



# **EVSEL VE ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİKLERİ**

**Mustafa Ruşen DEMİRKOL**

**2021  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi FATİH SAKA**

**EVSEL VE ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN ENERJİ  
VERİMLİLİKLERİ**

**Mustafa Ruşen DEMİRKOL**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA**

**KARABÜK  
Mayıs 2021**

Mustafa Ruşen DEMİRKOL tarafından hazırlanan “EVSEL VE ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİKLERİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA .....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 20/05/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER (BEÜ) .....

Üye : Prof. Dr. Tülay EKEMEN KESKİN (KBÜ) .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA (KBÜ) .....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ .....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Mustafa Ruşen DEMİRKOL

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **EVSEL VE ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİKLERİ**

**Mustafa Ruşen DEMİRKOL**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA**

**Mayıs 2021, 85 sayfa**

Ülkemizde atıksu arıtımı amacıyla kullanılan enerji verilerinin tesisler arası karşılaştırılması ile enerji tüketimine yönelik benzer tespitler henüz çok yetersizdir. Bu çalışmada, evsel ve endüstriyel atıksu arıtımında birim temizlenme oranına göre harcanan elektrik sarfiyatı incelenmiştir. Evsel atıksu arıtma tesisi (AAT) olarak Lüleburgaz AAT, endüstriyel olarak ise Kırklareli Organize Sanayi Bölgesi(OSB) AAT incelenmiş olup, tesislere gelen atıksu debileri, KOİ verimlilikleri, tesislerin m<sup>3</sup> başına harcanan kwh değerleri 2017, 2018 ve 2019 yıllarına göre mukayese edilmiştir. Tesislerden alınan veriler kullanılarak, aylık ortalama debi değerleri, aylık KOİ verimlilikleri, aylık ortalama tüketilen enerji (kwh/m<sup>3</sup>) değerleri elde edilmiştir. Farklı özelliklerdeki arıtma tesislerinin enerji verimlilikleri grafik üzerinden değerlendirilerek evsel AAT'deki aylık ortalama debi değerlerinin endüstriyel AAT'deki debiye oranla fazla olduğu tespit edilmiştir. Tesislerin KOİ verimlilikleri

yapılan çalışmalar sonucunda %94 bulunup, eşit kabul edilebilir olduğu gözlemlenmiştir. Tesislere gelen debi değerleri farklı olmasına rağmen m<sup>3</sup> başına harcanan aylık kwh değerleri incelendiğinde, endüstriyel AAT'deki harcanan enerji miktarının, evsel AAT'deki harcanan enerji miktarından, daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Lüleburgaz AAT'de ünite bazında enerji sarfiyatı değerlendirilip %60'lara varan enerji sarfiyatı ile en fazla enerji harcanan ünitenin havalandırma havuzu olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu tesislerde enerji sarfiyatlarını azaltmaya yönelik tespitler doğrultusunda önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Sözcükler :** Atıksu arıtma tesisi, enerji verimliliği, proses, evsel atıksular, endüstriyel atıksular.

**Bilim Kodu :** 91122

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

# **ENERGY EFFICIENCY OF DOMESTIC AND INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS**

**Mustafa Ruşen DEMİRKOL**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Hydraulic**

**Thesis Advisor:**

**Assist. Prof. Dr. Fatih SAKA**

**May 2021, 85 pages**

It is insufficient to make similar evaluations considering energy consumption data amongst plants used for waste water treatment in our country. The consumption of electricity considering the rate of domestic and industrial wastewater refinement was analyzed in this study. As domestic WTP (Wastewater Treatment Plant), Luleburgaz WTP and as industrial WTP, Kırklareli OIZ (Organized Industrial Zone) WTP were assessed. The flow of wastewater that was reached to the plants, OIZ efficiency, and  $\text{kwh/m}^3$  values that were consumed by the plants were compared with 2017, 2018, and 2019. Monthly average flow rates, OIZ efficiency, COD (Chemical Oxygen Demand) efficiency, and average  $\text{kwh/m}^3$  were gathered using data obtained from plants. Energy efficiency of WTP with different characteristics was evaluated on graphic charts. The monthly flow rate of domestic WTP was found higher than the flow rate of industrial WTP. OIZ efficiency of the plants was found as 94%. It was observed that the results were acceptable equally. Although the flow rates of plants were different, the amount

of energy used in industrial WTP was found higher than the domestic WTP when the monthly kwh/m<sup>3</sup> of data flow was evaluated. When energy consumption was evaluated per unit at Luleburgaz WTP, it was found that the most energy consuming unit was the aeration tank by reaching 60%. Moreover suggestions were made for decreasing the consumption of energy used in these plants.

**Key Word** : Wastewater treatment plant, energy efficiency, process, domestic wastewater, industrial wastewater

**Science Code** : 91122



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin oluşmasında gerekli izinleri sağlayan ve tez çalıőmamı destekleyen Kırklareli OSB Müdürlüğü ve Lüleburgaz AAT yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalıőmamda konumu belirlemede katkısı olan bu alanda çalıőtıęım ve gerekli tecrübeleri edindiğim Anadolu Çevre ailesine teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bana bu süreçte maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen baőta annem ve babam olmak üzere, sevgili kardeőim Burçin İrem DEMİRKOL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalıőmam esnasında her daim beni destekleyen ve yanımda olan değerli arkadaőım Mustafa AKİNA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca sadece tez çalıőmamda değil tüm okul hayatım boyunca desteğini her zaman hissettiğim ve her koşulda yanımda olan sevgili niőanlım Dilay GÖKÇE'ye tüm kalbimle teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	4
ATIKSU ÇEŞİTLERİ .....	4
2.1. EVSEL ATIKSULAR.....	4
2.2. ENDÜSTRİYEL ATIKSULAR.....	5
2.3. ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ .....	6
2.3.1. Toplam Katı Madde.....	8
2.3.2. Askıda Katılar.....	8
2.3.3. Uçucu Askıda Katılar .....	8
2.3.4. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ).....	9
2.3.5. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ).....	9
2.3.6. Toplam Azot.....	10
2.3.7. Toplam Fosfor .....	10
2.3.8. Toplam Koliform.....	11
2.4. ATIKSU ARITIMININ AMACI VE KAPSAMI .....	12
2.5. YASAL ÇERÇEVE VE DEŞARJ STANDARTLARI.....	12
2.6. ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİ .....	14
2.6.1. Fiziksel Arıtma .....	16

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.6.2. Kimyasal Arıtma.....	20
2.6.3. Biyolojik Arıtma.....	22
2.6.4. İleri Biyolojik Arıtma .....	23
<b>BÖLÜM 3 .....</b>	<b>24</b>
<b>ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE VERİMLİLİK .....</b>	<b>24</b>
<b>3.1. ATIKSU ARITMA TESİSLERİ MALİYETLERİ ARAŞTIRMA</b>	
<b>BULGULARI.....</b>	<b>24</b>
3.1.1. AAT’lerde Maliyetler .....	24
3.1.1.1. Yatırım Maliyeti.....	24
3.1.1.2. Mühendislik Maliyeti ve Döviz Kuru .....	24
3.1.1.3. İşletme ve Bakım Maliyeti.....	25
3.2.1. AAT’ler ve Enerji Kullanımları.....	25
<b>BÖLÜM 4 .....</b>	<b>28</b>
<b>MATERYAL VE METOD .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1. LÜLEBURGAZ BELEDİYESİ ATIKSU ARITMA TESİSİ.....</b>	<b>28</b>
4.1.1. Lüleburgaz Belediyesi AAT Faaliyeti .....	29
4.1.2. İş Akış Şemalar, Yer Planları ve Proses Özetleri .....	31
4.1.3. Ön (Fiziksel) Arıtma Ünitesi .....	34
4.1.3.1. Kaba Izgaralar .....	35
4.1.3.2. İnce Izgara.....	36
4.1.3.3. Giriş Pompa İstasyonu .....	37
4.1.3.4. Havalandırılmalı Kum ve Yağ Tutucu .....	38
4.1.4. Biyolojik Arıtma Ünitesi .....	40
4.1.4.1. Numune Alma ve Debi Ölçüm Odası I.....	40
4.1.4.2. Havalandırma Havuzları Dağıtım Yapısı.....	41
4.1.4.3. Havalandırma Havuzları .....	42
4.1.4.4. Organik Madde Giderimi .....	43
4.1.4.5. Nitrifikasyon .....	43
4.1.4.6. Denitrifikasyon .....	43
4.1.4.7. Blower (Üfleyici) Odası.....	45

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.1.4.8. Son Çöktürme Havuzları Dağıtım Yapısı .....	45
4.1.4.9. Son Çöktürme Havuzları.....	46
4.1.4.10. Numune Alma ve Debi Ölçüm Odası II .....	47
4.1.5. Çamur Arıtma Ünitesi.....	48
4.1.5.1. Geri Devir ve Fazla Çamur Pompa İstasyonu.....	48
4.1.5.2. Debi Ölçüm Odası III.....	50
4.1.5.3. Çamur Depolama Tankı .....	50
4.1.5.5. Süzüntü Pompa İstasyonu .....	54
4.1.5.6. Çamur Keki Depolama Alanı.....	55
4.1.6. Diğer Tesisler.....	56
4.1.6.1. Koku Kontrol Sistemi .....	56
4.1.6.2. Yıkama ve Yangın Suyu Depolama Tankı .....	58
4.1.6.3. Diğer Binalar.....	58
4.2. KIRKLARELİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSİ .....	59
4.2.1. Deşarj Yeri ve Özellikleri.....	60
4.2.2. AAT'yi Oluşturan Üniteler.....	60
4.2.3. Atıksu Kirlilik Yükleri.....	63
BÖLÜM 5 .....	67
İNCELENEN TESİSLER İLE İLGİLİ BULGULAR .....	67
BÖLÜM 6 .....	80
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	80
KAYNAKLAR .....	83
ÖZGEÇMİŞ .....	85

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3. 1. AAT enerji dağılımı [18]. .....	26
Şekil 3. 2. Aktif çamur prosesli AAT’de ünitelerin enerji dağılımı [18]. .....	27
Şekil 4. 1. Tesis alanı uydu görüntüsü .....	29
Şekil 4. 2. Ergene Nehri AAT deşarj noktası.....	31
Şekil 4. 3. Lüleburgaz AAT iş akış şeması [20] .....	32
Şekil 4. 4. AAT genel görünümü .....	33
Şekil 4. 5. Ön arıtma ünitesi binası .....	34
Şekil 4. 6. Kaba ızgaralar .....	35
Şekil 4. 7. İnce ızgaralar.....	36
Şekil 4. 8. Giriş terfi pompaları.....	38
Şekil 4. 9. Havalandırmalı kum ve yağ tutucu .....	40
Şekil 4. 10. Debi ölçüm ünitesi I.....	41
Şekil 4. 11. Havalandırma havuzları dağıtım odası .....	41
Şekil 4. 12. Havalandırma havuzları .....	42
Şekil 4. 13. Blower odası .....	45
Şekil 4. 14. Son çöktürme havuzları .....	47
Şekil 4. 15. Numune alma ve debi ölçüm odası II .....	48
Şekil 4. 16. Geri devir ve fazla çamur pompa istasyonu.....	49
Şekil 4. 17. Debi ölçüm odası III .....	50
Şekil 4. 18. Çamur depolama tankı .....	51
Şekil 4. 19. Santrifüjler .....	52
Şekil 4. 20. Çamur kütle dengesi [20].....	53
Şekil 4. 21. Çamur terfi pompaları ve polimer hazırlama ünitesi .....	54
Şekil 4. 22. Süzüntü pompa istasyonu .....	55
Şekil 4. 23. Çamur keki depolama alanı .....	56
Şekil 4. 24. Koku kontrol sistemi.....	57
Şekil 4. 25. Yıkama ve yangın suyu deposu ve pompa istasyonu .....	58
Şekil 4. 26. OSB vaziyet planı .....	59

**Sayfa**

Şekil 4. 27. OSB atıksu deşarj noktası .....	60
Şekil 4. 28. Atıksu akış şeması.....	61
Şekil 5. 1. 2017 yılı tesislere gelen atıksu debileri.....	67
Şekil 5. 2. 2017 yılı tesislerin KOİ verimlilikleri. ....	68
Şekil 5. 3. 2017 yılı tesislerin kwh/m <sup>3</sup> değerleri. ....	69
Şekil 5. 4. 2018 yılı tesislere gelen atıksu debileri.....	70
Şekil 5. 5. 2018 yılı tesislerin KOİ verimlilikleri. ....	71
Şekil 5. 6. 2018 yılı tesislerin kwh/m <sup>3</sup> değerleri. ....	72
Şekil 5. 7. 2019 yılı tesislere gelen atıksu debileri.....	73
Şekil 5. 8. 2019 yılı tesislerin KOİ verimlilikleri. ....	74
Şekil 5. 9. 2019 yılı tesislerin kwh/m <sup>3</sup> değerleri. ....	75
Şekil 5. 10. Tesislerin üç yıllık aylık ortalama debi değerleri. ....	76
Şekil 5. 11. Tesislerin üç yıllık aylık ortalama KOİ verimlilikleri. ....	77
Şekil 5. 12. Tesislerin üç yıllık aylık ortalama kwh/m <sup>3</sup> değerleri. ....	78
Şekil 5. 13. Lüleburgaz AAT havalandırma havuzu enerji sarfıyatı.....	79

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 2. 1. Atıksu bileşenleri [11].....	7
Çizelge 2. 2. Atıksu bileşenleri birim değerleri[12].....	7
Çizelge 2. 3. Atıksudaki kirleticilerin giderilmesinde kullanılan arıtma sistemi[14].	15
Çizelge 4. 1. Arıtılmış su değerleri .....	34
Çizelge 4. 2. Kaba ızgara özellikleri .....	35
Çizelge 4. 3. İnce ızgara özellikleri.....	36
Çizelge 4. 4. Giriş pompa istasyonu özellikleri .....	37
Çizelge 4. 5. Havalandırmalı kum ve yağ tutucu özellikleri.....	39
Çizelge 4. 6. Havalandırma havuzları özellikleri.....	44
Çizelge 4. 7. Son çöktürme havuzu özellikleri .....	46
Çizelge 4. 8. Koku oluşumuna neden olan alanlar ve seçilen fan özellikleri.....	57
Çizelge 4. 9. Son tasarıma esas atıksu karakteri .....	64
Çizelge 4. 10. Biyolojik atıksu arıtma ünitesi verim tablosu .....	65
Çizelge 4. 11. Ekipmanlara ait kurulu güç tablosu .....	66

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

~	: yaklaşık
°C	: santigrad derece
C	: karbon
DN	: boru çapı
FeCl <sub>3</sub>	: demir (III) klorür
NaOH	: sodyum hidroksit
NH <sub>3</sub>	: amonyak
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	: amonyum iyonu
ppb	: proporsiyon birimi (milyarda bir)
N	: azot
P	: fosfor
UV	: ultraviyole
mm	: milimetre
mg	: miligram
sn	: saniye
st	: saat
h	: saat
kw	: kilowatt
Ø	: çap
lt	: litre
%	: yüzde
m <sup>2</sup>	: metrekare
m <sup>3</sup>	: metreküp
bar	: basınç



## **KISALTMALAR**

- A.Ş. : Anonim Şirketler  
AAT : Atıksu Arıtma Tesisi  
AB : Avrupa Birliği  
AKM : Askıda Katı Madde  
BOİ : Biyolojik Oksijen İhtiyacı  
BOİ<sub>5</sub> : 5 Günlük Biyolojik Oksijen İhtiyacı  
ÇED : Çevre Etki Değerlendirilmesi  
ÇO : Çözünmüş Oksijen  
E.Coli : Koli Basili (Bakteri Çeşidi)  
EEA : Avrupa Çevre Ajansı  
IPA : Katılım Öncesi Mali Yardım Aracı  
KOİ : Kimyasal Oksijen İhtiyacı  
MSDS : Malzeme Güvenlik Bilgi Formu  
SCADA : Kapsamlı ve Entegre Veri Tabanlı Kontrol ve İzleme Sistemi  
R.G. : Resmi Gazete  
O.S.B. : Organize Sanayi Bölgesi  
ORP : Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli  
TAKM: Toplam Askıda Katı Madde  
TAP : Taşınabilir Pil Üreticileri  
USEPA : Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı  
UV : Ultraviyole

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Su, insanların devirler boyunca bulmak için savaştığı, toplumların kendini geliştirmesinde ve geçmişte pek çok medeniyetin yitip yok olmasında etkileri olan hayatın temel gereksinimlerindedir. Bir besin ögesi olmasının yanı sıra, içinde barındırdığı elementler ve iyonlar ile vücudumuzdaki bütün biyokimyasal tepkimelerin gerçekleşmesinde öncelikli rol almaktadır. Bu sebeple susuz yaşam düşünülemez. Su canlının ve hayatın sembolü olduğu gibi, aynı zamanda canlılık için hayat kaynağıdır [1].

Önemli bir taşıyıcı sıvı olan su, içme suyu ihtiyacını gidermede, tarımsal faaliyetlerde, endüstriyel üretimde ve tüketimde, enerji üretiminde, temizlikte ve ulaşım yolu olarak da kullanılabilen, doğada katı, sıvı ve gaz halinde sürekli bir döngü içerisinde bulunmaktadır. Su insanlar tarafından bu döngüden alınır, kullanılır ve sonrasında arıtılarak bu su döngüsüne geri verilmektedir.

Endüstriyel, evsel, tarımsal ve diğer alanlarda kullanımlar neticesinde kirlenmiş ve özelliklerinin bir kısmı veya tamamı değişime uğramış sular, cevher hazırlama tesisleri ve maden ocakları kullanımıyla oluşan sular ve şehirlerde cadde, sokak ve bunun gibi bölgelerde yağışların yüzey veya yüzey altı akışa dönüşümünden kaynaklanan sular atıksu olarak adlandırılmaktadır. Suların farklı gereksinimler sebebi ile kullanımları neticesinde atıksu formuna dönüşümüyle kaybettikleri kimyasal, fiziksel ve biyolojik niteliklerinin bir bölümünü veya tümünü tekrar kazandırmak veya boşaldıkları deşarj ortamının kimyasal, fiziksel, biyolojik ve ekolojik niteliklerinin aynı kalması amacıyla uygulanan kimyasal, fiziksel ve biyolojik arıtım proseslerinin birine veya bütününe atıksu arıtma denir.

Atıksuyun özellikleri göz önüne alınarak kullanılabilen arıtma süreçleri de çeşitlilik gösterebilmektedir. Atıksu bünyesinde barınan çözünmüş halde bulunan organik unsurların bakteriyolojik tepkimeler neticesinde yok edilmesi amacıyla biyolojik arıtma tesisi tercih edilmelidir. Atıksu bünyesinde çözünmüş veya yüzeyinde bulunan ve yerçekimi etkisiyle çökmeyen unsurların çöktürülerek atıksudan uzaklaştırılması amacıyla kimyasal AAT tercih edilmelidir. Suyun içinde barınan ve kendiliğinden çöken katı unsurların atıksudan uzaklaştırılması amacıyla ise fiziksel AAT tercih edilmelidir. Bu süreçler, her biri ayrı kullanılabilen gibi ard arda gelecek biçimde de kullanılarak AAT yapılandırılabilir. Atıksu arıtımı oldukça maliyetli bir işlem, işletimi ise emek ve güç isteyen bir yatırım olup, AAT yapımı planlanırken dikkat edilmesi gereken kısıtlar bulunmaktadır [2].

AAT inşa ederken arıtma prosesi, işletim giderleri, tesisinin yapım aşamasında kullanılan imalat kalitesi, malzeme ve ekipmanlar tesisler için önemli faktörlerdir. Paket arıtma tesisleri gibi foseptik kullanılan ve vidanjörle alınan tesislerde az bir sürede kendi masrafını çıkarmaktadır. Paket AAT'ler foseptik çukurlarına göre daha etkin bir çözümdür. Paket AAT sisteminde arıtılan su, çevre sulama işleminde kolayca kullanılabilir. Yine bu sistemlerde elektrik sarfiyat kesikli arıtım süreci ve otomasyon yardımıyla en aza indirgenmektedir.

Endüstrilerde ve evlerde su ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Bu yüzden oluşan kirli suların kontrolsüzce alıcı ortama verilmesi nedeniyle içme ve kullanma açısından temiz su bulma sorunu, önemini her geçen gün biraz daha göstermektedir [3].

Projeleri dahilinde yapılan incelemelerde ülke genelinde projelendirmede, işletmede ve inşaatta yapılan hatalar nedeniyle verimli işletilemeyen, atıl durumda olan bir çok AAT tespit edilmiştir [2].

“Kentsel Atıksu Arıtma Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği” nde mekanik olan arıtmanın sağlandığı işleme birincil arıtma (ön arıtma), birincil arıtma işlemine biyolojik arıtma işlemi eklenince oluşan arıtma yöntemine ikincil arıtma, ikincil arıtma yöntemine eklenen ve atıksu deşarj standartları açısından daha

iyileştirmekte olan azot (N) ve fosfor (P) giderimi de sağlayan arıtıma yöntemine ise üçüncül arıtma denir. İleri oksidasyon, aktif karbon ve membran teknolojileri “Atıksu Arıtma Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği” nde ileri arıtma seçenekleri olarak gösterilir [2].

Türkiye’de uygulanmakta olan atıksu arıtım sistemleri; ön, mekanik (birincil), biyolojik (ikincil) ve ileri arıtma sistemleridir. Ülkemizde atıksulara ön arıtma genellikle, derin deniz deşarjı uygulamasıyla ilişkili olarak kullanılmaktadır.

Kıyı şeridindeki çoğu AAT’de bu yöntemler kullanılmaktadır. Yönetmeliğe göre atıksuyun derin deniz deşarjına dahil olduğu bölgelerde kirletici maddelerin yoğunluğunun azaltılması şartını tamamiyle karşılanmaktadır. Ülkemizde kimyasal ve biyolojik arıtma en yaygın atık su arıtma tesisi tipidir. Ön arıtma; çakıl, ızgaralar ve kum ayrıştırmasından oluşur. Mekanik arıtma, ön arıtmaya ilave olarak ön çökeltme ünitesi içerir. Biyolojik arıtma ise, organik maddelerin kimyasal ve biyolojik giderimiyle devreye alınan son çökeltme bölümünden ve mekanik arıtmadan oluşur [4].

Atıksuyun kimyasal ve fiziksel niteliklerinin bilinmesi çevreye vereceği olumsuz etkileri önceden anlayabilmek için gerekli bir bilgidir. Ayrıca AAT tasarımında bu değerler büyük bir önem teşkil etmektedir [1]. Atıksu arıtma tesisleri atıksuyun içeriğine göre evsel atıksular ve endüstriyel atıksular olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

## BÖLÜM 2

### ATIKSU ÇEŞİTLERİ

Bu bölümde atıksu çeşitleri, atıksuyun karakteristik özellikleri ve atıksu arıtma yöntemleri detaylı bir şekilde sunulmuştur.

#### 2.1. EVSEL ATIKSULAR

Atıksular, insanların genel temizlik, yıkanma ve mutfak işleri gibi amaçları doğrultusunda kullanılıp kirlenmiş sular olup; bunun yanı sıra evsel vasıflı atıksular ise, meskenlerden, endüstriyel ve ticari kurumlardan toplanan atıksular ile yağmur suyu, yüzeysel ve yeraltı sularının birleşimi olarak tanımlanmaktadır.

Okul, konut, hastane, lokanta gibi küçük olan işletmeler; piknik alanları, eğlence mekanları gibi yerlerden kaynaklanan evsel nitelikli atıksuların yaklaşık olarak %95-99'u sudur ve %1-5'lik oranı organik ve inorganik maddelerdir. Bu atıksuların renkleri çoğunlukla açık kahverengi olup, kendine özel kokuları bulunur [5].

Evsel atıksu, irili ufaklı askıda bulunan katı maddeler ve kolloidal şekilde bulunan minimal düzeyde katı maddeler içermektedir. Bu sular fiziksel olarak genellikle istenmez ve içerdiği organizmalar sebebiyle tehlikeli durumdadırlar [6].

Kanalizasyonda barınma zamanının uzun olması ve oksijensiz ortam koşullarının gelişmesi neticesinde atıksuyun rengi koyu griye ve devamında siyaha doğru değişim gösterebilir. Atıksuyun renginin siyaha dönmesi, anaerobik hale gelmiş olduğunun birincil göstergesi olarak kabul edilir. Siyah renk anaerobik koşullarda oluşmuş olan sülfür içeren bileşiklerin atıksudaki metaller ile tepkimeye girmesi neticesinde oluşmuş metalik sülfürlerden kaynaklanmaktadır [5].

Sıcak bölgelerde evsel atıksular mevcut oksijen değerini hızlı bir şekilde kaybeder ve böylelikle septik duruma geçmiş olurlar. Septik atıksuların kötü kokmasının nedeni içerisinde barındırdığı hidrojen sülfürdür [6].

Septik atıksuların ayırt edici özelliği hidrojen sülfürden kaynaklanan çürük yumurta kokusu barındırmasıdır. Coğrafi konuma ve mevsim özellikleriyle bağlantılı olarak evsel atıksuların sıcaklık değeri 10 ila 21 derece arasında değişiklik gösterir. Önemli oranlarda endüstriyel atıksu barındırmıyorsa yoğunluğu, benzer derecedeki suyun yoğunluğuna yakın halde bulunur [5].

Renkli, pis görüntülü ve içerisinde belirli bir ölçüde çözünemeyen ve çözünebilen maddeler barındıran atıksularda helmint, virüs, bakteri, protozoa gibi patojenik olarak değerlendirilen mikroorganizma çeşitleri bulunmaktadır. Bölgesel olarak çok farklı olabilen evsel atıksular nedeniyle oluşturulacak olan arıtma tesislerinin planı yapılırken atıksuda, içerisinde bulunan organik ve inorganik madde miktarları dikkatle incelenmelidir.

Ticarethaneler, meskenler, ofisler ve diğer kuruluşlardan kanalizasyona deşarj edilen evsel nitelikli atıksular organik ve inorganik maddeleri içerisinde bulundurur. Ve %99'u sudan oluşmaktadır. Ayrıca bu atıksu içerisinde askıda, kolloidal ve çözünmüş maddeler ile insan atıklarını barındıran evsel nitelikli atıksularda yüksek miktarda hasta edici mikroorganizma barındırabilir. Bu mikroorganizmalar tifo, kolera ve verem gibi bazı hastalıklara yol açmaktadır. Su nedeniyle meydana gelen bu hastalıklar bulaşıcı özellik taşıyabilir. Evsel atıksularda inorganik olarak sülfat, klorür, azot, fosfor ve karbonatlar bulunur. Organik madde içeriğini ise büyük bir kısmını yani %90'ını protein ve karbonhidratlar oluşturur [7].

## **2.2. ENDÜSTRİYEL ATIKSULAR**

Endüstriyel tesislerde gerçekleştirilen hammaddelerin önce işlenip daha sonra bunlardan ürün elde edilmesi işlemleri nedeniyle oluşan atıksulara endüstriyel atıksu denir. Bu atıksular tesislerde ısıtma, yıkama, ayırma, pişirme, ekstraksiyon, reaksiyon ürünleri, taşıma ve kalite kontrol işlemlerinden kaynaklı olmakla birlikte tesiste

çalışanların banyo, barınma ve yemekhanelerinden gelen evsel nitelikli suları da içerir. Atıksuda bulunan kirletici oranının alıcı ortamdaki suyun içeriğinde kabul edilmeyen değişikliğe neden olacak oranda barınmasıyla su kirliliği oluşmaktadır [8].

Endüstriyel atıksular endüstri tesisinin türüne ve tesiste işlem görmüş olan ham maddeye bağlı olarak birbirinin yanısıra farklılık gösterirler. Endüstri tesisine göre bazı endüstriyel atıksular çok miktarda organik içerikli madde bulundurup, biyolojik olarak kolayca ayrışabilir veya inorganik içerikli ve zehirlilik niteliğine de sahip olabilirler. Buradan da şu sonuç çıkarılıyor ki toplam askıda katı madde (TAKM), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) 1 mg/L'den 1000 mg/L'ye kadar değişiklik gösterebilir [8].

Atıksular alıcı ortama veya kanalizasyona (pH: 6-9) deşarj için uygun pH değerini taşımayabilirler. En uygun arıtma yöntemine karar vermek için endüstriyel atıksuyun arıtma prosesi seçilmeden önce kesinlikle atıksu karakterizasyonu belirlenmelidir. Ve bunlar göz önüne alınarak karar verilmelidir [9].

Endüstriyel atıksuların yönetmelikle belirlenmiş olan standartları kapsayacak seviyede arıtılmış olarak alıcı ortama deşarj edilmesi hem mevcut canlıların yaşam standartlarının zarar görmemesi hem de gelecek nesillere daha sağlıklı bir yaşam bırakabilmek için zorunluluk arzeder.

### **2.3. ATIKSU KARAKTERİSTİKLERİ**

Arıtma tesisleri tasarlaması yapılırken gerekli olan arıtma sisteminin seçilmesinde atıksuyun miktarı kadar özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir. Bu özellikler, konutların bulunduğu bölgede kullanılan su miktarı ile eğer varsa sanayi ve ticari faaliyetler ile doğrudan ilgilidir [10].

Kirleticilerin tamamı göz önünde bulundurularak, değerlendirilebildikleri önemli ölçüde değişkenler bazında atıksu karakterizasyonu yapılmaktadır. Evsel atıksularda bu değişkenlerin oluşturulmasında öncelikle önem arzmekte olan bileşenler ve çevresel faktörleri Çizelge 2.1'de verilmiştir. Bunu baz alarak konvansiyonel

karakterizasyon çalışması her bir kirletici bileşeni tek olarak ele alan ya da grup olarak değerlendiren anlamlı değişkenler ışığında yürütülmelidir. Atıksu karakterizasyonu çevreden çevreye değişiklik gösterebileceği gibi, aynı çevre içerisinde de farklı faktörler kaynaklı birbirlerinden değişiklik gösterebilmektedir [11].

Çizelge 2. 1. Atıksu bileşenleri [11].

BİLEŞEN		BİLEŞEN
Mikroorganizmalar	Patojen bakteriler, virüsler kurtlar vb.	
Biyolojik olarak ayrışabilen organik maddeler		Göl ve nehirlerde oksijeni tüketmek
Diğer organik maddeler	Deterjanlar, azot, fosfor, amonyak, fenol vb.	Toksik etki, biyokümülyasyon
Besi maddeleri	Azot, fosfor, amonyak	ötrüfikasyon. oksijen eksikliği, biyoakümülyasyon
Metaller	Hg. Pb, Cd, Cr, Cu, Ni	Toksik etki

Evsel atıksuların, atıksu içerisinde barınan bileşenlerin kimyasal, fiziksel ve biyolojik olarak gerçek değerlerini ifade eder. Evsel atıksuların tespit edilmiş olan nüfus başına kirlilik değerleri ve atıksudaki önem arzeden kirleticilere ait olan birim değerleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2. 2. Atıksu bileşenleri birim değerleri[12].

PARAMETRE	BİRİM YÜK ( GR/KİŞİ/GÜN)	KONSANTRASYON(mg/L)
Toplam Katılar	115-170	680-1000
Uçucu Katılar	65-85	380 - 500
Askıda Katılar	35-50	200 - 290
Uçucu Askıda Katılar	25-40	150-240
BOİ <sub>5</sub>	35-50	200 - 290
KOI	115-125	680 - 730
Toplam N	6-17	35-100
Amonyum	1-3	6-18
Nitrit ve Nitratlar	<1	4
Toplam P	3-5	18-29
Fosfat	1-4	6-24
Toplam Koliform	-	10 <sup>10</sup> -10 <sup>12</sup>



### **2.3.1. Toplam Katı Madde**

Toplam katılar, bir atıksuyun bütün katı bileşenlerini içermektedir. Toplam katılar, organik ve inorganik halde bulunan katıların toplamı veya süspansiyon edilmiş olan ve çözünmüş katıların toplamıdır.

Katı maddeler ağırlık olarak atıksuyun yaklaşık olarak %1'ini oluşturur buna rağmen suların arıtımında en önemli problemi oluşturmaktadırlar. Evsel atıksularda katıların yaklaşık olarak %50'si organiktir. Genel olarak ölü hayvansal madde, hayvansal veya bitkisel yaşam, bitki dokusu veya organizmalardır, fakat aynı zamanda sentetik (yapay) organik bileşikler içerebilmektedirler. Bunlar, bazıları kükürt, azot, veya fosforla birleştirilebilen karbon, hidrojen ve oksijen içermekte olan maddelerdir. Evsel atıksularda bulunmakta olan başlıca organik bileşikler, ayrışma ürünlerinin yanında proteinler, karbonhidratlar ve yağlardır. Bu bileşikler bakteri ve diğer canlı organizmaların faaliyetleri ile çürümeye veya ayrışmaya maruz kalır ve yanıcıdır, yani tutuşmakta veya yanabilmektedirler. Yüksek sıcaklıklarda uzaklaştırılması sağlanabilmesi ile organik parçacıklar bazen uçucu katı maddeler olarak adlandırılırlar.

İnorganik katılar, etkisiz olan ve çürümeye tabi olmayan maddelerdir. Belirli şartlar altında parçalanabilecek olan bazı mineral bileşikler veya tuzlar istisnadır. İnorganik katı maddeler genellikle mineral maddeler olarak adlandırılır, sertlik ve mineral içeriği üreten su kaynağındaki mineral tuzların yanı sıra kum, çakıl ve silt içerirler. Genellikle, yanıcı değildirler [13].

### **2.3.2. Askıda Katılar**

Suda süspansiyonda kalan küçük katı tanecikler asılı katılar anlamına gelir. Genel olarak atıksu uygulamaları için su kalitesinin bir göstergesi olarak kullanılır [13].

### **2.3.3. Uçucu Askıda Katılar**

Ölçülen toplam askıda katı madde kütlesinin yanmasından kaynaklanan kayıptan elde

edilen bir su kalitesi ölçüsü olan uçucu askıda katı maddelerdir. Bu yakma genel olarak bir fırında 550°C ile 600°C sıcaklıkta meydana gelmektedir. Ölçülen çözeltinin katı fraksiyonunda bulunmakta olan uçucu madde miktarını temsil eder. Su ve atıksu arıtımında büyük önem taşır [13].

#### **2.3.4. Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)**

Aerobik biyolojik organizmaların bir su kütleinde bulunmakta olan organik materyali belirli bir süre boyunca belirli bir sıcaklıkta ayrışmasını sağlaması amacıyla gerekli olan çözünmüş oksijen miktarına biyokimyasal oksijen denir. Suyun organik kalitesinin bir göstergesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve böylece kirlilik yükünü temsil etmiş olur. Genel olarak en yaygın 20°C'de 5 gün (BOİ<sub>5</sub>) inkübasyon sırasında litre başına tüketilmekte olan miligram oksijen cinsinden ifade edilir. İlk ölçüm ve beşinci gün ölçüm arasında oluşan çözünmüş oksijen farkı, BOİ ifade etmektedir.

Organik madde ayrıştığında, mikroorganizmalar (bakteri, mantarlar vb. gibi) bu çürümekte olan maddeden beslenir ve sonunda madde oksitlenir [13].

#### **2.3.5. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)**

Belirli bir oksitleyici maddenin, sıcaklık ve zaman koşulları altında su kütleinde bulunan organik maddeyi oksitlemek için gerekli olan oksijen miktarını KOİ belirler. Atıksuyun alıcı ortam üzerinde oluşan etkisini değerlendirmek amacıyla endeks sağladığından, KOİ önemli bir su kalitesi parametresidir. Daha yüksek olan KOİ seviyeleri, numunede daha fazla miktarda okside olabilmektedir ve organik malzemenin varlığını temsil eder. Yüksek haldeki KOİ sudaki çözünmüş oksijen miktarını azaltarak az oksijenli ortam koşullarının oluşmasına sebep olmaktadır. BOİ'nin KOİ'ye olan oranı, ortamda bulunan doğal mikroorganizma tarafından bozunabilen sudaki organik madde yüzdesini göstermektedir. Evsel atıksuların kıyaslama anlamındaki 5 günlük değerleri 200-500 mg/L arasında değişiklik gösterir. Endüstriyel atık miktarında artış olursa KOİ/BOİ<sub>5</sub> oranı 2-5 olabilmektedir [13].

### **2.3.6. Toplam Azot**

Mikroorganizmaların büyümesi için azot ve fosfor elementleri önemlidir. Bu elementlere, besi elementleri (nütrient) denmektedir. Proteinlerin sentezi için temel yapı taşı olan azot atıksu arıtımında önemli bir elementtir; çünkü biyolojik arıtma esnasında bakteriyel büyüme için gerekli olan bir besindir. Bir kısım azot içermekte olan bileşikler, proteinler ve bunların parçalanma ürünleri olan amino asitler, atıksuların organik bileşenleridir.

Genellikle proteinli içeriklere ve üreye bağımlı olarak atıksularda azot bulunur. Bu içeriklerin ayrışması sonucunda azot, amonyağa dönüşmektedir. Atıksuyun tazelik değeri, amonyak oranı ile ölçülmektedir.

Ham evsel atıksularda genel olarak bulunmamakta fakat önemli olan, iki inorganik azot formu olan nitrat ve kararsız öncü formu olan nitrittir.

Çözünmüş oksijenin (ÇO) varlığında nitritler, amonyağın Nitrosomonas bakterileri tarafından oksidasyonundan oluşmaktadırlar. Nitratlar ise nitritlerin, nitrobacter tarafından oksidasyonunun sonucudur.

Bu oksidasyon işlemlerinin tümüne nitrifikasyon denmektedir ve biyolojik atıksu arıtımı esnasında meydana gelirler. Organik, nitrit ve nitrat azotunun, serbest amonyak azotunun toplamına toplam azot denmektedir. Amonyak ve organik azotun toplamına ise Kjeldahl azotu denmektedir [13].

### **2.3.7. Toplam Fosfor**

Fosfor, canlı yaşamının sürdürülebilmesi ve enerji üretimi için hayati olarak büyük öneme sahiptir. Fosfatlar, su sistemlerine doğal yoldan kayadan çözülerek girmektedirler. Fosfor atıksularda farklı ve çeşitli şekillerde bulunmaktadırlar. İlk biçim ortofosfat, çürüme gibi doğal süreçlerden geçerek üretilir ve kanalizasyonda bulunmaktadırlar. Bu çok faydalı bir fosfor formudur, bitki ve hayvanlar tarafından büyüme amacıyla kullanılır. İkinci fosfat formu polifosfat ise, birçok temizlik

deterjanında ve sabunda bulunur. Suda orto forma dönüşmektedirler. Organik fosfatlar doğada önemli bir yere sahiptir. Bunların oluşumu, fosfat içermekte olan organik pestisitlerin parçalanmasından kaynaklanabilmektedirler [13].

Çözelti ortamında gevşek parçalar halinde, partiküller halinde veya suda yaşayan organizmalarda bulunabilmektedirler. Evsel atıksular genel olarak fosfor bileşikleri çokça bulunur. Son zamanlarda deterjan yapımında, katkı maddesi olarak fosfat ve polifosfat bileşikleri, yüksek oranlarda kullanılır. Genel olarak evsel atıksularda 4-15 mg/L civarında fosfor bulunur. Fosforun su kütlelerinde ötrofikasyona (yosunlaşma) neden olma becerisi vardır ve bu sebeple çok dikkat çeken önemli bir faktördür. Bu sebeple, çevresel olarak oluşabilecek herhangi bir felaketi önlemek için fosfor deşarjlarının kontrol edilmesi son derece önemlidir. Toplam fosfor miktarı akarsularda 100 ppb'yi veya göllerde 50 ppb'yi aştığında, ötrofikasyon başlamaktadır [13].

### **2.3.8. Toplam Koliform**

Suyun ve atıksuyun fiziksel ve kimyasal karakterizasyonuna ilave olarak, mikrobiyolojik bileşenlerin de ele alınması ve değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Koliform bakteriler, Enterobacteriaceae familyası içerisinde yer almaktadırlar, gram negatif, fakültatif anaerob, spor oluşturmeyen, 35°C'de iki gün içerisinde laktozdan asit ve gaz oluşturabilen, çubuk şeklinde bulunan bakterilerdir. Koliform grubu mikroorganizmaların tümü dışkı kökenli değildirler.

Bu gruba dahil olan bakterilerden normal florası insanların ve sıcakkanlı hayvanların alt sindirim sistemi olanlar "fekal koliform" olarak tanımlanır. Koliform grupta bulunan fekal koliform bakterilerin çoğunun koli basili bakterisi (E.Coli) olduğu bilinir. Bir akarsu veya göldeki fekal koliform miktarı, atıksu veya gübre miktarı ile birlikte artmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinden veya bazı endüstrilerden fekal koliform kontaminasyonu gelebilmektedir. Kaynak hangisi olursa olsun, sudaki fekal koliform bakteri miktarı çoğaldıkça, halk sağlığı riski de bununla birlikte artmaktadır. Bakteriler dezenfeksiyon veya filtrasyon yoluyla uzaklaştırılabilmektedir. Tek başına filtrasyon çoğu zaman yeterli olmayabilir ve bu nedenle dezenfeksiyon için klorlama da yapılır. Diğer dezenfektanlar arasında ozon, iyot, ultraviyole ışık ve buharla

sterilizasyon veya kaynatma gibi fiziksel yöntemler de bulunmaktadır. Klor, ABD’de hala en yaygın dezenfeksiyon yöntemidir fakat bununla beraber, klorun sudaki organik madde ile reaksiyonu ile alakalı endişeler dile getirilmiştir. Bu tarz bir reaksiyon, kanserojen bileşiklerden şüphelenilmekte olan trihalometan oluşumuna neden olabilir. Bireysel su temini sistemlerinin bir çoğu için en yaygın ve en uygun arıtma şekli ultraviyole dezenfeksiyonudur [14].

#### **2.4. ATIKSU ARITIMININ AMACI VE KAPSAMI**

Atıksuların arıtılmadan direk olarak alıcı ortamlara deşarjı sarılık, tifo, kolera gibi hastalıklara yol açtığı gibi, bu suların tarımda ve endüstride değerlendirilmesi önünde de bir engel oluşturur. Yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarının kirleticilere maruz kalmaması ve zarar görmemesi, çevre ve halk sağlığının korunması, çevrenin kirletilmemesi atıksu arıtımının en temel amaçlarındandır. Bu sebeple evsel ve endüstriyel atıksulardan toksik maddeleri, kirleticileri, kaba partikülleri uzaklaştırmak, patojenleri öldürmek, nötralize etmek böylece deşarj edilen suyun kalitesini yönetmelik içeriğine uygun olan deşarj edilebilir su kalitesine ulaştırmak için birtakım işlemler uygulanır [15].

#### **2.5. YASAL ÇERÇEVE VE DEŞARJ STANDARTLARI**

Atıksu arıtma tesislerinin tasarımı yapılırken ülkelerin kabul ettiği tasarım esasları ve deşarj standartları göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılmaktadır. Tüm ülkeler kendi standartlarını oluşturmazlar fakat arıtma tesisi tasarımı yapılırken uyguladığı bir tasarım ve deşarj standardı vardır. Bu standartlar Türkiye’de 2872 sayılı Çevre Kanununa göre 31.12.2004 tarih ve 25687 sayı ile resmi gazetede ilan edilmiş olan “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” ve 8.1.2006 tarih ve 26047 sayı ile resmi gazetede ilan edilmiş olan “Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği” esasları ile belirlenmektedir. Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde oluşacak olan su kirliliğinin önüne geçilebilmesi için idari, hukuki ve teknik ölçütleri belirlemek üzere düzenlenmiş olan başlıca yönetmelikler şöyle sıralanabilir; “Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği”, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, “Atıksu Arıtma Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği” ve “Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas

Su Alanları Tebliği”. Avrupa birliği ülkelerinde ise European Environment Agency (EEA), Amerika Birleşik Devletlerinde United States Environmental Protection Agency (USEPA) yönetmeliklerinde belirtmişlerdir [16].

Kentsel Atıksu Yönetmeliği kapsamında göller hassas alanlar olarak belirtilmiştir. Bu yönetmeliklerde, bu hassas alanlarda ötrofikasyonun önlenmesi amacıyla azot ve fosfor gideriminin önemli bir detay olduğuna dikkat çekilmiştir. Bu nedenle göllere deşarj edilen atıksuların arıtımı amacıyla yapılacak olan tesisler hassas alan deşarj kriterlerini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği’nde ileri arıtma tekniklerinden ozonlama ile dezenfeksiyon, klorlama ile dezenfeksiyon ve UV ile dezenfeksiyona yer verilmiş olup geri kazanım sağlanmasında dezenfeksiyonun yeri ve öneminden bahsedilmiştir [16].

“Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği”, atıksu arıtma yöntemleri, nüfusa göre sistemlerin projelendirme esasları, atıksuyun uzaklaştırılması ve deşarj kriterleri, sistem seçimi, dezenfeksiyon metotları, arıtılmış atıksuların ve çamurunun geri kazanımının sağlanması konularında yol gösterici rol oynamaktadır. Tebliğe geri kazanım için gerekli olan ileri arıtma tekniklerinin (ileri oksidasyon, aktif karbon ve membran teknolojileri) ne kadar gerekli olduğuna dikkat çekilmiştir [16].

Sulamada tekrar kullanılacak arıtılmış atıksulardaki mikroorganizmalar nedeniyle bulaşıcı birtakım hastalıkların oluşma riski vardır ve bu riske dikkat çekilerek, sulamada tekrar kullanımı sağlanacak olan atıksuyun hangi özelliklere sahip olması gerektiğiyle ilgili özellikler tablolar halinde verilmiştir. Hangi tarım bitkisinin hangi sulama kriterleri istediğine dair bilgiler tablo halinde verilerek geri dönüşüm sağlanması amacıyla kapsamlı bir çalışma yapılarak tesislerin tasarlanmasının önemi belirtilmiştir. Atıksular herhangi bir AAT’de arıtılmı yapılmadan direkt toprağa ya da ekili alanlara verilebilir fakat böyle bir durumda atıksuyun analizinin iyi değerlendirilmesi ve gerekli parametrelerin (ağır metal, toksik madde, iyon ve sodyum derişiği, patojenik madde konsantrasyonu gibi) uygunluğunun sürekli olarak takibinin sağlanması gerekliliğine yer verilmiştir. Özetle sulamada kullanılacak olan atıksuyun

fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan parametre limit değerlerini sağlamasının yanı sıra bir de o bölgedeki iklim, sulama yöntemi, bitki örtüsü faktörlerinin de iyi değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

## **2.6. ATIKSU ARITMA SİSTEMLERİ**

Atıksuların alıcı ortamlar üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle arıtımının yapılması gerekmektedir. Bu arıtma işlemi hem alıcı ortamın özelliklerine hem de atıksuyun karakteristiğine bağlıdır. Arıtma sistemleri de bu değişkenlere göre farklılık göstermektedir.

Atıksuların genel olarak %99'unun su, geri kalanının ise kirletici maddelerden oluştuğu; atıksu içerisinde bulunmakta olan atıkların askıda katı halde, kebilen katı halde veya znmş halde bulunabildiği daha önce de belirtilmiştir. Atıksu karakterizasyonuna bağlı olarak atıksu arıtma fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak gerçekleştirilmektedir. Fiziksel ve kimyasal olarak beraber yapılan arıtmaların arıtma verimi genel olarak biyolojik arıtmalara göre daha düşüktür. Çünkü organik maddelerin giderilmesinde bu tarz arıtmalar yetersiz kalmaktadır. Atıksuda znmş halde bulunan kirleticiler bulunuyorsa biyolojik arıtma kullanılabilir fakat ayrışmayan organik maddelerin bulunduğu atıksuların arıtılmasında biyolojik arıtmalar da belirli noktalarda yetersiz kalabilmektedir [16].

Çizelge 2.3'te atıksu içindeki kirleticiler ve kirleticilerin hangi arıtma sistemiyle giderilmesinin uygun olduğu gösterilmektedir.

Çizelge 2. 3. Atıksudaki kirleticilerin giderilmesinde kullanılan arıtma sistemi[14].

KİRLETİCİ	ARITMA SİSTEMİ
Askıda Katılar	Izgara ve öğütücü Kum tutucu Sedimentasyon Filtrasyon Kimyasal polimer ilavesi Koagülasyon / Sedimentasyon Doğal sistemler (Arazide arıtma)
Biyolojik Olarak Parçalanabilen Organikler	Aktif çamur Damlatmalı filtre Döner biyodisk Kesikli kum filtrasyonu Fiziksel - Kimyasal
Uçucu Organikler	Hava sıyırması Gaz uzaklaştırma
Patojenler	Klorlama Hipoklorlama Brom klorür Ozonlama Ultraviyole ışığı Doğal sistemler
Azot	Askıda büyüme Biofilm nitrifikasyon/ denitrifikasyon Amonyak sıyırma İyon değiştirme Kınlma noktası klorlaması Doğal sistemler
Fosfor	Metal tuzu ilavesi Kireçle koagülasyon / sedimentasyon Biyolojik + kimyasal fosfor giderimi Doğal sistemler
Dirençli Organikler	Karbon adsorpsiyonu Üçüncül ozonlama
Ağır Metaller	Kimyasal çöktürme İyon değişimi Doğal sistemler
Çözünmemiş Organik Katılar	İyon değiştirme Ters ozmos Elektrodiyaliz

Atıksu arıtımı atıksu içerisinde bulunan kirleticilerin karakteristiklerine göre fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak üç ana grupta toplanır. Fiziksel arıtmada atıksu içerisinde çözünmemiş halde bulunan yağ, kum gibi maddeler, çökebilen veya yüzebilen



tanecikler, flotasyon ve çökeltim işlemleriyle ayrılır, debi ölçümleri gerçekleştirilir. Kimyasal arıtmada ise çözülmüş veya kolloidal ebatlarıdaki tanecikler pıhtılaştırılır yumaklaştırılarak çökebilir duruma getirilir. Biyolojik arıtmada ise çözülmüş maddelerin belli bir kısmı biyolojik kütlelerin birleşimiyle oluşturduğu kolay çökebilir yumaklara, bir kısmı da mikroorganizmaların enerji ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yaptıkları solunum esnasında meydana gelen gazlara ve farklı stabilize olmuş son maddelere dönüşmektedir [17].

### **2.6.1. Fiziksel Arıtma**

Fiziksel (mekanik) arıtma; kirlilik faktörünün fiziksel niteliklerine bağlı olarak uygulanmakta olan arıtma yöntemidir. Birincil arıtma olarak da tanımlanabilir. Bu safhada, ilerleyen arıtma aşamalarında tesis içerisinde yer alan ekipmanlara herhangi bir zarar verebilecek, gözle görülür, suda çözünmemiş halde bulunan katı maddeler ham atıksudan ayrılmaktadır. Fiziksel arıtma işleminin amacı, kaba atıkların ve diğer büyük malzemelerin ayrıştırılması ve uzaklaştırılmasıdır. Bu malzemelerin uzaklaştırılması, sonraki arıtma ünitelerinde herhangi bir sorunla karşılaşılması ve sağlıklı çalışması için büyük önem arz eder.

Fiziksel arıtım uygulamaları şu şekilde sıralanabilir; ızgaralar, ince ızgara ve elekler, kum tutucular, öğütücüler, yağ tutucular, dengeleme havuzları, yüzdürme sistemleri, çöktürme tankı ve havuzları, filtre presleri ve atıksu terfi üniteleridir.

**Izgaralar ve Elekler:** Atıksu içerisinde bulunan büyük hacimli, kaba ve sert maddelerin atıksudan ayrıştırılarak pompa ve diğer teçhizatlara hasar vermelerini engellemek ve diğer arıtma bölümlerine gelebilecek olan yükü azaltmak için kullanılan arıtma bölümleridir. Aralık boyutlarına göre kaba ve ince ızgaralar olarak iki gruba ayrılmaktadır. Temizlenme mekanizmasına göre manuel veya otomatik temizlemeli olarak iki farklı tasarımı bulunur. Çubuk aralıkları genel olarak kaba ızgaralarda 40-100 mm, ince ızgaralarda 15-25 mm civarındadır [17].

Izgara kanallarındaki en az hızın, kurak hava debisinde 0,5 m/sn değerinin altına inmemesi, ızgara çubukları arasındaki hızların ise 1,2 m/sn'yi üstüne çıkmaması

uygun görülür. Izgaralarda ayrıştırılan maddeler evsel katı atıklar ile beraber giderilir. İnce ızgaralar %20-25 civarında AKM ve BOİ giderimi sağlamaktadırlar.

**Döner Tamburlu Elekler:** Döner elek tipli ince ızgaralar, çoğunlukla tambur elekler olarak adlandırılır, çok ince ızgaralama yapılması için kullanılmakta olan donanımlardır. Silindirik elek yüzeyine iç akışlı bir şekilde gelen atıksu eleği geçerken katı maddeler elek içerisinde tutulur devamında toplama haznesine doğru iletilir. Dış akışlı bir şekilde de üretilebilmekte olan tambur eleklerde ise elek yüzeyine atıksu dışarıdan gelir ve katı maddeler yüzeyde tutulur. Devamında temizleme fırçası ile toplanıp uzaklaştırılır.

**Öğütücüler:** Kaba daneleri parçalayarak devamındaki safhalarda arıtma işlemlerinde ve süreçlerinde sorun oluşturmalarını önlemek ve pompaların korunmasını sağlamak öğütücülerin başlıca işlevleridir.

**Kum ve Yağ Tutucular:** Kum ve yağ tutucu üniteleri, kum, çakıl gibi inorganik olan maddeleri, yoğunluğu sudan daha küçük olan yağ, gres, solvent ve benzeri yüzen maddeleri sudan ayırmak suretiyle arıtma tesislerindeki pompa ve benzeri teçhizatın aşınmasına ve çökeltim havuzlarında olabilecek tıkanma tehlikesine engel olmak, hareketli mekanik ekipmanın aşınmasını önlemek, boru ve kanallarda birikintileri engellemek ve kum birikimi nedeniyle çamur çürütücünün temizlenme periyodunu azaltmak amacıyla kullanılır. Bu çeşit maddeler genel olarak, yağmur suları ile sürüklenir ve kanalizasyon sistemlerine karışır. Kum tutucularda yalnızca, inorganik malzemelerin çökmesi istenmektedir. Çökmesi halinde koku problemine neden olabilecek organik maddelerin çökmesi istenmemektedir. Özellikle, yoğunluğu 2650 kg/m<sup>3</sup> ve tane çapları 0,1-0,2 mm'den daha büyük olan katı maddelerin tam anlamıyla tutulmasını sağlamak için kullanılmaktadır. Kum tutucular genel olarak kaba ızgaradan sonra ilk çöktürmeden önce kullanılmaktadır. Atıksu arıtma sistemine gönderilen atıksu debisinin, sistemin yüzey alanına oranına yüzey yükü denir. Yatay akış hızı, 0,25-0,4 m/sn olacak bir biçimde projelendirilir. 0,1 mm ve daha büyük çapta olan taneciklerin çöktürülebilmesi için yüzey yükü, 24 m/st değerinin altında olmalıdır. Kum tutucular havalandırıcılar aracılığıyla suya 0,3-0,4 m/sn hız kazandırır ve suyun spiral hareket etmesini sağlar.

Böylece yağın su yüzeyinde toplanarak sıyrıcılar yardımıyla sıyırılmasının sağlanması ve atıksu içindeki sudan ağır partiküllerin çökmesinin önüne geçerek boru tıkanmasının, pompaların zarar görmesinin önüne geçilir ve ünitelerde oluşabilecek mekanik problemler engellenmiş olur. Kum tutucular, yatay akışlı dikdörtgen planlı, havalandırılmalı, daire planlı ve düşey akımlı kum tutucular olarak gruplandırılmıştır.

Dengeleme Havuzları: Atıksuyun debi ve kirlilik yüklerinin dengelenmesinin sağlanması amacıyla kullanılır. Atıksu bileşiminin homojenleşmesi, şok yüklemelerde sistemin oluşabilecek zararlardan korunması ve atıksu debisinin düzenlenmesi için kullanılan havuzlardır. Atıksuyun miktarı ve değişimine bakılarak dengeleme ünitesinin boyutu ve tipi belirlenmektedir. Biyolojik arıtmadan önce ve ön arıtım ünitelerinden sonra konumlandırılacak dengeleme tankı, köpük sorunlarını ve çamur sorunlarını minimum düzeye indirir. Bunun yanı sıra karıştırma ve havalandırma ile yükseltgenebilen maddelerin ve BOİ'nin kısmi oksidasyonu gerçekleşmiş olur. Dengeleme havuzunda herhangi bir katı madde çökmesini engellemek için yeterli seviyede karışım sağlanmalıdır. Oluşabilecek olan koku problemlerine karşı ise yeterli havalandırma sağlanmalıdır.

Yüzdürme Sistemleri: Atıksu içerisindeki sudan hafif olan sıvı ve katı maddelerin yüzdürülerek su yüzeyine toplanmasını ve sıyırılmasını sağlayan işleme yüzdürme (flotasyon) denmektedir. Çöktürme işleminin tam tersidir ve sudan daha düşük yoğunluğa sahip olan taneciklerin su yüzeyine çıkarılması amaçlanır. Atıksu içerisinde bulunan yağ, gres, sabun, solvent, ahşap parçaları, vb. gibi yüzen ve sudan hafif maddeleri tutmak için kullanılmaktadır.

Çöktürme Tankı ve Havuzları: Sudan daha fazla yoğunluğa sahip olan katı maddelerin yer çekimi etkisi ile çökelti olarak ayrıştırılması için kullanılmaktadırlar. Çöktürmenin hedefi arıtılmış atıksu ve kolayca işlenebilecek seviyede yüksek katı madde konsantrasyonuna sahip arıtma çamurunun elde edilmesidir. Biyolojik ve kimyasal proses öncesi ön çöktürme veya biyolojik ve kimyasal proses sonrasında son çöktürme amacı ile kullanılabilirler. Ön çöktürme havuzunun temel amacı atıksuyu iki temel bileşene yani çamur ve çökelmiş atıksuya ayırmaktır. Böylelikle bu iki bileşenin

ayrı ayrı arıtımı yapılabilmektedir. Ön çökeltme ile %50 ile %70 arasında AKM ve %25 ile %40 arası BOİ giderimi sağlayabilir. Çökeltme havuzları dikdörtgen ve dairesel biçimlerde bulunabilir.

Çökelen çamurun biriktirilebilmesi amacıyla çamur konisi ve bu koniye çamuru sıyrarak olan sıyırma ekipmanları gerekir. Ön çökeltme havuzlarında atıksuyun belli bir bekletilme süresi vardır ve bu süre 1,5 - 2,5 saat arasında değişiklik gösterebilmektedir. Son çöktürme havuzlarının projelendirilmesi ve tasarımı yanlış yapılabilir veya işletme sırasında hatalar oluşabilir bu nedenle de çıkış suyu kalitesi düşük olabilir. Son çöktürme tankı çıkış suyunda AKM kaçıışı, çıkış suyu içinde bulunan BOİ<sub>5</sub> değerini oluşturan en önemli etken olarak gösterilir. Son çökeltim havuzlarından çıkış suyundan çamur kaçıışı önlenmelidir ve tanklarda mutlaka çamur geri dönüşü yapılmalıdır.

Atıksu Terfi Üniteleri: AAT'lerde üniteler arasında kot farkı bulunabilir böyle bir durumda atıksu enerji kaybeder ve bunun sonucunda yük kaybı oluşabilir bu kaybın telafi edilebilmesi amacıyla yapılan pompa üniteleridir. Pompalar burgulu veya santrifüj tipte değişiklik gösterir ve istenilen tipte tercih edilebilir. Santrifüj tipte pompa tercih edilecekse atıksu içindeki inorganik malzemenin pompanın arızalanmasına neden olmaması için atıksuyun ince ızgara ve kum tutucudan geçirildikten sonra aktarılması gereklidir. Aktarım pompası olarak burgulu tip kullanılması durumunda atıksuyun sadece kaba ızgaradan geçirildikten sonra aktarımının yapılması mümkün olur.

Filtre Presler: Filtre pres, çamur susuzlaştırma prosesinde çamurun su içeriğini azaltmak için kullanılmakta olan pres sistemlerdir. Filtre preslere çamur %3 katı madde içeriğiyle gelmektedir, ünitenin sonunda %22 katı madde içeriğine ulaşmaktadır. Bu işlem esnasında çamura kimyasal madde ilave edilir. Bu madde sayesinde çamurdaki su miktarının azaltımı sağlanır. Katı madde oranı yükseltilen çamur böylelikle daha az hacim kaplamış olur ve daha kolay taşınabilir [17].

## 2.6.2. Kimyasal Arıtma

Atıksu arıtımında kimyasal arıtmanın amacı; fiziksel arıtımla giderimi sağlanamayan çözünmüş, askıdaki ve kolloidal maddelerin kimyasal bir takım özelliklerine bağlı olarak, dışarıdan kimyasal madde eklenmesi suretiyle bazı kimyasal tepkimeler oluşturularak giderimini sağlamaktır. Kimyasal arıtma yöntemleri birinci derece arıtma yöntemlerinde kullanıldığı gibi, ikinci derece arıtma yöntemleri olan biyolojik arıtmalarda da kullanılır.

Kimyasal arıtma metotları sayesinde belirli bir oranda askıda katı madde çöktürülür. İleri arıtmada N ve P gideriminin sağlanmasında da kimyasal arıtma uygulanabilir. İnorganik yükü fazla olan endüstriyel atıksuların arıtımında genel olarak kimyasal arıtma metotları kullanılır. Ayrıca Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve diğer yasal mevzuatlar içinde bulunan deşarj kriterlerinin sağlanmasında da kimyasal yöntemlerden yararlanılmaktadır.

**Nötralizasyon:** Asidik ve bazik karakterdeki atıksulara uygun olan pH değerinin ayarlanması için yapılan asit veya baz ilavesi işlemlerdir.

**Koagülasyon:** Koagülant maddelerin uygun pH'da atıksuya ilave edilmesi sonucunda atıksuyun bünyesinde barındırdığı kolloidal ve askıda katı maddelerle birleşerek flok oluşturmaya hazır hale gelmesi işlemidir.

**Flokülasyon:** Flokülasyon (yumaklaştırma), atıksuyun uygun hızda karıştırılması neticesinde koagülasyon işlemi ile oluşturulmuş olan küçük taneciklerin, birbiriyle birleşmesi ve kolay çökebilecek flokların ortaya çıkarılması işlemidir. İleri arıtma sistemleri uygulamalarında, aşağıda açıklamaları yapılmış olan işlemler yapılmaktadır.

**Dezenfeksiyon:** Atıksu arıtma işleminden sonra, nihai atıksu mikroorganizmalar içermektedir; bu sebeple dezenfeksiyon işlemi, bu mikroorganizmaların ve patojenlerin büyük bir kısmının etkisiz hale getirilmesi veya yok edilmesi için kullanılır. Atıksu, bakterilerin sebep olduğu kolera, tifo, paratifoid ve poliomyelit ve

basil dizanteri ve bulaşıcı hepatit dahil olmak üzere yaygın viral hastalıklar gibi su kaynaklı bulaşan hastalıklar, insan kaynaklı enterik organizmaları içermektedir. Dezenfeksiyon su kaynağı veya atıksularda hastalığa sebep olan organizmaların seçici bir şekilde yok edilmesi anlamına gelmektedir. Dezenfeksiyon yöntemleri fiziksel, kimyasal ve radyasyon olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmaktadır. Fiziksel dezenfeksiyon yöntemleri ultraviyole ve ısı radyasyondur. Yüksek enerji maliyeti sebebiyle pastörizasyon su ve atıksu için uygulanabilir değildir. UV dezenfeksiyon işlemi, artık bir ürün olmadığından dolayı mükemmel bir dezenfektan olmuştur. UV ışınımının etkinliği, temas süresine, nüfuz etme derinliğine ve bulanıklık veya etkin katılma derinliğini azaltabilecek olan asılı katı maddelere bağlıdır. Ozonlama işleminin artık ürünü bulunmamaktadır ve bu da dezenfeksiyon için avantajlı bir yöntemdir. Ozonun sudaki kokuların ve renk veren bileşiklerin yok edilmesinin sağlanmasında çok etkili olduğu belirtilmiştir. Tüm bunların yanı sıra düşük maliyeti sebebiyle en yaygın dezenfeksiyon yöntemi, klor gazı çözeltileri veya hipoklorit çözeltileri ilavesi olarak ifade edilmektedir [18].

**Azot Giderme:** Atıksuyun içerisinde barındırdığı amonyum iyonları azot bakterilerinin yardımı sayesinde nitrifikasyon kademesinde önce nitrite daha sonra ise nitrate dönüştürülür. Sonraki aşamada denitrifikasyon kademesinde anoksik şartlar altında azot gazı halinde sudan uzaklaştırılmaktadır.

**Fosfor Giderme:** Fosfor bileşiklerini gidermek amacı ile kimyasal ve biyolojik metotlar ayrı ayrı kullanılabilir gibi beraberinde kullanılabilir. Kimyasal arıtmada kimyasal maddeler aracılığıyla yüksek pH değerinde fosfor, fosfat tuzları halinde çöktürülür. Biyolojik metotlarla fosfor arıtımı, biyolojik arıtma sırasında fosfatın mikroorganizmalarca alınması ile sağlanmaktadır.

**Filtrasyon:** Biyolojik ve kimyasal arıtma işlemlerinde gerekli düzeyde giderilemeyen askıda katı maddelerin ve kolloidlerin tutulması için uygulanır.

**İyon Değiştirme:** Endüstriyel atıksu arıtımında kullanılmakta olan atıksu bünyesinde istenmeyen anyon ve katyonların uygun bir anyon ve katyon tipi iyon değiştirici kolonda tutulması işlemi iyon değiştirme olarak tanımlanmaktadır.

### 2.6.3. Biyolojik Arıtma

Biyolojik arıtma, atıksular içinde bulunmakta olan askıda ve çözülmüş olan organik maddelerin mikroorganizmalar yardımıyla bakteriyolojik faaliyetler neticesinde karbondioksit, su ve yeni mikroorganizma hücrelerine ayrıştırılarak giderilmesidir. Biyolojik arıtım, ön arıtma metotları ile uzaklaştırılmamakta olan çözülmüş ve koloidal organik maddelerin uzaklaştırıldığı ikincil arıtım aşamasıdır [17].

Ön arıtımla giderimi sağlanamayan çözülmüş ve koloidal organik maddelerin çökelebilen katılara dönüştürülmesi gerekmektedir. Biyolojik arıtım proseslerinde mikroorganizmalar çözülmüş ve kolloid maddeler üzerinde beslenirler, büyürler, çoğalırlar ve çökelebilen katılar hâline dönüşürler [17].

Biyolojik arıtma işleminin gerçekleştirilebilmesi için pH, sıcaklık, ÇO, toksik maddeler gibi parametrelerin kontrolü sağlanmalıdır. Aksi takdirde mikroorganizma konsantrasyonunun azalmasına ve arıtma veriminin düşmesine neden olur. Atıksu içerisinde bulunan organik maddeler de mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak kabul edilirler ve bu nedenle atıksu içerisindeki organik madde konsantrasyonu da benzer şekilde gereklidir. Belirtilmiş olduğu üzere mikroorganizmalar temel ihtiyaçları olan besin maddelerini atıksu içinden kullanırlarken oksijen ihtiyaçlarının dışarıdan verilmesi gerekmektedir. Dışarıdan hava verilmesi aynı zamanda atıksu ile mikroorganizma karışımının homojen olmasına katkı sağlar. Yeterli süre havalandırılan mikroorganizma ile atıksu karışımı durgun şartlarda kendi hâlinde bırakıldığında mikroorganizma topluluğu dibe çöker ve arıtılmış olan su üstte kalır. Kirlenici maddeler, reaksiyon süresince mikroorganizmanın faaliyetleri sonucunda karbondioksit ve su olarak ortamı terk ederler veya yeni mikroorganizma kütlesi olarak sistemde kalmayı tercih ederler. Ortamdaki mikroorganizma sayısını sabit tutabilmek amacıyla sistemden sürekli veya belli aralıklar ile mikroorganizma kütlelerinin uzaklaştırılması gereklidir [17].

Biyolojik arıtma sistemleri farklı şekillerde sınıflandırılır. Ortamda oksijen varlığına göre havalı (aerobik) ve havasız (anaerobik) olarak sınıflandırılan bu sistemler

kullanılan mikroorganizmaların sistemdeki durumuna bağlı olarak askıda ve sabit film (biyofilm) prosesleri olarak da sınıflandırılmaktadır. En yaygın kullanım alanı bulabilen biyolojik arıtma süreçleri aktif çamur, damlatmalı filtreler ve biyodisklerdir [17].

#### **2.6.4. İleri Biyolojik Arıtma**

Atıksuların deniz, göl, nehir gibi ortamlara verilmeden önce içeriğinde bulunan kirleticilerin uzaklaştırılmasından sonra alıcı ortama verilmesi, söz konusu ortamların korunması sebebiyle son derece önemlidir ve yasal zorunluluk içermektedir. Atıksular içerisinde biyolojik olarak parçalanabilmekte olan maddeler ve mikroorganizmaların yanında N ve P gibi nütrientler de mevcuttur. N ve P göl, nehir gibi alıcı ortamlara verildiğinde alglerin çoğalmasına sebep olur ve sonuçta alg patlaması olarak adlandırılan ötrofikasyon meydana gelmektedir. Ötrofikasyonda azotun yanında fosfor kısıtlayıcı faktördür çünkü bazı bakteri türleri ve algler atmosferik azotu büyümeleri için gerekli olan nitrat ve nitrite dönüştürebilmektedir. Bu durum az miktarda fosforun bile suları kirletebilmesine sebep olmaktadır. Arıtma tesisleri değarjında N ve P konsantrasyonlarının değarj standartlarında belirlenen değerlerin altında olması bu bakımdan son derece önemlidir. Atıksulardaki N ve P gibi nütrientleri ve diğer kirleticileri değarj limitlerinin altına indirmek için oluşturulan biyolojik proseslere ileri biyolojik arıtma sistemleri olarak adlandırılmaktadır [16].



## BÖLÜM 3

### ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE VERİMLİLİK

Bu bölümde AAT maliyetleri ve araştırma bulgularına ait bilgiler incelenmiştir.

#### 3.1. ATIKSU ARITMA TESİSLERİ MALİYETLERİ ARAŞTIRMA BULGULARI

##### 3.1.1. AAT’lerde Maliyetler

AAT’lerde maliyetler genellikle; yatırım maliyeti, işletme ve bakım maliyeti, toplam proje maliyeti şeklinde açıklanabilir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde malzeme ve ekipman fiyatları, birçok etmenin etkisiyle değişebilmektedir. Fiyatların değişmesinden dolayı arıtma tesisleri yatırım maliyetleri büyük oranda etkilenmektedir [7].

##### 3.1.1.1. Yatırım Maliyeti

Yatırım maliyeti; genellikle inşaat maliyetini, arazi kamulaştırma maliyetini ve mekanik ekipman maliyeti maddelerini içermektedir. Yatırım maliyetlerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İller Bankası A.Ş.’ nin belirlediği birim fiyatlar üzerinden değerlendirilmektedir [7].

##### 3.1.1.2. Mühendislik Maliyeti ve Döviz Kuru

Mühendislik masrafları; proje, özel araştırma ve kontrollük maliyetlerini içerir. Kontrollük ve proje giderleri tesis maliyetinin belirli bir yüzdesi olarak değerlendirilebilir. Çoğu benzer çalışmalarda proje giderleri tesis maliyetinin % 10’u; kontrollük giderleri ise % 5’i olarak kabul görmektedir. Proje giderleri; gerekli arazi

çalışmaları, zemin etütleri ve ihale dosyası tanzimi için yapılacak harcamaları da kapsamaktadır. Müteahhit kârı yapılan hakedişlerde birim fiyatlar üzerinden genellikle %25 olarak hesaplanır [7].

### **3.1.1.3. İşletme ve Bakım Maliyeti**

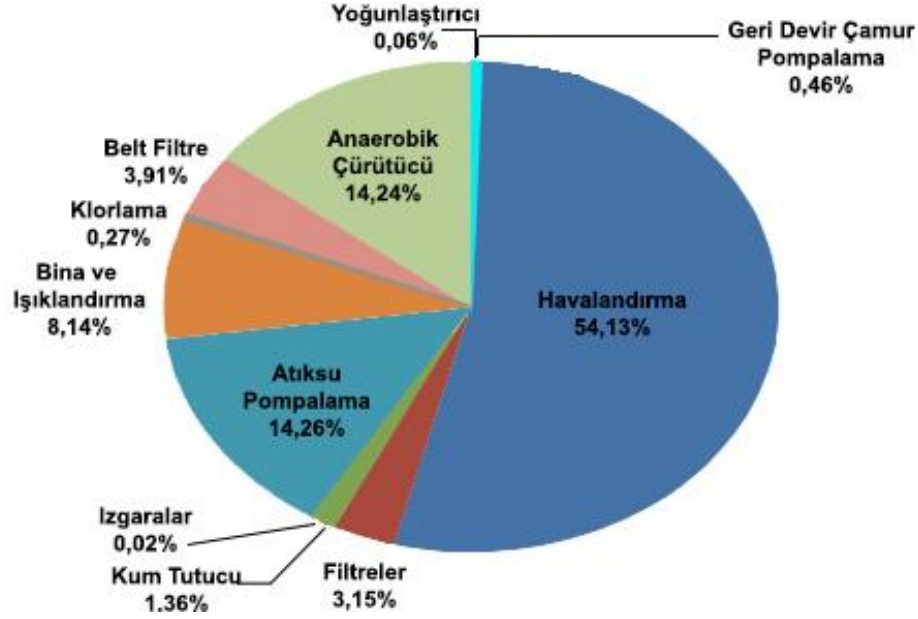
Atıksu arıtma tesislerinin bakımı ve işletmesinde; personel, kimyasal madde, bakım onarım ve enerji masrafları çok önemli yer tutar. En önemli işletme maliyetlerinden biri enerji masraflarıdır. Enerji maddesi bu tezde aynı şehirde farklı tip atıksu arıtma tesisleri incelenerek ünite ve tesis bazında değerlendirilmiştir.

### **3.2.1. AAT'ler ve Enerji Kullanımları**

Dünya genelinde gerçekleştirilen çalışmalar ve çalışma sonucu elde edilen enerji verilerinin tesisler arası karşılaştırılması ile enerji tüketimine yönelik benzer tespitler ülkemizde henüz çok yetersizdir. Bu nedenle atıksu arıtma tesislerinin enerji kullanımları tesis yerleşimine, arıtma kademesine, seçilen arıtma prosesine, işletimine, atıksu karakteristiğine, hidrolik şartlara ve enerji geri kazanım önceliğinin gözetilmesi sebebiyle farklılık göstermektedir [19]. Emsal proses kriterlerine sahip tesislerin karşılaştırılması yolu ile performans yükseltici uygun iyileştirmeler yapılabilmektedir. AAT'ler, enerji tüketimlerinin gün içerisinde minimum ve maksimum olduğu zaman süreçlerine mutabık olarak tasarlanmalıdır. Bunun sebebi, günün maksimum gelen debi saatlerine bağlı olarak tesise gelen kirlilik yükünün ve bununla birlikte enerji tüketiminin de artmasıdır [18]. Tesise giren yükün artması tesis ünitelerinin çalışma kapasitelerine etkilemekte ve enerji kullanımlarını değiştirmektedir.

Dünya çapında atıksu arıtma tesislerinde enerji kullanımı prosese bağlı olarak değişim göstermektedir. Biyolojik arıtma ve UV dezenfeksiyon üniteleri en fazla enerji kullanımı mevcut ünitelerdir [18].

Şekil 3.1'de tipik bir AAT'nin enerji dağılımı verilmiştir. Şekilden de gözlemlendiği gibi enerji yoğun olarak havalandırma, pompalama ve anaerobik çürütmenin gerçekleştiği ünitelerde tüketilmektedir.



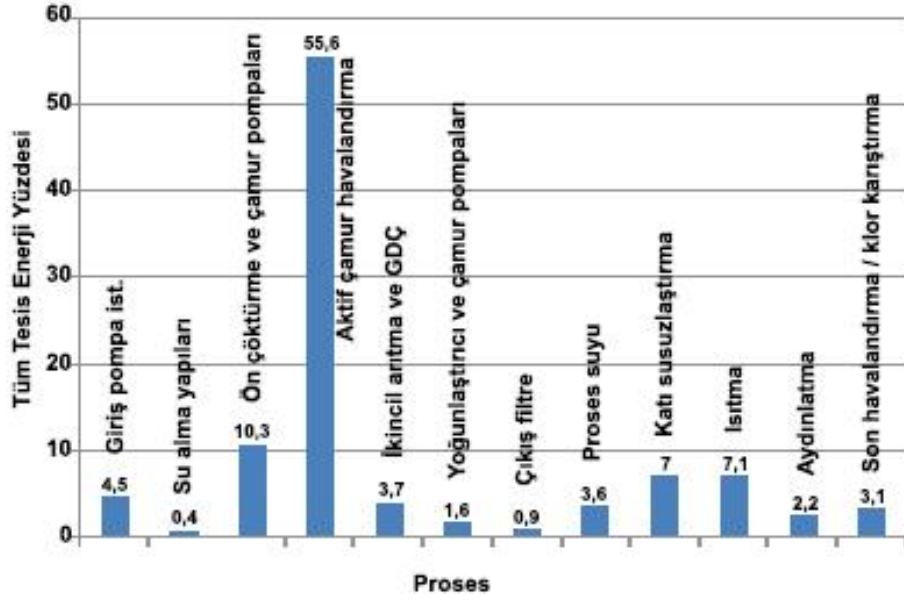
Şekil 3. 1. AAT enerji dağılımı [18].

Evsel atıksuların arıtılmasında çoğunlukla kullanımda mevcut olan konvansiyonel aktif çamur sisteminde enerji kullanımının dağılımına bakılırsa en fazla elektrik tüketiminin ikincil (biyolojik) arıtmada olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra terfi için ve var ise anaerobik çürütme için harcanan enerji miktarı da oldukça önemlidir. Konvansiyonel bir AAT’de elektrik safriyatının en fazla olduğu birimler;

- Aktif çamur prosesinde havalandırma veya damlatmalı filtrelerde giriş akımının pompalaması ve çıkış akımının geri devri,
- Atıksu, çamur, biyokatılar ve proses suyunun iletimi için pompalama sistemleri,
- Arıtma çamurunun işlenmesi, susuzlaştırması ve kurutulması için kullanılan ünitelerdir [18].

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi enerjinin büyük bir fazlalığı (~%60) havalandırma için kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra pompaların toplam kullanımı (~%20), katı susuzlaştırma (~%7), ısıtma ve aydınlatma (~%10) için gerekli enerji dağılımları da

verilmiştir.



Şekil 3. 2. Aktif çamur prosesli AAT’de ünitelerin enerji dağılımı [18].

## BÖLÜM 4

### MATERYAL VE METOD

AAT’de KOİ ve katı madde kütle dengesi, proses tasarımı ve uygulaması, ünite performansları, katı ve sıvı akımlar ile enerji üretim ve tüketim bakımından önem taşımaktadır. Mevcut atıksu arıtma prosesinin farklı tip tesisler ile kıyaslanması, proses optimizasyonu yapılmasına ve tesisin enerji sarfiyatının verimli hale gelmesine olanak sağlamaktadır. Çalışmanın bu bölümünde ele alınan farklı tip AAT’ler tanıtılmıştır. Tanıtılan AAT’ler aynı il sınırları içerisinde olduğundan iklim ve hava koşulları parametresinin çalışmaya etkisi ortadan kaldırılmıştır.

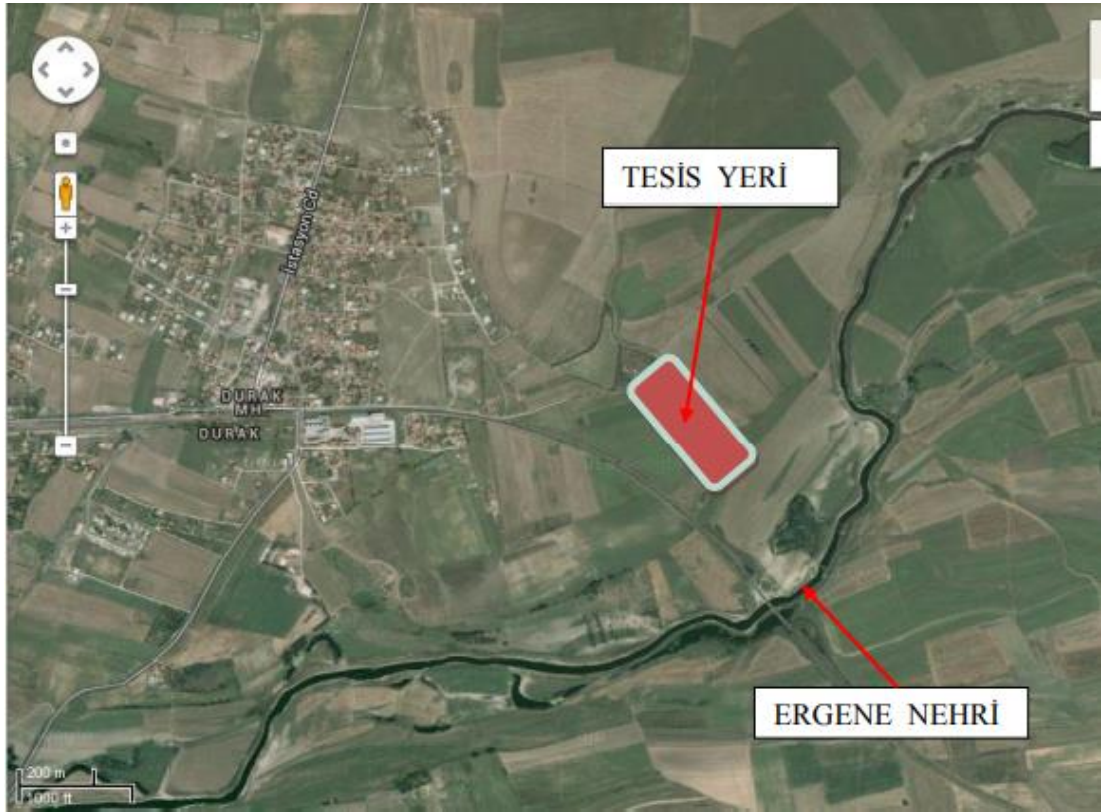
İncelenen tesislerden Lüleburgaz AAT evsel nitelikte; Kırklareli OSB AAT ise endüstriyel niteliktedir. Bu tesislerden elde edilen izleme verileri sonucu tesislerin prosesleri, kirlilik yükleri, birim temizlenme oranına göre harcadıkları enerji miktarları tespit edilip birbirleri ile kıyaslanmıştır. Tesislerin 2017, 2018, 2019 yıllarındaki KOİ verimlilikleri, tesislere gelen debiler ve m<sup>3</sup> başına harcanan enerji değerleri hesaplanıp grafikler ile detaylı ve açık bir şekilde mukayese edilmiştir.

Bu çalışma sonucu evsel ve endüstriyel AAT’leri arasındaki benzerlikler ve farklar ortaya konulup, üç yıllık kıyaslama ile tesislerin proseslerinin yıllara göre gelişimi, enerjinin sarfiyatının gelen kirlilik yükleri de dahil edilerek birim temizlenmede ne kadar enerji harcandığı, evsel ve endüstriyel atıksuların enerji sarfiyatındaki etkisi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde harcanan enerji miktarının azaltılması ve geri kazanımı açısından tespit ve önerilerde bulunulmuştur.

#### 4.1. LÜLEBURGAZ BELEDİYESİ ATIKSU ARITMA TESİSİ

Kırklareli İli, Lüleburgaz İlçesi, Durak Mahallesi Mevkii, Gündoğu Caddesi, 165 Sokak, No:8 adresinde, 1/1000 ölçekli Uygulama İmar Planında F18B12C3B,

F18B13D4A, F18B12C3C, F18B13D4D pafta, 108 ada, 31 parsel numaralı, 74,785 m<sup>2</sup> yüzölçümlü alan üzerinde, 11,033 m<sup>2</sup> yüzölçümlü kapalı alanda yer almaktadır. İşletme atıksu arıtma konusunda faaliyet göstermektedir. Tesise giren atıksu miktarı günlük 19440 m<sup>3</sup> olup, tesiste arıtılan su 470 metre boru hattı vasıtasıyla Ergene Nehri'ne deşarj edilmektedir. Yukarıda belirtilmiş olan adreste bina sahibi Lüleburgaz Belediyesi olup, tesisin işletiminden özel firma sorumludur [20].



Şekil 4. 1. Tesis alanı uydu görüntüsü.

#### 4.1.1. Lüleburgaz Belediyesi AAT Faaliyeti

2007 senesinde proje başvurusu yapılan "Lüleburgaz AAT Projesi" ülkemizde 15 belediyenin seçildiği, Avrupa Birliği'ne iştirak öncesi IPA bünyesine alınmıştır. Anlaşmanın 03 Ocak 2008 tarihinde imzalanmasıyla birlikte projeye başlanılmış olup, bu bağlamda AAT ile ilgili fizibilite raporu, ÇED raporu, tasarım raporu ve ihale evrakları AB standartlarına uygun olarak, ilgili bakanlık koordinatörlüğü eşliğinde hazırlanmıştır. Hazırlanan tüm çalışma maliyetlerinin %100'ü AB'den hibe olarak

alınmıştır [20].

Lüleburgaz Belediyesi sorumluluk kapsamında kaynaklanmakta olan atıksuların bulunduğu mevcut halde arıtılmadan deşarj edildiği Ergene Nehri'ndeki kirlilik değerinin indirgenmesi, atıksu sektöründeki AB ve Türk kalite standartlarının karşılanması maksadıyla AAT yapılmıştır ve Lüleburgaz Belediyesi için atıksu kontrol sistemi oluşturulması hedeflenmiştir [20].

2011 yılı şubat ayında Lüleburgaz AAT inşaat ve müşavirlik ihalesinin süreci başlatılmıştır. 27 Ocak 2012 tarihinden sonra her iki ihale de, AB temsilci kurulu tarafından onaylanmıştır [20].

Proje dahilinde 3 Şubat 2012 tarihinde yer teslimi yapılmıştır. 600 günlük uygulama süreci 25.09.2013 tarihi itibarıyla tamamlanmıştır. Tesis işletmeye alma döneminde ekipmanların ve makinaların çalışma performansları yetkililer tarafından izlenmiş, gerekli müdahaleler yapılmıştır. Tesis bünyesinde kurulan tam teşekküllü atıksu laboratuvarında tesisten alınmış olan numuneler her gün düzenli olarak analiz edilmiştir ve bugüne kadar yapılmış olan analizlerde tesise gelen atıksuyun yasal mevzuata uygun olarak arıtılma işleminden geçtiği tespit edilmiştir. Lüleburgaz Belediyesi sorumluluk alanından kaynaklanan atıksuların tümü tesiste toplanmaktadır. Arıtılan atıksu Ergene Nehrine deşarj edilir. Lüleburgaz AAT'nin geçici kabulü 23 Aralık 2013'te gerçekleşmiştir [20].

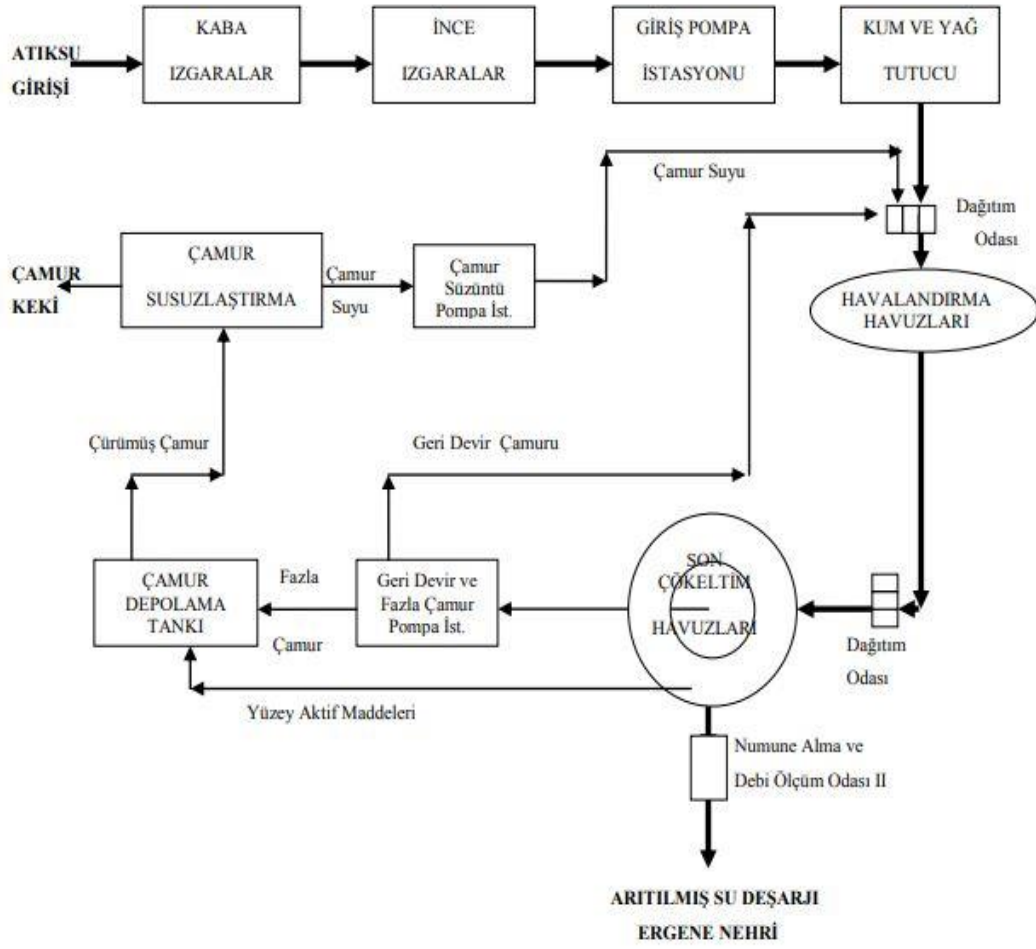


Şekil 4. 2. Ergene Nehri AAT deşarj noktası.

#### **4.1.2. İş Akış Şemalar, Yer Planları ve Proses Özetleri**

AAT yapılmadan önce, Lüleburgaz Belediyesi tarafından kanalizasyon şebekesi ile toplanan atıksular Meriç Nehri ile birleşerek Türkiye-Yunanistan sınırından Saros Körfezi'ne dökülen Ergene Nehri'ne deşarj edilmekteydi bu da toplum ve çevre sağlığı açısından olumsuz etkilere neden olmaktaydı. Bu yüzden atıksuların çevreye negatif etkilerinin azaltılması gerekmekte ve canlı yaşamı, su kalitesi ve görsel olarak yarattığı olumsuzluklarla yerel halkı üstündeki psikolojik etkileri de dikkate alınarak arıtıldıktan sonra deşarj edilmesi amacıyla Lüleburgaz Belediyesi tarafından yapılan AAT ile; alıcı ortamda kirlilik değerlerinin azaltılması vasıtası ile su ekosisteminin iyileştirilmesi, su ortamının pozitif tüketim gerekçesinin korunması ve insan sağlığı tehditlerinin azaltılması ve bu kapsamda çevre kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır [20].





Şekil 4. 3. Lüleburgaz AAT iş akış şeması [20].



Şekil 4. 4. AAT genel görünümü.

Tesis, Ön (Fiziksel) Arıtma, Biyolojik Arıtma (Nutrient Giderimi), Çamur Susuzlaştırma proseslerinden oluşur.

Lüleburgaz Belediyesi mücavir alan içerisinde kanalizasyon hattı ile toplanan atıksular, AAT'ye  $\varnothing$  1000 mm'lik cazibeli ve  $\varnothing$  400 mm'lik terfilî ayrı iki kollektör hattı ile gelmekte olup, gelen ayrı iki hat bir emme bacasında birleşir daha sonra ızgara kanallarına alınır. Ön arıtma ünitesinde ilk olarak kaba ve ince ızgaralara alınan atıksu daha sonra terfi pompaları aracılığıyla aktararak kum ve yağ tutucu ünitesine iletilir ve burada içerisinde bulunan tutulabilir katı maddelerden ayrıştırılır. Kum ve yağ tutucu ünitesinden çıkan atıksular bir debi ölçüm ve numune alma odasından sonra geldikleri dağıtım ünitesi ile AKM, KOİ, BOİ ve N giderimini sağlamak amacıyla biyolojik arıtma bölümüne geçiş yapar. Havalandırma havuzlarında, uzun havalandırılmalı aktif çamur prosesinde organik madde ayrıştırılması, aerobik dengeleme yardımı ve nitrifikasyon/denitrifikasyon işlemleri yapılır. Son çöktürme tanklarında çöken taze çamur, çamur pompaları vasıtasıyla uzun havalandırılmalı aktif çamur prosesinde çamur stabilizasyonunun sağlanması gerekçesiyle havalandırma havuzları dağıtım yapısına geri iletilirken fazla çamur, çamur arıtma aşamasına alınır. Çamur depolama tankında bulunan çamur, santrifüjler ve yoğunlaştırıcılar aracılığıyla

susuzlaştırılma işleminden sonra çamur suyu tekrardan havalandırma havuzlarına verilir bu sırada suyu giderilen çamur, çamur keki şeklinde uzaklaştırmaktadır [20].

Aritma tesisi, evsel atık yükü deşarj standartlarına uygun bir biçimde Ergene Nehri'ne deşarjını sağlar. Arıtma tesisinin dizayn parametreleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir [20].

Çizelge 4. 1. Arıtılmış su değerleri [20].

Parametre	Giriş Suyu	Çıkış Suyu	Arıtma Verimi
BOI <sub>5</sub> , mg/l	323	25	% 92
KOI, mg/l	653	125	% 81
AKM, mg/l	354	35	% 90
Toplam N, mg/l	70	10	% 86

#### 4.1.3. Ön (Fiziksel) Arıtma Ünitesi

Ön arıtma ünitesi 1.219,68 m<sup>2</sup> alan üzerinde inşa edilmiş olup, tesis birimleri kaba ızgaralar, ince ızgaralar, giriş pompa istasyonu, kum ve yağ tutucu bölümlerinden oluşmaktadır [20].



Şekil 4. 5. Ön arıtma ünitesi binası.

#### 4.1.3.1. Kaba Izgaralar

Kanalizasyon şebekesinden gelmekte olan atıksular öncelikle ön arıtma ünitesi içinde bulunan kaba ızgaralara gelir. Mekanik amaçla temizlenmekte olan ve otomatik olarak işletimi sürdürülen, iki asil, bir yedekten oluşan kaba ızgaralar, 20 mm'den büyük iri maddeleri tutarak arıtma tesisinin giriş terfi pompalarını ve diğer ekipmanlarını hasarlardan ve iri parçalar ile tıkanmalardan korumaktadırlar. Paslanmaz çelik malzemedan yapılan kaba ızgaraların teknik özellikleri aşağıda verilmiştir [20].

Çizelge 4. 2. Kaba ızgara özellikleri [20].

	Aşama	Aşama
Kaba Izgaraların Sayısı	3	3
Çubuk Aralığı	20 mm	20 mm
Çubuk Kalınlığı	10 mm	10 mm
Kaba İzgara Genişliği	1,3 m	1,3 m



Şekil 4. 6. Kaba ızgaralar.

#### 4.1.3.2. İnce Izgara

İnce ızgaralar, proses mekanik ekipmanlarına hasar verebilecek olan ya da arıtma sistemlerinin çalışabilirliğini ve emniyetini koruyabilecek 6 mm'den iri plastik ve kağıt gibi cisimlerin uzaklaştırılmasını sağlarlar. Paslanmaz çelik malzemeden yapılan ince ızgaraların teknik özellikleri aşağıda verilmiştir [20].

Çizelge 4. 3. İnce ızgara özellikleri [20].

	Aşama	Aşama
Tarama Kanalları Sayısı	3	3
İnce Izgara Sayısı	3	3
Çubuk Aralığı	6 mm	6 mm
Çubuk Kalınlığı	7 mm	7 mm
İnce Izgara Genişliği	1,5 m	1,5 m

İnce ızgaralar mekanik sistemde temizlenmekte ve otomatik işletilmektedir. İnce ızgaralardaki eleklerden çıkan atıklar, sistemden uzaklaştırılmadan önce atık presine iletilerek yıkanmaktadır. Bu aşamada, atıkların organik içeriği yıkanıp uzaklaştırılarak elde edilen atıksu, sisteme geri gönderilmektedir. Tüm bu prosesin neticesinde atıkların bertarafı kolaylaşmış olur. İnce elekten çıkan atıklar, atık presi yardımıyla konteynerlere iletilmektedir [20].



Şekil 4. 7. İnce ızgaralar.

#### 4.1.3.3. Giriş Pompa İstasyonu

İnce ve kaba ızgaralardan iletilen atıksu, iki asil, bir yedek çalışan pompalar ile tesisin tümünden cazibe ile aktarılması amacıyla gereken düzeye yükseltilir. Dalgıç pompalar bu amaçla kullanılmaktadır. Bu pompaların teknik özellikleri aşağıda verilmiştir [20].

Çizelge 4. 4. Giriş pompa istasyonu özellikleri [20].

	Aşama	Aşama
Giriş Pompa Sayısı	2+1	3+1
Tipi	Dalgıç	Dalgıç
Her Pompanın Kapasitesi	826 m <sup>3</sup> /h	826 m <sup>3</sup> /h
Discharge head	12 mwc	12 mwc

Ultrasonik seviye tespiti ile su seviyesi daimi izlenmektedir, su seviyesiyle ilişkili olarak pompaların kontrolü sağlanmaktadır. Arıza durumunda pompalara müdahale edilmesi elektrikli vinç yardımıyla yapılır [20].

Ön arıtma ünitesine hava fanları yardımıyla emilimi yapılan kötü kokulu hava, hava kanalları vasıtasıyla koku arıtım sistemine (bio filtre) verilir ve bu kısımda arıtılarak atmosfere salınır.



Şekil 4. 8. Giriş terfi pompaları.

#### **4.1.3.4. Havalandırmalı Kum ve Yağ Tutucu**

Pompalar ile yükseltileen atıksu, kum ve yağ tutucu ünitesine gelmektedir. Burada suyun üstüne çıkan yağlar, yağ sıyırıcıları yardımıyla suyun üzerinden sıyırılmakta, dibe çöken kum ve benzeri atıklar ise dipte olan kum pompaları ile kum ayırıcıya iletilmektedir. Kum ayırıcı helezonunun yardımı ile kum kurutularak atıklar atık konteynerlerine gelir ve tesisten uzaklaştırılır [20].

Çizelge 4. 5. Havalandırmalı kum ve yağ tutucu özellikleri [20].

	Aşama	Aşama
Kum Tutucuların Sayısı	2	2
Her Kum Tutucu Genişliği	3 m	3 m
Her Yağ Tutucu Genişliği	2 m	2 m
Her Kanalın Toplam Genişliği	5 m	5 m
Uzunluk	12,5 m	12,5 m
Kum üfleyicilerin Sayısı	3 (2 asil+1 yedek)	3 (2 asil+1 yedek)
Üfleyici Kapasitesi	300 Nm <sup>3</sup> /h, 400 mbar	300 Nm <sup>3</sup> /h, 400 mbar
Kum Pompalan Sıyırıcı Sayısı	2 asil	2 asil
Kum Pompası Kapasitesi	15 m <sup>3</sup> /h, 10 mwc	15 m <sup>3</sup> /h, 10 mwc
Yağ Pompaları Sayısı	2 (1 asil+1 bekleme)	2 (1 asil+1 bekleme)
Yağ Pompaları Kapasitesi	10 m <sup>3</sup> /h, 10 mwc	10 m <sup>3</sup> /h, 10 mwc

Ayrıştırılmış kum, asil iki dalgıç pompa yardımıyla çıkarılmaktadır. Kum, yıkayıcıda yıkanma işlemi yapılarak sudan ayrılır ve devamında konteynerlere iletilmektedir. Bu nedenle iki konteyner bulunur. Yıkanma esnasında oluşan kum, atıksu tesisi başlangıcına verilir. Uçucu organizmaların ve kokusu kötü çamurların neden olduğu gözlemsel sorunlardan ötürü atıksu içerisindeki yağlar da uzaklaştırılır. Hava körüklerinden boru biçimindeki difüzörlere iletilen hava yardımıyla yüzeye çıkarılan yağlar gezer köprüyle bağlantılı yüzey sıyırıcılar aracılığıyla sıyırma işlemi yapılarak yağsızlaştırma bölümüne yönlendirilmektedir [20].





Şekil 4. 9. Havalandırmalı kum ve yağ tutucu.

#### **4.1.4. Biyolojik Arıtma Ünitesi**

Biyolojik arıtma ünitesi, numune alma ve debi ölçüm odası I, havalandırma havuzları dağıtım yapısı, havalandırma havuzları, blower (üfleyici) odası, son çöktürme havuzları dağıtım yapısı, son çöktürme havuzları, numune alma ve debi ölçüm odası II birimlerinden oluşur [20].

##### **4.1.4.1. Numune Alma ve Debi Ölçüm Odası I**

Kum ve yağ tutucu ünitesinden geçen su havalandırmaya geçmeden numune alma ve debi ölçüm odasına geçer. Burada akışın debisi, pH ve sıcaklık ölçümlerine uğrar. Aynı zamanda numune alınarak suyun kalite standartları ölçülür. Yapılan işlemlerin tamamı otomasyon sistemden kontrol edilir. Buradan alınan numuneler günlük olarak laboratuvarında deneylere tabi tutulur ve deşarj standartlarına uygunluğu tespit edilir [20].



Şekil 4. 10. Debi ölçüm ünitesi I.

#### 4.1.4.2. Havalandırma Havuzları Dağıtım Yapısı

Havalandırma havuzu dağıtım yapısında atıksu, manuel olarak vanalar yardımıyla kontrol edilir. Burada iki adet havalandırma havuzuna gidecek atıksuyun eşit bir şekilde dağıtımı sağlanır. Havuzlarda sızıntı, kaçak ya da temizlik olması gerektiği



Şekil 4. 11. Havalandırma havuzları dağıtım odası.

zamanlarda vanalar kontrolünde havuz boşaltılır atıksuyun tek havuza gitmesi için vanalar ayarlanır. Kapaklı ve manuel olarak kontrol mekanizmasına sahip olan yapı, çalışanların kontrolünde ve dikkat gerektiren bir ünedir [20].

#### 4.1.4.3. Havalandırma Havuzları

Havalandırma havuzlarına çekilen oksijen hattı ile bakterilere blowerden oksijen verilir. Burada bakteriler oksijen yardımıyla atıksudaki P ve N ayrıştırarak ortamdaki uzaklaştırır. Havalandırma havuzlarında bulunan dalgıç mikserler yardımıyla suya yön verilir [20].

Bu sayede bakteriler atıksuya daha uzun süre boyunca tutunarak nitrifikasyon ve denitrifikasyon yaparlar. Havuzlarda oksijen, pH ve ORP (Oksidasyon İndirgeme Potansiyeli) ölçümleri sensörler yardımıyla yapılır. Bu ölçümler neticesinde deşarj standartlarına uygun halde olması gerek su kontrol edilir.



Şekil 4. 12. Havalandırma havuzları.

#### **4.1.4.4. Organik Madde Giderimi**

Prosesin önem arzeden bölümü aerobik koşulda aktif çamur üretimi işlemidir. Organik bileşenler mikrobiyal gelişme amacıyla enerji kaynağı ile karbon olarak çalışmakta ve mikrobiyal hücre ile oksitlenmiş parçalara dönüştürülmektedirler. Mikroorganizmalar için bu süreç oksijensiz gerçekleşmez. Bundan ötürü oksijen, havalandırma havuzu tabanında bulunan difüzörler vasıtasıyla havuzdaki atıksuya verilmektedir. Mikroorganizmaların karbon bileşiklerini tüketmesi sonucunda çamur üretilmektedir.

#### **4.1.4.5. Nitrifikasyon**

Enerji amacıyla nitrifikasyon bakterileri, amonyak azotunu önce nitrit azota devamında da azota oksitlerler. Bunun nedeni reaksiyonlarda oksitlenme sonucu çok az enerji elde edilmektedir [20].

Aktif çamurda mevcut olan nitrifikasyon bakterilerinin mikrobiyal büyümesi daha küçüktür. Nitrifikasyon bakterilerinin üremeleri çamurdaki normal bakterilere göre daha geç gerçekleşmektedir. Bu sebeple çamurun süresi büyümenin yeterli seviyede sağlanabilmesi için en az değerde tutulmalıdır [20].

#### **4.1.4.6. Denitrifikasyon**

Oksijensiz ortam sağlanarak (anaerobik depo) denitrifikasyon gerçekleştirilir. Bu alanında çözünebilmiş oksijen bulunmamaktadır. Böylelikle nitrat azottaki oksijen, heteotrofik organizmalar tarafınca kullanılır. Azottan oksijeni ayrıştırma işlemi neticesinde doğaya karışır [20].

Dizayn elde edilmek istenilen düzeyde azota ve karbona ulaşmak için hazırlanmıştır. İşlemin dizaynı gelecek için biyolojik fosfor tüketim depolarının birleşimini olası kılmaktadır.

Havalandırma, tek bölümlü aktif çamur yöntemi ile sağlanabilir veya anaerobik çürütücülü tek aşamalı aktif çamur sistemi tek başına kullanılabilir. Uzun süreli

havalandırmalı çamur yönteminde organik maddenin uzaklaştırılması oksijenli stabilizasyon ve nitrifikasyon/denitrifikasyon prosesleri ile gerçekleştirilir. Bu sebeple çamur yaşı 25 gün olarak seçilmiştir [20].

Denitrifikasyon için ihtiyaç duyulan az oksijenli alan, havalandırmadaki çözünmüş oksijen değeri değiştirilerek ve SCADA sisteminin kontrolü altında sağlanır.

Çizelge 4. 6. Havalandırma havuzları özellikleri [20].

	Aşama	Aşama
Anoksik/Aerobik Tank Sayısı	2	3
Toplam oksijensiz hacim	15687 m <sup>3</sup>	23008 m <sup>3</sup>
Toplam aerobik hacim	21313 m <sup>3</sup>	32492 m <sup>3</sup>
Toplam biyolojik reaktör hacmi	37000 m <sup>3</sup>	55500 m <sup>3</sup>
V <sub>0</sub> /V	0,42	0,41
Çamur Yaşı	25 gün	25 gün
Max tasarım MLSS	4200 mg/lt	4200 mg/lt
SSVI	120 mg/lt	120 mg/lt
Toplam biyolojik çamur	6212 kg/gün	9268 kg/gün
Blowerlerin sayısı	3 (2 asil+1 bekleme)	4 (3 asil+1 bekleme)
Blower tipi	Roots with FC	Roots with FC
Her blowerin kapasitesi	5000 Nm <sup>3</sup> /h 700 bar	5000 Nm <sup>3</sup> /h 700 bar
Çalışan blowerlerin toplam kapasitesi	10000 Nm <sup>3</sup> /h	15000 Nm <sup>3</sup> /h
Difüzörlerin Tipi	Membran disk	Membran disk
Difüzörlerin sayısı	2250	3375
Difüzörlerin birim kapasitesi	4,5 Nm <sup>3</sup> /h	4,5 Nm <sup>3</sup> /h

Biyolojik arıtma prosesi tek düzeyde gerçekleşen eş zamanlı denitrifikasyonda, aerobik ve anaerobik bölgelerin meydana geldiği işlem tankları dönerli sistemde birleştirilmektedir. Her bir havalandırma havuzunda, muz tipinde yavaş karıştırıcılar bulunmaktadır bu karıştırıcıların amacı çamurun çökmesini engellemek ve etkin bir biçimde çamur ile suyu karıştırmaktır. Karıştırıcıların hızı ortalama 0,3 m/sn'dir [20].

#### 4.1.4.7. Blower (Üfleyici) Odası

Olumsuz hava şartlarından ve gürültü seviyesi düşünülerek hem makine hem de işçilerin etkilenmemesi için blowerler için ayrı bir yapı yapılmıştır. Burada blowerlerin kontrolü hem gözle hem de SCADA sistemi kullanılmaktadır. Blowerın mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu oksijeni havuza vermek için paslanmaz çelik borularla hattı yapılmış olup borulardan geçen hava basıncı yüksektir [20].



Şekil 4. 13. Blower odası.

#### 4.1.4.8. Son Çöktürme Havuzları Dağıtım Yapısı

Havalandırma havuzlarından gelen atıksu, son çöktürme havuzları dağıtım yapısına gelir. Burada manuel kapaklar ve vanalar kontrollüğünde iki adet son çöktürme havuzuna eşit bir biçimde dağıtımı yapılır.

#### 4.1.4.9. Son Çöktürme Havuzları

Tesiste dairesel olarak iki adet son çöktürme havuzu bulunmaktadır. Son çöktürme havuzunun dibinde merkeze doğru eğimli besleme hunileri bulunmaktadır ve çamuru sudan ayırma işlemi burada gerçekleşir. Merkezden hareket kabiliyeti olan hem dipte hem de yüzeyde sıyrıcılar bulunmaktadır. Dibe çöken çamur dip sıyrıcıları, yüzeydeki çamur ise yüzey sıyrıcıları yardımı ile hunilere iletilir. Çamurdan arıtılmış su betonarme savaklar yardımıyla savaklanarak Numune Alma ve Debi Ölçüm Odası'na gider [20].

Çizelge 4. 7. Son çöktürme havuzu özellikleri .

	Aşama	Aşama
Son çöktürme havuzları	2	3
Tasarım SSVI	120 ml/g	120 ml/g
RAS konsantrasyonu	7,35 kg/m <sup>3</sup>	7,35 kg/m <sup>3</sup>
ATV hesaplamalarında ortalama	1,3	1,3
İhale şartnamesine göre ortalama	1,5	1,5
QSV: çamur yükleme hacmi	500 l/m <sup>2</sup> h	500 l/m <sup>2</sup> h
yükleme hızı		
Yukarı akış hızı	0,99 m/h	0,99 m/h
Her bir ünitenin gerekli çapı	32,56 m	32,36 m
Her bir ünitenin çapı	33 m	33 m
Maksimum akımda yüzey hidrolik yükü	0,97 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	0,97 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Ortalama akımda yüzey hidrolik yükü	0,47 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	0,47 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Maksimum akımda yüzey çamur yükü	7,0 kg SS/m <sup>2</sup> /h	7,0 kg SS/m <sup>2</sup> /h
Su derinliği 2/3r	5,74 m	5,74 m
Yan duvar derinliği	5,32 m	5,32 m
Pik debide bekletme süresi	3,42 h	3,42 h
Ortalama debide bekletme süresi	4,84 h	4,84 h
Köpük pompası tipi	Kayıcılı Dalgıç	Kayıcılı Dalgıç

Köpük pompası sayısı	Her tank için 1 adet	Her tank için 1 adet
Her bir pompa kapasitesi	5 l/s	5 l/s
Ana deşarj	5 mwc	5 mwc



Şekil 4. 14. Son çöktürme havuzları.

#### **4.1.4.10. Numune Alma ve Debi Ölçüm Odası II**

Son çöktürmeden çıkan Ergene Nehrine deşarj olmadan son olarak bu birime uğrar. Burada giriş suyunda olduğu gibi su akışı elektromanyetik debimetre ile izlenir. Aynı zamanda burada da suyun pH, sıcaklık ve iletkenlik ölçümleri yapılmakta olup, alınan numuneler laboratuvarında deneylere tabi tutularak suyun deşarj kalitesi izlenmektedir [20].





Şekil 4. 15. Numune alma ve debi ölçüm odası II.

#### **4.1.5. Çamur Arıtma Ünitesi**

Çamur arıtma ünitesi, geri devir ve fazla çamur pompa istasyonu, debi ölçüm odası III, çamur depolama tankı, süzüntü suyu pompa istasyonu, çamur yoğunlaştırma ve susuzlaştırma binası ve çamur keki depolama birimlerinden oluşmaktadır [20].

##### **4.1.5.1. Geri Devir ve Fazla Çamur Pompa İstasyonu**

Son çöktürme havuzlarının dibinde besleme hunisinden alınan atık çamur, geri devir ve fazla çamur pompa istasyonuna gelir. Burada çamurun bir kısmı geri devir edilip sisteme tekrardan kazandırılmak üzere tekrardan havalandırma havuzlarına basılır. Fazla çamur ise çamur pompaları vasıtasıyla çamur tanklarına alınır. Bu istasyonda bulunan manuel vanalar yardımıyla çamur istenilen yön verilir. Geri devir ve fazla çamur istasyonunda iki asil bir yedek olmak üzere üç pompa hazırda her zaman bekletilmektedir. Geri devir yapılan çamurdaki mikroorganizmalar tesiste tekrardan verilerek tesisin mikroorganizma oranı korunarak, arıtma veriminin düşmesi engellenmiş olunur [20].

Dalgıç pompaların çalışma kontrolü bir ultrasonik seviye ölçer ile yapılmaktadır.



Şekil 4. 16. Geri devir ve fazla çamur pompa istasyonu.

#### 4.1.5.2. Debi Ölçüm Odası III

Bu ünite de diğer debi ölçüm odaları gibi atıksuyun değil geri devir ve fazla çamurun debisi ölçülmektedir. Burada debi ölçer cihazlar kuru ortamda bulunmaktadır ve sürekli olarak kontrol edilmektedir [20].



Şekil 4. 17. Debi ölçüm odası III.

#### 4.1.5.3. Çamur Depolama Tankı

Fazla çamur pompalar vasıtasıyla 1300 m<sup>3</sup> hacmindeki betonarme tankla basılır. Burada çamurun birikmesi ve katılaşmasını önlemek için karıştırıcılar mevcuttur. Betonarme ünite tamamiyle kapalı olup oluşan koku, Koku Arıtma Ünitesi'ne verilir [20].

Santrifüj pompaları ultrasonik seviye ölçer ile kontrol edilir. Elektromanyetik akış ölçerler, santrifüj besleme hattı debisini devamlı izlemek için sistemde bulunmaktadır.



Şekil 4. 18. Çamur depolama tankı.

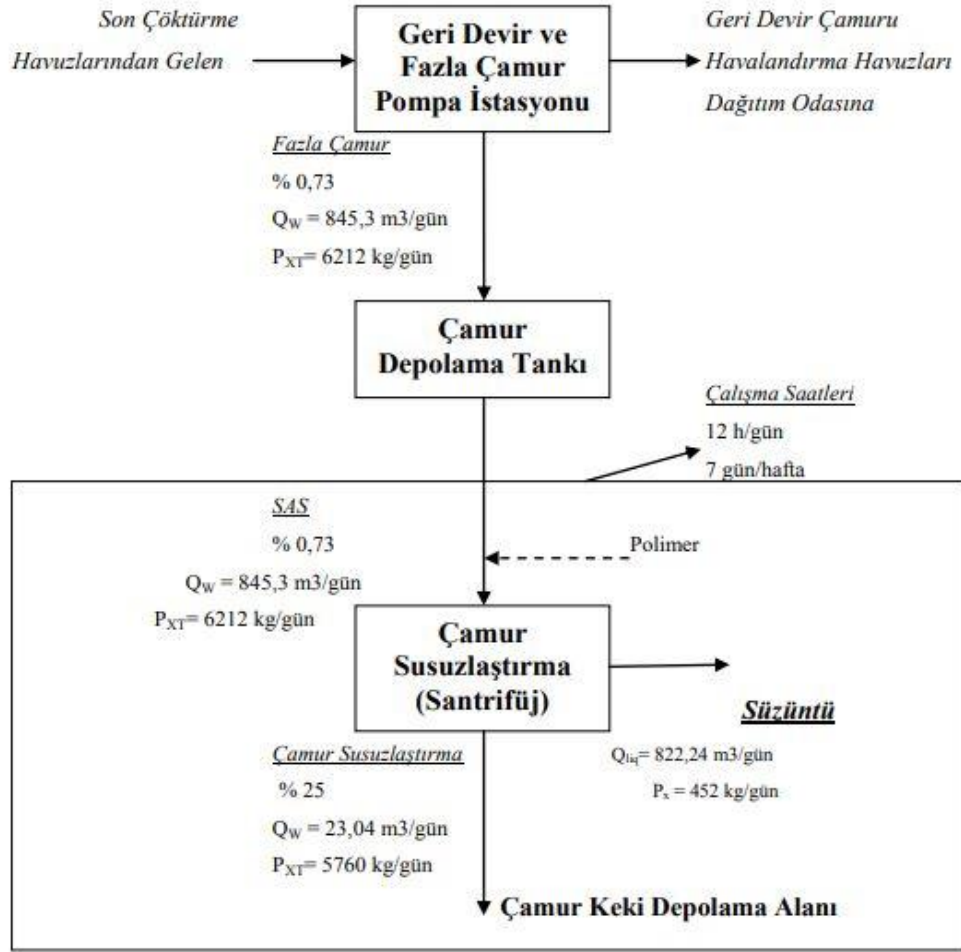
Çamur susuzlaştırma ünitesi  $373,75 \text{ m}^2$  alan üzerinde kurulmuştur. Ara kalınlaşma olmadan stabil hale gelen yoğunlaştırılmış çamurun doğrudan susuzlaştırılması işlemine çamur susuzlaştırma denir. Susuzlaştırma santrifüjlerle yapılır [20].



Şekil 4. 19. Santrifüjler.

Parçalanmış çamuru ve katyonik poliyi güzel bir şekilde karıştırmak maksadıyla santrifüj besleme hatları karıştırıcılarla donatılmıştır. Bir asil bir yedek polielektrolit hazırlama ve dozaj ünitesi bulunmaktadır [20].

Çamur susuzlaştırma ünitesinde mevcut ekipmanların arıza durumunda kaldırılması monoray vinçler aracılığıyla yapılmaktadır. Çamur susuzlaştırma ünitesinde devamlı meydana gelen kokulu hava, kanal sistemi ve hava fanları ile koku arıtma ünitesine verilir. Bu ünitedeki tüm ekipmanlar SCADA sistemi ile kontrol edilip, izlenmektedir. Çamur arıtma sistemi ikinci aşamanın kapasitesine göre kurulmuş olup çamur kütle dengesi şekil 4.20'de verilmiştir [20].



Şekil 4. 20. Çamur kütle dengesi [20].



Şekil 4. 21. Çamur terfi pompaları ve polimer hazırlama ünitesi.

#### **4.1.5.5. Süzüntü Pompa İstasyonu**

Çamur susuzlaştırma yapılırken, çamurdan çıkan su süzüntü pompa istasyonuna gelir. Burada süzüntü suyu dalgıç mikser ile karıştırılarak, pompalar yardımıyla havalandırma havuzuna basılır.



Şekil 4. 30. Süzüntü pompa istasyonu.

#### **4.1.5.6. Çamur Keki Depolama Alanı**

Çamur keki konveyörler yardımıyla 200 m<sup>2</sup>'lik çamur toplama alanına taşınarak buradan tesisten uzaklaştırılır. Çamur keki tesisten uzaklaştırılırken el arabalarına çalışanlar tarafından yüklenerek kamyonlarla taşınır [20].





Şekil 4. 39. Çamur keki depolama alanı.

#### **4.1.6. Diğer Tesisler**

##### **4.1.6.1. Koku Kontrol Sistemi**

Tesiste koku problem ortaya çıkmasıyla tesise Koku Kontrol Sistemi eklenmiştir. Biyolojik arıtmadan kaynaklı tesiste koku sorunu, kurutulmuş kokuyu 6-12 saat sürede arıtacak biçimde ölçülendirilmiş biyofiltrelerle koku giderimi yapılması hedeflenmektedir [20].

Çamur ünitelerinde koku, sisteme bağlı olarak çalışır. Buna ilave olarak ünitelerde havalandırma yapılmaktadır. Havada ve yüzeyde hareket halinde bulunan koku parçacıklarının emilimi filtreler aracılığıyla sağlanmaktadır. Filtrelerde sıvı bir film tabakası oluşmakta ve absorbe organizmalar direkt emilimi yapılan maddeyi suya ve karbondioksit parçalamaktadır. Maksimum biyolojik aktivite için ihtiyaç duyulan hava nem oranı %50 olup, hava nemlendiriciler tarafından sağlanmaktadır [20].

Çizelge 4. 8. Koku oluşumuna neden olan alanlar ve seçilen fan özellikleri [20].

Yapı	L(m)	W (m)	H (m)	Hacim (m <sup>3</sup> )	Dönüşüm Oranı (l/hr)	Hafim (m <sup>3</sup> /hr]
Izgara Kanalı- kaba ızgara kanalı-giriş pompa istasyonu	16,25	5,0	5,0	406	12	4.872
İnce Izgara Kanalı	15,7	5,3	1,0	85	6	510
Konteynırlar Tarama Kompaktörü, Kum ayırıcı				'10	6	00
Diğer potansiyel kanallar				500	6	3.000
1. Fan için gerekli min. kapasite (m <sup>3</sup> /h)						8.442
Çamur Binası	15.0	15,0	5.0	1.125	6	6.750
Üst Süzuntü Pompa İstasyonu	7,0	7,0	2.0	100	12	600
	φ18,5		1	300	6	1.800
2. Fan için gerekli min. kapasite (m <sup>3</sup> /h)						9.150



Şekil 4. 48. Koku kontrol sistemi.

#### 4.1.6.2. Yıkama ve Yangın Suyu Depolama Tankı

Yıkama ve yangın suyu depolama tankı ve pompa istasyonu polimer hazırlama, santrifüj yıkama, arıtılmış suyun boru temizleme vb. gereksiniler için kullanılması hedefiye 70,56 m<sup>2</sup> alanda iki bölmeli olarak şekilde inşa edilmiştir [20].



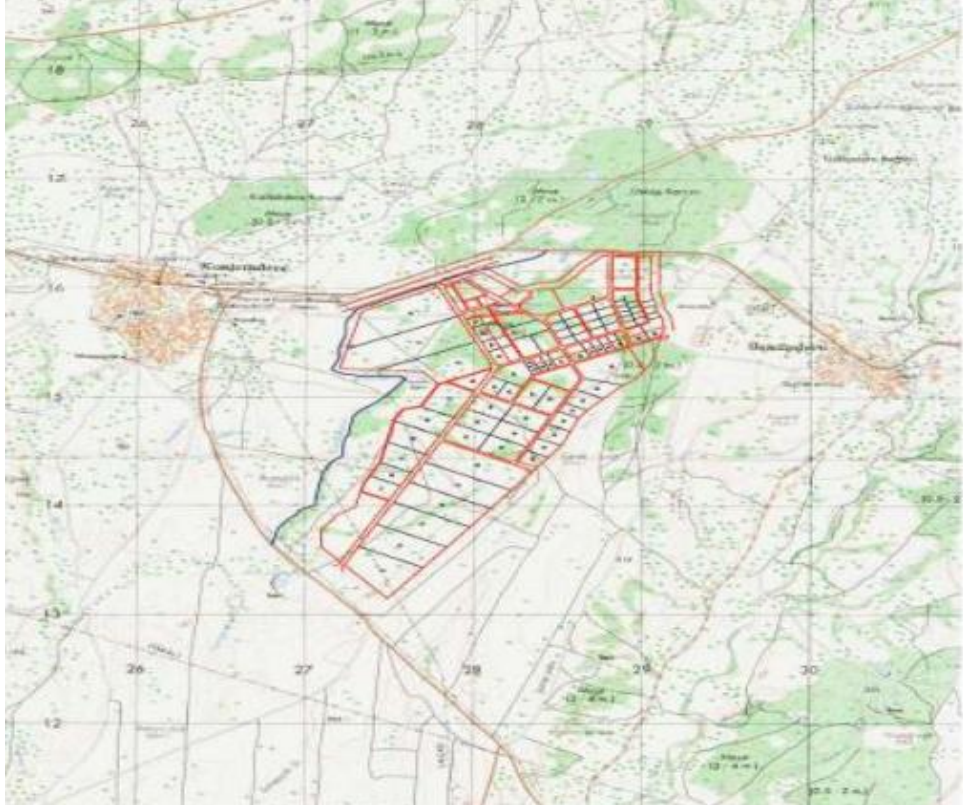
Şekil 4. 57. Yıkama ve yangın suyu deposu ve pompa istasyonu.

#### 4.1.6.3. Diğer Binalar

Arıtma tesisinde gerekli bakım ve onarım ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için garaj ve atöye binası kurulmuştur. Bu yapı içerisinde personelin temel ihtiyaçlarına ek olarak atık odası da bulunmaktadır. Bu binaya ek olarak teknik personelin bulunduğu işletme binası, güvenliğin bulunduğu bekçi evi ve jeneratör binası tesiste bulunmaktadır [20].

## 4.2. KIRKLARELİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ ENDÜSTRİYEL ATIKSU ARITMA TESİSİ

Kırklareli OSB iki etaptan oluşmaktadır. Birinci etap mevcut durumu ile tüm parselleri (34 adet) katılımcı firmalara tahsis edilmiş olup, bunlardan yirmibeş tanesi üretime geçmiş diğerleri makine, montaj, inşaat ve proje aşamasındadır. Birinci etap için su temin şekli ve kanalizasyon şebekeleri ile AAT tamamen ayrı olup, ikinci etap ile bir bağlantısı bulunmamaktadır. Bu nedenle iki ayrı arıtma tesisi olarak projelendirilmektedir. Kırklareli OSB birinci etap kullanma suyu 5000 m<sup>3</sup>/gün olarak düşünülmekte olup gerekli suyun tamamı Kırklareli Barajı'ndan temin edilecektir [21].



Şekil 4. 66. OSB vaziyet planı.

Kırklareli OSB'de kanalizasyon hatları tamamlanmış olup arıtma tesisine kadar atıksu gelmektedir. Maksimum boru çapı Ø600 beton boru olup ortalama 160 lt/sn maksimum 320 lt/sn debi taşıyabilecek şekilde tasarlanmış ve kanalizasyon şebeke hatlarının imalatları tamamlanmıştır [21].

Bölgeden hâlihazırda kaynaklanan ve kaynaklanacak atıksular, evsel ve endüstriyel nitelikli atık sulardır. Bölgeden kaynaklanan mevcut evsel ve endüstriyel atıksu debisi tam kapasite olması durumunda ilk etap proje için atıksu debisinin 5000 m<sup>3</sup>/gün olacağı tahmin edilmektedir [21].

#### 4.2.1. Deşarj Yeri ve Özellikleri

Arıtılmış atıksular arıtma tesisine kuzey batı istikametinde 50 m mesafede bulunan Dişbudak Deresi'ne 181,50 m kotunda DN400 NC ile deşarj edilecektir [21].



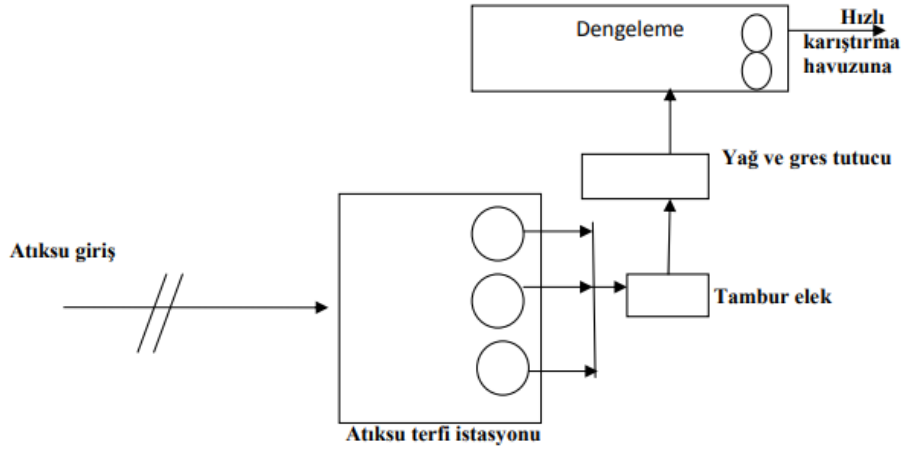
Şekil 4. 75. OSB atıksu deşarj noktası.

#### 4.2.2. AAT'yi Oluşturan Üniteler

Prosesten kaynaklanan evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların arıtılması için fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemi ile arıtılması uygun bulunmuştur. Renk giderimi ve organik olarak parçalanamayan maddeler için kimyasal arıtma tasarlanmıştır. Biyolojik arıtma yöntemi olarak 'Aktif Çamur' prosesi öngörülmüştür. Bu yöntem karışık organize sanayi bölgesi ortak atıksu arıtma tesislerinde uygulanan yöntemdir. Fosfor arıtmı için anaerobik havuzlar planlanmıştır [21].

Dizayn edilen AAT'nin içeriği: [21]

- Izgara Kanalı
- Giriş Terfi Merkezi
- Yağ Ayırma Tankı
- Dengeleme Havuzu
- Kimyasal Arıtma
- Nötralizasyon Ünitesi
- Anaerobik Havuzlar Debi Dağıtma Yapısı ve Anaerobik Havuzlar
- Havalandırma Havuzu Debi Dağıtma Yapısı ve Havalandırma Havuzları
- Çökeltme Havuzları
- Geri Devir Terfi Merkezleri
- Çamur Yoğunlaştırma Havuzu
- Çamur Susuzlaştırma Ünitesi



Şekil 4. 83. Atıksu akış şeması.

OSB kanalizasyonundan gelen atıksular; kaba ızgaradan geçerek (2 cm üzeri katı maddeler tutulmaktadır) giriş terfi merkezine alınmaktadır. Giriş terfi merkezinde atıksu seviyesi yükseldiği zaman tambur eleğe girecektir. Tambur elekte 500 mikron üzeri katı partiküller tutularak atıksudan uzaklaştırılmaktadır. Daha sonra atıksu yağ ayırma tankına ve daha sonra dengeleme havuzuna alınacaktır [21].

Değişken hacim ve sabit debi çıkışlı çalışan atıksu arıtma biriminde nitelik ve nicelik

yönünden zaman içinde çok farklılıklar gösteren atıksular dengelenerek ana arıtma birimlerinin daha verimli çalışması sağlanacaktır. Bu amaçla tesiste kullanılmayan çamur kurutma yatakları dengeleme havuzu olarak değerlendirilecektir. Çalışma şekli Şekil 4.28'deki gibi olacaktır [21].

Atıksular dengeleme havuzundaki besleme pompaları ile sabit debide kimyasal arıtma ünitesi beslenecektir. Kimyasal arıtma üniteleri hızlı karıştırma, yavaş karıştırma ve kimyasal çöktürme havuzlarından oluşmaktadır. Kimyasal arıtmada amaç; (P, BOİ<sub>5</sub>, AKM, renk gibi) atıksu karakterizasyonundaki kimyasal olarak giderilebilecek olan organik kirliliğin giderilmesidir. Atıksu önce hızlı karıştırma (koagülasyon) havuzuna alınmaktadır. Hızlı karıştırma havuzunda atıksuya Demir III Klorür (FeCl<sub>3</sub>) çözeltisi ilave edilmektedir. Çökelemeyen organik yük pıhtı haline getirilecektir. Karışım karıştırıcı (mikser) ile sağlanmaktadır. Aynı zamanda pH metre ve Sodyum Hidroksit (NaOH) ile pH kontrolü yapılmaktadır. Atıksu hızlı karıştırma ünitesinden cazibeli olarak yavaş karıştırma havuzuna geçecektir. Atıksu ile kimyasal karışımı karıştırıcı (mikser) ile sağlanacak, pH kontrolünde polielektrolit eklenerek pıhtılaşan kirlilikler yumak haline gelecektir [21].

Atıksu cazibeli olarak kimyasal çöktürme havuzuna alınacak ve yumaklaşan kirlilik çökecektir. Üst kısımdaki dinlenmiş su nötralizasyon ünitesine girecektir. Dipteki çamur, çamur yoğunlaştırma havuzuna alınacaktır [21].

Nötralizasyon ünitesinde atıksuların biyolojik arıtmaya uygun olan değerlere (7-8) pH metre kontrolünde otomatik olarak asit veya baz kimyasal tanklardan ilave edilmektedir [21].

Nötralizasyon ünitesinden uygun pH değerindeki atıksular, anaerobik havuzu debi dağıtma yapısına alınmakta ve buradan sürgülü kapaklar kontrolünde anaerobik havuzlara alınmaktadır. Anaerobik havuzun homojen karışımı dalgıç mikserler ile sağlanmaktadır. Anaerobik arıtma havuzundan sürgülü kapak kontrolünde atıksular, havalandırma havuzları debi dağıtma yapısına alınmakta ve buradan teleskopik vanalar debi kontrolünde havalandırma havuzlarına iletilmektedir. Havalandırma havuzlarında biyolojik aktivasyon için gerekli olan oksijen ihtiyacı oksijen metre

kontrolünde aeratörler ile sağlanmaktadır. Havalandırma havuzlarında biyolojik olarak arıtılan atıksular çökeltme havuzlarına alınmaktadır. Çökeltme havuzlarında uygun bekletme süresi sonucunda oluşan biyolojik kütle çökelmekte, çökelen biyolojik çamur geri devir terfi merkezlerine alınmaktadır. Çökeltme havuzlarında arıtılmış sular savaklanarak debimetre ve kompozit numune alma bacasına iletilmektedir. Burada çıkış suyu debisi ölçülerek alıcı ortama iletilmektedir [21].

Geri devir terfi merkezine teleskopik vana kontrolünde alınan atıksular; geri devir terfi pompaları ile anaerobik havuzlar debi dağıtma yapısına iletilmektedir. Burada ham atıksular ile yoğun bakteri içerikli atıksular anaerobik havuzlarında N ve P giderimi sağlanmaktadır [21].

Çamur yoğunlaştırma havuzunda dalgıç mikserle karışan kimyasal ve biyolojik çamurlar susuzlaştırma işlemine tabi tutulacağı zaman, süreç aşağıdaki gibi olmaktadır;

- Dalgıç mikserin çalışması durdurularak çamurun havuzda suyundan ayrılarak yoğunlaşması sağlanır.
- Çamur suyu, yüzer savak yardımıyla yoğunlaştırma havuzundan giriş terfi merkezine kendi cazibesi ile iletilmektedir.
- Dipteki yoğunlaşmış çamur kendi gravitesi ile dekantör öncesi çamur yoğunlaştırma ve besleme havuzuna (ikinci çamur yoğunlaştırma) alınmaktadır.
- Dekantörde kekleştirilen çamurlar bir burgulu konveyör ile konteynıra taşınırken sönmemiş kireç ile muamele edilerek çamurun stabilizasyonu sağlanmaktadır.
- Dekantörden çıkan su ise giriş terfi merkezine cazibe ile iletilmektedir [21].

#### **4.2.3. Atıksu Kirlilik Yükleri**

Endüstrilerin sektörel dağılımlarına göre kirlilik yükleri literatür bazında araştırılmış ve alınan numuneler üzerinden yapılan deneyler karşılaştırılarak tasarımda kullanılan kirlilik yükleri belirlenmiş ve OSB yönetimince yaptırılan ve de uygun görülen;

Kırklareli OSB AAT tasarımına esas giriş atıksuyu kirlilik parametre değerleri Çizelge



4.9.'de verilmiştir [21].

Çizelge 4. 15. Son tasarıma esas atıksu karakteri.

PARAMETRE	Tasarıma Esas Kabul Edilen Değerler	
	Konsantrasyon (mg/lt)	Toplam Yük (kkgün)
KOI (Kimyasal Oksijen İhtiyacı)	1500 mg/lt	7500
B0I <sub>5</sub> (Biyolojik Oksijen İhtiyacı)	700 mg/lt	3500
AKM (Askıda Katı Madde)	500 mg/lt	2500
TKN (Toplam Kjeldahl Azotu)	60 mg/lt	300
Yağ ve Gres	60 mg/lt	300
T-P( Toplam Fosfor)	20mg/lt	100
pH	6,5-9,0	.
Renk	1000	.

Kırklareli OSB AAT biyolojik arıtma ünitesi verim tablosu Çizelge 4.10.'de verilmiştir [21].

Çizelge 4. 24. Biyolojik atıksu arıtma ünitesi verim tablosu.

Parametre	Kimyasal Arıtma Tesisi	Kimyasal Arıtma Tesisi Çıkış Değeri	Verim
KOI	1200 mg/lt	150 mg/lt	%88
BOI <sub>5</sub>	400 mg/lt	16 mg/lt	%96
AKM*	350 mg/lt	52 mg/lt	%85
Yağ ve Gres	30 mg/lt	12 mg/lt	% 17
Toplam P	20 mg/lt	1 mg/lt	%95
Toplam Krom	2 mg/lt	2 mg/lt	%0
Krom (Cr+6)	0,5 mg/lt	0,5 mg/lt	%0
Kurşun (Pb)	2 mg/lt	2 mg'lt	%0
Toplam Siyanür	0,5 mg/lt	0,5 mg'lt	%0
Kadmiyum	0,1 mglt	0,1 mglt	%0
Demir (Fe)	10 mg/lt	10 mg'lt	%0
Florür (F)	15 mg/lt	15 mg/lt	%0
Fakır (Cu)	3 mg/lt	3 mg/lt	%0
Çinko (Zn)	2,5 mg/lt	2,5 mg/lt	%0
Cıva (Hg)	0,05 mg/lt	0,05 mg/lt	%0
Sülfat (SO <sub>4</sub> )	1500 mglt	1500 mg'lt	%0
Toplam Kjeldahl-	60 mg/lt	10 mg/lt	%83
Toplam Sülfür (S)	2 mg/lt	2 mg/lt	%0
Fenol	10 mg/lt	10 mg/lt	%0
Serbest Klor	5 mg/lt	5 mg/lt	%0
Arsenik	3 mg/lt	3 mg/lt	%0
Toplam Nikel	5 mg/lt	5 mg/lt	%0
Toplam Kalay	10 mg/lt	10 mg/lt	% 50
Katran ve Petrol Kökenli	50 mg/lt	50 mg/lt	%0
Balık Biyodeneyi	10	10	%0
pH	6-9		
Renk	260	260	%0
Sıcaklık	12-36 "C		

Kırklareli OSB AAT ekipmanlarına ait kurulu güç 300 kW'dır ve Çizelge 4.11.'de verilmiştir [21].

Çizelge 4. 32. Ekipmanlara ait kurulu güç tablosu.

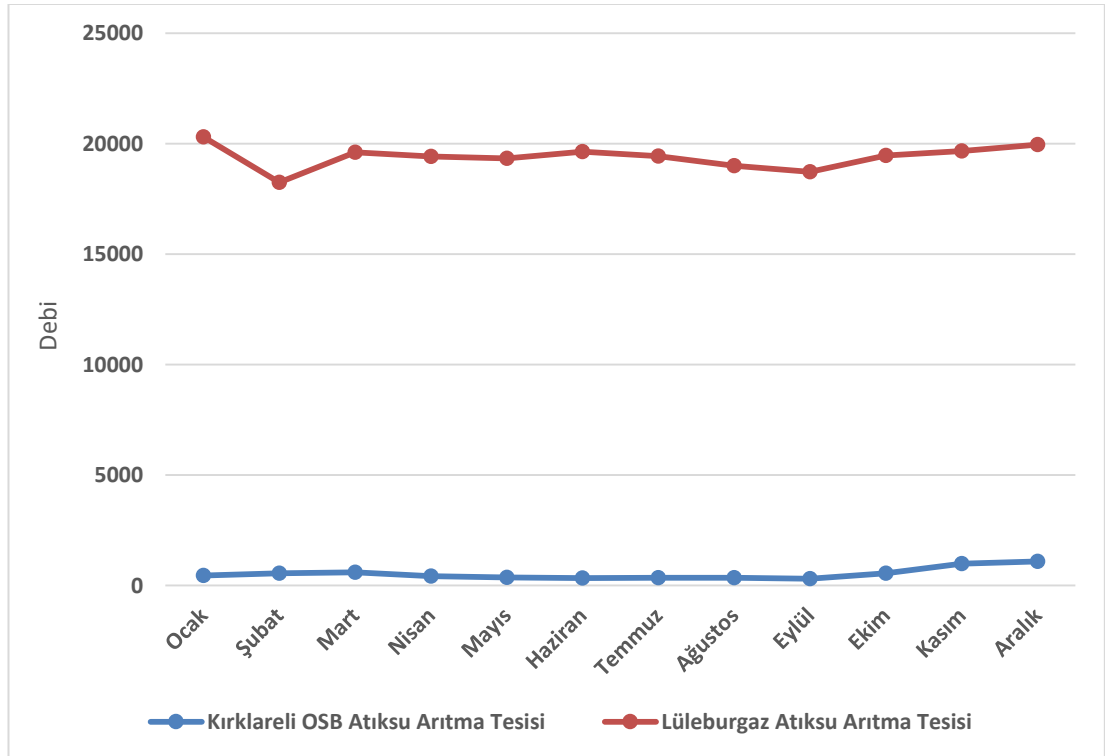
Ekipmanlar	Adet	Güç (kW)	Çekilen Güç (kW)	Kullanım Süresi
Giriş Terfi Pompaları	3 (2 asil + 1 yedek)	11	22	24
Atıksu Besleme Pompaları	3 (2 asil + 1 yedek)	7,5	15	24
Tambur Elek	2	1,5	3	24
Yağ Tutucu Blowerı	1	2,2	2,2	24
Yağ Tutucu Sıyırıcısı	1	0,55	0,55	24
Hızlı Karıştırıcı	1	6	6	24
Kostik Çözeltisi Hazırlama	2	0,55	1,1	24
Yavaş Karıştırıcı	1	1,1	1,1	24
Kompresör	1	5,5	5,5	24
Kimyasal Çökeltme Havuzu	1	1,1	1,1	24
Kimyasal Çamur Pompası	2(asil+1 yedek)	1,5	1,5	24
Polielektrolit Hazırlama Ünitesi	2	0,37	0,74	24
Asit Dozlama Pompası	2	0,15	0,3	24
Kostik Dozlama Pompası	2	0,15	0,3	24
Nötralizasyon Karıştırıcısı	1	1,1	1,1	24
Dalgıç Mikser	2	1,5	3	24
Jet Aeratör	10	18,5	185	24
Biyolojik Çökeltme Havuzu	2	1,1	2,2	24
Yoğun Çamur Pompaları	2(asil+1 yedek)	2,2	2,2	24
Geri Devir Terfi Pompaları	2(asil+1 yedek)	11	11	24
Yoğun Çamur Pompası (mevcut)	1	1,5	1,5	24
Geri Devir Pompası (mevcut)	1	1,5	1,5	24
Çamur Yoğunlaştırıcı	1	1,1	1,1	24
Mevcut Çamur Yoğunlaştırma	1	1,1	1,1	24
Polielektrolit Dozaj Pompası	1	1,1	1,1	24
Dekantör (15KW Ana motor)	1	15	15	24
Dekantör (4KW Helezon	1	4	4	24
Aydınlatma Işığı	30	0,05	1,5	8
			291,69	6976,56

## BÖLÜM 5

### İNCELENEN TESİSLER İLE İLGİLİ BULGULAR

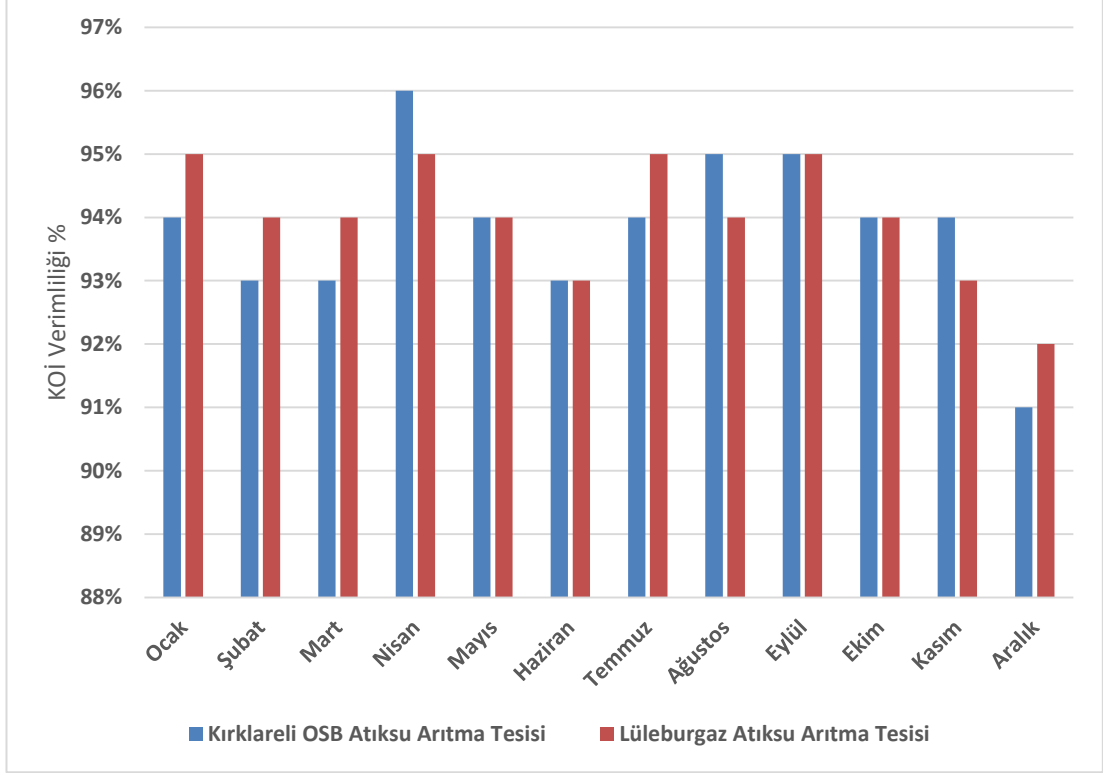
İncelenen iki farklı tip; evsel ve endüstriyel AAT dikkate alınarak tesislerin 2017, 2018, 2019 yılları olmak üzere üç yıl referans alınıp tesislerden temin edilen tesis giriş debileri, KOİ verimlilikleri ve buna göre birim temizlenme bakımından tesislerin harcadığı enerji değerleri ortaya konulup mukayese edilmiştir.

Şekil 5.1.'de görüldüğü üzere 2017 yılında Lüleburgaz AAT'ye gelen aylık ortalama debi değeri 19402 m<sup>3</sup>/gün, Kırklareli OSB AAT'ye gelen aylık ortalama debi değeri ise 530 m<sup>3</sup>/gün olduğu bulunmuştur.



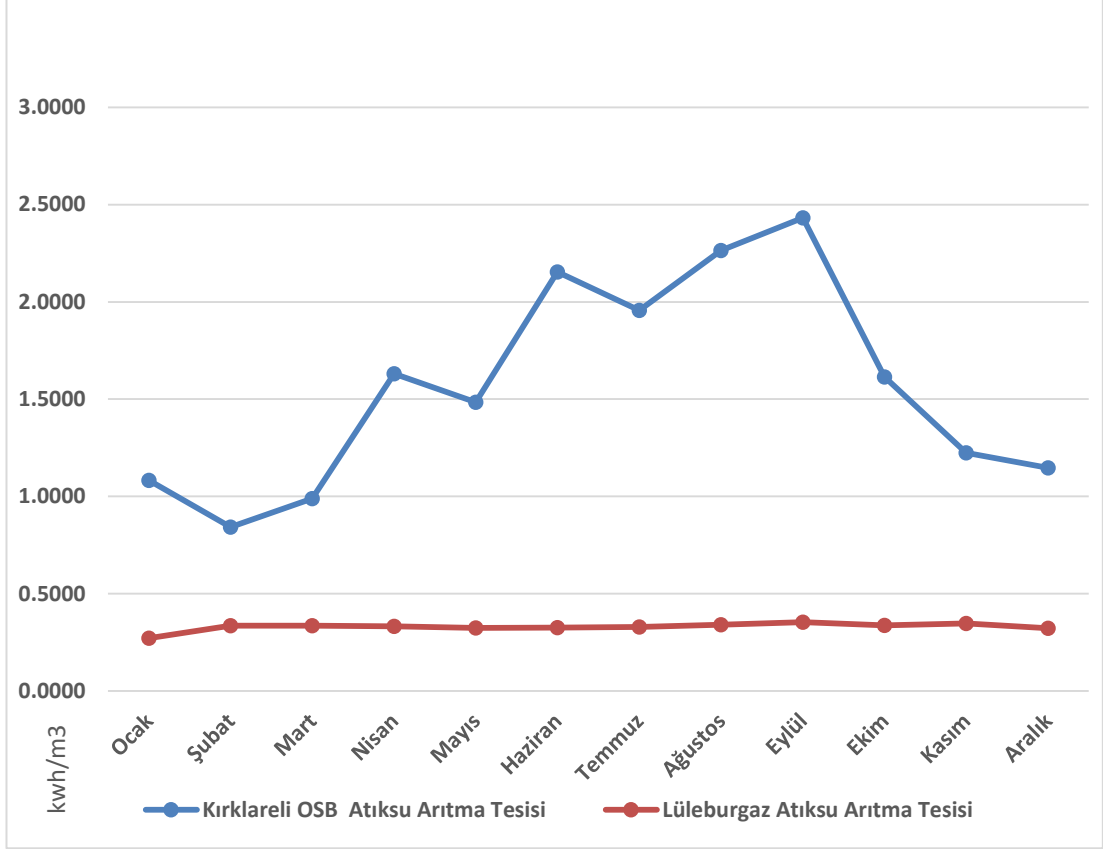
Şekil 5. 1. 2017 yılı tesislere gelen atıksu debileri.

Şekil 5.2.'de görüldüğü üzere Lüleburgaz AAT 2017 yılı aylık ortalama KOİ verimliliği %94'tür. Kırklareli OSB AAT'deki 2017 yılı KOİ verimliliği %94'tür. Lüleburgaz AAT'de maksimum verimlilik ocak, nisan, temmuz ve eylül ayında, Kırklareli OSB'de maksimum verim nisan ayında gerçekleştiği görülmektedir.



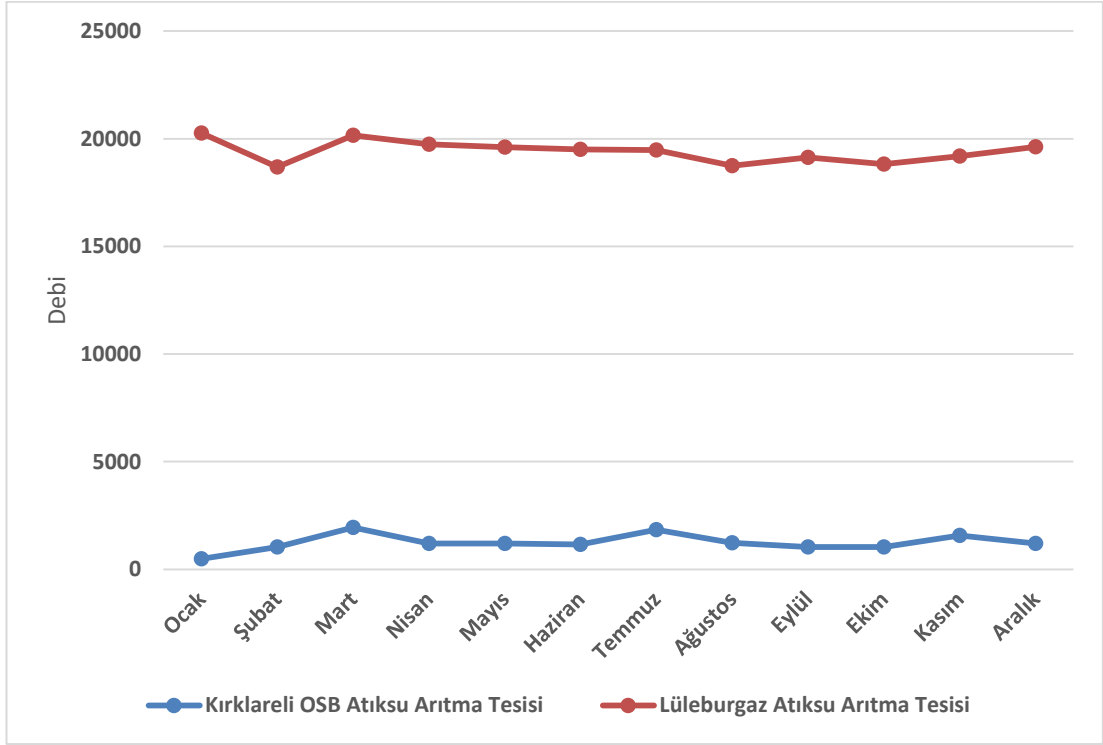
Şekil 5. 2. 2017 yılı tesislerin KOİ verimlilikleri.

Şekil 5.3.'de görüldüğü üzere 2017 yılında AAT'lerde birim m<sup>3</sup> başına harcanan enerji miktarları ortaya konulmuştur. Lüleburgaz AAT'de aylık ortalama 0.330 kwh/m<sup>3</sup>'tür. Kırklareli OSB AAT'de 1.559 kwh/m<sup>3</sup>'tür. İki tesiste de en yüksek enerji sarfiyatı Eylül ayında gerçekleşmiştir.



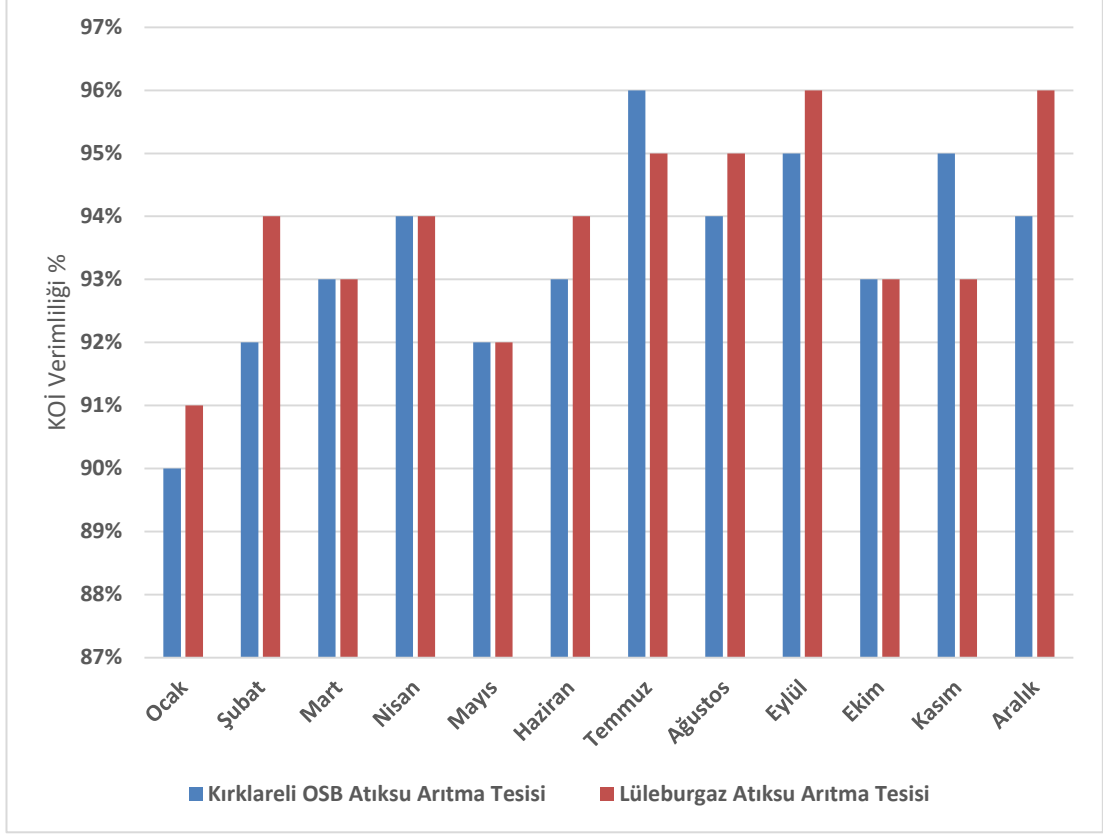
Şekil 5. 3. 2017 yılı tesislerin kwh/m<sup>3</sup> değerleri.

Şekil 5.4.'de görüldüğü üzere 2018 yılında Lüleburgaz AAT'ye gelen aylık ortalama debi değeri 19412 m<sup>3</sup>/gün, Kırklareli OSB AAT'ye gelen aylık ortalama debi değeri ise 1243 m<sup>3</sup>/gün olduğu bulunmuştur.



Şekil 5. 4. 2018 yılı tesislere gelen atıksu debileri.

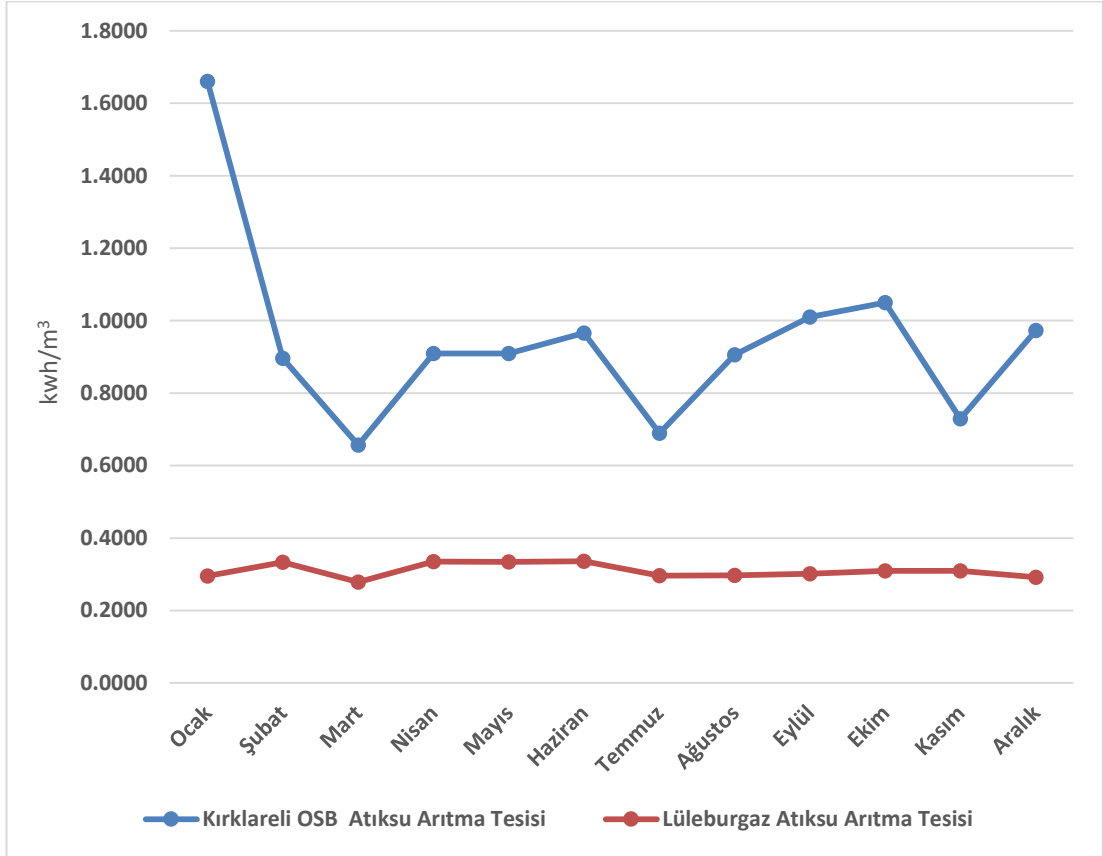
Şekil 5.5.'de görüldüğü üzere Lüleburgaz AAT 2018 yılı aylık ortalama KOİ verimliliği %94'tür. Kırklareli OSB AAT'deki 2018 yılı KOİ verimliliği %93'tür. Lüleburgaz AAT'de maksimum verimlilik eylül ve aralık aylarında, Kırklareli OSB'de maksimum verim temmuz ayında gerçekleştiği görülmektedir.



Şekil 5. 5. 2018 yılı tesislerin KOİ verimlilikleri.

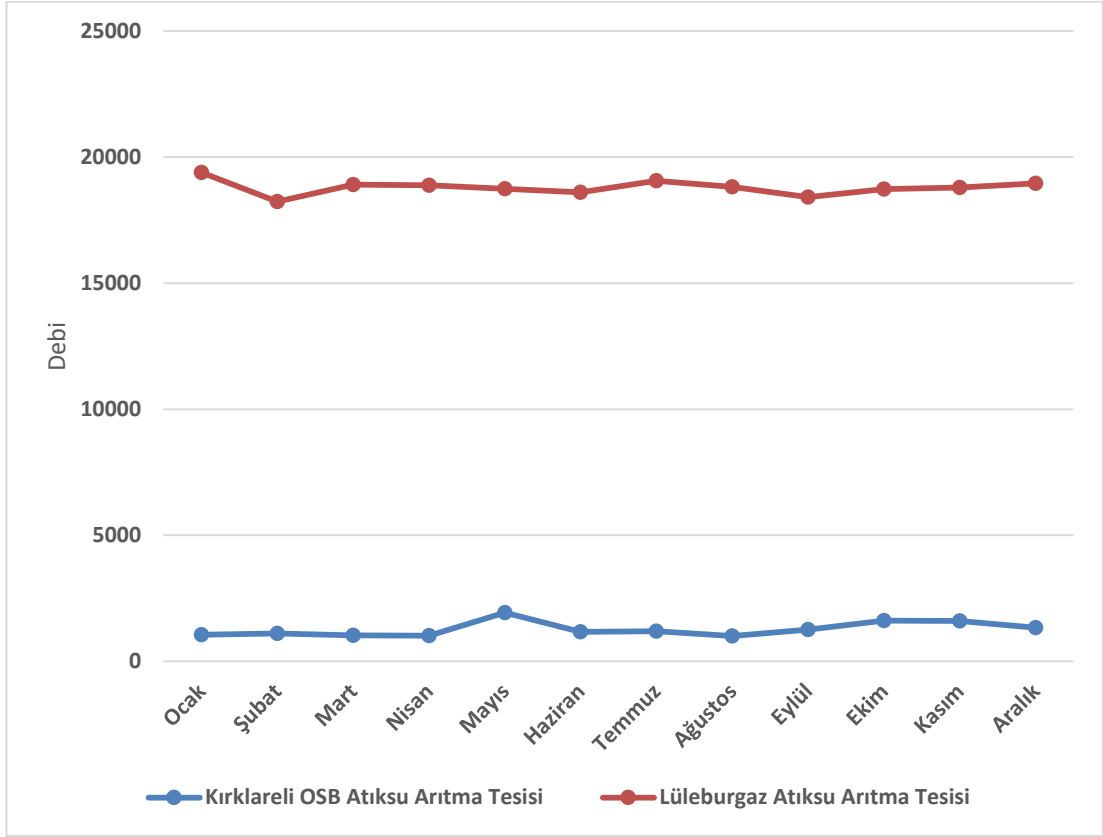


Şekil 5.6.'da görüldüğü üzere 2018 yılında AAT'lerde birim m<sup>3</sup> başına harcanan enerji miktarları ortaya konulmuştur. Lüleburgaz AAT'de aylık ortalama enerji sarfıyatı 0.309 kwh/m<sup>3</sup>'tür. Kırklareli OSB AAT'de aylık ortalama enerji sarfıyatı 0.946 kwh/m<sup>3</sup>'tür. Lüleburgaz AAT'de en yüksek enerji sarfıyatı Ocak ayında gerçekleşirken, Kırklareli OSB AAT'de en yüksek enerji sarfıyatı Haziran ayında gerçekleşmiştir.



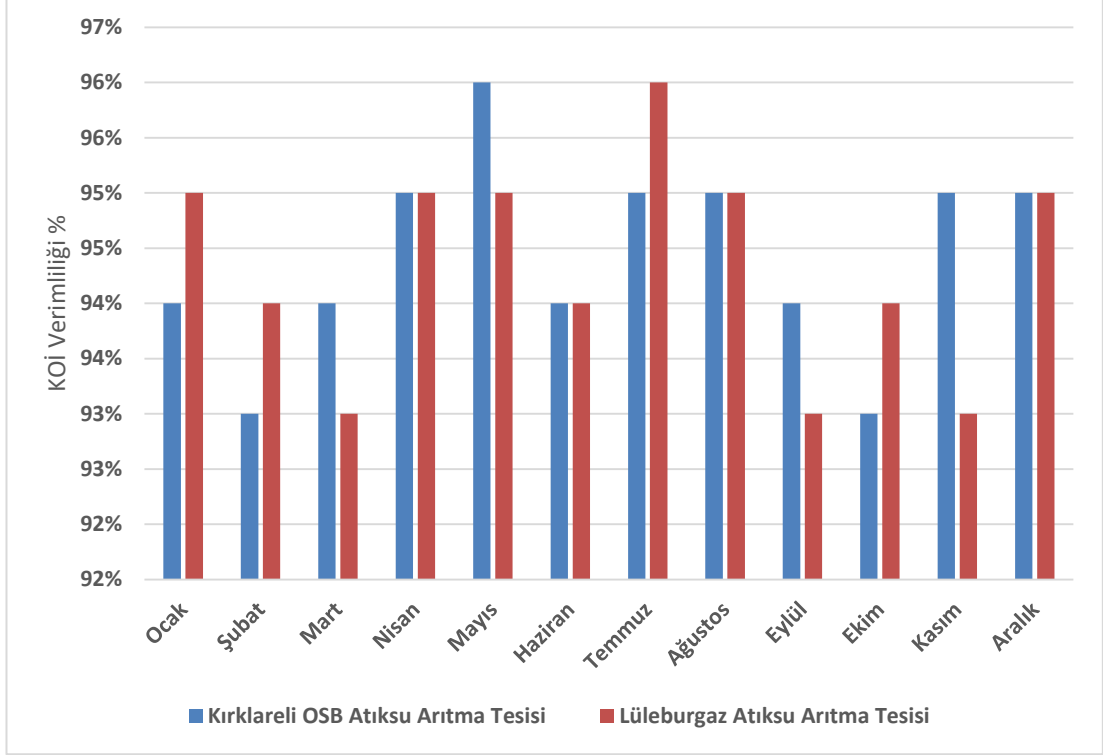
Şekil 5. 6. 2018 yılı tesislerin kwh/m<sup>3</sup> değerleri.

Şekil 5.7.'de görüldüğü üzere 2019 yılında Lüleburgaz AAT'ye gelen aylık ortalama debi değeri 18796 m<sup>3</sup>/gün, Kırklareli OSB AAT'ye gelen aylık ortalama debi değeri ise 1275 m<sup>3</sup>/gün olduğu bulunmuştur.



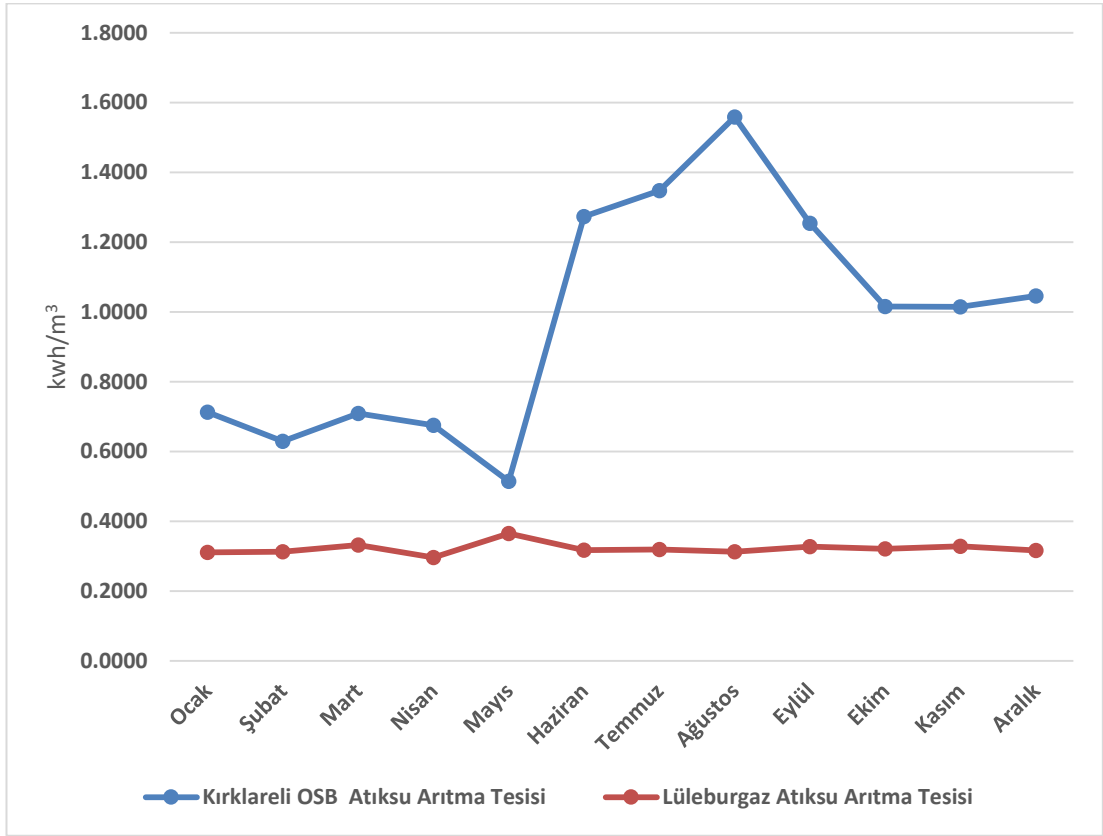
Şekil 5. 7. 2019 yılı tesislere gelen atıksu debileri.

Şekil 5.8.'de görüldüğü üzere Lüleburgaz AAT 2018 yılı aylık ortalama KOİ verimliliği %94'tür. Kırklareli OSB AAT'deki 2018 yılı KOİ verimliliği %93'tür. Lüleburgaz AAT'de maksimum verimlilik temmuz ayında, Kırklareli OSB'de maksimum verim mayıs ayında gerçekleştiği görülmektedir.



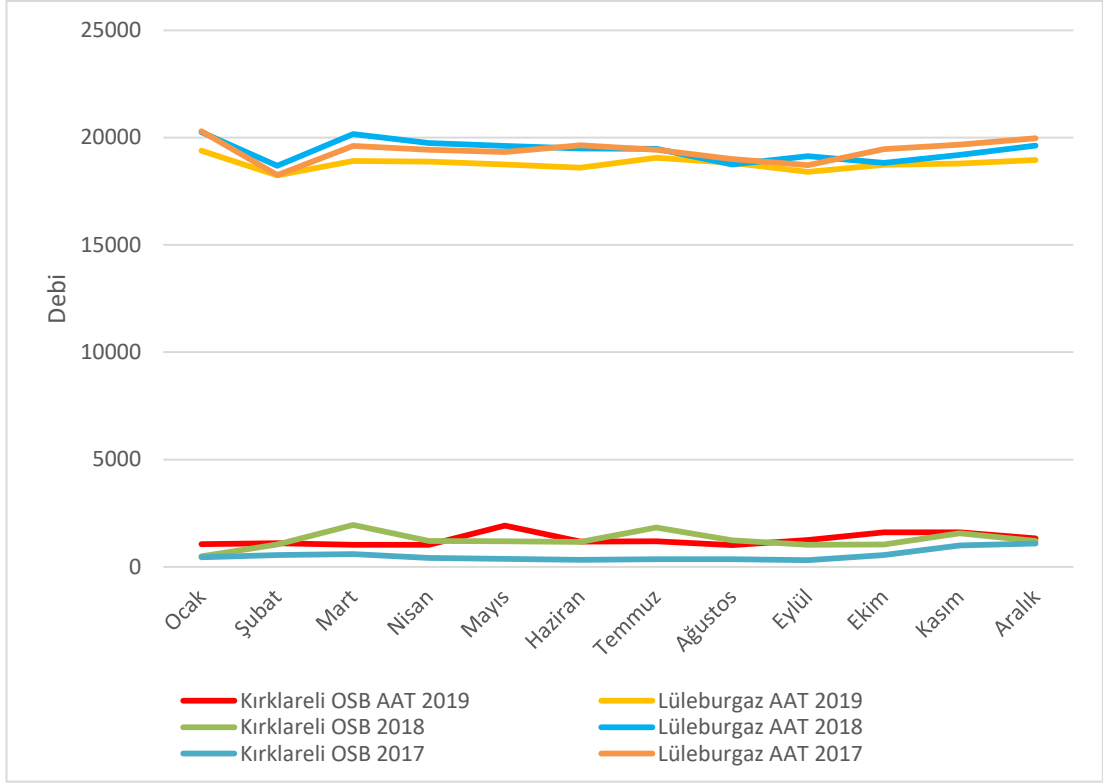
Şekil 5. 8. 2019 yılı tesislerin KOİ verimlilikleri.

Şekil 5.9.'da görüldüğü üzere 2019 yılında AAT'lerde birim m<sup>3</sup> başına harcanan enerji miktarları ortaya konulmuştur. Lüleburgaz AAT'de aylık ortalama enerji sarfıyatı 0.322 kwh/m<sup>3</sup>'tür. Kırklareli OSB AAT'de aylık ortalama enerji sarfıyatı 0.979 kwh/m<sup>3</sup>'tür. Lüleburgaz AAT'de en yüksek enerji sarfıyatı Mayıs ayında gerçekleşirken, Kırklareli OSB AAT'de en yüksek enerji sarfıyatı ağustos ayında gerçekleşmiştir.



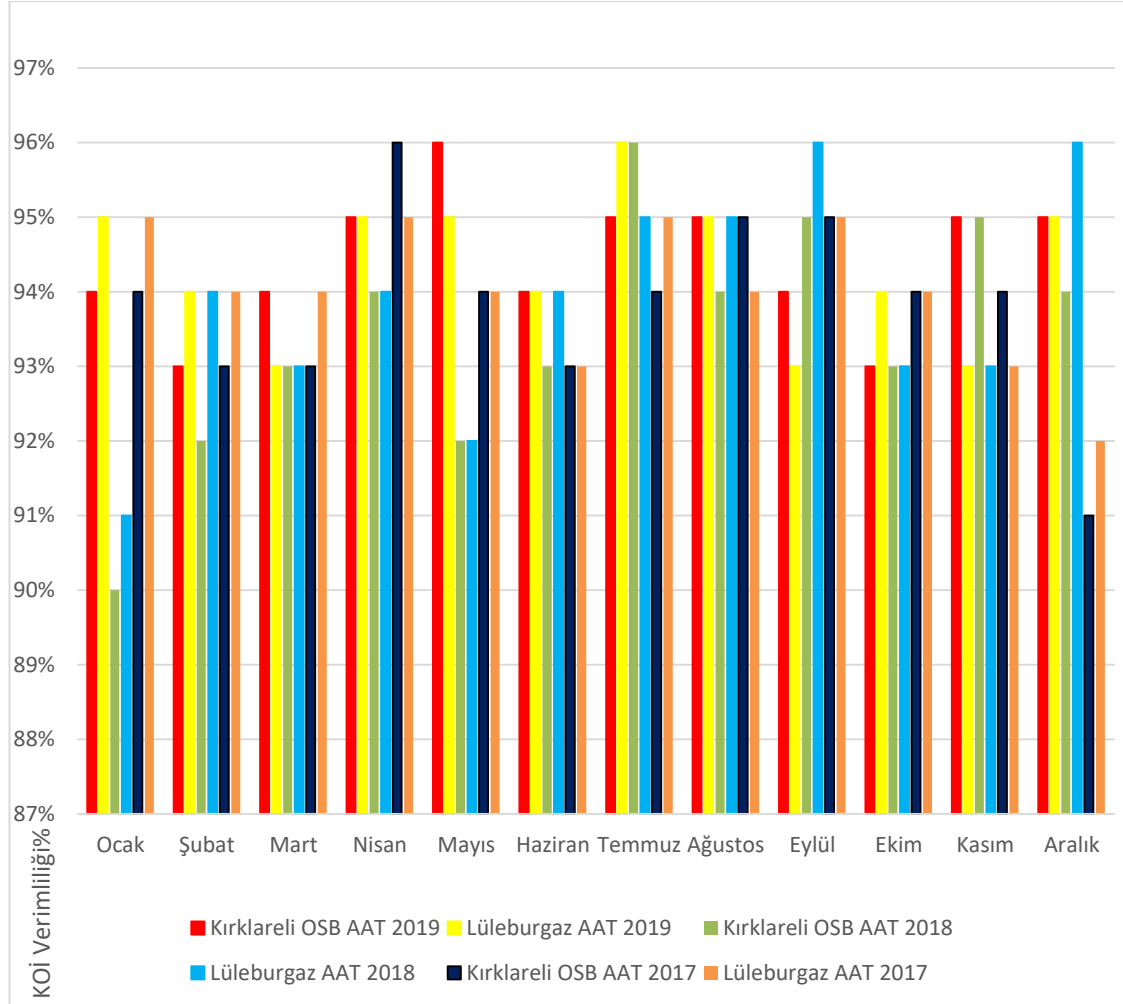
Şekil 5. 9. 2019 yılı tesislerin kwh/m<sup>3</sup> değerleri.

Şekil 5.10.'da görüldüğü üzere Kırklareli OSB AAT ve Lüleburgaz AAT'nin 2017, 2018 ve 2019 yılları olmak üzere üç yıllık, aylık ortalama debi değerleri ortaya konulmuştur. Üç yıllık ortalama debi değeri Lüleburgaz AAT'de 19203 m<sup>3</sup>/gündür. Kırklareli OSB AAT'de ise 1016 m<sup>3</sup>/gündür.



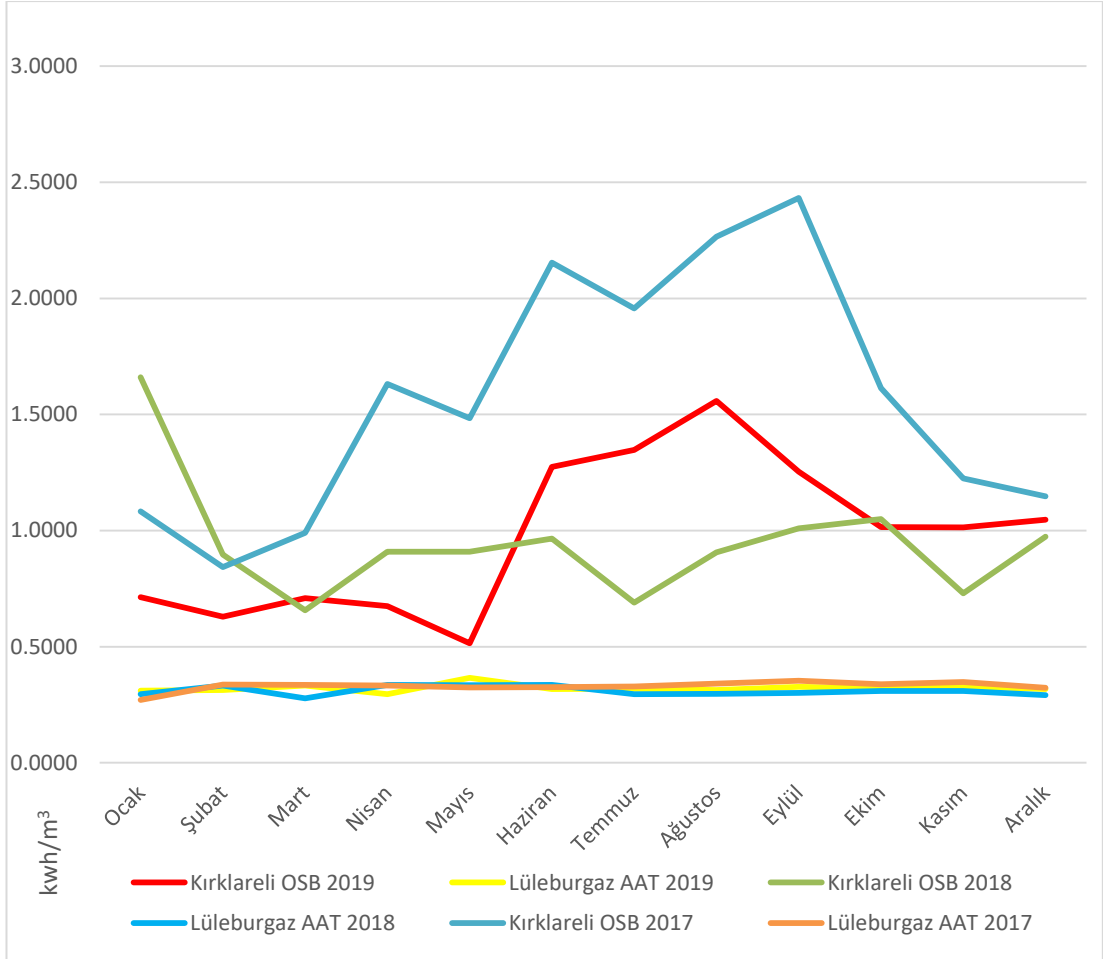
Şekil 5. 10. Tesislerin üç yıllık aylık ortalama debi değerleri.

Şekil 5.11.'de görüldüğü üzere Kırklareli OSB AAT ve Lüleburgaz AAT'nin 2017, 2018 ve 2019 yılları olmak üzere üç yıllık, aylık ortalama KOİ verimlilikleri ortaya konulmuştur. Üç yıllık ortalama KOİ verimliliği Lüleburgaz AAT'de %94'tür. Kırklareli OSB AAT'de ise %93'tür.



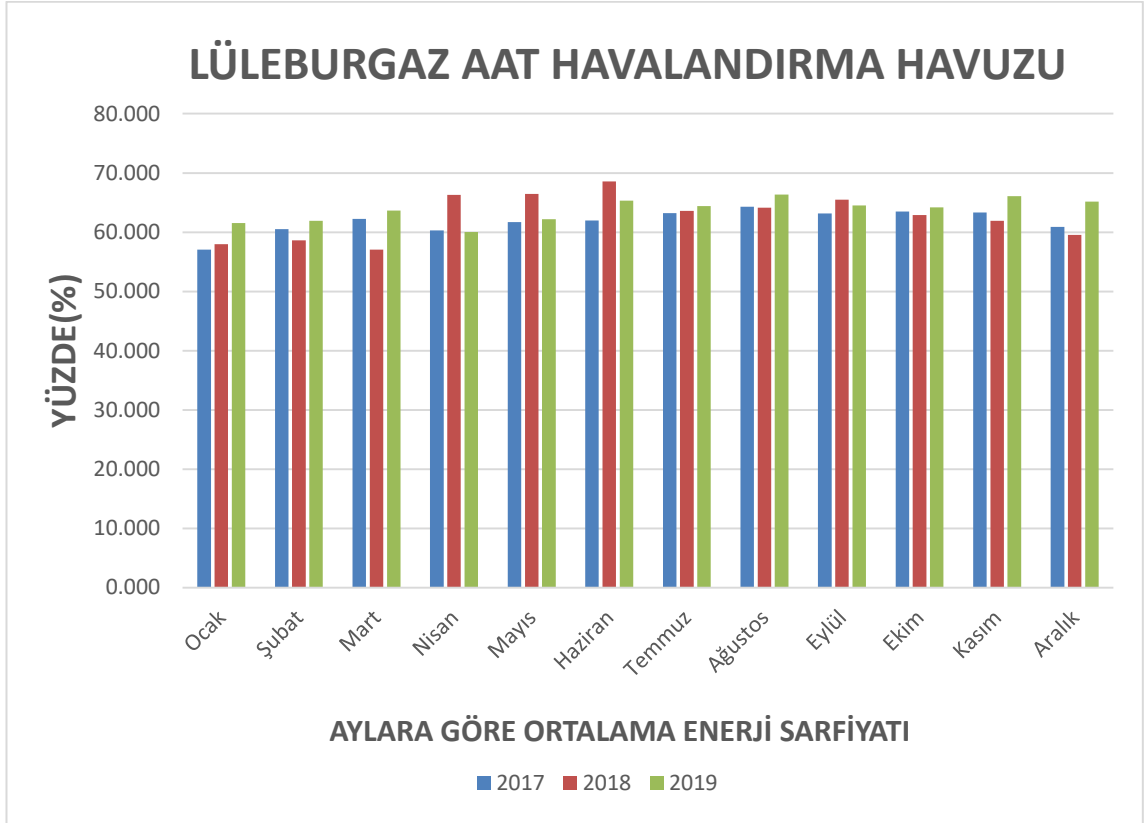
Şekil 5. 11. Tesislerin üç yıllık aylık ortalama KOİ verimlilikleri.

Şekil 5.12.'de görüldüğü üzere Kırklareli OSB AAT ve Lüleburgaz AAT'nin 2017, 2018 ve 2019 yılları olmak üzere üç yıllık, aylık ortalama kwh/m<sup>3</sup> değerleri ortaya konulmuştur. Üç yıllık ortalama kwh/m<sup>3</sup> değeri Lüleburgaz AAT'de 0.320 kwh/m<sup>3</sup>'tür. Kırklareli OSB AAT'de ise 1.161 kwh/m<sup>3</sup>'tür.



Şekil 5. 12. Tesislerin üç yıllık aylık ortalama kwh/m<sup>3</sup> değerleri.

Lüleburgaz AAT’de üç yıl boyunca gözlemlenmiş olan; 2017, 2018 ve 2019 yıllarında aylık, kullanılan havalandırma havuzunda gerçekleşen enerji sarfiyatı; tesisin toplam enerji sarfiyatına göre yüzdesel olarak Şekil 5.10.’da verilmiştir.



Şekil 5. 13. Lüleburgaz AAT havalandırma havuzu enerji sarfiyatı.



## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Lüleburgaz AAT ve Kırklareli OSB AAT'ye gelen debilerin aylık ortalama değerleri 2017, 2018 ve 2019 yıllarına göre bulunmuştur. 2017 yılında Lüleburgaz AAT'ye gelen aylık ortalama debi değeri 19402 m<sup>3</sup>/gün, Kırklareli OSB AAT'ye gelen aylık ortalama debi değeri ise 530 m<sup>3</sup>/gün olduğu bulunmuştur. 2018 yılında Lüleburgaz AAT'ye gelen aylık ortalama debi değerinin 19412 m<sup>3</sup>/gün, Kırklareli OSB AAT'ye gelen aylık ortalama debi değerinin ise 1243 m<sup>3</sup>/gün olduğu belirlenmiştir. 2019 yılında Lüleburgaz AAT'ye gelen aylık ortalama debi değeri 18796 m<sup>3</sup>/gün, Kırklareli OSB AAT'ye gelen aylık ortalama debi değeri ise 1275 m<sup>3</sup>/gün olduğu bulunmuştur. Yerleşim birimindeki evsel atıksu miktarı, tesisin şehir şebekesinin daha fazla nüfusa hizmet etmesi sebebiyle, OSB'deki atıksu miktarına göre fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Lüleburgaz AAT ve Kırklareli OSB AAT'lerinde tesislerin KOİ verimlilikleri 2017, 2018 ve 2019 yılları olmak üzere üç yıl aylık ortalama verimlilikleri bulunmuştur. 2017 yılına göre Lüleburgaz AAT yılı aylık ortalama KOİ verimliliği %94'tür. Kırklareli OSB AAT'deki KOİ verimliliği de %94'tür. Lüleburgaz AAT'de maksimum verimlilik ocak, nisan, temmuz ve eylül ayında, Kırklareli OSB'de maksimum verimliliğin nisan ayında gerçekleştiği görülmektedir. 2018 yılına göre Lüleburgaz AAT aylık ortalama KOİ verimliliği %94'tür. Kırklareli OSB AAT'deki KOİ verimliliği ise %93'tür. Lüleburgaz AAT'de maksimum verimlilik eylül ve aralık aylarında, Kırklareli OSB'de maksimum verim temmuz ayında gerçekleştiği görülmektedir. 2019 yılına göre Lüleburgaz AAT aylık ortalama KOİ verimliliği %94'tür. Kırklareli OSB AAT'deki KOİ verimliliği %93'tür. Lüleburgaz AAT'de maksimum verimlilik temmuz ayında, Kırklareli OSB'de maksimum verimin mayıs ayında gerçekleştiği görülmektedir. KOİ verimliliklerinde giriş ve çıkış kirlilik yükü

iki farklı tip tesis olmasına rağmen tesislerin atıksuyu arıtma oranı çok iyi olduğu ve birbirine eşit kabul edilebilir verimlilikte tesisler olduğu gözlemlenmiştir.

Tesislerin KOİ verimlilikleri eşit kabul edildiğinden tesislere gelen debiler farklı olmasına rağmen m<sup>3</sup> başına harcanan aylık kwh değerleri mukayese edilmiştir. Lüleburgaz AAT'de harcanan enerji miktarı 2017, 2018 ve 2019 yıllarında ortalama olarak sırası ile 0.330 kwh/m<sup>3</sup>, 0.309 kwh/m<sup>3</sup>, 0.322 kwh/m<sup>3</sup>'tür. Kırklareli OSB AAT'de ise 1.559 kwh/m<sup>3</sup>, 0.946 kwh/m<sup>3</sup>, 0.979 kwh/m<sup>3</sup>'tür. Kırklareli OSB AAT'de; Lüleburgaz AAT'ye göre 2017 yılında %21, 2018 yılında %33 ve 2019 yılında %33 daha fazla enerji sarfiyatı gerçekleşmiştir. Bu mukayeseye göre yıllar değişmesine rağmen endüstriyel AAT'deki harcanan enerji miktarı evsel AAT'deki harcanan enerji miktarına göre her zaman daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Endüstriyel AAT'lerde gelen endüstriyel suyun kirlilik yükü özellikle fabrika kimyasallarından kaynaklandığından dolayı bu suları arıtmak için harcanan enerji miktarı evsel suların arıtıldığı evsel AAT'ye oranla daha fazla olduğu ortaya konmuştur.

Lüleburgaz AAT'de 2017,2018 ve 2019 yıllarında havalandırma havuzunda kullanılan enerjinin toplam tesiste harcanan enerjiye oranları sırasıyla %62, %63 ve %64 olduğu gözlemlenmiş ve tesiste en yüksek enerji sarfiyatının yapıldığı ünitelerin havalandırma havuzu olduğu tespit edilmiştir.

Atıksu arıtma tesislerindeki (biyokatıların) anaerobik biyoteknoloji ile çürütülmesinin en önemli faydaları çamurun stabilize edilerek kararlı bir biyokatıya dönüşümü ve son ürün olan biyogazın bünyesindeki metanın enerji elde etmek amacıyla kullanılabilmesidir. AAT'lerde gerekli enerjiyi karşılamak için potansiyel bir enerji kaynağı olan biyometanı geri kazanmak üzere kullanılan anaerobik çürütme uygulamaları günümüzde giderek artmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucu ünite bazında en fazla enerji harcanan yer havalandırmaların bulunduğu kısım olduğu tespit edilmiştir. İki AAT'de havalandırma ünitelerinin yanına anaerobik çürütücü eklenmesi durumunda da enerji maliyetlerinin önemli ölçüde azalacağı düşünülmektedir.

Tesis çamur yaşının azaltılması ile biyolojik havuzda gerçekleşen stabilizasyon azalırken fazla çamur miktarı göreceli olarak artacaktır. Eş zamanda havalandırma

enerji ihtiyacı da azalacağından ötürü tesisin toplam enerji tüketimi düşecektir. Yapılan araştırmalar neticesinde daha az stabilize olmuş çamur ve artan çamur miktarı ile çürütücünün enerji potansiyelinin ayrıca ~% 20'lere varan oranlarda artması beklenmektedir.

Endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde harcanan enerji miktarını azaltmak için atıksuların geldiği fabrikalara çok daha fazla etkinlikte ön arıtma sistemlerinin kurulması ve bu sistemlerin sürekli olarak denetlenmesi gerekmektedir. Kirlilik yükü azaldığı zaman harcanan enerji miktarı ve buna bağlı olarak işletme maliyeti de azalacaktır.

Ayrıca tesisten elde edilen çamur(biyokatılar) geri dönüşümde kullanılarak enerji üretilebilir. Yapılan araştırmalar sonucunda kuru biçimdeki arıtma çamurları (atıksu kaynağına ve arıtma prosesine bağlı olarak) 10-28 MJ/kg alt ısı değere sahiptir. Bu şekilde tesis enerji bakımından kendi kendine yetebilen hatta dışarıdan farklı bölgelerden çamur alınıp hem enerji için kullanılabilirken hem de ek gelir elde edilebilmesi açısından da değerlendirilmelidir. Böylece sürdürülebilir ve sıfır atık planlamaya da katkı sağlanabilir. Tesislerin enerji sarfiyatının azaltılabilmesi amacıyla güneş paneli gibi potansiyel enerji imkanlarının değerlendirilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Yüksekdağ, M. ; Gökpınar, S. ; Y. B., "Atıksu Arıtma Tesislerinde Arıtma Çamurları ve Bertaraf Uygulamaları", *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 18: 895–904 (2020).
2. Nas, B., "Atıksu Arıtma Tesislerinde İşletme Sorunları ve Çözümleri", Selçuk Üni. Ed., *Selçuk Üniversitesi Basım Evi*, Ankara, 26–92 (2017).
3. Topacık, D., "1987. Atık Su Arıtma Tesisleri İşletilmesi", *İ.T.Ü.*, (1987).
4. Ç., D., Saraçoğlu E. ve Durucan, Z. ve Durak, S. ve Sarioğlu, K., "Türkiye Çevre Durum Raporu", Ankara, (2011).
5. Metcalf and Eddy, "Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse", 3: (1991).
6. Mara, D., "Sewage Treatment in Hot Climates", Scotland, (1978).
7. Yıldırım, A. K., "Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Debi-Maliyet İlişkileri", *Çukurova Üniversitesi*, (2006).
8. Jern, N., "Industrial wastewater treatment", *Imperial College Press*, (2006).
9. Albayoğlu, G., "Şanlıurfa Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi Kabul Koşulları", *T.C. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2016).
10. Muslu, Y., "Atıksuların Arıtılması", *İstanbul: İTÜ*, 429 (1996).
11. Erdoğan, A. O., G.E, Z., and Orhon, D., "Türkiye’de Evsel Atıksu Oluşum Miktarları Ve Karakterizasyonu", *İTÜ Dergisi*, cilt 15 (1–3): 57–69 (2005).
12. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), "Design Manual Onsite Wastewater Treatment and Disposal Systems", Washington, DC., (1980).
13. Samsunlu, A., "Atık Suların Arıtılması", *Birsan Yay. Ed.*, İstanbul, (2011).
14. İnternet:"«[www.Water-Research.Net](http://www.Water-Research.Net),»[Çevrimiçi]",<https://www.water-research.net/index.php/fecal-coliform-bacteria-in-water> (2021).
15. İnternet:"«<http://Www.Biologydiscussion.Com>»[Çevrimiçi]",  
<http://www.biologydiscussion.com/waste-management/waste-water-treatment/waste%02water-treatment-objective-and-steps/16721> (2021) .
16. Eroğlu, V., "Atıksuların Tasviyesi", *Su Vakfı Y. Ed.*, (2008).

17. Saatçı, A., "Atıksu Arıtma Tesisi İçin Proje Aşamasında Öngörülen ve Mevcut Durumda Sağlanan Verimin Sürekliliğinin Karşılaştırılması Azerbaycan Nahçıvan Atıksu Arıtma Tesisi Örneği", *T.C. Fırat Üniversitesi*, (2019).
18. Nuhoğlu, A., "System Design For Organic Carbon And Nutrient Removal From Sewage Based On Energy Recovery,", *İTÜ Doktora Tezi*, (2012).
19. Aynur, Z., "Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi", *İstanbul Teknik Üniversitesi*, (2014).
20. Uluç, S., "Lüleburgaz Atıksu Arıtma Tesisi Tanıtım Kitabı", 5D Tarım H. Ed., Lüleburgaz, (2014).
21. Çev-Ar Müh., "Kırklareli Organize Sanayi Bölgesi 1.Etap Atıksu Arıtma Tesisi Proje Tanıtım Kitabı", Kırklareli, (2014).

## ÖZGEÇMİŞ

Mustafa Ruşen DEMİRKOL, ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Daha sonra Lüleburgaz Kepirtepe Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun oldu. 2013 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği'nde öğrenime başlayıp 2018 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2018 yılında Edirne Tütün Tekel Binaları Restorasyonu işinde ilk görevine başladı. 2019 yılından beri faal olarak görevine devam etmekte olduğu Kırklareli OSB 2. Etap AAT inşaatı, Pehlivanköy Belediyesi ve Alpullu Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisleri inşaatlarında ve işletme süreçlerinde şantiye şefi olarak görev almaktadır. 2018 yılında kabul gördüğü Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim Dalında öğrenimine devam etmektedir.