

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



**BİNGÖL İLİNDE BULUNAN ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN
İŞLETİM PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

Cihat BUDANCAMANAK

Yüksek Lisans Tezi

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Çevre Teknolojileri

AĞUSTOS 2021

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

BİNGÖL İLİNDE BULUNAN ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN
İŞLETİM PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Tez Yazarı
Cihat BUDANCAMANAK

Danışman
Prof. Dr. Halil HASAR

AĞUSTOS 2021
ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı:	Bingöl İlinde Bulunan Atıksu Arıtma Tesislerinin İşletim Problemleri ve Çözüm Önerileri
Yazarı:	Cihat BUDANCAMANAK
İlk Teslim Tarihi:	08.07.2021
Savunma Tarihi:	16.08.2021

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Danışman:	Prof. Dr. Halil HASAR Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	<i>İmza</i> Onayladım
Başkan:	Prof. Dr. Özge HANAY Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım
Üye:	Dr. Öğr. Üyesi Hilal ARSLANOĞLU IŞIK Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza

Doç. Dr. Kürşat Esat ALYAMAÇ
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “Bingöl İlinde Bulunan Atıksu Arıtma Tesislerinin İşletim Problemleri ve Çözüm Önerileri” Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

16.08.2021

Cihat BUDANCAMANAK



ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bilgi ve birikiminden faydalandığım, tezimin tüm aşamasında ve iş hayatımda her zaman desteğini hissettiren değerli hocam ve danışmanım, Prof. Dr. Halil HASAR'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamda araştırmalarımı yaptığım ve ihtiyaç duyduğum belgeleri kullanmamda yardımcı olan Bingöl Belediyesi, Genç Belediyesi ve Mavi Proje Çevre Danışmanlık Firmasına teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen Çevre Yüksek Mühendisleri, Muhammed Fatih Hasar ve Göknur Güneş'e ve akım şemalarının hazırlanmasında yardımını esirgemeyen Mimar Betül Büşra Budancamanak'a, ayrıca eğitim hayatımın her alanında yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Cihat BUDANCAMANAK

ELAZIĞ, 2021

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. ATIKSU VE ARITIMI	2
2.1. Atıksu Kaynakları.....	2
2.2. Atıksu Özellikleri	3
2.2.1. Fiziksel Özellikler	4
2.2.2. Kimyasal Özellikler.....	6
2.2.3. Biyolojik Özellikler.....	8
2.2.4. Yeni Nesil Kirleticiler	9
2.3. Atıksu Arıtımı.....	11
2.3.1. Fiziksel Arıtma.....	12
2.3.2. Biyolojik Arıtım	16
2.3.3. Kimyasal arıtım	20
2.3.4. Üçüncül arıtma	21
2.3.5. İleri Arıtım	22
2.3.6. Arıtma Kombinasyonları	22
3. ÇALIŞMA SAHASI	28
3.1. Bingöl İli Tanıtımı	28
3.2. Nüfus Tahminleri.....	29
3.3. Evsel Atıksu Potansiyeli	32
3.4. Endüstriyel Atıksu Potansiyeli	32
3.5. Bingöl Evsel Atıksu Arıtma Tesisi	33
3.6. Genç İlçesi Atıksu Arıtma Tesisi.....	39
3.7. Süttaş Endüstriyel AAT	45
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	47
4.1. Bingöl Evsel AAT	47
4.1.1. Tasarım Parametreleri	47
4.1.2. Analiz Sonuçları	50
4.1.3. İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri	51
4.2. Genç İlçesi Evsel AAT	53
4.2.1. Tasarım parametreleri	53
4.2.2. Analiz Sonuçları.....	55
4.2.3. İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri	56
4.3. Oluşabilecek Diğer İşletim Problemleri ve Çözüm Önerileri	57
4.4. Süttaş Endüstriyel AAT	63
4.4.1. Tasarım parametreleri	63

4.4.2. İşletim sorunları ve çözüm önerileri	65
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	



ÖZET

Bingöl İlinde Bulunan Atıksu Arıtma Tesislerinin İşletim Problemleri ve Çözüm Önerileri

Cihat BUDANCAMANAK

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos 2021, Sayfa: xii + 69

Arıtma tesislerinin amacı atıksuların yasal mevzuatlara göre ekonomik ve bilimsel biçimde arıtmak ve alıcı ortamdaki canlılarla olan zararlı etkileşimleri minimum düzeye indirmektedir. Bu nedenle, bu tez çalışmasında Bingöl ili ve çevresinde bulunan atıksu arıtma tesislerinin proje ve tasarım verileri ile birlikte işletmeye alma ve işletme sürecinde karşılaşılan problemler belirlenerek, tesiste bulunan ekipmanların seçimi ve verimliliği, tesislerin daha verimli çalışabilmesi için işletim aşamalarında alınması gereken önlemler tartışılmıştır.

Arıtma tesislerinin mevzuatlara uygun şekilde arıtım yapabilmesi, proseslerin doğru bir şekilde seçilmesi, tasarım ve inşaat aşamasında doğru ve planlı bir sürecin yürütülmesi, elektrik ve mekanik aksanların sorunsuz çalışması gibi birçok etkene bağlıdır. Çalışma sahasında arıtma tesislerinde karşılaşılan problemlerin başında proses seçiminde yapılan hatalar ile projelendirme aşamalarında yapılan öngörüler olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda işletim aşamasında debi ve kirlilik yüklerindeki tutarsızlıklar çeşitli problemlere yol açmakta ve çıkış suyu parametrelerinde mevzuatça belirlenen kriterler elde edilememektedir.

Anahtar Kelimeler: Evsel atıksu arıtma tesisi, Bingöl atıksu arıtma tesisi, İşletme problemleri

ABSTRACT

Operational Problems and Solution Suggestions of Wastewater Treatment Plants in Bingöl Province

Cihat BUDANCAMANAK

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

August 2021, Pages: xii + 69

Purpose of treatment plants is economically and scientifically to treat wastewater in accordance with legal regulations and to minimize harmful interactions with ecosystem in the receiving environment. Therefore, in this thesis study, with the project and design data of the wastewater treatment plants in Bingöl province and its districts, the problems encountered in start-up and operation stages were determined and the precautions to be taken during current operation term in order to the WWTPs to operate more efficiently were discussed by considering the selection and efficiency of the equipment.

The ability of the WWTPs to treat in accordance with the legislation depends on many factors such as the suitable selection of processes, the execution of a correct planning during the design and construction stages, and the reliable operation of both electrical and mechanical equipment. It has been determined that the main problems in the investigated WWTPs are resulted from the selection of the processes and the inappropriate predictions during the projects. As a result, inconsistencies in flow rates and pollution loadings during the operation have caused various problems and thus the criteria determined by the legislation cannot be achieved in the effluent parameters.

Keywords: Domestic wastewater treatment plant, Bingöl wastewater treatment plant, Operational problems

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Atıksu kaynakları	3
Şekil 2.2. Atıksu Karakteristikleri	4
Şekil 2.3. Kalıcı Organik Kirletici Türleri	10
Şekil 2.4. Kasıtlı olarak üretilen KOK kategorisine ait KOK'ların kimyasal yapıları	11
Şekil 2.5. Atıksu Arıtımı Akım Şeması	12
Şekil 2.6. Çok Tırmıklı Mekanik Temizlemeli Izgara.....	13
Şekil 2.7. Döner Bant Izgara	14
Şekil 2.8. Spiral Kanal Izgara	14
Şekil 2.9. Tipik Bir Kum Tutucu	15
Şekil 2.10. Aktif Çamur Prosesi	17
Şekil 2.11. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon proses şeması.....	23
Şekil 2.12. Oksidasyon hendeği şeması	23
Şekil 2.13. Azot gideriminde iki basamaklı biyolojik arıtım süreci akım diyagramı	24
Şekil 2.14. A/O proses şeması	25
Şekil 2.15. A ² O proses şeması	25
Şekil 2.16. Bardenpho proses şeması	26
Şekil 2.17. UCT proses şeması.....	26
Şekil 2.18. VIP proses şeması	27
Şekil 3.1. Bingöl İli Genel Haritası	28
Şekil 3.2. Bingöl Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi.....	33
Şekil 3.3. Bingöl Belediyesi AAT İş Akım Şeması.....	34
Şekil 3.4. Bingöl AAT Izgara Sistemleri Genel Görünümü	35
Şekil 3.5. Havalandırılmalı Kum Tutucu.....	36
Şekil 3.6. Bingöl AAT Havalandırma Havuzu Genel Görünümü	37
Şekil 3.7. Bingöl AAT Son Çökeltim Havuzu	38
Şekil 3.8. Genç AAT Genel Görünüm	39
Şekil 3.9. Genç Belediyesi EAAT Vaziyet Planı	40
Şekil 3.10. Genç AAT Akım Şeması.....	41
Şekil 3.11. Genç AAT Kaba ve İnce Izgaralar	42
Şekil 3.12. Genç AAT Havalandırılmalı Kum Tutucu	43
Şekil 3.13. Genç AAT Son Çökeltim Havuzu.....	44

Şekil 3.14. SÜTAŞ AAT İş Akım Şeması.....	46
--	-----------



TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Bingöl İli Nüfus Geçmiş Nüfus Verileri	29
Tablo 3.2. Bingöl İli Gelecek Nüfus Projeksiyonları	29
Tablo 3.3. Bingöl Merkez Nüfusları (Belediye Nüfusu)	30
Tablo 3.4. Genç İlçesi Yıllara Göre Nüfus Sayımı	31
Tablo 3.5. İl Genelinde Bulunan AAT Bilgileri.....	32
Tablo 3.6. Havalandırma Havuzu Dizayn Parametreleri	36
Tablo 3.7. Genç İlçesi AAT Havalandırma Havuzu Dizayn Parametreleri	43
Tablo 4.1. BİSKİ AAT Projelendirmeye Esas Debi Değerleri	49
Tablo 4.2. Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Ocak)	50
Tablo 4.3. Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Şubat).....	50
Tablo 4.4. Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Mart)	50
Tablo 4.5. Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Nisan).....	50
Tablo 4.6. Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Mayıs).....	50
Tablo 4.7. Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Haziran)	50
Tablo 4.8. Projelendirmeye Esas Debiler.....	54
Tablo 4.9. Evsel Atıksu Kirlilik Yükleri	54
Tablo 4.10. Evsel Atıksu Kirlilik Konsantrasyonları	55
Tablo 4.11. Genç ilçesi Atıksu Arıtma Tesisi Kapasitesi.....	55
Tablo 4.12. Genç Belediyesi AAT Değerleri (Ocak).....	55
Tablo 4.13. Genç Belediyesi AAT Değerleri (Şubat)	55
Tablo 4.14. Genç Belediyesi AAT Değerleri (Mart).....	56
Tablo 4.15. Genç Belediyesi AAT Değerleri (Nisan)	56
Tablo 4.16. Genç Belediyesi AAT Değerleri (Mayıs)	56
Tablo 4.17. Genç Belediyesi AAT Değerleri (Haziran).....	56
Tablo 4.18. SÜTAŞ AAT Tasarım Parametreleri	63
Tablo 4.19. SÜTAŞ AAT Çıkış Limit Değerleri	64
Tablo 4.20. SÜTAŞ AAT Çıkış Değerleri	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
AKM	: Askıda Katı Madde
AOP	: Gelişmiş Oksidasyon Süreçleri
BİNÇEVİR	: Bingöl Çevre Birliği
BM	: Birleşmiş Milletler
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
CA	: Kalsiyum
CI	: Klor
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
ÇSB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DDT	: Dikloro Difenil Trikloroetan
DSİ	: Devlet Su İşleri
EAAT	: Evsel Atıksu Arıtma Tesisi
H ₂ O ₂	: Hidrojen Peroksit
H ₂ S	: Hidrojen Sülfür
HRT	: Hidrolik Bekletme Süresi
K	: Potasyum
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
KOK	: Kalıcı Organik Kirleticiler
MLSS	: Tam Karışım Sıvıdaki Askıda Katı Madde Konsantrasyonu
MLVSS	: Tam Karışım Sıvıdaki Uçucu Askıda Katı Madde Konsantrasyonu
N	: Azot
P	: Fosfor
PCB	: Poliklorlu Bifenil
SKKY	: Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği
SO ₄	: Sülfat
SRT	: Sabit Çamur Yaşı
UNİCEF	: Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu
UV	: Ultraviyole

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler'in sunmuş olduğu rapora göre dünya nüfusu 1927 yılında 2 milyar, 1999 yılında 6 milyara, 2021'in ilk çeyreğinde ise 7 milyar 860 milyon'a ulaşmıştır. Hızla artan dünya nüfusu birçok sosyo-ekonomik problemin yanında, sabit yaşam alanına sahip olan dünyamızda çeşitliliği fazla olan ciddi çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir. İnsanoğlunu direk ve hissedilebilir şekilde etkileyen bu sorunların başında temiz su kaynaklarına ulaşmanın gün geçtikçe zorlaşmasıdır. UNİCEF 13 Temmuz 2017 tarihinde yayınladığı raporda 2.1 milyar insanın temiz su kaynaklarını kullanamadığını belirtmiştir. Yine UNICEF'in 22 Mart 2018 tarihli raporunda, 2040 yılında 600 milyon çocuğun su kaynakları bakımından oldukça kısıtlı bölgelerde yaşayacağı tahmin edilmektedir. Küresel ölçekte verilen bu veriler ve yakın gelecek için yapılan modelleme tahminleri, özellikle devletlerin sürdürülebilir bir yaşam döngüsü için mutlaka ulusal düzeyde önlemlerini almaları gerektiğine dikkat çekmektedir.

Dünyanın 2/3'nün su kütlesi olduğu herkesçe bilinmektedir. Ancak, bu su kütlelerinin % 97.3'ü okyanus ve denizlerden oluşmaktadır. Tuz oranı yüksek okyanus ve denizlerden insani amaçlar ve ekonomik döngü için su temin etmek hem teknolojik hem de ekolojik bakımdan kolay değildir. Diğer taraftan tatlı su kaynakları toplam su kütlelerinin sadece % 2.7'sine denk gelse de bu oranın % 68'ini buzullar, %30'unu yeraltı suyu ve %2'lik kısmını ise insanların kolayca ulaşabileceği yüzeysel sular oluşturmaktadır. Yeraltı suyunun ise oldukça az bir oranına insanların ulaşması mümkün olduğu göz önünde tutulduğunda özellikle insanoğlunun tatlı suya ulaşımının oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, kullanılmış suların arıtılarak sürdürülebilir ekolojik, yaşamsal ve ekonomik döngüye dahil edilmesi kaçınılmaz bir hal almıştır. Atıksu arıtma işlemi oldukça önemli bir husus olup, doğru arıtım teknikleri uygulanmadığı zaman hem maliyet artmakta hem de atıksuyun deşarj edildiği ortamın ekolojik döngüsüne negatif yönlü etkileri olmaktadır.

Atıksu arıtma tesislerinde fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri arıtım teknikleri ve bunların kendi aralarında ki kombinasyonları da kullanılabilir. Atıksu arıtma tesisleri projelendirilmesi yapılırken yürürlükte bulunan mevzuatlara uygun bir şekilde tasarım yapılmaktadır. Tasarım ve inşaat aşaması sonrası, özellikle illerde imar planlarının değişmesi, tahmin edilmeyen endüstriyel sektörlerin faaliyete geçmesi gibi dinamik etkenlere bağlı olarak mevcut tesislere ilave edilecek prosesler hem yatırım hem de işletim maliyetlerini zorlaştırdığından bu aşamalarda çok titiz davranılmalıdır.

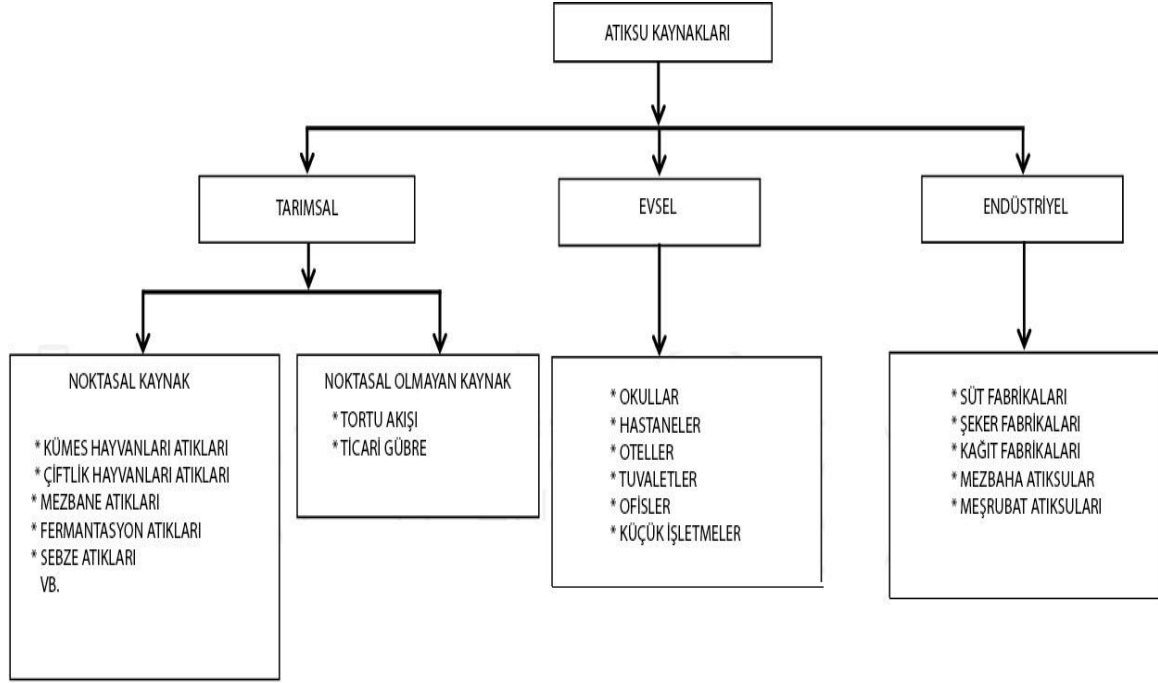
Bu tez çalışmasında Bingöl ili sınırları içinde bulunan evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisleri değerlendirilmiş, işletim sorunları belirlenmiş ve bu sorunlara dair çözüm önerileri sunulmuştur.

2. ATIKSU VE ARITIMI

Atıksu, insan ve diğer canlıların yaşamsal aktiviteler ve endüstriyel süreçler sonucu özelliklerinin kalite ölçeğinde negatif yönde değiştiği sulardır [1]. Özellikle, yerleşim ve sanayi sanayi faaliyetlerinin yürütüldüğü durumlarda oluşmakta ve yağış ile yüzey sularıyla birleşerek hacimsel olarak artmaktadırlar. Dünyada ve ülkemizde görülen küresel su krizinden dolayı kullanılan atıksuların tekrar kullanımıyla sürdürülebilirliği veya deşarj ediliyorsa alıcı ortamın kalite göstergelerinin sürdürülebilirliği açısından arıtma seviyesi önem arz etmektedir [2]. Bu nedenle, tez çalışmasının bu kısmında atıksu kaynakları, özellikleri ve genel arıtım yaklaşımları özetlenmiştir.

2.1. Atıksu Kaynakları

Atıksular, Şekil 2.1'den de görüldüğü gibi, genel olarak evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucunda oluşmaktadır. Bu kaynaklardaki faaliyetler sonucunda oluşan organik madde, ağır metal, nütrientler, mikrokirleticiler gibi çok çeşitli kirletici bileşeni içeren sular, arıtılmadığı veya kısmen arıtıldığı takdirde alıcı ortam kirliliğine sebep olarak insanoğlunun kolayca ulaşabildiği su kaynaklarını kirletirler. Diğer taraftan, maden ocakları, tarım havzaları gibi çeşitli alanlarından gelen sular da kontrol altına alınmadığında yüzeysel su kütlelerini kirletmesi yanında yağışlar ile yüzey akışlarına ve yüzey altı akışlarına karışarak daha büyük su kütlelerini etkilemektedirler [3]. Oluşan atıksuyun çoğunun insan kaynaklı olması dolayısıyla daha çok insan kaynaklı oluşan atıksular üzerinde durulması ve incelenmesi gerekmekte olup bu atıksuların ön görülebilir bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Kısacası, kirlenen bir su kütlesi yeterli düzeyde arıtılmadığı sürece çeşitli yollarla daha büyük su kütlelerine ulaşarak insanoğlunun kolay erişilebilir tatlı su kaynaklarını kısıtlamaktadır [4].



Şekil 2.1. Atıksu kaynakları [5]

2.2. Atıksu Özellikleri

Atıksular, Şekil 2.2’de görüldüğü gibi ,farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip çeşitli organik ve inorganik bileşikler içerirler. Atıksu bünyesinde çok çeşitli kirleticiler bulunmaktadır. Bu kirletici türleri, organik bileşikler, deterjanlar, fenoller, pestisitler gibi sentetik organik kirleticiler, proteinler, yağlar, petrol ve türevleri, ağır metaller, radyoaktif kirleticiler, mikrokirleticiler, antibiyotikler gibi çok çeşitli ve özellikleri tamamen farklı olduklarından giderim mekanizmaları da birbirinden tamamen farklı olabilir. Atıksuyun özelliği, atıksu arıtımında ve atıksu arıtım tesisi tasarımında kullanılacak yöntemler hakkında doğru ve sürdürülebilir bir tasarımın gerçekleşmesinde yol gösterici bir role sahiptir. Bu nedenle, atıksu arıtma tesisi tasarlanmadan önce, atıksu içeriği ve özellikleri ile hedeflenen kullanım veya deşarj kriterleri göz önünde tutularak detaylı bir değerlendirme yapılmalıdır. Aksi takdirde, tasarım sırasında göz ardı edilen kirletici veya kirleticiler nedeniyle tesis işletimi sırasında çözümsüz sorunlarla karşılaşılabilir. Bu durumda, modifikasyon maliyetleri ilgili işletim otoritelerini ekonomik döngü bazlı olumsuz etkilerken, çevresel döngüyü de ciddi oranda olumsuz yönde etkilemektedir [6].



Şekil 2.2. Atıksu Karakteristikleri

2.2.1. Fiziksel Özellikler

Atıksuların fiziksel özellikleri sıcaklık, renk, koku, bulanıklık ve iletkenliktir. Bu parametrelerin giderimi veya dengelenmesi genellikle fiziksel arıtma yöntemleriyle kontrol edilmektedir.

Bu parametrelerden atıksuyun sıcaklığı diğer kirleticilerin olmadığı durumlarda dahi kontrol altına alınmadan deşarj edilmemelidir. Normalde kanalizasyon sistemleriyle atıksu arıtma tesisine ulaşan evsel bir atıksuyun sıcaklığı mevsim sıcaklıklarına bağlı olarak ortalama 10-20 °C arasında değişmektedir. Ancak, çeşitli endüstriyel ve ısıya dayalı üretim prosesleri sonucunda açığa çıkan atıksular çok geniş sıcaklık aralığında seyredebilirler. Yüksek sıcaklıktaki atıksular, belirli bir aralığa getirilmedikleri takdirde bağlandıkları atıksu arıtma sistemini etkileyebilirler. Hatta, kapalı devre çalışan soğutma suyu herhangi bir kirletici içermese de direk temin edildiği bir yüzeysel su ortamına deşarj edildiğinde, özellikle ortamın çözünmüş oksijen seviyelerini düşürür. Ayrıca mikrobiyal faaliyetleri de hızlandırdığından, çözünmüş oksijen gradyanı sert bir şekilde düşeceğinden belli bir zaman sonunda ilgili ekosistem tamamen olumsuz etkilenecektir. Bazı durumlarda da, atıksuyun sıcaklığının yüksek olması durumunda itme gücü sıcaklık olan çeşitli prosesler için enerji verimliliği de sağlayabilir. Bu nedenle, üretilen su sıcaklığının tasarım öncesi belirlenmesi oldukça önemlidir. Diğer taraftan, kış mevsim şartlarının zorlu olduğu yerlerde, sıcaklığın aşırı düşük olması (<10°C), biyolojik sistemlerde mikrobiyal faaliyetleri olumsuz

etkileyeceğinden, arıtma hedeflerinin veya seviyesinin sağlanması için tesisin gömülü ve yarı-gömülü dizayn edilmesinde de alınacak kararları etkileyecektir.

Diğer bir fiziksel parametre ise renk olup, evsel atıksuların kolloidal ve askıda katılar madde miktarına göre değişim göstermektedir. Ancak, endüstriyel atıksularda, renk yoğunluğuna neden olan kirletici grupları daha farklıdır. Tekstil endüstrisinde renk parametresi ve ölçüm yaklaşımları da değişmektedir. Benzer şekilde arıtma alternatifleri de oldukça farklılık göstermektedir. Örneğin, evsel atıksu arıtımında renk giderimi fiziksel arıtmayla gerçekleştirilirken, tekstil sektöründe kullanılan katyonik veya anyonik boyar maddelere göre dahi ileri oksidasyon veya biyolojik arıtma yöntemlerinde farklılıklar gerekmektedir. Evsel atıksuların rengi kahverengi grimsi olurken, anaerobik şartlara sahip atıksular ise koyu siyah renge sahiptir. Bunların dışında kalan renge sahip endüstriyel kaynaklı suların karıştığı sonucuna varılabilir.

Atıksuyun içerdiği organik ve inorganik bileşiklerden dolayı ciddi koku problemlerine neden olurlar. Ölçülebilir bir parametre olmayan koku hissedilebilir bir parametre olup işletme mühendislerine fikir vermektedir. Koku problemi özellikle anaerobik şartlarda kalan kanalizasyon sistemlerinde ve ön arıtım proseslerinde meydana gelmektedir [7,8]. Evsel kaynaklı atıksular kendine has bir kokuya sahiptirler ve genellikle küf kokusuna benzer bir koku olarak tarif edilebilir. Bunun dışında kalan diğer kokular ise endüstriyel kaynaklı deşarjları göstermektedir. Eğer arıtma tesisinde çürük yumurta kokusuna benzer bir koku var hidrojen sülfür (H_2S) gazına işaret eder. Hidrojen sülfür gazı kanalizasyon sistemlerinde birikerek çok güçlü olan sülfürik asit oluşumunu sağlayarak beton borularda üst tavan korozyonuna neden olabilir.

Diğer bir fiziksel parametre ise bulanıklık olup AKM (askıda katı madde) konsantrasyonu hakkında bilgi verir. Evsel atıksularda bulanıklığın fazla olması, ön çökeltim havuzlarının gerekliliğini değerlendirmede faydalı olabilir. Arıtma tesis çıkış suyunda fazla olması ise son çökeltim tanklarında biyolojik katı madde yoğunluğuna işaretir. Bu durumda aktif çamurun çökebilirliğinin sıkıntılı olduğunu göstermektedir.

Diğer bir parametre de iletkenliktir. İletkenlik atıksuların muhteva ettiği çözünmüş madde miktarını göstermektedir. Ayrıca, atıksular muhteva ettiği madde türüne göre farklı iletkenlikler gösterebilirler. Evsel atıksularda iletkenlik değerinde artış meydana geliyorsa sisteme endüstriyel deşarj olduğunu göstermektedir [1]. İletkenlik ölçümleri, atıksu arıtmada iletkenlikte değişikliklere neden olan süreçleri izlemek için kullanılabilir. Birçok arıtma tesisinde iletkenlikte değişikliklere neden olan süreçler temelde biyolojik nitrojen giderimidir [9].

Atıksuların muhteva ettiği katıları çözünmüş, kolloidal, çökebilir ve yüzebilir şekilde ayırmak mümkündür. Çökebilirlik testleri, atıksudan askıda katıları uzaklaştırmak için yerçekimi kuvveti kullanılarak yapılan fiziksel bir deneydir [10]. Hareket eden suyun türbülansının sürüklediği katı partiküller, göllerin ve okyanusların durgun sularında çökebilirlik yoluyla doğal

olarak uzaklaştırılabilir. Çökeltme havuzları, sürüklenen katıların çökeltme yoluyla uzaklaştırılması amacıyla yapılan havuzlardır [11,12].

2.2.2. Kimyasal Özellikler

Atıksuların genel kimyasal özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak için pH, alkalinite BOİ, KOİ, azot (N), fosfor (P) klor (Cl) gibi klasik parametrelerin bilinmesi zorunludur [13].

Bir çözeltinin pH'sı bir çözeltide bulunan H⁺ iyonunun konsantrasyonunu ifade ettiğinden dolayı, atıksuyun pH değerinin tespit edilmesi, ilgili atıksuyun asidik ya da bazik olma durumunu gösterir. Aktif çamur mikroorganizmalarının aktiviteleri için optimum pH çalışma aralığı 6.5 ile 8 arasında olduğu bilindiğinden dolayı, özellikle biyolojik süreçlerle yönetilen bir arıtma yaklaşımında pH aralığına dikkat edilmesi gerekmektedir. Özellikle yoğun endüstriyel karışımli evsel atıksularda pH değerine bağlı problemler yaşanabilir. Bu değer aralığı dışında mikroorganizmalar inhibe olurlar [14]. Ham atıksuyun pH'sı ortalama 7 civarındadır. Bu nedenle, ham atıksuyun pH değeri farklı düşük veya yüksek ölçülüyorsa sisteme endüstriyel deşarj yapıldığından şüphelenilmelidir.

Atıksuyun asitlenmeye karşı direnme kapasitesini suyun alkalitesi göstermektedir. Bu aynı zamanda, atıksuların asidik karışımları nötralize etme kapasitesini de ifade etmektedir. Alkaliniteyi oluşturan iyonlar; hidroksil iyonu (OH⁻), karbonat iyonu (CO₃⁻) ve bikarbonat iyonu (HCO₃⁻)'dur [15].

Atıksu bünyesinde bulunan katı maddeler askıda ve çözünmüş halde bulunurlar. Her iki katı madde fraksiyonu hem organik hem de inorganik katıları içermektedir. Toplam katı olarak ifade edilen 105 °C'de etüvde kurutulduktan sonra arta kalan katı miktardır. Toplam uçucu katılar ise etüvde kurutulan kalıntının 550 °C de kül fırınlarda yakılması sonucu uçan kısmı ifade etmektedir.

Sudaki organik maddenin bozunması biyokimyasal veya kimyasal oksijen ihtiyacı olarak ölçülür. Oksijen talebi, bir su numunesindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonlarını düşürebilen oksitlenebilir madde miktarının bir ölçüsüdür. Atıksuyun organik madde içeriği ise biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) parametrelerine dayalı olarak belirlenmektedir. BOİ belirli bir sıcaklıkta aerobik koşullar altında organik maddeyi ayrıştırırken bakteriler ve diğer mikroorganizmalar tarafından tüketilen oksijen miktarını temsil ederken, KOİ çözelti içindeki reaksiyonlarla tüketilebilen oksijen miktarını ifade etmektedir. Yeterli ölçüde çözünmüş oksijen konsantrasyonunun varlığı, akarsuların ve göllerin su yaşamını ve estetik kalitesini sürdürmek için kritik öneme sahiptir. Organik madde varlığında, bir akarsu veya göldeki çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonu tüketileceğinden su yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır. Atık organik madde, işlerini yapmak için oksijene ihtiyaç duyan canlı bakteri organizmaları tarafından ayrıştırılarak stabilize edilir. BOİ, genellikle atıksu arıtma tesislerinde sudaki organik

kirlilik derecesinin bir göstergesi olarak kullanılır. Aerobik şartlar altında, organik bileşiklerin parçalanma işlemi 20 gün kadar sürmektedir. Ancak süre kısıtlamasını elimine etmek için atıksuların BOİ parametresi 5 günlük organik parçalanma dikkate alınarak yürütüldüğünden bu parametre BOİ₅ olarak gösterilmektedir. Bu işlem ile sistemin ihtiyaç duyduğu besi miktarı tespit edilir ve atıksuyun alıcı ortama olan etkisi hakkında da bilgi sahibi olunur [14]. BOİ değerinin saptanması işlemi oldukça uzun bir sürede meydana gelir. Bunun yerine KOİ daha fazla tercih edilmektedir. Bu analiz işlemi 2 saat kadar sürmektedir.

Diğer taraftan sudaki organik miktarını kolayca ölçmek için deney süresi daha kısa olan KOİ testi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. KOİ sadece atıksularda değil aynı zamanda yüzeysel sularda da bulunan oksitlenebilir kirlenici maddelerin miktarını belirlemek için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. KOİ, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) gibi, atıksuların alıcı gövde üzerindeki etkisini belirlemek için bir ölçü sağlayarak su kalitesi açısından faydalıdır.

KOİ işlemi atıksu içinde ki kimyasal parçalanmanın saptanmasına dayanır. Sayısal olarak KOİ değeri BOİ'den her zaman daha büyük çıkmaktadır. Evsel atıksularda KOİ ölçümü yeterli olabilir ancak endüstriyel atıksularda KOİ testine ilaveten BOİ testinin de yapılması tasarlanacak arıtma konfigürasyonu için önemli bilgiler sağlamaktadır. Örneğin BOİ/KOİ oranı 0.3'den düşük olduğu durumlarda biyolojik arıtmanın tercih edilmesi mümkün değildir. Ayrıca, evsel atıksularda en fazla bulunan kirlenici maddelerden biri de azottur. Azot, organik, amonyak azotu, nitrit veya nitrat formlarında bulunabilir. Evsel atıksuların azot konsantrasyonu 20-85 mg/L, amonyak azotu miktarı 12-50 mg/L, organik azot miktarı 8-35 mg/L arsında değişkenlik gösterir.

Azot bileşikleri özellikle biyolojik arıtma sürecinde, reaksiyonların tamamlanması için makro ölçekte bulunması gerekmektedir. Bir miktarı biyokütlesel büyüme süreçlerinde kullanılırken, önemli bir miktarı da suda kalmaktadır. Alıcı ortamlara taşınması durumunda, hem çözülmüş oksijeni tüketir hem de alg oluşumlarına neden olmaktadır. Bu nedenle, atıksuda bulunan azot türlerinin uzaklaştırılması elzemdir. Azot giderimi için biyolojik arıtma süreci gerekli olup, en yaygın kullanılan proses nitrifikasyon/denitrifikasyon yaklaşımıdır. Önce amonyağın nitrata nitrifikasyonu ve ardından nitratin organik olarak azot gazına indirgenmesidir [16]. Azotun proseslerde ki miktarı arıtım süreci hakkında da bilgi vermektedir. Örneğin aktif çamur prosesi çıkışında giriş oranla daha fazla nitrit ve nitrat tespit edilmesi sistemde nitrifikasyonun başarılı biçimde gerçekleştiğini göstermektedir.

Biyolojik arıtma yaklaşımında biyokütlenin devamlılığı için diğer önemli besi maddesi de fosfordur. Fosfor da atıksu bünyesinde ortofosfat, polifosfat ve organik fosfat gibi farklı formlarda bulunur. Yüzeysel sularda fosfor miktarının fazla olması alg patlamalarına dolayısıyla ötrofikasyona neden olmaktadır. Bu yüzden arıtma tesislerinde fosfor giderimi için ayrı üniteler kurulur. Tipik bir evsel atıksu örneğinde fosfor değeri 2-20 mg/L arasında bir değere sahip iken 1-15 mg/L'si inorganik fosfordur [17]. Fosfor ise mikro ölçekte biyokütlesel yaşam için gerekli

olduğundan önemli bir kısmı arıtılmış su ortamında kalmaktadır. Bu nedenle fosfor giderimi için genellikle ileri arıtma alternatifleri düşünülmelidir. Bu alternatifler arasında anaerobik kontakt havuzlarında reaksiyonal stres altında tutarak çözünmüş polifosfatlar şeklinde su ortamına sağlanması sağlandıktan sonra aerobik üniteye biyokütle tarafından aşırı fosfor depolanmasıyla su ortamından ayrılması sağlanmaktadır. Yüksek çamur yaşlarında çalışıldığında biyokütle bünyesinde aşırı depolanan fosfor tekrara su ortamına salınmadan atılan çamurla birlikte su ortamından uzaklaştırılmaktadır. Ayrıca, kimyasal proseslerle de fosfor giderimi mümkündür. Öncelikle Jar testleriyle uygun dozajda koagülant miktarları belirlendikten sonra, fosfor çöktürme işlemiyle veya aktif karbon adsorpsiyonuyla da fosfor giderimi sağlanabilmektedir.

2.2.3. Biyolojik Özellikler

Atıksu içeriğinde bulunan patojen ve indikatör bakteriler, atıksuyun özelliklerini belirlemek için oldukça önemlidir. Bir atıksuyun içerdiği tüm patojenleri belirlemek teknik açıdan imkansızdır. Bu nedenle, bir atıksuyun biyolojik özelliklerini belirlemek için indikatör bakterilerin tespitine dair analizler yapmak gerekmektedir. Bu indikatörlerden en yaygın olanları toplam ve fekal koliform, *E.coli* *Enterococci* ve *Streptococcus* gibi bakterilerdir. Özellikle spesifik bir çalışma için, indikatörler aranan veya hedef bakteri veya virüslere göre değişiklik te gösterebilir. Örneğin mevcut durumda dünyamızın topyekün savaştığı koronavirüs pandemi sürecinde atıksularda ilgili virüsün taranması hedeflendiği taktirde klasik indikatörler yanında koronavirüs taraması da yapılabilir, ancak bir atıksu içerisindeki bütün mikroorganizmaların tespit edilmesi mümkün değildir.

Önceki başlık altında da ifade edildiği gibi bir atıksuyun organik madde içeriğini ifade eden BOİ parametresi, mikroorganizmalar kullanılarak organik maddenin stabilizasyonu için gerekli oksijen miktarını ifade etmektedir. Atıksularda virüslerin oranı bakterilere kıyasla çok daha az olabilmekle beraber her atıksuda bulunma ihtimalleri yüksektir. Virüsler ham veya arıtılmış atıksularda olduğu gibi alıcı ortamlarda da kalıcı olabilirler [18]. Atıksulardaki viral patojenler dahil olmak üzere ana virüs kaynağı, özellikle enfekte olmuş kişilerden gelen dışkılarından kaynaklanmaktadır [19]. Son zamanlarda pandemi sürecinde atıksularda koronavirüsün bölgesel olarak tespit edilmesi düşüncesi bu nedenledir. Bu, ilgili şehir, bölge veya mahallede ki hastalık yoğunluğunun tahmini açısından düşünülen bir yaklaşımdır. Ayrıca, gıda üretimi, hayvancılık, mevsimsel yüzey akışı ve diğer kaynaklardan da virüsler su ortamına ulaşabilirler [20]. Son zamanlarda dünya genelinde yaşanan su sıkıntısı nedeniyle, atıksu arıtma tesislerinde (AAT) ıslah edilen suların tekrar kullanılması, sulama ve akiferin yeniden doldurulması için yaygın olarak kullanılmaktadır. Tekrar kullanılan bu sulara potansiyel olarak patojenik virüslerin varlığı, insan sağlığı için risk oluşturacağından endişe vericidir [21]. Bu nedenle, özellikle bu tür uygulamalarda su kaynaklı bulaşıcı hastalıkların önlenmesi amacıyla daha etki dezenfeksiyon yaklaşımları

üzerinde durulmaktadır. Diğer taraftan, atıksu arıtma tesislerinden çıkan çamurlar, toprak düzenleyici veya gübre olarak tarımsal uygulamalar için de kullanılmaktadır. Atıksu ve çamurun yeniden kullanımı ile ilgili endişelerin yanı sıra, AAT çalışanlarının viral patojenlere maruz kalması potansiyel bir risktir [22].

Atıksuyun mikroskopik incelemesi, bir atıksu arıtma sürecinin stratejilerini belirlemek için gereklidir. Genellikle mikrobiyal koşullardaki değişiklikler, laboratuvarda veya sahada görsel olarak fizyokimyasal değişikliklerin tespit edilmesinden çok daha erken gözlemlenebilir. Her atıksu arıtma tesisinin kendine özgü zorlukları vardır, ancak faz kontrast mikroskopisinin temel prensipleri değişmez. Arıtma tesisinde mikroskopik muayene ile biyokütlenin yumak özelliklerinin akıbetini önceden belirleyebilir. Protazaların varlığı, çeşitliği ve bakteri tiplerinin saptanmasıyla olası arıtma verimliliğinin bozulmasını engellemek için tedbirlerin alınmasını mümkün kılabilir.

2.2.4. Yeni Nesil Kirleticiler

Artık hayatın her alanında kimyasalların kullanıldığını görmek mümkündür. Kimyasalların kullanım alanları genel olarak; temizlik ürünleri, ilaç sanayisi, kozmetik sanayisi, boya sanayisi, zirai ilaçlama, tarımda kullanılan gübreler, imalat sanayinde kullanılan organik ve inorganik kimyasallar, laboratuvar kimyasalları, boyar maddeler ve termoplastikler şeklinde sıralanabilir.

Kimyasal maddelerin yaygın kullanılması çevre, insan ve canlı sağlığını küresel ölçüde olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle kimyasalların kullanımının sınırlandırılması ve doğaya karışmasının engellenmesi gerekmektedir. Aksi durumda kontrolsüz bir şekilde bu kimyasalların kullanılması ölüm ve hastalıklara neden olabilir. Hatta bu kimyasallardan kaynaklanan kazalar ciddi felaketlere de yol açabilir. Kimyasallar hava, su ve toprak gibi çevreye duyarlı ortamlara müdahale ederek bu ortamların kısa süreli veya kalıcı olarak zarar görmesine veya zararlarından arındırarak bu ortamlara fayda sağlamasına neden olabilir. Her iki durumda da fayda ve zarar miktarını belirleyen faktör, kullanılan kimyasalın niteliği ve miktarıdır.

Kalıcı organik kirleticiler (KOK), dünya genelinde insan ve çevre sağlığı üzerinde toksik etkiye sahip olup, kasıtlı veya kasıtsız olarak üretilen/salınan sentetik kimyasallardır [23]. Rüzgâr ve su ile taşınabildikleri için, bir ülkede üretilen çoğu KOK, insanları ve vahşi yaşamı ve salındıkları yerden çok uzak bölgeleri etkileyebilir. Çevrede uzun süre kalabilirler ve besin zinciri yoluyla bir türden diğerine geçebilirler. Binlerce sentetik kimyasalın ticari kullanıma girdiği 2. Dünya Savaşı'ndan sonra endüstriyel üretimdeki patlamayla birçok KOK yaygın olarak kullanılmıştır. Bu kimyasalların birçoğunun haşere ve hastalık kontrolü, mahsul üretimi ve endüstride faydalı olduğu kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, aynı kimyasalların insan sağlığı ve çevre üzerinde öngörülemeyen etkileri olmuştur. Bazı KOK'lar böcek ilacıdır. Diğerleri endüstriyel ürünler veya endüstriyel işlemlerden veya yanmalardan kaynaklanan istenmeyen yan ürünlerdir

(Şekil 2.3). Birçok kişi PCB'ler, DDT ve dioksinler gibi en iyi bilinen KOK'lardan bazılarını aşınadır.

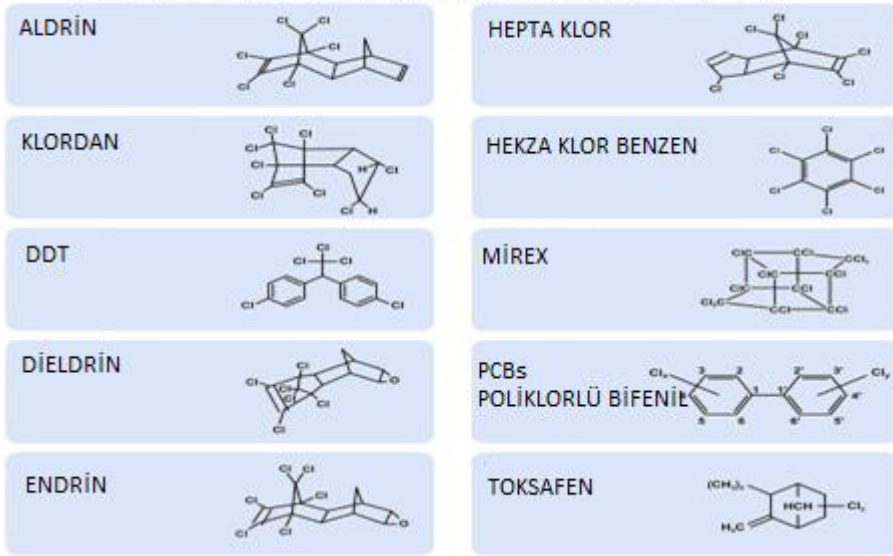
Tarımda hastalık kontrolü için, imalatı veya endüstriyel işlemlerde süreçlerin ilerlemesi için bu kimyasallar kullanılmaktadır. Dioksinler gibi kasıtsız üretilen ve bazı endüstriyel işlemlerden ve yanmadan kaynaklanan kimyasallar (örneğin, belediye ve tıbbi atık yakma ve çöplerin yakılması) da kalıcı organik kirleticilerin çevreye yayılmasını hızlandırabilir. KOK'lar çevrede uzun süre kalır, bozunmaları on yıllar hatta yüzyıllar alır. Ekosistemde bir bileşiğin kalıcılığına çeşitli faktörler katkıda bulunabilir. Örneğin, kimyasallar genellikle ultraviyole ışıkla (UV) bozulur. KOK'lar bu doğal süreçler yoluyla bozulmaya direnir ve tortu, su veya havada yoğunlaşabilir. Uçucu olabilirler (yani havada buharlaşabilirler) veya buharlaşma yolu ile hareket edebilirler. Bu özellikler, KOK'ların menşei kaynaklarından uzun mesafelerde taşınmasına izin verir. KOK'ların temel özelliklerinden biri, canlı organizmaların yağlı dokularında birikerek onlar için ciddi sonuçlar doğurmasıdır. KOK'lar için, neredeyse dünyanın hemen hemen her bölgesinden alınan doku veya çevresel numuneler bulunur. Lipit yönünden zengin dokuya sahip olan bu kimyasal, biyolojik bozulmaya karşı olan direnci nedeniyle KOK'ların birikmesine ve vücutta kalmasına izin verir.

Sonuç olarak, maruziyet seviyesi sınırlı olsa bile, KOK'lar sonunda toksikolojik konsantrasyonlara ulaşabilir. Çevrede kalıcılık ve yaygın bulunabilirlik, potansiyel maruz kalma olasılığını artırır. KOK'lar bir organizma içinde birikme, uzun mesafeler boyunca taşınabilme, çevrede kalma ve toksik olma yeteneklerinden dolayı küresel bir tehdit olarak kabul edilir [24]. Farklı KOK sınıflarının türleri Şekil 2.3'te kimyasal yapıları ise Şekil 2.4'de gösterilmektedir



Şekil 2.3. Kalıcı Organik Kirletici Türleri [25]

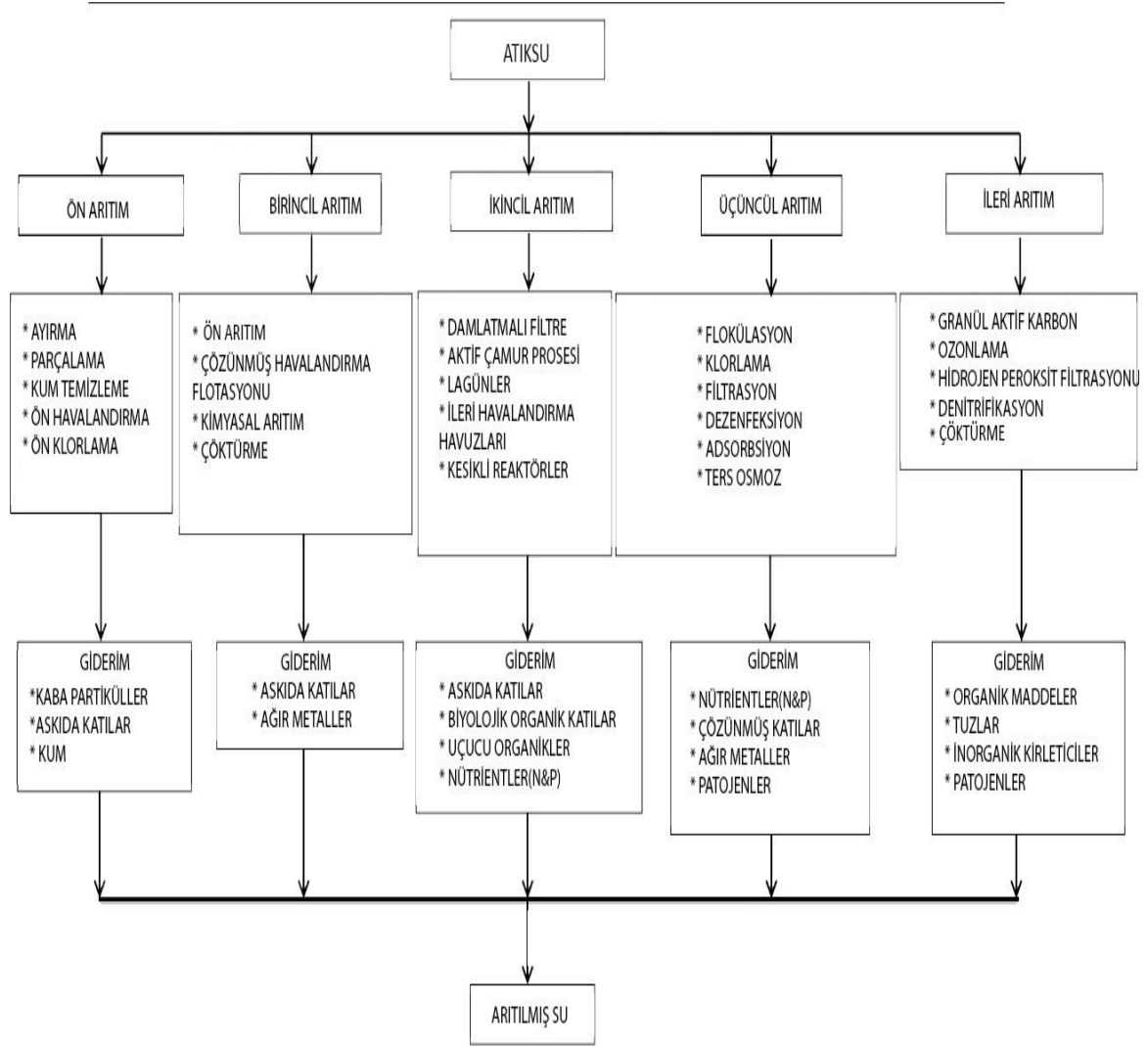
KASITLI OLARAK ÜRETİLMİŞ KALICI ORGANİK KİRLETİCİLER



Şekil 2.4. Kasıtlı olarak üretilen KOK kategorisine ait KOK'ların kimyasal yapıları [25]

2.3. Atıksu Arıtımı

Atıksu arıtma işlemi oldukça önemli bir husustur, doğru arıtım teknikleri uygulanmadığı zaman hem maliyet artmakta hem de atıksuyun deşarj edildiği ortamda ki canlı popülasyonuna negatif yönlü etkileri olmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinde fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri arıtım teknikleri ve bunların kendi aralarında ki kombinasyonları da kullanılabilir. Atıksu arıtma tesisleri projelendirilmesi yapılırken yürürlükte bulunan mevzuatlara uygun bir şekilde dizayn edilmelidir [26]. Şekil 2.5'te atıksu arıtımına ait akım şeması verilmiştir.



Şekil 2.5. Atıksu Arıtım Akım Şeması

2.3.1. Fiziksel Arıtma

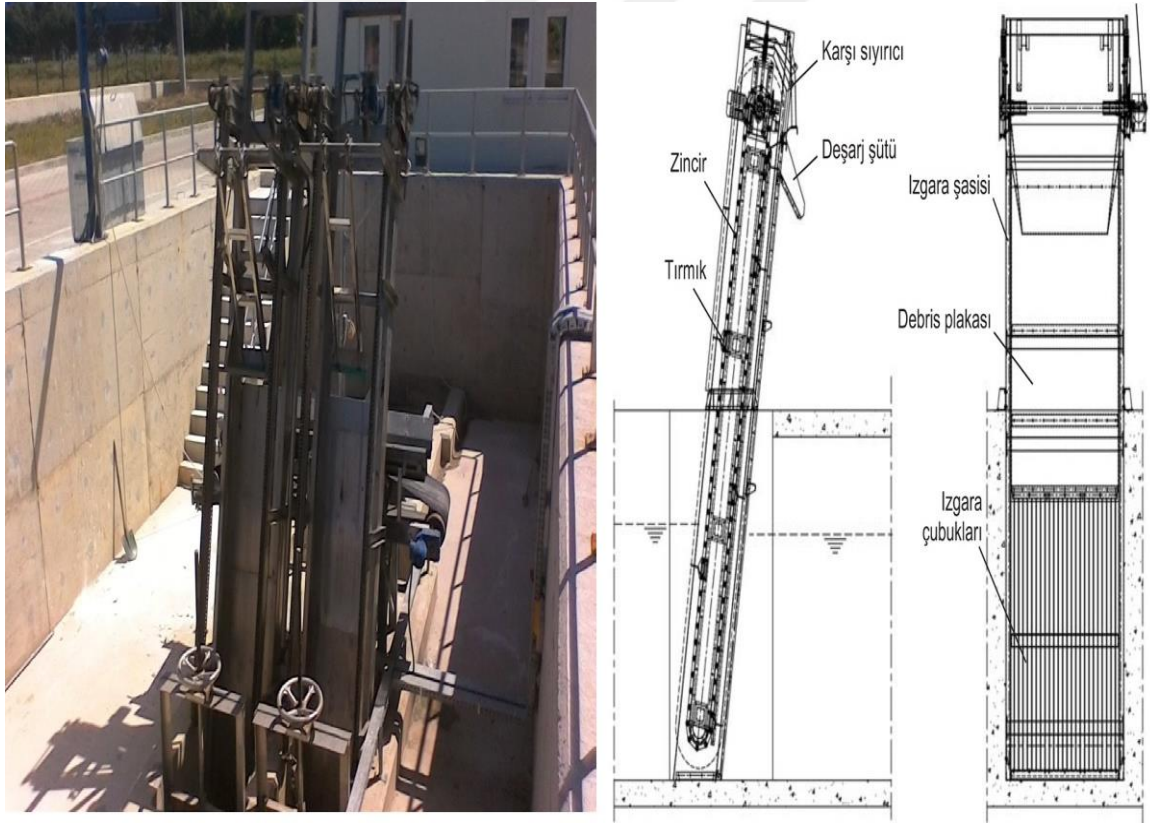
Atıksular da bulunan kirleticilerin fiziksel işlemlerle atıksudan ayrılmasını sağlar. Fiziksel arıtım üniteleri ızgaralar, kum ve yağ tutucular, dengeleme havuzları, yüzdürme ve çöktürme havuzları ile yapılabilir. Fiziksel arıtım esnasında sistemimize herhangi bir kimyasal ve biyolojik madde eklemeyen kaba inert maddelerin atıksudan ayrılması işlemidir [27].

Izgara Sistemleri ve Çeşitleri

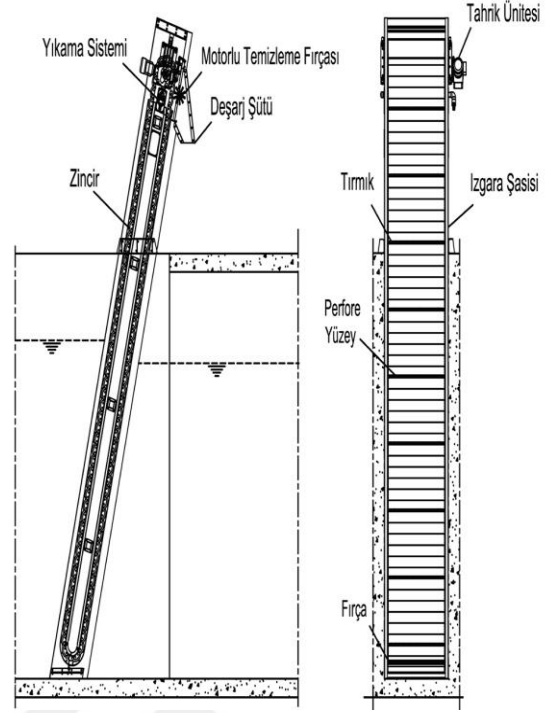
Arıtma tesislerinin girişinde bulunan ızgara yapıları, arıtma tesisinin işleyiş ve akışını bozabilecek kaba, inert malzemelerin atıksudan ayrışmasını sağlar, Genellikle kaba ve ince ızgara sistemleri kullanılır. Kaba ızgaralar 25-50 mm arasında dizayn edilirken, ince ızgaralar 6-20 mm arasında bir açıklığa sahip olacak şekilde inşaa edilir.

Izgaralar dizayn edilirken atıksuyun akış rejimini bozmayacak bir şekilde dizayn edilmelidir. Atıksu karakterizasyonuna göre tasarımı dikkate alınmalı bu tesis tasarımı tesis içi ve dışı tasarımlarının boyutlarında büyük farklılıklar görülebilir. Bu sebeple yüksek yüke sahip olan yüzeysel atıksu akışlarda ızgara tasarımı tek noktada gerçekleşmeyip kabadan inceye doğru bir yönelimin gerçekleşmesi gerekmektedir. Akışın 0.5 - 1.0 m/sn aralığında olması istenir bu sebeple 0.5 m/sn'den düşük hızlar da tasarım yapıldığın da atıksuda bulunan katı maddeler çökelmeye başlar ve bu durum atıksu debisini azaltabilir genel bir ifade ile bozabilir. 1.0 m/ms hızdan büyük olması ise akışta yüksek yük uygulayarak tutulması istenen katı maddelerin basınç ile ızgarayı geçmesine sebep olur [28]. Dizayn edilen kaba ızgaralar entegre edilirken yatayla 30-60 derecelik açılarla yerleştiril iken, ince ızgaralar ise yatayla 60-80 derece aralıklarla yerleştirilirler [29].

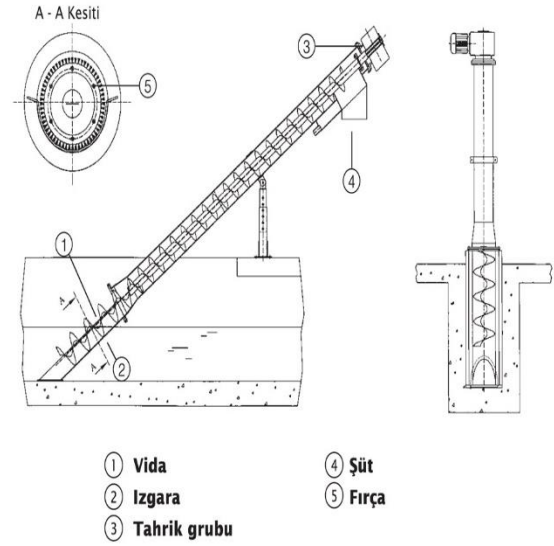
Bazı ızgara sistemlerini örneklendirecek olursak; Şekil 2.6' da çok tırmıklı mekanik temizleme prensibine sahip bir ızgara gösterilmiş, Şekil 2.7'de döner bant sistemi ile çalışan bir ızgara sistemi görülmekte ve Şekil 2.8'de ise spiral kanal sistemine sahip bir ızgara gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Çok Tırmıklı Mekanik Temizlemeli Izgara [29]



Şekil 2.7. Döner Bant İzgara [29]

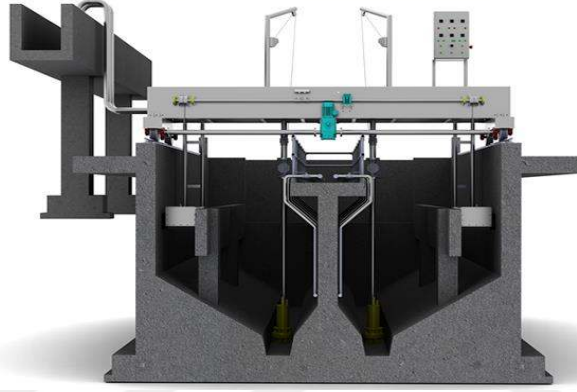


Şekil 2.8. Spiral Kanal İzgara [29]

Kum ve Yağ Tutucu Sistemleri

Atıksuyun içinde bulunan iri taneli kum, çakıl, metal gibi malzemelerin atıksudan ayrıştırılmasını sağlayan ekipmanlardır. Tesise girecek olan kum ve çakıl gibi inert malzemeler, tesiste bulunan dalgıç mikserler, pompalar, havalandırma ekipmanları gibi aksamalara zarar verir ve

verimli çalışmasını engeller. Bu proste tutulan kum, çakıl gibi maddelerin özgül ağırlıkları 2.65 olup çap aralığı ise 1×10^{-2} ile 2×10^{-2} mm arasındadır [30]. Şekil 2.9’da tipik bir kum tutucu gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Tipik Bir Kum Tutucu [29]

Dengeleme Havuzları

Atıksu arıtma tesislerinde dengeleme havuzlarının kullanılmasının nedeni atıksuyun karakterizasyonunda meydana gelebilecek değişiklikleri en aza indirmek için gerekli optimum şartları sağlamaktır. Dengeleme havuzlarının yapılmasında ki amaç,

- Biyolojik sisteme şok yüklemeleri önlemek ve organik yük dalgalanmalarını en aza indirmek,
- pH kontrolünü sağlayıp nötralizasyon için gereken kimyasal madde miktarını en aza indirmek
- Tesise su girdisi olmadığı zamanlarda biyolojik aktivitenin sekteye uğramaması için sisteme sürekli bir atıksu verilmesi sağlamak.
- Biyolojik sisteme toksik maddelerin yüksek konsantrasyonda girişini engellemek.

Çöktürme Havuzları

Birincil çamur pompa istasyonu olarak da adlandırılır. Atıksuyun içinde bulunan kaba malzemelerin büyük çoğunluğu ızgara ve kum tutucular vasıtasıyla tesis girişinde atıksudan

ayrıştırılmıştır. Daha küçük taneli malzemeler ise ön çöktürme havuzlarında uzun bekletme sürelerine tabii tutularak atıksudan uzaklaştırılırlar. Ön çöktürme tankları dizayn edilirken dikdörtgen veya daire en kesitli olarak inşa edilirler. Burada biriken organik yük köpükleşmeye sebep olabileceğinden düzenli aralıklar ile sıyrılarak temizlenirler. Eğer bu temizleme gerçekleşmez ise köpük oluşumunun daha sonrasında kontrolü çok zor ve tesisi durdurma aşamasına neden olabileceği göz önünde bulundurulmadır. Ayrıca bu köpük oluşumu yoğun bir kokuya da sebep olacaktır [31].

2.3.2. Biyolojik Arıtım

Biyolojik arıtım, atıksu içinde askıda ya da çözünmüş halde bulunan organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanarak ayrıştırılması, çökelebilen biyolojik floklar ile sıvı içinden atmosfere kaçan sabit inorganik bileşiklere dönüştürülmesidir. Biyolojik arıtım sistemleri atıksuyun muhteva ettiği oksijen durumuna göre aerobik ve anaerobik sistemler olarak sınıflandırılabilir gibi sistemde kullanılan mikroorganizmaların durumuna göre Askıda ve Biyofilm prosesleri olarak da sınıflandırılırlar.

Aktif Çamur Sistemleri

Aktif çamur prosesi, yaygın bir şekilde uygulanan biyolojik atıksu arıtma teknolojisidir. Bu proses, kirletici maddelerin bakteriyel biyokütle süspansiyonu yardımı ile uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. Yıllar içinde birçok aktif çamur konfigürasyonu gelişmiştir ve tasarıma bağlı olarak aktif çamur atıksu arıtma tesislerinde, organik karbon maddelerinin ve azot (N) ve fosfor (P) gibi besin maddelerinin uzaklaştırılmasını sağlamıştır. Biyolojik atıksu arıtma sistemlerinde (damlatmalı filtreler, entegre sabit film aktif çamur prosesleri, hareketli yatak biyofilm reaktörleri ve dönen biyodisk) biyokütle bir yüzeye bağlı olarak büyür.

Aktif çamur prosesi dizayn edilirken, aktif çamur modeli ve AAT modeli terimleri arasındaki fark vurgulanmalıdır. Tipik bir aktif çamur prosesi genellikle bir dizi aktif çamur tankları, çökeltme tankları, çeşitli geri dönüşüm akışları ve bir havalandırma sisteminden oluşmaktadır. Tanklarda bulunan çözünmüş oksijen ve nitrat konsantrasyonlarına bağlı olarak, aerobik (oksijen mevcut), anoksik (nitrat mevcut, oksijen yok) veya anaerobik (oksijen yok, nitrat yok) tanklar dahil edilmektedir. Fakat bazı sistemler gerek normalde aktif çamur tanklarından önce gelen farklı ön arıtma aşamalarını gerek ise son arıtma süreçlerini ve çamur arıtmayı dikkate almayan bir aktif çamur sistemi uygulamaktadır. (Şekil 2.10) “AAT modeli” terimi, atıksu arıtma tesisi modelini tanımlamak için gerekli olan aktif çamur modeli, hidrolik model, fiziksel-kimyasal modeller (örneğin, oksijen transferini tanımlayan) ve sedimentasyon tankı modelini belirtmek için kullanılır. 'Aktif çamur modeli' terimi, bir aktif çamur tankında gerçekleşen biyolojik (ve bazı

durumlarda aynı zamanda kimyasal) süreçleri temsil eden bir dizi diferansiyel denklemi - mekanik bir model modeli ifade eder [32].



Şekil 2.10. Aktif Çamur Prosesi [32]

Aktif çamur prosesinde mikroorganizmalar yüksek kalitede bir çıkış suyu vermek için atıksu içerisindeki organik kirletici maddeleri besin kaynağı olarak kullanmaktadır. Tüm aktif çamur proseslerinin temel taşı mikroorganizmalardır ve mikroorganizmalar bir araya toplanarak yumak oluştururlar. Yumak olarak adlandırılan bu topluluk tankın dibine yerleşir, bu da nispeten berrak olmayan bir su ve askıda katı madde oluşumuna sebep olur. Sonrasında atıksu, ikincil bir tanktan alınan yüksek oranda organizma içeren değişen miktarlarda geri dönüştürülmüş sıvı ile karıştırılır ve karışık sıvı denilen bir ürün haline gelir. Karışık sıvı için bir sonraki adım, oksijen sağlamak, katıları süspansiyon halinde tutmak için karıştırmak ve büyük miktarlarda hava enjekte etmektir. Bir süre sonra, karışık sıvının çökmesine izin verilen bir durultucuya transfer gerçekleşir. Bu işlem sırasında bakterinin bir kısmı uzaklaştırılır ve kısmen arıtılmış su ek işlem için sonraki prosese aktarılır. Çökelen katı maddeler, daha sonra yeniden başlamak için ilk tanka geri gönderilir.

- Biyolojik reaksiyonların meydana geldiği havalandırma tankı
- Oksijen ve karışım sağlayan bir havalandırma kaynağı
- Arıtıcı olarak bilinen, katıların çöktüğü ve arıtılmış atıksudan ayrıldığı bir tank
- Katıları havalandırma tankına geri döndürmek, aktif çamuru geri döndürmek ya da prosesten çıkarmak için bir toplama aracı

Aerobik süspansiyon edilmiş büyüme sistemleri iki temel şekildedir: çamur geri devri kullananlar sistemler, yani klasik aktif çamur sistemi ve modifikasyonları, ikincisi ise çamur geri dönüşümü olmayanlar, yani havalandırılmış lagünler. Her iki durumda da organik madde içeren atıksu, mikroorganizmaların çözünür ve askıda kalan organik maddeyi metabolize ettiği bir havalandırma havuzunda havalandırılır. Karışık sıvı süspansiyonlu katılar (MLSS) olarak da adlandırılan askıda katı madde konsantrasyonu, genellikle havalandırma tankındaki aktif

mikroorganizma kütlelerinin indeksinde olduğu gibi alınır. Bununla birlikte, MLSS sadece aktif mikroorganizmaları değil, aynı zamanda ölü hücreleri ve ayrıca inert organik ve inorganik maddeleri de içermektedir. Aktif çamurda karışık sıvı uçucu askıda katılar (MLVSS) değeri de kullanılır fakat inorganik maddenin etkisini ortadan kaldırdığı için en çok MLSS tercih edilir.

Lagün Sistemleri

Lagünler, katı maddelerin çökmesinde kullanılan yöntemdir. Katıların geri dönüşümünü kontrol eder. Lagünler aktif çamurun vadettiği standartların çoğunu karşılamaktadır, aktif çamurun mekanik karmaşıklığı ve kompaktlığına (kompleks yapısı) karşın daha basittir ve daha az hacim kaplar. Lagünler genellikle kırsal alanlarda küçük arıtma tesisleri için ve bazı endüstriyel atıksu arıtma tesisleri için dizayn edilmektedir. Temelde 2 tip lagün vardır bunlar; havalandırılmalı lagünler ve stabilizasyon lagünleri. Bu sistemlerin benzerlikleri oldukça fazladır ama temel farklılıkları oksijen transferinde sıvıya geçiştir. Havalandırılmalı lagünde ise mekanik cihazlarla havalandırma işlemi yapılmaktadır. Oksijen transfer işlemlerinde havalandırılmalı lagünlerde mekanik havalandırma sistemleri kullanılırken stabilizasyon lagünlerinde solar sistemler tercih edilmektedir.

Arıtma sistemlerinde kullanılan havalandırılmalı lagünlerin özellikleri;

- Büyük bekletme sürelerinin sonucunda küçük hacimsel yüklemeler meydana gelir.
- Büyük sıvı tutulmalarının sonucunda genelde 0.01 kg BOİ₅/m³.gün olduğunda küçük hacimsel yüklemeler meydana gelir.
- Sığ derinlik ve büyük bir yüzeyel alan mevcuttur. Havalandırılmalı lagünlerin klasik derinlikleri genellikle 1-3 metre arasında değişmektedir. Bundan dolayı sıvı hacimleri için plan yüzey alanı oranı/derinlikleri maximum olmalıdır.
- Yüzeyel havalandırma kullanılmaktadır. Bazen dağınık havalandırma kullanılsa da daha çok yüksek hızlı yüzeyel mekanik havalandırıcılar tercih edilmektedir. Bu seçim yüksek yüzey alanına sahip, yüksek hızlı yüzey havalandırıcıların daha düşük maliyetlere sebep olmasından kaynaklanmaktadır.
- Havalandırılmalı lagünlerin özellikleri benzer olsa da, fiziksel konfigürasyon biçimleri büyük ölçüde değişiklik gösterebilir. Küçük sistemler genellikle tek tip havalandırma ve karıştırıcı ile tek bir lagün ile oluşur. Büyük sistemler ise genellikle seri olarak birbirine eklenmiş iki veya daha fazla sistem ile düzenlenir. Bu tür aşamalı sistemlerde, havalandırmanın yoğunluğu genellikle birinci hücrede/havuzda daha yüksek iken devamında ki havuzlar da gittikçe azalmaktadır. Havuz hava akım dağılımı genellikle sabit değildir ve havuzun geometrisine göre farklı özellikler gösterebilmektedir.
- Buharlaşma ısı kayıplarını ayıran bir ısı bütçesi yapmak için daha fazla meteorolojik veriye ihtiyaç vardır.

- Havalandırıcılar, oksijen tedarik etmek ve asılı katıları süspansiyon halinde tutmak için kullanılır.
- Havalandırılmış lagünler için oksijen gereksinimleri, aktif çamur için kullanılanlarla aynı yöntemlerle hesaplanır.
- Genellikle düşük hacimli BOİ yüklemesi nedeniyle, oksijen kaynağı değil, karıştırma, havalandırma sisteminin boyutlandırılmasını kontrol eder.
- Katıların süspansiyonunu muhafaza etmek için gereken enerji girdisi tipik olarak 15 ile 30 kW/1,000 m³'tür.
- Havalandırılmış lagünlerdeki nispeten düşük asılı-katı madde konsantrasyonları, karıştırma gereksinimini aralığın alt ucuna yakın tutmaya eğilimlidir.
- İyi karıştırma ayrıca ölü bölgelerin oluşmamasını sağlamak için havalandırıcıların uygun şekilde yerleştirilmesini gerektirir.
- Belirli bir havalandırıcı için karışım bölgesinin büyüklüğünü belirlemek için havalandırıcının üreticisine başvurulmalıdır [33].

Stabilizasyon lagünleri, evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımı için düşük maliyetli alternatifler olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Dengeleme havuzları, oksidasyon lagünleri, olgunlaşma lagünleri, lağım lagünleri ve yosun lagünleri gibi çeşitli isimlerle bilinirler. Performansları, fototrofik ve heterotrofik organizmaların bir ekolojik karışımına dayanır. Başlıca avantajları, düşük işletme maliyeti ve dizaynındaki sadeliktir. Sadece atıksu BOİ'unda iyi bir azalma elde etmekle kalmayıp, aynı zamanda azot ve fosforun giderilmesi, ağır metallerde ve toksik organik bileşiklerde azalma ve patojenlerin yok edilmesi için de kullanılabilirler. Dezavantajları ise, geniş bir arazi alanına ihtiyaç duymaları, yıl boyunca sıcaklık ve fototrofik organizmaların büyümesi için güneş ışığı ile en iyi şekilde çalıştıkları ve genellikle aktif çamur ve damlatmalı filtreler gibi diğer aerobik biyolojik arıtma sistemleri gibi bir atıksu akışının düşük olmayışıdır. Aşırı yüklendiğinde, koku yaratabilirler ve bu nedenle nüfus merkezlerinin yakınında bulunmazlar.

Stabilizasyon havuzları, son derece güvenilir arıtma sistemlerinin yapımı ve işletilmesi için kaynakların mevcut olmadığı gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Stabilizasyon lagünleri, lagünün üst bölgelerinde aerobik bir ortam sağlamak için alg ve siyanobakteriler dahil olmak üzere fototrofik mikroorganizmalardan faydalanır. Son zamanlarda, bitkilerin atıksudan uzaklaştırmak için ağır metalleri yoğunlaştırmak için kullanıldığı ya da toksik organik kimyasalların su içinde yok edilmesine ya da başka bir şekilde etkilenmesine yardımcı olduğu fitoeratifasyon ilgi çekmektedir [26].

2.3.3. Kimyasal arıtım

Kimyasal arıtma işlemi, suda bulunan kirleticilerin kimyasal maddeler yardımıyla yoğunluğu düşük bileşiklere ya da AKM ve kolloidal maddelerin yumaklar oluşturarak çökmesi işlemine dayanmaktadır. Bu arıtım mekanizmasında nötralizasyon, flokülasyon ve koagülasyon gibi arıtım teknikleri uygulanmaktadır.

Nötralizasyon

Endüstriyel atıksuların büyük kısmının içeriği incelendiğinde asidik ya da bazik olduğu görülür. Bu tür atıksuların alıcı ortamlara verilmeden nötralize edilmesi gerekmektedir. Biyolojik arıtma sistemlerinde, biyolojik aktivitelerin gerçekleşmesi için gereken ideal pH aralığı 6,5-8,5 arasında olduğu belirtilmektedir [34].

Koagülasyon

Atıksuda bulunan askıda ve kolloidal maddelerin giderilmesi için kullanılan sisteme koagülasyon denir. Kolloidal maddeler boyutları 10^{-7} - 10^{-8} cm aralığında olan parçacıkları ifade eder. Bu boyuttaki maddeler kendiliğinden çökmez ve klasik arıtma yöntemleri ile de giderilmesi mümkün değildir. Kolloidal katıların sudan uzaklaştırılması, yağ emülsiyonlarının kırılması ve boya yapışkanlığının giderilmesi gibi pıhtılaşma reaksiyonları gerektiren birçok atık su arıtma uygulaması vardır. Ayrıca, bir arıtma sürecinin özel ihtiyaçlarını karşılamak için birçok pıhtılaştırıcı türü mevcuttur. Genel olarak, pıhtılaşma, kimyasal su arıtma işleminde flokülasyondan önce gelir. Atıksu arıtımında kullanılabilen bazı pıhtılaştırıcılar şunlardır; Metal bazlı pıhtılaştırıcılar, sentetik içerikli pıhtılaştırıcılar ve biyopolimer pıhtılaştırıcılarıdır [34].

Flokülasyon

Flokülasyon, askıda katıları sudan uzaklaştırılmak için daha büyük yumaklar oluşturduğu arıtma işlemidir. Bu süreç kendiliğinden veya kimyasal maddelerin ilavesiyle gerçekleşebilir. Atıksu arıtmada ve içme suyunun arıtılmasında kullanılan yaygın bir yöntemdir. Atıksu tesislerinden çıkan arıtılmış suyun amaçlarından biri askıda katı maddelerin uzaklaştırılmasıdır. Küçük katı parçacıklar suyun rengini etkiler ve yabancı maddeleri nehirler ve denizler gibi doğal su kaynaklarımıza taşıırlar. Nehirlere fosfor salınımı yosun gelişimine neden olduğundan, atıksuda fosfor içeriği de sınırlandırılmalıdır. Kontrolsüz fosfor salınımlarının balıkların ve diğer su canlılarının kitlesel ölümlerine neden olduğu bilinmektedir.

Bazı endüstriyel uygulamalar, atıksularında yüksek seviyelerde fosfor üretirler, bu da atıksu arıtma tesislerine bırakılmadan önce ön arıtma gerektirebilir. Atıksuya sırayla kimyasallar eklemeyi ve küçük katı parçacıkların yumaklar adı verilen daha büyük bir kütlede bir araya gelmesini sağlamayı içerir. Atıksu arıtımı olarak, flokülasyon aşamalar halinde gerçekleştirilir.

Bu aşamalar;

Atıksuda askıda kalan katı partiküller negatif olarak yüklenir. Flokülasyonun ilk aşamasında atıksuya alüminyum sülfat gibi bir pıhtılaştırıcı eklenir. Pozitif yüklü pıhtılaştırıcı moleküller, suda asılı duran negatif yüklü katı parçacıkları nötralize eder. Bu partiküllerin nötralize edilmesi, daha büyük bir kütle halinde birlikte topaklaşmalarının yolunu açar.

Atıksu, karıştırıcılar ile karıştırılmalıdır. Pıhtılaştırıcının su boyunca yayılmasını sağlamak için başlangıçta yüksek enerjili karıştırma gereklidir. Flokülasyon devam ederken, partikül kütlelerinin tekrar ayrılmasını önlemek için karıştırma enerjisi azaltılır. Flok oluşmaya başladığında, atıksuya bir polimer kimyasal eklenir. Polimerler, topaklaştırıcıyı mikro topaklaştırıcıdan makro topaklaştırıcıya köprüler, yani bir araya toplanan parçacıkların kütlesi büyür. Bu kimyasal ayrıca toplanan kütleyi birbirine bağlar, böylece su hafifçe çalkalandığında bile kolayca parçalanmaz. Flokülasyon tamamlandıktan sonra, büyük katı kütleler atıksu akışından çıkarılabilir. Bu, topakların çıkarılmak üzere dibe düştüğü yerde çökeltme yoluyla veya filtre malzemesindeki topağı yakalayan filtrelerin kullanılmasıyla yapılır. Filtreler temizlenirken fosfor bakımından zengin topakların içerildiğinden ve işlendiğinden emin olmak için özen gösterilmelidir [34].

2.3.4. Üçüncül arıtma

Atıksuyun üçüncül arıtımı, ikincil arıtmadan sonra organik maddeleri, bulanıklığı, azotu, fosforu, metalleri ve patojenleri daha da azaltmak için uygulanan ilave prosesleri içerir. İşlemlerin çoğu, pıhtılaşma, filtrasyon, organiklerin aktif karbon adsorpsiyonu, ters ozmoz ve ek dezenfeksiyon gibi fizikokimyasal işlemler içerir. Nehirlere veya göllere boşaltıldıktan sonra yaban hayatının ek korunması için atıksuyun üçüncül arıtımı uygulanmaktadır. Yaygın olarak, atıksu sulama için peyzaj amaçlı veya içme suyu için yeniden kullanılacağı zaman gerçekleştirilir [35].

Üçüncül arıtma genellikle sanayileşmiş ülkelerde mikro filtrasyon veya sentetik membranlarla uygulanır. Nitratlar, atıksudan sulak alanlarda doğal işlemlerle olduğu kadar mikrobiyal denitrifikasyon yoluyla da çıkarılabilir. Ozonlama atık su arıtımında popüler hale geliyor; ozon jeneratörü, tankın içinden süzülen ozon kabarcıkları olarak suyu dekontamine eder, ancak bu işlem yoğun bir enerji harcanmasına neden olur. En son ve uygulanması en mümkün arıtma teknolojisi aerobik granülasyonun (tanecik boyutunu istenen boyuta getirmek için yapılan işlem ve proseslere verilen isimdir) kullanılmasıdır. Havuzlar, çökeltme havzaları ve isteğe bağlı lagünler için yeterli arazi mevcutsa, işletme maliyeti daha düşüktür. Sızıntı suyu arıtma tesisleri, düzenli depolama alanlarından gelen sızıntı suyunu arıtmak için kullanılır. Arıtma seçenekleri biyolojik arıtma, ultrafiltrasyonla mekanik arıtma, aktif karbon filtreleriyle arıtma ve disk tüp modüllü teknolojisini kullanarak ters ozmoz proseslerini içerir.

Birincil ve ikincil arıtım teknolojilerinin çoğunun yalnızca kirletici maddelerin sıvı fazdan başka bir faza aktarılmasında yararlı olduğu gözlenmiştir; böylece katı atıkların daha fazla

işlenmesini ve adsorbanın yeniden oluşturulmasını gerektiren başka bir kirlilik türü ortaya çıkmış ve bu da sürece daha fazla maliyetin eklenmesine neden olmuştur. Mikrobiyolojik veya enzimatik ayrışma, biyolojik bozunma, ozonlama, Fenton ve foto-Fenton katalitik reaksiyonları, H_2O_2 / UV prosesleri gibi gelişmiş oksidasyon prosesleri ve diğer bazı yöntemler de atıksulardan çeşitli kirletici maddelerin uzaklaştırılması için kullanılmıştır.

Son çeyrek asırda, foto katalitik bozunma süreçleri, atıksulardaki organik kirleticilerin yok edilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişmiş oksidasyon süreçleri (AOP'ler), organik kirleticilerin çoğunun toplam mineralizasyonu ile sonuçlanan yeni bir arıtma teknolojisi olarak geliştirilmiştir [36].

2.3.5. İleri Arıtım

Biyolojik arıtımın yetersiz kaldığı ve atıksuyun içinde bulunan askıda ve organik maddelerin, atıksuyun tekrar kullanılması için daha ileri seviyede arıtılması işlemidir. Biyolojik arıtımın yetersiz kaldığı ve atıksuyun içinde bulunan askıda ve organik maddelerin, atıksuyun tekrar kullanılması için daha ileri seviyede arıtılması işlemidir.

Tipik bir ikincil arıtma tesisinden çıkan atıksu 20-40 mg / L BOİ içerir ve bu durum deşarj noktalarında bulunan sular için sakıncalı olabilir. BOİ'ye katkıda bulunmanın yanı sıra askıda katı maddeler, dere yatağına yerleşebilir ve belirli su yaşam biçimlerini engelleyebilir. Bu oranlarda ki bir BOİ konsantrasyonuna sahip atıksu, düşük akışlı bir alıcı ortama verildiğinde, alıcı ortamın çözünmüş oksijen içeriğini azaltarak su yaşamına zarar verebilir. Atıksu endüstriyel kaynaklı ise, eser miktarda organik kimyasallar, ağır metaller ve diğer kirleticiler de içerebilir.

Bu kirleticiler organik maddeler, askıda katı maddeler, inorganik maddeler (Ca, K, SO_4 , fosfat, nitrat vb.) veya kompleks sentetik organik bileşikler olabilmektedir. Söz konusu bileşiklerin çoğunun çevre üzerine etkileri bilinmektedir. Son yıllarda özellikle zehirli bileşiklerin çevreye etkileri ise klasik ve ileri arıtma sistemlerindeki arıtım mekanizmaları araştırılmaktadır [37].

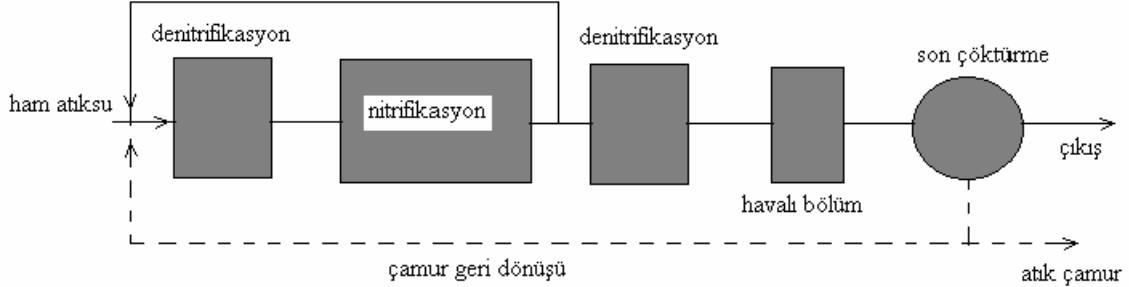
2.3.6. Arıtma Kombinasyonları

Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon Prosesi

Maliyetinin yüksek oluşu dolayısıyla karbon oksidasyonu, nitrifikasyon ve denitrifikasyon tek bir proses içinde gerçekleştirilir. Bu proseslerin bazı üstünlükleri vardır, bunlar;

- Nitrifikasyon ve BOİ için gerekli olan oksijen ihtiyacı azdır.
- Denitrifikasyonun tamamlanması için karbon kaynağı ilavesi gerekmemektedir.
- İlave çöktürme havuzuna ve çamur geri dönüşüne gerek duyulmamaktadır.

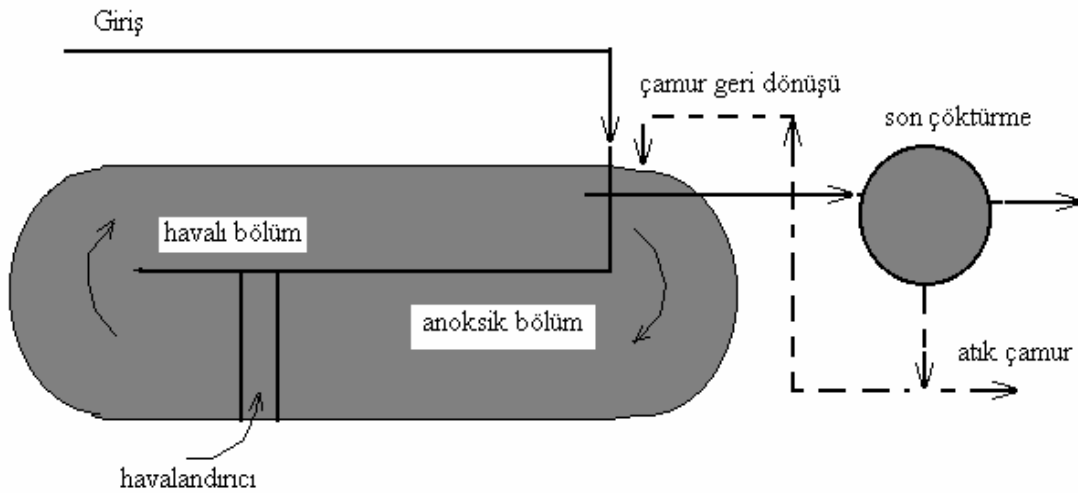
Bu sistem toplam azotun yaklaşık %60-80'ini arıtabilmektedir. Şekil 2.11'de Nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesine ait akım şeması verilmiştir.



Şekil 2.11. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon proses şeması

Oksidasyon Hendeği

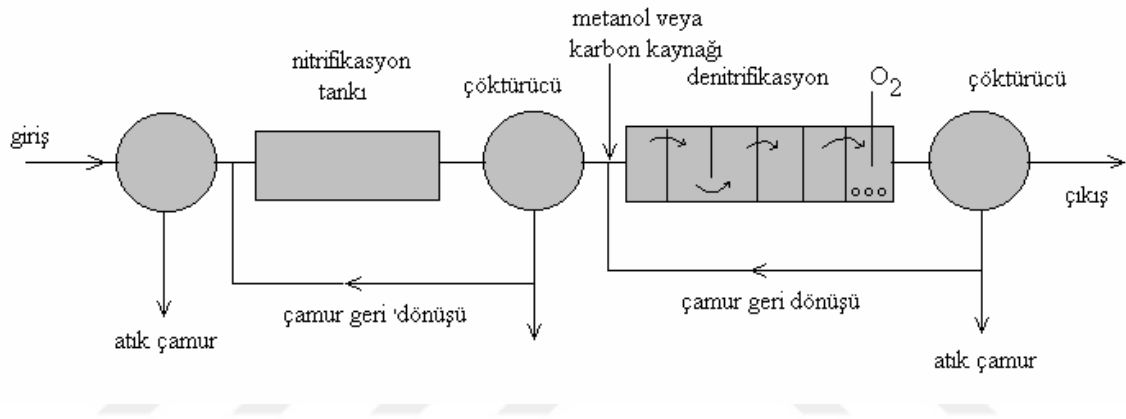
Oksidasyon hendeği nitrifikasyon ve denitrifikasyon reaksiyonları için de kullanılmaktadır. Oksidasyon hendeğinde atıksu havalandırıcılarla havalandırılır. Hendeğe aerobik bölüm havalandırıcının yönlendirdiği su akışının önünde, anoksik bölüm ise havalandırıcının arkasında oluşur. Atıksuyun anoksik bölümden geçiş hızı kontrolü ile karbon kaynağının bir kısmının denitrifikasyon için kullanılması sağlanmaktadır. Atıksu çıkışı reaktörün havalandırılmalı bölümünden yapılmaktadır. Sistemde yalnız bir tane anoksik bölüm olduğundan, azot giderimi Bardenpho prosesine kıyasla daha düşüktür [26]. Şekil 2.12'de Oksidasyon hendeğine ait akım şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Oksidasyon hendeği şeması [39]

Askıda Büyüyen Denitrifikasyon Prosesleri

Askıda büyüyen denitrifikasyon sistemleri organik madde gideriminde kullanılan aktif çamur sistemlerine ile benzerlik göstermektedir. Tam karışım ve kesikli reaktörlerin her ikisi de kullanılabilir. Denitrifikasyon prosesinde ortama bırakılan azot gazı, genellikle biyokütleyle yapışık halde olduğundan, reaktör ve çöktürme tankı arasında biyokütleyi ayırmak için azot giderme basamağı yer alır. Bu nedenle, flokülasyon ile azot gazını ortamdan uzaklaştırmak için, biyolojik reaktör ile çöktürme tankı arasındaki kanalda veya kısa kalma zamanlı (5-10 dakika) ayrı bir tankta havalandırma yapılır [38]. Şekil 2.13'te iki basamaklı biyolojik arıtım prosesinde azot giderimini gösteren bir akım şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Azot gideriminde iki basamaklı biyolojik arıtım prosesi akım diyagramı [39].

Bu proseste, nitritasyondan sonra çöktürme tankına alüm ilave edilerek aynı zamanda fosfor giderimi de yapılabilir. Denitrifikasyon adımı sonrasında çıkış suyu askıda katı ve fosfor giderimi için filtrelenebilir veya alüm ile çöktürme yapılır. Nitritasyon reaktöründeki bakteriler, azot ve BOİ'yi gideren bakterilerden oluşmaktadır. Bu iki grup organizmanın dağılımı iki reaktörde değişiklik gösterir. Nitritasyon tankındaki toplam askıda katı miktarı, uçucu askıda katı miktarından %50-100 daha fazladır [38].

A/O Prosesi

A/O prosesi, atıksulardan karbon ve fosfor gideriminde kullanılır. Askıda büyüyen tek sistem olup aerobik ve anaerobik bölümler bir tankta oluşturulmuştur. Aerobik bölümde gerekli bekleme zamanı oluşturulduğunda nitritasyon için uygun şartlar sağlanmış olur. Sistemde çöken çamur geri döndürülerek giriş atıksuyu ile karıştırılır. Aerobik şartlardaki bölümde, geri dönen çamurda tutunmuş fosfor ortama geri verilir. Bu aşamada BOİ giderimi gerçekleşmiş olur. Ortama verilen fosfor, aerobik şartlarda tekrar mikroorganizma tarafından tutulur. Böylece atıksudaki fosfor konsantrasyonu azalmış olur. Fosfor giderim verimi, atıksuyuda BOİ'nin fosfor oranına bağlıdır.

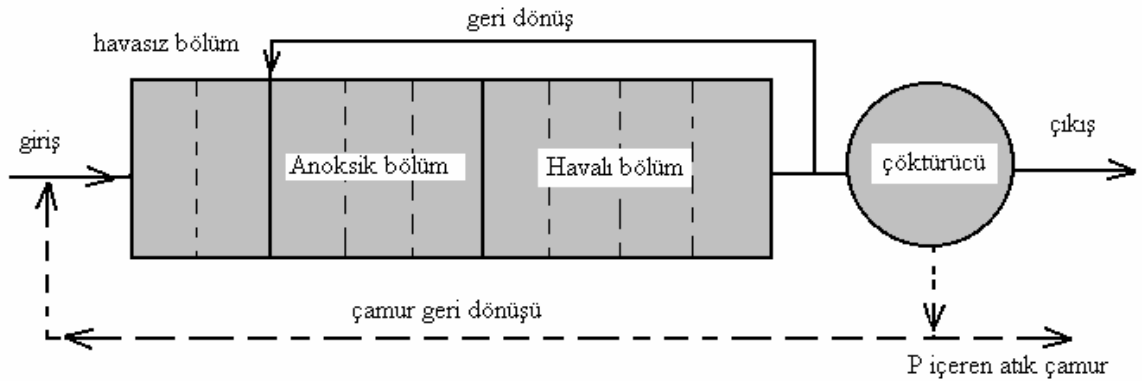
Bu oran 10/1'i aştığında çıkış suyundaki fosfor konsantrasyonu 1mg/l veya daha altına düşer. BOI/fosfor oranının 10/1'den daha küçük olması durumunda metal tuzları ile fosfor ilave giderimi yapılır [39]. Şekil 2.14'te A/O prosesini gösteren akım şeması belirtilmiştir.



Şekil 2.14. A/O proses şeması [39].

A²O Prosesi

A²O prosesi, A/O prosesinin bir modifikasyonu olup, denitrifikasyon için anoksik bölüm içermektedir. Anoksik bölümde kalma zamanı yaklaşık olarak 1 saattir. Anoksik bölümde çözünmüş oksijen düşüktür, ancak nitrit ve nitrat formundaki kimyasal bağlı oksijen aerobik bölümden geri devirle sisteme verilmektedir. Çıkışta filtrasyon olmaksızın, 2 mg/l'den daha az fosfor konsantrasyonu içermektedir. Çıkış suyunun filtrasyonu ile fosfor konsantrasyonu 1.5mg/l'den daha düşük olmaktadır [39]. Şekil 2.15'te A²O prosesinin akım şeması gösterilmiştir.

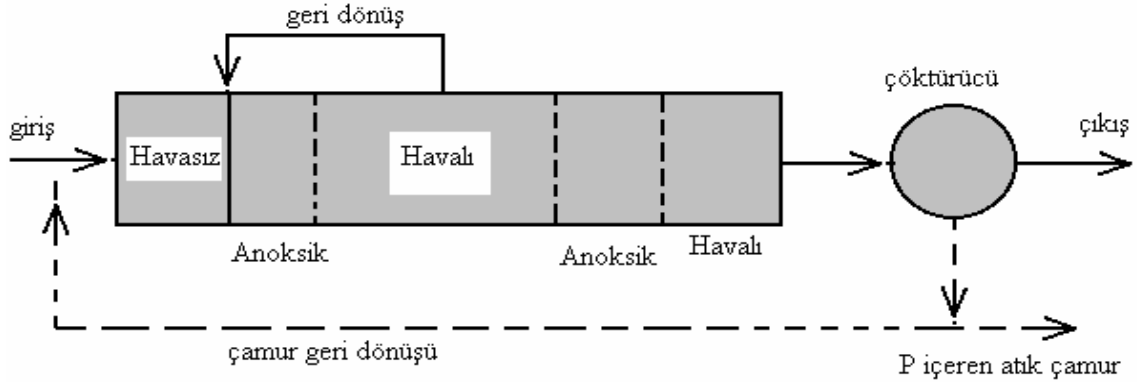


Şekil 2.15. A²O proses şeması [39]

Bardenpho Prosesi

Azot gideriminde kullanılan Bardenpho prosesinin, azot ve fosfor giderimi için değiştirilmiş şeklidir. Fosfor giderimi amacıyla ortama beşinci basamak (anaerobik) ilave edilmiştir. Beş basamaklı sistemde aerobik, anaerobik ve anoksik bölümler fosfor, azot ve karbon gideriminde rol

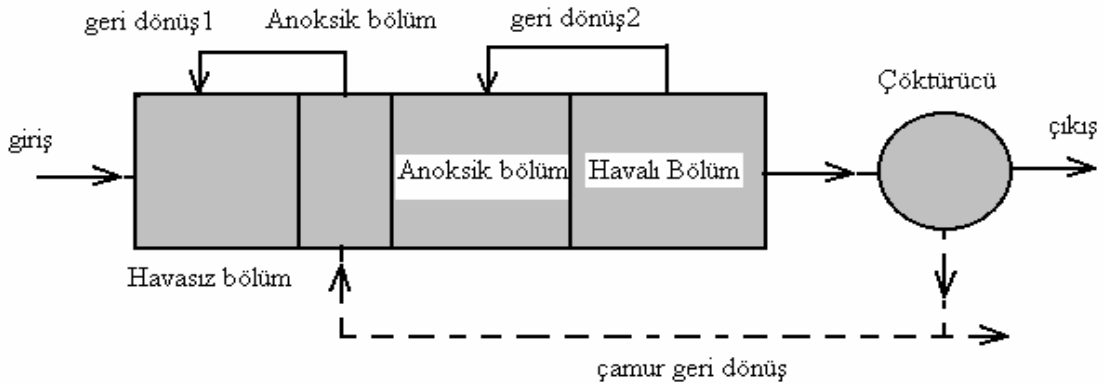
oyunlar. İkinci anoksik bölüm, aerobik bölümde oluşan nitrati elektron alıcı, organik karbonu ise elektron verici olarak kullanıp ilave denitrifikasyonu sağlar. Son aerobik bölüm ise kalıntı azot gazını çözeltiden sıyırmak ve son çöktürücüde fosfor açığa çıkmasını en aza indirmek için kullanılır. Sıvı karışım birinci aerobik bölümden anoksik bölüme geri beslenir. Uzun çamur kalma yaşında çalıştırıldığından dolayı (10-40 gün) karbon oksidasyon kapasitesi de yüksektir [39]. Şekil 2.16’da bardenpho prosesine ait akım şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Bardenpho proses şeması [39]

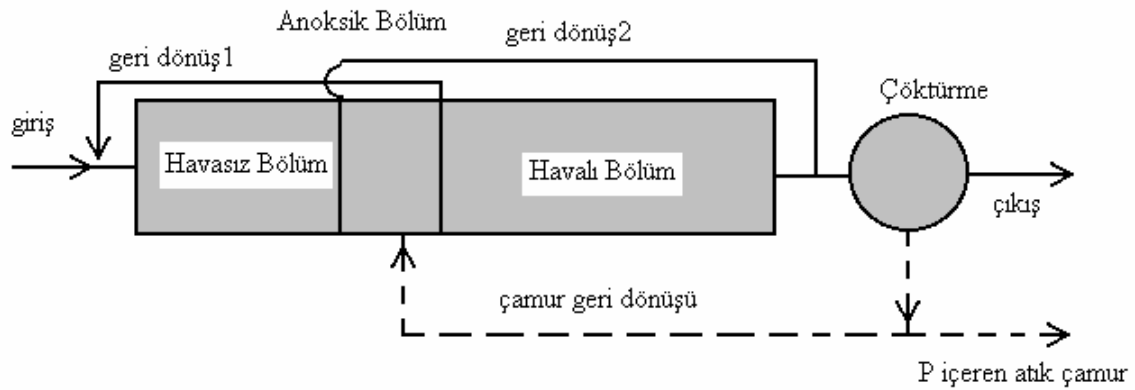
UCT Prosesi

UCT prosesi, kısmen A²/O prosesine benzerlik göstermektedir. Aktif çamur dönüşü aerobik bölüm yerine, anoksik bölüme geri döndürülür ve iç döngü ise anoksik bölümden anaerobik bölüme doğrudur. Aktif çamurun anoksik bölüme geri döndürülmesi ile nitrat anaerobik bölüme girmez, böylece anaerobik bölümde fosforun daha iyi açığa çıkması sağlanır. İç döngü ise anaerobik bölümde organik kullanımı artışı sağlar. Anoksik bölümdeki karışım, önemli miktarda çözünmüş BOI ve az miktarda nitrat içerir. Anoksik karışımın geri dönüşü, anaerobik bölümde fermentasyon hızı için optimum şartları sağlar [39]. Şekil 2.17’de UCT prosesinin akım şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.17. UCT proses şeması [39]

VIP prosesi, bir bakıma A²/O ve UCT proseslerinin birleşimi olarak tanımlanabilir. Aktif çamur geri dönüşü, aerobik bölüm geri dönüşü ile birlikte anoksik bölüme verilir. Anoksik bölümün karışımı anaerobik bölüme geri beslenir. Deneysel verilere dayanarak, atıksudaki organik maddenin bir kısmı anaerobik bölüm tarafından stabilize olur, bu da prosesin oksijen ihtiyacını azaltır [39]. Şekil 2.18’de VIP prosesinin akım şeması gösterilmiştir.

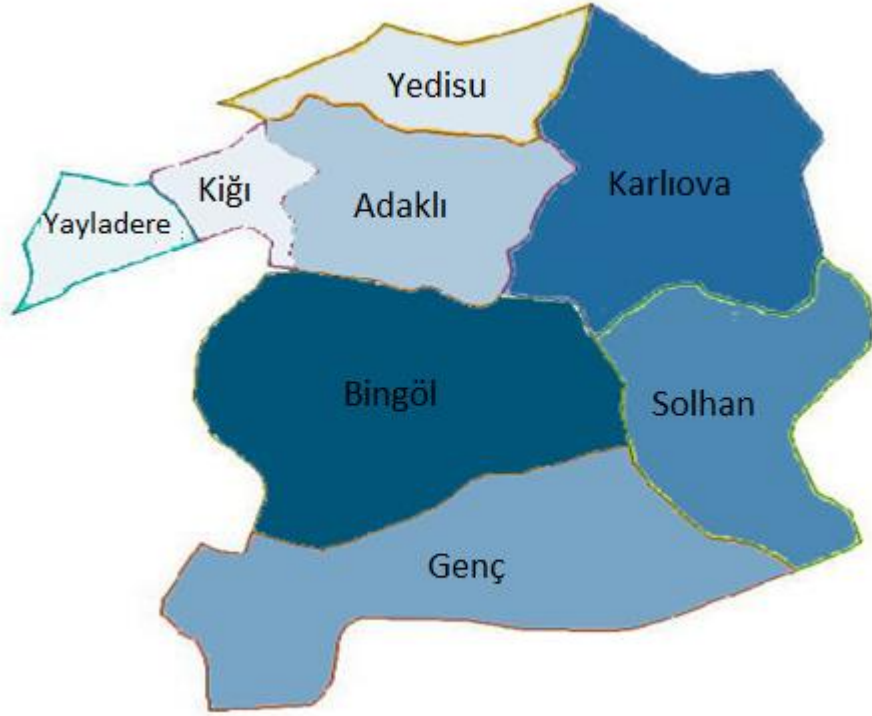


Şekil 2.18. VIP proses şeması

3. ÇALIŞMA SAHASI

Bu tez çalışması kapsamında Bingöl il sınırları dahilinde bulunan Bingöl Belediyesi atıksu arıtma tesisi, Genç ilçesi evsel atıksu arıtma tesisi ve Süttaş firmasına ait endüstriyel atıksu arıtma tesisleri araştırılmış bu tesislere ait tasarım ve dizayn parametreleri incelenmiştir. Bu veriler Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan Atıksu Arıtma Tesisleri Tasarım Rehberi verileri ile karşılaştırılmıştır.

3.1. Bingöl İli Tanıtımı



Şekil 3.1. Bingöl İli Genel Haritası

Bingöl ili $41^{\circ} 20'$ ve $39^{\circ} 56'$ doğu boylamları ile $39^{\circ} 31'$ ve $38^{\circ} 28'$ kuzey enlemleri arasında olup Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat bölümünde yer almaktadır. Şekil 3.1' de gösterildiği üzere il merkezi ve 7 ilçesi bulunmaktadır. İlin rakımı 1151 metre olup ilin yüz ölçümü 8125,3 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. İlin iklim durumu incelendiğinde kış mevsimlerinin oldukça uzun geçtiğini, yağın kar miktarının fazla olduğunu ve karın yerde kalma süresinin uzun bir süreyi kapladığı görülmektedir. Bu durum ilin yer altı su kaynaklarını olumlu yönde etkilemektedir. İlin yer altı su rezervi DSİ verilerine göre 11.6 hm³/yıl'dır. Yeraltı su potansiyeli bakımından oldukça yüksek olmasına rağmen kullanılan kısım kaynak rezervuarına göre azdır.

3.2. Nüfus Tahminleri

TÜİK verilerine göre il nüfusu 2019 yılında 279.812 kişi iken 2020 yılında % 7,0'lık bir artışla 281.768 kişi olarak belirlenmiştir. 2020 yılı istatistiklerine göre il merkezi nüfusu 165.867 kişi iken bu sayının 125.375'i il merkezinde 40.492'si ise kırsal kesimde yaşamaktadır. Tez çalışması kapsamında incelenen Genç ilçesinin nüfusu ise 33.902 kişi olup bu nüfusun 20.801'i ilçe merkezinde 13.101'i ise ilçeye bağlı köy ve beldelede yaşamaktadır.

İlin ortalama nüfus artış hızı % 8.5 olarak hesaplanmış ve gelecekteki nüfus projeksiyonu Tablo 3.1'de ki şekilde hesaplanmıştır. Tablo 3.2'de ise ilin gelecek nüfus projeksiyonu verilmiştir. (TÜİK).

Tablo 3.1. Bingöl İli Nüfus Geçmiş Nüfus Verileri

Yıllar	Nüfus Tahmini
2000	240.337
2005	248.336
2010	255.170
2015	267.184
2020	281.768
2021	283.227

Tablo 3.2. Bingöl İli Gelecek Nüfus Projeksiyonları

Yıllar	Nüfus Tahmini
2021	283.227
2022	285.466
2023	287.649
2024	289.758
2025	291.777

İller bankası metodu ile gelecek nüfus parametreleri belirlenebilir ve bu şekilde gelecek nüfusları baz alınarak atıksu arıtma tesisleri dizayn edilebilir. Aşağıda verilen iller bankası metodu yardımıyla Bingöl ve Genç ilçeleri için baz alınan nüfus değerlerinin hesabı gösterilirse;

$$P = \left(a \sqrt{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) * 100 \text{ ve } N_g = N_y \left(1 + \frac{P}{100} \right)^N \text{ denklemlerinden hesaplanır, burada;}$$

P : Çoğalma katsayısını

N_y : Yeni nüfus sayım sonucunu

N_e : Eski nüfus sayım sonucunu

a : Yeni ve eski nüfus sayımları arasındaki yıl farkını
 N_g : Gelecek nüfus tahminini
 N : Proje yılı ile nüfus tahmini arasında ki yıl farkını ifade eder,
 $P < 1$: $P=1$,
 $P > 3$: $P=3$,
 $1 < P < 3$: $P=$ bulunan değer alınır.

Bingöl belediyesi atıksu arıtma tesisi 2007 yılında tasarlanmış ve bu yıla ait nüfus parametresi 105.000 kişi olarak belirlenmiştir. Ayrıca Genç ilçesi arıtma tesisi 2008 yılında tasarlanmış ve yine bu yıla ait nüfus parametresi 18.018 kişi olarak belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak gelecek nüfusa göre tesis kapasitesi belirlenmiştir.

Bingöl ili merkez ilçesi için Tablo 3.3’de ki veriler baz alınarak aşağıda ki hesaplamalar yapılmıştır,

Tablo 3.3. Bingöl Merkez Nüfusları (Belediye Nüfusu)

Yıllar	Nüfus Tahmini
1985	34.024
1990	41.590
2000	68.876
2007	86.511
2008	86.113

Tablo 3.3’de verilen nüfus parametreleri yardımıyla

$N_{2008} = 86.113$ kişi,

$$P_{1985-1990} = \left(1990 - 1985 \sqrt{\frac{N_{1990}}{N_{1985}}} - 1 \right) * 100 \text{ ise}$$

$$P_{1985-1990} = \left(5 \sqrt{\frac{41590}{34024}} - 1 \right) * 100 = 4,01,$$

$$P_{1990-2000} = \left(10 \sqrt{\frac{68876}{41590}} - 1 \right) * 100 = 5,17,$$

$$P_{2000-2007} = \left(7 \sqrt{\frac{86511}{68876}} - 1 \right) * 100 = 3,31,$$

P_{ort} buradan 4.16 olarak bulunur. İller bankası metoduna göre $P > 3$ olduğunda $P=3$ alınacaktır.

Nüfus tahmini

$$N_{2019} = N_{2008} * \left(1 + \frac{3}{100} \right)^{2019-2008} = N_{2019} = 86113 \left(1 + \frac{3}{100} \right)^{11} = 119.200 \text{ kişi},$$

$$N_{2024} = N_{2008} * \left(1 + \frac{3}{100} \right)^{2024-2008} = N_{2024} = 86113 \left(1 + \frac{3}{100} \right)^{16} = 138.186 \text{ kişi},$$

$$N_{2032} = N_{2008} * \left(1 + \frac{3}{100}\right)^{2032-2008} = N_{2032} = 86113 \left(1 + \frac{3}{100}\right)^{24} = 175.049 \text{ kişi},$$

Genç ilçesi için Tablo 3.4’de ki veriler baz alınarak aşağıda ki hesaplamalar ile bulunmuştur,

Tablo 3.4. Genç İlçesi Yıllara Göre Nüfus Sayımı

Yıllar	Nüfus Tahmini
1990	11.545
2000	18.345
2007	18.885
2008	18.018

Tablo 3.4’de verilen nüfus sayıları yardımıyla;

$N_{2008} = 18.018$ kişi

$$P_{1990-2000} = \left(2000 - 1990 \sqrt{\frac{N_{2000}}{N_{1990}}} - 1\right) * 100 \text{ ise}$$

$$P_{1990-2000} = \left(10 \sqrt{\frac{18345}{11545}} - 1\right) * 100 = 4,74,$$

$$P_{2000-2007} = \left(2007 - 2000 \sqrt{\frac{18845}{18345}} - 1\right) * 100 = 0,42,$$

$$P_{2008-2007} = \left(2008 - 2007 \sqrt{\frac{18018}{18885}} - 1\right) * 100 = -4,59,$$

$P < 1$ ise $P=1$ alınır.

$P > 3$ ise $P=3$ alınır.

$1 < P < 3$ ise $P=$ bulunan değeri alınır.

P_{ort} buradan 0,19 bulunur, iller bankası metoduna göre $P=1$ alınır.

Nüfus tahmini

$$N_{2019} = N_{2008} * \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{2019-2008} = N_{2019} = 18018 \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{11} = 20.103 \text{ kişi},$$

$$N_{2024} = N_{2008} * \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{2024-2008} = N_{2024} = 18018 \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{16} = 21.128 \text{ kişi},$$

$$N_{2044} = N_{2008} * \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{2044-2008} = N_{2044} = 18018 \left(1 + \frac{1}{100}\right)^{36} = 25.780 \text{ kişi},$$

3.3. Evsel Atıksu Potansiyeli

İnsanların günlük yaşam döngüsü içinde kullandıkları; ev, iş, okul, mutfak, lavabo, kişisel ve diğer temizlik faaliyetleri sırasında kullandığı suların özelliklerini kaybetmeleri sonucu oluşan kirlenmiş sulara evsel atıksu denilmektedir [3].

Bir insanın oluşturabileceği atıksu miktarı ortalama 150 l/kişi.gün olduğu kabul edilmektedir. Böyle bir durumda ilde oluşacak atıksu miktarı 42.142,65 m³/gün olarak hesaplanabilir. TÜİK'in 2018 yılı nüfus verilerine göre bu oran 22.652,06 m³/gün'dür. Tablo 3.5'te il genelinde bulunan arıtma tesislerine ait bilgiler sunulmuştur.

Tablo 3.5. İl Genelinde Bulunan AAT Bilgileri

Tesisin Adı	Türü	Hizmet Durumu	Deşarj noktası	Hizmet Verdiği Nüfus	Muhtemel Atıksu Miktarı m ³ /gün
BİSKİ AAT	Kentsel	Faal	Göynük Çayı	125.375	18.806
Genç Belediyesi AAT	Kentsel	Faal	Murat Nehri	20.801	4.780
Solhan Belediyesi AAT	Kentsel	Proje Aşaması	Solhan Deresi	20.056	2.592
Karhova Belediyesi AAT	Kentsel	İnşaat Aşaması	Ömeran Deresi	8.732	1000
Kaleköy Baraj Şantiyesi	Paket Arıtma	Faal	Murat Nehri	0	83
Kığı Baraj Şantiyesi	Paket Arıtma	Faal	Peri Su Çayı	0	200
SÜTAŞ Endüstriyel AAT	Endüstriyel	Faal	Murat Nehri	0	3.500

3.4. Endüstriyel Atıksu Potansiyeli

İlde bulunan endüstri kuruluşlarını genel olarak maden sektörü faaliyetleri, gıda ve tarım sektörü ile enerji yatırımları oluşturmaktadır. İlde bulunan akarsular üzerinde inşa edilen Hidroelektrik santrallerinden genel itibarıyla evsel nitelikli atıksular oluşmakta ve bu oluşan atıksular şantiye sahalarına kurulan paket arıtma tesisleri kullanılarak bertaraf edilmektedir.

Madencilik sektöründe ise açık işletme prensibi uygulanmaktadır. İlde bulunan madenlerde zenginleştirme tesisi olmadığından bu sektöre ait endüstriyel nitelikte atıksu oluşumu söz konusu değildir. İlde bulunan organize sanayi sitesinde ise küçük ölçekli işletmeler olup bu faaliyet alanlarında endüstriyel nitelikte atıksu oluşmamaktadır. İlde faaliyet gösteren Sütaş firmasına ait endüstriyel arıtma tesisinde günlük 3500 m³ debiye sahip endüstriyel atıksu oluşumu söz konusudur.

3.5. Bingöl Evsel Atıksu Arıtma Tesisi



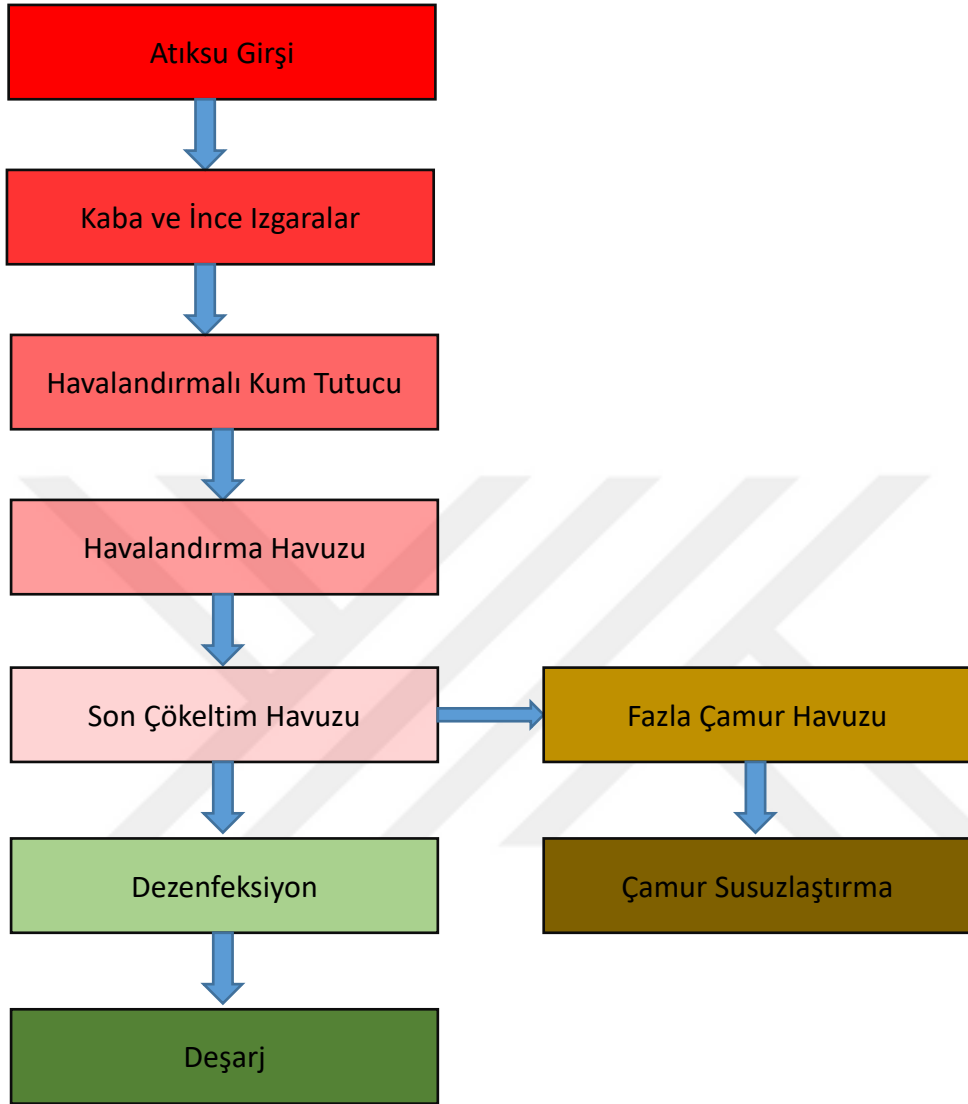
Şekil 3.2. Bingöl Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi

Bingöl Belediyesi bünyesinde faaliyet gösteren atıksu arıtma tesisi Kültür Mahallesi Birin – Abitor mevkiinde faaliyet göstermektedir. Tesis 300 m²'si kapalı alan olmak üzere toplam 3008,54 m²'lik bir alada hizmet vermektedir. Tesisin mevcut kapasitesi 17.700 m³ olup 125.375 kişilik bir nüfusa hizmet vermektedir. Tesiste oluşan arıtma çamuru günlük max. 850 kg olarak belirlenmiştir. Şekil 3.2'de Bingöl Belediyesine ait atıksu arıtma tesisinin girişine ait genel bir görüntü verilmiştir.

Tesis betonarme olarak inşa edilmiş olup evsel nitelikli atıksular biyolojik arıtım teknikleri kullanılarak arıtılmaktadır. Tesiste arıtılan sular SKKY'de belirtilen standartlara uygun bir şekilde Gayt deresine kontrollü bir şekilde deşarj edilmektedir.

Tesiste oluşan arıtma çamurları ise belediye bünyesinde bulunan katı atık sahasına bertaraf edilmek üzere belirli periyodlar ile gönderilmektedir. Tesiste tehlikeli atıkların oluşumu söz konusu olmayıp işletme bünyesinde çalışan personellerden kaynaklı evsel atıklar oluşmaktadır. Tesis genel

olarak ızgaralar, havalandırma havuzları, son çöktürme havuzları, beltpres ve dezenfeksiyon ünitelerinden oluşmaktadır. Tesise ait iş akım şeması Şekil 3.3’de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.3. Bingöl Belediyesi AAT İş Akım Şeması

Şehir merkezinden kanalizasyon sistemleriyle toplanan atıksular, öncelikle arıtma tesisine alınırken içinde bulunan kaba maddelerden ızgaralar vasıtasıyla temizlenir. Kaba maddelerden temizlenen atıksu, içinde barındırdığı kum, silt, çakıl gibi inert maddelerin tesiste bulunan pompa, mikser, dağıtım yapıları gibi ekipmanlara zarar vermemesi ve biyolojik aktiviteyi sekteye uğratmaması için atıksudan ayrıştırılır. Atıksu biyolojik arıtım yapılabilmesi için havalandırma havuzlarına alınır, burada blowerlar vasıtasıyla havalandırma havuzuna hava verilir, burada amaç mikroorganizmaların oksijeni kullanarak organik maddelerin parçalamasına dayanır. Atıksu deşarj edilmeden önce ise son çökeltim havuzlarında çamur birikir. Bu çamurun bir kısmı geri devir ile havalandırma havuzunda ki mikroorganizma eksikliği giderilir geri kalan kısım ise son çökeltim

havuzlarından belirli periyodlar ile alınır, çamur havuzlarında tutularak içinde bulunan sıvı oranı düşürülmeye çalışılır.

Son olarak toplanan çamurlar çamur susuzlaştırma ünitelerinde, içinde muhteva ettiği sıvı oranı düşürülerek beltpress ünitesine yönlendirilir. Burada oluşan çamurlar belediyeye ait katı atık sahasına belirli periyodlarla yönlendirilir.

Kaba ve İnce Izgaralar

Tesiste 1 adet kaba 1 adet ince ızgara bulunmaktadır. Her iki ızgara türü mekanik temizlemeli olarak inşa edilmiş olup günde iki defa olmak üzere temizleme işlemi yapılmaktadır. Kaba ızgaralar 25 çubuklu, 30 mm aralıklı ve 10 mm kalınlığa sahip olarak dizayn edilmiştir. İnce ızgaralar ise 40 çubuklu olup 10 mm aralıklı ve 10 mm kalınlığa sahiptir. Şekil 3.4'te Bingöl AAT'ye ait ızgara sistemi gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Bingöl AAT Izgara Sistemleri Genel Görünümü

Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu

Tesiste 2 adet kum tutucu blower bulunmakta, 3 kw'lık ve 340 m³/saat kapasitededirler. Konik tabanlı bir tank ve burgulu bir konveyörden oluşan heleyon ise 25 m³/gün kapasiteye sahiptir. Şekil 3.5'te Bingöl AAT'ye ait kum ve yağ tutucu gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Havalandırılmalı Kum Tutucu

Havalandırma Havuzu

Biyolojik reaktörler 2017 yılının nüfus parametreleri baz alınarak dizayn edilmiştir. 2017 yılında hesaplanan ortalama debi $Q_{ort}=15.750\text{m}^3/\text{gün}$ dür. Havalandırma havuzlarının dizayn parametreleri Tablo 3.6’de verilmiştir. Şekil 3.6’da ise tesise ait havalandırma havuzu gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Havalandırma Havuzu Dizayn Parametreleri

Toplam KOİ	520 mg/L
Ayrışabilir KOİ	376 mg/L
İnert Partikül KOİ	47 mg/L
Toplam Kjeldahl Azotu (TKN)	51 mg/L
Askıda Katı Madde (AKM)	310 mg/L



Şekil 3.6. Bingöl AAT Havalandırma Havuzu Genel Görünümü

Son Çökeltim Havuzu

Son çökeltim havuzları, havalandırma havuzlarından mikroorganizma faaliyetleri sonucu teşekkül eden biyokütleinin biyolojik çökeltim havuzlarının durgun hidrolik koşullarında çöktürülmesi ve çöktürülen bu biyokütleinin havuz tabanından sıyrıcılar vasıtasıyla sıyırılma işlemi yapılarak geri devir pompaları vasıtasıyla çamur toplama havuzuna verilmesini sağlar.

Tesiste bulunan son çökeltim havuzlarının derinliği 3,5 m olarak dizayn edilmiş olup yüzeysel yükleme değeri ise $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{gün}$ olarak seçilmiştir. Tesiste 1 adet çökeltim havuzu bulunmakta olup havuzun çapı 41 metredir. Havuzun hacmi ise 4592 m^3 'tür. Şekil 3.7'de tesise ait son çökeltim havuzu gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Bingöl AAT Son Çökeltim Havuzu

Belt Press Ünitesi

Belt pres ünitesine gelen çamur içinde muhteva ettiği sıvı oranından ayrıştırılarak çamur keki kıvamına getirilerek bertaraf tesisine gönderilir.

Belt pres ünitesinde işlenecek çamurun debisi $60 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'dür. Ünitenin çamur işleme kapasitesi 2812 kg/gün , işlenecek çamurun kuru katı madde miktarı 50 kg/m^3 ve belt pres ünitesinin kapasitesi $3,75 \text{ m}^3/\text{saat}$ olarak dizayn edilmiştir.

Dezenfeksiyon

Tesise gelen sular alıcı ortama verilmeden önce klorlama ünitesinden geçer, burada atıksu bünyesinde bulunan zararlı mikroorganizmalardan ve biyolojik arıtmadan kaçan bakterilerden arındırılarak su Murat Nehrine verilir.

3.6. Genç İlçesi Atıksu Arıtma Tesisi

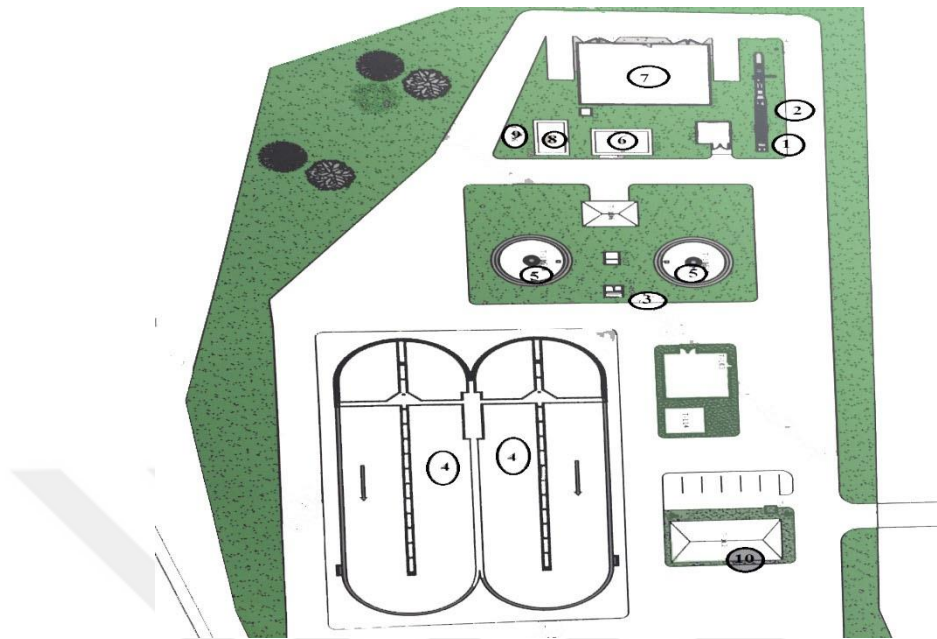


Şekil 3.8. Genç AAT Genel Görünüm

Genç ilçesi sınırları dahilinde hizmet veren atıksu arıtma tesisi 696 m²'si kapalı alan olmak üzere toplam 11.840 m²'lik bir alana inşa edilmiş olup evsel nitelikli atıksuların arıtım işlemi yapılmaktadır. Arıtma tesisinin maksimum kapasitesi 2600 m³/gün olarak dizayn edilmiş olup 28.900 kişi kapasiteli olarak faaliyet göstermektedir. Tesisin mevcut kapasitesi günlük 4.780 m³ olup 33.902 kişilik bir nüfusa hizmet vermektedir. Tesis Şekil 3.8'de verilen genel görünümünden de anlaşılacağı üzere betonarme olarak inşa edilmiş olup evsel nitelikli atıksular biyolojik arıtım teknikleri kullanılarak arıtılmaktadır.

Tesiste arıtılan sular SKKY'de belirtilen standartlara uygun bir şekilde Murat Nehrine kontrollü bir şekilde deşarj edilmektedir. Tesiste oluşan arıtma çamurları ise Bingöl belediyesi bünyesinde bulunan BİN-ÇEV-BİR katı atık sahasına bertaraf edilmek üzere belirli periyodlarla gönderilmektedir. Tesiste tehlikeli atıkların oluşumu söz konusu olmayıp işletme bünyesinde çalışan personellerden kaynaklı evsel atıklar oluşmaktadır. Şekil 3.9'da Genç atıksu arıtma tesisinin vaziyet planı gösterilmiştir.

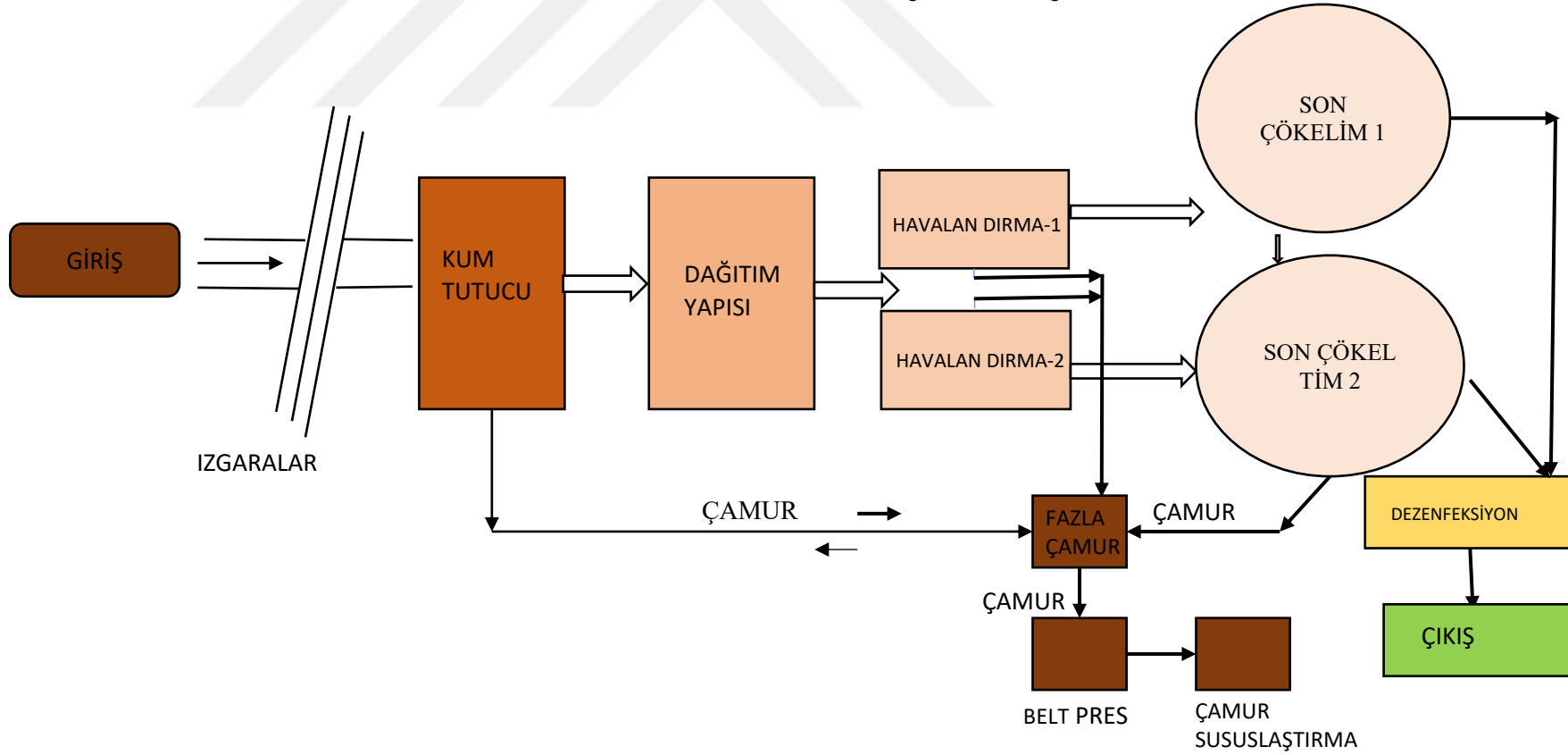
Tesis Yerleşim Alanı ve Özellikleri



Şekil 3.9. Genç Belediyesi EAAT Vaziyet Planı

1-İzgaralar, 2-Kum ve yağ tutucu, 3-Dağıtım yapıları, 4-Havalandırma havuzları, 5-Son çökeltim havuzu, 6-Fazla çamur havuzu, 7-Belt press ünitesi, 8-Dezenfeksiyon Ünitesi, 9-Deşarj Ünitesi, 10-İdari bina

ATIKSU ARITMA TESİSİ AKIM ŞEMASI ŞEMASI



Şekil 3.10. Genç AAT Akım Şeması

Şekil 3.10’da verilen akım şemasında da görüldüğü üzere, tesise gelen atıksular kaba ince ızgaralardan sırasıyla geçtikten sonra havalandırmalı kum tutuculardan içinde bulunan kum silt gibi inert maddelerin ayrışması sağlanır. Kum tutuculardan geçen atıksu havalandırma havuzlarına alınır, burada biyolojik arıtımın gerçekleşmesi sağlanır. Havalandırma havuzlarından çıkan atıksu deşarj işlemi öncesi atıksuyun içinde bulunan biyokütleinin atıksudan uzun bekletme süreleri kullanılarak çökeltilmesi sağlanır. Son çöktürme havuzlarından savaklanan su dezenfeksiyon ünitesine alınırken, havuz tabanında biriken çamur ise belirli periyotlarda fazla çamur havuzuna alınır. Fazla çamur havuzuna alınan çamur-su karışımı ise sıvı yoğunluğundan arındırılmak üzere belt pres ünitesine alınır. Belt pres ünitesinde katı yoğunluğu arttırılan çamur Bingöl Belediyesi bünyesinde bulunan Bin-Çev-Bir katı atık toplama sahasına alınarak burada bertaraf işlemi gerçekleştirilir.

Kaba ve ince ızgaralar

Tesiste 1 adet kaba 1 adet ince ızgara bulunmaktadır. Her iki ızgara türü mekanik temizlemeli olarak inşa edilmiş olup belirli periyotlarla temizleme işlemi yapılmaktadır. Kaba ızgaralar 25 çubuklu, 30 mm aralıklı ve 10 mm kalınlığa sahip olarak dizayn edilmiştir. İnce ızgaralar ise 40 çubuklu olup 10 mm aralıklı ve 10 mm kalınlığa sahiptir. Şekil 3.11’de Genç atıksu arıtma tesisine ait kaba ve ince ızgaralar verilmiştir.



Şekil 3.11. Genç AAT Kaba ve İnce Izgaralar

Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucular

Tesiste 2 adet kum tutucu blower bunmakta, 3 kw'lık ve 340 m³/saat kapasitededirler. Konik tabanlı bir tank ve burgulu bir konveyörden oluşan heleyon ise 25 m³/gün kapasiteye sahiptir. Şekil 3.12'de tesise ait kum tutucu gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Genç AAT Havalandırmalı Kum Tutucu

Havalandırma Havuzu

Tesiste 2 adet havalandırma havuzu bulunmakta. Dağıtım yapılarından gelen atıksu havuzlara eşit miktarda verilmektedir. Tesis 2600 m³/gün debiye göre dizayn edilmiş olup tasarım parametreleri Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7. Genç İlçesi AAT Havalandırma Havuzu Dizayn Parametreleri

BOİ ₅ (giriş)	500 mg/L
BOİ ₅ (çıkış)	20 mg/L
Toplam Azot (giriş)	67 mg/L
Toplam Azot (çıkış)	10 mg/L
MLSS Konsantrasyonu	4000 mg/L
MLVSS / MLSS	0,8
MLVSS	3200 mg/L

Son Çökeltim Havuzları

Son çökeltim havuzları, havalandırma havuzlarından mikroorganizma faaliyetleri sonucu teşekkül eden biyokütlenin biyolojik çökeltim havuzlarının durgun hidrolik koşullarında çöktürülmesi ve çöktürülen bu biyokütlenin havuz tabanından sıyrıcılar vasıtasıyla sıyırma işlemi yapılarak geri devir pompaları vasıtasıyla çamur toplama havuzuna verilmesini sağlar.

Tesiste bulunan son çökeltim havuzlarının derinliği 3,5 m olarak dizayn edilmiş olup yüzeysel yükleme değeri ise $12 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{gün}$ olarak seçilmiştir. Tesiste 1 adet çökeltim havuzu bulunmakta olup havuzun çapı 41 metredir. Havuzun hacmi ise 4592 m^3 'tür. Tesise ait son çökeltim havuzuna ait görüntü Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Genç AAT Son Çökeltim Havuzu

Belt Pres Ünitesi

Belt pres ünitesine gelen çamur içinde muhteva ettiği sıvı oranından ayrıştırılarak çamur keki kıvamına getirilerek bertaraf tesisine gönderilir.

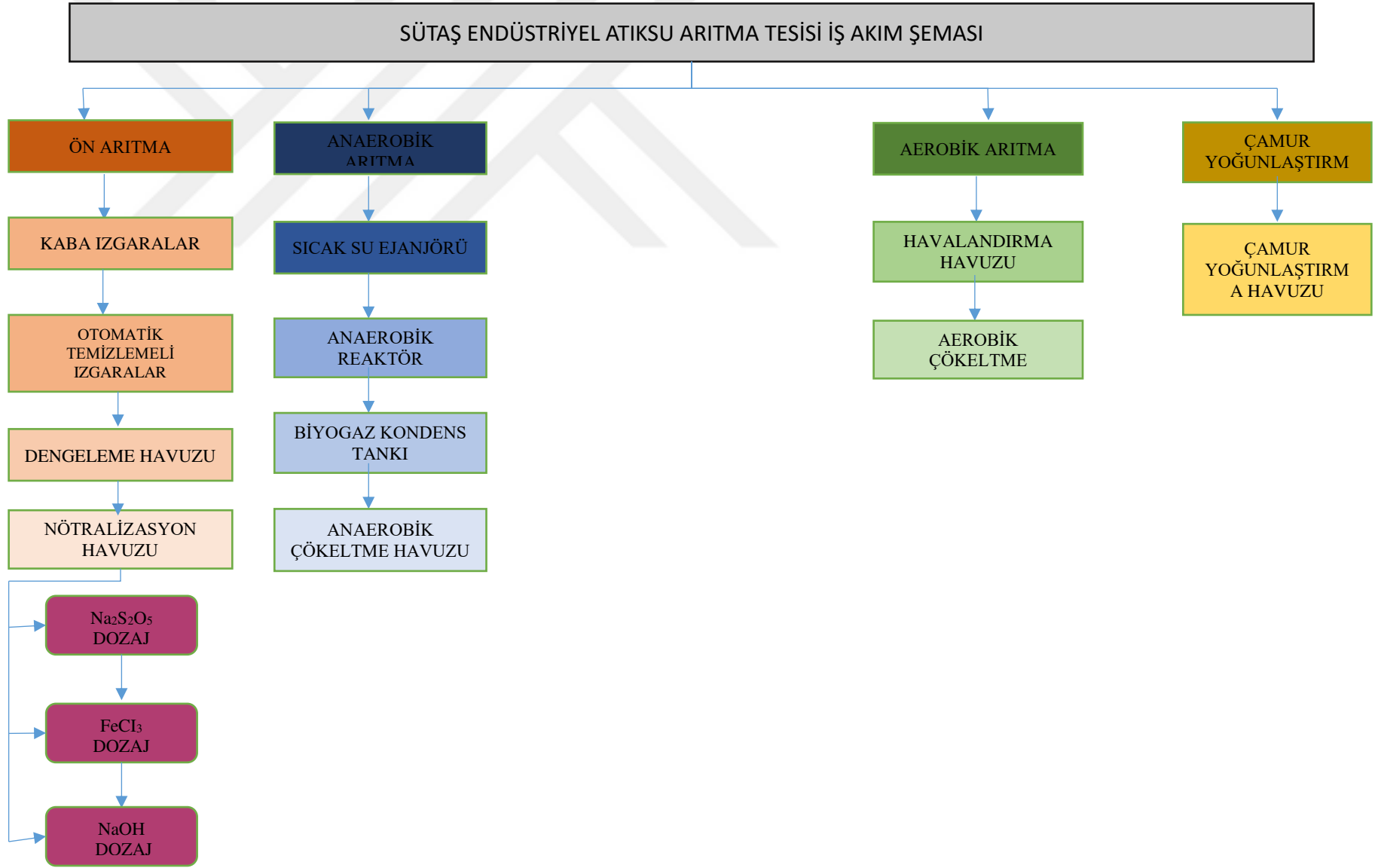
Belt pres ünitesinde işlenecek çamurun debisi $60 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'dür. Ünitenin çamur işletme kapasitesi 2812 kg/gün , işlenecek çamurun kuru katı madde miktarı 50 kg/m^3 ve belt pres ünitesinin kapasitesi $3,75 \text{ m}^3/\text{saat}$ olarak dizayn edilmiştir.

Dezenfeksiyon Ünitesi

Atıksuyun dezenfeksiyonu, patojen mikroorganizmaların bertarafı için yapılmaktadır. Genç Belediyesine ait atıksu arıtma tesisinde dezenfeksiyon işlemi olarak klorlama işlemi yapılmaktadır. Klorlama işlemi yapılan atıksu içinde muhteva ettiği mikroorganizmalardan arındırılarak alıcı ortama verilir.

3.7. Süttaş Endüstriyel AAT

İl sınırları içerisinde bulunan ve tek endüstriyel atıksu arıtma özelliğine sahip olan SÜTAŞ firmasına ait atıksu arıtma tesisi incelenmiş ve tesis tam işletme de olmadığından atıksu oluşumu söz konusu değildir, aynı zamanda tesis faal olmadığından herhangi bir işletim probleminden bahsedilmesi mümkün değildir. Tesis dizayn edilirken 3.500 m³/gün kapasiteli olarak inşa edilmiş olup Şekil 3.14’te verilen akım şemasında da görüldüğü gibi atıksu tesis girişinde önce, kaba ve ince ızgaralardan geçtikten sonra dengeleme havuzuna alınır, buradan nötralizasyon havuzlarına yönlendirilen atıksu (Na₂S₂O₅ nötralizasyon tankı, FeCl₃ nötralizasyon tankı ve NaOH nötralizasyon tankları) işlem gördükten sonra Anaerobik reaktörlere yönlendirilir, burada oksijensiz ortamda atıksu içinde bulunan organik maddeler CH₄, CO₂ ve NH₃ gibi formlara dönüşümü sağlanır. Anaerobik reaktörlerden pompalar vasıtasıyla alınan atıksu aerobik sistemlere yönlendirilir. Aerobik sistemde atıksu önce havalandırma havuzuna yönlendirilir burada blowerlar vasıtasıyla atıksuya oksijen kazandırılmak suretiyle hava verilir. Havalandırma havuzundan savaklanan su ise son çökeltim havuzuna yönlendirilirken, atık çamurları ise belirli periyodlarla havuzdan alınır çamur yoğunlaştırma ünitesine verilmektedir. Son çökeltimden savaklanan su ise dezenfeksiyon ünitesinden geçirildikten sonra deşarj edilir.



Şekil 3.14. SÜTAŞ AAT İş Akım Şeması

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında incelenen Bingöl Belediyesi bünyesinde faaliyetine devam eden Bingöl Atıksu Arıtma Tesisi, Genç Belediyesi Bünyesinde Faaliyet gösteren Genç Evsel Atıksu Arıtma Tesisi ve Endüstriyel olarak dizayn edilen Sütaş fabrikasına ait Atıksu Arıtma Tesisi incelenmiş ve bu tesislere ait bulgular aşağıda sunulmuştur.

4.1. Bingöl Evsel AAT

Bingöl Belediyesine ait evsel nitelikli atıksu arıtma tesisinde yapılan incelemede, tesisinin kapasitesinin 17.700 m³, hizmet verdiği nüfusun 125.375 olduğu ve tesiste oluşan arıtma çamurunun ise günlük max. 850 kg olacağı saptanmıştır. Tesise ait tasarım parametreleri ile analiz değerlerinin sonuçları belirlenmiş, bu sonuçlar birbirleri ile kıyaslanmış ve tesise ait işletim problemleri belirlenerek bu sorunlara ait çözüm önerileri sunulmuştur.

4.1.1. Tasarım Parametreleri

Bingöl Belediyesi bünyesinde faaliyet gösteren atıksu arıtma tesisi Bingöl ili Merkez ilçesi sınırları içinde faal bir durumda işletilmektedir. Tesisin toplam kurulu alanı 3008,54 m²'dir. Tesiste oluşan arıtma çamurları ise belediye bünyesinde bulunan katı atık sahasına bertaraf edilmek üzere belirli periyodlarla gönderilmektedir. Tesiste tehlikeli atıkların oluşumu söz konusu olmayıp işletme bünyesinde çalışan personellerden kaynaklı evsel atıklar oluşmaktadır.

Tesise ait atıksu debisi $Q=21.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'dür. Projelendirme sırasında kullanılan atıksu parametreleri aşağıda verilmiştir. Tesis projelendirirlerken ilin 2032 yılında ki nüfusu iller bankası metodu yardımıyla bulunmuştur. Bu yıla ait nüfus verisinin 140.000 kişi olması beklenmektedir. Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği Tablo 2.1. de nüfusu 50.000 ile 100.000 arası olan yerleşim alanlarında kişi başına oluşan atıksu miktarının 100 litre olduğu belirtilmiştir. İl nüfusu bu durumu desteklediğinden;

$$Q_{evsel} = 140.000 \text{ kişi} \times 100 \frac{\text{litre}}{\text{kişi} \times \text{gün}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litre}}$$

$$Q_{evsel} = 14.000 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ olarak bulunur.}$$

$Q_{sızma}$ bulunurken evsel atıksu debisinin %10-20 aralığında alınabilir.

$$Q_{toplam} = 14.000 + 1400 = 15.400 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Buna göre arıtma tesisine gelebilecek maksimum debi 15.400 m³/gün olduğundan 15.500 m³/gün debiye göre projelendirme yapılmalıdır.

Buradan tesise gelebilecek maksimum, minimum ve ortalama debiler aşağıdaki şekilde hesaplanır.

Ortalama debi;

$$Q_{ort} = \frac{Q_{toplamlam}}{24} = \frac{15.500 \text{ m}^3/\text{gün}}{24 \text{ saat/gün}} = 645,83 \text{ m}^3/\text{saat}$$

Maksimum debi,

$$Q_{max} = \frac{Q_{toplamlam}}{12} = \frac{15.500 \text{ m}^3/\text{gün}}{12 \text{ saat/gün}} = 1.291,66 \text{ m}^3/\text{saat}$$

Minimum debi,

$$Q_{min} = \frac{Q_{toplamlam}}{37} = \frac{15.500 \text{ m}^3/\text{gün}}{37 \text{ saat/gün}} = 418,92 \text{ m}^3/\text{saat}$$

Proje debisi,

$$Q_{pro} = \frac{Q_{toplamlam}}{14} = \frac{15.500 \text{ m}^3/\text{gün}}{14 \text{ saat/gün}} = 1.107,14 \text{ m}^3/\text{saat}$$

İlin nüfusunun 2032 yılında 140.000 kişi olacağı düşünülmekteydi, fakat TUİK'in son yıllarda ki verilerinden yola çıkarak yapılan hesaplamalarda bu sayının sağlanmadığı ve 2032 yılında ki nüfusun 175.000 kişiyi aşacağı söylenebilir. Tesisin mevcut durumunda dahi tesise kapasitesinden fazla atıksu geldiği söylenebilir. Tesis 175.000 kişilik bir nüfusa göre tasarlınsaydı oluşacak atıksu miktarı aşağıdaki gibi bulunacaktı.

$$Q_{evsel} = 175.049 \text{ kişi} \times 100 \frac{\text{litre}}{\text{kişi} \times \text{gün}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litre}}$$

$$Q_{evsel} = 17.504,9 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ olarak bulunur.}$$

$Q_{sızma}$ bulunurken evsel atıksu debisinin %10-20 aralığında alınabilir.

$$Q_{toplamlam} = 17.504,9 + 1750 = 19.255,39 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Buna göre arıtma tesisine gelebilecek maksimum debi 19.255,39 m³/gün olduğundan 19.300 m³/gün debiye göre projelendirme yapılmalıdır. Buradan tesise gelebilecek maksimum, minimum ve ortalama debiler bulunur. Bulunan debi değerleri Tablo 4.1'de sunulmuştur.

Ortalama debi;

$$Q_{ort} = \frac{Q_{toplamlam}}{24} = \frac{19.300 \text{ m}^3/\text{gün}}{24 \text{ saat/gün}} = 804,16 \text{ m}^3/\text{saat}$$

Maksimum debi,

$$Q_{max} = \frac{Q_{toplamlam}}{12} = \frac{19.300 \text{ m}^3/\text{gün}}{12 \text{ saat/gün}} = 1.608,33 \text{ m}^3/\text{saat}$$

Minimum debi,

$$Q_{min} = \frac{Q_{toplamlam}}{37} = \frac{19.300 \text{ m}^3/\text{gün}}{37 \text{ saat/gün}} = 521,62 \text{ m}^3/\text{saat}$$

Proje debisi,

$$Q_{pro} = \frac{Q_{toplam}}{14} = \frac{19.300 m^3/gün}{14 saat/gün} = 1.378,57 m^3/saat$$

Tablo 4.1. BİSKİ AAT Projelendirmeye Esas Debi Değerleri

Parametre	Proje Debisi	Olması Gereken Debi
Ortalama Debi Q_{ort}	645,83 m ³ /saat	804,16 m ³ /saat
Maksimum Debi Q_{max}	1.291,66 m ³ /saat	1.608,33 m ³ /saat
Minumum Debi Q_{min}	418,92 m ³ /saat	521,62 m ³ /saat
Proje Debisi Q_{pro}	1.107,14 m ³ /saat	1.378,57 m ³ /saat

Organik Kirlilik Yüğü

Tasarım parametleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Toplam organik yük

$$BOI_5 = 19.300 m^3/gün \times 0.5 kg.BOD_5/gün = 7.750 kg.BOD_5/gün$$

Azot miktarı

$$Top.N = 19.300 m^3/gün \times 0.067 kg.N/gün = 1.038,5 kg.N/gün$$

Fosfor miktarı

$$Top.P = 15.500 m^3/gün \times 0.013 kg.P/gün = 201,5 kg.P/gün$$

Askıda katı madde miktarı

$$Top.AKM = 19.300 m^3/gün \times 0.5 kg.AKM/gün = 7.750 kg.AKM/gün$$

Bulunan nüfus değerine göre hesaplama yapılırsa;

Toplam organik yük

$$BOI_5 = 19.300 m^3/gün \times 0.5 kg.BOD_5/gün = 9.650 kg.BOD_5/gün$$

Azot miktarı

$$Top.N = 19.300 m^3/gün \times 0.067 kg.N/gün = 1.293,1 kg.N/gün$$

Fosfor miktarı

$$Top.P = 19.300 m^3/gün \times 0.013 kg.P/gün = 250,9 kg.P/gün$$

Askıda katı madde miktarı

$$Top.AKM = 19.300 m^3/gün \times 0.5 kg.AKM/gün = 9.650 kg.AKM/gün$$

4.1.2. Analiz Sonuçları

Bingöl Belediyesine ait arıtma tesisinde incelemeler sonucunda Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4 Tablo 4.5, Tablo 4.6 ve Tablo 4.7’de ki veriler elde edilmiştir.

Tablo 4.2. Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Ocak)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	322.5	52.3
KOİ	mg /L	567.8	136.2
AKM	mg /L	310.1	45.2

Tablo 4.3. Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Şubat)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	341.6	48.7
KOİ	mg /L	587.2	131.3
AKM	mg /L	319.3	43.7

Tablo 4.4. Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Mart)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	336.7	51.3
KOİ	mg /L	573.6	134.2
AKM	mg /L	315.2	44.6

Tablo 4.5. Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Nisan)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	340.9	50.7
KOİ	mg /L	578.3	132.9
AKM	mg /L	317.8	44.1

Tablo 4.6.Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Mayıs)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	331.3	49.1
KOİ	mg /L	569.3	131.7
AKM	mg /L	311.7	40.3

Tablo 4.7.Bingöl Belediyesi AAT Değerleri (Haziran)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	339.8	47.4
KOİ	mg /L	577.1	128.6
AKM	mg /L	312.5	41.7

4.1.3. İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri

Bingöl belediyesi atıksu arıtma tesisinin gerek işletme sırasında gerekse tasarım aşamasından kaynaklı olan işletim problemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Tesise ait fizibilite çalışmaları yapılırken bölgeden gelebilecek kirlilik yükleri doğru bir şekilde belirlenememiştir, bölgede bulunan hayvancılık sahalarından atıksuya saman karışımı söz konusudur. Planlama aşaması doğru bir şekilde yapılsaydı bu probleme çözüm olarak sisteme ek olarak filtreleme mekanizmaları yerleştirilebilirdi.
2. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan Kentsel Atıksuların Arıtılması Yönetmeliğinde Belediyelerin 2022 yılına kadar arıtma tesislerinde ileri biyolojik atıksu arıtımının gerçekleştirilmesi istenmektedir. Fakat il belediyesi tarafından yapılan tesiste ileri biyolojik arıtım gerçekleştirilmemektedir. Bu soruna çözüm olarak 2022 yılına kadar tesise ilave edilecek ekipmanlar ile ileri biyolojik arıtımın gerçekleşmesi sağlanmalı ya da planlaması yapılan yeni atıksu arıtma tesisinde ileri biyolojik arıtımın gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.
3. Arıtma tesisinde oluşan arıtma çamurları Bingöl Belediyesi bünyesinde bulunan BİN-ÇEV-BİR katı atık sahasına getirilmekte fakat burada sağlıklı bir bertaraf işlemi gerçekleştirilmemektedir. Bu soruna çözüm olarak tesise solar ısıtmalı çamur kurutma yatağı kurularak katı madde oranı %50'lere çıkarıldıktan sonra katı atık sahasına gönderilebilir.
4. Atıksu arıtma tesislerinde ve kanalizasyon içinde mikrobiyolojik faaliyetlerle meydana gelen ve çok düşük konsantrasyonlarda bile yüksek koku potansiyeline sahip olan H_2S (hidrojen sülfür), merkaptan ve disülfür gibi organik sülfür bileşikleri ile protein parçalanmaları sonucu ortaya çıkan amonyak kokunun en önemli sebebidir. Özellikle H_2S 'in ölümcül etkisinden dolayı koku, kaynağından yeterli kapasitede ve doğru şekilde çekilerek koku arıtma sistemlerinde arıtıldıktan sonra atmosfere verilmelidir.
5. Tesisin işletimi sırasında oluşan köpük, kalın bir tabaka halinde ve kahverengi renktedir. Difüzörlü ve mekanik havalandırmada köpük oluşumu meydana gelebilir, fakat yüksek debide yapılan difüzörlü havalandırma işlemi nedeniyle daha sık rastlanmaktadır. *Nocardia* köpüğü, anaerobik ve aerobik çamur çürütücülerde, havalandırma tankı veya son çöktürme tankında da sıkça oluşabilmektedir. Biyolojik proseslerde, beyaz köpüğün meydana gelmesi tesisin iyi çalıştığının işaretidir. Prosesten çıkan suyun iyi kalitede olacağının göstergesidir.
6. Tesiste çamur kabarmaları meydana gelmektedir. Çamur kabarmaları; çöktürme ünitesinde çökeltmenin istenildiği gibi iyi gerçekleşmemesi sonucu, arıtma çıkışında askıda katı madde konsantrasyonu değerinin yüksek olması şeklinde tanımlanmaktadır. Çamur kabarması meydana geldiği zaman floklar sıkışamaz ve iyi bir çökeltme görülemez. Bu

flokların çıkış suyuna karışması, dezenfeksiyonun yetersiz kalmasına, çıkış su filtrelerinin ve su kalitesinin bozulmasıyla sonuçlanır. Tesislerde oluşan çamur kabarmasını sorununu çözmek için ise birkaç farklı yöntem uygulanabilir. Uygulanacak yöntem belirlenirken tesisin mevcut durumu göz önünde bulundurularak belirlenir. Fakat en çok tercih edilen yöntem çamur yaşının artırılması ya da düşük F/M oranında tesisin işletilmesini sağlamaktır. Söz konusu problem çözülmüş oksijen konsantrasyonunun artırılması ile, HRT süresinin uzatılması ile veya flokülant ilavesi yaparak kontrol altına alınabilir. Ayrıca klorlama yöntemi ile geçici bir kontrolde sağlamak mümkündür.

7. Tesiste özellikle yaz aylarında, bakımları yapılmamış ve çamur atımı planlı bir şekilde yapılmayan atıksu havuzlarında koku ve sinek problemi yaşanmaktadır. Bu sorunu çözebilmek için atıksu havuzları yıllık bakımları yapılmalı ve çamur atımı düzenli bir şekilde yapılmalıdır.
8. Tesisin mekanik aksamalarında genel olarak problemler yaşanmamakta, yaşanan problemlere tıkanmalar neden olmaktadır.
9. Tesislerde SKKY Tablo 21.4'te Evsel Nitelikli atıksuların deşarj limitleri belirtilmiştir. Bu kriterlere göre KOİ değerinin 2 saatlik numunelerde yapılan analiz sonuçlarının 120 mg/l, 24 saatlik numunelerde ise 90 mg/l den büyük olamayacağını belirtmiştir. Tesise ait veriler incelendiğinde saatlik numune değerlerinin deşarj limitlerini tam olarak karşılamadığı görülmüştür. Bu nedenle istenilen arıtma verimlerine ulaşılamamaktadır. Bunun nedeni özellikle yaz ayı mevsimlerinde tesiste yaşanan yoğun alg sorunu, çıkış suyu parametresini olumsuz yönde etkilemiştir.
10. Bingöl belediyesine ait arıtma tesisinde projelendirme yapılırken debi parametresi ilin gelecek nüfus projeksiyonu 140 bin kişi olarak belirlenmiş ve buna göre hesap yapılmıştır, fakat TUIK'ın yayımladığı illerin gelecekte ki nüfus projeksiyonlarına baktığımızda ilin belediye nüfusunun 175 bin kişiyi aşacağı görülmektedir öyle ki 2021 yılı ADNKS (adrese dayalı nüfus kayıt sistemi) verilerinde dahi 125 bin kişi olduğu görülmektedir. Bu durumda tesis maksimum debisinin mevcut durumda 35.400 m³/gün olduğunu, proje tasarım kriterlerinde ise bu değer 31.000 m³/gün olarak hesaplandığı görülmektedir. TUIK'ın nüfus projeksiyona göre yeni hesap yapıldığında ise 40 000 m³/gün olarak hesaplanması gerektiğini söyleyebiliriz. Bu duruma neden olan etken ise, şehrin gelişimi göz önüne alınmamış ve beklenenden çok daha fazla bir atıksu oluşumu gözlemlenmiştir. Bu durum da tesise günlük maksimum 4.000 m³/gün' lük fazla bir atıksuyun geldiğini göstermektedir. Belediye tarafından planlaması devam eden yeni atıksu arıtma tesisinde nüfus parametresinin dikkatli seçilmesi ve ilerde oluşabilecek nüfus artış hızlarının seçilmesinde daha dikkatli davranılması gerekmektedir.

11. Tesise ait havalandırma havuzlarında çalışmayan blowerlar bulunmakta bu durum havalandırma havuzunda ki çözünmüş oksijen konsantrasyonunu olumsuz yönde etkilemektedir.
12. Tesiste bulunan son çökeltim havuzu savak yapılarında kırılmalar, bozukluklar ve orantısızlıklar bulunmakta bu durumda son çökeltimden savaklanan suda tam bir arıtım gerçekleşmemektedir.
13. Son çökeltim havuzunun ıslak hacminde alg oluşumları söz konusu bu durum atıksuyun yüksek KOİ değerine sahip olmasına neden olmaktadır.

4.2. Genç İlçesi Evsel AAT

Genç Belediyesine ait evsel nitelikli atıksu arıtma tesisinde yapılan incelemede, arıtma tesisinin maksimum kapasitesinin 2600 m³/gün olduğu ve 28.900 kişi kapasiteli olarak faaliyet gösterdiği belirlenmiştir. Tesisin maksimum kapasitesinin günlük 4.780 m³ olduğu ve 33.902 kişilik bir nüfusa hizmet verecek şekilde tasarımı yapılmıştır. Bu tesise ait tasarım parametreleri ile analizlerin sonuçları belirlenmiş, bu sonuçlar birbirleri ile kıyaslanmış ve tesise ait işletim problemleri saptanmış bu sorunlara ait çözüm önerileri sunulmuştur.

4.2.1. Tasarım parametreleri

Genç ilçesi sınırları içinde bulunan atıksu arıtma tesisinin kapasitesi 2600 m³/gün'dür. Tesise ait atıksu debisi Q=2600 m³/gün 'dür. Tesis projelendirilirken ilçenin 2044 yılında ki nüfusu iller bankası metodu yardımıyla bulunmuştur. Bu yıla ait nüfus verisinin 25.780 kişi olması beklenmektedir.

Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği Tablo 2.1. de nüfusu 10.000 ile 50.000 arası olan yerleşim alanlarında kişi başına oluşan atıksu miktarının 90 litre olduğu belirtilmiştir. İlçe nüfusu bu durumu desteklediğinden;

$$Q_{evsel} = 25.780 \text{ kişi} \times 90 \frac{\text{litre}}{\text{kişi} \times \text{gün}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litre}}$$

$$Q_{evsel} = 2.320 \text{ m}^3/\text{gün} \text{ olarak bulunur.}$$

Q_{sızma} bulunurken evsel atıksu debisinin %10-20 aralığında alınabilir.

$$Q_{toplama} = 2.320 + 232 = 2.552 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Buna göre arıtma tesisine gelebilecek maksimum debi 2.552 m³/gün olduğundan 2600 m³/gün debiye göre projelendirme yapılmıştır. Buradan tesise gelebilecek maksimum, minumum ve ortalama debiler bulunur. Bulunan debi değerleri Tablo 4.8'da sunulmuştur.

Ortalama debi;

$$Q_{ort} = \frac{Q_{toplamlam}}{24} = \frac{2600m^3/gün}{24 saat/gün} = 108.33 m^3/saat$$

Maksimum debi,

$$Q_{max} = \frac{Q_{toplamlam}}{12} = \frac{2600m^3/gün}{12 saat/gün} = 216.67 m^3/saat$$

Minumum debi,

$$Q_{min} = \frac{Q_{toplamlam}}{37} = \frac{2600m^3/gün}{37 saat/gün} = 70.27 m^3/saat$$

Proje debisi,

$$Q_{pro} = \frac{Q_{toplamlam}}{14} = \frac{2600m^3/gün}{14 saat/gün} = 185.71 m^3/saat$$

Tablo 4.8. Projelendirmeye Esas Debiler

Ortalama Debi Q_{ort}	108.33 m ³ /saat
Maksimum Debi Q_{max}	216.67 m ³ /saat
Minumum Debi Q_{min}	70.27 m ³ /saat
Proje Debisi Q_{pro}	185.71 m ³ /saat

Organik Kirlilik Yüğü

Toplam organik yük

$$BOI_5 = 2600 m^3/gün \times 0.5kg.BOD_5/gün = 1300kg.BOD_5/gün$$

Azot miktarı

$$Top.N = 2600 m^3/gün \times 0.067kg.N/gün = 174.2 kg.N/gün$$

Fosfor miktarı

$$Top.P = 2600 m^3/gün \times 0.013 kg.P/gün = 34.2 kg.P/gün$$

Askıda katı madde miktarı

$$Top.AKM = 2600 m^3/gün \times 0.5kg.AKM/gün = 1300 kg.AKM/gün$$

Tablo 4.9. Evsel Atıksu Kirlilik Yüğüleri

Parametre	Giriş gr/kişi.gün
BOI	45
KOI	75
Toplam AZOT	6
Toplam FOSFOR	1.2
Toplam AKM	45

Tablo 4.10. Evsel Atıksu Kirlilik Konsantrasyonları

Parametre	Giriş mg/L	Çıkış mg/L
BOİ ₅	500	20
Toplam AZOT	67	10
Toplam FOSFOR	13	8
Toplam AKM	500	45

Kirlilik parametreleri Tablo 4.9’da ki gibi kirlilik konsantrasyonları da Tablo 4.10’da ki kabul edilerek Genç Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi kapasitesi Tablo 4.11’de ki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 4.11. Genç ilçesi Atıksu Arıtma Tesisi Kapasitesi

Parametre	Giriş mg/L	Giriş Yükleri kg/gün	Çıkış mg/L	Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Değerleri	Çıkış Yükleri kg/gün	Arıtma Verimi %
BOİ ₅	500	1.300	20	25	52	96
KOİ	833	2.165	125	125	325	85
Toplam AZOT	67	174,2	10	-	26	85
Toplam FOSFOR	13	34	8	-	20,8	63
Toplam AKM	500	1.300	45	35	91	93

4.2.2. Analiz Sonuçları

Genç İlçesi Atıksu Arıtma Tesisine ait laboratuvar verileri ise Tablo 4.12, Tablo 4.13, Tablo 4.14, Tablo 4.15, Tablo 4.16 ve Tablo 4.17’de ki gibidir.

Tablo 4.12. Genç Belediyesi AAT Değerleri (Ocak)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	209.2	39.3
KOİ	mg /L	357.5	91.7
AKM	mg /L	164.3	25.2

Tablo 4.13. Genç Belediyesi AAT Değerleri (Şubat)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	212.5	41.6
KOİ	mg /L	365.7	93.9
AKM	mg /L	169.3	26.3

Tablo 4.14.Genç Belediyesi AAT Değerleri (Mart)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	215.6	44.2
KOİ	mg /L	378.5	96.9
AKM	mg /L	171.2	29.3

Tablo 4.15.Genç Belediyesi AAT Değerleri (Nisan)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	212.8	42.3
KOİ	mg /L	371.5	93.6
AKM	mg /L	172.3	28.1

Tablo 4.16.Genç Belediyesi AAT Değerleri (Mayıs)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	219.3	46.1
KOİ	mg /L	382.4	103.4
AKM	mg /L	176.4	32.2

Tablo 4.17.Genç Belediyesi AAT Değerleri (Haziran)

Parametre	Birim	Giriş	Çıkış
BOİ	mg /L	223.1	40.3
KOİ	mg /L	384.1	95.6
AKM	mg /L	179.6	28.7

4.2.3. İşletim Sorunları ve Çözüm Önerileri

Genç belediyesi atıksu arıtma tesisinin gerek işletme sırasında gerekse tasarım aşamasından kaynaklı olan işletim problemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Tesise ait fizibilite çalışmaları yapılırken bölgeden gelebilecek kirlilik yükleri doğru bir şekilde tahmin edilememiş, bölgede bulunan hayvancılık sahalarından atıksuya saman karışımı söz konusudur. Bu tür maddelerin yoğunluğu düşüktür ve su yüzeyinde tutunabilirler bu probleme çözüm olarak sisteme ek olarak biyofiltreler ile filtreleme yapılabilir. Bu filtreleme işlemi yabancı malzemeleri tutarken arıtma işlemine de yardımcı olmaktadır.
2. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan Kentsel Atıksuların Arıtılması Yönetmeliğin de Belediyelerin 2022 yılına kadar arıtma tesislerinde ileri biyolojik atıksu arıtımının gerçekleştirilmesi istenmektedir. Fakat İlçe belediyesi tarafından yapılan tesiste ileri biyolojik arıtım gerçekleşmemektedir. Bu soruna çözüm olarak 2022 yılına kadar

- tesise ilave edilecek ekipmanlarla ileri biyolojik arıtımın gerçekleşmesi sağlanmalıdır. Bu duruma çözüm olabilecek biyolojik fosfor havuzlarının tesise eklenmesi tavsiye edilebilir.
3. Arıtma tesisinde oluşan arıtma çamurları Bingöl Belediyesi bünyesinde bulunan BİN-ÇEV-BİR katı atık sahasına getirilmekte fakat burada sağlıklı bir bertaraf işlemi gerçekleştirilmemektedir. Bu soruna çözüm olarak tesise solar ısıtımali çamur kurutma yatağı kurularak katı madde oranı %50'lere çıkarıldıktan sonra katı atık sahasına gönderilebilir.
 4. Tesiste özellikle yaz aylarında, bakımları yapılmamış ve çamur atımı planlı bir şekilde yapılmayan atıksu havuzlarında koku ve sinek problemi yaşanmaktadır. Bu sorunu çözebilmek için atıksu havuzları yıllık bakımları yapılmalı ve çamur atımı düzenli bir şekilde yapılmalıdır.
 5. Tesisin mekanik aksamalarında genel olarak problemler yaşanmamakta, yaşanan problemlere tıkanmalar neden olmaktadır.
 6. Tesislerde SKKY Tablo 21.3'e göre belirlenen deşarj limitlerine tam olarak ulaşamamaktadır.
 7. Ayrıca terfi istasyonlarında meydana gelen arızalardan dolayı tesise sürekli bir su akışı sağlanmamakta bu durumda atıksu havuzlarında ki mikroorganizmaları olumsuz yönde etkilemektedir.

4.3. Oluşabilecek Diğer İşletim Problemleri ve Çözüm Önerileri

Tesislere ait mekanik ve diğer aksamalarda işletim sırasında oluşan ve oluşabilecek diğer sorunlar ve bu sorunlara ait çözüm önerileri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Izgara Sistemlerinde meydana gelebilecek sorunlar ve çözüm önerileri

- 1- Izgaralarda koku ve sinek oluşumları yaşanmaktadır, bunun nedeni ızgaraların düzenli olarak temizlenmemesi ve Hidrojen Sülfür (H_2S) gazının ortamda var olduğunu gösterir. Koku ve sinek oluşumunun önüne geçmek için ızgaralar düzenli olarak temizlenmeli, periyodik bakımlarının zamanında ve doğru yapılması, ayrıca ortamda ki H_2S gazının konsantrasyonu ölçülmeli limit değerlerinin üstünde ise önlem alınmalı.
- 2- Izgara kanallarında kum partiküllerinin biriktiği gözlemlenmiştir, bu kum birikintisinin oluşmasının sebebi yaklaşım kanalında ki atıksuyun hızının düşük olmasıdır, sorunu çözmek için akış hızı ve seviyesi ölçülmeli ayrıca kanalda biriken kum partikülleri temizlenmelidir.
- 3- Sıyırıcı mekanizmaların çalışmaması durumunda su seviye sensörlerinde arızalar olduğu gözlemlenmiş sensörlerin tamir ve bakımı yapılarak sorunlar çözülebilir.

- 4- Izgara sistemlerinden kaba partiküllerin geçişi/kaçışı gözlemlenmiş, bu durum ızgara çubukları arasında ki boşluk mesafelerinin fazla olduğunu ve ızgara çubuklarının hasar gördüğünü göstermektedir. Ayrıca atıksu hızı yaklaşım kanalında yüksekse bu durum da ızgaralardan kaba maddelerin geçmesine neden olacaktır. Sorunu çözmek için ızgara sistemleri değiştirilmeli, periyodik bakımlarının yapılması kırık ve hasar var ise tamirinin yapılması, gerekirse ızgara sistemlerinin daha sık çubuk aralığına sahip yeni ızgaralar ile değiştirilmesi gerekmektedir. Sorun atıksu hızından kaynaklı ise de atıksuyun hızı dengeli tutulmalı ve yaklaşım kanalına bu şekilde verilmelidir.

Kum ve yağ tutucu sistemlerde meydana gelebilecek sorunlar ve çözüm önerileri

1. Proseste kum parçacıklarının biriktiği gözlemlenmiştir, bu durumun sebebi kum pompalarının arızalı olması veya akış kanalında ki atıksu hızının düşük olmasıdır. Kum birikmesi sorununu çözmek için akış hızı artırılabilir kum pompaları arızalı ise tamir ve bakımının yapılması gerekir.
2. Kum tutucu sistemlerde korozyon olduğu gözlemlenmiş bu durumun nedeni ortamda septik şartların var olduğunu göstermektedir. Bu durumu çözmek için sisteme verilen hava debisi artırılmalı ayrıca kum tutucuların temiz su ile yıkanması gerekir.
3. Kum tutucu sistemlerde çürük yumurta kokusuna benzer bir kokunun gelmesi halinde yine ortamda septik şartların var olduğunu ve sorunu çözmek için korozyon işleminde ki gibi sisteme verilen hava debisi artırılmalı ayrıca kum tutuculara klor çözeltisi ilavesi yapılmalıdır.
4. Proseste yağ sıyırma işlemi gerçekleşmiyor, bu durumun sebebi sisteme verilen hava debisinin düşük olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla hava debisinin artırılması yağ sıyırma işleminin gerçekleşmesini sağlayacaktır. Ayrıca kum tutucuların da temizlenmesi gerekmektedir.
5. Giderilen kumun organik yükünün fazla olması durumu, sisteme verilen hava debisinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır, sorunu çözmek için sisteme verilen hava debisi azaltılmalıdır.
6. Kum boşaltım kanallarında kum parçacıklarının biriktiği gözlemlenmiştir, bu durumun nedeni kanalın eğiminin düşük olmasıdır. Sorunu çözmek için kum boşaltım kanallarının eğiminin yeniden yapılandırılması gerekmektedir.

Ön çökeltim havuzlarında meydana gelebilecek sorunlar ve çözüm önerileri

1. Sistem de siyah renkte ve ağır kokuya sahip bir çamur oluşması halinde bu durumun muhtemel iki sebebi vardır. Bunlardan biri evsel atıksuya endüstriyel nitelikli atıksuların karışması, diğeri ise çamur çürütücülerin duru fazının geri devri. Bu sorunu çözmek için

- yapılması gerekenler ise endüstriyel kaynaklı atıksular sisteme verilmeden önce bir ön arıtım prosesinden geçirilmeli, çamur çürütücülerin duru fazının kalitesi artırılabilir ya da çürütücü geri devri kapatılabilir. Çıkış suyu ise çamur kurutma yataklarına verilebilir.
2. Havuz yüzeyinde siyah çamur oluşumu söz konusu olduğunda atıksuda septik çamurun var olduğunu gösterir. Çamur atım sıklığı ve sıyrıcı hızı artırıldığında sorun çözülecektir.
 3. Ön çökeltim havuzlarında atıksu da köpürme meydana gelmesi ve bu köpüklerin havuzdan taşması durumunda, köpük sıyrıcıları kontrol edilmeli, tespit edilen arızalar giderilmeli, bu durum köpük uzaklaştırma sıklığının yetersiz olduğunu göstermektedir. Sorunu çözmek için temizleme periyodu artırılmalıdır.
 4. Fazla çamur atımında çamur konisinde çamurun sıkışması ve zor çekilmesi durumunun bazı nedenleri olabilir; bu sebeplerden bazıları; hidrolik yükün fazla olması, çamur borusunun veya pompasının tıkanması, ya da çamur konisinin içinde kum silt gibi maddelerin birikmesi bu soruna neden olur. Sorunun çözümünde kullanılacak çözüm havuzlara gelen atıksu debisi birden fazla havuz olması durumunda havuzlara eşit miktarda dağıtılmalı, kum tutucuların periyodik bakımlarının yapılması ve verimli çalışması sağlanmalı. Ayrıca tıkanıklık tespit edildiğinde geri yıkama ile boru temizlenmeli ve tıkanıklık açılmalı.
 5. Sistemde dalgalı akışların oluşması durumunda pompaların kapasitelerinde ya da çalışma prensibinde sorunlar olduğunu göstermektedir. Bu nedenle pompaların bakımı yapılmalı gerekiyorsa çalışma süreleri yeniden düzenlenmelidir.
 6. Sistem de askıda katı maddenin giderim verimi azdır bunun nedeni şu şekilde sıralanabilir; giriş akımında meydana gelen septik oluşumlar, sistemden atılan çamur miktarının yetersiz olması, geri devir sırasında meydana gelen akımlar, sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen akımlar, hidrolik yükleme hızının projede tasarlanandan daha yüksek olması gibi nedenler olabilir. Bu sorunları çözmek için ise tesiste yedek ön çökeltim havuzlarını devreye almak, ortamda ki pH, CO , H_2S varlığı kontrol edilmeli ön arıtmaya ise klor eklenmeli, çamur seviyeleri kontrol edilip çamur atım süresi artırılmalı, geri devredilen akımların özellikleri kontrol edilmeli, sisteme rüzgar bariyerleri yerleştirilmeli.
 7. Havuzlarda yosun oluşumu söz konusu olduğu durumlarda sistemde katı maddelerin savaklarda ve toplama yapılarında büyümeye neden olmasıdır. Bu durumun çözülmesi için toplama kanalları ile savak yapıları yıkanmalı ve temizlenmelidir.
 8. Ön çökeltim havuzlarının çıkış suyunda yüksek AKM varlığı söz konusu olduğunda muhtemel sebepleri yüksek hidrolik ve organik yüklenme, havuz diplerinde çamur birikmesi, atıksuya endüstriyel atıksuların karışması ve dekantör süzöntü sularının geri devri gibi sorunlar neden olmaktadır. Bu sorunu çözmek için öncelikle her iki havuzun çıkış suyu parametreleri kontrol edilmeli, eğer yalnızca bir havuzun çıkış suyunda yüksek

ise atıksu havuzlara eşit verilmiyor demektir. Atıksuyun havuzlara eşit verilmesi gerekmektedir.

Aktif çamur proseslerinde meydana gelebilecek işletim sorunları ve çözüm önerileri

1. Son çökeltim havuzlarında çamur kabarması sorunu yaşanıyor bunun birçok nedeni olabilir. Nedenlerden bazıları ise şöyle sıralanabilir; aktif çamur proseslerinde ipliksi mikroorganizmaların var olması, bu sorunu çözmek için pH değerini 7'ye ayarlamak gerekir yine SVI (çamur hacim indeksi) değerinin 150'nin altına düşünceye kadar sisteme CI ve H₂O₂ ilavesi yapılmalı, havalandırma havuzunda çözünmüş oksijen değerinin 1 mg/l'nin altına inmemeli bu değer altına indiğinde ise sisteme hava verilmelidir. Bir diğer çözüm önerisi ise sistemin geri devir oranı ve yaşı artırılmalı. Ayrıca çökelmeye yardımcı olması için sisteme polimer madde eklenmeli.
2. Son çökeltim havuzlarında çamur kabarmasına neden olan bir diğer faktör ise denitrifikasyon olayıdır. Sistemde denitrifikasyondan dolayı çamur kabarması meydana geldiği durumlarda bu sorunu çözmek için çıkış suyunda ki nitrat konsantrasyonu ölçülmeli, nitrat değerinin 10 mg/l'yi geçmesi durumunda denitrifikasyon olayı yaşandığı gözlemlenir. Bu sorunu çözmek için proses ile havalandırma sistemi bağlantısı kesilmeli ve atıksuyun havalandırma havuzunda bekleme süresi düşürülmeli ayrıca havuzda ki MLSS konsantrasyonu azaltılmalıdır.
3. Çökeltim havuzunda çamur kabarmasının yaşanmasının bir diğer nedeni de sisteme verilen havanın düzensiz ve fazla olmasıdır. Atıksuyun çözünmüş oksijen konsantrasyonu ölçülüp 4 mg/l'nin üstünde olması durumunda sisteme verilen hava miktarı azaltılmamalıdır.
4. Aktif çamur proseslerinde görülen bir diğer sorunda son çökeltim tanklarının çıkış suyunda toplu iğne uçlu floklaşmaların oluşmasıdır. Bu durumun başlıca nedeni havalandırma havuzunda bulunan karıştırıcıların fazla çalışmasından dolayı floklaşmanın oluşmasıdır. Bu sorunu çözmek için mikserlerin çalışma sıklığı seyrekleştirilmeli, floklaşmaya neden olan bir diğer etken ise fazla havalandırmadır, bu durumda çözünmüş oksijen değeri kontrol edilmeli çözünmüş oksijen değerinin maksimum 4 mg/l olması gerekmektedir. Bu değer üstünde olursa sisteme verilen hava miktarı düşürülmelidir.
5. Son çökeltim havuzunda iğne uçlu floklaşmaya neden olan bir diğer faktör de havalandırma havuzunda meydana gelen anaerobik şartlardır. Bu sorunun çözümü için havalandırma havuzunda ki çözünmüş oksijen parametresi kontrol edilip, çözünmüş oksijen değerinin en az 2 mg/l olması sağlanmalıdır. 2 mg/l' nin altında ise sisteme hava verilmelidir. Ayrıca floklaşmaya neden olan bir diğer etken olarak toksik şartlardan bahsedilebilir. Sistemde toksik şartların varlığı söz konusu ise çamurda bulunan ölü protozolar incelenir ve sistemde

toksik şartlara sebep olan kaynak saptanmaya çalışılır. Başka bir atıksu arıtma tesisinden aktif çamur getirilerek aşılama yapılması önerilir.

6. Havalandırma havuzları arasında farklı MLSS konsantrasyonları yaşanıyor bu durumda havuzlar arası debinin eşit olarak dağıtılmadığı gözlemlenmiş, debilerin ölçülüp havuzlara orantılı atıksu girişi sağlanmalıdır.
7. Tesislerde son çökeltim havuzlarından kaçan çamur yumakları bulunmaktadır. Bu durumun başlıca nedenleri şu şekilde sıralanabilir; sistemde yetersiz geri devir oranı vardır, bu durumda pompalar kontrol edilmeli arızaların tespit edilmesi halinde arızalar giderilmeli, pompa geri devir oranı artırılmalı, çamur geri devrinde tıkanma var ise temizlenmelidir. Bir diğer etken ise sistemde katı madde yükleme oranının fazla olmasıdır. Bu durumda katı madde yükleme oranı kontrol edilip havalandırma havuzunda ki MLSS konsantrasyonu düşürülmelidir.
8. Son çökeltim havuzlarından kaçan çamur yumaklarının bir başka nedeni de çökeltim havuzlarında fazla yüklemeye neden olan pik debilerdir. Bu sorunu çözmek için pik debiler takip edilmeli yedek çöktürme havuzları devreye alınmalıdır. Bir diğer etken ise debilerin eşit dağıtılmamasından kaynaklanan hidrolik yüklemelerdir. Bu sorunu çözmek için de debiler kontrol edilmeli, havuzlara eşit debi girişi sağlanmalıdır.
9. Aktif çamur prosesinde yaşanan bir diğer sorun da havalandırma havuzlarında hava kabarcıklarının büyümesidir. Bu soruna neden olan başlıca etken difüzörlerin hasar görmesi ya da tıkanmasıdır. Sorunun çözümü için difüzörler kontrol edilmeli hasar ve tıkanıklık var ise giderilmelidir.
10. Havalandırma havuzunda ölü bölgeler olduğu gözlemlenmiş böyle bir soruna neden olabilecek başlıca etken yetersiz havalandırmadan kaynaklı çözünmüş oksijen değerinin düşük olmasıdır. Bu sorunu çözmek için difüzörler kontrol edilmeli hasarları ve tıkanıklıkları giderilmeli, çözünmüş oksijen değerinin ise 2.0 mg/l – 4 mg/l arasında olması sağlanmalıdır.
11. Çamur yoğunluğunun azalması ve pH değeri 6.7 nin altına düşmesi halinde ise sistemde nitrifikasyon olayının gerçekleştiğini ve alkalinitesinin düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca sisteme asidik kaynaklı atıksuyun karışması durumunda da bu sorunla karşılaşmaktadır. Bu sorunun çözümü için atıksuyun giriş ve çıkış değerleri incelenip, amonyum ve alkalinite değerleri kontrol edilmeli, sisteme asidik su karışıyor ise tespit edilmeli ve gerekli ön arıtmadan geçirilmelidir.

Son Çökeltim havuzunda karşılaşılan işletim sorunları ve çözüm önerileri

1. Son çökeltim havuzlarının çıkış suyunda floklaşmanın olduğu gözlemlenmiş bu durumun başlıca nedenleri ve çözüm önerileri şu şekilde sıralanabilir. Sistemde aşırı türbilansın

oluşmasından kaynaklanıyor olabilir, bu durum da öncelikle havalandırma havuzu fiziksel olarak gözlemlenir ardından çözünmüş oksijen değeri kontrol edilip ve havalandırmada ki türbülansın azalması için karıştırıcı mikserlerin çalışma sıklığı yeniden düzenlenir.

2. Çıkış suyunda floklaşmaya neden olan bir diğer neden çamur yaşının yüksek olmasıdır. Sorunu çözmek için MLSS konsantrasyonu kontrol edilir ve sistemden çamur atımı gerçekleştirildiğinde floklaşma sorunu çözülmüş olacaktır.
3. Havalandırma havuzu kontrol edilmeli ortamda ki anaerobik şartların varlığı çıkış suyunda flokların oluşmasına neden olur. Bu sorunu çözmek için çözünmüş oksijen değeri kontrol edilir ve 2.0 mg/l ile 4.0 mg/l arasında olacak şekilde sisteme hava debisi sağlanır.
4. Floklaşmanın bir diğer sebebi ise sisteme toksik madde girişidir. Bu sorunu çözmek için çamurda bulunan ölü protozalar incelenmeli, toksik maddenin kaynağı saptanmalı ve başka bir arıtma tesisinden çamur aşılması yapılması önerilir.
5. Çıkış suyunda floklara neden olan bir diğer etken de çamur seviyesinin aşırı yükselmesidir ki bu sorunu çözmek için çamur atım hızı artırılmalıdır. Ayrıca anaerobik yan akım döngülerinin neden olduğu floklaşmayıda ortadan kaldırmak için anaerobik koşullar incelenip yan akım geri devirleri engellenmelidir.
6. Hidrolik yüklemenin fazla oluşu ve polimer dozajının yanlış ayarlanması da bir diğer çıkış suyu floklaşmasına neden olan etkindir. Bu sorunları çözmek için de debiler kontrol edilmeli çökelme havuzlarına yönlendirilen debiler azaltılmalıdır.
7. Son çökeltim havuzlarında çamur atım borularında tıkanmaların yaşandığı gözlemlenmiştir, bu durumun sebebi boru içinde sıkışmış madde miktarı ya da çamur çekme hattında ki hızın düşük olmasıdır. Bu sorunu çözmek için sırasıyla çamur atım hattı gözle kontrol edilmeli tıkanıklık tespit edildiğinde ise basınçlı su ile yıkama işlemi yapılmalı ve materyaller gevşetilmelidir. Sorun çamur atım hattındaki düşük hızdan kaynaklandığı tespit edildiğinde ise de çamur atımı daha sık yapılması önerilir.
8. Son çökeltim havuzunda kümelenmelerin oluştuğu gözlemlendiğinde bu duruma sebep olan denitrifikasyon olayıdır. Çamur yaşı yükseltip sistemden çamur atımı yapılmalıdır.
9. Son çökeltim havuzunda dağınık floklaşmaların oluşması halinde ise buna neden olan birkaç etken vardır, bunlar; atıksuya toksik ya da asidik kaynaklı suların karışması, böyle bir durumda savaklanan su kontrol edilmeli bulanıklık yüksek ise atıksuya endüstriyel atıksu karıştığını göstermektedir, kaynak tespit edilip ön arıtım yapıp tesise verilmesi sağlanmalıdır.
10. Dağınık floklaşmaya neden olabilecek bir diğer etken ise havalandırma havuzunda oluşan anaerobik koşullardan kaynaklanmaktadır. Bu durumda havalandırma havuzunun çözünmüş oksijen değeri kontrol edilmeli ve 2.0 mg/l ile 4.0 mg/l arasında olması sağlanmalıdır.

11. Havalandırma havuzunun zaman zaman aşırı yüklenmesi halinde dağınık floklaşma oluşmaktadır. Bu sorunlarda yedek havalandırma havuzu devreye alınmalı debiler eşit bir şekilde dağıtılmalıdır.
12. Son çökeltim havuzunda besin yetersizliği de floklaşmaya neden olur. Atıksuda ki azot ve fosfor değerleri belirlenip besin eksikliği giderilmelidir.

4.4. Süttaş Endüstriyel AAT

Bingöl il sınırları içinde bulunan bir diğer atıksu arıtma tesisi olan ve ilde bulunan tek endüstriyel atıksu arıtma tesisi olma özelliğine sahip olan Süttaş firmasına ait tesise ait bilgiler aşağıda sunulmuştur.

4.4.1. Tasarım parametreleri

SÜTAŞ fabrikasına ait endüstriyel atıksu arıtma tesisi 3.500 m³/gün olarak dizayn edilmiş olup tesiste günlük 110 m³/gün kapasitesinde arıtma çamuru oluşumu beklenmektedir. Oluşan bu çamur biyogaz tesisinde gerekli işlemlerden geçip elektrik enerjisine dönüşümü sağlanmaktadır. Tesisin dizayn edilirken esas alınan atıksu miktarı ve karakteristik özellikleri Tablo 4.18’de verilmiş, Tablo 4.19’da yasal deşarj limitleri Tablo 4.20’de ise SÜTAŞ’a ait projeye ait çıkış değerleri verilmiştir.

Tablo 4.18. SÜTAŞ AAT Tasarım Parametreleri

Parametre	Birim	Miktar
Debi	m ³ /gün	3.500
KOI	mg/l	6.000
AKM	mg/l	1.200
Yağ ve Gres	mg/l	100
pH	-	4,5-7,0
Sıcaklık	°C	28-37
Sülfat	mg/l	200-500
Fosfat	mg/l	30-150
Toplam Azot	mg/l	100-150
Kalsiyum	mg/l	40-80

Tablo 4.19. SÜTAŞ AAT Çıkış Limit Değerleri

Parametre	Birim	2 Saatlik Kompozit Numune	24 Saatlik Kompozit Numune
KOİ	mg/l	170	160
Yağ ve Gres	mg/l	60	30
pH	-	6-9	6-9

Tablo 4.20. SÜTAŞ AAT Çıkış Değerleri

Parametre	Birim	Değer
Biyogaz Üretimi	m ³ /saat	260
Biyogaz Metan Oranı	%	70-80
Çamur Miktarı	m ³ /gün	110

Izgaralar

Tesiste 1 adet kaba ızgara bulunmakta ve ızgaraya gelen debi 190 m³/saat seçilmiş ve ızgaralar arası mesafe 3 cm olarak dizayn edilmiştir.

Tesiste 1 adet kaba ızgara bulunmakta ve ızgaraya gelen debi 190 m³/saat seçilmiş ve ızgaralar arası mesafe 4 mm olarak dizayn edilmiştir.

Dengeleme havuzu

Tesiste 1 adet dengeleme havuzu bulunmakta ve ıslak hacmi 3.125 m³ olarak seçilmiş olup 25x25x5 m ölçülerinde dizayn edilmiştir.

Nötralizasyon havuzu

Tesiste 3 adet nötralizasyon tankı bulunmakta olup 32 m³ ıslak hacme sahip ve 3x3x3,5 m ebatlarında dizayn edilmiştir

Na₂S₂O₅ dozaj tankı

Tesiste 1 adet Na₂S₂O₅ dozajlama ünitesi bulunmakta olup 500 litre kapasiteye sahiptir.

FeCl₃ dozaj tankı

Tesiste 1 adet FeCl₃ dozajlama ünitesi bulunmakta ve 20 m³'lük bir hacme sahiptir.

NaOH dozaj tankı

Tesiste 1 adet NaOH dozajlama ünitesi bulunmakta ve 20 m³'lük bir hacme sahiptir.

Anaerobik reaktör

Tesiste 1 adet anaerobik reaktör bulunmakta ve kapasite olarak 7.000 m³ olarak dizayn edilmiştir.

Anaerobik çökeltme havuzu

Tesiste 1 adet anaerobik çökeltme havuzu bulunmakta ve havuzun çapı 24 metre ıslak derinliği ise 3 metre olarak dizayn edilmiştir.

Havalandırma havuzu

Tesiste 2 adet havalandırma havuzu bulunmakta havuzların her birinin hacmi 3.150 m³ olup 25x15x7.0 metre abatlarda dizayn edilmiştir.

Aerobik çökeltme havuzu

Tesiste 1 adet aerobik çökeltme havuzu bulunmakta bu havuzun çapı 22 metre ve ıslak derinliği ise 4.0 metre olacak şekilde dizayn edilmiştir.

Yüzücü madde havuzu

Tesiste 1 adet yüzücü madde havuzu bulunmakta ve havuzun hacmi 10 m³ ve ebatları 2.0x2.0x2.5 m metre olacak şekilde dizayn edilmiştir.

Çamur yoğunlaştırma havuzu

Tesiste 1 adet çamur yoğunlaştırma havuzu bulunmakta ve havuzun çapı 8.0 metre ıslak derinliği ise 4.0 metre olacak şekilde dizayn edilmiştir.

4.4.2. İşletim sorunları ve çözüm önerileri

Sütaş firmasına ait endüstriyel nitelikli arıtma tesisi tez yazım sürecinde yeni işletmeye alındığı ve bu süreçte henüz endüstriyel atıksuların oluşmadığı gözlemlenmiştir. Tesis tam olarak faal olmadığı için işletme problemleri adı altında her hangi bir bulguya ulaşılamamıştır. Tesis kurulumu bitmiş olup fabrika aktif olarak çalıştıktan sonra endüstriyel atıksular tesise iletilecek ve bu aşamadan sonra tesisin işletim problemleri incelenebilecektir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamın da Bingöl ilinde bulunan evsel ve endüstriyel atıksu arıtma tesisleri incelenmiş, tasarım ve faaliyette bulunduğu sürece oluşan işletim problemleri belirlenmiş, bu problemlere uygun çözüm önerileri sunulmuştur.

Deneyisel verilerin incelenmesi sonucunda tesislerin giderim verimleri incelenmiş ve sonuçlar maddeler halinde sıralanmıştır.

Tesislerin giderim verimleri düşüktür. Bunun sebebi tesisin doğru işletilmemesinden kaynaklanmamaktadır. Bingöl AAT için KOİ değerinin yüksek olmasının nedeni son çökeltim havuzundan savaklanan suyun savak yapıları ve havuz ıslak hacimlerinde alg oluşumlarının olması ve bu alg yapılarının temizlenmemesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca havuzların periyodik bakımlarının yapılmaması da tesiste yüksek KOİ oluşumuna neden olmaktadır. AKM değerlerinin yüksek olmasının nedeni ise savak yapılarının çürümesi, kırılması ve hasar görmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca tesisin tamamen yanlış işletilmesinden kaynaklı son çökeltim havuzuna yerleştirilen bir pompa vasıtasıyla havuzda bulunan atıksu savaklama yapılmadan pompa vasıtasıyla deşarjı yapılmak bu durumda yüksek AKM konsantrasyonuna neden olmaktadır.

İncelenen analiz sonuçları Bingöl ilinde mevcut olan AAT'lerinin işletimi sırasında arıtılan suyun standart değerleri tam olarak karşılamadığı görülmektedir. Bingöl AAT için temel problem kapasite yetersizliğidir. Atıksu arıtma tesisinin projelendirilmesi sırasında gelecek nüfus hesaplarının eksik yapılmasından dolayı kapasite yetersizliğinin yaşanmasıdır. Kapasite yetersizliği problemi bir süre sonra beraberinde işletme problemlerini ve deşarj standartlarını karşılayamama problemlerini getirecektir.

Atıksu arıtma tesislerinin inşası ve işletimi oldukça maliyetli süreçlerdir. Bu sebeple tesis inşası planlanırken fizibilite raporlarının titizlikle yapılması gerekmektedir. Bingöl ilçelerinde hali hazırda proje aşamasında olan tesislerin ilin coğrafi konumunu, suyun karakteristiğini, il ve ilçelerin nüfus planlanmasını göz önünde bulundurarak planlanması gerekmektedir. Ayrıca proje aşamasında arıtma tesislerinin 'Kentsel Atıksuların Arıtılması Yönetmeliği' kapsamında gerektirdiği ileri biyolojik proseslere sahip olması gerekliliği göz önünde bulundurulmalıdır.

Son olarak AAT inşasının önemli finansal kaynak ihtiyacı olduğu ve bu tesislerin projelendirilmesi önünde engel olduğu göz ardı edilmeden özenle projelendirilmelidir. Atıksuların doğaya geri dönüşümü mümkün olduğunca faydalı bir şekilde yapılmalıdır. Özellikle susuzluğun büyük bir tehdit olduğu günümüzde atıksu arıtımı daha fazla önem arz etmektedir.

Atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi, bu tesislerin projelendirilmesinden daha önemlidir. Atıksu Arıtma Tesislerinin çoğu proje ve yapım aşamasında olan Bingöl ili için, işletme problemlerinin azaltılması için Fizibilite, Etüt ve Proje çalışmalarının titizlikle yürütülmesi

gerekmektedir. Bingöl ilinde bulunan atıksu arıtma tesislerinde karşılaşılan problemlerin başında, yanlış nüfus hesabından kaynaklı kapasite yetersizliği işletme problemlerinin çoğunun yanlış projelendirmeden kaynaklandığı gözlemlenmiştir.

Genç ilçesinde bulunan atıksu arıtma tesisi bulunduğu konum dikkate alındığında etraftaki tarım arazilerinden ve kum ocağından tesise girebilecek maddelerin engellenmesi amacıyla, tesis etrafına rüzgar perdelerinin yerleştirilmesi gerekmektedir.

Bingöl AAT'den deşarj edilen su Gayt deresine verilirken, Genç AAT 'de arıtılan atıksu ise Murat Nehrine deşarj edilmektedir. Her iki tesistede arıtım verimlilikleri oldukça düşük olması deşarj edilen ortamda ki popülasyonu olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla beraber Bingöl AAT sorunlarının çözümü oldukça maliyetli ve güç olduğu görülmüş, planlaması devam eden yeni tesiste bu sorunların olmaması için yoğun çaba sarf edilmesi gerekmektedir. Genç ilçesi AAT 'de ise tesisin daha verimli ve kontrollü işletilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Toprak, H. (2009) Aktif Çamur Sürecinin İşletilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi. 3. Baskı İzmir
- [2] Tchobanoglous, G. Burton, L.F. Stensel, H.D. (2004) Wastewater Engineering, Treatment and Reuse Fourth Edition. Metcalf & Eddy Mc Graw Hill Inc., 1819s, USA
- [3] Anonim (2004) Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (25687). TC. Resmi Gazete, 31 Aralık, 1.
- [4] Dawn, S. Vishwakarma, V. (2021) Recovery and recycle of wastewater contaminated with heavy metals using adsorbents incorporated from waste resources and nanomaterials-A review
- [5] Matheyarasu vd, (2015), Impacts of Abattoir Waste-Water Irrigation on Soil Fertility and Productivity
- [6] Feng, Y. Chiu, Y.H. Liu, F.P. (2019) Measuring the performance of wastewater treatment in China
- [7] British Environmental Agency, 2011, BEA, United Kingdom, 51-52-55-56-57.
- [8] Guleda, O.E. Demir, İ., Engin, Ş.N., 2005, Determination of the relationship between sewage odour and BOİ by neural Networks, Environmental Modelling & Software, Vol.20, 843-850.
- [9] Levlin, E. (2007) Conductivity measurements for controlling municipal wastewater treatment
- [10] Omelia, C. (1998). "Coagulation and sedimentation in lakes, reservoirs and water treatment plants". Water Science and Technology. 37
- [11] Goldman, S. Jackson, K. & Bursztynsky, T. A. (1986) Erosion & Sediment Control Handbook. McGraw-Hill
- [12] Hammer, M. J. (1975) Water and Waste-Water Technology. John Wiley & Sons
- [13] Koyuncu, İ. Öztürk, İ., Mutlu, B.K., Yıldız, O. (2016) Atıksu Arıtma Tesisleri İşletimi El Kitabı. Yorum Basın Yayın Sanayi Ltd. Şti, 368s, Ankara
- [14] Samsunlu, A. (2008) Çevre Mühendisliği Kimyası. Birsan Yayınevi, 6. Baskı, 396s, İstanbul
- [15] Burkut, E. (2013) Su ve Çevre Teknolojileri Dergisi 54. Sayı. Sy 24
- [16] Rittmann, B. E. McCarty, P. L. (2001) Environmental Biotechnology: Principles and Applications; McGraw-Hill
- [17] Demir, M. N, (2017) Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinde Karbon Ve Azot Giderim Verimlerinin Tahmini Amacıyla Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı
- [18] Fumian, T.M Leite J.P.G. vd. (2010) Detection of rotavirus A in sewage samples using multiplex qPCR and an evaluation of the ultracentrifugation and adsorption-elution methods for virus concentration
- [19] Gerba C.P. Betancourt W.Q. Kitajima M. (2017) How much reduction of virus is needed for recycled water: a continuous changing need for assessment?
- [20] Corsi S.R. Borchardt M.A. vd (2014) Human and bovine viruses in the Milwaukee River watershed: hydrologically relevant representation and relations with environmental variables
- [21] Naddeo V. Liu H. (2020) Editorial Perspectives: 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2): what is its fate in urban water cycle and how can the water research community respond

- [22] Wang V. Kjellberg I. vd. (2020) Hepatitis E virus genotype 3 strains and a plethora of other viruses detected in raw and still in tap water
- [23] Jones, K.C. Voogt, P. (1999), Persistent organic pollutants (POPs): state of the science
- [24] Gupta R. Biomarkers in Toxicology. Oxford: Academic Press, 2014, pp. 433-450.
- [25] Kodavanti, P.R.S. Sambasiva, R, (2014) Module in Biomedical Sciences
- [26] Metcall & Eddy (2013), Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse
- [27] Samsunlu, A. (2006) Atık Suların Arıtılması, Birsen Yayınevi, 647s, İstanbul.
- [28] Çevretek (1996) Atıksu Arıtma Tesislerinin İşletilmesi Seminer Kitabı. Çevre Teknolojileri Uygulayıcıları Derneği Yayınları, İstanbul
- [29] Nas, B. (2017) Atıksu Arıtma Tesislerinde İşletme Sorunları ve Çözümleri
- [30] Koyuncu, İ. Öztürk, İ. vd. (2013) Atıksu Arıtma Tesisleri Tasarım Rehberi Orman ve Su İşleri Bakanlığı
- [31] Voorden, C.V. vd. (2010), El Kitabı, Türkiye'deki Küçük ve Orta Ölçekli Belediyelerde Atıksu Arıtımı için Rehber
- [32] Muslu, Y. (1994) Kullanılmış Suların Arıtılması, İTÜ Yayınları, Sayı 1535
- [33] Rittmann, B.E. McCarty, P. (2001), Environmental Biotechnology: Principles and Applications
- [34] Öztürk, İ. vd. (2017) Atıksu Mühendisliği, Teknik Kitaplar Serisi
- [35] Brusseau M, Biber L, Gerba C, (2019) Environmental and Pollution Science
- [36] Suresh, A. Rakshit, A. (2018) Advanced Oxidation Processes for Waste Water Treatment
- [37] Briggs, R. (1990), Instrumentation, Control and Automation of Water and Wastewater Treatment and Transport Systems
- [38] Soli J. A. 2002. Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı, Tata McGraw –Hill Publishing company limited.
- [39] Altınbaş, U., 2001. Nutrient removal from low strength domestic wastewater in sequencing batch biofilm reactor, Water Science and Technology, Vol.44, No.1, pp 181-186.

ÖZGEÇMİŞ

Cihat BUDANCAMANAK

██████████	██████████
██████████	██████████
██████████	████████████████████
██████████	██
████████████████████	██

[illegible]

■ [REDACTED]

■ [REDACTED]

████████████████████
