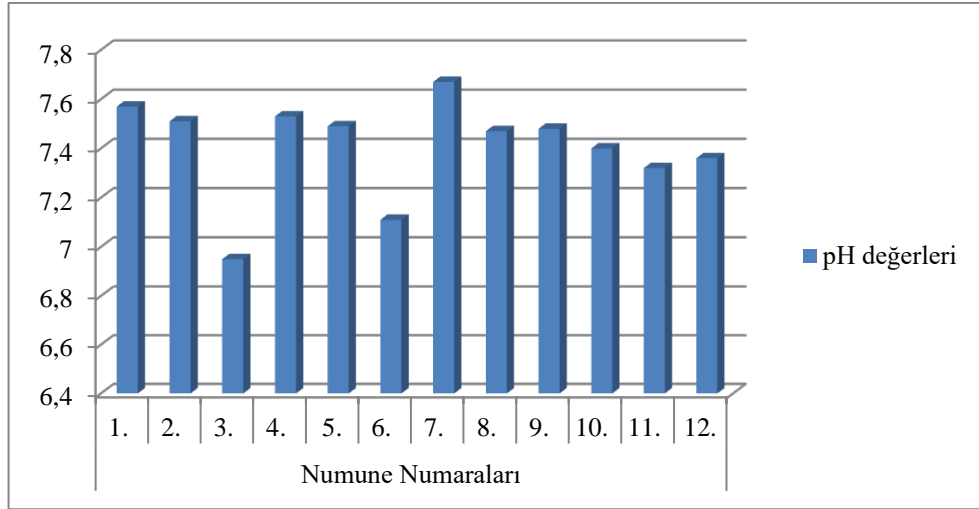
Şekil 4.5. Azotlu bileşiklerin karşılaştırmalı değerleri.

Ötrifikasyon olayında önemli bir yere sahip olan fosfat değerleri en yüksek 6,60 mg/lt; en düşük 2,31 mg/lt olarak ölçülmüş olup dağılımları Şekil 4.6.'de gösterilmiştir.



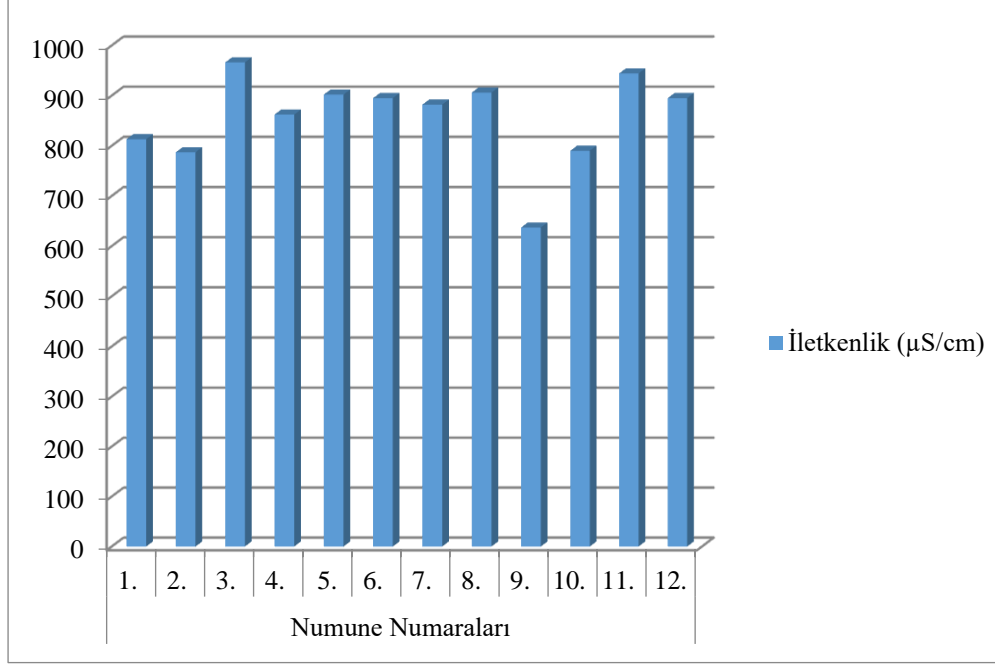
Şekil 4.6. Numunelerin fosfat değer dağılımları.

Aktif H⁺ iyonu konsantrasyonunu gösteren ve toprakların kimyasal yapısını etkileyebilen pH değerleri ise en yüksek 7,67; en düşük 6,95 olarak ölçülmüş olup Tablo 1.1.'de verilen evsel nitelikli atık suların parametre değerlerine uygun aralıkta bulunmuştur. pH değerleri dağılımları Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.



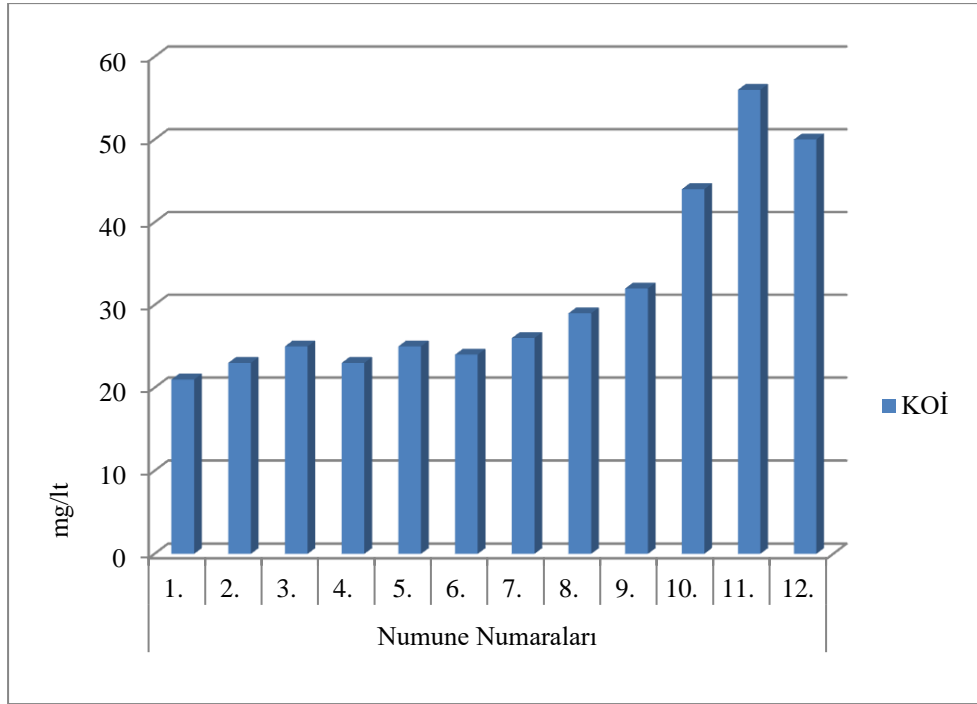
Şekil 4.7. Numunelerin pH değerleri dağılımları.

Sudaki toplam tuzluluğu gösteren parametre olan iletkenlik değeri 20°C'de bakılarak, en yüksek 966 µS/cm; en düşük 637 µS/cm olarak ölçülmüştür. Elektriksel iletkenlik değer dağılımları Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Numunelerin elektriksel iletkenlik değerleri dağılımları.

Organik maddelerin oksidasyonunun bir göstergesi olan kimyasal oksijen değerleri en düşük 21 mg/lt; en yüksek 56 mg/lt olarak ölçülmüştür. Tüm kimyasal parametrelerin değerleri Tablo 4.5.'de verilmiş olup, KOİ değerlerinin dağılımları ise Şekil 4.9.'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Numunelerin Kimyasal Oksijen İhtiyacı değerleri dağılımları.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Evsel nitelikli atık suyun arıtılmasındaki temel amaç, arıtmadan sonra çevreye verilen suyun hem ekosisteme hem de halk sağlığına en az tehlikeli olacak şekilde alıcı ortama deşarj edilmesidir. Güvenli bir şekilde yönetilen su sanitasyonun yüksek seviyeli sağlık hizmetine önemli katkı sağlayacağı genel kabul gören bir yaklaşım olmuştur. Arıtılmış olan atık sular, özellikle su kıtlığı olan bölgelerde, tatlı su kaynaklarını artırmak için su kaynaklarının verimli ve yeniden kullanımı için fırsatları arttırır [35].

Trabzon ili Ortahisar ilçesinde bulunan Pazarkapı atıksu arıtım tesisi çıkış suyu bu tezin konusunu oluşturan (KAAT) tesis çıkış suyunda olduğu gibi klorlanmamakta ve ozon işlemine tabi tutulmamaktadır. Bu tesiste yapılan bir çalışmada KOİ, azot, fosfat ve nitrat değerleri ölçülmüş olup; KOİ ve azot değerleri yıllara göre düzensiz bir dağılım göstermiştir. Bu tezdeki KOİ değerlerinin aksine, KOİ 125 mg/lit değerinin üzerinde olduğu, azot değerlerinin ise çalışmamızda elde ettiğimiz azotlu bileşik değerlerinden fazla olduğu (15 mg/lit'den fazla) bulunmuştur. Çalışma sonucunda, tesislerden Karadeniz'e deşarj edilen arıtılmış/arıtılmamış atık suyun, SKKY Tablo 22'de verilen derin deniz deşarjına izin verilebilecek özellikteki atıksu standartlarına uygun olmadığı bulunmuş, azot giderimine ihtiyaç olduğu ve fosfor giderimi normal değerlerde tespit edilmesine rağmen Doğu Karadeniz sularının hassas bölge olarak belirtilen kıyıları için fosfor gideriminin de sağlanması gerektiği sonucuna varılmıştır [36].

Bir diğer tesis olan Menemen Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi, azot ve fosfor arıtımını içeren uzun havalandırmalı ileri biyolojik aktif çamur sistemine sahip olup, bu tezin konusu olan tesisteki deşarj prosedürünün aksine, atık sular UV ile arıtım yapıldıktan sonra Eski Gediz yatağına deşarj edilmektedir. 2019 yılında yapılan çalışmada arıtılan evsel kaynaklı arıtılmış atık suların marulların sulanmasında anyon-kasyon ve fekal kirlilik ölçümleri yapılmıştır. Sulama suyu olarak kullanılan Menemen Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyu, fekal koliform değerleri $1.456 \times 10^3 - 2.254 \times 10^3$ Colony-forming unit (cfu) 100 ml⁻¹ Aralığında değişiklik göstermiş olup, bu değerler Atıksu

Arıtma Teknik Usuller Tebliği'nde (AATUT) belirtilen sınır değerlerin üstünde bulunmuştur. KOİ ve azot değerlerine bakıldığında da yüksek değerler bulunmuştur [37]. Yaptığımız çalışmamızda da fekal koliform değerleri yüksek çıkmış olup, deşarj suyu boşaltılan dere sulama amaçlı kullanıldığında yine AATUT'de belirtilen sınır değerlerin üstünde olarak değerlendirilmelidir. Menemen tesisindeki çalışmanın aksine, çalışmamızda KOİ ve N'lu bileşiklerin atık sudaki değerleri uygun çıkmıştır.

2020 yılında güney Afrika'nın batı eyaletlerindeki 3 adet Atıksu Arıtım Tesisinde yapılan *Enterococcus* spp prevalansı, antibiyotik direnci ve virülansı çalışmasında, çıkış suyunda 63 adet *Enterococcus* spp. tanımlanmış ve antimikrobiyal duyarlılıklarının yanı sıra beş virülans geninin varlığı belirlenmiştir. Suyun mikrobiyolojik kalitesi değerlendirilirken *Enterococcus'un* varlığının endişe verici olduğu belirtilmiş ve bu bakterilerin fekal gösterge olarak kullanılması tavsiye edilmiştir [38]. Yaptığımız çalışma sonuçlarında da *Enterococcus* spp değerleri yüksek bulunmuş olup, arıtılan suların kalite standartlarına intestinal *Enterococcus* spp parametrelerinin de eklenmesi tavsiye edilmektedir.

2016 yılında, Nevşehir Atık Su Arıtma Tesisinde gerçekleştirilen çalışmada, atık sudan ağır metal gideriminin biyobirikim ile gerçekleşmesinde mikroorganizmaların ve özellikle bakterilerin ne kadar etkili olduğu ile ilgili deneyleri yapılmıştır. Arıtma işlemlerinin her bir basamağına ait havuzlardan su numuneleri alınmış ve numuneler dökme plak yöntemiyle *Pseudomonas* Agar besiyerine ekilerek inkübasyona bırakılmıştır. Biyokimyasal olarak 40 adet *Pseudomonas* spp. izolatu tanımlanmış olup ilk defa bu çalışmada bu cins bakterilerin sahip oldukları plazmidler ve hücre duvar yapıları gibi özellikleri nedeniyle kurşun ve nikel gibi ağır metal giderimi için uygun özellikte olduğu sonucuna varılmıştır [39]. KAAT'den de izole edilebilecek *Pseudomonas* spp. bakteriler atık suların geri kazanımı aşamasında ağır materyallerin giderimi için kullanılabileceği gibi, çevre dostu teknolojilerin temelini oluşturabileceği düşünülmektedir.

Doğu Ontario'daki Amherstview su kirliliği kontrol tesisinde, 2020 yılında yapılan çalışmada, atıksu stabilizasyon havuz sistemlerinde patojenik indikatör organizmaların uzaklaştırılması ve inaktivasyonunda yaz aylarında çoğalması beklenen alglerin rolü araştırılmıştır. Atık su örnekleri 100 mL alınarak, bu çalışmada yapıldığı gibi membran filtrasyon tekniği ile numuneler süzülüş, *E. coli* toplam koliformlar için CCA besiyeri, *Enterococci* için Chromocult *Enterococci*

Agar, *C. Perfringens* için m-CP Agar besiyerleri kullanılarak 100 ml için koloni sayımı yapılmıştır. Bu tesiste baskın olarak bulunan iki alg türü *Mougeotia sp.* ve *Hydrodicty sp.*'nin havuz sistemindeki pH'ın ve çözülmüş oksijenin artmasını sağlayarak, *E. coli* toplam koliform ve enterokokların inaktivasyonuna neden olduğu bulunmuştur. Ancak *C. perfringens*'in aynı pH ve çözülmüş oksijen seviyelerine daha dayanıklı olduğu sonucuna varılmıştır. Çevresel streslere karşı oluşan bu direncin potansiyel sağlık riski oluşturabileceği, bu nedenle, hem Enterokokların hem de *C. perfringens*'in, arıtılmış atık sudaki patojenlerin genel seviyesini tahmin etmek için potansiyel indikatör organizma olarak kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır [40]. Bu çalışmayla KAAT'daki atık suda varlığını gösterdiğimiz *C. perfringens*'in atık su standartlarını oluşturabilecek bir parametre olarak kullanılması uygun olabileceği gibi, tesis havuzlarına eklenebilecek bazı alg türlerinin arıtıma destek olabileceği de düşünülmektedir.

2018 yılında Slovakya Bratislava'da bulunan bir atık su arıtma tesisinin giriş ve çıkış kanalizasyonlarından izole edilen biyofilmlerdeki bakteri toplulukları çalışılmış olup, antibiyotik dirençleri tespit edilmiştir. Tesise kentsel evlerden, endüstrilerden, hastanelerden ve diğer tesislerden gelen atık sudaki bakterilerin tespiti için, bu çalışmada olduğu gibi membran filtrasyon tekniği kullanılmıştır. Koliform bakteri tespiti için CCA, *Enterococcus spp.* için SB agar ve *Staphylococcus spp.* için Baird–Parker Agar kullanılmış olup, membran filtre antibiyotik içeren ve antibiyotik içermeyen seçici teşhis ortamına yerleştirilerek inkübasyon sağlanmış. Deney sonucunda, çalışmamızla paralel olarak, atık su ve biyofilmlerin mikrobiyolojik analizinde bağırsak mikrobiyotasının tipik temsilcileri olan koliform bakteri ve *Enterococcus spp.* seviyeleri yüksek olarak bulunmuştur. Koliform bakterilerin ağırlıklı olarak ampisilin ve gentamisin'e dirençli olduğu; *Enterococcus spp.*'ye ait bakterilerin ise içeri giren atık sudan daha düşük dozlarda ampisilin ve siprofloksasine dirençli olduğu bulunmuştur [41]. Bu sonuçlara göre de atık suda antibiyotiğe dirençli bakterilerin varlığının çevre sağlığı açısından tehdit oluşturabileceği açıklanmış olup, yaptığımız çalışmada da bulunan koliform ve enterokokus bakterilerinin de antibiyotik direnci olabileceği ve çevre için mikrobiyolojik bir riskin olabileceğini düşünülmüştür.

Türkiye'de ve Avrupa ülkelerinde su sanitasyonu üzerine birçok direktifi yayınlanmış, nehirlerin, göllerin, geçiş sularının, kıyı sularının ve yeraltı sularının

korunarak iklim değişikliklerine karşı korunarak gelecek nesillere aktarılması amacıyla çeşitli ölçütler oluşturmuştur. Bu yönergeler tüm yüzey su kütlelerinin kimyasal ve çevreyle ilgili durumlarının geçerli değerler taşımasını ve insan kullanımının zararlarını en aza indirmesini sağlamayı amaçlar. Kentsel Atık Su Arıtma yönetmeliği su arıtımı ile ilgili gereklilikleri yerine getirerek, çevrenin korunmasına yapılan katkının temelini oluşturur.

Türkiye istatistik kurumunun 2020 yılı verilerine göre; belediyelerce kanalizasyon altyapısı ile deşarj edilen kişi başı günlük ortalama atık su miktarı 189 litre olarak ölçülmüştür. Verilere göre kanalizasyon şebekesinden boşaltılan 5 milyar m³ atık suyun 4,4 milyar m³'ü atık su arıtma tesislerinde arıtılmıştır. Arıtımı gerçekleştirilen bu atık suyun %50,7'sine gelişmiş, %27,1'ine biyolojik, %21,9'una fiziksel ve %0,3'üne doğal arıtma uygulanmıştır. Arıtılan atık suyun %46,4'ü akarsuya, %42,8'i denize, %3'ü baraja, %1,2'si göl veya gölete, %0,3'ü araziye ve %6,2'si diğer alıcı mahallere deşarj edilmiştir. Belediyelerce arıtılan atık suyun %1,6'sının sanayi, tarımsal sulama gibi sahalarda yeniden kullanıldığı saptanmıştır [42].

Çalışmamızdaki kimyasal ölçümler sonucunda atık su arıtım tesisinden deşarj edilen suyun yönetmelik standartlarını taşıdığı görülmüştür. Atık suyun deşarj edildiği derenin ve onun bağlandığı akarsuyun çevreye daha az zararlı bir hale getirilmesi için; deşarj suyunun organik kirliliğinin minimum seviyelere çekilebilmesinin ve mikrobiyolojik yükün azaltılmasının daha uygun olacağı düşünölmektedir. Bunun için de atık suyun yeniden kullanım kapsamında çeşitli sulama alanlarında uygulanabilirliğinin artırılması amacıyla, ikincil arıtıma ek olarak çeşitli membran biyoreaktörlerin devreye sokulabileceği, biyolojik ve kimyasal ürünlerin arıtıma dahil edilebileceği ve ozon, UV, iyot gibi dezenfeksiyon yöntemlerinin kullanılmasının daha yararlı olabileceği kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

- [1] İçme Suyu, Kanalizasyon, Arıtma Sistemleri ve Kent Atık Denetimi, Özel İhtisas Komisyon Raporu, 2000, Ankara
- [2] Avcı, S., Bakıcı, M. Z.; Eranda, M., (2006). Tokat İlindeki İçme Sularının Koliform Bakteriler Yönünden Araştırılması *Cumhuriyet Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi* 28 (4): 107-112.
- [3] <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation> adresinden 03 Ocak 2022 tarihinde alınmıştır.
- [4] T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Güvenliği ve Atıksu Hizmetleri Çalışma Grubu *Su Güvenliği ve Atıksu Hizmetleri Grubu Çalışma Belgesi*, (2021). 57-59, https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/467/Sayfa/1497/1861/DosyaGaleri/su_guvenligi_ve_atıksu_hizmetleri_grubu_calisma_belgesi.pdf.
- [5] Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, (2004) Resmî Gazete Sayısı: 25687. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/12/20041231.htm#9> adresinden 17 Kasım 2022 tarihinde alınmıştır.
- [6] Uçar, C., (2019). *Konya Atık Su Arıtma Tesisi Giriş Atık Su Kimyasal İçeriğinin ve Ön Arıtım Ünitesindeki Azot ve Fosfor Gideriminin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi.
- [7] Sekaran, G., Ramani, K., Kumar, A.G., Ravindran, B., Kennedy, L.J. ve Gnanamani, A., (2007). "Oxidative destabilization of dissolved organics and E. coli in domestic wastewater through immobilized cell reactor system", *Journal of Environmental Management*, India. 84(2): 123. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.05.012>
- [8] Stanton IC, Bethel A, Leonard AFC, Gaze WH, Garside R. (2020). What is the research evidence for antibiotic resistance exposure and transmission to humans from the environment? A systematic map protocol. *Environ Evidence*. 9:1–8. UK. <https://doi: 10.1186/s13750-020-00197>.
- [9] Kolkata's fishermen and farmers reuse what's flushed down the toilet. <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/kolkata-s-fishermen-and-farmers-reuse-what-s-flushed-down-the-toilet> adresinden 16 Mart 2022 tarihinde alınmıştır.
- [10] Rizzo, L., Manaia, C., Merlin, C., Schwartz, T., Dagot, C., Ploy, M. C., et al. (2013). Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: a review. *Science of the Total Environment*. 447, 356. <https://doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.01.032>.

- [11] Farahbakhsh, K., Smith, D.W. (2004). Removal of coliphages in secondary effluent by microfiltration—mechanisms of removal of impact of operating parameters *Water Research*. 38, pp. 585. Canada. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.10.018>
- [12] Berberoğlu U. (2012). Mikrobiyolojik Su Kalitesi. *Su Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları El Kitabı*, (1. baskı, ss:3-4). Türkiye Halk Sağlığı Kurumu.
- [13] *Escherichia coli*. https://tr.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli adresinden 28 Mart 2022 tarihinde alınmıştır.
- [14] <https://fineartamerica.com/featured/escherichia-coli-bacteria-sem-niaidcdc.html>. adresinden 18 Ekim 2022 tarihinde alınmıştır.
- [15] Sanderson, H., Ortega-Polo, R., Zaheer, R., Goji, N., Kingsley, K. Amoako, R., Brown, S., Majury, A., Steven N. Liss and Tim A. McAllister. (2020). *BMC Microbiology* Page 2 of 17. <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1683-4>
- [16] Hocquet D, Muller A, Bertrand X. (2016). What happens in hospitals does not stay in hospitals: antibiotic-resistant bacteria in hospital wastewater systems. *Journal of Hospital Infection* 93. 395-402. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2016.01.010>
- [17] Khalil, S., (2021). Pseudomonas Aeruginosa: Characteristics, Forms, Life Span, *Infectious Global Research Journal of Natural Science and Technology*. Vol. 1, Issue 1 33-40. University of Management and Technology.
- [18] Ruas, G., Serejo, M.L., Scarcelli, P.G., and Boncz, M. Á. (2018). Influence of Microalgae–Bacteria Consortium on Pathogens Removal (Pseudomonas aeruginosa and Escherichia coli) from Domestic Wastewater. *Frontiers in Water-Energy-Nexus— Nature-Based Solutions, Advanced Technologies and Best Practices for Environmental Sustainability*. Proceedings of the 2nd Water Energy NEXUS Conference, November, Salerno, Italy,235-237. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13068-8_58
- [19] Mara D., Horan N. (2003). Low-cost treatment systems. *Handbook of Water and Wastewater Microbiology*. 441-448.Academic Press.
- [20] Chien Hiet Wong, Geoff W. Barton and John P. Barford. (2003). The Nitrogen cycle and its application in wastewater treatment. *Handbook of Water and Wastewater Microbiology*.428-430. Academic Press.
- [21] Roger S. Fujioka and Lyle K. Shizumura, (1985). Clostridium Perfringens, a Reliable Indicator of Stream Water Quality. *Journal (Water Pollution Control Federation)*. Vol. 57, No. 10. pp. 991.
- [22] Chapman, D., Kimstach, V. (1996). Chapter 2 Strategies For Water Quality Assessment. *Water Quality and Assesments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Enviromental Monitoring, Second Edition*. (ed), pp 1-56,Unesco / Who/ Unep.
- [23] Cırık, K., Eskikaya, O., (2018). Kahramanmaraş Merkez Atıksu Arıtma Tesisi Giriş Atıksuyunun Karakterizasyonu. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(4): ss. 286-294, <http://jes.ksu.edu.tr/tr/download/article-file/604910>

- [24] Conley, DJ., Paerl, HW., Howarth, RW., Boesch, DF., Seitzinger, SP., Havens, KE., Lancelot, C. (2009). Controlling Eutrophication: Nitrogen and Phosphorus, *Policy Forum*. 323(5917):1014-5. <https://doi.org/10.1126/science.1167755>
- [25] Bacelo, H., Pintor, AM., Santos, SC., Boaventura, RA., Botelho, CM. (2020). Performance and prospects of different adsorbents for phosphorus uptake and recovery from water. *Chemical Engineering Journal*, Volume 381, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122566>
- [26] Yu, J., Liang, W., Wang, L., Li, F., Zou, Y., Wang, H. (2015). Phosphate removal from domestic wastewater using thermally modified steel slag, *Journal of Environmental Sciences*. 31, 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2014.12.007>
- [27] Ölmez, M., Saraç, D. (2009). Su Ürünleri İçin ph'nın Önemi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Ziraat Mühendisliği*, Temmuz-Aralık, Sayı: 353. ss 12-13. <https://docplayer.biz.tr/224570409-C-ndek-ler-su-urunleri-icin-ph-nin-onemi-murtaza-olmez-dilek-sarac-suleyman-demirel-universitesi-egirdir-su-urunleri-fakultesi.html>.
- [28] Volunteer stream monitoring: a methods manual, Office of Water 4503F, monitoring water quality, United States Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/stream.pdf>, 1997.
- [29] Oksidatif İndirgeme Potansiyeli (OİP, ORP) ve atıksularda iletkenlik. <https://www.endustriyelatiksu.net/2021/03/oksidatif-indirgeme-potansiyeli-oip-orp.html> adresinden 08 Şubat 2022 tarihinde alınmıştır.
- [30] Sawyer, NC., McCarty, LP. & Parkin, FG. (2013). Chemistry for Environmental Engineering and Science. 5th Edition, ss. 752.
- [31] Karaman Atık Su Arıtma Tesisi. <https://www.sakarya-saski.gov.tr/> adresinden 21 Nisan 2022 tarihinde alınmıştır.
- [32] Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği. <https://www.mevzuat.com/kentsel-atiksu-aritimi-yonetmeligi/> adresinden 05 Eylül 2022 tarihinde alınmıştır.
- [33] Eysel Nitelikli Atık Sular (2011).*Milli Eğitim Bakanlığı. Atık sular 850CK0103. Aile ve Tüketici Hizmetleri*, s.s.13, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/At%C4%B1k%20Sular.pdf
- [34] İnsani tüketim amaçlı suyun kalitesine ilişkin 3 Kasım 1998 tarih ve 98/83/EC sayılı Konsey Direktifi. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31998L0083> adresinden 18 Ekim 2022 tarihinde alınmıştır.
- [35] Demir,Ö., Yıldız,M., Sercan, Ü., Arzum, C.Ş., (2017). Atıksuların Geri Kazanılması ve Yeniden Kullanılması, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 02, p.1-14., <https://dergipark.org.tr/tr/pub/humder/issue/31307/341262>
- [36] Üçümcü, O., (2019). Trabzon Atıksu Arıtımı, Atıksu Deşarjı ve Su Kirliliği: Trabzon İli Örneği, *Türk Hidrolik Dergisi*. Cilt: 3, Sayı: 2, 14-30., <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/901224>

- [37] Akap, P.T., Gündüz, M., Aşık, Ş., Özçelik, Ş. (2019). Artırılmış Evsel Kaynaklı Atıksularla Sulanan Marul ve Toprakta Patojenik Bulaşıklığın Belirlenmesi, *Toprak Su Dergisi*, Özel Sayı: Araştırma Makalesi, 46-50., <https://doi.org/10.21657/topraksu.654796>
- [38] Molale-Tom L.G. and Bezuidenhout C.C. (2020). Prevalence, antibiotic resistance and virulence of *Enterococcus* spp. from wastewater treatment plant effluent and receiving waters in South Africa, *Journal of Water and Health*,18.5, 753-763. <https://doi.org/10.2166/wh.2020.086>
- [39] Keloğlu, B., Öztürk, Ş., Yalçın, S. (2020). Atık sudan izole edilen *Pseudomonas* spp. suşları ile kurşun ve nikel ağır metallerinin giderimi, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*,77(3): 289-300., <https://doi.org/10.5505/TurkHijyen.2019.78095>
- [40] Liu, L.; Hall, G.; Champagne, P. (2020). The role of algae in the removal and inactivation of pathogenic indicator organisms in wastewater stabilization pond systems. *Algal Research*, Volume 46, 101777, ss1-7. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101777>
- [41] Lépesová, K., Kraková, L., Pangallo, D., Medved'ová, A., Olejníková, P., Mackul'ak, T., Birošová, L.. (2018). Prevalence of antibiotic-resistant coliform bacteria, *Enterococcus* spp. and *Staphylococcus* spp. in wastewater sewerage biofilm. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 14, 145-151. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2018.03.008>
- [42] Su ve Atıksu İstatistikleri, 2020. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atıksu-Istatistikleri-2020-37197> adresinden 05 Ekim 2022 tarihinde alınmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad :Diğdem Yelek

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2002, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
- **Yüksek lisans** : 2003, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Öğretmenliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2005-2015 yılları arasında İçişleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğünde polis memuru olarak çalıştı.
- 2015-2017 yılında Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Tüketici ve Çalışan Güvenliği Daire Başkanlığında bilgisayar işletmeni olarak çalıştı.
- 2018 yılından bugüne kadar Sakarya İl Sağlık Müdürlüğü Halk Sağlığı Laboratuvarında Biyolog olarak çalışmaktadır.

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

- Diğdem YELEK , Phd Alican Bahadır SEMERCİ Asc Prof. Kenan TUNÇ, (2022, 13-15, Ekim). Sakarya Karaman Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suyunun Mikrobiyal ve Kimyasal Kalitesi Özet Sunumu, *Sivas Uluslararası Bilimsel Araştırmalar ve İnovasyon Kongresi*, Sivas, Türkiye.