



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

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AKŞEHİR GÖLÜNÜ BESLEYEN AKŞEHİR ATIKSU ARITMA
TESİSİ ÇIKIŞ SUYU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yusuf Kenan ORDU

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Mustafa KARATAŞ**

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 212301403 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Yusuf Kenan ORDU tarafından hazırlanan “**AKŞEHİR GÖLÜNÜ BESLEYEN AKŞEHİR ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SUYU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mustafa KARATAŞ

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Prof. Dr. Mehmet Emin ARGUN

Konya Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Hakan ÇELEBİ

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 25/06/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Yusuf Kenan ORDU

TEŞEKKÜR

Hazırlamış olduğum yüksek lisans tez çalışmamda desteklerini esirgemeyen, bilgi ve birikimleri ile her zaman bana yardımcı olan kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Mustafa KARATAŞ'a,

Teknik ve idari desteklerinden dolayı Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı hocalarıma,

Tez aşamasında desteklerini esirgemeyen değerli meslektaşlarım Çağrı ŞAHİN, Emre DALKILIÇ ve değerli KOSKİ Genel Müdürlüğü ailesine,

Benden hiçbir zaman maddi ve manevi desteğini esirgemeyen kıymetli babam Himmet ORDU' ya, eşime ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Yusuf Kenan ORDU
AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı ve Önemi.....	2
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1 Atıksular	3
2.1.1 Evsel atıksular.....	3
2.1.2 Kentsel atıksular	4
2.1.3 Endüstriyel atıksular	5
2.2 Atıksu Arıtımı.....	5
2.3 Atıksu Arıtımının Hedefi ve Kapsamı.....	5
2.4 Atıksu Arıtma Yöntemleri.....	6
2.4.1 Fiziksel arıtma	6
2.4.1.1 Izgaralar	6
2.4.1.2 Kaba ızgaralar	7
2.4.1.3 İnce ızgaralar.....	7
2.4.1.4 Kum tutucular	7
2.4.1.5 Yağ tutucular.....	8
2.4.1.6 Çökeltme havuzları	8
2.4.2 Biyolojik arıtma	9
2.4.2.1 Aktif çamur prosesleri.....	9
2.4.2.2 Uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemi	10
2.4.3 Kimyasal arıtma.....	10
2.5 Atıksu karakteristikleri	11
2.5.1 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ).....	11
2.5.2 Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)	13
2.5.3 Toplam katı madde (TKM).....	13
2.5.4 Askıda katı madde (AKM)	14
2.5.5 pH	15
2.5.6 Elektriksel iletkenlik.....	15
2.5.7 Toplam azot (TN)	16
2.5.8 Toplam fosfor (TP)	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1 Materyal.....	18
3.1.1 Yerleşim alanının özellikleri.....	18
3.1.2 Akşehir atıksu arıtma tesisi.....	19
3.1.3 Arıtma tesisi tasarım değerleri.....	20
3.1.4 Arıtma tesisi yapıları ve görevleri	21
3.1.4.1 Fiziksel arıtma genel tanımı.....	21
3.1.4.2 Biyolojik Arıtma	23
3.1.4.3 Çamur Arıtıma Genel Tanımı	27
3.2. Metot	30
3.2.1 Numune alma noktaları	30

3.2.2 Numune alma.....	31
3.2.3 Askıda katı madde (AKM)	32
3.2.4 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ).....	32
3.2.5 Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)	33
3.2.6 Toplam azot (TN)	33
3.2.7 Toplam fosfor (TP)	33
3.2.8 pH ve iletkenlik.....	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	35
4.1 Askıda Katı Madde Giderim Verimi	35
4.2 Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi	37
4.3 Biyolojik Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi.....	39
4.4 Toplam Azot Giderim Verimi	41
4.5 Toplam Fosfor Giderim Verimi	43
4.6 pH ve İletkenlik Analiz Sonuçları	45
4.7 Akşehir Gölü Analiz Sonuçları	46
4.8 Akşehir Atıksu Arıtma Tesisi SAİS Kabini Verileri.....	46
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	48
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	54

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKŞEHİR GÖLÜNÜ BESLEYEN AKŞEHİR ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇIKIŞ SUYU KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yusuf Kenan ORDU

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa KARATAŞ

ÖZET

Dünya nüfusunun artması ile birlikte çevre kirliliği ve çevre sorunları günümüzde ehemmiyetli bir sorun haline gelmiştir. Çevre problemleri ise sadece ülkelerin sorunu olmaktan çıkmış gezegenimizin bir problemi olmaya başlamıştır. Dolayısıyla artan çevre sorunları beraberinde çevre felaketlerini de girebilmektedir.

Akşehir atıksu arıtma tesisi 15.102 m³/gün kapasiteye sahip bir atıksu arıtma tesisi olup deşarj yeri olarak Akşehir gölü kullanılmaktadır. Akşehir Gölünü besleyen Akşehir Atıksu Arıtma Tesisinin çıkış suyu kalitesi yapılacak çalışmalarla gün yüzüne çıkarılacaktır. Yapılan bu çalışmada Akşehir Gölünü besleyen kaynaklardan biri olan Akşehir Atıksu Arıtma Tesisinin çıkış suyunun, belirlenen parametreler ışığında olumlu ve olumsuz yönleri araştırılmıştır. Toplanan numunelerde pH, Elektriksel İletkenlik (EI), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅), Toplam fosfor (TP), Toplam azot (TN), analizleri laboratuvar ortamında çalışılmıştır.

Akşehir atıksu arıtma tesisi Avrupa birliği projeleri kapsamında ülkemize kazandırılan önemli yatırımlardan biridir. Arıtma tesisi mevcut bölge kanalizasyon altyapısının tamamını bünyesinde bağlayan ve ileri biyolojik arıtma prosesleri ile çevre sağlığına zararsız kirlletici seviyelerine indiren bir tesistir. Tez çalışma programı takviminde belirlenen günlerde yapılan analizlerde; askıda katı madde %97,4 giderim verimi, kimyasal oksijen ihtiyacı %95,7 giderim verimi, biyolojik oksijen ihtiyacı %98,1 giderim verimi, toplam azot %87,8 giderim verimi, toplam fosfor %89,8 giderim verimi belirlenmiştir. Giderim verimleri hedefler ile uyumlu olup çıkış suyu kirlletici konsantrasyonları ise deşarj standartlarını sağlamaktadır.

Sonuç olarak Akşehir Gölünü besleyen Akşehir atıksu arıtma tesisi çıkış suyu kalitesi, gölü beslemeye elverişli olup; proje bölgeye kazandırılmış etkili ve sürdürülebilir bir proje olarak görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akşehir Gölü, Atıksu Arıtma Tesis, Çevresel Etki Değerlendirmesi, Deşarj Suyu.

Ağustos, 2024; 54 sayfa

M.Sc. THESIS

ASSESSMENT OF THE EFFLUENT WATER QUALITY OF AKŞEHİR WASTEWATER TREATMENT PLANT, WHICH INFLUENT AKŞEHİR LAKE

Yusuf Kenan ORDU

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa KARATAŞ

ABSTRACT

With the increase in the world population, environmental pollution and environmental problems have become an important problem today. Environmental problems have become a problem not only for countries but also for our planet. Therefore, increasing environmental problems may also lead to environmental disasters.

Akşehir wastewater treatment plant has a capacity of 15102 m³/day and Akşehir lake is used as the discharge location. The reason why the Akşehir wastewater treatment plant affects Akşehir Lake will be revealed through further studies. In this study, the positive and negative aspects of the Akşehir Wastewater Treatment Plant effluent, one of the sources feeding Akşehir Lake, were investigated in the light of the determined parameters. pH, Electrical Conductivity (EC), Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD5), Total phosphorus (TP), Total nitrogen (TN) analyzes of the collected samples were studied in a laboratory.

Akşehir wastewater treatment facility is one of the important investments brought to our country within the scope of European Union projects. The treatment plant is a facility that connects the entire existing regional sewage infrastructure and reduces pollutant levels to harmless environmental health through advanced biological treatment processes. In the analyzes carried out on the days determined in the thesis work program calendar; Suspended solids removal efficiency was determined as 97,4%, chemical oxygen demand as 95,7% removal efficiency, biological oxygen demand as 98.1% removal efficiency, total nitrogen as 87,8% removal efficiency, total phosphorus as 89.8% removal efficiency. Removal efficiencies are compatible with the targets and effluent pollutant concentrations meet the discharge standards.

As a result, the effluent quality of the Akşehir wastewater treatment plant, which feeds Akşehir Lake, is suitable for feeding the lake; The project is seen as an effective and sustainable project brought to the region.

Keywords: Wastewater Treatment Plant, Environmental Impact Assessment, Discharge water, Akşehir Lake.

August, 2024; 54 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi	10
Şekil 2.2. Atıksudaki KOİ bileşenleri	11
Şekil 2.3. Çıkış akımı çözünmüş KOİ bileşenleri	12
Şekil 2.4. Çıkış akımı partiküler KOİ bileşenleri	13
Şekil 2.5. Atıksularda mevcut katı maddelerin sınıflandırılması.....	14
Şekil 2.6. Atıksularda azot formlarının sınıflandırılması	16
Şekil 3.1. Türkiye – Konya – Akşehir haritası.....	18
Şekil 3.2. Kaba ve ince ızgaralar.	22
Şekil 3.3. Kum ve yağ tutucu.....	23
Şekil 3.4. Anaerobik havuzlar.....	24
Şekil 3.5. Havalandırma havuzları.....	25
Şekil 3.6. Çöktürme havuzları.	26
Şekil 3.7. Geri devir ve fazla çamur pompası.....	27
Şekil 3.8. Mekanik yoğunlaştırıcı.	28
Şekil 3.9. Susuzlaştırma dekantörleri.....	29
Şekil 3.10. Numune alınan noktalar.....	31
Şekil 3.11. Numune alma cihazları.	32
Şekil 4.1. Giriş ve çıkış AKM konsantrasyonları ile deşarj limitinin karşılaştırılması.....	36
Şekil 4.2. AKM giderim verimleri ve hedef verimlerinin karşılaştırılması.....	37
Şekil 4.3. Giriş ve çıkış KOİ konsantrasyonları ile deşarj limitinin karşılaştırılması.....	38
Şekil 4.4. KOİ giderim verimleri ve hedef verimlerinin karşılaştırılması.	39
Şekil 4.5. Giriş ve çıkış BOİ konsantrasyonları ile deşarj limitinin karşılaştırılması.....	40
Şekil 4.6. BOİ giderim verimleri ve hedef verimlerinin karşılaştırılması.	41
Şekil 4.7. Giriş ve çıkış TN konsantrasyonları ile deşarj limitinin karşılaştırılması.....	42
Şekil 4.8. TN giderim hedefleri ve verim hedeflerinin karşılaştırılması.	43
Şekil 4.9. Giriş ve çıkış TP konsantrasyonları ile deşarj limitinin karşılaştırılması. .	44
Şekil 4.10. TP giderim hedefleri ve verim hedeflerinin karşılaştırılması.	45
Şekil 4.11. Akşehir AAT 2023 SAİS geçerli ve gönderme raporu.....	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Evsel atıksuların genel bileşimi	4
Çizelge 2.2. Evsel atıksuyun tipik özellikleri	4
Çizelge 2.3. Kaba ızgaraların özellikleri.....	7
Çizelge 2.4. Sulardaki katı madde türleri	15
Çizelge 3.1. Hidrolik yükler.....	20
Çizelge 3.2. Kirlilik yükleri.	20
Çizelge 3.3. Kentsel atıksu arıtma tesisleri deşarj kriterleri	20
Çizelge 4.1. Giriş ve çıkış AKM konsantrasyonları.	35
Çizelge 4.2. Giriş ve çıkış KOİ konsantrasyonları.	37
Çizelge 4.3. Giriş ve çıkış BOİ konsantrasyonları.....	39
Çizelge 4.4. Giriş ve çıkış TN konsantrasyonları.	41
Çizelge 4.5. Giriş ve çıkış TP konsantrasyonları.....	43
Çizelge 4.6. pH ve iletkenlik konsantrasyonları.	45
Çizelge 4.7. Akşehir Gölü deşarj noktası analiz sonuçları.	46

SİMGELER VE KISALTMALAR

AAAT	Akşehir atıksu arıtma tesisi
AAT	Atıksu arıtma tesisi
AKM	Askıda katı madde
BOİ	Biyolojik oksijen ihtiyacı
Eİ	Elektriksel iletkenlik
KAAY	Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı
KOSKİ	Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi
NH₃	Amonyak
NH₄	Amonyum
NO₂	Nitrit
NO₃	Nitrat
TKN	Toplam kjeldahl azotu
TN	Toplam azot
TP	Toplam fosfor

1. GİRİŞ

İnsan vücudunun üçte ikisinden fazlası sudur. İnsanlara susuz birkaç gün bile yaşayamazlar. Bazı hastalıklar, vücut suyunun azalmasına neden olarak insan sağlığı için büyük tehlike oluşturur. Örneğin, ishallerde meydana gelen ölüm nedenlerinden en önemlisi su kaybıdır. Su, vücudumuzda kan ve doku sıvılarının temel bileşenidir. Vücudumuzda meydana gelen tüm fizyolojik olayların yürütülmesinde suya gerek vardır. Yaşamsal öneme sahip olan suyun kirlenmeden, zararlı kimyasal maddeleri ve hastalık yapıcı mikroorganizmaları içermeyecek şekilde kullanılmasının sağlanması gerekir. Aynı şekilde kullanılan ve atık hale gelen suyun da insanlara zarar vermeyecek şekilde uzaklaştırılması sağlık açısından önemlidir (İbadullayeva vd., 2019).

Kentsel yerleşim yerlerinde yerel yönetimler kanalizasyon altyapıları ile atık suyu giderirken, kırsal yerleşim yerlerinde atık suyun ve diğer atıkların uzaklaştırılmasında kuru ve sulu çukurlar kullanılmaktadır. Uygunsuz alt yapıya sahip olan bölgelerde kullanılan suyun ve diğer atıkların doğrudan alıcı ortamlara ulaşması mümkündür. Bu durum yüzeysel ve yer altı sularının olumsuz yönde etkilenip kirlenmesine ve yaşamsal öneme sahip olan suyun sağlık için tehlikeli bir boyuta ulaşmasına yol açmaktadır (İbadullayeva vd., 2019).

Bünyesinde çeşitli kirlilikler barındıran kullanılmış suların arıtılması çok ehemmiyetli bir durumdur. Bu nedenle ülkemizde ve dünyamızda atıksu arıtma tesislerinin kurulması kaçınılmaz bir hale gelmiştir. Arıtılmamış atıksular, belirlenen arıtım süreçlerinden geçerek deşarj edildiği ortamın özelliklerini olumsuz yönde değiştirmemeyi amaçlamaktadır. Atıksu arıtma tesisleri yatırım maliyetleri çok yüksek tesislerdir. Bu yüksek maliyetli tesisler işletmeye alındığında bile yüksek maliyetler ortaya çıkmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinin proje aşaması titizlikle yapılmalı ve yapılan tesisler işletmeye alındığında doğru işletme ile proje aşamasında belirlenen ve hedeflenen çıkış suyu kalitesine varılmalıdır.

Bu sebeple, atıksuların deşarj edildiği ortam özelliklerini olumsuz yönde etkileri en aza düşürmeyi hedefleyen Akşehir Atıksu Arıtma Tesis (AAAT) 2015 yılında projeye etabına alınmış ve 2018 yılında projesi ve yapımı tamamlanarak işletmeye alınmıştır.

1.1 Tezin Amacı ve Önemi

Konya nüfus yoğunluğu göz önüne alındığında en büyük beşinci ilçesi olan Akşehir 93.965 bin nüfuslu olup ciddi bir atıksu oluşumu mevcuttur. Akşehir ilçesinden kaynaklanan atıksular Akşehir Gölü'ne deşarj edilmektedir. Bu nedenle Akşehir Gölü'ne deşarj edilecek atıksular Akşehir Atıksu Arıtma Tesisinde arıtma işlemine tabi tutulmuş ve gölü besleyen arıtılmış atıksuların kalitesi değerlendirilmiştir.

Yerel yönetimler halk taleplerini, ihtiyaçlarını karşılamak, oluşan ve oluşabilecek çevresel vb. sorunlarına çözüm bulmak ve çevre koruma politikalarını gereğince atıksuları arıtarak alıcı ortama deşarjını sağlamak ile sorumludur. Bu doğrultuda Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi, Avrupa Birliği Projesi kapsamında Akşehir Atıksu Arıtma Tesisini (AAAT) projelendirmiş ve hayata geçirmiştir.

Bu çalışmanın bir başka önemi ise atıksulardan doğacak çevre kirliliği ile gelecek nesillere daha yaşanılabilir çevre politikasını işlemek, çevre felaketlerinden etkilenen, Dünya'da yaşamını sürdüren canlı ve bitki formlarının atıksulardan etkilenmesinin önüne geçerek, yaşantının eşik değerlerinin kabul formuna indirgenerek daha yaşanabilir ve sürdürülebilir Dünya yaşam formu oluşturmak olacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde atıksu arıtma tesislerinin kavramsal ifadesi, kuruluş amaçları, organizasyonu, evsel atıksu arıtma tesislerinin proseslerini içeren konular ele alınmıştır. Ayrıca bu konularla ilgili literatür çalışmalarına yer verilmiştir.

2.1 Atıksular

Suların veya sıvıların bünyesinde taşıdığı, yerleşim yerlerinden, endüstriyel ve ticari faaliyetler gerçekleştiren müesseselerden gelen atıkların ve yağışların, yer altı ve yüzey sularının karışımından kaynaklanan sulara atıksu denir. Başka bir deyişle, bir topluluktan gelen kullanılmış suya atıksu denilebilmektedir (Tchobanoglous vd., 1991).

2.1.1 Evsel atıksular

Genellikle evsel eylemler ile insanların günlük hayat aksiyonlarının bulunduğu yerleşim yerleri olan hastane, okul, otel gibi işkollarından meydana gelen atıksulardır (Gazete, 2004).

Evsel atık suların bünyesinde askıda madde, koloidal halde madde ve çözünmüş halde inorganik ve organik maddeler içerir. Atıksuyun yoğunluğu, kullanılan temiz suyun kirlenmeden önceki yoğunluğuna ve suyun hangi amaçla kullanıldığına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.. Bu değişkenliği genellikle doğa olayları, insanların yaşam standartları ve kültürleri yönlendirir. Evsel atık sulara endüstriyel atık suların boşaltılması evsel atık suyun özelliklerini çoğu oranda değiştirmektedir (Balman ve Balman, 2002).

Evsel atıksu sistemlerinde toplanan atıksular çok çeşitli kirleticiler bünyesinde bulundurmaktadır. Atıksuların bileşenleri, toplama sistemine karışan atıksuyun miktarı ve tipine bağlı olarak değişkenlik gösterir (Tchobanoglous vd., 2003). Buna göre evsel atıksuların genel bileşimi Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Evsel atıksuların genel bileşimi (Metcalf 2003).

Fiziksel Özellikler	Kimyasal Bileşenler			Biyolojik Bileşenler
	Organik	İnorganikler	Gazlar	
Renk	Karbonhidratlar	Alkalinite	Metan	Canlı Hücreler
Koku	Yağ ve Gres	Klorürler	Oksijen	Tek Hücreliler
Katı Maddeler	Pestisitler	Ağır Metaller	Hidrojen Sülfür	Virüsler
Sıcaklıklar	Fenoller	Azot		
	Proteinler	Ph		
	Yüzey aktif mad.	Fosfor		
		Sülfür		
		Toksik Bileşenler		

Evsel atıksuların bazı karakteristik özellikleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Evsel atıksuyun tipik özellikleri (Metcalf 2003).

Parametre	Birim	Kuvvetli	Orta	Zayıf
KOİ (toplam)	mg/L	1200	750	500
KOİ (çözülmüş)	mg/L	480	300	200
KOİ (askıda)	mg/L	720	450	300
BOİ ₅	mg/L	560	350	230
KOİ/BOİ ₅	mg/L	3,5	2,5	1,5
Toplam Azot (TN)	mg/L	100	60	30
NH ⁺ 4-N	mg/L	75	45	20
Toplam Fosfor	mg/L	25	15	6
Ortofosfor	mg/L	15	10	4
AKM	mg/L	350	220	100
UKM	mg/L	480	320	200
Alkalinite	mg/L	200	100	50
İletkenlik	mg/L	1200	1000	700
Yağ ve Gres	mg/L	150	100	5
pH	mg/L	8,00	7,50	7,00

2.1.2 Kentsel atıksular

Evsel atıksuyun yağmur suyu ve/veya endüstriyel atıksu ile karışımından kaynaklanabilen ya da evsel atıksu olarak tanımlanabilir (T.C. Resmi Gazete, 08 Ocak 2006, Sayı:26047). Bundan dolayı bu tip atıksular oldukça değişik niteliklere sahip olabilmektedirler ayrıca daha düşük maliyetli bir arıtma için bu atıksuların özelliklerinin bilinmesi önem arz etmektedir (Eren vd., 2007)

2.1.3 Endüstriyel atıksular

Endüstriyel atıksular, hammaddelerin işlenip, ürünlerin üretilmesi süreçlerinden sonra meydana gelen atıksulardır. Bu atıksular endüstride meydana gelen ısıtma, yıkama, ekstraksiyon, reaksiyon ürünlerini ayırma, taşıma ve kalite kontrol süreçlerinden oluşabilmektedir. Endüstriyel atıksular endüstri çeşidine ve işlenen malzemelerin cinsine bağlı olarak çok farklı bileşimleri içerebilmektedir. Bu atıksular yüksek oranda organik ve inorganik madde içeriğine sahip olabilmektedirler. Bu husus toplam askıda katı madde (TAKM), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerlerinin yüksek olması ile sonuçlanabilir. Evsel atıksularda pH değeri 6-9 aralığında olması istenirken, endüstriyel atıksularda pH değeri 6-9 aralığının çok üstün de veya altında değer olarak olabilmektedir (Reynolds vd., 2011).

2.2 Atıksu Arıtımı

Suların farklı kullanım etkinlikleri neticesinde kullanılmış suya dönüşerek yitirdiği özelliklerinin az ya da tamamını geri kazandırabilmek, deşarj edilecekleri alıcı ortamın özelliklerini olumsuz etkilemeyecek vaziyete getirmek için tatbik edilen süreçleridir. Bu süreçler fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtmadır (Damar, 2009).

2.3 Atıksu Arıtımının Hedefi ve Kapsamı

Aslında atıksuların arıtılmasında istenen, atık suyun arıtılıp alıcı ortamda insan hayatının sağlığına ve ekolojik dengeye etkisinin az seviyeye vardırılmasıdır. Bu arıtıma ilk kısımlar askıda bulunan katı maddeleri ve organik maddeleri uzaklaştırmak, zehirli bileşikleri ve zararlı ağır metalleri saf dışı bırakmak, patojen organizmaları gidermek ve yukarıda ifade ettiğimiz gibi alıcı ortam durumuna bağlı bulunarak fosfor ve azotu uzaklaştırmaktır (Mara ve Horan 2003).

Atıksu arıtıma aşamaları 3 bölümden oluşmaktadır. Bunlar, birincil (ön arıtma), ikincil ve ileri arıtmadır. Birincil arıtıma daha çok yüzebilen ve çökebilen atıkların sistemden giderilmesi hedeflenmektedir. İkincil arıtım organik maddelerin giderimini oluşturan biyolojik ve/veya kimyasal süreçlerdir. Birincil ve ikincil arıtım ile giderilemeyen atıkların giderim işlemleri ise ileri arıtım bölümünde gerçekleşmektedir.

2.4 Atıksu Arıtma Yöntemleri

Atıksu bünyesinde kirliliğe yol açan istenmeyen yabancı maddeler, ebatlarına göre çökebilir, askıda, kolloidal ve çözünmüş vaziyette bulunabilir. Her madde farklı arıtma yöntemi kullanılarak uzaklaştırılır.

Atıksu arıtma yöntemlerini fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere 3 başlıkta inceleyebiliriz.

2.4.1 Fiziksel arıtma

Atıksu bünyesindeki katı maddelerin fiziksel işlemlerle atıksudan giderilmesi gayesi ile kullanılan önemli proseslerdendir. Atıksu bünyesinde yer alan ve fiziksel arıtım sonrasındaki arıtım aşamalarındaki hızı düşürecek, engelleyecek ve teçhizatları arıza durumuna geçirecek nitelikte, çeşitli ebatlardaki katı maddeler sistemden uzaklaştırılmaktadır (Öztürk vd., 2005).

2.4.1.1 Izgaralar

Fiziksel arıtma prosesleri denince akla ilk gelen birilerin başında ızgara ve elekler gelir. Burada gaye, büyük hacimli kirleticileri atıksudan uzaklaştırarak, bir sonraki birimlerin yükünü hafifletmektir.

Izgaralar katı maddeleri sudan ayırarak, diğer birimlere zarar vermesini engellemek su yüzeyinde yer alan katı maddelerin sudan giderilmesi ve pompa gibi ekipmanların ve diğer ünitelerde yer alan ekipman ve enstrümanlara zarar vermesini önlemek için kullanılırlar. Bu sebepten dolayı izgaralar kendisinden sonraki arıtma bölümlerinin verimi arttırabilirler. Izgaraların kullanımı tesislere göre değişebilmekte ve küçük tesislerde operatör tarafından el ile, büyük tesislerde ise mekanik ekipmanlar ile temizlenir. El ile temizlenen küçük tesislerde, örneğin eş değer nüfusu 10.000'e kadar olan yerleşim yerlerinde ızgara çubuk aralığı 3 ile 5 cm arasında olan tek bir ızgara kullanılabilir. Izgaralar iki gruba ayrılırlar. Bunlar ince ve kaba izgaralardır (Qasim 2017).

2.4.1.2 Kaba ızgaralar

Arıtma tesisinde ki ilk ünite olarak kullanılan kaba ızgara ünitesidir. Öğütücüler, çubuk ve ızgaralar en yaygın olarak kullanılan kaba ızgaralardır (Qasim 2017). Kaba ızgaralara ait özellikler Çizelge 2.3’te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Kaba ızgaraların özellikleri (Metcalf ve Eddy 1991).

Tip	Yerleşim	Açıklama
Çubuk ızgaralar	Pompaların ve kum tutucuların önüne	Elle temizlemeli veya mekanik temizlemeli olabilirler. Küçük arıtma tesislerinde elle temizlemeli olanlar kullanılır.
Elekler	Çubuk ızgaranın önüne veya damlatmalı filtrenin arkasına	Çubuk ızgaraya göre daha küçük parçacıkların uzaklaştırılmasında kullanılır. Düz, kafes ve disk tipleri vardır. ızgaralar kanaldan çıkartılarak temizlenip yerine takılır. Yeni tipleri hareketli eleklere. Tasarımları ince ızgaralara benzer. Katılar sürekli ayrılarak oluğa boşaltılır. Uzaklaştırılacak maddelerin boyutuna bağlı olarak aralıklar 3-20 mm arasındadır.
Öğütücüler	Kaba eleklerle birlikte	Öğütücüler ızgaralarda tutulan katı maddeleri öğütür. Dönen veya titreşen bir merdane üzerinde kesme dişleri veya doğrama kısımları vardır. Öğütücüler neredeyse tamamen batmış konumdadır.

2.4.1.3 İnce ızgaralar

İnce ızgaralarda çubuklar arası genişlik 6-20 mm arasında değişmekte olup ve yatayla 60-80 derece açı yapacak şekilde ızgara kanalına yerleştirilirler. İnce ızgaralar temizliği manuel veya mekanik olarak yapılabilir. Çubuk ızgara tipinden başka, döner elek tipi yay tipi, döner tambur tipi ince ızgara çeşitleri bulunmaktadır. Arıtım tesislerinde üniteler arasında ızgaraların asıl kullanılma amacı tesiste yer alana pompaların, boruların ve diğer mekanik ekipmanların yıpranmasını engellemek ve korunmasını sağlamak, dirseklerin ve diğer aparatların tıkanmamasını sağlamaktır (Eckenfelder, 1989).

2.4.1.4 Kum tutucular

Kum, çakıl gibi atıl maddeleri sudan ayırmak maksadıyla kum tutucular teşkil edilir. Bu çeşit atıl maddeler ekseriya yağmur suyu ile sürüklenerek mecralara geldiğinden kum tutucular esas itibariyle birleşik sistemde söz konusudur. Ancak ayrık sistemle

toplanan kanallarda da herhangi bir sebeple kum geliyorsa, bu durumda ayırık sistem için de kum tutucu yapmak faydalıdır (Eroğlu, 2015).

Kum tutucularda sadece atıl (mineral) malzemenin çökmesi istenir, organik maddelerin çökmesi arzu edilmez. Çünkü ayrışabilen organik maddeler kum tutucularda birikirlerse kumların temizlenmesi sırasında istenmeyen koku problemlerinin ortaya çıkmasına sebep olur. Bu yüzden kum tutucularda tutulan maddeler, özgül ağırlıkları 2650 kg/m³ civarında olan ve çapları 0,1 mm'den daha büyük mineral taneciklerdir (Eroğlu, 2015).

2.4.1.5 Yağ tutucular

Yağlar, çeşitli sanayi faaliyetlerinden (petrol, gıda endüstrisi vb.) ve benzin istasyonları hastaneler, restoranlar, evler, gibi yerleşim yerlerinden gelen atıksuların bünyesinden yer almaktadır. Yağ tutucu ünitesi, evvelikle endüstriyel arıtma tesislerine kurulur. Yağ tutucular, evsel atıksu arıtma tesislerinde kurulması zorunlu değildir. Yağların, evsel atıksu arıtma tesislerinden uzaklaştırılması için genellikle ön çökeltme havuzu tercih edilmekte olup havuzda bulunan yüzey sıyrıcı ekipmanları kullanılmaktadır. Suyu yoğunluğu yağın yoğunluğundan yüksek olduğu için yağ suyun yüzeyine çıkar. Sonrasında yağ ön çökeltme havuzunun yüzeyinde bir tabaka halinde yayılır. Yağın tabaka halinde yayılmasının iki halde olumsuz etkileri bulunmaktadır. İlki havadan sıvı içine oksijen ulaşmasını yavaşlatır ve bundan dolayı suda bir oksijensiz bir vaziyet oluşabilir. İkinci olumsuz tarafı da, atıksu bünyesinde tabana çökmesi istenilen tane ve tanelerin suda bulunan yağdan dolayı yüzeyde tutulması ve çökme işleminin gerçekleşmemesidir. Yağ aynı zamanda, tesisteki mekanik ekipmanlara da zarar vermektedir (Samsunlu, 2006).

2.4.1.6 Çökeltme havuzları

Atıksu arıtma tesislerinde, genellikle ızgara ve kum tutucudan sonra atıksular ön çökeltme havuzuna alınarak çöktürme işlemine tabi tutulurlar. Ön çökeltme havuzunun esas işlevi, atıksudaki çökebilir maddeleri sistemden uzaklaştırmaktır. Bu nedenle biyolojik arıtma kısmına ulaşan atıksuyun organik yükü de azaltılmıştır. Başka bir yararı da, şok yükleri dengelemesidir (Metcalf, 2003). Ham atıksu veya aktif çamur çökmesinin genel olarak iki sonucu vardır. Savaklanan suyun askıda

maddelerden temizlenmesi, dibe çökelen çamurun ise yoğunlaşmasıdır. Ön çökeltme havuzlarında suyun temizlenme, durulanma olayı çok ehemmiyetlidir ve tasarımı bu durum göz önüne bulundurulur. Bununla beraber tabana çökelen çamurun yoğunlaşması da çok istenir. Durulanma, taneli çökelmeye karşılık gelir. Bu durumda taneciklerin birbiri üzerine etkisi yoktur. Çökelden dolayı konsantrasyon yükseldikçe tanecikler birbirlerine tesir etmeye başlar. Bu noktadan itibaren engelli çökeltme olayı görülür. Engelli çökeltmenin ilk aşamasında, çökeltme hızı ve konsantrasyonun sabit kaldığı, belli bir kısmın kütle halinde çökeldiği görülür. Bu evreye bölge çökeltmesi veya piston akımlı çökeltme denilmektedir. Sonrasında ise, konsantrasyonun yükselmeye başladığı yoğunlaşma evresi gelir. Yoğunlaşma katmanının en alt taraflarında, çökeltmiş taneciklerin ve suyun hidrostatik basıncından dolayı konsantrasyon daha da yükselebilir (Akça, 1988).

2.4.2 Biyolojik arıtma

Maliyeti uygun, güvenilir, çevre dostu olan biyolojik arıtmada, organik madde ve inorganik nütrientlerin giderimi sağlanmaktadır. Mikroorganizmaların atıksuya adaptasyonları ve fenolik maddelerin mikroorganizmaları inhibe etmemesi, biyolojik arıtmada en önemli konulardır (Paraskeva ve Diamadopoulos, 2006).

Sık kullanılan biyolojik prosesler;

- Aktif çamur prosesleri
- Havalandırılmalı lagünler
- Döner biyodiskler
- Damlatılmalı filtreler ve

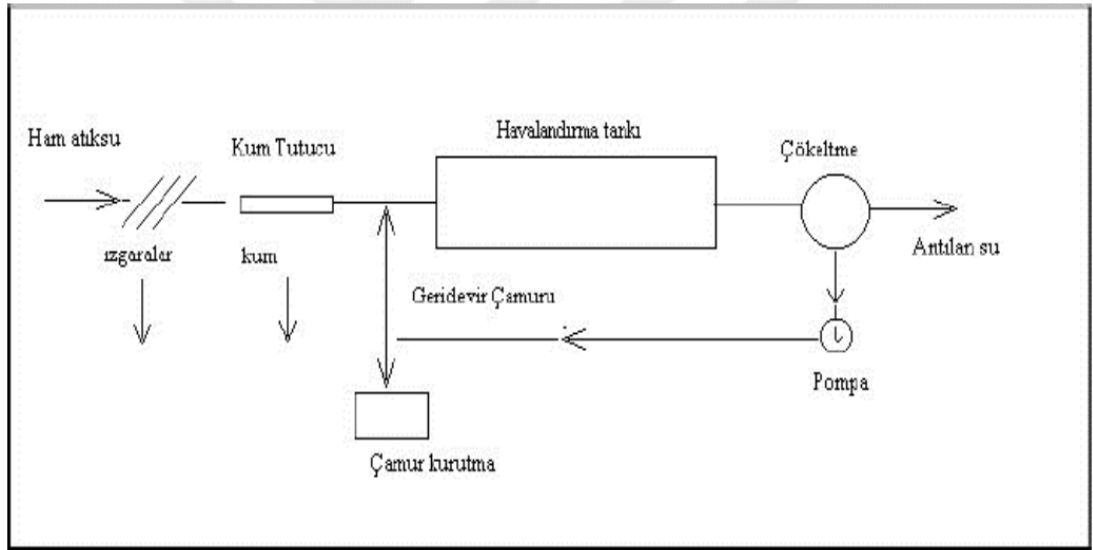
2.4.2.1 Aktif çamur prosesleri

Mikroorganizmaların kirleticileri enerji ve besin kaynağı olarak kullanmak kaydıyla, kirleticilerin atık sudan uzaklaştırılmaları gerekçesine dayanmaktadır. Faydalı olsalar bile biyolojik arıtım sistemleri lignin gibi suya renk veren bileşiklerin kompleks yapılara ve boyutlara sahip olması nedeni ile bu bileşiklerin arıtmalarında yetersiz kalmaktadır. Bununla beraber lignin algler yardımı ile hızlı bir şekilde sistemden uzaklaştırılabilir. Olumsuz tarafı ise mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu glikoz

ölçüsünün fazla olmasıdır. Finlandiya’da bulunan bir kağıt üretim tesisinde oluşan atık sular için tesiste olan aktif çamur sistemi ile KOİ giderim verimi %82 olarak elde edilmiştir. Kâğıt fabrikası atık suları için kullanılan aktif çamur sistemlerinde ortaya çıkan başlıca işletme problemleri ise azot ve fosfor kısıtlı olması, çamur kabarması ve ipliksi bakterilerin oluşumudur (Saunamaki 1997).

2.4.2.2 Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi

Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri bünyesinde ağır ayrışan organik maddeler bulunduran atıksuların arıtılması veya evsel atıksuların arıtımında çamur oluşumunun aza indirilmesi hedefi ile kullanılan sistemlerdir. İşletme ve yatırım maliyetlerinin düşük olması, prosesin işletiminin ve bakımlarının kolay olması gibi nedenler ile küçük yerleşim yerlerinde tercih edilmektedir (Johnstone, 1984) (Gemmell ve Herbert, 1985). Şekil. 2.1’de uzun havalandırmalı aktif çamur sistemine ait şema gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi (Öztürk vd., 2005).

2.4.3 Kimyasal arıtma

Kimyasal pıhtılaştırma, atıksuda kolloid maddelerin elektrostatik yükleri nedeni ile bir araya gelememesi sonucunda kimyasal madde ilavesiyle bir araya getirilmesi hadisesidir. Kimyasal çöktürme ise, atıksularda toksik etki yapıp çözünmüş halde bulunan maddelerin, kimyasal madde ilavesiyle suda çözünmeyen bileşikler haline getirilip çöktürülmesi işlemidir. Kimyasal arıtmada genel olarak FeCl_3 , H_2SO_4 , HCl , Ca(OH)_2 , FeSO_4 , alüm gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır (Aktas vd., 2001).

2.5 Atıksu karakteristikleri

Günümüzde kirletici maddelerin değerlendirilmesini sağlayan önemli ve anlamlı parametrelere dayanmaktadır. Atıksu karakteristiklerinin kombinasyonlarına bağlı olarak, çıkış suyu standartının gereksinimi arıtma hedefi belirlemiştir. Bu hedeflere ulaşılabilmesi için arıtma teknolojilerini ortaya koymuştur (Oller vd., 2011).

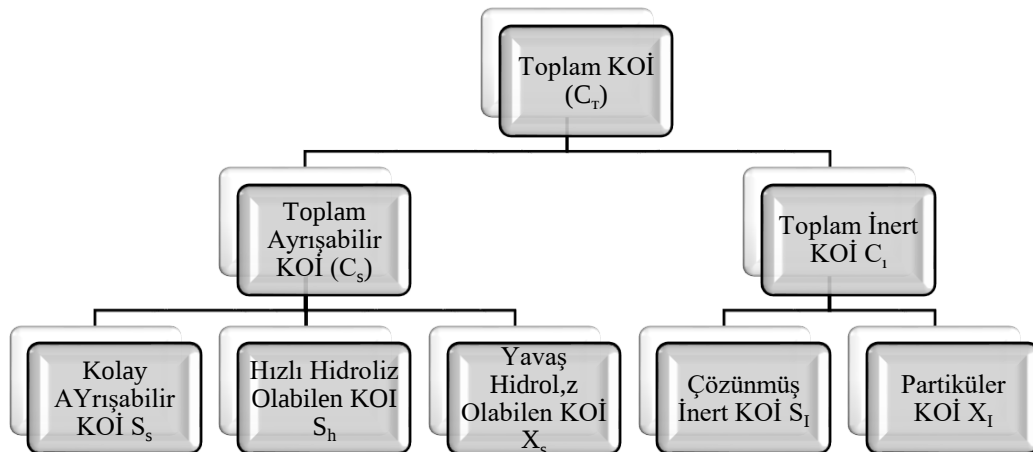
2.5.1 Kimyasal oksjen ihtiyacı (KOİ)

Atıksuyun toplam KOİ (C_T)'si, biyolojik ayrışma karakteristiğine göre iki ayrı sınıfta ele alınmaktadır: toplam biyolojik olarak ayrışabilir KOİ (C_s) ve biyolojik olarak ayrışamayan ya da inert KOİ (C_i) (Çokgör, 1997).

Toplam biyolojik olarak ayrışabilir KOİ (C_s), ayrışabilir KOİ (S_s) ve iki farklı hidroliz hızına göre, hızlı hidroliz olabilen KOİ (S_h) ve yavaş hidroliz olabilen KOİ (X_s) olmak üzere tanımlanabilmektedir (Dold ve Marais, 1986).

İnert KOİ fraksiyonu, çözülmüş inert KOİ (S_i) ve partiküler inert KOİ (X_i) biçiminde ayrılmaktadır. Çözülmüş inert KOİ (S_i), biyokimyasal reaksiyona girmeden sisteme girdiği gibi çıktığı için tesis atıksuyu çıkışının en önemli organik madde bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Partiküler inert KOİ (X_i) ise aktif çamurun bünyesinde birikime uğramakta ve sistemden atık çamurun bir bileşeni olarak atılan fazla çamur akımıyla uzaklaştırılmaktadır (Çokgör, 1997).

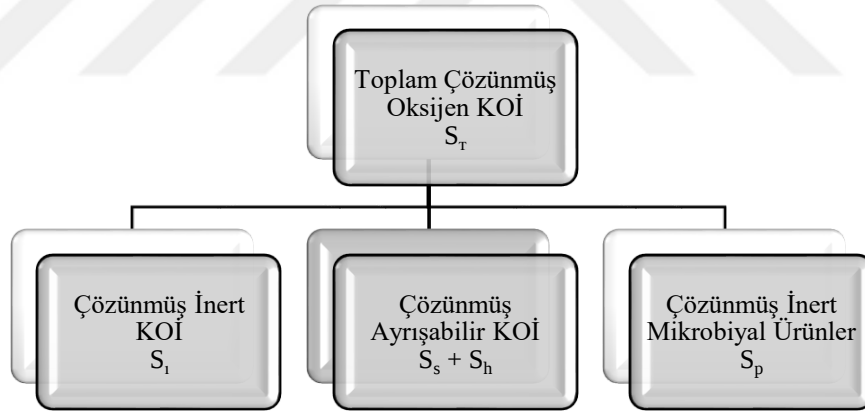
Atıksuda bulunan KOİ fraksiyonları Şekil 2.2'de verilmektedir.



Şekil 2.2. Atıksudaki KOİ bileşenleri (Orhon ve Çokgör 1997).

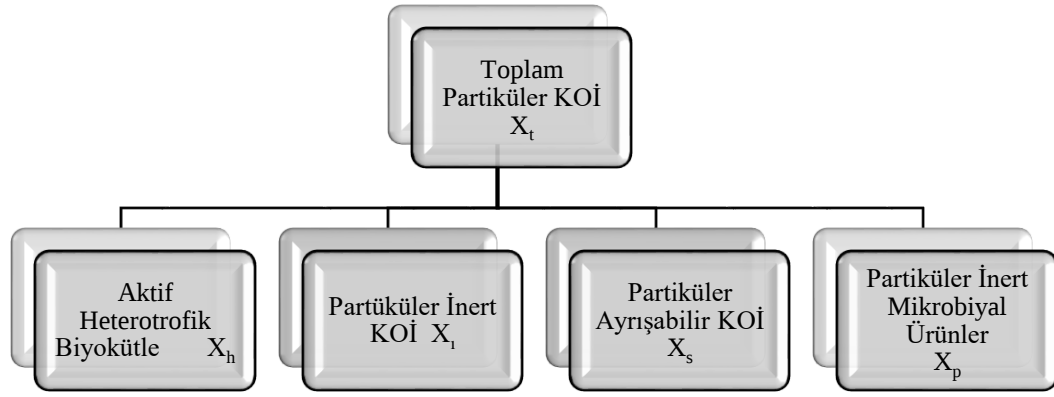
Yavaş hidroliz olabilen organik maddenin (X_s), partikül boyutuna göre çözünmüş, koloidal ve kompleks yapıda büyük organik partiküllerden oluştuğu bilinmektedir. Hücre duvarından geçemeyen bu bileşiklerin hücre dışında hidroliz olmaları gerekmektedir. Hidroliz hızı biyolojik olarak yavaş ayrışabilen organik maddenin kullanım hızından dolayı hidroliz hız sınırlayıcı adımı oluşturmaktadır. Hidroliz hızının atıksu içindeki her organik madde için farklılık göstermesinden dolayı bu fraksiyonun karakterize edilmesini güçleştirmektedir. Bu kısım çamur yaşına bağlı olarak biyolojik çamur içerisinde birikime uğradığı için özellikle düşük çamur yaşındaki sistemlerde, çamurun organik madde içeriğini ve sistemin kinetiğini değiştirmektedir.

Çıkış akımındaki çözünmüş KOİ bileşeni, ham atıksuda bulunan çözünmüş inert KOİ (S_i) ve az miktarda biyolojik olarak ayrışabilen KOİ ile metabolik olarak oluşan ve inert yapıda olan çözünmüş KOİ, SP'yi kapsamaktadır. Sonuç olarak çıkış akımında genellikle ham atıksudan daha fazla çözünmüş yapıda inert KOİ gözlemlenmektedir. Çıkış akımındaki çözünmüş KOİ bileşenleri Şekil 2.3'de verilmektedir.



Şekil 2.3. Çıkış akımı çözünmüş KOİ bileşenleri (Ekama vd., 1986)

Aynı şekilde fazla çamur olarak sistemden atılacak olan çamur akımındaki bileşenler dört ana bileşenden oluşmaktadır: aktif heterotrofik biyokütle (X_H), partiküler inert KOİ (X_i), yavaş hidroliz olabilen organik maddenin çamur aşına göre giderilemeyen kısmı (X_s) ve biyokütlenin bozunması esnasında gerçekleşen metabolik aktiviteler sonucu inert yapıdaki partiküler KOİ (X_p)'dir. X 'nin tam olarak giderimi için seçilen hidrolik bekletme süresi ile yeterli zaman sağlanmalıdır, aksi takdirde sağlanamadığı sistemlerde, bu parameter çamur oluşumunun önemli bileşenini oluşturacaktır. Çıkış akımında partiküler KOİ bileşenleri Şekil 2.4'te verilmektedir.



Şekil 2.4. Çıkış akımı partiküler KOİ bileşenleri (Ekama vd., 1986).

2.5.2 Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), biyolojik olarak atıksu ve sularda çözünebilir organik maddelerin saptanmasında kullanılan ehemmiyetli bir değişkendir. Biyolojik olarak parçalanabilir organik maddelerin yanında sülfidler ve demir gibi inorganik maddelerin okside olması için lazım olan oksijen miktarını ve inhibitör tarafından engellenmemiş azotun indirgenmiş formlarını okside etmek için lazım olan oksijen miktarını işaret etmektedir (Clesceri, 1998).

Atıksu arıtma tesisleri parçalanabilen organik maddelere göre tasarlanmaktadır. Bundan dolayı tesislerin BOİ analizlerinin sonuçlarının takip edilmesi doğru işlemlerden biridir. Atıksu arıtma sistemlerinin de işletim verimlerinin daha etkin ve sürekli izlenmesini gerektiren sebeplerden biride yüzey sularına deşarj standartlarının giderek sıkılaşmasıdır. Bu netice sonucunda atıksu arıtımında kullanılan parametrelerin anlık değişimleri gösterebilecek ve sistemde otomasyona izin verebilecek nitelikte olması gerekmektedir. Ama çevrimiçi izleme için pekte uygun değildir, çünkü BOİ₅ testi 5 günlük inkübasyon periyodundan dolayı zaman alıcı olmaktadır. BOİ₅ testinin uzun sürmesi nedeni ile ölçümlerin güvenilir ve hızlı bir şekilde yapabilmek için mikroorganizmaların solunum hızlarına dayalı biyosensör çalışmaları yürütülmektedir. Biyosensör çalışmalarının ilkinin 1977 yılında Karube ve arkadaşları yayınlamıştır (Karube vd., 1977).

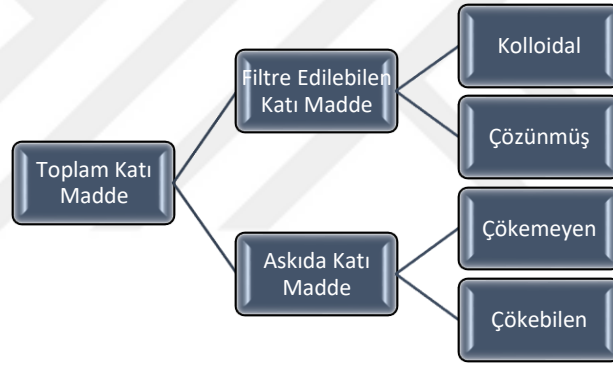
2.5.3 Toplam katı madde (TKM)

Doğal ve atık sularda yer alan çözünmüş yahut askıda vaziyetteki maddeler katı maddeler olarak isimlendirilir. Toplam katı madde, süzdürülebilen ve süzdürülemeyen

katıların toplamıdır. Süzdürülebilen katı maddeye çözülmüş katı madde, Süzdürülemeyen katı maddeye ise askıda katı madde denilmektedir. Orta seviye kirlilikte bir atıksuda, askıda katı maddelerin tahmini %75'i ve süzdürülebilen katı maddelerin tahmini %40'ı organik yapıdır (Nas 2017). Şekil 2.5'de atıksularda mevcut katı maddelerin sınıflandırılması gösterilmiştir.

Toplam Katı Madde Neden Önemlidir?

- Yüksek konsantrasyonlarda katı madde içeren atık sular, arıtma tesisi çıkış suyu kalitesini ve alıcı ortamını olumsuz yönde etkilerler.
- Alıcı su ortamlarında katı madde miktarları fazla bulunursa çökelmelere ve dip çamuru oluşmasına neden olur.
- Yüksek oranda katı madde içeren sular, içme suyu ve endüstriyel amaçlı su temininde kullanılmazlar.



Şekil 2.5. Atıksularda mevcut katı maddelerin sınıflandırılması (Nas 2017).

2.5.4 Askıda katı madde (AKM)

Birim hacimde alınan su örneğinin, 103-105 °C sıcaklıkta suyunun buharlaştırıldıktan sonra geriye kalan maddelerin ağırlığına AKM denir. Bu maddelerin bir kısmı filtrasyonda tutulurken, diğer kısımları tutulamaz. 0,45µ por çaplı filtre kâğıdının üzerinde kalan maddeler AKM, filtre kâğıdından geçen maddeler ise çözülmüş madde olarak adlandırılır. AKM ve çözülmüş maddelerin içme sularında bulunması, koku ve tat problemleri oluşturması bakımından suyun kalitesini düşürür. Bu maddelerin analizinde kullanılan teknikler genellikle ampiriktir. Ayrıca bu yöntemler toplam katı madde ve diğer katı madde türlerinde tür ayrımı yapmamaktadır. Katı maddelerin türleri Çizelge 2.4'te gösterilmiştir. Sol sütunda gösterilen yöntemlerin uygulanması

birçok etkene bağlıdır. Filtrelerin por çapı, alanı, malzemesi ve kalınlığı bunlara örnek olarak sayılabilir (Mihelcie, 1999).

Çizelge 2.4. Sulardaki katı madde türleri (Mihelcie 1999).

	Toplam Katı Madde			
	Çözünmüş		Çökebilir AKM	
	İnorganik	Organik	İnorganik	Organik
Buharlaştırma 130-150°C	Toplam Katı Madde (TKM)			
			Toplam Askıda Katı Madde (TAKM)	
Yakma 550-600°C		UÇM		UAKM
İletkenlik	Toplam Çözünmüş Madde (TÇM)			

Su ve atıksularda, organik ve inorganik kısımdan oluşan katı maddelerin partikül boyutları 0,001 µm ile 100 µm aralığında değişiklik göstermektedir. Genellikle katı madde analizleri yapılırken 0,45 µm por çaplı filtre kağıtları kullanılır. Filtrasyon esnasında filtre kağıdından süzülenler çözünmüş katı maddelerdir. Çözünmüş maddelerin en büyük partikül çapı 11 Å kabul edilir. Partikül çapı 10 µm'den az olan maddeler ise kolloid olarak adlandırılır. Kolloidlerin en küçük partikül çapı ise 0,001 µm'dir. Partikül çapı 1 µm'den az olan maddeler çökeltme tanklarında bekletme süresi uzun olsa dahi çökmezler. Çünkü bu maddelerin birim ağırlıkları başına yüzey alanları yüksektir (Metcalf ve Eddy 1991).

2.5.5 pH

Mikroorganizmalar yaşamlarını belirli bir pH aralığında yaşamlarını devam ettirebilmektedirler. Mikroorganizmaların aktivitelerini devam ettirebilmeleri için ideal olan pH aralığı literatürde 6-8 aralığı olarak geçmektedir (Jain ve Singh 2023). pH değerinin 6'nın altında olması bazik, 8'in üzerine olması ortamın asidik özellik kazandığını gösterir. Atıksuyun pH değeri, oldukça önemlidir. Çünkü mikroorganizmaların atıksuyun bünyesinde yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmeleri ve aynı zamanda biyolojik dönüşümlerini gerçekleştirebilmeleri için atıksu pH'nın ideal pH değerlerini sağlaması gerekmektedir.

2.5.6 Elektriksel iletkenlik

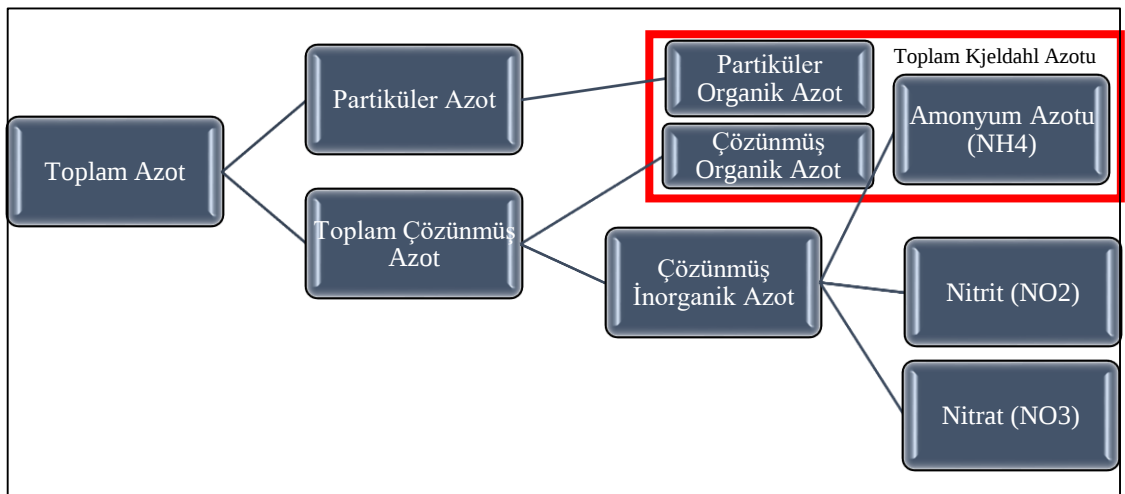
Suyun bir elektrik akımı iletme kabiliyetinin sayısal ifadesine iletkenlik denir. Elektriksel iletkenlik, çoğu endüstride suyun saflığının bir göstergesi olarak

kullanılabilmektedir (Mihelcie 1999). Suyun en önemli özelliklerinden biride suyun iletkenliğidir ve birimi $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Suda bulunan safsızlıklar çoğaldıkça suyun iletkenliği artar, çünkü saf su molekülleri elektrik geçirmez. Suyun bünyesinde H_2O bulunmayan çözünmüş mineral miktarı hakkında bilgi edinilebilmek için suyun elektriksel iletkenliği ölçülebilir. Suyun iletkenliği esas olarak atıksuların içindeki kimyasal kirleticilerin (serbest iyonlar) var olmasından kaynaklanmaktadır (Lamichhane vd., 2011).

2.5.7 Toplam azot (TN)

Miktar bakımından atmosferde en çok Azot (N_2) elementi yer almaktadır Azotu farklı oksidasyon formlarına çeviren mikroorganizmalar ve bitkiler azot döngüsüne katkı sağlarlar Amonyak (NH_3) nitrit iyonu (NO_2^-), nitrat iyonu (NO_3^-) ve amonyum iyonu en önem arz eden oksidasyon formlarıdır. Organik azot ve inorganik azot oksidasyon şekillerinin toplamı bizlere doğal sulardaki toplam azotu verir. Buna göre toplam azot ise amonyum azotu, nitrat ve nitrit azotu ile toplam Kjeldahl azotunun (organik azot ve amonyak azotu), toplamıdır (Doğanay, 2014).

Toplam azotun doğada bir hayli çok kaynağı bulunmaktadır. Araç (otomobil, otobüs, kamyon vb.) egzozları nitroz oksit içerir ve bu sebepten dolayı çökeltme vasıtasıyla suya karışabilmektedir. Başlıca kirletici kaynaklarına örnek olarak, böcekler toprak kayması, gübreler, evsel atıksu deşarjı ve endüstriyel atıksu deşarjlarıdır. Hayvan atıkları ve ölmüş bitikler ise doğal kirletici kaynaklarıdır (Doğanay, 2014). Şekil 2.6'da atıksularda azot formlarının sınıflandırılması gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Atıksularda azot formlarının sınıflandırılması (Nas 2017).

2.5.8 Toplam fosfor (TP)

Fosfor, biyolojik açıdan (hayvansal organizmaların kabuk, kemik ve dişleri gibi) önemli rolleri olan pek çok molekül ve membranın önemli bir elementidir. Ayrıca gaz halinde atmosferde bulunmayıp, karada bileşik şeklinde bulunur. Değişik nedenlerden dolayı kayaların aşınması sonucunda çok az miktarda fosfor, fosfat halinde toprağa geçer ve bitkilere ulaşmaktadır (Shelknanloymilan, 2013).

Fosfat sularda az miktarda rastlanan bir anyon olmakla birlikte biyolojik faaliyetlerin düşük olduğu zamanlarda yüksek yoğunluklarda karşılaşılan bir anyondur. Fosfatın olması alglerin alışılmışın dışında fazla üremesine yol açarken, biyolojik faaliyetlerin kısmen artmasıyla sonuçlanan bir dizi etkileşime meydan vermektedir. Fosfor bileşikleri, organizmalar için ana bileşiklerden olup; insan, hayvan atıkları ve gıda endüstrisi gibi biyolojik madde işleyen endüstrilerin atıksuları, fosfor bileşikleri için ana kaynaktır. Buna ek olarak, evsel ve endüstriyel deterjanlarda ürünün etkinliğini artırmak için sıklıkla fosfat içerirler. Ayrıca alıcı ortamları için fosforun temel kaynakları arasında fosfat ve fosforik asit üreten özellikle gübre ve metal kullanan endüstri atıksuları yer alır (Başer, 2006).

Atıksularda bulunan fosfor bileşikleri temelde; ortofosfat, polifosfat ve organik fosfor bileşikleri olmak üzere üç çeşittir. Fosfor bazlı bileşikleri gidermek için kimyasal yolla fosfat çöktürülmesi ve biyolojik yolla fosfor giderilmesi metotlar ayrı ayrı veya birlikte kullanılmaktadır. Atıksudaki fosforun klasik (biyolojik arıtma) yöntemler ile istenilen limitlere düşürülmesi mümkün olmadığı durumlarda kimyasal fosfor giderim yöntemlerinin uygulanmasına gerek duyulmaktadır. Kimyasal arıtmada kullanılan kimyasal maddeler, yüksek pH değerinde fosfor, fosfat tuzları hâlinde çöktürülmektedir. Biyolojik metotlarda ise fosfor arıtımı, biyolojik arıtma sırasında fosfatın mikroorganizmalarca alınması ile sağlanmaktadır (Özgür, 1996).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

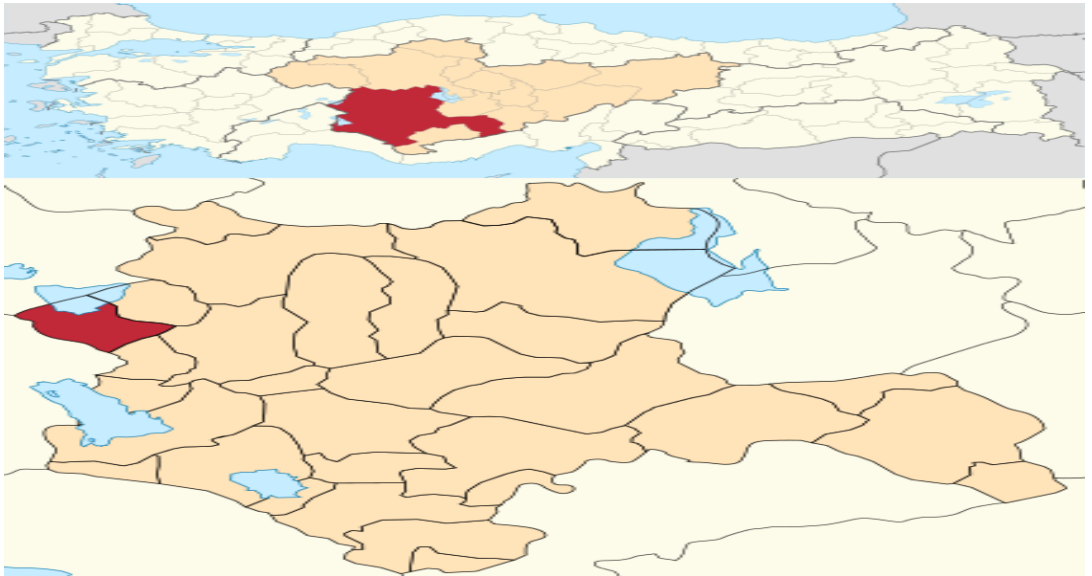
3.1 Materyal

3.1.1 Yerleşim alanın özellikleri

Akşehir ilçesi, İç Anadolu Bölgesi'nin batı kesiminde, Konya ilinin kuzeybatısında, 38°21' Kuzey enlemi ve 31°25' Doğu boylamında yer almaktadır. İlçe, konumu nedeniyle geçiş özelliği göstermektedir.

Akşehir ilçesi 1.442 km² yüzölçümüyle Konya ilinin %4'ünü kapsamaktadır. İlçe kuzeyde Akşehir Gölü, kuzeybatı-güneydoğuda Sultan Dağı, batıda Sultandağı ilçesi, doğuda Doğanhisar ilçesi, güneybatıda Yalvaç ilçesi, kuzeydoğuda Tuzlukçu ilçesi ile çevrilidir.

Konya İl'inin merkez ilçeyle birlikte 31 ilçesi bulunmaktadır. Akşehir ilçesi nüfusu bakımından Konya'nın ikinci büyük ilçesidir. Sultan Dağları'nın kuzeyinde yer alan Akşehir ilçesi, Sultan Dağları ve Akşehir Gölü ile çevrili, 36 km genişliğinde ve 40 km uzunluğunda bir ova üzerinde kurulmuştur. Çevredeki önemli tepeler arasında Tekkekale Tepesi (1.664 m), Çamlık Tepesi (1.731 m) ve Gelincikana Tepesi (2.610 m, Akşehir Gölü havzası için her açıdan önemli olan) kuzeybatıdan güneye doğru sıralanmıştır. Şekil 3.1'de Türkiye, Konya ve Akşehir ilçesinin haritası gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Türkiye – Konya – Akşehir haritası.

3.1.2 Akşehir atıksu arıtma tesisi

Akşehir Belediyesi'ndeki geçmişte atıksu arıtma tesisi 1987 yılında inşa edilmiştir. Tesiste Akşehir'den gelen atık suyun arıtılmasında konvansiyonel yöntemler kullanılmaktaydı. Stabilizasyon tanklarında yeterli şekilde arıtılmayan atık sular, ekolojik açıdan hassas alan (1. Derece Doğal Sit) olarak sınıflandırılan Akşehir Gölü'ne deşarj edilmekteydi. Arıtma tesisinin verimsiz işletilmesi ve kötü arıtılmış atık suyun Akşehir Gölü'ne deşarj edilmesi hem halk sağlığı hem de çevre açısından risk oluşturmaktaydı.

Bu durum hem su hem de çevre kirliliğine neden olmakta ve halk sağlığını tehdit etmektedir. Bu nedenle atık suyun çevreye, su kalitesine, canlı organizmalara olumsuz etkileri, göze hoş görünmeyen özellikleri ve yerel halk üzerindeki psikolojik etkileri dikkate alındığında, atık suyun bir atık su toplama sistemi ile toplanıp arıtıldıktan sonra deşarj edilmesi gerektiği açıktır. Bu amaçla yapılan 2017 Aralık ayında devreye alınan ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi ile su kütlesinin kullanılabilirliğinin sürdürülmesi, alıcı su kütlesinin kirlilik yükünün azaltılması, su ekosisteminin iyileştirilmesi, insan sağlığına yönelik risklerin azaltılması ve dolayısıyla çevre kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Yukarıdaki hedeflere ulaşıp Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği ve arıtılmış atıksu deşarj standartlarına tam uyum sağlanmıştır.

Akşehir atıksu arıtma tesisine (AAAT) verilecek atık su, evsel, ticari atık sular, kurumların kullanma suları, sanayi ve diğer tüketicilerden kaynaklanan atık sular, infiltrasyon suları ve menhollerden gelen yağmur sularından oluşmaktadır. Toplam atık su üretim miktarı, yukarıdaki jeneratörlerin her birinden gelen atık su miktarları toplanarak ve debimetre arızaları ve kaçak bağlantılar dikkate alınarak bulunmuştur.

Akşehir Evsel Atıksu Arıtma Tesisi, bağlı olduğu altyapı hatları ile tesise gelen atıksuları, çevreye zarar vermeyecek şekilde, yürürlükteki yönetmelikte verilen sınır değerleri sağlamak üzere fiziksel ve biyolojik yöntemler ile arıtmak üzere inşa edilmiştir.

Evsel atıksularda bulunan ve belirli değerlerin üzerinde çevreye zarar veren temel kirleticiler, karbon, nitrojen ve fosfordur. Bu kirleticilerin ileri düzeyde ve verimli bir şekilde arıtımı için bu tesiste biyolojik arıtma kullanılmıştır.

Tesiste kullanılan biyolojik arıtma metodu, karbon, azot ve fosfor giderimi yapılan uzun havalandırılmalı biyolojik arıtma yöntemidir. 2 kademeli olarak tasarlanan tesis, ilk kademedede 2025 yılı için 62,325 eşdeğer nüfusa, ikinci kademedede 2040 yılında 78,868 eşdeğer nüfusa hizmet edecektir. Tamamlanan tesis 1. kademe için yapılmıştır. 2. kademe için ileride ilave ünite ve ekipmanlar eklenecektir.

3.1.3 Arıtma tesisi tasarım değerleri

Akşehir atıksu arıtma tesisi 1. kademe ve 2. kademe için hidrolik yük değerleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Hidrolik yükler.

Debi	Birim	1. kademe 2025	2. kademe 2040
Günlük ortalama	m ³ /gün	15,102	18,828
Maksimum	m ³ /saat	1,231	1,520
Minimum	m ³ /saat	408	486

Akşehir atıksu arıtma tesisi 1. kademe ve 2. kademe için kirlilik yük değerleri Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Kirlilik yükleri.

Parametre	Birim	1. kademe 2025	2. kademe 2040
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOİ	kg/gün	7,473	9,457
Biyolojik Oksijen İhtiyacı, BOİ ₅	kg/gün	3,739	4,732
Askıda Katı Madde, AKM	kg/gün	4,191	5,251
Toplam-Azot, T-N	kg/gün	805	1012
Total-Fosfor, T-P	kg/gün	166	208

Çizelge 3.3’de Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri Deşarj Kriterleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Kentsel atıksu arıtma tesisleri deşarj kriterleri (T.C. Resmi Gazete, 08 Ocak 2006, Sayı: 26047).

Parametre	Birim	Tasarım değeri (giriş)	Çıkış değeri
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOİ	mg/L	495	125
Biyolojik Oksijen İhtiyacı, BOİ ₅	mg/L	248	25
Askıda Katı Madde, AKM	mg/L	278	35
Toplam-Azot, T-N	mg/L	53	15
Total-Fosfor, T-P	mg/L	11	2

3.1.4 Arıtma tesisi yapıları ve görevleri

Aşağıda Akşehir atıksu arıtma hakkında bilgilere yer verilmiştir.

3.1.4.1 Fiziksel arıtma genel tanımı

Tesise gelen atıksu içerisindeki, tesiste bulunan ekipmanlara fiziksel olarak zarar verebilecek veya havuzlarda birikim yaparak arıtmayı kötü yönde etkileyebilecek iri parçaları ve kumu, ayrıca yine arıtma prosesini kötü etkileyebilecek ve deşarjı çevre açısından zararlı olabilecek yağı sudan uzaklaştırmak için fiziksel arıtma kullanılır.

Giriş ve taşkan yapısı; Tesise gelen atıksu ilk olarak giriş ve taşkan yapısına ulaşır, bu bölümde bulunan otomatik kontrollü bir kapak ile tesise gelen atıksuyun tamamı ya da bir kısmı tesisin by-pass kanalına aktarılabilir. By-pass kanalında manuel olarak temizlen çubuk tip bir kaba ızgara bulunmaktadır. Bu yapı 2. kademe kapasitesinde çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

Kaba ızgaralar, konveyör ve konteynerler; Tesis girişinde 1 asıl + 1 yedek olmak üzere 2 adet çubuk tip otomatik temizlemeli ızgara bulunmaktadır. Bu ızgaraların öncesinde ve sonrasındaki su seviyeleri ölçülerek ızgara tıkanma durumu takip edilir ve bu değere göre ızgaralar otomatik olarak temizlenirler. Izgara üzerinde biriken iri atıklar temizleme sırasında bir bant konveyöre aktarılır, bu konveyörden de bir çöp konteynerine iletilerek sistemden uzaklaştırılır. Her bir kaba ızgara kanalının girişinde, bakım amacı ile kanalların kapatılmasını sağlayacak 2'şer adet otomatik kapak bulunmaktadır. Ayrıca arıza durumunda kaba ızgara kanallarını by-pass etmek için, manuel temizlemeli kaba ızgara ile donatılmış bir by-pass kanalı da bulunmaktadır. Bu yapı 2. kademe kapasitesinde çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

İnce ızgaralar, konveyör ve konteynerler; İkinci fiziksel arıtma adımı olarak, kaba ızgaralarda tutulamayacak boyuttaki küçük parçaları sistemden uzaklaştırmak üzere, 1 asıl + 1 yedek, 2 adet perfore plakalı, merkez beslemeli, otomatik temizlemeli ince ızgara bulunmaktadır. Bu ızgaraların öncesinde ve sonrasındaki su seviyeleri ölçülerek ızgara tıkanma durumu takip edilir ve bu değere göre ızgaralar otomatik olarak temizlenirler. Izgara üzerinde biriken iri atıklar temizleme sırasında bir atık kompaktörüne gelerek atıkların hacmi azaltılır. Atıklar buradan bant konveyöre aktarılır ve konveyörden de bir çöp konteynerine iletilerek sistemden uzaklaştırılır.

Ayrıca arıza durumunda ince ızgara kanallarını by-pass etmek için, manuel temizlemeli kaba ızgara ile donatılmış bir by-pass kanalı da bulunmaktadır. Bu yapı 2. kademe kapasitesinde çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Şekil 3.2’de Akşehir atıksu arıtma tesisinde bulunan kaba ve ince ızgaralara ait fotoğraflar gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kaba ve ince ızgaralar.

Giriş terfi istasyonu ve terfi pompaları; Kaba ve ince ızgaralardan geçen atıksu, giriş terfi istasyonuna gelir. Burada atıksu arıtmasının geri kalan tüm adımlarında cazibe ile geçeceği yüksekliğe pompalanır. Terfi istasyonunda 2 asıl + 1 yedek olmak üzere 3 adet dalgıç tip pompa bulunmaktadır. Pompa kontrolü ultrasonik seviye ölçer ve seviye şamandıraları ile sağlanmaktadır. 2. kademedede 1 adet dalgıç pompa daha ilave edilecektir.

Kum ve yağ tutucu, blower ve köprüsü; Terfi pompaları ile kum ve yağ tutucuya gelen atıksu içerisindeki kum ve yağ, ünitenin özel yapısı ve havuza verilen hava yardımı ile uzaklaştırılır. Kum havuzun tabanına çökerken, yağ yüzeyde birikir. Ünite boyunca bir ray üzerinde gidip gelen kum köprüsü, üzerindeki dalgıç pompalar ile tabanda biriken kum kum ayırıcı üniteye giderken, sıyırıcı kollar ise yağı bir hazneye yönlendirerek atıksudan uzaklaştırır. 2 adet paralel çalışan kum yağ tutucu havuzu üzerinde ortak bir kum köprüsü, 2 adet dalgıç kum pompası ve havuzların girişinde otomatik kapaklar bulunmaktadır. 1 adet kum ayırıcı, pompalanan su ve kum karışımından kumu ayırarak bir konteynere aktarır, su ise giriş terfi istasyonuna geri döner. Kum ve yağ tutucu çıkışında atıksuyun pH’ı ve iletkenliği ölçülecektir. Ayrıca tesise gelen kirliliğin ve prosesin takibi için giriş suyundan otomatik olarak alınacak

numuneler de bu ünitenin çıkışından alınmaktadır. Şekil 3.3'te Akşehir atıksu arıtma tesisinde bulunan kum ve yağ tutucu havuzuna ait fotoğraf gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Kum ve yağ tutucu.

Giriş debi ölçümü; İçerisindeki iri maddelerden, kum ve yağdan arındırılan atıksu, biyolojik olarak arıtılmadan önce bir debimetreden geçer. Tesisin verimli çalışması adına atıksuyun debisinin kontrolü ve izlenmesi çok önemlidir. Tesiste boru üzerine takılan ultrasonik tip bir debi ölçer bulunmaktadır.

3.1.4.2 Biyolojik Arıtma

Tesise gelen atıksu içerisindeki kirlilik, deşarj edildiğinde çevreye zarar vermeyecek şekilde sınır değerlerin altına kadar arıtılması işlemi bu ünitelerde gerçekleşmektedir. Biyolojik arıtma, karbon, azot ve fosfordan oluşan kirliliğin biyokütle tarafından besin olarak kullanılması ve sonucunda sudan uzaklaştırılması mantığında çalışır. Biyokütle besin olarak kirliliği kullanırken çoğalır ve sürecin sonucunda fazla çamur olarak sistemden uzaklaştırılır. Biyolojik Arıtma Yapı ve Ekipmanları;

Anaerobik havuzlar dağıtım yapısı; Debisi ölçülen atıksu, son çöktürme havuzlarından gelen geri devir çamuru ile birlikte karışarak anaerobik havuzlara eşit bir debi ile dağıtılmak üzere bu dağıtım yapısına gelir. Dağıtım yapısında 2 adet otomatik kapak bulunmaktadır. İstenildiğinde bu kapaklar ile istenilen havuz devre dışı bırakılabilir. 3 dağıtım gözünden oluşan bu yapı 2. kademe kapasitesinde çalışacak şekilde inşa

edilmiştir ancak gelecekte bir adet kapak ilave edilmelidir. 1. kademedeki 2 adet kapak çalışacaktır.

Anaerobik havuzlar ve karıştırıcılar; Dağıtım yapısından geçen atıksu anaerobik havuzlara gelir. Bu havuzda amaç özetle, biokütleyi, oksijen olmayan bir ortamda tutarak fosfor tüketmeye zorlamaktır, bu nedenle bu havuzlara biofosfor havuzu da denir. Geri devir çamuru ile karışarak gelen atıksu içerisindeki biokütlenin havuz içerisinde çökmesini önlemek için özel bir şekilde tasarlanan havuzların içerisinde ayrıca muz kanatlı dalgıç karıştırıcılar bulunmaktadır. Tesiste 2 adet anaerobik havuz bulunmaktadır, 2. aşamada 3. havuz ilave edilecektir. Her bir havuzda 1 adet dalgıç karıştırıcı ve gerektiğinde havuzları devreden çıkartmak için birer adet otomatik çıkış kapağı bulunmaktadır. Şekil 3.4’te Akşehir atıksu arıtma tesisinde bulunan anaerobik havuzlara ait fotoğraflar gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Anaerobik havuzlar.

FeCl_3 depo ve dozaj üniteleri; Biyolojik arıtma, biokütlenin çoğalmak için atıksuda bulunan kirleticileri tüketmesi ile gerçekleşmektedir. Bu durum, atıksudaki kirleticilerin belli bir oranda bulunması ile mümkün olur. Gerekli karbon, azot ve fosfor oranı olmadığında özellikle fosfor giderimi biyolojik olarak yeterli olmayabilir, bu nedenle gerektiği zamanlarda fosfor giderimini sağlamak üzere tesiste FeCl_3 kimyasal deposu ve dozaj sistemi bulunmaktadır. Bu sistem 2. aşama kapasitesine göre tasarlanmıştır. 2 adet depo tankı ve 1 asıl + 1 yedek, 2 adet diyaframlı dozaj pompasından oluşmaktadır. Depoların doluluğu ultrasonik seviye ölçerler ile yapılmaktadır.

Havalandırma Havuzu blowerları, difüzörleri ve karıştırıcıları; Anaerobik havuzlardan gelen atıksu havalandırma havuzlarına gelir. Biokütle atıksudaki kirleticileri tüketerek çoğalırken, özellikle karbonu giderebilmek için oksijene ihtiyaç duyar. Gerekli hava 2 asıl + 1 yedek 3 adet blower ile sağlanır. Bu havuzların tabanında, verimli bir oksijen transferini sağlamak için disk tip ince baloncuk üreten difüzörler kullanılmaktadır. Havuzların bir kısmı ise difüzörsüz yani oksijensiz bırakılmıştır, bu bölgelerde ise denitrifikasyon gerçekleşerek azot giderimi sağlanmaktadır. Tesisteki havalandırma havuzları karusel tip olup havuzlarda simültane denitrifikasyon prosesi uygulanmaktadır. 3 adet havalandırma havuzunda, biokütlenin çökmesini önlemek amacı ile 2'şer adet muz kanatlı dalgıç karıştırıcı bulunmaktadır. 2. kademe için ilave bir havuz yapılacaktır. Havuzların girişinde, gerektiğinde her bir havuzu devre dışı bırakabilmek için otomatik kapaklar mevcuttur.

Biyolojik arıtma tesislerinin en önemli noktası bu ünedir. Tesisin en önemli gideri olan elektrik en fazla bu sistem için çalışan blowerlar tarafından tüketilir. Biokütle için gerekli hava, çözünmüş oksijen ölçerler ile takip edilerek blowelerin çalışması kontrol edilir. Böylece istenen arıtma verimi sağlanırken elektrik tasarrufu da sağlanmış olur. Şekil 3.5'te Akşehir atıksu arıtma tesisinde bulunan havalandırma havuzlarına ait fotoğraflar gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Havalandırma havuzları.

Çöktürme havuzları dağıtım yapısı; Havalandırma havuzundan çıkan atıksu, içerdiği biokütleden ayrılması için son çöktürme havuzlarına eşit bir debi ile gönderilmek üzere bu dağıtım yapısına gelir. Dağıtım yapısında 2 adet otomatik kapak bulunmaktadır. İstenildiğinde bu kapaklar ile istenilen havuz devre dışı bırakılabilir. 3 dağıtım gözünden oluşan bu yapı 2. kademe kapasitesinde çalışacak şekilde inşa

edilmiştir ancak gelecekte bir adet kapak ilave edilecektir. 1. kademedede 2 adet kapak çalışacaktır.

Çöktürme havuzları, sıyrıcı köprü ve yüzücü madde pompaları; Dağıtım yapısından geçen atıksu son çöktürme havuzlarına gelir. Havalandırma havuzunda biyolojik arıtma gerçekleşmiş olup su deşarj edilebilir değerlere gelmiştir ancak biokütleden ayrılması gerekmektedir. Bu havuzda oluşturulan durgun ortamda biokütle havuzun tabanına çökerken arıtılmış su havuz yüzeyinden savaklanarak çıkışa kanalına doğru ilerler. 1 kademedede 2 adet son çöktürme havuzu yapılmıştır, 2. kademe için 1 adet daha ilave edilecektir. Dairesel olan bu havuzda tabana çöken biokütleyi sıyrarak havuz merkezine toplamak üzere her bir havuzda bir adet dairesel sıyrıcı köprü kullanılmıştır. Havuz yüzeyinde birikebilecek maddeleri toplayıp sistemden uzaklaştırmak adına köprü üzerinde yüzey sıyrıcılar ve toplanan bu maddeleri uzaklaştırma için 1 adıl + 1 yedek 2 adet yüzücü madde pompası bulunmaktadır. Şekil 3.6'da Akşehir atıksu arıtma tesisinde bulunan çöktürme havzularına ait fotoğraflar gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Çöktürme havuzları.

Çıkış debi ölçümü; Son çöktürme havuzlarından çıkan arıtılmış su, çıkış kanalından geçerek deşarj edileceği noktaya doğru cazibeli olarak devam eder. Tesis çıkışında ultasonik tip kanal içi debi ölçer kullanılarak tesis çıkış debisi takip edilir. Bu kanalda ayrıca pH ve sıcaklık ölçümü de yapılmaktadır. Tesis veriminin ve prosesin takibi için çıkış suyundan otomatik olarak alınacak numuneler de bu kanaldan alınmaktadır.

Arıtılmış su deşarj; Arıtımı sağlanan su, deşarj noktasına kanallar vasıtası ile gitmektedir.

Geri devir ve fazla çamur pompaları; Son çöktürme havuzlarının altından borular vasıtası ile alınan biokütle (çamur) bir pompa istasyonuna gelir. Farklı mesafelerden boru hatları ile gelen çamurun her bir havuzdan eşit debide debi alınabilmesi için her bir havuza bağlantısına 1 adet teleskopik vana konulmuştur. Bu pompa istasyonundan 2 asıl + 1 yedek dalgıç pompalarla geri devir çamuru anaerobik havuz dağıtım yapısına pompalanır. Sistemde oluşan fazla çamur ise susuzlaştırılarak uzaklaştırılmak üzere 1 asıl + 1 yedek dalgıç pompalarla çamur ara tankına pompalanır.

1. kademe için yapılan istasyona 2. Kademedeki 1'er adet teleskopik vana, geri devir çamur ve fazla çamur pompası eklenecektir. Geri devir ve fazla çamur debileri, proses gereği takip edilerek gerektiği şekilde ayarlanabilmesi için elektromanyetik debi ölçerlerle takip edilmektedir. Pompaların çalışması ultrasonik seviye ölçer ve seviye şamandıraları kontrolünde gerçekleşir. Şekil 3.7'de Akşehir atıksu arıtma tesisinde bulunan geri devri ve fazla çamur pompalarına ait fotoğraflar gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Geri devir ve fazla çamur pompası.

3.1.4.3 Çamur Arıtıma Genel Tanımı

Tesise gelen atıksu içerisindeki kirlilik, biokütle tarafından yeni biokütleyle çevrilir. Çamur olarak ta adlandırılan bu biokütle sürekli olarak çoğaldığı için, sürekli olarak belirli miktarlarda sistemden uzaklaştırılması gerekir. Ancak katı madde

konsantrasyonu çok düşük olan bu çamurun doğrudan atılması mümkün değildir, bu nedenle öncelikle daha az yer kaplayacak şekilde susuzlaştırılması gerekmektedir. Tesiste bu amaçla aşağıdaki üniteler kullanılmaktadır.

Çamur ara tankı; Arıtmada oluşan fazla çamur bu tanka pompalanarak mekanik yoğunlaştırıcıya beslenmeden önce burada geçici olarak depolanır. Yaklaşık olarak %1 atı madde içeren çamur, buradan 1 asıl + 1 yedek 2 adet dalgıç pompa ile mekanik yoğunlaştırıcıya beslenir. Tank içerisinde çamurun çökmemesi ve yoğunlaştırıcıya homojen bir çamur beslenmesi için 1 adet pervane kanatlı hızlı karıştırıcı bulunmaktadır. Havuz içinde seviye ultrasonik seviye ölçerler ile takip edilmektedir.

Mekanik yoğunlaştırıcı; Çamurun susuzlaştırılması öncesinde verimli bir şekilde suyunu bırakması adına öncelikle yoğunlaştırılması gerekmektedir. Yaklaşık %1 olan çamur katı madde içeriği, tambur bir elek gibi çalışan mekanik yoğunlaştırıcıdan geçerek %5 seviyesine kadar çıkar. Bunun için yardımcı kimyasal olarak polielektrolit kullanılır ve çamur yoğunlaştırıcıya girmeden önce çamura dozlanır. Tesiste 1 asıl + 1 yedek 2 adet mekanik yoğunlaştırıcı vardır. Bu yoğunlaştırıcılar öncesinde ortak olarak kullanılan bir flokülatör bulunmaktadır. Polielektrolit dozlaması bu flokülatöre yapılır. Çamurdan ayrılan su süzüntü suyu havuzuna gönderilir. Yoğunlaştırıcı besleme debisi elektromanyetik debi ölçer ile izlenmektedir. Şekil 3.8’de Akşehir atıksu arıtma tesisinde bulunan mekanik yoğunlaştırıcılara ait fotoğraflar gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Mekanik yoğunlaştırıcı.

Susuzlaştırma dekantörü; Mekanik yoğunlaştırmada %5 civarına kadar katı madde oranı artırılan çamur, 1 asıl + 1 yedek 2 adet monopoma ile, yine 1 asıl + 1 yedek 2 adet Susuzlaştırma dekantörüne pompalanır. Santrifüj dekantörler, çok yüksek hızlarda dönerek çamur ile suyun birbirinden daha fazla ayrılmasını sağlar. Bu işlemi kolaylaştırma için çamura polielektrolit dozlaması yapılır. Dekantöre %5 katı madde içeriği ile giren çamur çıkışta %25 katı madde içeriğine ulaşır. Böylece sistemden uzaklaştırılan çamurun hacmi yaklaşık 25 kat azaltılarak atık hacmi ve dolayısıyla kaplayacağı alan ve taşıma maliyetleri gibi problemler azaltılmış olur. Çamurdan ayrılan su ise süzüntü suyu tankına gönderilir. Bu ünite 2. kademe kapasitesine göre tasarlanmış ve yapılmıştır. Her bir dekantör besleme debisi elektromanyetik debi ölçer ile izlenmektedir. Şekil 3.9’da Akşehir atıksu arıtma tesisinde bulunan susuzlaştırma dekantörlerine ait fotoğraflar gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Susuzlaştırma dekantörleri.

Süzüntü suyu tankı ve pompaları; Fazla çamurun yoğunlaştırılması ve susuzlaştırılması sırasında çamurdan ayrılan süzüntü suları bu havuzda toplanır ve 1 asıl + 1 yedek 2 adet dalgıç pompa ile Anaerobik havuzlar dağıtım yapısına gönderilir. Pompalar ultrasonik seviye ölçerler ile kontrol edilmektedir. Bu ünite 2. kademe kapasitesine göre tasarlanmış ve yapılmıştır.

Polielektrolit depo ve dozlama üniteleri; Çamur susuzlaştırma adımı, suyun çamurdan daha kolay ayrılması için yardımcı kimyasal olarak polielektrolitler kullanılmaktadır. Toz halde temin edilen bu kimyasal 1 adet otomatik polielektrolit

hazırlama ünitesinde gerekli konsantrasyonda hazırlanarak dozlanır. Mekanik yoğunlaştırma için 1 asıl + 1 yedek 2 adet monopompa, dekantörler için yine 1 asıl + 1 yedek monopompa ile dozlama yapılmaktadır. Mekanik yoğunlaştırma dozajı ve dekantör dozlama dozajları elektromanyetik debimetreler ile takip edilmektedir. Bu ünite 2. kademe kapasitesine göre tasarlanmış ve yapılmıştır.

Çamur konveyörü; Susuzlaştırılan çamur dekantörlerin altından bir vidalı konveyör ile alınarak çamur depo alanına iletilir. Bu ünite 2. kademe kapasitesine göre tasarlanmış ve yapılmıştır.

Çamur keki depo alanı; Sistemde oluşan çamur doğrudan uzaklaştırılabileceği gibi, tesis içerisinde bulunan çamur depo alanında bir süre depolandıktan sonra da uzaklaştırılabilir. Bunu için betonarme zeminli, üzeri kapalı bir depo alanı oluşturulmuştur. Bu ünite 2. kademe kapasitesine göre tasarlanmış ve yapılmıştır.

3.2. Metot

3.2.1 Numune alma noktaları

Tesise gelen ham atıksu biyolojik içerik çalışması için Akşehir atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkışı ile Akşehir Gölü deşarj noktasından alınan numune noktaları Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Numune alınan noktalar.

Şekil 3.10’da 1. nokta tesis ham atıksu girişi, 2. nokta tesis arıtılmış çıkış suyu kanalı ve 3. nokta ise Akşehir Gölü deşarj noktasını göstermektedir

3.2.2 Numune alma

Ocak 2018 ve Kasım 2018 tarihleri arasında Akşehir atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkışında Endress+Hauser markalı 24 saatlik kompozit numune alma cihazı ile numuneler toplanmıştır. Akşehir Gölü deşarj noktasından anlık numuneler alınmıştır. Şekil 3.11’de numune alma cihazları gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Numune alma cihazları.

3.2.3 Askıda katı madde (AKM)

Etüv, hassas terazi ve kompresör ile yapılan AKM tayininde önceden sabit tartıma getirilmiş filtre kağıdı süzme yerine yerleştirilir ve vakum uygulanmaya başlanır. Süzme işlemi sonlandıktan sonra filtre kağıdı alınır ve etüvde yaklaşık olarak 100-105 °C'de 1 saat kurutulur. Kurutulan filtre edilmiş numune desikatörde sabit tartıma getirilir ve 2. Tartım yapılır. Hesaplamalar sonucunda askıda katı madde miktarı bulunmuş olur.

3.2.4 Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

SM 5220 kapalı reflaks titrimetrik metot yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem 40-400 mg/l arasındaki numuneler için kullanılabilir. Sonucu yüksek çıkan değerler için seyreltme gerekebilir. Seçenek olarak dikromat çözeltisinden yüksek değerlerde kullanılır veya çözelti daha da seyrelterek düşük konsantrasyonlarda çalışılır. Analizlerimizde 16 x 150 mm tüpler kullanılmıştır. Kullanılan tüplerin büyüklüğü ısıtıcı kapasitesine göre hassaslık derecesine göre seçilmiştir. Deneylerin yapılmasında tüplerimize şahit numune için 2,5 ml saf su, çalışmalar için 2,5 ml

numunelerden alınmış, üzerine katalizör olarak 1,5 ml 0.01667 M $K_2Cr_2O_7$ eklenerek kapalı bir ortamda 150°C sıcaklıkta 2 saat boyunca temas ettirilip okside edilmiştir. İşlem sonrasında oda sıcaklığına kadar soğutulup 0,1 ml DAS ile titre edilip sarfiyatlar bulunmuştur (Rice, 2012).

3.2.5 Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)

Analizde inkübatör, manometrik BOİ ölçüm seti, Çoklu manyetik karıştırıcı ve otomatik pipet kullanılmıştır. Yöntem olarak respirometrik metot seçilmiştir. Analizde Oxitop model cihaz ile ölçümler yapılmış ve cihaz talimatlarına uyulmuştur. Numune homojen hale getirilmiştir. 500 ml hacmindeki şişenin içine ayarlanan hacim kadar numuneden eklenir. 1 litre numune için; 6 ml fosfat tampon çözeltisi, 2 şer ml NH_4Cl , $CaCl_2$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ve $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ çözeltileri eklenir. İçerisine balık konulur ve nitrifikasyon inhibitöründen 3-5 damla eklenebilir. Kullanılan şişenin üst kısmına alkali emici konur. İçerisinde katı haldeki alkali emicinden 2-4 adet boncuk pelet ilave edilir. Şişenin ağzına respirometrik ölçüm cihazı monte edilir. Hazırlanmış olan numune inkübatör içerisindeki çoklu manyetik karıştırıcının üzerine konur. Cihazın ekranında analiz sonucu kullanılmış olan numune hacminin sırasındaki faktör ile çarpılır ve böylelikle sonuç elde edilir.

3.2.6 Toplam azot (TN)

Azot analizinde giriş atıksu değeri ölçmek için LATON LCK 338 20-200 mg/L hazır kit, çıkış atıksuyu için LATON LCK 238 5-40 mg/L hazır kit kullanılmıştır. EN ISO 11905-1, ISO23697-1 standardına göre ve Koroleff Sindirimi (Peroksodisülfat) ve 2,6 Dimetilfenol ile Fotometrik Saptama metodu kullanılmıştır. Cihaz Hach Lange markalı DR 3900 ve DR 5000 spektrofotometreler kullanılmıştır.

3.2.7 Toplam fosfor (TP)

Fosfor analizinde giriş ve çıkış atıksu değeri ölçmek için LATON LCK 348 0.5-5.0 mg/l, 1.5-15.0 mg/l hazır kitler kullanılmıştır. SO 6878_2004, DIN EN 6878 / D11 standardına göre ve fosfor-molibden mavisi metodu kullanılmıştır. Cihaz Hach Lange markalı DR 3900 ve DR 5000 spektrofotometreler kullanılmıştır.

3.2.8 pH ve iletkenlik

Cihaza ait tampon çözelti ile önce kalibrasyon işlemi gerçekleştirilir. Alınan numune yavaşça karıştırılır ve probalar numuneye daldırılır. Belirli bir süre beklendikten sonra pH ve/veya iletkenlik değeri okunur. Deney için Hach Lange markalı HQ11D digital pH ve/veya iletkenlik ölçüm cihazı kullanılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Akşehir AAT giriş, çıkış ve tesis deşarj noktası olan Akşehir gölünden alınan analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

4.1 Askıda Katı Madde Giderim Verimi

2018 yılı Ocak-Kasım ayları arasında Akşehir atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkışından alınan AKM numune sonuçları Çizelge 4.1’de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Giriş ve çıkış AKM konsantrasyonları.

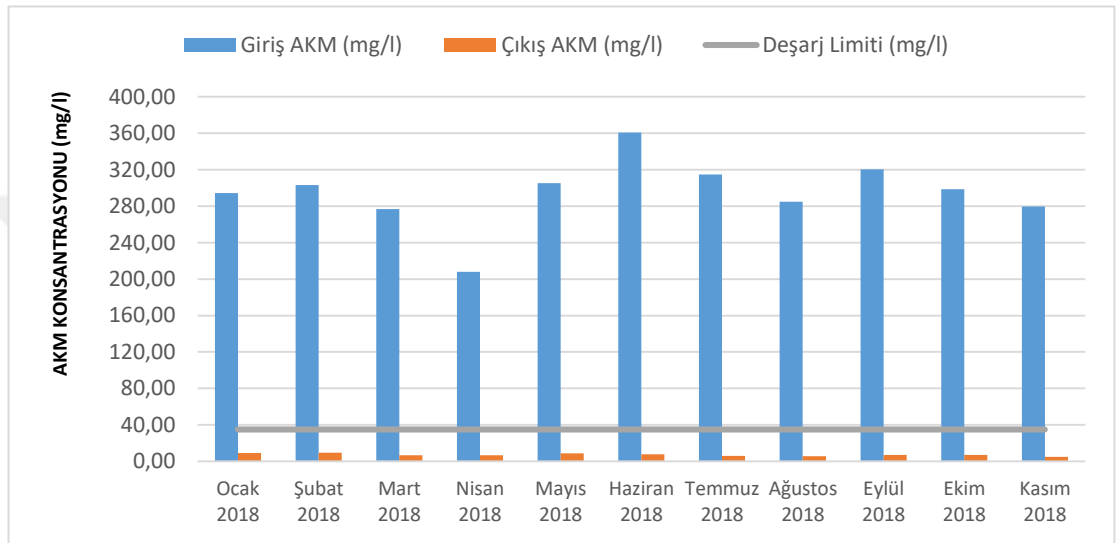
Tarih	AKM		
	Giriş (mg/L)	Çıkış (mg/L)	Verim (%)
	278,00	35,00	87,00%
Ocak 2018	294,27	9,10	96,7%
Şubat 2018	303,24	9,62	96,7%
Mart 2018	276,90	6,67	97,4%
Nisan 2018	207,87	6,80	96,3%
Mayıs 2018	305,17	8,90	97,0%
Haziran 2018	360,77	7,90	97,7%
Temmuz 2018	314,63	5,87	98,1%
Ağustos 2018	284,97	5,67	97,9%
Eylül 2018	320,53	7,00	97,8%
Ekim 2018	298,43	7,13	97,6%
Kasım 2018	279,50	5,00	98,2%
Ortalama	295,12	7,24	97,4%

Çizelge 4.1’de elde edilmiş olan çıkış AKM analiz sonuçları, 11 aylık dönemde yönetmelik deşarj sınırı 35 mg/L’nin altında olduğu tespit edilmiştir. AKM giriş konsantrasyonunun en yüksek ölçüldüğü ay Haziran ayında 360,77 mg/L, en düşük ölçüldüğü ay ise Nisan ayında 207,87 mg/L olarak tespit edilmiştir. Ortalama giriş AKM konsantrasyonu 295,12 mg/L, çıkış konsantrasyonu ise 7,24 mg/L’dir. 11 aylık dönemde bu analiz sonuçlarının kabul edilen yönetmelikte belirlenen AKM deşarj limitlerine uygun olduğu tespit edilmiştir.

Askıda katı madde giderimi için ön arıtma aşamaları olan kaba ızgara, ince ızgara ve kum tutucu yapılarının sorunsuz ve kesintisiz çalışması sağlanmıştır. Biyolojik arıtma safhasında ünite denitrifikasyon aşamasını son çökeltme havuzunda gerçekleşmesinin önüne geçilmesi amacıyla optimum O₂ miktarı havuzlarda sağlanmıştır. Böylelikle çamurun yüzeye vurup savaklardan kaçması engellenmiştir. Uygun MLSS değeri

takipe alınarak düzenli olarak çamur susuzlaştırma ekipmanları vasıtasıyla sistemden çamur fazlası uzaklaştırılmıştır.

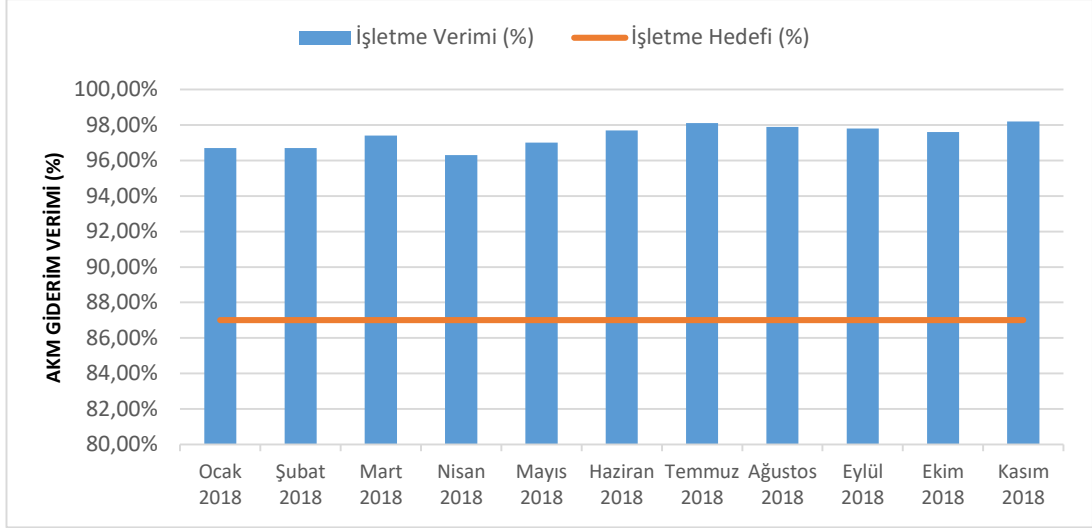
Şekil 4.1.'de Akşehir AAT 11 aylık Ocak-Kasım döneminde Akşehir AAT'nin giriş ve çıkışından alınan numunelerin AKM konsantrasyonlarının değişimi ve deşarj standardı olarak kabul edilen Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğinde belirtilen deşarj limiti gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Giriş ve çıkış AKM konsantrasyonları ile deşarj limitinin karşılaştırılması.

Şekil 4.2'de Akşehir AAT 11 aylık Ocak-Kasım döneminde proje aşamasında hedeflenen arıtma verimi ile AKM giderim verimlerindeki değişim gösterilmiştir.

AKM parametresi için minimum arıtma verimi hedefi %87 olarak belirlenmiştir. AKM arıtma veriminin 11 ay boyunca yönetmelikte kabul edilen sınır değerlerin üstünde olduğu görülmektedir. Çizelge 3.3'te belirtildiği üzere yıllık ortalama AKM arıtma veriminin de proje aşamasında hedeflenen arıtma veriminin üzerinde ölçüldüğü tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. AKM giderim verimleri ve hedef verimlerinin karşılaştırılması.

4.2 Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi

2018 yılı Ocak-Kasım ayları arasında Akşehir atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkışından alınan KOİ numune sonuçları Çizelge 4.2’de verilmektedir.

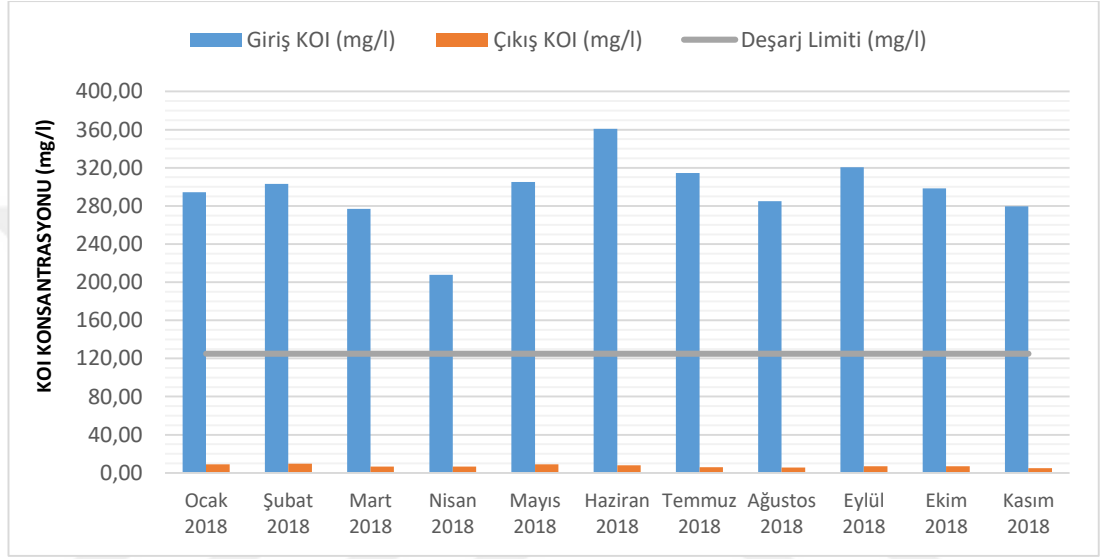
Çizelge 4.2. Giriş ve çıkış KOİ konsantrasyonları.

Tarih	KOİ		
	Giriş (mg/L)	Çıkış (mg/L)	Verim (%)
	495,00	125,00	75,00%
Ocak 2018	493,64	24,93	94,9%
Şubat 2018	565,90	25,26	95,4%
Mart 2018	498,90	22,95	95,3%
Nisan 2018	450,52	20,53	95,1%
Mayıs 2018	518,95	21,74	95,5%
Haziran 2018	524,57	18,18	96,4%
Temmuz 2018	561,50	18,24	96,6%
Ağustos 2018	554,41	18,44	96,6%
Eylül 2018	572,05	18,99	96,6%
Ekim 2018	528,77	17,63	96,6%
Kasım 2018	490,82	14,48	93,1%
Ortalama	523,64	20,12	95,7%

Çizelge 4.2’de elde edilmiş olan çıkış KOİ analiz sonuçları, 11 aylık dönemde yönetmelik deşarj sınırı 125 mg/L’nin altında olduğu tespit edilmiştir. KOİ giriş konsantrasyonunun en yüksek ölçüldüğü ay Haziran ayında 572,05 mg/L, en düşük olduğu ay ise Nisan ayında 450,52 mg/L olarak tespit edilmiştir. Ortalama giriş KOİ konsantrasyonu 523,64 mg/L, çıkış konsantrasyonu ise 20,12 mg/L’dir. 11 aylık

dönemde bu analiz sonuçlarının kabul edilen yönetmelikte belirlenen KOİ deşarj limitlerine uygun olduğu tespit edilmiştir.

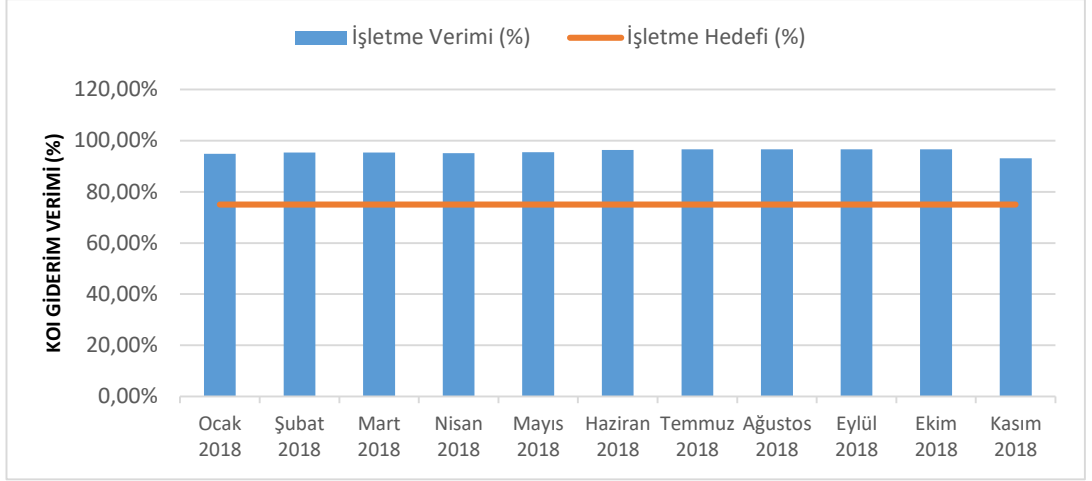
Şekil 4.3’de Akşehir AAT 11 aylık Ocak-Kasım döneminde Akşehir AAT’nin giriş ve çıkışından alınan numunelerin KOİ konsantrasyonlarının değişimi ve deşarj standartı olarak kabul edilen Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğinde belirtilen deşarj limiti gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Giriş ve çıkış KOİ konsantrasyonları ile deşarj limitinin karşılaştırılması

Şekil 4.4’de Akşehir AAT 11 aylık Ocak-Kasım döneminde proje aşamasında hedeflenen arıtma verimi ile KOİ giderim verimlerindeki değişim gösterilmiştir.

KOİ parametresi için minimum arıtma verim hedefi %75 olarak belirlenmiştir. KOİ arıtma veriminin 11 ay boyunca yönetmelikte kabul edilen sınır değerlerin üstünde olduğu görülmektedir. Çizelge 3.3’te belirtildiği üzere yıllık ortalama KOİ arıtma veriminin de proje aşamasında hedeflenen arıtma veriminin üzerinde ölçüldüğü tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. KOİ giderim verimleri ve hedef verimlerinin karşılaştırılması.

4.3 Biyolojik Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi

2018 yılı Ocak-Kasım ayları arasında Akşehir atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkışından alınan BOİ numune sonuçları Çizelge 4.3'te verilmektedir.

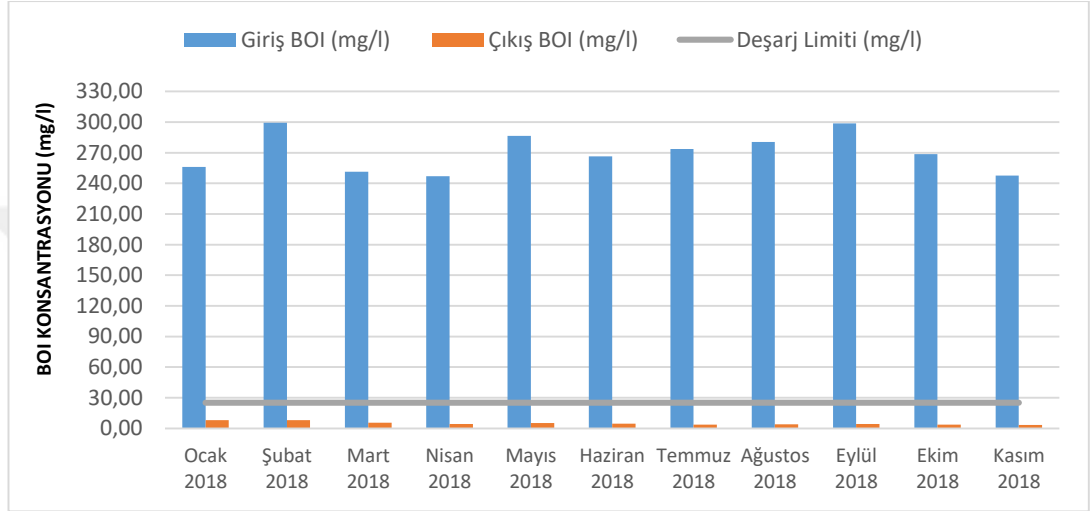
Çizelge 4.3. Giriş ve çıkış BOİ konsantrasyonları.

Tarih	BOİ		
	Giriş (mg/L)	Çıkış (mg/L)	Verim (%)
	248,00	25,00	90,00%
Ocak 2018	256,14	7,92	96,9%
Şubat 2018	299,52	8,00	97,2%
Mart 2018	251,38	5,63	97,7%
Nisan 2018	247,05	4,19	98,2%
Mayıs 2018	286,39	5,28	98,0%
Haziran 2018	266,60	4,65	98,2%
Temmuz 2018	273,55	3,55	98,6%
Ağustos 2018	280,41	3,82	98,6%
Eylül 2018	298,85	4,35	98,5%
Ekim 2018	268,50	3,64	98,6%
Kasım 2018	247,64	3,41	98,6%
Ortalama	270,55	4,95	98,1%

Çizelge 4.3'de elde edilmiş olan BOİ analiz sonuçlarına, 11 aylık dönemde yönetmelik deşarj sınırı 25 mg/l'nin altında olduğu tespit edilmiştir. BOİ giriş konsantrasyonunun en yüksek ölçüldüğü ay Şubat ayında 299,52 mg/L, en düşük ölçüldüğü ay ise Nisan ayında 247,05 mg/L olarak ölçülmüştür. Ortalama giriş BOİ konsantrasyonu 270,55 mg/L, çıkış konsantrasyonu ise 4,95 mg/L'dir. 11 aylık dönemde bu analiz

sonuçlarının kabul edilen yönetmelikte belirlenen BOİ deşarj limitlerine uygun olduğu görülmektedir.

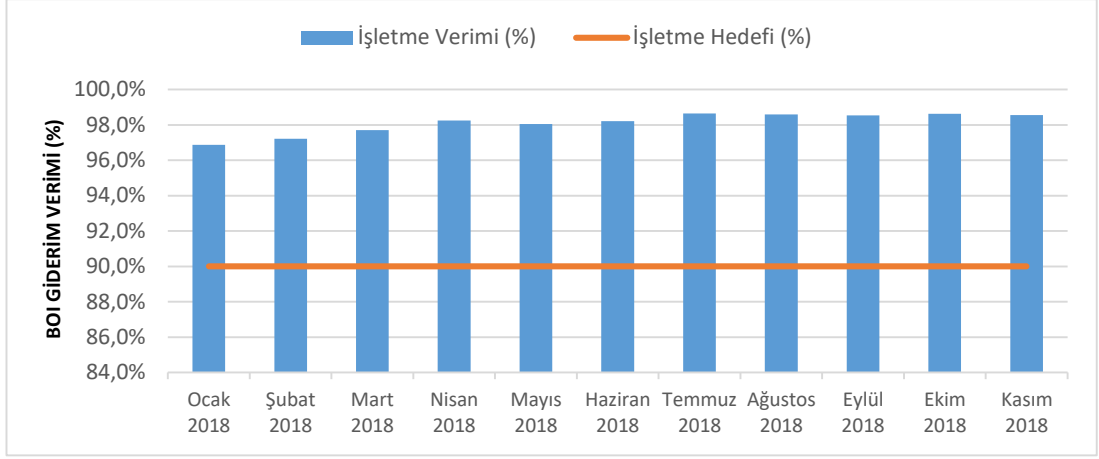
Şekil 4.5’de Akşehir AAT 11 aylık Ocak-Kasım döneminde Akşehir AAT’nin giriş ve çıkışından alınan numunelerin BOİ konsantrasyonlarının değışı ve deşarj standardı olarak kabul edilen Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğinde belirtilen BOİ deşarj limit gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Giriş ve çıkış BOİ konsantrasyonları ile deşarj limitinin karşılaştırılması.

Şekil 4.6’da Akşehir AAT’nin 11 aylık Ocak-Kasım döneminde proje aşamasında hedeflenen arıtma verimi ile BOİ giderim verimlerindeki değışim gösterilmiştir.

BOİ parametresi için minimum arıtma verim hedefi %90 olarak belirlenmiştir. BOİ arıtma veriminin 11 ay boyunca yönetmelikte kabul edilen sınır değerlerin üstünde olduğu görülmektedir. Çizelge 3.3’te belirtildiğı üzere yıllık ortalama BOİ arıtma veriminin de proje aşamasında hedeflenen arıtma veriminin üzerinde ölçüldüğü elde edilmiştir.



Şekil 4.6. BOİ giderim verimleri ve hedef verimlerinin karşılaştırılması.

4.4 Toplam Azot Giderim Verimi

2018 yılı Ocak-Kasım ayları arasında Akşehir atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkışından alınan TN numune Çizelge 4.4'te verilmektedir.

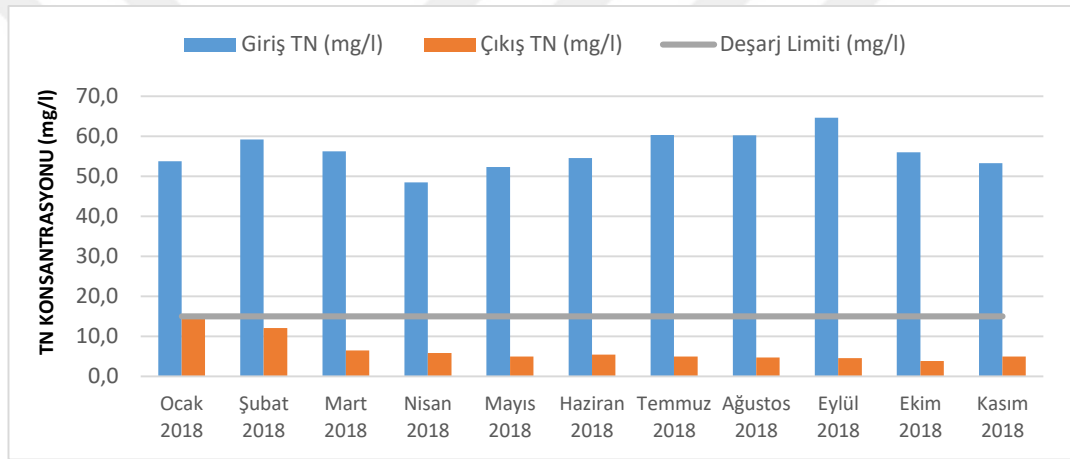
Çizelge 4.4. Giriş ve çıkış TN konsantrasyonları.

Tarih	TN		
	Giriş (mg/L)	Çıkış (mg/L)	Verim (%)
	53,00	15,00	72,00%
Ocak 2018	53,8	14,9	71,8%
Şubat 2018	59,2	12,1	79,2%
Mart 2018	56,3	6,5	88,3%
Nisan 2018	48,5	5,9	87,6%
Mayıs 2018	52,3	5,0	89,8%
Haziran 2018	54,6	5,5	90,1%
Temmuz 2018	60,4	5,0	91,6%
Ağustos 2018	60,3	4,7	92,0%
Eylül 2018	64,7	4,6	92,5%
Ekim 2018	56,0	3,9	92,9%
Kasım 2018	53,3	5,0	89,4%
Ortalama	56,31	6,65	87,8%

Çizelge 4.4'de elde edilmiş olan TN analiz sonuçları, 11 aylık dönemde yönetmelik deşarj sınırı 15 mg/L'nin altında olduğu tespit edilmiştir. TN giriş konsantrasyonunun en yüksek ölçüldüğü Eylül ayında 64,7 mg/l en düşük ölçüldüğü ay ise Nisan ayında 48,05 mg/L olarak ölçülmüştür. Ortalama giriş TN konsantrasyonu 56,31 mg/L, çıkış konsantrasyonu ise 6,65 mg/L'dir. 11 aylık dönemde bu sonuçlarının kabul edilen yönetmelikte belirlenen TN deşarj limitlerine uygun olduğu tespit edilmiştir.

Azot giderimi için nitrifikasyon ve denitrifikasyon şartlarının sağlanması için tesis çıkışından amonyum ve nitrat takip edilerek gerekli oksijen ayarlamaları yapılmıştır. Havalandırma havuzunda azot giderimi için gerekli tank karışımı mixerler ile sağlanmıştır. Oksijen için blower ile tank karışımı için mixerlerin arıza durumuna düşmeden bakımlarının da zamanında yapılması prosesin verimini artırdığı gözlemlenmiştir.

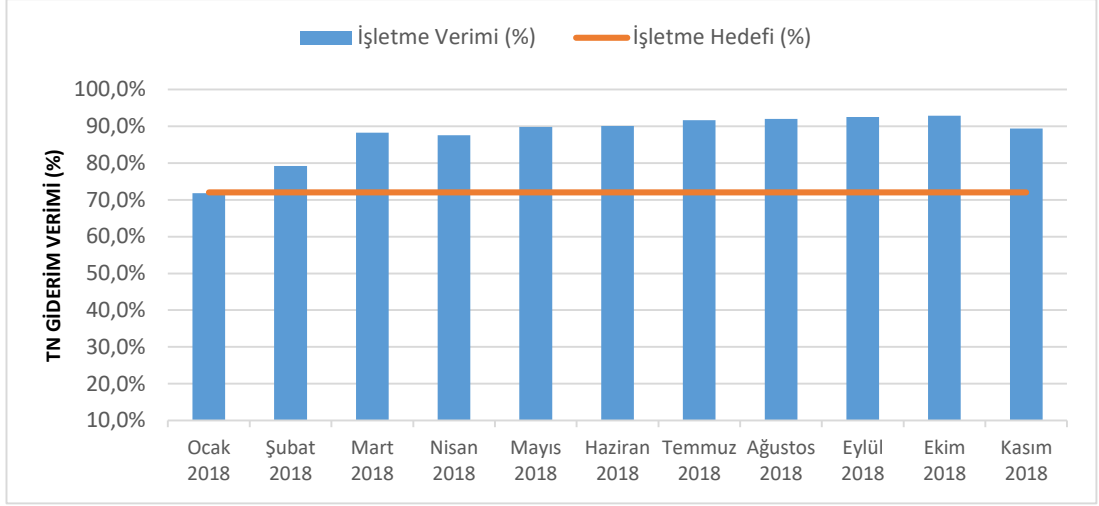
Şekil. 4.7’de Akşehir AAT 11 aylık Ocak-Kasım periyodunda Akşehir AAT’nin giriş ve çıkışından alınan numunelerin TN konsantrasyonlarının değişimi ve deşarj standardı olarak kabul edilen Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğinde belirtilen deşarj limiti gösterilmektedir



Şekil 4.7. Giriş ve çıkış TN konsantrasyonları ile deşarj limitinin karşılaştırılması.

Şekil 4.8’de Akşehir AAT 11 aylık Ocak-Kasım döneminde TN giderim verimlerindeki değişim ve proje aşamasında hedeflenen arıtma verimi gösterilmiştir.

TN parametresi için minimum arıtma verim hedefi %72 olarak belirlenmiştir. TN arıtma veriminin 11 ay boyunca yönetmelikte kabul edilen sınır değerlerin üstünde olduğu görülmektedir. Çizelge 3.3’te belirtildiği üzere yıllık ortalama TN arıtma veriminin de proje aşamasında hedeflenen arıtma veriminin üzerinde ölçüldüğü tespit edilmiştir.



Şekil 4.8. TN giderim hedefleri ve verim hedeflerinin karşılaştırılması.

4.5 Toplam Fosfor Giderim Verimi

2018 yılı Ocak-Kasım ayları arasında Akşehir atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkışlarından alınan TP numune sonuçları Çizelge 4.5'te verilmektedir.

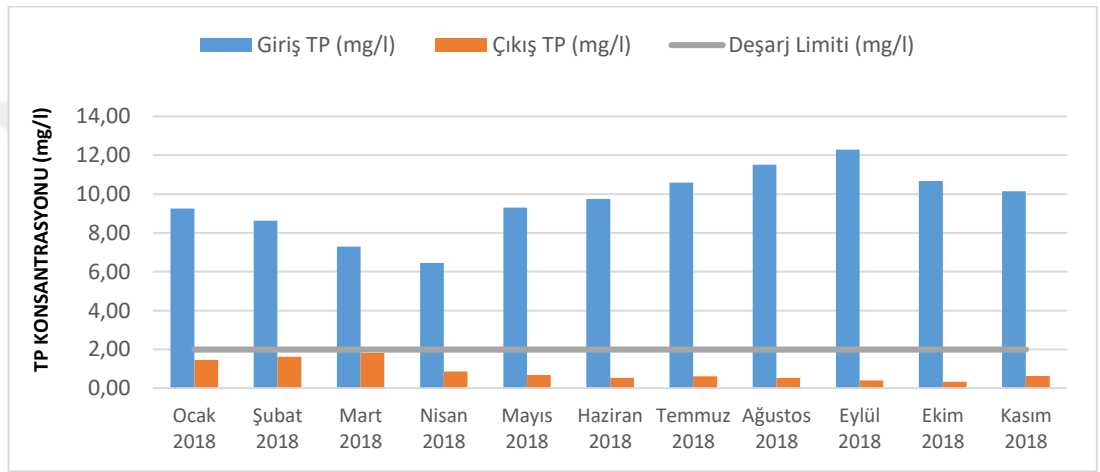
Çizelge 4.5. Giriş ve çıkış TP konsantrasyonları.

Tarih	TP		
	Giriş (mg/L)	Çıkış (mg/L)	Verim (%)
	11,00	2,00	82,00%
Ocak 2018	9,26	1,46	84,2%
Şubat 2018	8,63	1,62	80,8%
Mart 2018	7,29	1,81	74,3%
Nisan 2018	6,44	0,86	86,1%
Mayıs 2018	9,30	0,68	92,3%
Haziran 2018	9,74	0,54	94,4%
Temmuz 2018	10,59	0,62	94,1%
Ağustos 2018	11,51	0,53	95,2%
Eylül 2018	12,28	0,41	96,6%
Ekim 2018	10,67	0,33	96,8%
Kasım 2018	10,14	0,63	93,5%
Ortalama	9,62	0,86	89,8%

Çizelge 4.5'de elde edilmiş olan TP analiz sonuçları, 11 aylık dönemde yönetmelik deşarj sınırı 2 mg/L'nin altında olduğu tespit edilmiştir. Kirlilik konsantrasyonunun en yüksek olduğu ay Eylül 2018'de 12,28 mg/L, en düşük olduğu ay ise Nisan 2018'de 6,44 mg/L olarak ölçülmüştür. Analiz boyunca ortalama giriş TP konsantrasyonu 9,62 mg/L, çıkış konsantrasyonu ise 0,86 mg/L'dir. Bu sonuçların kabul edilen yönetmelikte belirlenen TP deşarj limitlerine uygun olduğu görülmektedir.

Fosfor giderimi için geri devir ve anaerobik tank oksidasyon redüksiyon değerleri takip edilmiştir. Uygun oksidasyon redüksiyon koşulları sağlanmıştır. Fosfor tankına yüksek nitrat ve oksijen girişleri kontrol edilmiştir. Fosforun sistemden uzaklaştırılması için fazla çamur bekletilmemiş ve sistemden uzaklaştırılmıştır.

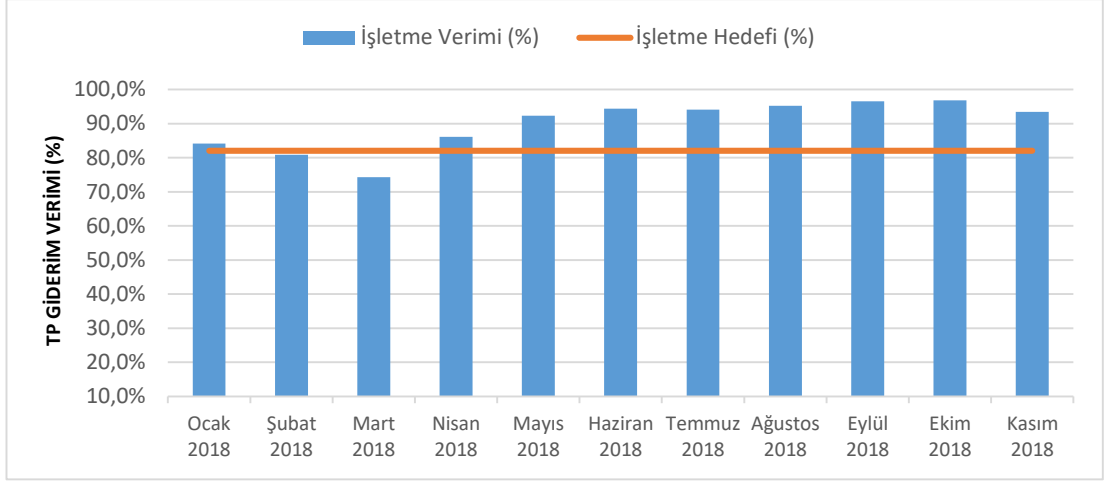
Şekil 4.9.'da deşarj standardı olarak kabul edilen Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğinde belirtilen TP deşarj limiti ve 2018 yılının Ocak-Kasım periyodunda Akşehir AAT'nin giriş ve çıkışından alınan numunelerin TP konsantrasyonlarının değişimi gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Giriş ve çıkış TP konsantrasyonları ile deşarj limitinin karşılaştırılması.

Şekil 4.10'da Akşehir AAT'nin 2018 yılının Ocak-Kasım periyodunda TP giderim verimlerindeki değişim ve proje aşamasında hedeflenen arıtma verimi gösterilmektedir.

TP parametresi için minimum arıtma verimi %82 olarak belirlenmiştir. TP arıtma veriminin 11 ay boyunca yönetmelikte kabul edilen sınır değerlerin üstünde olduğu görülmektedir. Çizelge 3.3'de belirtildiği üzere yıllık ortalama TP arıtma veriminin de proje aşamasında hedeflenen arıtma veriminin üzerinde ölçüldüğü elde edilmiştir.



Şekil 4.10. TP giderim hedefleri ve verim hedeflerinin karşılaştırılması.

4.6 pH ve İletkenlik Analiz Sonuçları

2018 yılı Ocak-Kasım ayları arasında Akşehir atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkışından alınan pH ve iletkenlik numune sonuçları Çizelge 4.6’da verilmektedir.

Çizelge 4.6. pH ve iletkenlik konsantrasyonları.

Tarih	pH		İletkenlik
	Giriş	Çıkış	Çıkış (µS/cm)
	6,00	9,00	
Ocak 2018	8,06	6,90	1.265
Şubat 2018	7,96	6,82	1.292
Mart 2018	8,05	6,93	1.190
Nisan 2018	8,24	7,14	1.059
Mayıs 2018	8,39	7,36	1.203
Haziran 2018	8,41	7,50	1.274
Temmuz 2018	8,45	7,66	1.176
Ağustos 2018	8,54	7,71	1.199
Eylül 2018	8,61	7,70	1.174
Ekim 2018	8,72	7,64	1.129
Kasım 2018	8,55	7,59	1.058
Ortalama	8,36	7,36	1.183,55

Tesis giriş atıksuyunun pH değeri > 8 büyük olup, tesis çıkışında pH değeri 7-7,5 aralığında ölçülmüştür. Tesis çıkışında iletkenlik değer 1058 – 1292 µS/cm arasında değişkenlik göstermektedir.

Arıtma verimleri analiz edildiğinde pH ve iletkenlik parametreleri arıtma veriminin 11 ay boyunca yönetmelikte kabul edilen sınır değerlerin arasında olduğu görülmektedir.

4.7 Akşehir Gölü Analiz Sonuçları

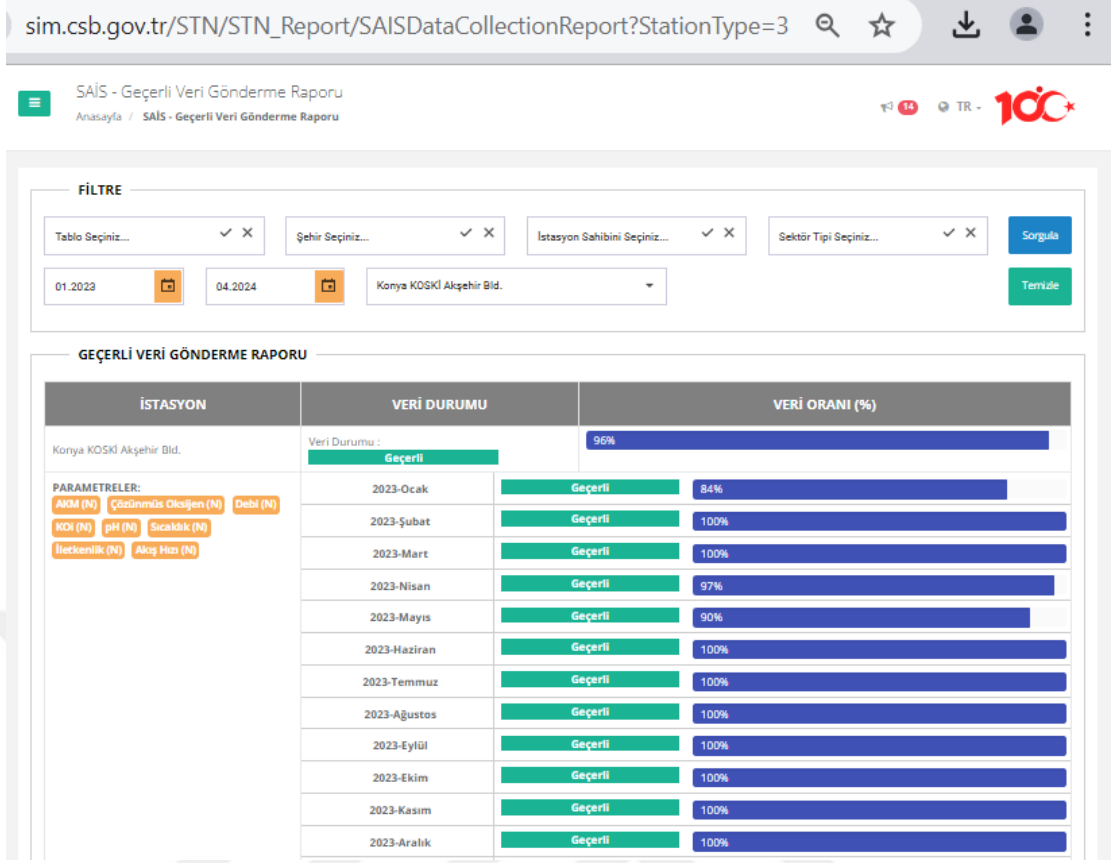
2018 yılında, ocak, mayıs, ağustos ve kasım aylarında Akşehir atıksu arıtma tesisi Akşehir Gölü'ne deşarj noktasından alınan numunelerin analiz sonuçları Çizelge 4.7'te verilmektedir.

Çizelge 4.7. Akşehir Gölü deşarj noktası analiz sonuçları.

Tarih	AKM	KOI	BOI	TN	TP	pH	İletkenlik
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		µS/cm
Ocak 2018	15,91	35,96	11,35	9,93	1,56	7,43	1.367
Mayıs 2018	12,53	44,21	7,56	10,79	1,07	7,69	1.680
Ağustos 2018	10,68	63,92	9,55	8,48	1,02	7,88	1.458
Kasım 2018	11,83	38,36	8,89	7,16	0,90	8,23	1.532
Ortalama	12,74	45,61	9,33	9,09	1,14	7,81	1.509,25

4.8 Akşehir Atıksu Arıtma Tesisi SAİS Kabini Verileri

Arıtma Tesisinde son çökeltim havuzlarından deşarj edilen sular son deşarj öncesi toplama haznesinde toplanmaktadır. Sürekli Atıksu İzleme Sistemi (SAİS) istasyonu kurulması zorunluluğu gelmiştir. Buna istinaden arıtma tesisinin çıkış noktasına; “SAİS” kurularak; Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), çözülmüş oksijen, debi, iletkenlik, Askıda Katı Madde (AKM), sıcaklık, pH parametreleri, çevrimiçi olarak Bakanlık API ağına devamlı iletilmektedir. Şekil 4.11’de Akşehir atıksu arıtma tesisi 2023 yılı SAİS verileri gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Akşehir AAT 2023 SAİS geçerli ve gönderme raporu.

Şekil 4.10’da da gösterildiği üzere Akşehir atıksu arıtma tesisi anlık olarak Çevre ve Şehircilik İklim Değişikliği İl Müdürlüğü tarafından 7/24 izlenmektedir. 2023 yılı içerisinde ocak %84, şubat %100, mart %100, nisan %97, mayıs %90, haziran %100, eylül %100, ekim %100, kasım %100 ve aralık ayında ise %100 olarak toplam 12 ayda ortalama %97,83’lük geçerli veri gönderme ile çıkış suyunu deşarj standartlarına uygun şekilde alıcı ortama göndermiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Atıksu arıtma tesisleri, planlama, tasarım ve işletimi karmaşık ve kapsamlı bir süreç olduğundan dolayı yapımı ve işletme giderleri oldukça yüksek olan müesseselerdir. Bu nedenle arıtma tesislerinde, hizmet edeceği bölgenin ihtiyaçlarını karşılaması gerekmektedir. Hizmet edeceği bölgenin ihtiyaçlarını karşılaması yanında arıtılan suyun verileceği alıcı ortam koşullarını bozmaması gerekmektedir. Atıksu arıtma tesisleri arıttıkları suyu alıcı ortama vermeden önce ilgili yönetmeliklerdeki standartlarını sağlamalıdır. Uygulanacak olan arıtma yönteminden verimli sonuçlara ulaşabilmek için de uygun ekipmanlar tasarlanmalıdır.

Bu çalışmada Akşehir AAT'nin 11 aylık giriş ve çıkış numunelerinin verim analizi yapılmıştır. Proje aşamasında hedeflenen verim ile deşarj noktası olan Akşehir Gölü'nün su kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu hesaplamalarda atıksuyun BOİ, KOİ, AKM, toplam azot, toplam fosfor pH ve iletkenlik değerleri analiz edilmiştir. Atıksu analizi Avrupa Birliği Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifine göre yapılmıştır. Yapılan araştırmaların sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

1- 2018 yılı Ocak-Kasım periyodunda AKM parametresi için, Akşehir AAT'nin giriş ve çıkışından alınan numune sonuçlarına göre giderim verimi %97,4, çıkış konsantrasyonu 7,24 mg/L olarak bulunmuştur. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY) kapsamında AKM için belirlenen sınır değer 35 mg/L'dir. Akşehir atıksu arıtma tesisi çıkış AKM konsantrasyonun deşarj standartlarına uygun olduğu görülmüştür.

2018 yılı ocak, mayıs, ağustos ve kasım aylarında Akşehir atıksu arıtma tesisi Akşehir Gölü'ne deşarj noktasından alınan analiz sonuçlarına göre AKM değeri ortalama 12,74 mg/L olarak bulunmuştur.

AKM proje ve işletme verimleri uygun olup tesisin işletiminde ve deşarj noktası olan Akşehir Gölü için AKM parametresi açısından sorun gözlenmemiştir.

2- 2018 yılı Ocak-Kasım periyodunda KOİ parametresi için, Akşehir AAT'nin giriş ve çıkışından alınan numune sonuçlarına göre giderim verimi %95,7, çıkış konsantrasyonu 20,12 mg/L olarak bulunmuştur. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY) kapsamında KOİ için belirlenen sınır değer 125 mg/L'dir. Akşehir atıksu

arıtma tesisi çıkış KOİ konsantrasyonun deşarj standartlarına uygun olduğu görülmüştür.

2018 yılı ocak, mayıs, ağustos ve kasım aylarında Akşehir atıksu arıtma tesisi Akşehir Gölü'ne deşarj noktasından alınan analiz sonuçlarına göre KOİ değeri ortalama 45,61 mg/l olarak bulunmuştur.

KOİ proje ve işletme verimleri uygun olup tesisin işletiminde ve deşarj noktası olan Akşehir Gölü için KOİ parametresi açısından sorun gözlenmemiştir.

3- 2018 yılı Ocak-Kasım periyodunda BOİ parametresi için, Akşehir AAT'nin giriş ve çıkışından alınan numune sonuçlarına göre giderim verimi %98,1, çıkış konsantrasyonu 4,95 mg/L olarak bulunmuştur. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY) kapsamında BOİ için belirlenen sınır değer 25 mg/L'dir. Akşehir atıksu arıtma tesisi çıkış BOİ konsantrasyonun deşarj standartlarına uygun olduğu görülmüştür.

2018 yılı ocak, mayıs, ağustos ve kasım aylarında Akşehir atıksu arıtma tesisi Akşehir Gölü'ne deşarj noktasından alınan analiz sonuçlarına göre BOİ değeri ortalama 9,33 mg/L olarak bulunmuştur.

BOİ proje ve işletme verimleri uygun olup tesisin işletiminde ve deşarj noktası olan Akşehir Gölü için BOİ parametresi açısından sorun gözlenmemiştir.

4- 2018 yılı Ocak-Kasım periyodunda TN parametresi için, Akşehir AAT'nin giriş ve çıkışından alınan numune sonuçlarına göre giderim verimi %87,8, çıkış konsantrasyonu 6,65 mg/L olarak bulunmuştur. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY) kapsamında TN için belirlenen sınır değer 15 mg/L'dir. Akşehir atıksu arıtma tesisi çıkış TN konsantrasyonun deşarj standartlarına uygun olduğu görülmüştür.

2018 yılı ocak, mayıs, ağustos ve kasım aylarında Akşehir atıksu arıtma tesisi Akşehir Gölü'ne deşarj noktasından alınan analiz sonuçlarına göre TN değeri ortalama 9,09 mg/l olarak bulunmuştur.

TN proje ve işletme verimleri uygun olup tesisin işletiminde ve deşarj noktası olan Akşehir Gölü için TN parametresi açısından sorun gözlenmemiştir.

5- 2018 yılı Ocak-Kasım periyodunda TP parametresi için, Akşehir AAT'nin giriş ve çıkışından alınan numune sonuçlarına göre giderim verimi %89,8, çıkış konsantrasyonu 0,86 mg/L olarak bulunmuştur. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY) kapsamında TP için belirlenen sınır değeri 2 mg/L'dir. Akşehir atıksu arıtma tesisi çıkış TP konsantrasyonunun deşarj standartlarına uygun olduğu görülmüştür.

2018 yılı ocak, mayıs, ağustos ve kasım aylarında Akşehir atıksu arıtma tesisi Akşehir Gölü'ne deşarj noktasından alınan analiz sonuçlarına göre TP değeri ortalama 1,14 mg/L olarak bulunmuştur.

TP proje ve işletme verimleri uygun olup tesisin işletiminde ve deşarj noktası olan Akşehir Gölü için TP parametresi açısından sorun gözlenmemiştir.

6- 2018 yılı Ocak-Kasım periyodunda pH parametresi için, Akşehir AAT'nin giriş ve çıkışı ile Akşehir Gölü deşarj noktasından alınan numune sonuçlarına göre pH 6-9 aralığında ölçüldüğü görülmüştür.

pH aralığı uygun olup tesisin işletiminde ve deşarj noktası olan Akşehir Gölü için pH parametresi açısından sorun gözlenmemiştir.

7- 2018 yılı Ocak-Kasım periyodunda elektriksel iletkenlik parametresi için, Akşehir AAT'nin çıkış Eİ ortalama değeri 1.183,55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Akşehir Gölü deşarj noktasından alınan numune sonuçlarına göre elektriksel iletkenlik değeri 1.509,25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir

Tesisin işletiminde ve deşarj noktası olan Akşehir Gölü için elektriksel iletkenlik parametresi açısından sorun gözlenmemiştir.

Sonuç olarak 11 aylık periyot içerisinde yapılan analizler ışığında Akşehir atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun ve deşarj noktası su karakterizasyonu; hem işletme verim hedeflerine hem de ilgili yönetmeliklerde belirtilen deşarj standartlarına uygun olduğu gözlemlenmiştir. Akşehir kenti atıksularının arıtılmadan göle verilmesi durumunda büyük bir kirlilik kaynağı olduğu, mevcut arıtma tesisi ile bu kirleticilerin önemli bir kısmının giderilerek çevresel etkilerinin azaltıldığı görülmüştür. Bu hali ile suları her geçen gün azalan Akşehir Gölü için ilave bir su kaynağı olabileceği değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akça, L., 1988. Aktif çamur sisteminin optimum tasarımı için bir model, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aktaş, E., Imre, S. ve Ersoy. L., 2001. Characterization and lime treatment of olive mill wastewater, Water research, 35, 9, 2336-2340.
- APHA, 1998. Standard methods for examination of water and wastewater, American Public Health Association, USA.
- Balman, A. H. ve Balman V., 2002. Wastewater treatment for pollution control, İkinci Baskıdan Türkçeye Çeviri, Atılım Ofset, Ankara.
- Başer, K., 2006. Sazlıdere'nin azot ve fosfor kirliliğinin izlenmesi ve etkisinin irdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çokgör, U. E., 1997. Aerobik sistemlerde proses stokimetrisi ve kinetiğinin respirometrik olarak değerlendirilmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Damar, Y., 2009. Tekstil endüstrisi atıksularının ardışık kesikli biyoreaktör ile arıtılması ve modellenmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Doğanay, E., 2014. AB Su Çerçeve Direktifine göre ülkemiz sularının fizikokimyasal ve kimyasal parametreler açısından izlenebilmesi için kullanılabilecek analiz metotlarının değerlendirilmesi, Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.
- Dold, P. ve Marais, G., 1986. Evaluation of the general activated sludge model proposed by the IAWPRC task group, Water Science and Technology, 18, 6, 63-89.
- Eckenfelder, W., 1989. Industrial water pollution control, 3. baskı, McGraw-Hill, Boston, USA.
- Ekama, G., Dold, P. L. ve Marais, G. R., 1986, Procedures for determining influent COD fractions and the maximum specific growth rate of heterotrophs in activated sludge systems, Water Science and Technology, 18, 6, 91-114.
- Eren, B., Suroğlu, B., Ateş, A., İleri, R. ve Keleş, R., 2007. Adapazarı Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi Atıksuyunun Karakterizasyonunun İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Üniversite Öğrencileri 2. Çevre Sorunları Kongresi 16-18 Mayıs, Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- Eroğlu, V., 2015. Atıksuların Tasfiyesi, 3. Cilt, 4, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Yayınları, Ankara.

- Gemmell, J. ve Herbert, J., 1985. The design and operation of an extended-aeration plant in Western Canada, *Water Pollution Control*, 84, 4, 535-543.
- İbadullayeva, J., Jumaniyazova, K., Azimzadeh, S., Canigür, S. ve Esen, F., 2019, Çevre kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri, *Türk Tıp Öğrencileri Araştırma Dergisi*, 1, 3, 52-58.
- Jain, S. K. ve Singh, V. P., 2023, *Water resources systems planning and management*, Second Edition, Elsevier, Cambridge, United States.
- Johnstone, D. M., 1984, Oxygen requirements, energy consumption and sludge production in extended-aeration plants, *Water Pollution Control*, 83, 1, 100-115.
- Karube, I., Matsunaga, T., Mitsuda, S. ve Suzuki, S., 1977, Microbial electrode BOD sensors, *Biotechnology and Bioengineering*, 19, 10, 1535-1547.
- Lamichhane, J., Upadhyaya, B. B., Chalise, N. ve Makaju, S., 2011. Evaluation of waste water treatment units located at different parts of Nepal, *Nepal Journal of Science and Technology*, 12, 201-210.
- Mara, D. ve Horan N. J., 2003, *Handbook of water and wastewater microbiology*, First Edition, Elsevier, California, USA.
- Metcalf, L. ve Eddy, M., 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, Vol. 4, McGraw Hill, New York, USA.
- Metcalf, W., 2003. *Metcalf and Eddy wastewater engineering: treatment and reuse*, *Wastewater Eng Treat Reuse*, McGraw Hill, New York, USA.
- Mihelcie, J. R., 1999. *Fundamentals of Environmental Engineering*, John Wiley ve Sons, Inc., New York, USA.
- Nas, B., 2017. *Atıksu Arıtma Tesislerinde İşletme Sorunları ve Çözümleri*, Selçuk Üniversitesi Basım Evi, Ankara.
- Oller, I., Malato, S. ve Sanchez, J. L., 2011. Combination of advanced oxidation processes and biological treatments for wastewater decontamination a review, *Science Of The Total Environment* 409, 20, 4141-4166.
- Orhon, D. ve Çokgör, E. U., 1997. COD fractionation in wastewater characterization—the state of the art, *Journal of Chemical Technology ve Biotechnology: International Research in Process, Environmental and Clean Technology*, 68, 3, 283-293.
- Özgür, N., 1996, *Ardışık kesikli reaktörlerde biyolojik aşırı fosfor giderimi üzerine oksitlenmiş azotun etkisi*, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Öztürk, İ., Hacer, T. ve Ufuk, K., 2005, *Atıksu Arıtımının Esasları*, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

- Paraskeva, P. ve Diamadopoulos, E., 2006. Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: a review, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology: International Research in Process, Environmental and Clean Technology*, 81, 9, 1475-1485.
- Qasim, S. R., 2017. Wastewater treatment plants: planning, design, and operation, Second Edition, Routledge. New York, USA.
- Reynolds, T. D. ve Richards, P. A., 2011. Çevre mühendisliğinde temel işlemler ve süreçler, 2. Baskı, Çev: Öğütveren ÜB., Efil Yayınevi, Ankara.
- Rice, E. W. ve Bridgewater, L., 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater, American Public Health Association (Eds.), 10, Washington, USA.
- Samsunlu, A., 2006. Atıksuların Arıtılması, 3. Baskı, Birsan Yayınevi, Ankara.
- Saunamaki, R., 1997. Activated sludge plants in Finland, *Water Science and Technology*, 35, 2, 3, 235-243.
- Shelknanloymilan, L., 2013, Atık sularda azot ve fosforun *Chlorella vulgaris* Beijerinck yardımıyla deneysel olarak uzaklaştırılması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- T.C. Resmi Gazete, Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği. (26047), 08.01.2006, 4.
- T.C. Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. (25687), 31.12.2004, 8.
- Tchobanoglous, G., Burton F. L. Stensel, H. D., 2003. Metcalf and Eddy wastewater engineering: treatment and reuse, International Edition, McGrawHill, New York, USA.
- Tchobanoglous, G., Burton F. L. ve Stensel, H. D., 1991. Wastewater engineering, Management, 7, 1, 4.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Yusuf Kenan ORDU

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
2012-2016

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı,
2021-2024

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Özel Sektör / Çevre Danışmanlık (2016-2017)
2. Konya Büyükşehir Belediyesi KOSKİ Genel Müdürlüğü / Atıksu Arıtma Tesisi
İşletme ve Proses Sorumlusu (2018- Devam Ediyor)

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Makaleler

1. Ordu, Y. K., 2024. Akşehir atıksu arıtma tesisi arıtma giderim veriminin değerlendirilmesi, IMASCON, 2024 Bahar Fen Bilimleri Tam Metin Bildiriler Kitabı, 101-113.