



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**ET VE SÜT ÜRÜNLERİ TESİSLERİNDE**  
**ARITILMIŞ ATIKSULARIN YENİDEN**  
**KULLANIMI**

**Cemre YILMAZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ocak-2019**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

**Cemre YILMAZ** tarafından hazırlanan “**Et ve Süt Ürünleri Tesislerinde Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı**” adlı tez çalışması 29/11/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitimi Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Dilek ERDİRENÇELEBİ

#### Danışman

Prof. Dr. Bilgehan NAS

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AYGÜN

### İmza

.....  
.....  
.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sadettin Erhan KESEN  
FBE Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Cemre YILMAZ

Tarih: 03.12.2019



## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## ET VE SÜT ÜRÜNLERİ TESİSLERİNDE ARITILMIŞ ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI

Cemre YILMAZ

Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bilgehan NAS

2019, 79

Jüri

Prof. Dr. Bilgehan NAS  
Prof. Dr. Dilek ERDİRENÇELEBİ  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AYGÜN

Endüstrilerde kullanılan toplam su miktarı sektörlere göre değişmektedir. İmalat sanayinde suyun temel kullanım alanları; proses suyu, kazan suyu, soğutma suyu ve evsel amaçlı tüketimlerdir. İmalat sanayisinin alt sektörlerinden biri olan gıda tesislerinde, hijyenin sağlanması üretim verimliliği ve kalitesinin vazgeçilmezidir. Bu nedenle proses suyu en fazla kullanılan su olup, onu soğutma ve ısıtma suyu kullanım miktarı takip etmektedir. Aynı şekilde gıda sektörünün önemli kolları olan et ve süt endüstrilerinde, suyun büyük miktarı proses temizliği, hijyen ve ısı alışverişi dengesini sağlamak için kullanılmaktadır. Diğer su tüketimleri saha temizliği, makine ekipman yıkaması ve evsel kullanım kaynaklıdır. Farklı amaçlarla kullanılan su, farklı kirletici konsantrasyonları içeren bir atıksu oluşturur. Oluşan toplam atıksu ise alıcı ortama göre dizayn edilmiş bir atıksu arıtma tesisinde toplanır ve arıtılır. Arıtılan atıksuyun tekrar değerlendirilmesi ve suyun geri kazanımı su kaynaklarının korunması için önem arz etmektedir. Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanılacağı alan/alanlar belirlendikten sonra istenilen standartlara göre ilave arıtım kademelerine karar verilir.

Bu çalışmada; et ve süt ürünleri üretimi tesisine ait atıksu kaynakları, atıksu ve arıtılmış atıksu karakterizasyonu incelenerek arıtılmış atıksuyun yeniden kullanım alanlarına yönelik kullanım olanağı araştırılmıştır. Bu amaçla arıtılmış atıksuyun, yeniden kullanılabilir alanların kirlilik konsantrasyonları araştırılmıştır. Çalışmada; arıtma tesisinden günlük olarak belli zamanlarda alınan atıksu numunelerinin KOİ, AKM, pH, alkalinite ve birçok kirlilik parametreleri analizleri yapılmıştır. Arıtılmış atıksuyun çiftlikte, saha içerisinde ve yardımcı tesislerinin gerekli noktalarında kullanım olanağına bakılarak uygunluğu değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atıksuların yeniden kullanımı, et endüstrisi atıksuyu, et ve süt endüstrisi, süt endüstrisi atıksuyu

## ABSTRACT

### MS THESIS

## WASTEWATER REUSE IN MEAT AND DAIRY PRODUCTS PLANTS

Cemre YILMAZ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
KONYA TECHNICAL UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN ENVIROMENTAL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Bilgehan NAS

2019, 79

Jury

Prof. Dr. Bilgehan NAS

Prof. Dr. Dilek ERDİRENÇELEBİ

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AYGÜN

Amount of water consumption can vary due to sectors industries. The basic usage areas of water are; process, cooling, steam generating and heating systems, as well as social usages (home, potable, washing, field irrigation, watering etc). Water is a must for hygiene of food production systems, a need for process productivity, and quality. Thus, water consumption on process side is highest than cooling, heating systems. Other causes of water consumption are; area cleaning, equipment cleaning and some residential usage. As the water used for/in different systems, the impurities and amount of those impurities can be differentiated. The waste water of those different systems, will be collected in waste water plants, which are designed accordingly and this water will be treated in these plants. It is very important to reuse this treated water, in order to protect environment and to protect precious, decreasing fresh water sources. After determining the aim of water usage, waste water can be purified with convenient steps, due to standards needed.

In this study; wastewater sources of meat and dairy production facility, wastewater and treated wastewater characterization were investigated and the possibility of using treated wastewater for reuse areas was investigated. For this purpose, pollution concentrations of treated wastewater and reusable areas were investigated. In this study; KOI, TAKM, pH, alkalinity and many pollution parameters of wastewater samples taken from treatment plant at certain times daily were analyzed. The suitability of the treated wastewater was evaluated by considering the possibility of being used at the farm, on-site and at the necessary points of the auxiliary facilities.

**Keywords:** Dairy industry, dairy industry wastewater, meat and dairy industry, meat industry wastewater, wastewater reuse

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp, sabırla elinden gelenin fazlasını sunan sayın danışmanım Prof. Dr. Bilgehan NAS'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Beni sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını öğreterek yetiştiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen en büyük şansım olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Cemre YILMAZ  
KONYA-2019

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER.....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
2.1. Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisi .....	3
2.2. Et ve Et Ürünleri Endüstrisi.....	5
2.3. Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı .....	8
2.4. Endüstrilerde Atıksu Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanımı .....	14
2.5. Atıksu Geri Kazanımında Arıtma Alternatifleri .....	22
2.5.1. Filtrasyon.....	23
2.5.2. Dezenfeksiyon.....	28
2.5.3. İleri oksidasyon .....	30
2.5.4. Membran ile ayırma prosesleri .....	31
2.5.5. Membran biyoreaktör teknolojisi .....	32
2.6. Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisinde Atıksu Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanımı .....	32
2.7. Et ve Et Ürünleri Ürünleri Endüstrisinde Atıksu Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanımı .....	37
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>46</b>
3.1. İncelenen Et ve Süt Ürünleri Tesisi .....	46
3.1.1. Süt ve süt ürünleri üretimi .....	47
3.1.2. Et ve et ürünleri üretimi.....	51
3.1.3. Yardımcı tesisler .....	53
3.2. Atıksu Arıtma Tesisi .....	55
3.3. Deneysel Metotlar .....	60
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>61</b>
4.1. Et ve Süt Entegre Tesisinde Su Kullanımı ve Atıksu Oluşumu .....	61
4.2. Et ve Süt Entegre Tesisinde Atıksu Karakterizasyonu .....	62
4.3. Et ve Süt Entegre Tesisinde Arıtılmış Atıksu Kalitesi .....	64
4.4. Atıksu Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanım Alternatifleri.....	69

<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>72</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>76</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>79</b>





## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	: Hidrojen Peroksit
TiO <sub>2</sub>	: Titanyum Dioksit
Al	: Alüminyum
Fe	: Demir
Cu	: Bakır
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: Sülfürik Asit
NaOH	: Sodyum Hidroksit
CH <sub>4</sub>	: Metan
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
NH <sub>3</sub>	: Amonyak
H <sub>2</sub> S	: Hidrojen Sülfür
H <sub>2</sub> O	: Su
Cl <sub>2</sub>	: Klorür
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	: Amonyum
NO <sub>3</sub>	: Nitrat
NO <sub>2</sub>	: Azot dioksit
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	: Nitrit İyonu
NH <sub>4</sub> -N	: Amonyum Azotu
NO <sub>3</sub> -N	: Nitrat Azotu
NO <sub>2</sub> -N	: Nitrit Azotu
O <sub>3</sub>	:Ozon
PO <sub>4</sub> -P	: Fosfat fosforu
C	: Karbon
N	: Azot
P	: Fosfor
Q	: Debi
O <sub>2</sub>	: Oksijen Molekülü
B	: Bor
Na	: Sodyum
pH	: Su sisteminin [H <sup>+</sup> ] ve [OH <sup>-</sup> ] iyon konsantrasyonları dengesi
Ca	: Kalsiyum
Mg	: Magnezyum
\$	: Dolar
€	: Euro
°C	: Santigrat Derece

### Kısaltmalar

CIP	: Cleaning in Place (Yerinde Temizlik)
m	: Metre
UV	: Ultraviyole
AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
mm	: Milimetre

cm	: Santimetre
MF	: Mikrofiltrasyon
UF	: Ultrafiltrasyon
NF	: Nanofiltrasyon
RO	: Reverse Osmosis (Ters Osmoz)
$\mu\text{m}$	: Mikrometre
TOK	: Toplam Organik Karbon
GAK	: Granül Aktif Karbon
CEC	: Cation Exchange Capacity (Kasyon Değişim Kapasitesi)
PPCPs	: Pharmaceuticals and Personal Care Products (Kişisel Bakım Ürünleri)
EDCs	: Endocrine Disrupting Chemicals (Endokrin Bozucu Kimyasallar)
İOP	: İleri Oksidasyon Prosesleri
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
BOİ <sub>5</sub>	: 5 Günlük Biyolojik Oksijen İhtiyacı
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
mg	: Miligram
L	: Litre
ppm	: Parts per Million (Milyonda bir birim)
HTST	: High Temperature Short Time (Kısa Sürede Yüksek Sıcaklık)
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
kg	: Kilogram
m <sup>3</sup>	: Metreküp
m <sup>2</sup>	: Metrekare
t	: Time (Zaman)
GMP	: Good Manufacturing Practices (İyi Üretim Uygulamaları)
BRC	: British Retail Consortium (İngiltere Perakende Konsorsiyumu )
ISO	: International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Örgütü)
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
PST	: Peyniraltı Suyu Tozu
dk	: Dakika
DAF	: Dissolved Air Flotation (Çözünmüş Hava Flotasyonu)
YAÇY	: Yukarı Akışlı Çamur Yataklı Reaktör
g	: Gram
GLSS	: Gas-Liquid-Solids Separator ( Sıvı Katı Gaz Ayırıcı )
UYA	: Uçucu Yağ Asidi
AKM	: Askıda Katı Madde
SV <sub>30</sub>	: Sludge Volume (30 Dakikalık Çamur Hacmi )
TN	: Toplam Azot
TP	: Toplam Fosfor
DIN	: Deutsches Institut für Normung (Alman Standartlar Enstitüsü)
$\mu\text{mho}$	: Micromhos
$\mu\text{s}$	: Mikro Siemens
EC	: Electrical Conductivity ( Elektriksel İletkenlik )
SAR	: Sodium Adsorption Rate (Sodyum Adsorpsiyon Oranı)
tad	: Theory and Design (Teori ve Tasarım)
mL	: Mililitre
NTU	: Nephelometric Turbidity Unit (Nefelometrik Bulanıklık Birimi)
TÇKM	: Toplam Çözünmüş Katı Madde

TAKM	: Toplam Askıda Katı Madde
EN	: Europe Norm (Avrupa Normu)
SM	: Standart Metot
UNI	: Italian Organization for Standardization (İtalyan Ulusal Standartlar Enstitüsü)
UVT	: Ultraviyole iletimi
ND	: Not Detected (Saptanmadı)
n/a	: Yok
OTSG	: Once Through Steam Generation System. (Tek Geçişli Buhar Üretim Sistemi)
NC	: Number of Concentration ( Konsantrasyon Sayısı)
FDA	: Food and Drug Administration (Gıda ve İlaç Kuruluşu)
NSF	: National Sanitary Foundation (Ulusal Sağlık Kuruluşu)
VSS	: Volatile Suspended Solids (Uçucu Askıda Katı Madde)
MBR	: Membran Biyoreaktör
AnMBR	: Anaerobik Membran Biyoreaktör
MLVSS	: Mixed Liquor Volatile Suspended Solid (Karışık Sıvıda Askıda Uçucu Madde)
EC	: Elektrokoagülasyon
ED	: Elektrodializ
EDI	: Elektrodionizasyon
GC-MS	: Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
LC-MS	: Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
VS	: Volatile Solids (Uçucu Katılar)
TS	: Total Solid (Toplam Katı)
ABR	: Anaerobik Kanatlı Reaktör
CBOİ5	: 5 Günlük Karbonlu Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
HRT	: Hidrolik Alınma Süresi
sa	: Saat
SWW	: Slaughterhouse Waste Water ( Kesimhane Atıksuyu)
EO	: Elektrokimyasal Oksidasyon
mA	: Miliamper
M	: Molar
AOP	: Advanced Oxidation Processes (İleri Oksidasyon Prosesleri)
R \$	: 1 Hindistan Rupisinin Dolar Karşılığı
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt saat
MJ	: Megajul
TH	: Total Hardness (Toplam Sertlik)
ha	: Hektar
WSDD	: World Summit on Sustainable Development (Sürdürülebilir Kalkınma için Dünya Zirvesi)

## 1. GİRİŞ

Yoğun su tüketen gıda, tekstil, imalat vb. endüstriyel faaliyetlerin yüksek su ihtiyacı; su kaynağının kullanımı ve üretim maliyetleri üzerinde yüksek bir etki oluşturmaktadır. Bu sebeple, su maliyetlerinin azaltılması ve su kaynaklarının korunumu açısından endüstriyel kaynaklardan oluşan atıksuların yeniden kullanılması da önemli bir su geri kazanım ihtiyacı olarak ön görülmektedir. Bir endüstride yeniden kullanımı istenilen su için öncelikle kaynak kontrolü sağlanmalıdır. Kaynak kontrolünde ilk olarak proseste atıksu oluşturan kaynaklar belirlenmelidir. Atıksu kaynakları belirlendikten sonra ise miktarına ve prosesin içeriğine göre önemli kirletici parametreler ve konsantrasyonları saptanmalıdır. Üretim alanında belirlenmiş olan bir kaynak var ise sahip olduğu konsantrasyonu belirlemek için minimum ve maksimum değerleri görebilmek adına belli bir süre numune alınması doğrulama yapılabilmesi için uygun olacaktır. Kaynak, standart değerleri içermek zorunda olan bir proseste ise ortalama değerlere ulaşmak daha kolay olacaktır. Kaynağı oluşturan ham suya ait parametrelerin konsantrasyonlarının artması nedeni ile orijinal halinden daha fazla derişim oranlarında safsızlıklar içerir. Genel olarak, kirletici konsantrasyonlarını oluşturan tek bir kaynak veya benzer kaynaklar topluluğu belirlenebilecektir.

Suyun geri kazanımından sonra amacı da diğer önemli bir unsurdur. Çünkü gıda tesislerinde istenilen proses suyunun kriterleri oldukça özgün karakterler içermekte olup, tarımsal amaçlı kullanıma, içme suyu amaçlı kullanıma, araç ve saha yıkama gibi diğer alternatiflerde alanlarına özgü kriterler içermektedir.

Tüketimi ve dolayısı ile üretimi fazla olan et ve süt ürünleri proseslerinde, öncelikli olarak ürünün kalitesi ve hijyen için su tüketilmektedir. Et tesisi için makine, ekipman ve ortam yıkanmasında, süt tesisi için makine ekipman ve ortam yıkanmasına ilaveten sistemin iç hijyenini sağlayan CIP için yüksek miktarda proses suyu tüketimi olmaktadır. Bunun haricinde ise ürünlerin herhangi bir bakteri gelişimine maruz kalmaması ve tazeliğini koruyabilmesi için 24 saat aktif olan soğutma kulelerinde de önemli ölçüde su kullanılmaktadır. Soğutma sisteminde kullanılan su, su hazırlama ünitesi tarafından ham suyun arıtılmasıyla elde edilmiş bir sudur. Dolayısıyla soğutma sisteminden oluşacak atıksuda kirletici parametrelerinin varlık olasılığı yok denecek kadar azdır.

Bu tez kapsamında; ülkemizde yaygın bulunan gıda sektörlerinden biri olan et ve süt ürünleri sektörü ele alınmıştır. Konya ilinde faaliyet gösteren entegre bir tesiste

Üretim prosesi, su kullanımı ve atıksu oluşum aşamaları, miktarları ve karakterizasyonları incelenmiştir. Oluşan atıksuların, atıksu arıtma tesisinden sonra yeniden kullanım alternatifleri değerlendirilerek mevcut atıksu arıtma tesisine öneriler getirilmiştir.



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisi

Dünya süt ürünleri üretimi son 30 yılda özellikle de 1980'li yılların başından itibaren değişmeye başlamıştır. Süt ürünleri üretiminde meydana gelen bu değişim dünya süt ürünleri tüketimini ve ticaretini de etkilemiştir. 1980'li yıllara kadar dünya ticaretinde süt ürünleri ağırlıklı olarak peynir ve tereyağı olarak işlem görürken son yıllarda bu ürünlerin yanı sıra yoğurt, dondurma ve süt tozu gibi ürünlerinde dünya ticaretinde önem kazandığı görülmektedir (Terin, 2014).

Süt ve ürünlerinin, insan beslenmesinde proteinlerin temel kaynağı olmasıyla birlikte, gıda sanayide ana hammadde olarak da büyük öneme sahiptir. Üretilen sütün % 52,8'i endüstriyel olarak kullanılmaktadır. Süt üretimi dünyada, sabit olarak artmaya devam etmektedir fakat üretimin giderek doyum noktasına ulaştığı söylenebilir. Ancak gelişmekteki ülkelerde tüketimde doyuma ulaşılmadığı için süt tüketimi artarken, gelişmiş ülkelerde azalmanın başlamasının sebebi doyuma ulaşılmasıdır.

Dünya geneline bakıldığında, farklı coğrafyalardaki tüketim alışkanlıklarına, hava koşullarına ve üretilen tarım ürünlerinin çeşitliliğine bağlı olarak süt tüketimlerinde farklılıklar görülmektedir. Okyanusya ve Avrupa bölgesindeki tüketim Afrika ve Asya'ya kıyasla daha üst seviyededir. Özellikle kuzey Avrupa ülkelerinde, başta Finlandiya, İrlanda, Birleşik Krallık, Estonya ve İzlanda olmak üzere, kişi başı yıllık içme sütü tüketimi 100 kg'ın üzerindedir. Finlandiya, Estonya ve İrlanda'daki yıllık kişi başı içme sütü tüketimi, AB ülkeleri kişi başı içme sütü tüketimi ortalamasının iki katı kadardır. Asya ve Afrika ülkelerinde kişi başı içme sütü tüketimi diğer bölgelere göre daha düşükken, Çin dünyada kişi başı süt tüketiminin düşük olduğu' ülkelerdendir (Onurlubaş ve Çakırlar, 2016).

Dünyadaki süt üretim miktarları Çizelge 2.1'de, tüketim miktarları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Ülkelere göre süt üretim miktarları (bin ton) (TİGEM, 2018)

Ülkeler	2000	2010	2012	2013	2014	2015	2016
Dünya	582.091	724.802	753.925	768.640	801.649	806.700	798.476
AB	156.155	153.367	155.919	157.272	164.148	166.673	163.027
ABD	76.023	87.474	90.865	91.271	93.461	94.644	96.385
Türkiye	9.794	13.544	17.404	18.224	18.631	18.655	18.116
Afrika	27.986	44.329	46.192	45.893	46.908	48.771	48.910

**Çizelge 2.2.** Dünya’da bölgeler itibariyle süt tüketimi (kg, süt eşdeğeri olarak) (Terin, 2014)

Bölgeler	2006	2012	% Değişim
Asya	61	71	16,4
Afrika	42	48	14,3
Latin Amerika	129	151	17,1
Rusya + Ukrayna + Belarus	253	255	0,8
AB + Kuzey Amerika + Avustralya + Yeni Zelanda	290	284	-2,1
Türkiye	169	233	37,8
Dünya	101	109	7,9

Türkiye’de de dünyadaki durumdan farksız olarak giderek artan bir üretim durumu var iken 2013 yılından sonra doyuma yaklaşan noktalara gelmiştir. Çizelge 2.3’de 2017 yılında Türkiye’deki sağılan toplam süt miktarları verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Türkiye 2017 sağılan süt dağılımı (ton) (TÜİK, 2018)

Türkiye Sağılan Tür	2017 Yılı (ton)
Sığır sütü (kültür) (manda sütü hariç)	11.355.933
Sığır sütü (kültür melezi) (manda sütü hariç)	6.620.540
Koyun sütü, yerli ve diğerleri, işlenmemiş	1.288.041
Sığır sütü (yerli) (manda sütü hariç)	785.846
Keçi sütü (kıl keçisi ve diğerleri), işlenmemiş	520.197
Koyun sütü, merinos, işlenmemiş	69.401
Manda sütü (yerli)	56.738
Keçi sütü (tiftik), işlenmemiş	3.198

Çizelge 2.4’de Konya’da üretilen süt miktarı verilmiş olup Çizelge 2.5’de Konya ilinin ilçelerindeki toplam üretilen süt miktarları da gösterilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Konya ili 2017 sağılan süt dağılımı (ton) (TÜİK, 2018)

Konya ili sağılan tür	2017 yılı (ton)
Sığır sütü (kültür) (manda sütü hariç)	960.055
Sığır sütü (kültür melezi) (manda sütü hariç)	228.038
Koyun sütü, yerli ve diğerleri, işlenmemiş	73.644
Sığır sütü (yerli) (manda sütü hariç)	12.049
Keçi sütü (kıl keçisi ve diğerleri), işlenmemiş	10.376
Koyun sütü, merinos, işlenmemiş	5.676
Manda sütü (yerli)	347
Keçi sütü (tiftik), işlenmemiş	19

**Çizelge 2.5.** Konya ilçeleri 2017 süt üretimi (ton) (TÜİK, 2018)

Konya İlçesi	2017 yılı (ton)	Konya İlçesi	2017 yılı (ton)
Ereğli	210420	Bozkır	19.013
Çumra	144116	Altınekin	18.239
Meram	113246	Yunak	15.181
Karatay	102664	Güneysınır	14.755
Karapınar	97819	Doğanhisar	14.651
Ilgın	72986	Tuzlukçu	13.639
Cihanbeyli	61714	Halkapınar	12.184
Kadınhanı	56849	Ahırlı	11.834
Akşehir	47985	Akören	10.571
Emirgazi	46415	Derbent	6.619
Sarayönü	41047	Çeltik	5.321
Seydişehir	40405	Derebucak	4.724
Beyşehir	36825	Hadim	4.547
Selçuklu	26253	Taşkent	1.768
Kulu	25409	Yalıhüyük	997

## 2.2. Et ve Et Ürünleri Endüstrisi

Dünya nüfusundaki artışa bağlı olarak, beslenme ve gıda sorunu da artmaktadır. İnsanların dengeli beslenmesi, yeterli hayvansal protein alması gelişen ve gelişmiş ülkelerin öncelikli konusu haline gelmiş, bu nedenle gelişen teknoloji ve sanayileşme politikalarına rağmen hayvancılık sektörü stratejik önemini korumuştur. Dünya et üretiminin %30 civarı sığırlardan, %5 civarı ise küçükbaş hayvanlardan karşılanırken, Türkiye’de domuz eti tüketilmediğinden et üretiminin %88’i sığırlardan, %12’si ise küçükbaş hayvanlardan sağlanmaktadır (Enstitüsü, 2018).



Nüfus artışına bağlı olarak dünyada hayvan sayısı ve kırmızı et üretimi her geçen yıl artmaktadır. Dünyada en fazla büyükbaş hayvan varlığına sahip ülkeler sırasıyla, Hindistan, Brezilya, Çin ve ABD'dir (Enstitüsü, 2018).

Dünya'daki hayvan varlığı Çizelge 2.6'da verilmiştir.

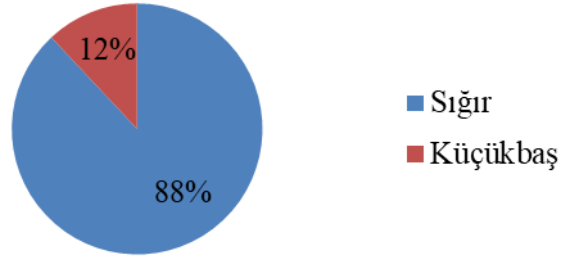
**Çizelge 2.6.** Dünya'da ki hayvan varlığı (1.000 baş) (TİGEM, 2018)

Hayvan Türü	2000	2010	2012	2013	2014	2015	2016
Sığırlar	1.314.761	1.428.636	1.485.212	1.494.349	1.482.144	1.452.464	1.474.888
Koyun-Keçi	1.805.676	2.000.380	2.165.126	2.178.436	2.216.694	2.139.562	2.176.164
Manda	164.114	194.169	198.883	199.784	195.098	196.142	199.280

Türkiye'de hayvancılık genel ekonomi ve tarım sektörü içinde önemli bir yere ve potansiyele sahip bulunmaktadır. Hayvansal üretim faaliyetleri bazı bitkisel ve yan ürünlerin değerlendirilmesi, işgücü verimliliğinin artırılması, işletme karının artması, doğal ve ekonomik koşullardan kaynaklanan risk faktörünün azaltılması vb. faktörler işletmelere olumlu katkılar sağlamaktadır. Ayrıca dengeli beslenme yönünden toplum sağlığı açısından önem taşımaktadır (Vural ve Fidan, 2007).

Kırmızı et; insan beslenmesindeki öneminin yanı sıra coğrafi özelliklerinin büyükbaş ve küçükbaş hayvancılığa elverişli olması, kültürel yapısı itibariyle Türkiye için ayrı bir önem taşır (Saygın ve Demirbaş, 2017).

Türkiye'de domuz eti tüketilmediğinden et üretiminin %88'i sığırlardan, %12'si ise küçükbaş hayvanlardan sağlanmaktadır (Enstitüsü, 2018). Türkiye'de et üretimi Şekil 2.1 ve 2017 yılında Türkiye'de ki toplam hayvan sayıları Çizelge 2.7.'de gösterilmiştir. Hayvan sayısında büyükbaş hayvanlarda önde olan iller Şekil 2.2'de, küçükbaş hayvan sayısında önde olan iller ise Şekil 2.3'de gösterilmiştir. Türkiye'deki üretilen kırmızı et miktarları Çizelge 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Türkiye’de üretilen kırmızı et kaynakları

Çizelge 2.7. Türkiye 2017 yılı hayvan sayısı (TÜİK, 2018)

Türkiye Hayvan Türü	2017 Yılı (Adet)
Koyun(Yerli ve diğerleri)	16.330.171
Süt Sığırları(Saf Kültür)	4.877.588
Koyun(Merinos)	2.940.927
Keçi (Kıl Keçisi ve diğerleri)	2.426.781
Süt Sığırları(Kültür melezi)	1.173.274
Süt Sığırları (Yerli)	601.398
Keçi (Tiftik Keçisi)	86.030
Süt Sığırları (Manda)	69.520



Şekil 2.2. Türkiye’de ki büyükbaş hayvan sayısında önde olan iller



**Şekil 2.3.** Türkiye’de ki küçükbaş hayvan sayısında önde olan iller

**Çizelge 2.8.** Türkiye’de ki kırmızı et üretim miktarları (Ton) (TÜİK, 2018)

Et üretim miktarı (ton)		Dönem 1	Dönem 2	Dönem 3	Dönem 4
Sığır veya dana karkasları	2017	207.779	229.227	290.395	260.080
	2018	221.617	235.901	306.638	239.703

Türkiye’de büyükbaş hayvan üretiminde birinci ve küçükbaş hayvan üretiminde ikinci sırada olan Konya ilinin 2017 yılı resmi kayıtlı hayvan sayıları Çizelge 2.9’da gösterilmiştir.

**Çizelge 2.9.** Konya ili 2017 hayvan sayısı (TÜİK, 2018)

Türkiye hayvan türü	2017 yılı (adet)
Koyun, canlı(yerli ve diğerleri)	932.200
Süt sığırları, canlı (saf kültür)	240.436
Koyun, canlı (merinos)	141.910
Keçi, canlı (kıl keçisi ve diğerleri)	105.875
Süt sığırları, canlı (kültür melezi)	82.147
Süt sığırları, canlı (yerli)	9.116
Keçi, canlı (tiftik keçisi)	452
Süt sığırları, canlı (manda)	270

### 2.3. Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı

WSDD’de 2025 yılından itibaren 3 milyardan fazla insanın su kıtlığı ile yüze geleceği tahmini yer almaktadır. Bunun nedeni olarak, dünyadaki su kaynaklarının yetersizliği değil, iyi yönetilmemesi gösterilmekte ve dünya su krizi bir kıtlık değil, bir yönetim krizi olarak değerlendirilmektedir. Ülkemiz için de önem taşıyan su kaynaklarının sürdürülebilirliği (TUBİTAK, 2011);

- Ölçüm sistemlerinden, izleme ve kontrol sistemlerine kadar uzanan geniş bir alanda ileri teknoloji gerektiren yöntemlerin tanımlanması ve uygulanmasını (TUBİTAK, 2011)

- Alıcı ortamlara yapılacak noktasal kaynaklı deşarjlar için suyun geri kazanımı ve yeniden kullanılmasını sağlayacak biyolojik yöntemlerin ve ileri arıtma teknolojilerinin kullanılmasını (TUBİTAK, 2011)

- Mevcut kirlenmenin giderilebilmesine yönelik olarak da kimyasal ve/veya biyokimyasal süreçlere dayalı teknolojilerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır (TUBİTAK, 2011).

Suyun geri kazanımı, atıksuyun tekrar kullanımı için yeterli seviyede arıtma işlemine tabi tutulması olarak tanımlanabilir. Suyun tekrar kullanımı ise, arıtılmış atıksuyun faydalı ve çeşitli amaçlar için kullanılmasıdır. Geri kazanılan su çoğunlukla endüstrilerde proses suyu ve tarım alanlarında tarımsal sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Bazı endüstrilerde atıksuyun geri kazanımı su tüketimini % 50-95 oranında azaltabilmektedir (Üstün ve Akal-Solmaz, 2008).

Atıksuyun yeniden kullanımı teorik olarak uygun koşulların sağlanması koşuluyla her zaman mümkündür. Bu da, şüphesiz ekonomik olanaklara bağlıdır. Arıtılmış atıksuyun kalitesi ile suyun geri kullanım amacına göre istenen su özellikleri birbirleriyle uyumlu olmalıdır. Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımı için seçilecek teknoloji; arıtılmış atıksuyun özellikleri, yeniden kullanım amaçları için kalite kriterleri, güvenilirlik, işletme kolaylığı ve ekonomik olanaklar konuları göz önüne alınarak planlanmalıdır (Tarı, 2011).

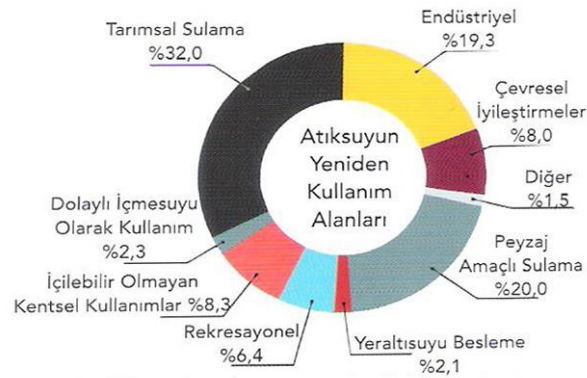
Ülkemizde, “Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği’nde” atıksuların geri kazanımı ve yeniden kullanımına ilişkin düzenlemeler yer almaktadır. Tebliğ’de “Atıksu geri kazanımı için uygulanan arıtma teknolojileri ve giderdikleri kirleticiler” tablosunda, askıda katı maddeler, koloidal maddeler, partiküler ve çözünmüş organik maddeler, azot, fosfor, eser maddeler, toplam çözünmüş maddeler, bakteri, protozoa ve virüsler giderilmesi gereken parametreler olarak belirtilmiş ve arıtma yöntemleri verilmiştir. Aynı tebliğde “Atıksu geri kazanım maksadı ve uygulanabilecek arıtma sistemleri” tablosunda, yeşil alan, golf sahaları ve tarımsal sulama, sulakalan beslemesi, dolaylı kullanım suyu, endüstriyel soğutma ve proses suyu amaçlı olarak biyolojik arıtma, filtrasyon, ileri arıtma ve dezenfeksiyon işlemlerinden sonra kullanılabilceği belirtilmiştir. Bu Tebliğ’de sulama suyu amaçlı kullanım için ölçülen parametrelere ve arıtım proseslerine geniş yer verilmiştir. BOİ<sub>5</sub>, pH, bulanıklık, fekal koliform, virüs,

protozoa ve helmint analizi ve bakiye klor, tuzluluk, SAR ve diğ er iz elementler ve ağır metal parametrelerinin, sulama suyu amaçlı kullanım için standart değerleri sağlaması gerekmektedir . Ayrıca, “Sulama Sularının Kalitesi ve Kullanılmış Suların Yeniden Kullanılması Hakkında Yönetmelik” kapsamında bu kriterlere ek olarak NO<sub>3</sub>-N, toplam pestisit, bikarbonat ve Escherichia coli sayısı da ilave edilmiştir (Katip, 2018).

Ülkemiz için geri kazanılan atıksuların öncelikli yeniden kullanım alanları; tarımsal sulama, park ve bahçe sulaması, sanayi soğutma ve proses suyu olarak kullanılmasıdır (Öz bay ve Kavaklı, 2008).

Düzenli bir sanayi üretimi düzenli ve güvenilir su kaynakları gerektirdiğ inden, su kıtlığı ve kalite bozulması sanayi için artan bir risk oluşturmaktadır. Su kalitesi ile ilgili riskler sanayinin gelişmesini sınırlamaktadır. Birçok sanayi sektörü yüksek kalitede suya ihtiyaç duymakta ve bu da ek arıtım ihtiyaçları doğurmaktadır. Kirlenmiş yüzey ve yeraltı sularının kullanılması halinde maliyeti oldukça yüksek arıtım ihtiyaçları ortaya çıkabilmektedir. Bu durum sanayi suyu etkin ve geri dönüşümlü kullanmaya sevk edecek olsa da, büyük olasılıkla, sanayi aktivitelerinin su kaynakları açısından daha uygun yerlere kaydırılmasına neden olacaktır (Muluk ve ark., 2013).

Dünya’da atıksuyun yeniden kullanım alanları Şekil 2.4’de gösterilmiştir. En yüksek oranda yeniden kullanım alanı, %32,0 oranında tarımsal sulama amaçlı yeniden kullanım iken, peyzaj amaçlı sulama %20,0 ve endüstriyel kullanım oranı %19,3’dür. En az orana sahip olan yeraltı suyunun arıtılmış atıksu ile besleme uygulaması oranı %2,1’dir.



Şekil 2.4. Dünya’da atıksuyun yeniden kullanım alanları (Nas, 2018)

Atıksular içerisinde suyun kaynağına ve arıtma derecesine bağlı olarak patojenler, ağır metaller, toksik bileşikler, mikrokirleticiler, tuzlar, organik ve inorganik maddeler, askıda katı maddeler gibi kirleticiler bulunabilir. Patojenlerin sudaki bulunurluğu arıtma derecesine bağlı olarak değişmektedir. Patojenlerin insan sağlığına zarar vermeyecek seviyelere indirilmesi için atıksuların muhakkak arıtılması ve uygun dezenfeksiyon yöntemleri kullanarak dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Günümüzde birçok dezenfeksiyon yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde en yaygın kullanım alanını klor, ozon, perasetik asit ve ultraviyole ışın oluşturmaktadır. Hiç arıtılmamış, kısmi ya da ikincil biyolojik arıtılmış atıksular farklı türlerde ve farklı miktarlarda da olsa insan sağlığını tehdit edecek patojenler içermektedir. Örneğin, Fransa’nın Clermont-Ferrand kentinin aktif çamur, azot ve fosfor giderme ünitelerinden oluşan arıtma tesisinde arıtılan kentsel atıksular ile 1500 ha’lık bir alan döner fiskiyeler ile sulanmaktadır. Bölgede yapılan bir çalışmada Hepatit E virüsünün arıtma sonrası tamamen giderilemediği, farklı miktarlarda hem suda hem de atıksu aerosollerini nedeniyle sulama yapılan bölgedeki havada bulunduğu tespit edilmiştir (Mesut ve Top, 2018).

Tekrar kullanılacak olan atıksu için gerekli olan kalite, tekrar kullanım amacına bağlıdır. Şehir suyu, tarımsal sulama suyu, banyo suyu ve gıda endüstrisinde kullanılacak su için oldukça yüksek su kalitesi gereklidir. Bu sebeple özellikle hijyenik ve estetik konulara dikkat edilmelidir. Atıksuların tekrar kullanımını öncelikle aşağıdaki alanlarda söz konusudur (Hepşen, 2010);

- İçilebilir suların geri kazanılması; yüksek saflıkta tekrar arıtılmış su ile mevcut su stoğunun harmanlanması

- Sosyal aktivite/çevresel kullanım; göller ve gölcükler, balıkçılık, tuzlu su karışımının önlenmesi
- Atıksuların yeraltı sularının zenginleştirilmesi amacıyla kullanımı; tuzlu su karışması denetimi
- Şehirlerde ikinci bir boru sistemiyle, atıksuların içme suyu dışındaki amaçlar için kullanımı; tuvalet rezervuar suyu, araba yıkama, yangın söndürme suyu, elbise yıkama
- Endüstrilerde atıksuların tekrar kullanımı; kazan besleme suyu, proses suyu
- Tarımsal sulama
- Peyzaj sulama; parklar, okul bahçeleri, spor sahaları vb.dir (Hepşen, 2010).

Atıksuyun yeniden kullanımı ile meydana gelen her türlü risk entegre bir şekilde ele alınmalıdır. Atıksuların tekrar kullanımı için bazı şartlar bulunmaktadır (Hepşen, 2010);

- Saha: Çeşitli su arıtma yöntemlerine, sistem koşullarına ve ilgili ulusal standartlara uygunluğu
- Sistem tasarım standartları: Ulusal standartlar, lisanslara uygunluk
- Sistem kurulumunun denetimi: Yetkili kurulum mühendislerine ruhsat verilmesi
- İşletim ve bakım standartları: Kullanılacak teknolojilere bağlıdır.
- Sistem denetimi: Sistemin işleyişini elverişli hale getirecek şekilde risklerin azaltılması için gerekli denetim süreleri ve koşullarıdır (Hepşen, 2010).

Atıksuyun içindeki çözünmüş tuzlar, bor, ağır metal ve benzeri toksik maddeler yörenin iklim şartlarına ve toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak ortamda birikebilir, bitkiler tarafından alınabilir veya suda kalabilir. Bu nedenle arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanılması ve bertarafı söz konusu ise suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından öngörülen sınır değerlere uygunluğunun yanı sıra bölgenin toprak özellikleri de dikkate alınmalıdır. Atıksuların tarımsal sulama amaçlı kullanılmasında karşılaşılan problemler ve mühendislik çözüm önerileri Çizelge 2.10'da verilmiştir (Harman, 2014).

**Çizelge 2.10.** Atıksuların tarımsal sulamada kullanımında karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri (Harman, 2014)

Kullanım Sırasında Sudaki İçerikler Tarafından Oluşturulan Problemler	Çözümler/Arıtma Opsiyonları
Karbonat ve bikarbonat miktarına göre toprak geçirimsizliğinin azalması Suda bulunan bileşiklerin ürün işlenmesini etkilemesi	İleri arıtma yöntemleriyle karbonat ve bikarbonat giderimi Spesifik olarak giderimi istenen bileşiğe göre optimize edilmiş ileri arıtma İleri arıtma ile yumuşatma (membran prosesleri); toprağa şartlandırıcılar eklemek ve periyodik olarak aşırı mineralleri topraktan sızdırmak; arıtma öncesi tuzluluk kontrolü
Klorür, sodyum gibi iyonların toprakta birikmesi nedeniyle mahsul azalması	Biyolojik nütrient giderim prosesleri (nitrifikasyon/denitrifikasyon ve fosfor giderimi)
Çiçek türü bazı ürünlerin nütrientlere karşı hassasiyet göstermesi Kadmiyum, kurşun ve civa gibi ağır metallerin ürünlerin biyolojisine zarar vermesi	İleri arıtma sistemleri (membran, adsorpsiyon prosesleri)
Sulama sistemleri ve püskürtücülerin tıkanması	Kullanım sahasında ön filtrelerin kurulması
Yüksek azot veya nitrat muhtevassından dolayı yeraltı sularının kirlenmesi, istenmeyen vejetasyonun oluşup ürün kalitesini bozması	Biyolojik nütrient giderim prosesleri (nitrifikasyon/denitrifikasyon)

Endüstriyel tesislerde proses atıksuyu olduğu gibi evsel atıksu da oluşmaktadır.

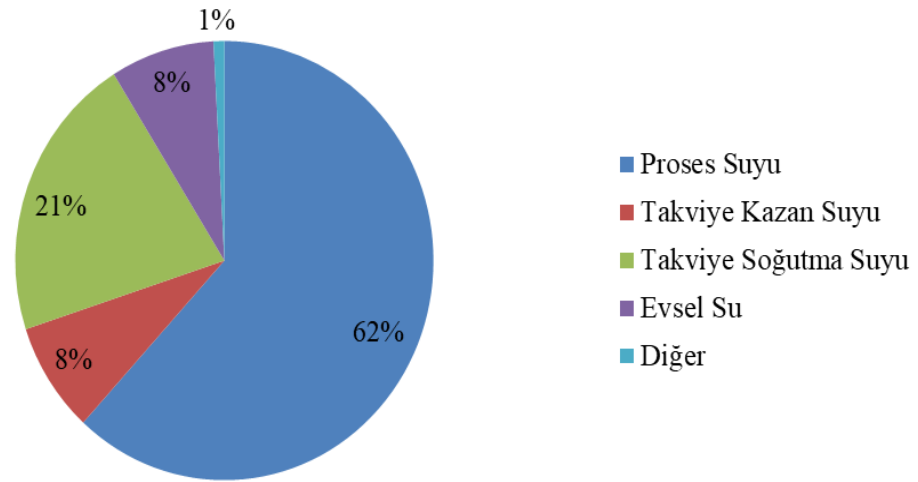
Evsel atıksuların, lavabo, duş ve küvetten kaynaklanarak dışkı içermeyen kısmına gri su adı verilir. Söz konusu gri su, evsel atıksuyun en az kirli olan kısmıdır ve tekrar kullanılmak üzere rahatlıkla arıtılabilmektedir. Atıksuyun tuvalet kaynaklı kısmına ise siyah su adı verilir. Evsel kullanımlardan oluşan atıksuyun yaklaşık %80'i gri su, geri kalan %20'si siyah sudan oluşmaktadır. Mevcut araştırmalara göre, bu suların tuvalet rezervuarları, yangın tesisatı, çamaşır yıkama, bahçe sulama, araba yıkama ile süs havuzlarında kullanımının, hatta yüzeysel sulara doğrudan deşarjının uygun olduğu kanıtlanmıştır. Bazı durumlarda çamaşır makinesi ve mutfaktan atılan su da gri suyla birleştirilerek de geri kazanım sağlanabilir (Tanık ve ark., 2016).



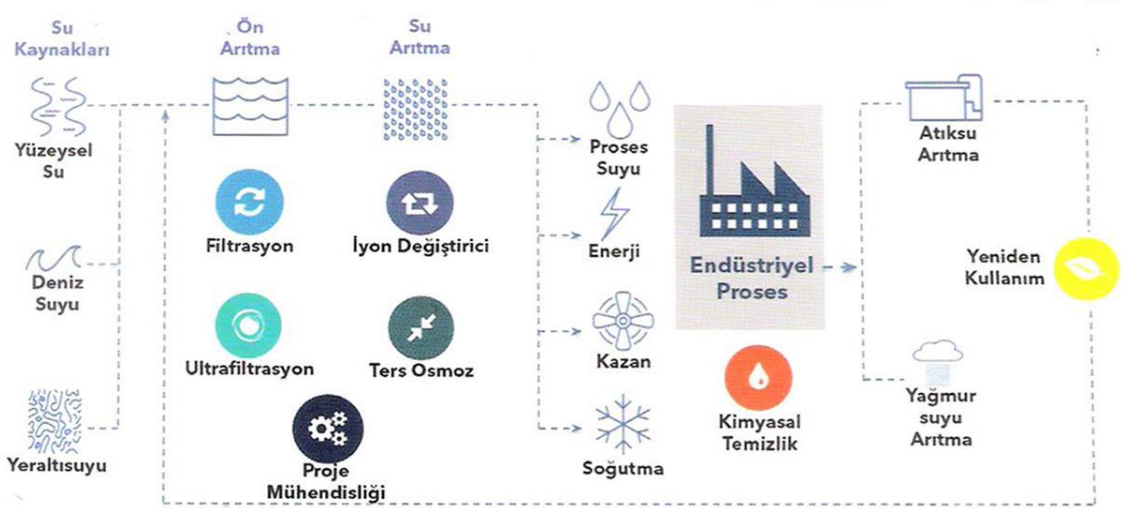
## 2.4. Endüstrilerde Atıksu Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanımı

Yoğun su tüketen gıda, tekstil, imalat vb. endüstriyel faaliyetlerin yüksek su ihtiyacı; su kaynağının kullanımı ve üretim maliyetleri üzerinde yüksek bir etki oluşturmaktadır. Bu sebeple, su maliyetlerinin azaltılması ve su kaynaklarının korunumu açısından endüstriyel kaynaklardan oluşan atıksuların yeniden kullanılması da önemli bir su geri kazanım ihtiyacı olarak ön görülmektedir. Suyun geri kazanımından sonra kullanılacak alanı da diğer önemli bir unsundur. Çünkü gıda tesislerinde istenilen proses suyunun kriterleri oldukça özgün karakterler içermektedir. Gıda endüstrisinde imalat sürecinde kullanılan su tüketim yüzdeleri Şekil 2.5’de verilmiştir. Buna göre gıda endüstrisinde en fazla su tüketimi %62 ile proseste, %21 ile takviye soğutma suyunda, %8 ile evsel su ve takviye kazan suyunda, %1 ile diğerde gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 2.6 endüstriyel proseste kullanılabilir su kaynakları, arıtma yöntemleri, suyun kullanım alanları ve yeniden kullanımı gösterilmiş (Nas, 2018).

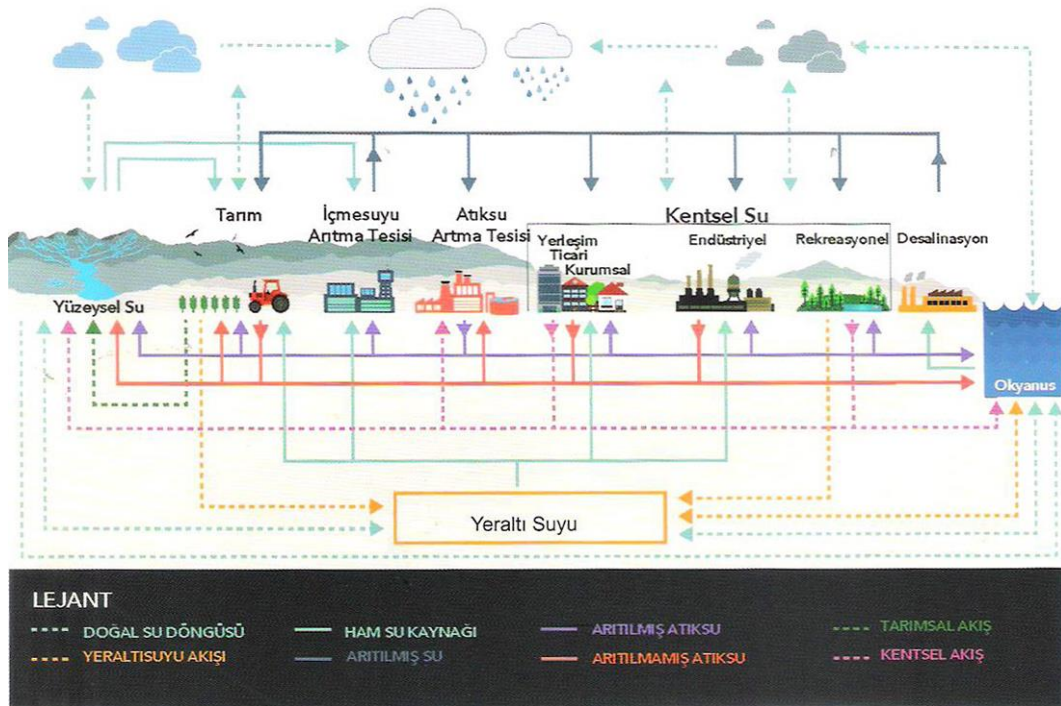


Şekil 2.5. Gıda endüstrisinde su tüketim yüzdeleri



Şekil 2.6. Endüstriyel proseste su ve atıksuyun kullanımı (Nas, 2018)

Yeryüzünde doğal su döngüsü içerisinde, içme suyu temini (yerüstü, yeraltı suyu, deniz suyu) ve atıksu oluşumu ile çeşitli sektörel su kullanımlarına bağlı olarak arıtılmış atıksuların yeniden kullanım alanları Şekil 2.7’de özetlenmiştir. Evsel atıksular ve endüstriyel atıksular arıtıldıktan sonra farklı alanlarda yeniden kullanılabilir.



Şekil 2.7. Su ve atıksu döngüsünde yeniden kullanım (Nas, 2018)

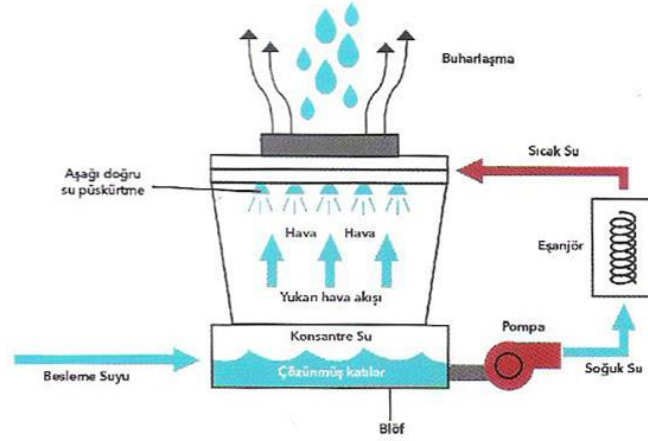
Endüstriyel atıksular, hammaddelerin işlenmesi sürecinde kullanılan sulardır. Bu süreci yıkama, pişirme, ısıtma, ayırma, taşıma ve kalite kontrol gibi adımlar

oluşturmaktadır. Kirletici sınıfına giren maddelerin parametrelerinin miktarı su kalitesini olumsuz etkileyecek miktarlarda bulunuyor ise su kirliliğine sebep olmaktadır. Endüstriyel atıksular aynı zamanda tesis içerisindeki temizlik, mutfak kullanımları gibi alanlardan oluşan evsel atıksuları da barındırmaktadır. Evsel atıksularda genellikle organik ve inorganik maddeler bulunur ve yaklaşık %95'i sudan oluşmaktadır. İnsani atıkları barındıran evsel atıksular yüksek miktarda patojen bulundurabilmektedir. Bu patojenler canlılar üzerinde tifo, tüberküloz vb. hastalıkların oluşmasına yol açabilir. Endüstriyel atıksular, imal edilen ürünün türüne ve kullanılan hammadde çeşidine göre farklılıklar gösterebilir. Endüstrilerde oluşan atıksular birkaç parametre açısından zengin içeriğe sahip iken arıtma tesisinde gerekli olabilecek diğer bazı parametreler açısından ise fakir olabilirler. pH değeri bakımından alıcı ortama veya kanalizasyona deşarj sınırlarına uygun olmayabilir. Endüstri tesisinde oluşan atıksuyun karakteri zamana ve aşamalara bağlı değişiklik gösterebilmektedir. Endüstriyel tesislerde atıksu arıtımı ve geri kazanımı için kullanılacak örnek arıtma sistemleri Çizelge 2.11'de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.11.** Atıksu geri kazanım maksadı ve uygulanabilecek arıtma sistemleri (AATUT, 2010)

Atıksu geri kazanım maksadı	Arıtma sistemleri
Endüstriyel Soğutma Suyu	Azot gideren Aktif Çamur Sistemi + Mikrofiltrasyon + UV
Endüstriyel Proses Suyu	Azot gideren Aktif Çamur Sistemi + Filtrasyon + NanoFiltrasyon + İyon Değişirme + UV
Tarımsal Sulama	Klasik Aktif Çamur + Filtrasyon + Klorlama
Dolaylı Kullanım Suyu (Yeraltı veya Yüzey Sularını Besleme)	Nitrifikasyon İçeren Aktif Çamur Sistemi + Kimyasal Fosfor Giderimi + Filtrasyon + Klorlama

**Soğutma kulesi tamamlama suyu olarak kullanımı:** Soğutma kuleleri, proses ısını düşürmek ve bu ısıyı buharlaşma ile transfer eden devir daimli buharlaşmalı soğutma sistemleridir. Soğutma suyu devridaim yaparken, buharlaşmayla kaybolan suyun yerini almak için make-up suyu (tamamlama suyu) gereklidir. Soğutma suyunda çözünmüş katıların birikmesini önlemek için su periyodik olarak soğutma suyu sisteminden çıkarılmalıdır. Soğutma kuleleri ve sprey (püskürtme) havuzları olmak üzere yaygın olarak kullanılan iki tip buharlaştırma soğutma suyu sistemleri vardır. Püskürtme havuzları yaygın olarak kullanılmamakla birlikte genel olarak geri kazanılmış su kullanmazlar. Teknolojik gelişmelerle birlikte daha verimli hale gelen soğutma kulelerinde make-up (tamamlama) suyu ihtiyacı azalmıştır. Şekil 2.8'de soğutma kulesi su akım şeması gösterilmiştir (Nas, 2018).



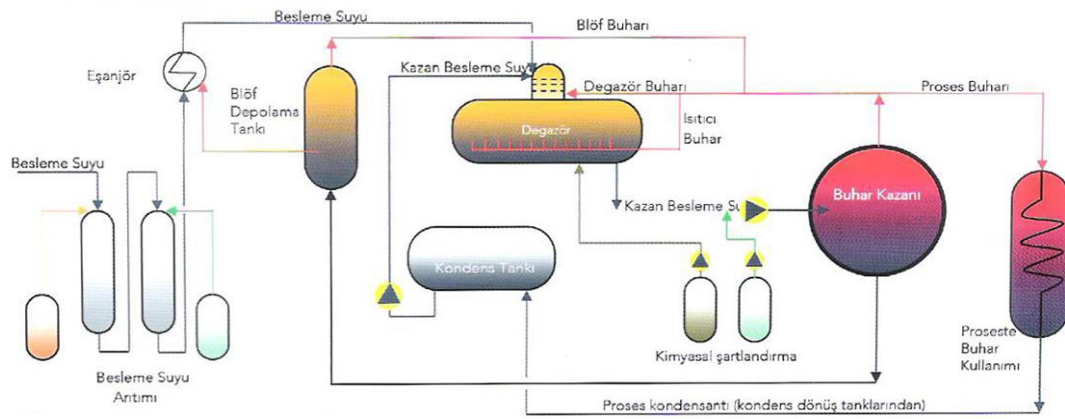
Şekil 2.8. Soğutma kulesi su akım şeması (Nas, 2018)

Geri kazanılmış su, genellikle yüksek düzeyde arıtma nedeniyle mikroorganizmaların çok düşük konsantrasyonlarına sahipken, soğutma kulelerinde geri kazanılmış su kullanımı ile ilgili en önemli konulardan biri, nütrient mevcut olduğunda biyolojik büyümenin oluşumu ile ilgilidir. Biyolojik büyüme, ısı transferini etkileyebilen ve asit veya aşındırıcı yan ürünlerden kaynaklanan mikrobiyolojik korozyona neden olan ve metal yüzeylerin su arıtma korozyon inhibitörlerinden koruyabileceği ve mikroorganizma birikiminin altında korozyon oluşturabileceği, istenmeyen biyofilm tabakaları üretebilir. Biyolojik filmler hızla büyüebilir ve ısı değiştiricilerini tıkayabilir, soğutma kulesi ortamında film oluşturabilir veya soğutma kulesi su dağıtım püskürtücülerini/spreylerini tıkayabilir. Soğutma kulelerinde scale (kazantaşı) de bir sorun olabilir. Geri kazanılmış suda scale potansiyeline neden olan başlıca bileşenler kalsiyum, magnezyum, sülfat, alkalinite, fosfat, silika ve florürdür. Konsantre soğutma suyunda scale oluşturan mineraller arasında genellikle kalsiyum fosfat (en yaygın), silika (oldukça yaygın) ve kalsiyum sülfat (oldukça yaygın) bulunur; Daha az bulunan diğer mineraller kalsiyum karbonat, kalsiyum florür ve magnezyum silikati içerir. Scale oluşturma potansiyeline sahip bileşenler, kimyasal arıtma ve/veya konsantrasyon döngüleri ayarlanarak değerlendirilmeli ve kontrol edilmelidir. Soğutma kulelerinde kullanılacak su özellikleri Çizelge 2.12'de verilmektedir (Nas, 2018).

**Çizelge 2.12.** Soğutma kulelerinde kullanılacak su özellikleri (Nas, 2018)

Parametre	Birim	Soğutma kuleleri			
		Tek geçişli sistem		Resürkilasyon sistem	
		Tatlı su	Tuzlu su	Tatlı su	Tuzlu su
Silika	mg/L	50	25	50	25
Alüminyum	mg/L			0,1	
Demir	mg/L			0,5	
Mangan	mg/L			0,5	
Kalsiyum	mg/L	200	520	50	420
Bikarbonat	mg/L	600		25	
Sülfat	mg/L	680	2.700	200	2700
Klorür	mg/L	600		500	
Florür	mg/L	600	19	500	19
Çözünmüş Madde	mg/L	1.000	35	500	35
Askıda Katı Madde	mg/L	5.000	2500	100	100
Sertlik	mg/L CaCO <sub>3</sub>	850	6.250	130	6.250
Alkalinite	mg/L CaCO <sub>3</sub>	500	115	20	115
pH	-	5-8,3			
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	75	75	75	75
Sıcaklık	°C	38	49	38	49
Bulanıklık	NTU	5.000	100		

**Buhar kazan sisteminde kullanımı:** Kazan make-up suyu için geri kazanılmış su kullanımı konvansiyonel içilebilir su kullanımından çok farklıdır, her ikisinde kapsamlı ön arıtmaya tabi tutulmalıdır. Kazan make-up suyu için su kalitesi gereksinimleri, kazanın çalıştırıldığı basınca bağlıdır; Genel olarak yüksek basınçlar daha kaliteli su gerektirir. Birincil kaygı scale büyümesi ve ekipman korozyonudur. Kazan make-up suyu olarak kullanmak için içme suyu veya geri kazanılmış suda sertlik kontrolü yapılmalı ve sertliğin giderilmesi gerekmektedir; ek olarak, çözünmeyen kalsiyum ve magnezyum scale kontrolü ve silika ve alüminanın kontrolü de gereklidir. Bikarbonat, karbonat ve hidroksil içeriği ile belirlendiği üzere yeniden kazanılmış suyun alkalinitesi de önemli olduğundan kazan besleme suyundaki aşırı alkalinite konsantrasyonları, kazan içi köpük oluşumu ve kazan buhar hattında taşınımlara neden olabilir, buda ısıtıcılarda ve türbinlerde birikintilere neden olur. Şekil 2.9'da buhar kazan sisteminde kullanılan su ve buhar hatları gösterilmiştir. Çizelge 2.13'de kazan işletmecileri için Amerikan Kazan Üreticileri Birliği su içerisindeki parametreler için maksimum konsantrasyon limitleri verilmektedir (Nas, 2018).



Şekil 2.9. Buhar kazan sistemi su ve buhar akım şeması (Nas, 2018)

Çizelge 2.13. Tavsiye edilen kazan suyu limitleri (Nas, 2018)

Kazan işletme basıncı	0-300	301-450	451-600	601-750	751-900	901-1.000	1.001-1.500	1.501-2.000	OTSG
<b>Buhar</b>									
TÇKM mak.(ppm)	0.2-1.0	0.2-1.0	0.2-1.0	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1	0.1	0.05
<b>Kazan Suyu</b>									
TÇKM mak.(ppm)	700-3500	600-3000	500-2500	200-1000	150-750	125-625	100	50	0.05
Alkalinite mak.(ppm)	350	300	250	200	150	100	n/a	n/a	n/a
TAKM mak.(ppm)	15	10	8	3	2	1	1	n/a	n/a
İletkenlik mak.(µmho/cm)	1100-5400	900-4600	800-3800	300-1500	200-1200	200-1000	150	80	0.15-0.25
Silika mak.(ppm SiO <sub>2</sub> )	150	90	40	30	20	8	2	1	0.02
<b>Besleme Suyu ( Degazör Sonrası, Kondens ve Tamamlama Suyu)</b>									
Çözülmüş Oksijen (ppm O <sub>2</sub> )	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	n/a
Toplam Demir (ppm Fe)	0.1	0.05	0.03	0.025	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Toplam Bakır (ppm Cu)	0.105	0.025	0.02	0.02	0.015	0.01	0.01	0.01	0.002
Toplam Sertlik (ppm CaCO <sub>3</sub> )	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.05	ND	ND	ND
pH @ 25°C	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.3-10.0	8.8-9.6	8.8-9.6	8.8-9.6	n/a
TOK ( ppm C )	1	1	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	ND
Yağ-Gress (ppm)	1	1	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2	ND

**Tarımsal sulama amaçlı kullanımı:** Artırılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanımı Dünya genelinde çok yaygın bir uygulama olup ülkemizde Su Kirliliği Kontrolü

Yönetmeliği Madde 28'e göre sulama suyunun yetersiz olduğu ve ekonomik değer taşıdığı yörelerde, verilen sulama suyu kalite kriterlerini sağlayacak derecede artırılmış atıksuların, sulama suyu olarak kullanılması teşvik edilmektedir (Üstün ve Akal-Solmaz, 2008).

Genel sınıflandırma olarak yönetmelikte belirtilen sınırlar Çizelge 2.14'de verilmiş olup, uygulanacak araziye, geri kullanımı yapılacak prosese veya geri kazanım olarak kullanılabilmesi alana göre değişiklik gösterebilir. Sulama suyu olarak kullanılacak ise yönetmeliğe uygun olarak Çizelge 2.15'de verilen kimyasal sınır değerleri ve kalite kontrol kriterlerine uygun olması gerekmektedir.

Atıksularda bulunan ağır metaller, bor, çözülmüş tuzlar ve toksik maddeler alan koşulları, iklim, toprağın özellikleri gibi etkenlerle ortamda birikebilir ve bitkiler tarafından alınabilir. Bu yüzden, atıksuların arıtıldıktan sonra arazide kullanımı, sulama suyu veya bertarafı gibi bir durumda; su kimyasal, biyolojik ve fiziksel açıdan belirlenen sınırlara uygunluğu haricinde, bulunulan bölgenin iklim şartları, toprak şartları gibi durumlarda dikkate alınmalıdır.

Çizelge 2.14. Sulama suyunun kimyasal kalitesinin değerlendirilmesi için geliştirilmiş tablo (AATUT, 2010)

Parametreler	Birimler	Kullanımında zarar derecesi		
		Yok (I. sınıf su)	Az - orta (II. sınıf su)	Tehlikeli (III. sınıf su)
<b>Tuzluluk</b>				
İletkenlik	µS/cm	< 700	700-3000	>3000
Toplam çözülmüş Madde	mg/L	< 500	500-2000	>2000
<b>Geçirgenlik</b>				
SAR <sub>rad</sub>	0-3	EC ≥ 0.7	0.7-0.2	< 0.2
	3-6	≥ 1.2	1.2-0.3	< 0.3
	6-12	≥ 1.9	1.9-0.5	< 0.5
	12-20	≥ 2.9	2.9-1.3	< 1.3
	20-40	≥ 5.0	5.0-2.9	< 2.9
<b>Özgül iyon toksisitesi</b>				
Sodyum (Na)				
Yüzey sulaması	mg/L	< 3	3-9	> 9
Damlatmalı sulama	mg/L	< 70	> 70	
Klorür (Cl)				
Yüzey sulaması	mg/L	< 140	140 -350	> 350
Damlatmalı sulama	mg/L	< 100	> 100	
Bor (B)	mg/L	< 0.7	0.7-3.0	> 3.0

Çizelge 2.15. Sulamada geri kullanılacak arıtılmış atıksuların sınıflandırılması (AATUT, 2010)

Geri kazanım türü	Arıtma tipi	Geri kazanılmış suyun kalitesi <sup>a</sup>	İzleme periyodu	Uygulama mesafesi <sup>b</sup>
<b>Sınıf A</b>				
<i>a-Tarımsal sulama: Ticari olarak işlenmeyen gıda ürünleri<sup>d</sup></i>				
<i>b-Kentsel alanların sulanması</i>				
a)Yüzeysel ve yağmurlama sulama ile sulanan ve ham olarak direkt olarak yenilebilen her tür gıda ürünü	-İkincil arıtma <sup>e</sup> -Filtrasyon <sup>f</sup> -Dezenfeksiyon <sup>g</sup>	-pH=6-9 -BOİ5 < 20 mg/L -Bulanıklık < 2 NTUf -Fekal koliform: 0/100 mL <sup>g,h</sup> -Bazı durumlarda, spesifik virüs, protozoa ve helmint analizi istenebilir. -Bakiye klor > 1 mg/L <sup>i</sup>	-pH: Haftalık -BOİ5: Haftalık -Bulanıklık: Sürekli -Koliform: günlük -Bakiye klor: sürekli	İçme suyu temin edilen kuyulara en az 50 m mesafede
b)Her türlü yeşil alan sulaması (Parklar, golf sahaları vb.)				
<b>Açıklamalar:</b>				
-Tarımsal sulamada tavsiye edilen ağır metal analizlerine dikkat edilmelidir.				
-Standartları sağlamak üzere filtrasyon öncesinde koagülant ilavesi yapılabilir.				
-Geri kullanılacak arıtılmış atıksu renksiz ve kokusuz olmalıdır.				
-Virüs ve diğer parazitlerin yok edilmesi için daha uzun dezenfeksiyon temas süreleri kullanılabilir.				
-Arıtılmış atıksu dağıtım sisteminde (en son uygulama noktasında) bakiye klor değeri 0.5 mg/L'nin üzerinde olmalıdır.				
-Virüs ve diğer parazitlerin yok edilmesi için daha uzun dezenfeksiyon temas süreleri kullanılabilir.				
-Yüksek nütrient içeriği besinleri büyüme aşamasında etkileyebilir.				
<b>Sınıf B</b>				
<i>a-Tarımsal sulama: Ticari olarak işlenen gıda ürünleri<sup>m</sup></i>				
<i>b-Girişi kısıtlı sulama alanları</i>				
<i>c- Tarımsal sulama: Gıda ürünü olmayan bitkiler</i>				
a)Meyve bahçeleri ve üzüm bağları gibi ürünlerin salma sulama ile sulanması	-İkincil arıtma <sup>e</sup> -Dezenfeksiyon <sup>g</sup>	-pH=6-9 -BOİ5 < 30 mg/L -AKM < 30 mg/L -Fekal koliform < 200 ad/100 mL <sup>g,h</sup> -Bazı durumlarda, spesifik virüs, protozoa ve helmint analizi istenebilir. -Bakiye klor > 1 mg/L <sup>i</sup>	-pH: Haftalık -BOİ5: Haftalık -AKM: günlük -Koliform: günlük -Bakiye klor: sürekli	-İçme suyu temin edilen kuyulara en az 90 m mesafede. -Yağmurlama sulama yapılıyor ise halkın bulunduğu ortama en az 30 m mesafede
b)Çim üretimi ve kültür tarımı gibi halkın girişinin kısıtlı olduğu yerler				
c)Otlak hayvanları için mera sulaması				
<b>Açıklamalar:</b>				
-Tarımsal sulama için tavsiye edilen limitlerde gözönünde bulundurulmalıdır.				
-Püstkürtmeli sulama yapılıyor ise AKM < 30 mg/L olmalıdır.				
-Yüksek nütrient içeriği besinleri büyüme aşamasında etkileyebilir.				
-Süt hayvanlarının meralara girişi sulamayalıktan 15 gün sonra olmalıdır. Bu süre kısa olması gerektiği durumlarda, fekal koliform değeri en fazla 14 ad/100 mL olabilir.				
<sup>n</sup> Aksi belirtilmedikçe, arıtılmış atıksu kalitesini belirlemektedir.				
<sup>o</sup> Su kaynaklarını ve dolayısıyla insanları arıtılmış atıksuyun etkisinden korumak için konulu bir sınırlamadır.				
<sup>p</sup> İkincil arıtma, aktifçamur sistemleri, biyodisk danlatmalı filtreler, stabilizasyon havuzları, havalandırılmalı lagünleri vb içerebilir.				
<sup>q</sup> Kum filtreleri veya mikrofiltrasyon ile ultrafiltrasyon gibi membran filtreler olabilir.				
<sup>r</sup> Dezenfektant olarak klor kullanılması, diğer dezenfeksiyon yöntemlerinin de kullanımını kısıtlamaz.				
<sup>s</sup> Tavsiye edilen bulanıklık değeri dezenfeksiyon öncesinde sağlanmalıdır. Hiç bir zaman 5 NTU'yu geçmemelidir. Bulanıklık yerine AKM'nin kullanıldığı durumlarda, AKM değeri 5 mg/L'nin altında olmalıdır.				
<sup>t</sup> 7 günlük ortalama değerleri karakterize eder.				
<sup>u</sup> Fekal koliform değeri hiç bir zaman 14 ad/100 mL'yi geçmemelidir.				
<sup>v</sup> Bakiye klor değeri 30 dk temas süresi sonrasındaki değeri karakterize etmektedir.				
<sup>w</sup> Fekal koliform değeri hiç bir zaman 300 ad/100 mL'yi geçmemelidir.				
<sup>x</sup> Stabilizasyon havuzları fekal koliform değerini dezenfeksiyon olmadan da sağlayabilir.				
<sup>y</sup> İleri arıtma uygulanmalıdır.				
<sup>z</sup> Ticari olarak işlenen gıda ürünleri halka satılmadan önce patojen mikroorganizmaların öldürülmesi için fiziksel veya kimyasal bir işlemden geçirilen ürünlerdir.				



## 2.5. Atıksu Geri Kazanımında Arıtma Alternatifleri

Konvansiyonel arıtma tesislerinden çıkan arıtılmış sular çeşitli özelliğe sahip kirleticilerden büyük miktarlarda bulundurabilmektedirler. Bu tür suların alıcı ortama verilmesi, su kaynağının yararlı kullanımı açısından istenmeyen bir durum olabilmektedir. İleri arıtma teknikleri ile arıtma tesislerinde uzaklaştırılmayan veya parçalanamayan dayanıklı kirletici maddeler zararsız hale getirilebilir (Hepşen, 2010).

Çıkış suyu kalitesi gereksinimleri çıkış suyunun deşarj edildiği alıcı suların kalite kriterlerine ya da çıkış suyunun yeniden kullanıldığı durumlarda arıtılmış suları tüketenlerin kalite gereksinimlerine bağlıdır. Alıcı sulardaki kirletici yüklerini artışı ve birçok su ortamının kalitesindeki bozulmanın devam etmesi daha yüksek çıkış suyu kalitesi standartlarının getirilmesine ve bu standartlara yeni parametrelerin eklenmesine neden olmuştur. Atıksu karakteristiklerinin kombinasyonlarıyla çıkış suyu standardının gereksinimi arıtma hedefini belirler. Bu hedeflerin karşılanması için arıtma teknolojileri geliştirilir ve ortaya konulur (Yıldız ve ark., 2013).

Atıksuyun tekrar kullanılmasının başarılı bir şekilde geliştirilmesi, atıksu arıtım teknolojisinin gelişimine bağlı olan arıtılmış atıksuyun kalitesi ile yakından ilişkilidir. Atıksuyun tekrar kullanılmasında günümüzde kullanılan teknolojiler, sodyum hipoklorit, ultraviyole radyasyon ve O<sub>3</sub> gibi oksidanlar, anaerobik, olgunlaşma havuzları ve inşa edilen sulak alanlar gibi biyolojik işlemler, orta filtrasyon ve membran filtreleme gibi fiziksel ayrımlar ve elektrokimyasal işlemlerdir. Geri kazanılan suyun en zararlı kirleticileri tuzluluk, patojenler, ağır metaller ve ortaya çıkan kirleticileri kapsar. Ters osmoz, tuzdan arındırmanın mükemmel bir sonucudur ve en sık uygulanan tuzdan arındırma teknolojisidir. Oron ve ark. (2008), başlangıçta elektriksel iletkenliği 2020 µS/cm olan atıksuyu % 81; 280 mg/L olan Na<sup>+</sup> konsantrasyonunu %83 ve 48 mg/L'lik başlangıç Cl konsantrasyonunu ise %80 oranında ters osmoz ile giderebilmişlerdir. Ters osmoz, sodyum iyonlarını ve iki değerlikli katyonları giderebilir ve bu nedenle, sodyum adsorbsiyon oranının düşüşünde çok etkilidir (Demir ve ark., 2017).

Çizelge 2.16'da atıksu geri kazanımında uygulanan arıtma teknolojileri ve giderdikleri kirleticiler verilmiştir.

Çizelge 2.16. Atıksu geri kazanımı için uygulanan arıtma teknolojileri ve giderdikleri kirleticiler (AATUT, 2010)

Arıtma birimleri	Askıda katı madde	Kolloidal maddeler	Partikül organik madde	Çözünmüş organik madde	Azot	Fosfor	Eser maddeler	Toplam çözünmüş madde	Bakteri	Protozoa	Virüs
İkincil arıtma	X			X							
Nütrient giderimi				X	X	X					
Filtrasyon	X								X	X	
Yüzey filtrasyonu	X		X						X	X	
Mikrofiltrasyon	X	X	X						X	X	
Ultrafiltrasyon	X	X	X						X	X	X
Flotasyon	X	X	X							X	X
Nanofiltrasyon			X	X			X	X	X	X	X
Ters osmoz				X	X	X	X	X	X	X	X
Elektrodiyaliz		X						X			
Karbon adsorpsiyonu				X			X				
İyon değişirme					X		X	X			
İleri oksidasyon			X	X			X		X	X	X
Dezenfeksiyon				X					X	X	X

Değişik arıtma sistemlerinin logaritmik mikroorganizma giderme verimleri Çizelge 2.17’de verilmiştir. Uygulanan ileri arıtma sistemleri ile birlikte, arıtılan su kalitesi de yükselmiştir (AATUT, 2010).

Çizelge 2.17. Değişik arıtma sistemlerinin mikroorganizma logaritmik giderme verimleri (AATUT, 2010)

	Arıtma sistemleri					
	Birincil arıtma	İkincil arıtma		Üçüncül arıtma		İleri arıtma
	Ön çöktürme	Aktif çamur	Damlatma filtre	Filtrasyon	Mikrofiltrasyon	Ters osmoz
Fekal koliform	<0.1-0.1	0-2	0.8-2	0-1	1-4	4-7
Salmonella	<0.1-2	0.5-2	0.8-2	0-1	1-4	4-7
Cryptosporidium	0.1-1	1		0-3	1-4	4-7
Giardia	<1	2		0-3	2-6	>7
Enterik virus	<0.1	0.6-2	0-0.8	0-1	0-2	4-7

### 2.5.1. Filtrasyon

Filtrasyon, filtre türüne bağlı olarak partikülleri, askıda katı maddeleri ve bazı çözünmüş bileşenleri giderir. Ayrıca, ikincil arıtmadan sonra kalan partiküllerin gideriminde; filtrasyon daha etkili bir dezenfeksiyon prosesi ile sonuçlanabilir. Kimyasal veya biyofiziksel dezenfeksiyon işlemleri birçok mikroorganizma sınıfını etkisiz hale getirmesine ya da yok etmesine rağmen; filtrasyon ile giderilen patojenler, fiziksel adsorpsiyon ya da yakalama ile giderilir. Filtrasyonun patojenleri azaltabilme

yeteneği; kullanılan medyanın gözenek büyüklüğü, patojenin boyutu ve eğer kullanılırsa eklenen kimyasalların bir fonksiyonudur. Çoğu filtrasyon türleri, protozoon kistler gibi en büyük patojenlerden bazılarını giderebilir. Bakterilerin ve virüslerin de dahil olduğu daha küçük patojenler; ya çok küçük gözenek boyutlarına sahip filtreler tarafından boyut eleme/dışlama yoluyla veya daha küçük patojenlerin adsorbe edildiği daha büyük partikülleri filtreleme yoluyla filtrasyon prosesi ile giderilir. Dezenfeksiyondan önce arıtılmış atıksulardaki patojenlerin büyük bir kısmı parçacıklarla ilişkili olma eğilimindedir. Yeniden kullanım düzenlemelerine sahip birçok ülkede ayrıca partiküllerin giderilmesi için ek gereksinimlerde mevcuttur. Bu gereksinimlerin gerekçesi; etkili filtrasyon ve dolayısıyla partikül giderimi ile birlikte çok bariyerli bir arıtım sürecinin bir parçası olmasıdır. İkinci faydası daha az tanecikle dezenfeksiyon veriminin artması, düşük bulanıklık ve yüksek geçirgenliktir.

Son yıllarda, yeniden kullanım için arıtmaların geliştirilmesi konusundaki önemin artması ile birlikte; filtrasyon konusunda birçok yenilik ortaya konulmuştur. Bu gelişmeler ile birlikte, günümüzde ticari olarak mevcut çok sayıda filtrasyon teknolojileri bulunmaktadır. Filtrelerin konfigürasyonlarında ve özelliklerinde ciddi değişikliklere bakılmaksızın, ticari olarak mevcut filtrasyon teknolojilerinin üç türü vardır; kum filtrasyonu, yüzey filtrasyonu ve membran filtrasyonu (Nas, 2018).

**Kum filtrasyonu:** Kum filtreleri, AAT'ler için en uzun kullanım geçmişine sahiptir. Kum filtreleri, sıkıştırılabilir ya da sıkıştırılmaz medya yatağından oluşur. Kum, antrasit ya da lal taşı/granat gibi sıkıştırılmaz medya en çok kullanılanlardır. Filtre tipine bağlı olarak, sıkıştırılmaz ortamlardaki medyanın efektif boyutları, ortalama çap için; 0.4 ile 2.0 mm dir. Sıkıştırılmaz ortam filtreleri 30-60 cm'lik ortamla dolu kolonlar içerir ve filtre konfigürasyonuna bağlı olarak; sürekli, yarı sürekli ya da kesikli geri yıkama prosesinden faydalanır (Nas, 2018).

**Yüzey filtrasyonu:** Yüzey ve kum filtreleri arasındaki temel fark, dolgu ortamın derinliği ve ortam malzemesidir. Kum filtrasyonu tipik olarak 30-60 cm'e kadar dolgu ortamı içerirken, yüzey filtreleri genellikle milimetre kesirinden birkaç milimetre kalınlığa kadar dolgu ortamı kullanır. Yüzey filtreleri tipik olarak naylon, polyester, akrilik ve paslanmaz çelik liflerden üretilen elekler veya kumaşlardan oluşur. Çoğu yüzey filtreleri; doğal akışlı beslemeli, geri yıkamalı ve yarı sürekli olmakla birlikte; kısa süreler için geri yıkama işlemini sürekli şekilde gerçekleştirmek gerekebilir. Yüzey filtresinin bir türü olan ve bir dizi disk üzerine filtrasyon ekranı monte edilen, disk

filtreleri üreticileri; performans ve verim konularında iyileştirmeler yapmışlardır (Nas, 2018).

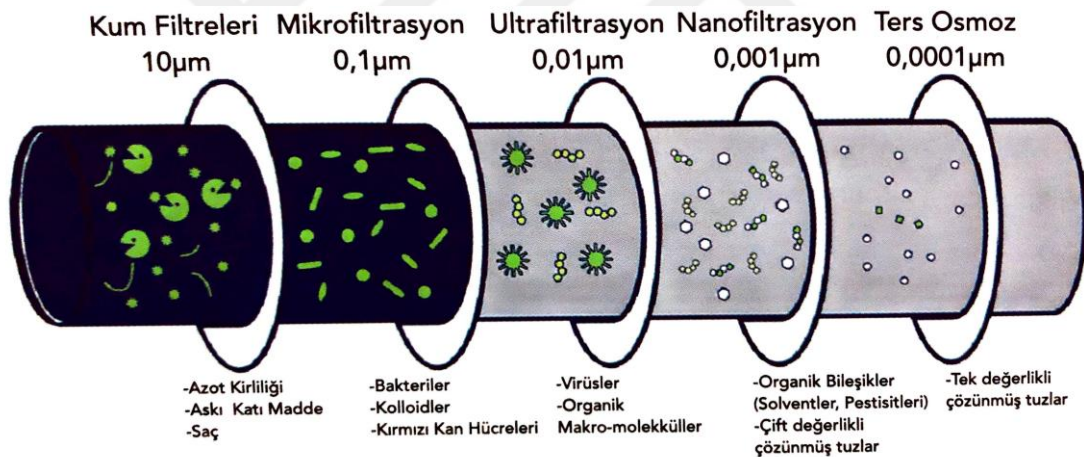
**Membran filtrasyonu:** Membran, iki fazı ayıran ve maddenin taşınmasına karşı seçici bir bariyer gibi davranan ince bir film olarak tanımlanabilir. Suyun membran boyunca akması için bazı türlerde itici güçlere ihtiyaç vardır. Yeniden kullanım uygulamalarında, membran prosesleri tipik olarak basınç ile işletilen proseslerdir. Tuzlu suların arıtımı için uygulama alanı bulan bazı yeni desalinasyon/tuzunu giderme yaklaşımları; itici olarak osmotik gradyanları kullanmaktadır. Piyasada mevcut filtrasyon prosesleri için, itici gücün ve nominal gözenek boyutunun özeti Çizelge 2.18’de verilmiştir (Nas, 2018).

Mevcut çeşitli filtre türlerinin gözenek boyutlarında önemli farklılıklar vardır. Membran grubu filtrelerinin kullanılması ile yüzey filtreleri ya da kum filtreleri kullanılarak elde edilenlere göre, daha yüksek kaliteli filtre çıkış suyu elde edilebilir. MF veya UF membranlar kullanılarak elde edilen bu yüksek çıkış suyu kalitesi; enerji ve ekipman maliyetleri dolayısı ile kum ya da yüzey filtresi sistemlerine kıyasla 1.5 ile 2 kat daha yüksek bir maliyet ortaya çıkarmaktadır. Yüksek enerji maliyetleri ve özel ekipman gerektirmeleri nedeniyle NF ve RO maliyetleri önemli ölçüde daha yüksektir (Nas, 2018).

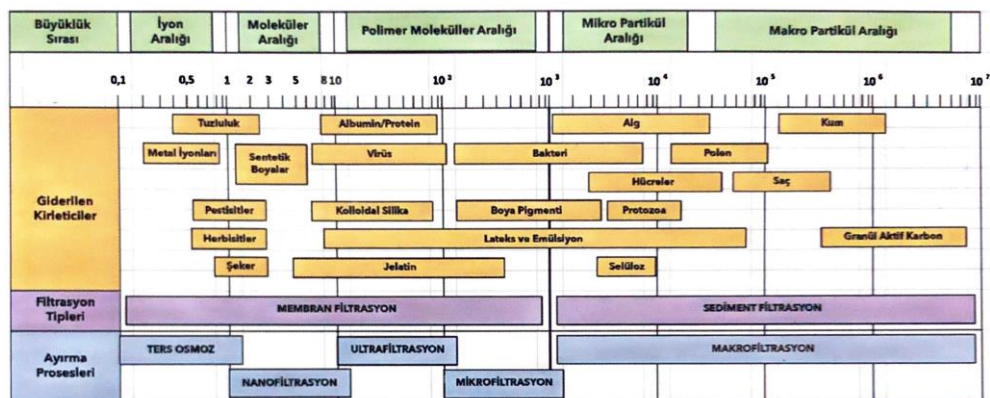
Bir filtreleme sisteminin kapasitesi, genellikle filtrasyon hızı ve filtrasyon sistemindeki mevcut yüzey alanına bağlı olarak değerlendirilir. Üreticiler, hidrolik yükleme hızlarını ya da su kalitelerini arttırmak suretiyle; filtre performansını arttırmak için sürekli olarak yeni filtreleme teknolojileri geliştirmekte ya da var olan teknolojilerini değiştirmektedirler ve bu sayede filtrelerini daha ekonomik ya da daha iyi sonuçlar alabilen duruma getirmektedirler. Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’de filtrasyon proseslerine göre giderilen kirleticiler gösterilmiştir (Nas, 2018).

Çizelge 2.18. Filtre tipi özelliklerinin özeti (Nas, 2018)

Filtre Tipi	Filtrasyon İtici Gücü	Nominal Gözenek Boyutu ( $\mu\text{m}$ )	Giderimi Hedeflenen Kirleticiler
Kum			
Sıkıştırılmaz Medya	Yerçekimi veya basınç farkı	60 - 300	TAKM, bulanıklık, bazı protozoan oositler ve kistler
Sıkıştırılabilir Medya			
Yüzey Filtrasyonu	Yerçekimi	5 - 20	TAKM, bulanıklık, bazı protozoan oositler ve kistler
Membran			
Mikrofiltrasyon	Basınç farkı	0.05	TAKM, bulanıklık, bazı protozoan oositler ve kistler, bazı bakteri ve virüsler
Ultrafiltrasyon	Basınç farkı	0.002 – 0.050	Makromoleküller, kolloidler, çoğu bakteri, bazı virüsler, proteinler
Nanofiltrasyon	Basınç farkı	<0.002	Küçük moleküller, biraz sertlik, virüsler
Ters Osmoz	Basınç farkı	<0.002	Çok küçük moleküller, renk, sertlik, sülfatlar, nitrat, sodyum ve diğer iyonlar



Şekil 2.10. Filtrasyon Proseslerine Göre Giderilen Kirleticiler (Nas, 2018)



Şekil 2.11. Filtrasyon tiplerine göre giderilen kirleticiler (Nas, 2018)

**Biyofiltrasyon:** Biyolojik filtrasyon ya da biyofiltrasyon; granül bir medya filtresinin TOK gibi biyolojik olarak parçalanabilir bileşenleri gidermek için, biyolojik olarak aktif olmasının sağlandığı bir arıtım tekniğidir. Filtrelenen sularda dezenfektan kalıntısı olmadığı varsayılırsa, herhangi bir granül medya filtresinin çoğu, mikrobiyal büyümeyi destekleme özelliğindedir. Sonuç olarak, biyolojik aktivitenin arıtım performansına olan katkı seviyeleri değişiklik gösterse de; biyolojik aktivite; pestisitler, endokrin bozucu bileşikler ve farmasötiklerin de dahil olduğu çözünmüş organik kirleticiler kapsamında olmak üzere, geniş bir yelpazede su kalitesinin iyileştirilmesi için, partikül gideriminin ötesinde arıtım performansını artırabilir. Yavaş kum filtresi, yüksek hızlı ve granül aktif karbonun da içerisinde bulunduğu çok farklı türde biyofiltrasyon kullanılabilir (Nas, 2018).

Filtre medyasının gözenek boyutuna bağlı olarak, iz kimyasal bileşikler için ciddi giderimler elde edilebilir. Fiziksel giderim mekanizması; kimyasal ile sorblanan partiküllerin giderimi, medya gözeneklerine emilim (sorpsiyon) yoluyla geçen kimyasalların giderimi ya da elektrostatik itiş proseslerini içerir. İçilebilir yeniden kullanım planlarında yaygın olarak kullanılan biyofiltrasyon, biyolojik parçalanma ile kirleticileri gidermek için yaygın fiziksel ve kimyasal yöntemlerin kullanımını artırır. Daha yüksek kaliteli geri kazanılmış su elde etme konusundaki artan ilgi ile beraber, çoklu arıtım prosesinin bir parçası olan biyofiltrasyon; belirli uygulamalarda RO gibi yüksek enerjili proseslerinin yerini alabilir (Nas, 2018).

**Yavaş kum filtrasyonu:** Nehir seti/kıyısı filtrasyonu ve toprak-akifer arıtımı gibi doğal filtrasyon prosesleri ile birlikte yavaş kum filtrasyonu aslında halen günümüzde kullanılmakta olan en eski içme suyu arıtım proseslerinden biridir. Yavaş kum filtrasyonu, kimyasal koagülasyon olmaksızın yüzey yüklenme oranlarının düşük olduğu küçük çaplı kum kullanır. Yavaş kum biyofiltrasyonunda; kumun üst yüzeyi, sistemin hidrolik kapasitesini yenilemek için periyodik olarak kazınarak çıkarılan veya tırmıklanan "schmutzdecke" adı verilen biyolojik olarak aktif bir tabaka ile kaplanır. Yavaş kum filtrasyonu, kirleticileri gidermek için esasen hem fiziksel hem de biyolojik mekanizmaları kullanmasına rağmen, biyolojik mekanizma baskındır (Nas, 2018).

**Yüksek hızlı filtrasyon:** Yüksek hızlı filtrasyon; yavaş kum filtrasyonundan yaklaşık 100 kat yüksek yüzey yükleme oranlarına sahip olacak şekilde, kum ve antrasit gibi daha büyük çaplı ortamlar kullanır. Bulanıklığı ve organik maddeyi gidermek için, demir klorür veya alum gibi bir koagülant prosese dozlanır. Filtrelere periyodik olarak

klorlu veya klorlu olmayan su ile geri yıkama uygulanmalıdır. Yüksek hızlı filtrasyon ile kolay bir şekilde giderilebilmeleri için kompleks organik maddelerin oksitlenerek; daha küçük ve biyolojik olarak daha kolay parçalanabilen organik bileşikler haline getirilmesi ile beraber biyolojik etkinliğin artırılmasına yönelik olarak; bazı zamanlarda ozon, klor, klor dioksit veya permanganat kullanan ön oksidasyon işlemleri uygulanır (Nas, 2018).

**Granül aktif karbon filtrasyonu:** Kum ya da antrasit ortam ile kıyaslandığında, GAK ilave adsorpsiyon özelliklerine sahip olmakla birlikte aktif karbon ortamında daha büyük mikrobiyal biyokütle biriktirebilir. Biyokütle, kirleticilerin biyolojik olarak parçalanmasında ve GAK filtrasyonunun tamamlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. GAK kullanım ömrü, biyolojik prosesler ile uzatılabilir. Bu yüzden; GAK filtrasyonu kirletici giderimi için fiziksel ve biyolojik prosesleri kullanmaktadır. Hedef kirleticileri gidermek için temas süresi gereksinimlerine bağlı olarak, GAK filtrasyonu; GAK yüksek hızlı filtre, tekli medya derin yatak kontaktörü ya da kum veya antrasit filtre yatağının üzerinde filtre katmanı olarak tasarlanabilir. Konvansiyonel yüksek hızlı filtrelerde olduğu gibi, kirletici gideriminin geliştirilmesi için yukarı akış koagülantlar ve oksitleyiciler sıklıkla kullanılır. Bunlara ek olarak, GAK'ın adsorptif özellikleri, adsorpsiyon yoluyla istenen filtrelenmiş su kalitesinin üretilmesine yardımcı olmaktadır. Bu yüzden, özellikle adsorpsiyonun; kirletici gideriminin biyolojik mekanizmasından daha baskın arıtma rolü olduğu durumlarda GAK periyodik olarak yenilenmelidir (Nas, 2018).

### 2.5.2. Dezenfeksiyon

Amaçlanan kullanım için uygun geri kazanılmış suların sağlanabilmesi amacı ile dezenfeksiyon teknolojilerden bir veya daha fazlasının kullanılması, herhangi bir yeniden kullanım planının önemli bir parçasıdır. Dezenfeksiyon; virüslerin, bakterilerin, protozoan oositlerin ve kistlerin de içerisinde bulunduğu mikroorganizmaların etki(n)sizleştirilmesi için tasarlanır. Geri kazanılmış sular için bugüne kadar en yaygın kullanılan dezenfeksiyon yöntemi klorlamadır. UV dezenfeksiyonu, kesin olarak kanıtlanmış ve klorun alternatifi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Diğer dezenfeksiyon alternatifleri; perasetik asit, ozon, pastörizasyon ve ferrattır (Nas, 2018).

**Klorlama:** Klor dezenfeksiyonu, serbest klor veya kloraminler kullanılarak gerçekleştirilebilir. Klorlama şekline bağımsız olarak, klorlama dezenfeksiyonunun verimi; su sıcaklığı, pH, karıştırma derecesi, temas süresi, engelleyici maddelerin varlığı, klorlama türlerinin formları ve konsantrasyonları ile birlikte yok edilecek organizmaların türü ve konsantrasyonuna bağlıdır. Genel olarak, bakteriler; virüslere oranla klora karşı daha az dirençli iken, virüsler de parazit yumurta(cık)lara ve kistlere kıyasla klora daha az dirençlidir (Nas, 2018).

Dezenfeksiyon gereksinimleri, genellikle, belirli bir temas süresinden sonra arıtılmış suda kalan toplam klorun (serbest klor, kloraminler ve diğer klor/organik maddeleri kapsar) izlenmesini içerir. Atıksularda amonyak mevcut olduğunda; amonyak, dezenfektan olarak serbest klora göre daha az etkili ve dezenfektan dozu olarak serbest klora kıyasla daha fazla dozaj gerektiren kloraminleri oluşturmak üzere serbest klor ile birleşecektir. Buna ek olarak, klor; arıtılmış atıksularda kalan diğer organik bileşenler ile ölçülebilir birleşik klor kalıntısına neden olan ancak potansiyel olarak düşük dezenfeksiyon yeteneğine sahip bileşikler oluşturmak üzere reaksiyona girer. Bu doğal hadisenin oluşumu ve etkileri iyi bir şekilde kanıtlanmıştır (Nas, 2018).

Giyardiya lamblia, kriptosporidyum parvum ve hominis gibi patojenik protozoan parazitleri; kendilerini çevresel hasarlardan ve klor gibi oksitleyicilerin etkisizleştirmesinden koruyan oositler ya da kistler olarak çevrede bulunmaktadır (Nas, 2018).

Giyardiya ve Kriptosporidyum etkisizleştirilmesinde yaşanan zorluklardan dolayı, klor dezenfeksiyonunu UV ile birleştirme; son zamanlarda artan şekilde ilgi çekmektedir. Çünkü; bu durum; daha geniş bir yelpazede patojenlerin dezenfeksiyonu, bakiye yoluyla gelişmiş güvenilirlik, azalan dezenfeksiyon yan ürünleri ve potansiyel maliyet düşüşü gibi birçok faydayı da beraberinde getirmektedir (Nas, 2018).

**Ultraviyole dezenfeksiyon:** Giderek artan enerji verimliliği ve düşük maliyetli UV teknolojileri nedeniyle geri kazanılmış suyun UV dezenfeksiyonu uygulamaya girmektedir. 2012 itibarıyla, UV; kanıtlanmış ve sağlam bir dezenfeksiyon yöntemidir. UV dezenfeksiyon performansını ve verimliliğini etkileyebilecek iki önemli su kalitesi konusu; partikül ilişkili mikroorganizmaların bulunması ve atıksuyun UV geçirgenlik durumudur (Nas, 2018).

Partiküller hedef mikropları saklayabilir, onları UV ışığından korur ve bakteriler çoğunlukla partikül halindeki maddeye gömüldükleri için, partikül tarafından kısmen ya da tamamen UV ışığından korunurlar. Suyun dezenfeksiyondan önce filtreden



geçirilmesi; hem partiküllerin azaltılması hem de UVT'nin artmasıyla (Daha küçük parçacıkların azaltılması; organizmaları korumayan fakat UVT'nin azalmasına ve böylelikle UV verimliliğini düşürmesi) nedenleri ile UV dezenfeksiyon verimini iyileştirir (Nas, 2018).

**Ozon:** Geri kazanılmış suda farmasötik açıdan aktif ve endokrin bozucu bileşiklerin saptanması, ozon dezenfeksiyonunun uygulanmasına olan ilginin artması ile sonuçlanmıştır. Ozon, renk giderimi kadar CEC'lerin giderimi konusunda da ikincil faydaları olan oturmuş bir dezenfeksiyon teknolojisidir. Dezenfeksiyon ile ilgili olarak, mikrobiyal etki(n)sizleştirme mekanizması; hücre zarlarını ve nükleik asitleri bozması ve zar boyunca transferi/taşınmayı değiştirmesi yönüyle kloro benzeyen kimyasal bir prosesdir (Nas, 2018).

Atıksu dezenfeksiyonunda ozon ile bakterilerin etki(n)sizleştirilmesi, büyük ölçüde çıkış suyu kalitesine bağlıdır. İçme sularındaki uygulamalar ile karşılaştırıldığında, proses; atıksuya ilk olarak ozon verildiğinde, ozon konsantrasyonuna kıyasla temas süresine daha az bağlıdır. Atıksulardaki ozona hidrojen peroksitin ilave edilmesi ile birlikte bromat oluşumunun azaldığı fakat bu durumun da bromür varlığından dolayı endişelere sebep olduğu görülmüştür (Nas, 2018).

### 2.5.3. İleri oksidasyon

İleri Oksidasyon Prosesleri; UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ozon/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, ozon/UV, UV/TiO<sub>2</sub> ve çeşitli Fenton reaksiyonlarını (Fe/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Fe/ozon, Fe/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) içeren su arıtımı teknolojilerinin bir sınıfıdır. Bu teknolojilerin, endüstriyel atıkların ve atıksularının CEC'lerinin ve toksisitelerinin azaltılmasından yüksek teknolojiler için arıtılmış sulara kadar olan geniş bir yelpazede uygulama alanı vardır. Klasik atıksu arıtma proseslerinde önemli seviyelerde arıtılamayan farmasötikler ve kişisel bakım ürünleri ve endokrin bozucu bileşikleri hedef alabilme kabiliyeti nedeniyle bu proses, içilebilir uygulamalar için geri kazanılmış su arıtımında özellikle değerlidir. Yeniden kullanım uygulamaları için umut vaat eden ileri oksidasyon için mevcut birçok teknoloji vardır (Nas, 2018).

İleri oksidasyon prosesleri; PPCP'ler ve geniş çeşitlilikte potansiyel EDC'ler gibi zor ayrışabilir organik maddeleri kapsayan arıtım hedeflerine hitap etmek için içilebilir yeniden kullanım uygulamalarında sıklıkla kullanılır. Aktif karbon gibi diğer arıtma alternatifleri ile karşılaştırıldığında, İOP'leri ayrıca geniş çeşitlilikteki mikrobiyal hedefleri dezenfekte edebilir ve adsorpsiyon ya da fiziksel ayırım yolları ile yapılan

bileşiklerin basit şekilde ayrılmasının aksine, patojenlerin ve CEC'lerin kapsamlı olarak giderilmesi ile sonuçlanır (Nas, 2018).

#### **2.5.4. Membran ile ayırma prosesleri**

Elektrodiyaliz, elektrodeiyonizasyon ve iyon değiştirciler membranla ayırma teknolojisinin kullanıldığı sistemlerdir (Tanık ve ark., 2016).

ED, elektrik potansiyalinin etkisiyle suda inorganik iyonları gideren bir prosestir. Bu proseste iyonları seçici olarak geçiren bir seri membran kullanılmaktadır. Bir membran katyonları geçirip anyonları tutarken diğer membran anyonları geçirip katyonları tutar. İçerisinden elektrik akımının geçtiği birbiri ardına sıralanan membranlarla paralel bölmeler oluşturularak elektrodiyaliz hücreleri oluşturulur. Katyonlar katyon seçici membrandan geçerek katoda yönelirken, anyon seçici membranlar katyonların geçişini engeller. Karşıt etki anyonlar içinde gözlenir. İyonlar bir hücrede giderilirken diğer hücrede konsantr olurlar (Tanık ve ark., 2016).

EDI, iyon değiştirme reçinelerini kullanarak, proses suyunda bulunan iyonları giderir. EDI teknolojisinin klasik karışık yataklı reçineli sistemlerden ayıran en önemli fark, reçine yatağı içinden geçen elektrik akımı sayesinde, iyonların aralıksız olarak besleme suyundan konsantr hattına doğru hareket etmeleridir. Bu sayede su saflaştırılır ve klasik reçineli saflaştırma proseslerinin neden olduğu zaman, para, su ve kimyasal rejenerant kayıpları önlenir. EDI sistemleri yüksek saflıkta su ihtiyacı duyulan prosesler de uygulanan ileri saflaştırma teknolojisidir. EDI prosesinin rejenerasyon ihtiyacı olmadığı gibi; zararlı atık da oluşturmamaktadır. Kesintisiz çalışma ile istenen saf su kalitesi elde edilebilmektedir. Bu sayede, işletme giderlerinde belirgin ölçüde azalma görülmektedir (Tanık ve ark., 2016).

İyon değiştirciler ise, atıksu bünyesinde istenmeyen anyon ve katyonların uygun bir iyon değiştirici kolonda tutulması işlemidir. Genellikle aşağı akışlı kolon tipindedirler. Atıksu basınç altında kolona yukarıdan girer, reçine boyunca ilerleyerek aşağıdan uzaklaştırılır. Reçine kapasitesi düşünce kolonun rejenerasyonu gereklidir. Katyonik iyon değiştirme reçinelerinde genellikle sodyum hidroksit rejenerant olarak kullanılır. İyon değiştirme su ve atıksu arıtımında geniş uygulamaya sahiptir. Öncelikle su kaynaklarından sertlik veren iyonları ve yeraltı kaynaklarından demir ile mangany uzaklaştırmak amacıyla kullanılır (Tanık ve ark., 2016).

### 2.5.5. Membran biyoreaktör teknolojisi

MBR, arıtılmış su ve biyokütlenin filtrasyon ile fiziksel olarak ayrıldığı, askıda büyüme modunda ki biyokimyasal oksidasyon, aktif çamur benzeri bir prosesdir. Ancak konvansiyonel aktif çamur prosesinde iki ayrı tankta gerçekleşen biyokimyasal oksidasyon ve su/biyokütle ayrımı MBR'larda tek tankta gerçekleşmektedir. Bu tankta havalandırma suretiyle aktif çamur oluşturulmakta, tankın içinde suda gömülü batık membran kasetlerinde ki fiberlerin ya da düz plaka membranların çok küçük gözeneklerinden vakum uygulanarak arıtılmış su çekilmekte ve biyooksidasyon ile karbon giderimini yapan biyokütle tank içerisinde kalmaktadır (Tanık ve ark., 2016).

Genellikle mikrofiltrasyon ya da ultrafiltrasyon membran üniteleri MBR'larda kullanılmaktadır. Arıtma sırasında zamanla fiberler üzerinde oluşan kek/kirlenme tabakası, bu gözenekleri daha da küçültmekte ve su/biyokütle ayrımı ile askıda katı madde ve mikroorganizma giderme verimini artırmaktadır (Tanık ve ark., 2016).

### 2.6. Süt ve Süt Ürünleri Endüstrisinde Atıksu Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanımı

Endüstrinin ana amacı, artan talebi karşılamak için çok sayıda ve çeşitte üretim yapmaktadır. Bu sırada meydana gelen atıkları arıtmak için kurulması düşünülen arıtma tesisi endüstriye ek bir ekonomik yük getirmektedir. Bu nedenle endüstriye mali yük getirmeyen, aksine kazanç sağlayan tesis içi önlemler ve geri kazanma uygulamaları büyük bir önem kazanmaktadır (Tüfekçi ve Çiner).

Süt endüstrisinde kullanılan asit ve alkali temizleyiciler ve yumuşatıcılar atıksu karakteristiğine genellikle etki eder ve tipik olarak çok değişken pH değerlerinde sonuç verir (Çelik, 2011).

Süt endüstrisi atıksularında, azot süt proteinlerinden, organik azot ise proteinler, üre, nükleik asitler ya da  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  ve  $\text{NO}_3^-$  gibi iyonlardan kaynaklanmaktadır. Fosfor ağırlıklı olarak ortofosfat ve polifosfat gibi inorganik formlarda ya da organik formlarda bulunabilmektedir (Sabuncu, 2014).

Süt endüstrisinde yapılan işlemlerden kaynaklı oluşan atıksular evsel atıksulara göre hayvansal yağlar, süt proteinleri, laktoz, laktik asit gibi kirleticileri daha çok içerir. Ayrıca süt endüstrisi atıksuları evsel atıksulardan da BOİ, KOİ ve uçucu maddeler bakımından da daha çok kirlilik içerir. Sütün, süt ürünlerine işlenmesi esnasında yaklaşık olarak %5 süt kaybı meydana gelir. Bu kayıp atıksuyun organik yüküne önemli

katkıda bulunur. Bazı süt ürünlerinin BOI<sub>5</sub> değerleri (mg/L) şöyledir; yağsız süttozu 740, krema (%30 yağlı) 400, koyulaştırılmış süt 220, tam yağlı süt 114, yağsız süt 70, yayık altı 61 ve peyniraltı suyu 42 (Metin ve Öztürk, 1995).

Alvarez ve ark. (1998) süt işleme ve temizlik işlemlerinin atıksuyun pH'sı üzerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmada üç gün boyunca iki dakika aralıkla süt alım ve içme sütü, dondurma ve cottage peyniri üniteleri ile fabrikanın tümüne ait atıksu da pH ölçümleri yapmışlar ve bu değerleri yasal pH sınırları (5-9) ile karşılaştırmışlardır. Süt alım ve içme sütüne işlenen üniteye pH 2.0 ile 12.1 arasında, ortalama 7.5 belirlenmiştir. Asidik pH bu üniteye önemli olmayıp pH'nın 9'dan fazla olmasına ise HTST pastörizatörlerin CİP ile temizlenmesinin neden olduğu tespit edilmiştir. Dondurma ve benzeri ürünlerin üretildiği bölümün pH'sı 1.0 ile 11.3 arasında değişmiş ve ortalama 6.9 bulunmuştur. Bu bölümde pH dalgalanmasının ekipman temizliği ve ürün kayıplarından kaynaklandığı belirtilmiştir. Cottage peyniri üretilen ünitenin pH'sı 1.3 ile 13.0 arasında; ortalama 6.9 belirlenmiştir. Bu üniteye pH'nın 9.0'dan fazla olmasına ekipmanın elle veya CİP ile temizlenmesi; 5.0'dan daha düşük oluşuna da peynir altı suyunun neden olduğu tespit edilmiştir. Süt fabrikasının genelinde ise pH 2.0 ile 12.5 arasında değişmiş ve ortalama 7.6 belirlenmiştir (Yazıcı ve Dervişoğlu, 2003).

Süt endüstrisinde atıksu yönetimi çok önemlidir. Çünkü tipik bir işletme toplam sütün ortalama %5'ini atık olarak kanalizasyona bırakmaktadır. Bu oran ekonomik olarak büyük bir kayıptır. En kazançlı işletmeler atıksu yönetimini en iyi şekilde uygulayanlardır. Atıksu yönetiminde iki ana unsur vardır; işletmede kullanılan suyun azaltılması ve kanalizasyona giden ürün miktarının en aza indirilmesidir. Suyun ekonomik olarak kullanılması ve ürün kaybının minimuma indirilmesi için dikkat edilmesi gereken unsurlar Çizelge 2.19'da sıralanmıştır (Yazıcı ve Dervişoğlu, 2003).

**Çizelge 2.19.** Süt fabrikalarında su kullanımını azaltma yolları (Yazıcı ve Dervişoğlu, 2003)

---

Su daima çok değerli bir hammadde olarak kabul edilmelidir
İşletme için su tasarruf planları oluşturulmalıdır
Su tasarruf politikası planlamada öncelikli hedefler arasında olmalıdır
Su ölçüm ve su kullanımını kontrol eden cihazlar kullanılmalıdır
Suyun daha ekonomik olarak nasıl kullanılması gerektiği konusunda işçiler eğitilmelidir.
Tüm su hortumlarının uçlarına otomatik kapanan başlıklar takılmalıdır
Yüksek basınçlı, düşük hacimli temizleme yapabilen sistemler kullanılmalıdır
İşletmede su hortumları süpürge gibi kullanılmamalıdır
Mümkün olan her durumda suyun yeniden kullanımı yoluna gidilmelidir

---

Süt işleme tesisleri, günlük olarak nispeten yüksek organik madde konsantrasyonlarına sahip önemli miktarda atıksu üretir. Bu atıksuların doğal alanlara deşarjından kaynaklanabilecek çevresel zararlara ek olarak, sütün içerisindeki organikler gibi ürünlerin atıksu akıntularına karışması bitkiler için değerli bir ürün kaybına sebep olur. Süt tozu üretimi sırasında, su buharlaştırılır, yoğunlaştırılır ve su kullanımı üzerinde önemli bir etkisi olan çeşitli amaçlar için tekrar kullanılabilir.

İki basamaklı UF/NF arıtma yönteminin, süt tesisi atıksuyunun ve biyoenerji için gerekli olan besinlerin geri kazanımında geçerli ve ümit vaadeden bir metot olduğu gösterilmiştir. Ultracel PLGC membranı, mükemmel antifouling performansı, yüksek laktoz ve inorganik tuzların transmisyon özelliği sayesinde, atıksudaki proteinleri ve lipidleri ilk etapta konsantre etmesi için uygundu. NF270 membranı, ikinci basamakta tutulan içerikte görülen laktozun ve permeatedeki geri kullanabilecek suyun yüksek geçişgenliğine ve yüksek laktoz tutulmasına, düşük tutulumlu tuzlardaki gibi, bağlı olarak UF permeateyi arıtmak için uygundur (Luo ve ark., 2011).

MBR, % 80-98 oranında KOİ uzaklaştırılması ile gözlenen organik madde gideriminde etkili olmuştur. MBR'ye giren atıksuyun türü ne olursa olsun, % 99'dan daha yüksek amonyum giderim verimleri gözlemlendi. MBR tarafından üretilen arıtılmış atıksu, yerel yetkililer tarafından belirtilen deşarj standartlarına uygundur. MBR'deki TAKM, ortalama 3 ila 10 g/L arasında değişkenlik göstermiştir. VSS/TAKM oranları, değerlendirme periyodu boyunca %71 ile 81 arasında kalmıştır. Bu nedenle, toplam çamur tutulması şartları altında, çamur içerisinde inorganik katı madde birikimi görülmemiştir. Sistem daha konsantre atıksu ile beslendiğinde, yüksek denitrifikasyon verimleri gözlemlendi ve toplam azot giderildi. TP, MBR'ye en konsantre atıksu ile beslendiğinde, neredeyse tamamen uzaklaştırıldı. Arıtılmış atıksu; patojen içeriği, toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonu ve sodyum konsantrasyonu hariç, Uruguay'daki içme suyu standartlarının birçoğuna uygundur. Sonuçlar, finansal açıdan, mevcut arıtma sistemini bir MBR ile değiştirmenin ekonomik uygulanabilirliğinin, devlet kurumları tarafından sanayiye uygulanan cezalara/ yaptırımlara bağlı olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, Santa Lucia Nehir Havzasının kritik durumu ve çevresel gereksinimleri, ilgili maliyetlerden bağımsız olarak süt endüstrisini deşarj standartlarına ulaşmaya zorlayacaktır (Fraga ve ark., 2017).

Direkt UHT tesisinin flaş soğutucularından gelen düşük kirletici süt kondensatları, yüksek kalitede kazan suyu elde etmek için, bir pilot tesiste bir RO spiral sarılmış membranından geçirilerek (8,4 m<sup>2</sup> yüzey alanı) işlendi. Üretim suyu kalitesini

değerlendirmek için ana parametreler olarak iletkenlik, kimyasal oksijen ihtiyacı ve pH kullanılmıştır. İlk olarak, farklı proses şartları altında membran davranışını kontrol etmek amacıyla ayrı ayrı testler yapılmıştır. Akabinde elde edilen bilgiler, uzun süreli ve sürekli denemeler yapmak için kullanılmıştır. İletkenlik ve KOİ'de, sırasıyla % 98,2 ve % 97,8 oranlarında azalma sağlanmıştır. Organik madde uzaklaştırmasını arttırmak için üretim hattının çıkışında bir aktif karbon kolonu kullanılmıştır. Üretim suyunun son pH'a ayarlanması için son bir işlem daha gerekli olacaktır. 20 m<sup>3</sup>/s yoğuşma suyunun işlenmesi için gerekli olan tesis yatırımının geri dönüşünün ortalama 2 yıl içinde olduğu tahmin edilmiştir (Suárez ve ark., 2014).

Yapılan çalışmada, süt tesisi atıksuyu arıtımında, arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımında nanofiltrasyon işleminin takip ettiği membran biyoreaktörlerin teknik ve ekonomik uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. MBR'nin, sisteme beslenen çıkış suyunda ki organik maddeleri ve renk giderimini verimli bir şekilde gerçekleştirdiği gözlemlendi; ancak yine de, üretim suyundaki yüksek çözünmüş katı madde konsantrasyonu nedeni ile bir giderme adımı olarak nanofiltrasyon kullanmak daha uygun olacaktır. Son analiz değerlerine göre, arıtılmış atıksu, sanayide, soğutma için, buhar üretimi için ve dış alanların temizliği için yeniden kullanılabilir. Başlangıçta yapılmış bir ekonomik etüd, analiz, önerilen sistemin uygulanabilirliğini, fizibilitesini göstermiştir. Amortisman süresi 15 yıl ve membran ömrü en az 2 yıl olduğunda, sistem geri dönüşü % 32 veya daha fazla olacaktır. Tavsiye edilen arıtma sisteminin toplam maliyeti, membran ömrüne bağlı olarak 9.99 R \$ / m<sup>3</sup> ila 6.82 R \$ / m<sup>3</sup> arasında değişmiştir (Andrade ve ark., 2015).

MBR, süt atıksuyunun arıtılması için uygulanabilir bir sistemdir, sadece organik maddeler için değil aynı zamanda renk ve besin maddeleri için de yüksek giderim verimleri sağlar. Suyun kalitesi, düşük basınçlı buhar üretimi için, soğutma suyu ve su tüketimi için tüm standartları karşılamaktadır. Bu da söz konusu suyun, bahsedilen uygulamalarda yeniden kullanımını sağladığı gibi yer yıkama, dış bölge ve kamyon yıkama gibi daha düşük su kalitesi isteyen yerlerde de kullanılabileceğini gösterir (Andrade ve ark., 2015).

Önerilen sistemin süt atıksuyunun ortam sıcaklıklarında arıtılmasında oldukça etkili olduğu kanıtlanmıştır. Sistemin tüm operasyonu sırasında ortalama % 73 metan içeriği ile yüksek biyogaz üretimi tespit edildi. Genel toplam ve çözünür KOİ giderimi % 99 'un üzerindeydi. İlk YAÇY sistemindeki toplam KOİ giderimi % 66 ile % 85 arasında idi. Birinci metanojenik oda da KOİ giderim verimliliği sıcaklıkla arttı, bu

durum, aerobik aşamalara verilen biyobozunur KOİ'nin azalmasına neden olmuştur, bu da daha düşük bir MLVSS konsantrasyonuna ve membranda daha yüksek kirlenme oranına yol açmıştır. Bununla birlikte, elde edilen ortalama akıntı, kararlı çalışma koşullarında 19 L/m<sup>2</sup>/h olan değer 13 L/m<sup>2</sup>/h olmuştur. Bu değerler aerobik MBR sistemlerinde gözlenenden düşük, ancak metanojenik anaerobik MBR'lerde belirtilen değerlerden çok daha yüksek idi. Öte yandan, MBR'den YAÇY'ye resirkülasyonun uygulanması sadece metanojenik biyokütle kayıplarının önlenmesi için değil, metanojenik safhadan ayırma ile ilgili olarak, aynı zamanda gözlenen toplam biyokütle verimini 0.13'den 0.07 g MLVSS g KOİ'e düşürmüştür (Buntner ve ark., 2013).

Bu çalışma, kapsamlı üst yapı optimizasyonuna dayalı proses entegrasyonu yoluyla büyük ölçekli bir süt işleme tesisinde suyun yeniden kullanım fırsatlarını ele almaktadır. Kapsamlı bir rejeneratör modeli kullanıldı. İlgili model, bir literatür örneğine ve Amul Süt'de yapılan bir çalışmada uygulandı. Sonuçlar, bir rejenerasyon sistemiyle birleştirilmiş su entegrasyonunun, tatlı su tüketimi ve atıksu üretimindeki önemli düşüş nedeniyle sistemin toplam maliyetinde (% 33'e kadar) bir azalmaya yol açabileceğini göstermektedir. Bu durum, su şebekelerinin optimizasyonunun, süt endüstrisi için değerli olabilecek güçlü ve sürdürülebilir bir su yönetimi aracı olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada süt endüstrisi için çizilen çerçeve birkaç önemli yolla genişletilebilir. İlgili çalışma, toplu tesislerin doğasında olan zaman boyutunu baskılamak için zaman avantajlı bir modeli değerlendirmektedir. Önerilen kalıp, analizin zamanı da içine alacağı şekilde genişletilebilir. Bu makale Amul tesisinin sadece bir bölümündeki CIP işlemlerini optimize etmeyi ele almaktadır. Bu bölümdeki CIP otomatikleştirilmiş olmasına rağmen, çalışma su şebekesinin optimizasyonunun önemli derecede maliyet azaltılmasına yardımcı olabileceğini göstermiştir. Tesisin diğer bölümlerindeki CIP işlemleri otomatik değildir ve su şebekelerinin optimizasyonu için muazzam bir potansiyel sunmaktadır. Mevcut çalışma, sadece su şebekelerinin optimizasyonuna odaklanmıştır ve çeşitli süt ünitelerinde enerji tüketimini optimize etmek için kolayca genişletilebilir (Buabeng-Baidoo ve ark., 2017).

Gıda tesislerinde, gıda ürünlerinin kalitesi ve sağlığı açısından kirlilik, özellikle mikrobiyolojik parametreler oldukça önemlidir. Bu nedenle hijyen standartları içerisinde mikrobiyolojik varlığın olmaması sağlanmaktadır. Mikrobiyolojik risklere karşı arıtılmış atıksuyun üretim alanında kullanılması istenmemektedir.

Tesiste oluşan ve sonrasında karakterizasyonuna uygun bir arıtmadan geçen atıksuyun SKKY'e göre belirli limitlerin altına düşürülerek deşarj yapılması

gerekmektedir. Süt ve Süt ürünleri tesislerinde izin verilen deşarj standartları Çizelge 2.20’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.20.** Gıda sanayii (süt ve süt ürünleri) (SKKY, 2004)

Parametre	Birim	Kompozit numune (24 saatlik)	Kompozit numune (2 saatlik)
KOI	mg/L	170	160
Yağ ve gres	mg/L	60	30
pH	-	6-9	6-9

KOI, yağ ve gres ve pH süt tesisi atıksuyunun deşarjında izlenmesi gereken parametrelerdir.

## 2.7. Et ve Et Ürünleri Ürünleri Endüstrisinde Atıksu Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanımı

Gıda endüstrisinde yer alan sektörlere göre su tüketimi farklılık göstermektedir. Sektörlere bağlı gözlenen bu farklılıklar, Çizelge 2.21’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.21.** Endüstri kuruluşlarında su tüketim miktarları (Kaftan, 2010)

Endüstri tüketimi	Birim	Su
Et kesim	litre/kg	10
Tavuk kesim	litre/adet	30
Konserve	m <sup>3</sup> /ton. ürün	4-70
Süt/tereyağ	litre/kg	35-115
Süt/peynir	litre/kg	110-195
Süt/dondurma	litre/kg	50-100

Padoklardan çıkan atıksu miktarının 20-30 L/m<sup>2</sup>/gün olduğu ve ortalama 100 mg/L BOI içerdiği tahmin edilmektedir (Kaftan, 2010).

Kanın yirmi günlük BOI’ si 405.000 mg/L, beş günlük BOI’ si 150.000-200.000 mg/L olduğu belirtilmektedir. Çizelge 2.22’de görüldüğü gibi mezbaha atıksularının önemli bileşeni olan kanın değerlendirilip değerlendirilmemesi ve işkembe/bağırsağın atıksuya karışıp karışmaması, kesimhaneden çıkan atıksu miktarını belirlemektedir. Çizelge 2.23’deki veriler ise atıkların yüksek sıcaklıkta buharla pişirilip, yağdan alındığı, ıslak tip rendering tesislerinde, kuru tipe göre atıksu kirliliğinin %60 daha fazla olduğunu göstermektedir (Kaftan, 2010).



**Çizelge 2.22.** Et endüstrisinde çıkan atıksu kompozisyonu (Kaftan, 2010).

Ünite	BOI (mg/L)	AKM (mg/L)	Organik azot (mg/L)	pH
Kesimhane	825	220	134	6.6
Kan toplama tankı	3.200	3.690	5.400	9.0
Rendering	4.600	8.360	1.290	9.0
İşkembe yıkama	13.200	15.110	643	6.0
Ürün ünitesi	800	560	136	7.3
İç yağlar	180	180	84	7.3
Yan ürün ünitesi	2.200	1.380	186	6.7
Toplama atıksu	2.240	929	324	

**Çizelge 2.23.** Et endüstrisinde birim üretim başına çıkan atıksu yükleri\* (Kaftan, 2010)

	Atıksu (m <sup>3</sup> /t)	BOI(kg/t)	AKM (kg/t)	Yağ (kg/t)	Azot (kg/t)
Kesimhane	-	6.4	5.2	2.8	1.58
Kan toplanmıyor	9.3	17.4	-	-	-
Kan toplanıyor	5.3	11.3	-	-	-
İşkembe içeriği var	14.5	11.1	-	-	-
Paketleme	9.3	6.3	3.0	2.3	1.59
Islak rendering	17.6	20.2	-	-	-
Kuru rendering	10.8	14.4	-	-	-

\* canlı ağırlık veya ürün ağırlığı üzerinden

Et işleme endüstrisi, etkili ve yüksek maliyetli işlem gerektiren yüksek organik madde seviyeleri nedeniyle ciddi bir sorun teşkil eden büyük miktarda atıksu üretir. Bu çalışmada, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV kullanan gelişmiş oksidasyon proseslerinin takip ettiği, çözülmüş hava flotasyonu ve foto-fenton reaksiyonları kullanılarak, atıksu arıtımının etkinliği laboratuvar ölçeğinde değerlendirildi. İlk arıtım, optimum dozlarda ferrik sülfat ve koagülantlar kullanılarak, bir DAF sisteminde gerçekleştirildi. Bu işlemlerin etkinliği, DAF ve AOP işlemlerinin her ikisinden, önce ve sonra, KOİ, BOİ<sub>5</sub>, renk, bulanıklık, toplam katılar, sabit katılar ve uçucu katılar parametreleri vasıtasıyla değerlendirildi. Kirleticilerin gideriminin başarısı, gaz kromatografisi - kütle spektrometresi ve sıvı kromatografisi - kütle spektrometresi analizi ile izlendi. Sonuçlar, DAF işleminin KOİ, renk, bulanıklık ve toplam katı madde içeriğini etkin bir şekilde azalttığını göstermiştir. Buna ek olarak, gelişmiş oksidasyon işlemi, işlenmiş numunelerin organik madde uzaklaştırılmasını arttırdı. AOP'lar arasında foto-fenton reaksiyonu tüm sonuçlar içerisinde en iyi değere ulaştı. Bu sonuçlar, AOP prosesinin takip ettiği DAF işleminin, suyun yeniden kullanımı amaçlansın veya amaçlanmasın, et atıksu arıtımı için verimli olabileceğini göstermektedir. Fizikokimyasal arıtımın amacı, atıksulardan organik yük uzaklaştırmanın verimliliğini arttırmaktır. Bu çalışmada, flotasyon olayından önce koagülasyon işlemini desteklemek için koagülant olan ferrik sülfat kullanılan DAF sistemi için sonuçlar yüksek bir verimlilik göstermiştir. Ham ve arıtılmış atıksu analizleri ile doğrulandığı gibi, et endüstrisi atıksularından yüksek organik yük

uzaklaştırılması sağlandı. Sonuçlar önceki araştırmalara dayalı olarak gösterilmiştir. BOİ<sub>5</sub> ve KOİ indirgenmesi için fizikokimyasal sonuçlar sırasıyla % 54-67 ve % 74-82 arasında değişmiştir. TS ve VS için sırasıyla % 68 ve % 84 oranında azalma sağlanmıştır. Kabul edilebilir deşarj limitlerindeki organik yük seviyelerinde neticelenen AOP işleminden önce gelen DAF işlemi, bu atıksuyun kısmi dezenfeksiyonunu sağlar. Organik yük kontrol parametresi olarak KOİ için, birleşik işlemde sonra elde edilen nihai değer (DAF, ardından AOP-foto-fenton), % 97.6'lık bir çıkarma yüzdesini temsil eden 69 mg/1 idi. GC – MS ve LC - MS incelemeleri, et işleme endüstrisi atıksularında mevcut olan ftalat, antibiyotik ve nitrozamin dahil olmak üzere polar olmayan ve polar bileşiklerin varlığını doğruladı. Bunların konsantrasyonları düşüktü ancak litre başına mikrogramdan nanogramla kolayca tespit edilebiliyordu. Bunların, AOP işlemlerinin takip ettiği DAF kullanılarak giderilmesinin verimli olduğu gözlemlendi, ancak azaltılmış konsantrasyonlarda bile; bu toksik bileşiklerin bir kısmı, çevre üzerindeki bilinmeyen etkilerle yüzey aktif suya ulaşabilir. Hibrit sistemlerin oldukça etkili olduğunu kanıtlayan, foto-peroksidasyon ve foto-fenton işlemlerinin, organik kirleticilerin aleyhine başarılı oksidatif arıtım olduğu gösterilmiştir. Bu kirleticilerin durumu ve AOP işlemleri sırasında üretilebilecek oksidasyon ürünleri hakkında kesin bilgi henüz mevcut değil. Nihai değerlendirme olarak, buradaki sonuçlar, kombine sistemlerde işlem görecektir olan organik yükü büyük ölçüde azaltmak için birincil ıslahın önemini ve çözünmüş hava flotasyonunun, gelişmiş oksidasyon prosesleri ile birleştirilerek, et endüstrisi atıksularındaki organik kalıcı kirletici maddelerin, düşük deşarj parametrelerine ulaşmasındaki rolünü göstermektedir (De Sena ve ark., 2009).

Sentetik bir kesimhane atıksuyunun arıtılması için laboratuvar ölçeğinde biyolojik anaerobik kanatlı reaktör ve UV / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin birleştirilmiş prosesleri incelenmiştir. Bu çalışmada, 0.2-1.1 g/L.gün toplam organik karbon yükleri kullanılmıştır. Sonuçlar, ardışık işlemlerin, sentetik kesimhane atıksuyunu arıtma adına daha yüksek bir verime sahip olduğunu ortaya koydu. ABR'de 3.8 gün ve UV foto-reaktörde 3.6 saat hidrolik tutma süresinde 973.3 mg TOK/L'lik giriş konsantrasyonu için % 95'e kadar TOK uzaklaştırması gözlemlendi. Bu arada, ABR'de aynı giriş konsantrasyonu için sırasıyla, % 97,7 ve % 96,6'ya kadar kimyasal oksijen ihtiyacının ve 5 günlük karbonlu biyokimyasal oksijen ihtiyacının uzaklaştırıldığı gözlemlendi. Karşılaştırmalı olarak, 157.6 mg TOK/L'lik girişli bir konsantrasyon için sadece TOK yüklemesi 0.06-1.9 g/L.gün olan UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> işlemi de incelenmiştir. İçinde sırasıyla, % 64.3, % 83.7 ve % 84.3

oranında TOK, KOİ ve CBOİ<sub>5</sub> giderimi, 52 saatte HRT'de 529 mg/L hidrojen peroksit konsantrasyonuyla gözlemlenmiştir. Bağımsız ABR/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> proseslerinin, arıtılmış atıksuyunun biyolojik bozunulabilirliğini, CBOİ<sub>5</sub>/KOİ oranının 0,4'den 0,6'ya çıkarması ile arttırdığı bulunmuştur. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozajının optimum oranı olan 3,5 (mgH<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)/(mgTOK in h) UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesi için de bulunmuştur. ABR ve UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foto-reaktörünün kombine işlemlerinin ve tek başına UV/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> işleminin performansı, çeşitli HRT'ler de TOK, KOİ ve CBOİ<sub>5</sub>'in etkili ve atık konsantrasyonlarının ölçülmesiyle incelenmiştir. Bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarıldı:

- ABR ve UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> foto-reaktörünün birleşik proseslerinin, laboratuvar ölçeklerinde sentetik kesimhane atıksuları için daha yüksek arıtma verimliliği gösterdiği belirlenmiştir.
- ABR bölmelerindeki 3,8 günlük ve HTR'deki 973,3 mg/L'lik giriş TOK konsantrasyonu için, maksimum TOK, KOİ ve CBOİ<sub>5</sub> giderim verimleri sırasıyla % 89,9, % 97,7 ve % 96,6'ya ulaşmıştır.
- Benzer konsantrasyon ve HRT deki, birleşik proseslerin içindeki maksimum TOK giderimi, 2,5 h ve 1.371 mg/L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonundaki HRT'de 157,6 mg/L giriş TOK konsantrasyonu içerisinde % 64,3'lük UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile karşılaştırıldığında, % 95.0'a ulaşmaktadır.
- 2,5 saatlik HRT'deki tek proses UV/ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 3,8 günlük HRT deki her iki ABR de, CBOİ<sub>5</sub>/KOİ oranları 0,4-0,6 bulunmuştur, bu da, arıtılmış atıksuyun biyoçözünürlük özelliğinin, ABR ve tek başına UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> prosesi tarafından geliştirildiğini gösterir.
- UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> işlemi için optimum H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozu 3.5 (mg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) / (mg TOK/sa ) olarak bulundu (Cao ve Mehrvar, 2011).

Son 10 yılda en çok uygulanan teknolojilerin ve kombine işlemlerin bir özeti, yaygın olarak kullanılan KOİ, TOK, BOİ ve TN gibi parametreleri vurgulayan, organik ve besin giderimi bakımından arıtma verimlerine özellikle dikkat çekilerek Çizelge 2.25'de gösterilmektedir. SWW'nin arıtma verimliliği değişkenlik gösterir ve bazı faktörlere bağlıdır. Ancak SWW, HRT ve girişteki kirletici konsantrasyonunun özellikleri ile sınırlı değildir. Çizelge 2.25 ayrıca, SWW arıtımı için birkaç çeşit, bağımsız ardışık işlem türlerinin kullanıldığını ortaya koymaktadır. SWW'ler genellikle DAF, pıhtılaşma / flokülasyon ve /veya ikincil biyolojik işlem dahil fizikokimyasal işlemler tarafından takip edilen tarama, çökeltme, kan alma ve yağ ayrıştırılması

işlemlerinin ardından ön işleme tabi tutulur. Organik madde ve besin uzaklaştırılmasında yüksek verimler sağlanabilse de, arıtılmış SWW çıkış suyu, genellikle membran teknolojileri, AOP'ler veya birleştirilmiş işlemler gibi, diğer uygun arıtma yöntemleri ile daha fazla arıtmaya ihtiyaç duyar. AOP'ler, ayrıca et işleme endüstrisinde suyun geri kazanımına izin veren yüksek kaliteli arıtılmış su da sağlayabilir. Bu sebeple, kombine prosesler, günümüzde birçok SWW çıkış suyu türü için başarıyla kullanılan, güvenilir bir teknolojiye dönüşmüştür. Bununla birlikte, özel bir ıslahın seçimi, esas olarak arıtılan SWW'nin özelliklerine ve farklı politik yargı bölgelerinde mevcut düzenlemelere uyuma bağlıdır (Bustillo-Lecompte ve Mehrvar, 2015).



**Çizelge 2.25.** Farklı teknolojilerin karşılaştırılması ve mezbaha atıksu arıtımı için kombinasyonları (Bustillo-Lecompte ve Mehrvar, 2015)

PROSES	HRT (sa)	KOİ <sub>giriş</sub> (mg/L)	KOİ <sub>giriş</sub> (mg/L)	BOİ <sub>giriş</sub> (mg/L)	TN <sub>giriş</sub> (mg/L)	TOK giderimi (%)	KOİ giderimi (%)	BOİ giderimi (%)	TN giderimi (%)
AeP	12-20	-	5220	-	4500	-	-	-	-
AeP	110-583	-	852-1400	-	50-100	-	93.50-97.20	-	-
AeP-UF	48	-	1764-2244	1529-1705	435-665	91.00	98.00	-	-
AnaP	24-96	-	5659-9238	5571-6288	-	-	92.10-96.60	98.00-98.78	-
CC	3.0	-	6970	5820	-	-	85.46-92.00	85.40	-
AnaP	8.0-24	-	3000-4800	750-1890	-	-	70.00-86.00	-	-
AnaP	794-3948	-	70673	-	-	-	54.00-98.00	-	-
AnaP-AeP	24	-	418	117	169	-	95.00	-	76.00
AnaP-AeP-AOP	75-168	941-1009	-	630-650	254-428	89.50-99.90	-	99.70	76.40-81.60
AeP	240	0.10	150	-	-	-	68.00-77.00	-	-
AeP	1.0	-	18,200	10,500	-	-	81.31-93.08	-	-
AeP	48	1152-1312	2296	1705	665	-	89	-	-
AOP	0.42	2240	-	-	290	92.60	-	-	76.20
AeP-AnaP	8.0	-	6485-6940	3000-4365	1050-1200	-	95.00	-	97.00
AeP	23	-	5590-11.750	3450-4365	214-256	-	74-94	-	-
AnaP	39-72	-	1040-24.200	-	296-690	-	30	-	-
AnaP	172	-	1790-4760	834-3186	90-196	-	79.00-89.00	84.00-94.00	-
CW	-	-	293-3141	79-87	52-64	-	28.28-75.03	9.27-71.40	5.20-25.40
AnaP	24-36	-	2273-20.073	-	570-1603	-	51.00-72.00	-	3.50-21.60
EC	1.0	-	2171	1123	148	-	69.00-83.00	-	-
AnaP-AeP-AOP	41-76	100-1200	-	610-4635	50-841	75.22-99.98	-	-	-
EC	1.5	-	840	-	-	-	55.00-90.00	-	-
EC	-	-	-	-	-	-	60.00	-	-
AeP	3.0-96	-	6185-6840	-	1950-3400	-	9.42-80.11	-	8.81-93.22
AeP-AnaP	888	-	1400-2500	-	200-250	-	30.20-98.68	-	22.40-96.16
AnaP	24	-	49-137	30-76	6.01-27	-	13.90	11.30	42.30-77.20
AnaP	46-72	-	12.000-15.800	-	-	-	60.00	-	-
AnaP	48-72	-	1014-12.100	1410-7020	-	-	83.62	94.23	-
AOP	0.04-1.0	-	3337-4150	1950-2640	-	-	76.70-90.70	-	-
AeP	12-3360	1435	6057-6193	4214-4240	547-576	-	97.80-98.20	-	97.70
AeP	12-16	-	356-384	-	143-175	-	-	-	80.76-91.09
AnaP	24-480	-	88	-	-	-	67.00-80.00	-	90.00
AnaP	2640	-	16600	-	5200	-	-	-	28.00-65.80
MF	-	183	480	-	115	44.81	90.63	-	45.22
AnaP-MF	48-168	470-2778	2084-13.381	-	108-295	86.36-95.11	97.17-98.90	-	78.00-90.00

Çizelge 2.26 ve Çizelge 2.27 de, süt ve et atıksuyu karakteristikleri gösterilmiştir. Atıksu kirliliği, kirlilik indikatörleri olan KOİ, BOİ, toplam askıda katı madde, pH, klorür, toplam azot ve toplam fosfat olarak ortalama değerlere göre tanımlanmıştır (Cristian, 2010).

**Çizelge 2.26.** Süt ve süt ürünleri fabrikası arıtılmamış atıksuyu karakteristik özellikleri (Cristian, 2010)

Kirlilik Göstergeleri	Ölçü Birimi	Ortalama Değerler
KOİ	mg/L	10251
BOİ	mg/L	4841
AKM	mg/L	5803
pH	birim.pH	8,34
Klorür	mg/L	616
Azot	mg/L	663
Fosfor	mg/L	154

**Çizelge 2.27.** Et ürünleri fabrikası arıtılmamış atıksuyu karakteristik özellikleri (Cristian, 2010)

Kirlilik Göstergeleri	Ölçü Birimi	Ortalama Değerler
KOİ	mg/L	1684
BOİ	mg/L	863
AKM	mg/L	640
pH	birim.pH	8,02
Klorür	mg/L	383
Azot	mg/L	2744
Fosfor	mg/L	328

Süt işletmesindeki üretim, proses, paketlenme, transportasyon, dağıtım ve pazarlama aşaması gibi tüm aşamalar çevreyi etkiler. Bu endüstrinin yüksek çeşitliliğine bağlı olarak, çeşitli üretim aşamaları, taşımalar, paketlenme operasyonları, ıslah edilmedikleri takdirde, atık ve kirlilik problemlerine yol açan değişik nitelik ve nicelikte atıklara neden olacaktır (Cristian, 2010).

Süt prosesi genel atıkları; protein, karbonhidrat, yağlar gibi yüksek konsantrasyonlu organik maddeler, yüksek konsantrasyonlu askıda katı maddeler, klorür, yüksek konsantrasyonlu BOİ, KOİ içerir. Et endüstrisi genel atıkları, bunların yanı sıra yüksek konsantrasyonlu azot ve fosfor içerir. Fosfor, birçok gıda üretiminin önemli bir parçasıdır. Dolayısı ile et üretiminden atıksuya her et kaybı, fosfor konsantrasyonunun artmasına neden olur. Ayrıca fosfor, kuvvetli endüstriyel temizlik maddelerinde katkı maddesi olarak kullanılır. Örnek olarak, süt endüstrisi, fosforik asidi boru hatlarında, depolama tanklarında ve proses ekipmanlarında temizlik aşamalarının birinde kullanır. Fosforu azaltmak için en iyi yönetim pratiği, ürünün lağımlara sızmasını, kaçmasını önlemek ve temizlik aşamalarında yüksek fosforik asit içerikli temizlik kimyasallarını uygun başka bir şey ile değiştirmektir. Yüksek oranlarda klorür

iyonları, su yaşamı için toksik olabilir. Klorür iyonları, geleneksel atıksu ıslah yöntemleri ile uzaklaştırılmaz. En önemli klorür kaynağı, gıda ürünün tuzlanmasından gelen sodyum klorürdür. Peynir, tuzlanması için üzerine tuz serpilir ya da tuz tankına batırılır. Kirliliğin önlenmesi, bu aşamalarda dökülmelerin azaltılması ile olur. Buna ilaveten tuzlu suyun filtrasyonu ve ısı ile sterilizasyonu ile geri kullanımı da olabilir (Cristian, 2010).

Süt ve et prosesinden gelen atıksu, yüksek konsantrasyonlarda parçalanabilir organikler içerir. Çıkış sularının konsantrasyon ve kompozisyonları, işlem gören ürünlere, üretim programına, işletme metotlarına, işletme dizaynına, uygulanan su yönetimi derecesine ve korunan su miktarına bağlıdır (Cristian, 2010).

Bu çalışmada, kesimhane atıksuları için EO işlemlerinin uygulanabilirliğinin ve verimliliğinin araştırılması hedeflenmiştir. Destekleyici elektrolit türü;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$  ve  $\text{NaCl}$ , konsantrasyonu; 0.01-0.1 M, başlangıç atıksu pH'ı; 3-9, mevcut yoğunluk; 4.73–14.20 gibi çalışma parametrelerinin etkisi  $\text{mA/cm}^2$  ve kimyasal oksijen ihtiyacının, toplam organik karbonun, toplam azotun, toplam askıda katı maddelerin ve renginin giderilmesinde atıksuyun seyreltilme oranı 1/1 - 1/4 olacak şekilde araştırılmıştır. En etkili elektrolit tipi  $\text{NaCl}$  olarak gözlemlendi. 25 °C reaksiyon sıcaklığı, sabit 4.73 mA /  $\text{cm}^2$  ve 7.03 pH'ta, 4 saatlik reaksiyon süresi boyunca, 0.025 M  $\text{NaCl}$  kullanımı ile SWW ıslahı adına, hem enerji tüketimi hem de uzaklaştırma başarısı için optimum verimlilik elde edildi. Optimum koşullarda, TAKM, TOK, KOİ, TN ve renk uzaklaştırma verimlilikleri; sırasıyla % 99,5, % 88,0, % 92,2, % 93,5 ve % 99,9 bulundu ve bu koşullar altında enerji tüketimi 153,57 kWh /  $\text{m}^3$  ve 14,12 kWh / kg KOİ oldu. Enerji maliyeti 1.69 \$/kg KOİ olarak hesaplandı. Ayrıca sonuçlar, organiklerin tam mineralleşmesinin 4 saatlik bir artımdan sonra elde edildiğini belirgin bir şekilde göstermektedir. Ne yazık ki, kesim döngüsü başına üretilen büyük atıksu miktarları göz önüne alındığında, uzun işlem sürelerine duyulan ihtiyaç pratik değildir, ancak reaktör hidrodinamik koşulları içerecek şekilde geliştirilmişse veya EO işlem süresinden daha kısa olan başka bir işlem ile birleştirilirse, yeni bir kurulum mümkün olabilir (Ozturk ve Yilmaz, 2019).

EC prosesi bir anot ve bir katotdan meydana gelmektedir. Güç kaynağından uygulanan elektrik akımı, anot materyalin oksidasyonuna ve katot materyalinde indirgenmesine neden olmaktadır. Daha sonra metal hidroksitler ve polihidroksitlerin üretimiyle, koagülasyonu takiben elektrostatik çekim tarafından atık maddelerin sudan giderimi sağlanmaktadır (Sabuncu, 2014).

EC, et ve süt endüstrileri atıksuyu arıtımında kullanılmasının iyi bir potansiyel olduğunu işaret etmektedir. Normalde, araştırmacılar bir partide, 1 saatten az Al ve Fe elektrot kullanıldığında, et ve süt atıksuyundan %75 oranında KOİ uzaklaştırabilmişlerdir (Reilly ve ark., 2019).

EC teknolojisinin, et ve süt atıksularının arıtımında uygulanması, EC'nin bu tip atıkların ıslahında henüz emekleme aşamasında olmasına, büyük oranlarda kullanılma oranı bilgi birikiminin düşük olmasında yatar. Bu sebeple, bu teknolojinin laboratuvar ölçeğinden, endüstriyel ölçeklere geçirilebilmesi için, pilot ölçekte çok daha fazla çalışma yapılmasında fayda vardır (Reilly ve ark., 2019).

Mezbaha ve entegre et tesislerinde izin verilen kirlilik yükü çıkış değerleri Çizelge 2.28'de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.28.** Gıda sanayii (mezbahalar ve entegre et tesisleri) (SKKY, 2004)

Parametre	Birim	Kompozit numune (2 saatlik)	Kompozit numune (24 saatlik)
KOİ	mg/L	250	160
Yağ ve gres	mg/L	30	20
pH	-	6-9	6-9

KOİ, yağ ve gres ve pH mezbahalar ve entegre et tesisi atıksuyunun deşarjında izlenmesi gereken parametrelerdir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. İncelenen Et ve Süt Ürünleri Tesisi

İncelenen et ve süt ürünleri entegre tesisi günlük 2.000 ton çiğ süt ve günlük 450 adet büyükbaş, 1.200 adet küçükbaş işleyecek kapasiteye sahiptir. Tesiste GMP kuralları uygulanmaktadır. BRC ve ISO 22000 gibi Ulusal ve Uluslararası Gıda Güvenliği Yönetimi Sistemleri ile birlikte ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi ve TSE Helal Ürün sertifikalarına sahiptir.

Çevre Mevzuatı kapsamında; ÇED Olumlu Belgesi, Çevre İzin Belgesi, Arıtılmış Atıksu Deşarj İzni, Endüstriyel Atık Yönetim Planı bulunmakta olup Ambalaj Belgelendirme, Atık Yönetimi, Sera Gazı gibi konularda mevzuatının tüm gereklilikleri yerine getirilmektedir.

İncelenen tesiste et bölümüne ait ürün ve yan ürünler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Et tesisi bölüm ve ürünleri

	Ürün
Kesimhane	Büyükbaş Sakatat Küçükbaş Sakatat Büyükbaş Karkas Küçükbaş Karkas Parça Et Parçalanmış Büyükbaş Eti
Taze Et (Parçalama)	Kuzu Kemikli Et Marine Et Yaşlandırılmış Et Tütsülenerek Kurutulmuş Parça-Dilimli Et Map Kıyma Köfte Salam Sosis
Şarküteri	Sucuk Pastırma Jambon Kavurma Pişmiş - Donuk Cheeseburger Köfte
Donuk	Döner Pişmiş Döner Pizza

İncelenen tesiste süt bölümüne ait bölümlerin ürünleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

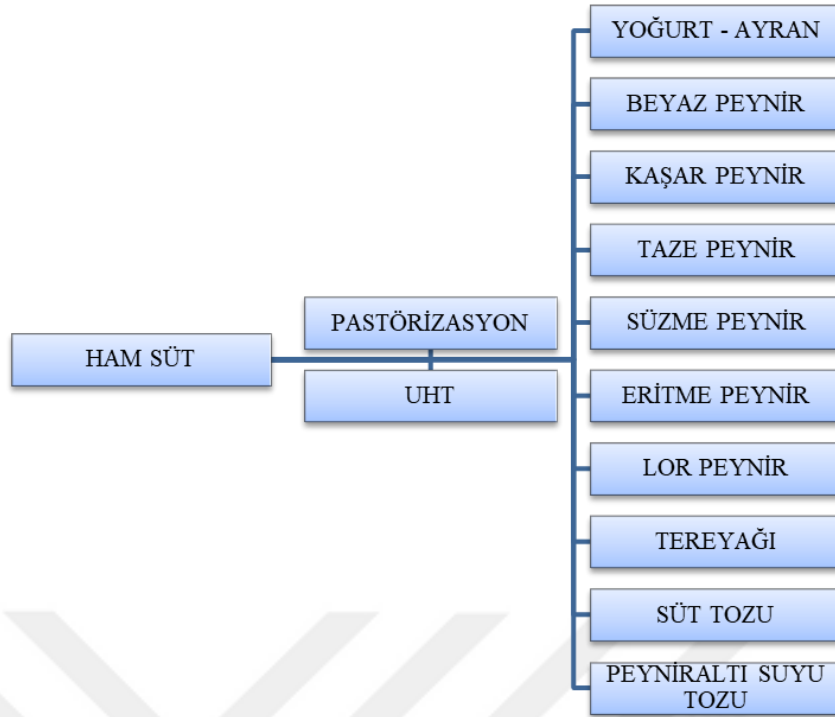
**Çizelge 3.2.** Süt tesisi ürün ve yan ürünleri

Ürün
UHT Pastörize Süt
Yoğurt
Ayran
Beyaz Peynir
Kaşar, Kaşkaval, Blok, Dil Peyniri, Künefe Peyniri
Taze Peynir
Süzme Peynir
Süt Tozu (PST+ Süt Tozu)
Yan Ürünler
Tereyağı
Eritme Peynir
Peynir Altı Suyu Tozu
Lor Peyniri
Krema

### 3.1.1. Süt ve süt ürünleri üretimi

Tanker ile gelen süt analiz edilir ve uygun ise pastörizasyona aktarılır. Pastörizasyondan sonra UHT ' ye aktarılan süt ilgili bölümlere iletilir. Bu aktarım ve İletim süreçleri tamamen kapalı bir sistem ile otomasyon üzerinden sağlanır. Tesiste yoğurt, ayran, beyaz peynir, taze peynir, kaşar peynir, süzme peynir, tereyağı, lor peynir, eritme peyniri, peynir altı suyu tozu ve süt tozu ürünleri üretilmektedir.

İncelenen tesisin süt üretim prosesi Şekil 3.1'de özetlenmiştir.



Şekil 3.1. İncelenen süt tesisi özet akım şeması

Aşağıda süt ve süt ürünleri üretim bölümleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

**UHT süt üretimi:** Süt, laboratuvar kontrolünden geçtikten sonra işletmeye alınır ve ön ısıtmaya tabi tutulur. Üretilmesi planlanan ürünün yağ oranına göre seperatörden geçirilir. Standartlara uygun yapıda ki çiğ süt, pastörize işlemine tabi tutulduktan sonra ön ısıl işlem uygulanır. Daha sonra sterilizasyon odasında steril hale getirilir. Aseptik soğutma işlemi ile soğutulan süt, aseptik bekleme odasına alınır. Daha sonra ambalajlanır ve kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

**Pastörize süt üretimi:** Çiğ süt kalite kontrolden geçtikten sonra dengeleme tankına alınır ve filtreden geçirilerek soğutma işlemi uygulanarak çiğ süt depolama tankına yönlendirilir. Ön ısıtmadan geçirildikten sonra seperatöre aktarılır. Seperatörde krema ve yağsız süt birbirinden ayrılır. Mikrofiltrasyondan geçirildikten sonra yağından arındırılan sütün yağ oranı ayarlanır ve pastörize edilir. Pastörize işleminden sonra stok tankına oradan da dengeleme tankına aktarılır. Daha sonra ambalajlanır ve kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

**Yoğurt üretimi:** Çiğ süt kalite kontrolden geçtikten sonra pastörize edilir ve soğutularak evaporatöre aktarılır. Kuru maddesi istenen düzeye getirilen süt, homojenizatörden geçirilerek pastörize edilir ve mayalama sıcaklığına kadar soğutulur.

Kültürü ilave edilen süt karıştırıldıktan sonra ilgili kaseler doldurulur ve fermantasyonu gözlenir. İstenen pH'ya geldikten sonra soğuk hava deposuna çekilerek soğuması sağlanır, ambalajlanır ve kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

**Ayran üretimi:** Sütün kuru maddesi ayarlanır ve pastörize edilir. Pastörizasyondan sonra dinlendirilir. Mayalama sıcaklığına kadar soğutulur ve kültürü ilave edilir, mayalanır. İnkübasyon sonunda istenen pH'a gelen ayrana tuz ilavesi yapıldıktan sonra karıştırılır ve soğutularak dolumu yapılır, ambalajlanır ve kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

**Beyaz peynir üretimi:** Analizleri yapılan sütler seperatörden geçirilerek filtre işlemi tamamlanır, pastörize bölümüne gönderilir ve pastörize edilir. Pastörize edilen süt, dinlendirme kazanlarına alınır. Dinlendirme kazanlarında borular vasıtasıyla imalat bölümüne aktarılır. İmalat bölümünde, sütler tenekelere doldurularak içine doğal yardımcı ilave edilip mayalama işlemi yapılır. Mayalanan süt baskılanır ve peynir kıvamında gelmesi beklenir. Peynir eşit boyutlu kalıplar halinde kesilir ve sonrasında pres makinesinde kapakları monte edilir, ambalajlanır ve kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

**Kaşar, kaşkaval, blok peynir - künefe, dil peyniri üretimi:** Süt, pastörizatörde uygun sıcaklıkta terminize edilir. Mayalama sıcaklığına kadar getirildikten sonra soğutulur, proses tankına alınır ve starter kültür ilavesi yapılır. Tank dolduktan sonra mayası ilave edilir. Ham teleme baskıya alınır ve fermantasyonu tamamlaması takip edilir. İstenilen pH'a geldikten sonra haşlanır ve kalıplara alınır. Bir gün dinlendirildikten ve kurutulduktan sonra vakumlanarak ambalajlanır ve kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

**Taze peynir üretimi:** Çiğ krema tankından alınan krema homojenizasyon işlemine tabi tutularak pastörizasyon işlemine alınır. Pastörize edilir ve ardından soğutma işlemi yapılarak inkübasyon tanklarına alınır. İnkübasyon tanklarından kültür ilavesi yapılarak soğutucuya aktarılır. Soğutucuda belirli süre bekledikten sonra fermente krema ön ısıtıcısına aktarılır. Ardından dengeleme tankına oradan da seperatöre aktarılır. Separatörde peynir altı suyu ayrıştırılır. Tuz ilave edilerek blender işlemine tabi tutulur. Soğutulup homojenizatörden geçtikten sonra dengeleme tankına alınır. Dengeleme tankından geçer ve dolum makinelerinde dolular gerçekleştirilerek ambalajlanır ve kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

**Süzme peynir üretimi:** Ön ısıtma işlemine tabi tutulan süt filtrelenerek yağ oranı ayarlanır. Ayarlama sonrasında homojenizasyon işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra

pastörizasyon işlemine tabi tutulup soğutma işlemine geçilir. Soğutmanın ardından dolum balans tankına aktarılır ve karıştırma ünitesinde kültür ve maya eklenir. Dolum yapılacak kaseler sterilizasyondan geçirildikten sonra dolum işlemi gerçekleştirilir. Dolum işleminin ardından koagülatörden geçirilerek kesme işlemi uygulanır. Sterilizasyondan geçirilmiş olan membran üzerine yerleştirilir. Sterilizasyondan geçirilen üst filmler yerleştirilerek kapatılır. Kasalama ve paketleme işleminin ardından inkübasyona tabi tutulur. Soğutmaya alındıktan sonra kalite kontrolden geçirilen ürünler depolanarak sevkiyatları gerçekleştirilir.

**Süt tozu üretimi:** Çiğ süt kalite kontrolden geçirilir ve pastörize edilen süt evaporatöre gönderilir. Evoparasyondan sonra konsantre olan süt, süttozu kulesine aktarılır. Elde edilen süttozu nem alma ünitesine aktarılır. Nemi alınan süt tozu, dolum ünitesine gönderilerek ambalajlanır ve kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

**Tereyağı üretimi:** Seperatörden alınan çiğ krema, uygun sıcaklık ve sürede pastörize edilir. Mayalama sıcaklığına ulaşana kadar karıştırılarak soğutulan ve istenilen pH'a gelen krema, kaplara doldurularak sertleşmeye bırakılır. Uygun sertliği aldığı anda ise yayıklama işlemi yapılır. İstenmeyen yayık suyu alındıktan sonra elde edilen tereyağı depoya alınarak dinlendirilir. Sertleşen tereyağına şekil verilir ve ambalajlanarak kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

**Eritme peynir üretimi:** Uygun oranlara sahip formülasyon uygulanarak, farklı peynir çeşitleri eritme makinası içinde karıştırılır ve eritme tuzları ilave edilerek pişirme işlemine tabi tutulur. İstenilen yapı elde edildikten sonra ambalajlara dolum yapılarak şok bir soğutma işlemi gerçekleştirilir. Kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

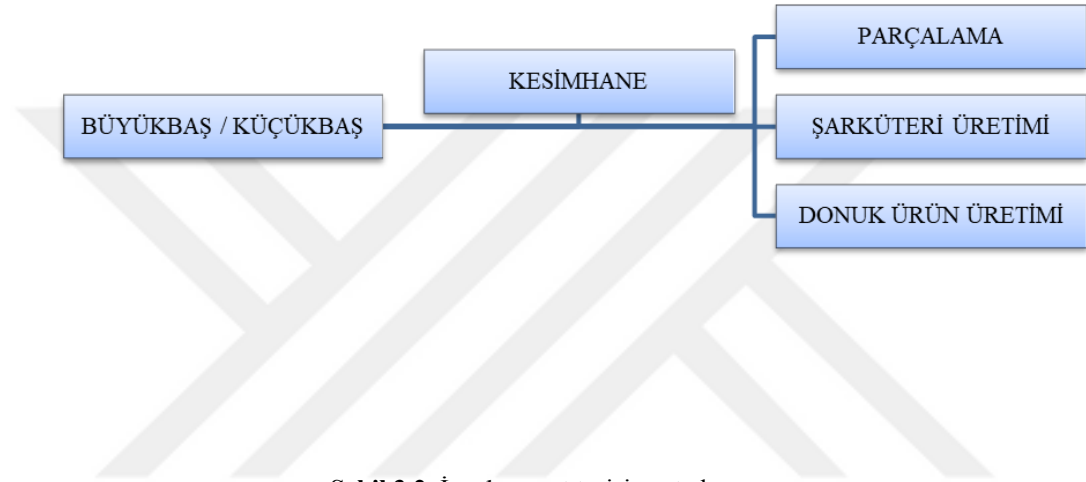
**Peynir altı suyu tozu üretimi:** Peynir altı suyu ön işlemlerden geçirilerek vakum ile koyulaştırılır. Elde edilen peynir suyu konsantresi atomizerde kurutulur ve peynir altı suyu elde edilir. Ambalajlanır ve kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

**Lor peynir üretimi:** Peynir altı suyu filtreden geçirilir ve lor proses tankına alınır. Isıl işleme tabi tutulur. Süzdürme arabalarında filtrelendikten sonra teleme tuzlama işlemine geçilir. İşlem sonrasında arabalarda süzdürme ve soğutma işlemi uygulanır. Ambalajlanır ve kalite kontrolden geçirilerek sevkiyata hazırlanır.

### 3.1.2. Et ve et ürünleri üretimi

Çiftçilerden ve kendine ait çiftliklerden getirilen büyükbaş hayvanlar veteriner kontrolünden geçerek kesimhaneye girer ve helal kesimi yapılan hayvan parçalamaya aktarılır. Parçalamadan sonra ilgili bölümlere iletilir.

İncelenen tesisin et üretim prosesi Şekil 3.2’de özetlenmiştir.



Şekil 3.2. İncelenen et tesisi özet akım şeması

Aşağıda et ve et ürünleri üretim bölümleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

**Kesimhane:** Et fabrikasına büyükbaş veya küçükbaş hayvanlar canlı olarak gelir. Veterinerlerin kontrollerinden geçtikten sonra padoklardan kesimhaneye alınan büyükbaş hayvan ölüm hücresine gelir. Ölüm hücresi hayvanı tamamen kavrar ve onu kible yönünde yatırır. Hayvanın pozisyonu; ayaklar kibleye baş doğuya ve kuyruk batıya bakar vaziyette olmaktadır. İslami usullere uygun şekilde herhangi bir bayılma-uyuşturma yapılmaksızın hayvan kesilmektedir. Kesimden sonra hayvanın kanın akıtılması için belli bir süre kan hattında durdurulmaktadır. Hayvandan akan kanlar, yerde bulunan paslanmaz drenaj sistemi ile biriktirilir, kan tankına pompalanır. Biriktirilen kan rendering tesisine gönderilmektedir. Bu aşamadan sonra hayvanın derisi yüzülür ve iç organları çıkarılır. Sakatatlar, karkastan çıkarılınca, sakatat odasına gönderilir. Kalan atıklar ise kapalı kaplar içerisinde biriktirilerek, rendering tesisine gönderilir. İşkembe ve bağırsaklar ise işkembe odasına aktarılır. İşkembe odasında ilk

temizlikleri yapılır ve hijyenik hale getirilir. Karkaslar, veteriner kontrolü ve trimleme işleminden geçirildikten sonra duşlanarak temiz bir şekilde karkas soğutma odalarına sevk edilir.

**Parçalama:** Soğutma odalarında ki karkaslar, raylı sistem aracılığıyla parçalamaya gönderilir. Parçalamaya gelmeden önce yarım olan karkaslar çeyrekleme işlemine alınır. Parçalama kısmında masalara aktarılmadan önce ön parçalama işlemi gerçekleştirilir ve ön parçalamadan sonra masalara sevk edilen çeyrekler, değerli etlerin sinirlerine dikkat edilerek, parçalarına ayrılır. Her parçalama hattının sonunda değerli etlerin üzerindeki yağ ve kemik gibi yabancı kısımları alınmaktadır. Parçalama işlemi tamamlanan etler paketlenir ve depolara sevk edilmektedir. Parçalama hatlarından çıkan kemikler kemik depolama odasına taşınmakta ve rendering tesisine gönderilmektedir.

### **Şarküteri üretimi**

**Hazırlama ünitesi:** Donuk veya taze etler parçalama depolarından, baharatlar da baharat odasından karışımı hazırlanmış bir şekilde getirilmektedir. Blok halinde olan etler kıyma makinesinde çekilir. Sosis hamuru için hazırlanan baharatlar ve etler, homojen oluncaya kadar karıştırılır ve dolum makinelerine gönderilir. Salam hamuru için hazırlanan et ve baharat, homojen oluncaya kadar karıştırılır ve dolum makinelerine gönderilir. Sucuk için kullanılacak olan etler baharat ve yağlarla karıştırılır ve dolum makinelerine gönderilir Jambon için kullanılacak olan etler istenen kıvama gelir ve karıştırıldıktan sonra doluma sevk edilir.

**Dolum ünitesi:** Sosisler makinelerde doldurulduktan sonra ürün arabalarına asılır ve pişirme fırınlarına gönderilir. Dolum makineleri, hem sucuk hem de salam dolumu yapabilecek özellikte birbirinin yedeği olarak çalışmaktadır. Hazırlama ünitelerinden gelen ürün, sucuk ve salam hamurları bu makinelerde doldurulmaktadır.

**Pişirme ve Olgunlaştırma Ünitesi:** Dolumu yapılan sosis, salam ve jambonlar pişirme fırınlarında pişirilir. Duşlama kabinlerinde soğutulur ve bekleme odalarına alınır.

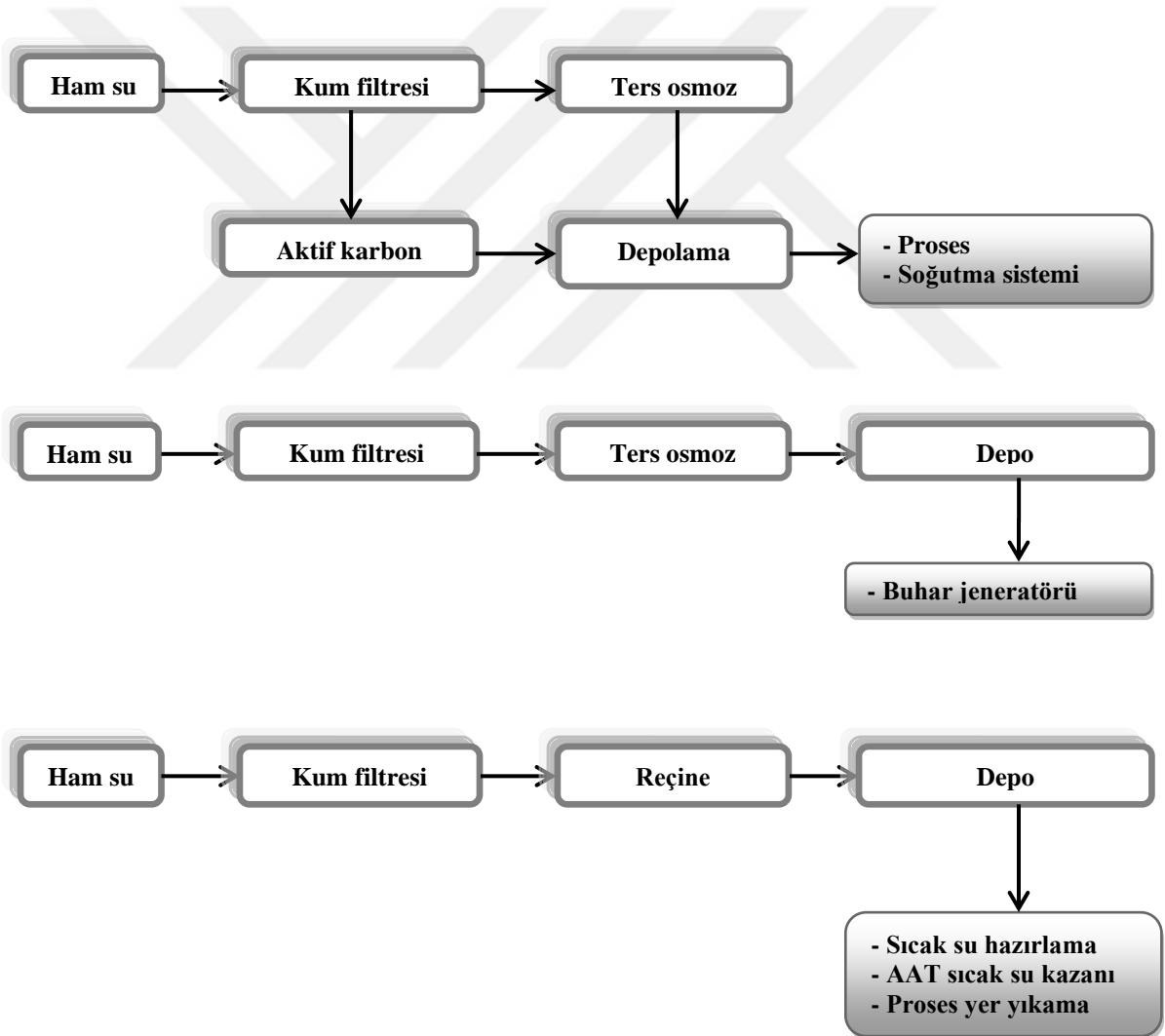
Dolumu tamamlanan sucuklar ise ısıtıldıktan sonra fermente odalarında bekletilir ve istenen hava sirkülasyonu, sıcaklık ve nem de sucuklar geleneksel sucuk lezzetine ulaştırılır.

**Donuk ürün üretimi:** Formlama işleminden sonra taze donuk ürünler direkt dondurma makinesine gönderilmektedir. Dondurulan ürünler talebe göre pakatlendikten sonra paletlenip -18 depolarda depolanır. Pişmiş donuk ürünler özelliklerine göre baharatlama, kaplama, kızartma işlemlerinden geçtikten sonra dondurucuya taşınır. Dondurulan ürünler talebe göre pakatlendikten sonra paletlenip -18 depolarda depolanır.

### 3.1.3. Yardımcı tesisler

Prosesin ve tesisin ısıtılması, soğutulması, su ihtiyacı, atıksuyunun giderimi gibi ihtiyaçlarının karşılanması için yardımcı tesisler bulunmaktadır. Bu yardımcı tesisler; su hazırlama ünitesi, soğutma sistemi, buhar kazan sistemi, sıcak su ünitesi ve atıksu arıtma tesisidir. Aşağıda bu üniteler ile ilgili detaylı bilgi verilmiştir.

**Su hazırlama ünitesi:** İncelenen tesiste, her alanda kullanılan su karakterizasyonu farklıdır. Kullanılacak bölüme göre arıtmadan geçirilen su ve arıtım kademeleri Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Farklı amaçlar için su hazırlama prosesleri



Tesiste ham suda; sertlik, iletkenlik, pH, klor ve sıcaklık parametreleri sürekli izlenir. Proses suyunda sertlik, iletkenlik, pH ve sıcaklık parametreleri izlenirken yumuşak suda sertlik, iletkenlik, pH, klor ve sıcaklık izlenir.

**Soğutma sistemi:** İncelenen tesiste üretilen ürünlerin tazeliğini ve kalitesini korumak için uygun saklama koşulları soğutma sistemi ile sağlanmaktadır.

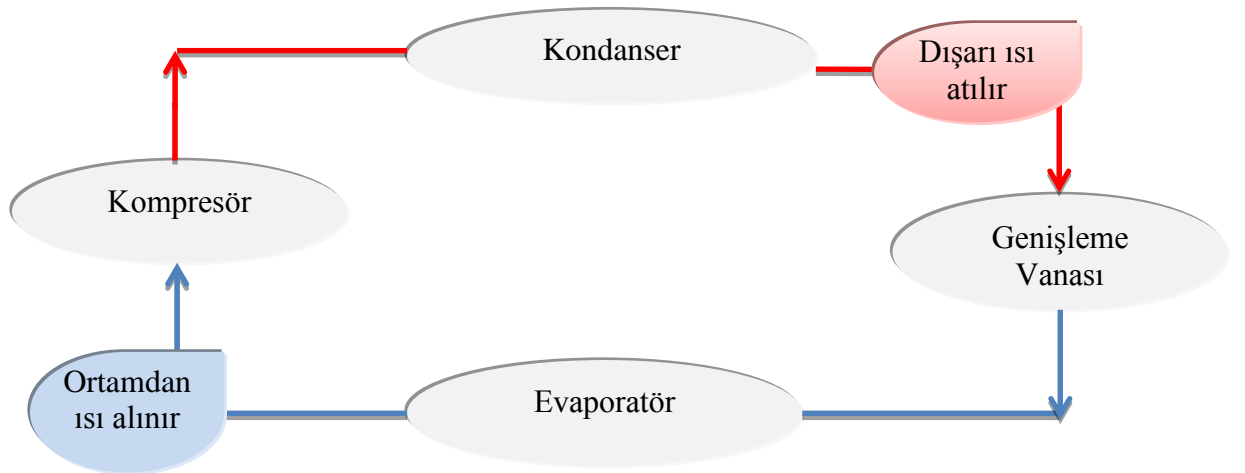
Soğutma sisteminde amonyak, kompresörlerin yardımıyla 90 °C 'ye ısıtılır, gaz halindeki amonyak kondenserde su ve hava yardımıyla likit hale getirilir. Likit haldeki amonyak, tanklarda toplanır. İsteğe göre buzlu su sisteminde ve glikol sisteminde, eşanjörler yardımıyla soğumalarına yardımcı olur.

Soğutma kulelerinde önemli olan parametreler ph, sertlik, iletkenlik ve kirlilik olup, sürekli olarak kontrol edilir. Kondenser kısmında suyun yoğuşmasından dolayı iletkenlik ve sertlik artar. Bunun önüne geçmek için yeteri kadar su blöf yapılır ve dengeleme sağlanır. Serpantinlerin korozyona uğramaması için soğutma sisteminde pH 8.0 üzerinde tutulur. 9,0-9,5 üzerinde pH değerlerinde ise, depozit, scale oluşumunun önüne geçebilmek için asit ve kimyasallar ile dengeleme yapılır.

**Buzlu Su Sistemi:** Amonyak ile buz haline gelen su, buzlu su tanklarına aktarılır. 0°Cye gelen buzlu su, proste ısıtarak geri döner ve tekrar buz haline getirilerek buzlu su tankına boşaltılır.

**Glikol sistemi:** Eşanjör yardımıyla, amonyak glikolü -6 ile -7 °C ' ye kadar soğutur. Soğuyan glikol sisteme aktarılır ve fanlar yardımıyla odalar istenilen sıcaklık seviyesine getirilir.

Soğutma çevrimi Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



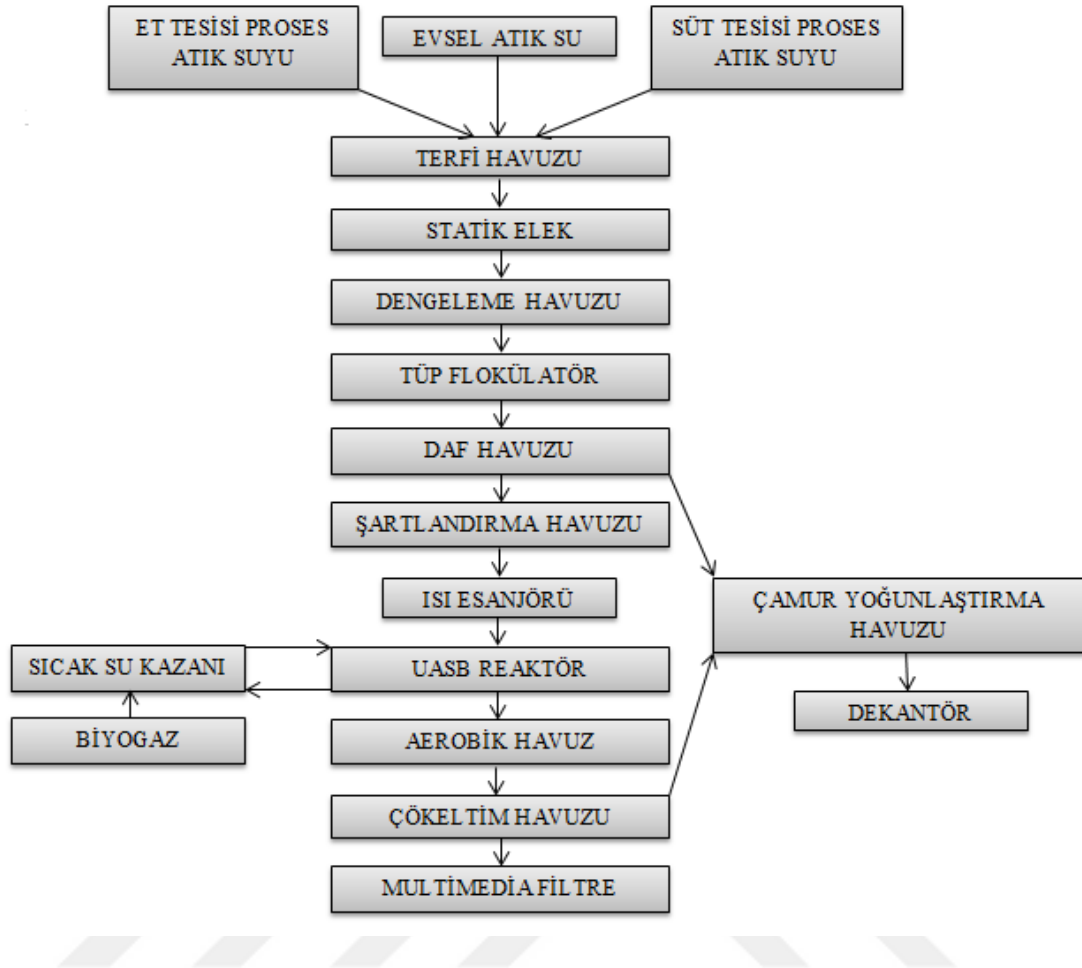
Şekil 3.4. Temel soğutma çevrimi

**Buhar kazan sistemi:** İncelenen tesise ait proseste bulunan buhar ihtiyacını karşılamak amacıyla buhar kazanları kullanılmaktadır. Bunun için öncelikle degazör, kazan besi suyunu istenilen pH, iletkenlik ve oksijen değerlerini ayarlar. Daha sonra 102 °C’de ki su, ekonomizlerden geçirerek 130 °C’ye çıkartılıp 17 bardaki buhar kazanına basılır. Buharlaşmaya başlamış olan 130 °C sıcaklıkta ki giren su brülör yardımıyla 207 °C’ye ısıtılarak proseste ki buhar ihtiyacı karşılanmış olur. Sisteme basılan buhar %70 oranında kondens olarak degazöre tekrar döner. Dolayısıyla bu sistemde hem ısı hem de su tasarrufu sağlanmaktadır.

**Sıcak su hazırlama ünitesi:** İncelenen tesiste, sıcak su hazırlama sistemine gelen buhar ve suya, ünitelerde istenilen sıcaklıklara göre eşanjörler yardımıyla dönüştürülüp gönderme işlemi yapılır. Sıcak su, kullanım suları, kesimhane, ısınma vb. farklı bölümlerde farklı sıcaklarda su elde etmek için kullanılır.

### **3.2. Atıksu Arıtma Tesisi**

Et fabrikası atıksuyu ve süt fabrikası atıksuyu cazibeli akım ile birleşerek atıksu arıtma tesisine gelmektedir. Atıksu arıtma tesisi fiziksel ön arıtma ve biyolojik arıtma proseslerinden oluşmakta olup, kapasitesi 4000 m<sup>3</sup>/gün’dür. AAT akım şeması Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Atıksu arıtma tesisi akım şeması

**Terfi havuzu:** Tesis sınırları içerisinde en düşük kota sahip olan terfi havuzu, atıksuların kendi cazibeleri ile geldiği ilk havuzdur. Bu havuz, proseste dengeleme havuzundan önce konumlanmakta olup, bir nevi dengeleme görevi görerek dengeleme havuzunun verimini arttırmaktadır. Atıksuda bulunan genel kirleticiler; proteinler, karbonhidratlar, yağlar, üre ve deterjanlardır.

**Statik elek:** Atıksu arıtma tesisinde kullanılan ince ızgara ekipmanındır. Çalışması için enerji bağlantısı gerektirmeyen statik elek, terfi havuzundan basınçlı pompa hattı vasıtasıyla gelen atıksuyun içeriğindeki 0,5-10 mm arası ince pislikler atıksudan uzaklaştıran fiziksel arıtma ekipmanındır. Mevcut atıksuda bulunan organik veya inorganik katı partiküllerin arıtma tesisine girerek olası pompa ve ekipman arızasını engellemektedir.

**Dengeleme havuzu:** Dengeleme havuzunun kullanım amacı; atıksuyun karakteristik salınımını minimize etmektir. Atıksu debisindeki farklılıkları, üretimden dolayı bazı dönemlerde veya istenmeyerek röğara salınan bazı konsantre atıksu akımlarını ve şok

yüklemeleri karşılamaktadır. Dengeleme havuzundan sonra bulunan tüp flokülatörde kullanılan kimyasalların belli bir pH kontrolünde kullanılabilirliği olduğu için pH'ın dengelenmesi önemlidir. Çünkü kimyasallardan istenen verim alınamazsa DAF havuzunda istenilen KOİ ve yağ giderim verimi sağlanamaz. Ve bu durum bir sirkülasyon halinde biyolojik arıtımı da olumsuz yönde etkiler. Dengeleme havuzunda, konsantrasyonun dengelenmesi ve çökelmenin önlenmesi amacıyla dalgıç karıştırıcı kullanılmaktadır.

**Tüp flokülatör:** Atıksu, dengeleme havuzundan pompa vasıtasıyla tüp flokülatöre beslenir. Tüp flokülatör de; atıksuyun pH değerini ayarlamak için H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> veya NaOH kimyasalı dozlanarak pH metre ile pH değeri sürekli olarak ölçülüp uygunluğu kontrol edilmektedir. DAF havuzunda koagülasyon ve flokülasyonun sağlanması için kullanılan kimyasallar, kimyasal hazırlama tanklarından dozaj pompası yardımı ile tüp flokülatöre gelir. Buradaki tam dolu ve türbülanslı akım sayesinde, kimyasallar hızla atıksuya nüfuz ederek flokların oluşmasını sağlar.

**DAF havuzu:** Atıksu içerisinde bulunan yağ ve kirleticiler, flok yapısını aldıktan sonra mikro kabarcık ile yüzdürülür. Mikro kabarcıklar kompresör yardımı ile basınç altında havanın su içerisinde çözünmesi ile oluşturulur. Yüzeyde biriken yağ, sıyrıcı yardımı ile sudan ayrılır, çamur oluşturarak tabana çöken ağır partiküller ise cazibeyle DAF Çamur rögarına alınır. Çamur rögarında bulunan çamur pompa vasıtasıyla çamur yoğunlaştırma havuzuna alınır. Çamur yoğunlaştırma havuzundaki çamur, dekantöre aktarılarak susuzlaştırma işlemi uygulanır kuru madde içeriği artırılır. DAF havuzunda arıtılan su, cazibesi ile çıkış savağından şartlandırma havuzuna devam eder.

DAF havuzunda arıtım veriminin %50 sağlanması gerekmektedir. Atıksuda bulunan yağın büyük bir oranının artıldığı bu ünitenin verimi, devamında bulunan proseslerin verimini doğrudan etkilemektedir. Çünkü yağ biyolojik arıtımda mikroorganizmalar tarafından belli bir kapasiteye kadar artılabilmektedir.

**Şartlandırma:** YAÇY reaktörde bulunan mikroorganizmalar için ortam koşulları önem arz etmektedir. Bu koşullardan biri ise pH'dır. Verimin sağlanabilmesi için pH 7.0 olmalıdır. Fakat DAF havuzundan gelen suyun pH'ı her zaman bu değerde olmadığı için şartlandırma havuzunda NaOH kimyasalı ile pH dengelenmesi yapılmaktadır. Sürekli pH ölçümü yapılarak, atıksuyun anaerobik koşullara uygunluğu kontrol edilmektedir. Şartlandırma havuzunda pH'ı ayarlanan atıksu, sıcaklığı 37-38°C'ye ulaştırılması için eşanjörden geçirilir. 37-38°C'ye yükseltelen atıksu, besleme

hattı üzerinde bulunan sıcaklık transmidi ile kontrol edilerek atıksu sıcaklığının uygun olması durumunda YAÇY reaktör havuzuna tabandan beslenmektedir.

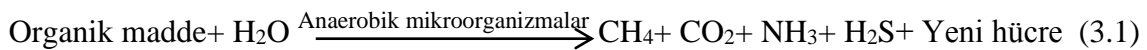
**YAÇY reaktör:** Anaerobik reaktörün tabanında, atıksuyun havuzun her köşesine homojen yönlendiren bir sistem mevcuttur. Anaerobik koşullar ile arıtılan atıksuyun içinde asidifiye olan organik maddeler, çoğunluğu metan olan ve diğer gazların da bulunduğu biyogaza dönüştürülür.

YAÇY reaktör; dip bölmesinde granüler çamurun 50-100 g/L, üst kısım fazının ise 5-40 g/L olan bir havuzdur. Granüler partiküller, 1 mm - 3 mm arasında bir çapa sahiptir.

YAÇY reaktörün üzerinde sıvı-katı-gaz ayırıcı sistem bulunmaktadır. Biyolojik arıtma sonucu oluşan biyogaz, reaktörün üzerinden GLSS sistem vasıtasıyla toplanarak biyogaz hattına iletilmektedir. Arıtılmış atıksu reaktörün üzerindeki sıvı-katı-gaz ayırıcı sistemden geçerken savaklanmaktadır. Reaktörde arıtılan atıksu degazörden geçirilerek içerisinde kalmış olabilecek gaz uzaklaştırılmaktadır. Degazörden geçen arıtılmış atıksu iki hatta ayrılmaktadır. Birinci hat, arıtılmış atıksuyu aerobik havuza iletmektedir. İkinci hat ise arıtılmış atıksuyu reaktör çamur rögarına iletmektedir. Reaktör çamur rögarından alınan çamur, anaerobik reaktör çamur pompaları ile iki hatta beslenebilmektedir. Birinci hat ile çamurun reaktöre geri devri sağlanır. İkinci hat ile de reaktörde oluşan fazla çamur, çamur yoğunlaştırma havuzuna iletilir.

YAÇY Reaktörün KOİ giderim veriminin en az %80 sağlanması gerekmektedir. Çünkü oluşacak olan biyogazın miktar, basınç ve kalitesi organik yüke ve arıtılabilirliğine bağlıdır.

**Biyogaz:** Anaerobik arıtma, mikroorganizmaların organik atıkları, oksijensiz ortamda, metan, karbondioksit, hüresel ve diğer organik maddelere çevirdiği biyolojik bir işlemdir. Metan gazının oluşma denklemi;



Organik maddelerin anaerobik arıtımı sonucunda, organik yükün miktarına göre % 20-30 CO<sub>2</sub>, % 60-79 CH<sub>4</sub>, % 1-2 H<sub>2</sub>S oluşmaktadır.

Reaktörün üzerinden toplanan biyogaz, nem tutucudan geçirilir ve biyogaz fanı ile basınçlandırılarak gaz deposuna alınır. Gaz deposundan çıkan biyogazın debimetre ile debisi ölçülür ve iki hatta ayrılır. Birinci hat ile biyogaz desülfürizasyon ünitesine iletilir. Desülfürizasyon ünitesinde, biyogaz içerisinde bulunan H<sub>2</sub>S, hatlarda korozyona sebep olmaması için arıtılır ve biyogaz kazan dairesinde yakılabilecek hale gelir. İkinci

hat ile biyogaz kazan dairesinde yakılamayacağı durumlarda, yakma bacasında yakılması sağlanır. 1 m<sup>3</sup> biyogazdan (20 MJ/m<sup>3</sup> biyogaz olarak kabul edilirse) yaklaşık olarak 1,7 kWh elektrik, 2,5 kWh ısı elde edilebilmektedir.

**Havalandırma havuzu:** YAÇY'den çıkan atıksu havalandırma havuzuna beslenir. Havalandırma havuzunda, atıksuyun içinde bulunan organik maddeler aktif çamur ile temas ettirilir. Bu proses için gereken oksijen jet aeratör vasıtasıyla sağlanmaktadır. Jet aeratör, havalandırma havuzundan aldığı atıksuyu, blowerdan alınan hava ile karıştırarak oksijenin suya transferini arttırmaktadır. Havalandırma havuzundaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu, oksijenmetre vasıtasıyla sürekli ölçülerek 2 mg/L'nin altına düşmemesi sağlanmaktadır. Havalandırma havuzundan çıkan arıtılmış su çökeltme havuzuna geçer.

**Çökeltme havuzu:** Aerobik havuzdan çıkan arıtılmış atıksu, çökeltme havuzuna aktarılır. Çökeltme havuzunda durgun hidrolik şartlarda bekletilen arıtılmış atıksuyun içerisindeki aktif çamur tabana çökmesi sağlanır. Üstte kalan arıtılmış atıksu savaklanarak çöktürme havuzundan arıtılmış su havuzuna alınır. Arıtılmış su havuzuna dezenfeksiyon için NaOCI dozajı yapılır. Çökeltme havuzunun tabanına çöken aktif çamur, çöktürme havuzu sıyrıcısı yardımı ile havuz tabanından cazibe ile çökeltme havuzuna ait çamur rögarına geçer. Çamur rögarından çamur pompaları ile alınan çamur iki hatta iletilir. Birinci hat ile çamur, havalandırma havuzundaki aktif çamur ve mikroorganizma konsantrasyonunu optimum seviyede tutmak için havalandırma havuzuna geri devrettirilir. İkinci hat ile de fazla çamur, çamur yoğunlaştırma havuzuna aktarılır.

**Multimedya filtreler:** Arıtılmış su havuzuna gelen su, multimedya filtrelere beslenir. Su, multimedya filtrelerden geçtikten sonra deşarj havuzuna gelir. Filtrelerin dolgu malzemesinde oluşabilecek birikintiler temizlenmesi için, deşarj havuzunda bulunan su, filtre geri yıkama pompaları ve blowerdan alınan basınçlı hava da kullanılarak filtrelere tersten beslenmektedir.

**Çamur yoğunlaştırma havuzu:** Çamur yoğunlaştırma havuzunda toplanan DAF çamuru, anaerobik fazla çamur ve aerobik fazla çamur karışımı durgun hidrolik şartlarda bekletilerek yoğunlaştırılmaktadır. Çamur yoğunlaştırma havuzunda graviteli olarak yoğunlaştırılan çamurun hacmi azaltılmaktadır. Çamur yoğunlaştırma havuzunun tabanında yoğunlaştırılan çamur, çamur yoğunlaştırma havuzu sıyrıcısı ile sıyrılmakta ve havuz tabanından dekantör besleme pompaları ile çekilerek dekantöre

beslenmektedir. Çamur yoğunlaştırma havuzunda üstte kalan sızıntı suları dengeleme havuzuna iletilmektedir.

**Dekantör:** Graviteli olarak yoğunlaştırılarak dekantöre beslenen çamur, dekantörde mekanik olarak susuzlaştırılmaktadır. Polimer hazırlama ünitesinde hazırlanan katyonik polielektrolit çözeltisi kimyasal dozaj pompası ile dekantöre yoğunlaştırılmış çamur ile birlikte dozlanmaktadır. Polielektrolit, çamur partiküllerinin dekantörde tutulma verimini artırmaktadır. Dekantörde susuzlaştırılan çamur, çamur keki halinde araçlarla uzaklaştırılmaktadır. Susuzlaştırma esnasında dekantörde oluşan süzüntü suları ise dengeleme havuzuna iletilmektedir. Dekantör çıkışında çamurun kuru madde miktarı %5-9'dan %30-35'e çıkartılır.

### 3.3. Deneysel Metotlar

Arıtma tesisinde verimliliğin takibi ve işletimi için yönetim binasında bulunan Scada üzerinden sistemde bulunan pH, redoks, çözünmüş oksijen vb. online ölçüm cihazlarının verileri takip edilmektedir. Tesiste günlük izlemeler için atıksu analiz laboratuvarı da bulunmaktadır.

Laboratuvarda; spektrofotometre, etüv, kül fırını, mikroskop, hassas terazi, desikatör, ısıtıcı, pH, oksijen, iletkenlik ölçer, İmhoff hunisi, manyetik karıştırıcı gibi cihazlar yardımıyla KOİ, BOİ, UYA, AKM, UAKM, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, SV<sub>30</sub> vb. deneyleri yapılmaktadır. Yapılan deneylerle ilgili olarak, parametrelere ait ölçüm metotları Çizelge 3.3'de verilmiştir. Numuneler anlık olarak giriş, şartlandırma havuzu, YAÇY reaktör (1. musluk, karışım ve çıkış), havalandırma havuzu ve deşarj havuzundan alınmaktadır. Numuneler haricinde, giriş sıcaklık ve debi, reaktör debisi, sıcaklığı ve çevrimi, aerobik çevrim değerleri sürekli olarak takip edilmekte olup ve atıksuyun karakterizasyonuna göre işletme stratejisi geliştirilmektedir.

**Çizelge 3.3.** Ölçümü yapılan parametrelerin analiz metotları

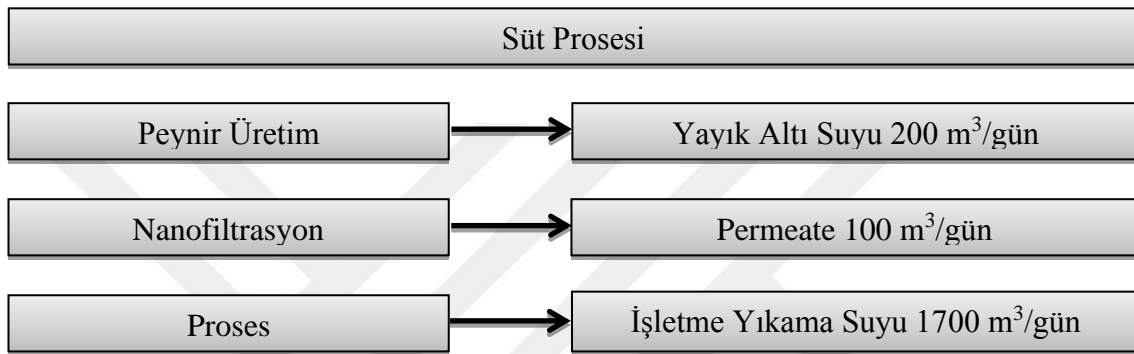
Parametre	Metod / Standart
KOİ	ISO 6060-1989, DIN 38409-H41-H44
PO <sub>4</sub> -P	ISO 6878-1-1986, DIN 38405 D11-4
NO <sub>2</sub> -N	EN ISO 26777, DIN 38405 D10
NO <sub>3</sub> -N	ISO 7890-1-2-1986, DIN 38405 D9-2
NH <sub>4</sub> -N	ISO 7150-1, DIN 38406 E5-1, UNI 11669:2017
TN <sub>b</sub>	EN ISO 11905-1
AKM	Standard Methods 1989 S.2-75, GEMS S.22
Yağ - Gres	SM 5520 D

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Et ve Süt Entegre Tesisinde Su Kullanımı ve Atıksu Oluşumu

#### Süt ve Süt Ürünleri Üretimi

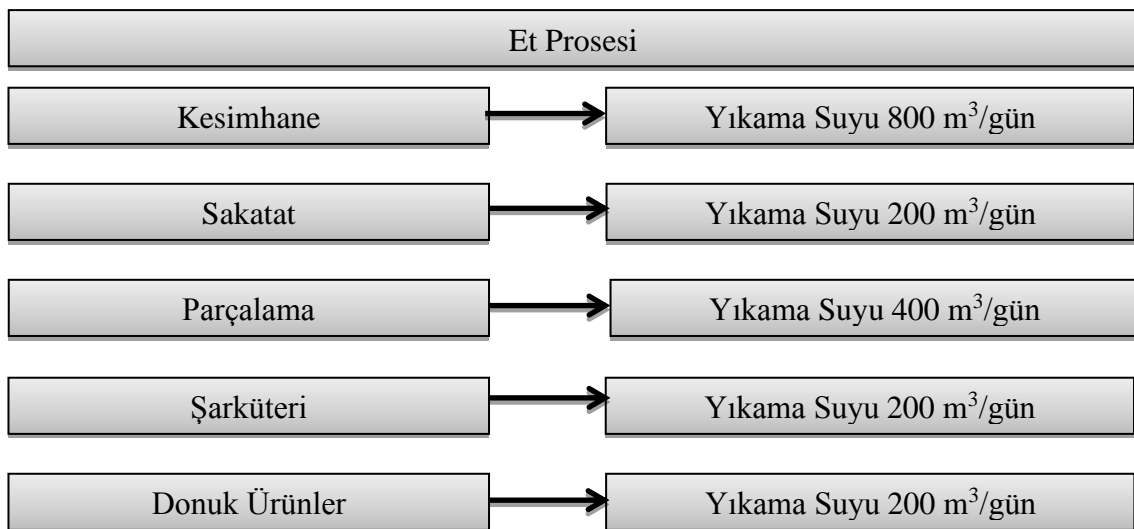
Tesiste üretim aşamalarında kullanılan tank ve teçhizatın yıkanması ve tesiste yapılan diğer temizlik işlemlerinde ve üretim kademelerinde kullanılan proses suyu 2000 m<sup>3</sup>/gün olup; oluşan atıksu, atıksu arıtma tesisine gelmektedir. Şekil 4.1'de oluşan atıksu kaynakları ve miktarları belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Süt prosesi atıksu kaynakları

#### Et ve Et Ürünleri Üretimi

Sakatat yıkama, parçalama alanı, şarküteri hattı ve donuk ürünler hattından, yaklaşık 1000 m<sup>3</sup>/gün proses suyu kullanılmaktadır. Kesimhanede ise 800 m<sup>3</sup>/gün proses suyu kullanılmakta olup; oluşan atıksu, atıksu arıtma tesisine gelmektedir. Şekil 4.2'de oluşan atıksu kaynakları ve miktarları belirtilmiştir.



Şekil 4.2. Et prosesi atıksu kaynakları



#### 4.2. Et ve Süt Entegre Tesisinde Atıksu Karakterizasyonu

Arıtma tesisine gelen atıksu organik içeriğe sahiptir. Gıda üretim alanlarından kaynaklanan atıksu olduğu için içerisinde toksik, ağır metal vb. zararlı parametreler barındırmamaktadır. Tesise hastalığı olan hayvan alınmadığı için atıksu da bulaşıcı ve hastalık yapıcı canlılar yoktur. Atıksu arıtma tesisine gelen atıksuyun temel parametreleri ve ortalama konsantrasyonları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.**Atıksu arıtma tesisi ortalama giriş değerleri

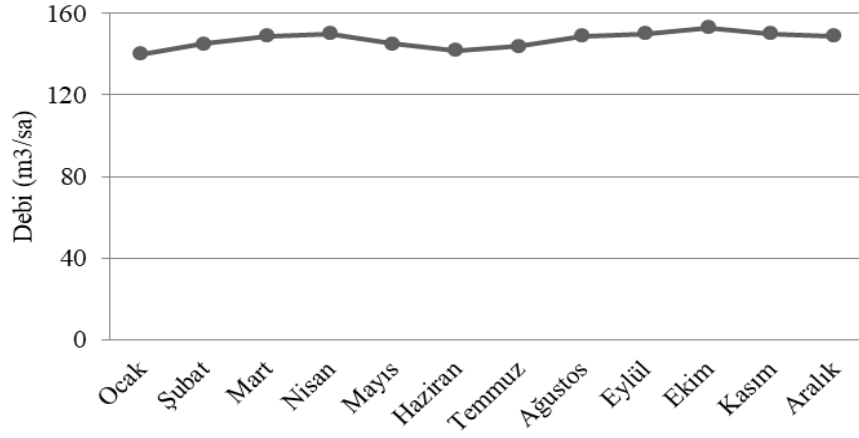
Parametre	Ortalama Konsantrasyon
Q <sub>max</sub>	167 m <sup>3</sup> /saat
KOİ	4000 mg/L
BOİ	2600 mg/L
TN	170 mg/L
TP	50 mg/L

DAF havuzunda yağı ayrılan atıksuyun anaerobik ve aerobik sistemde C/N/P oranları Çizelge 4.2 ‘de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** C/N/P oranları

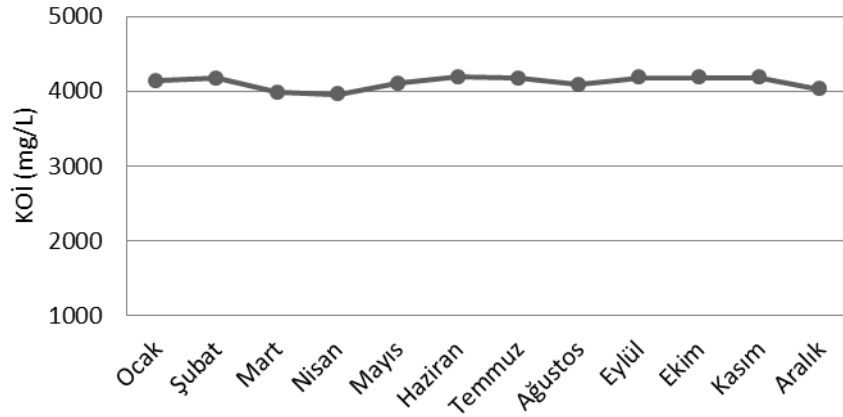
Giriş	C/N/P
Anaerobik reaktör	700/5/1
Aerobik reaktör	100/5/1

Atıksu debisi üretim miktarı ve süresine göre değişmekte olup, 2018 yılı içerisinde ki aylık ortalama debi salınımları Şekil 4.3’de verilmiştir.



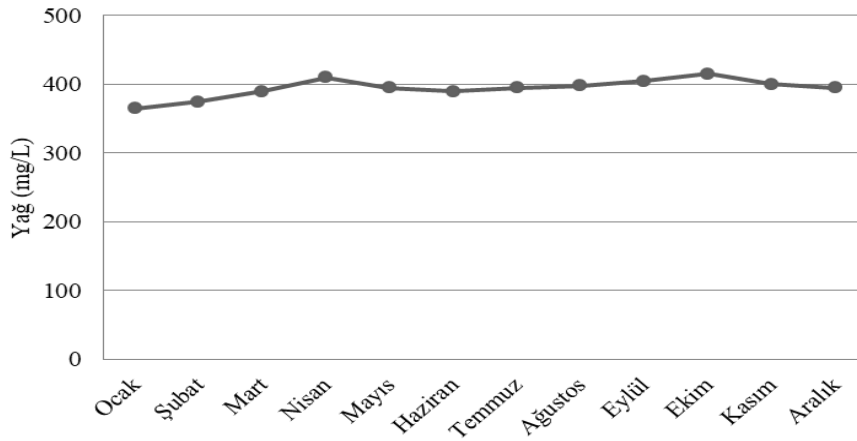
Şekil 4.3. AAT giriş suyunda debi değişimi (2018 yılı ortalama)

Atıksu arıtma tesisine gelen atıksudaki KOİ ortalama 4000 mg/L konsantrasyona sahiptir. Bu değer, üretim miktarına ve süresine göre salınımlar göstermekte olup, 2018 yılı içerisinde ki aylık ortalama giriş KOİ salınımları Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4. AAT giriş suyunda KOİ konsantrasyonunun değişimi (2018 yılı ortalama) (GRAFİK TİMES KARAKTER OLACAK)

Üretim alanlarında, hijyen ve yer yıkamadan kaynaklanan atıksu, et ve süt tesisinden ortak kotta birleşerek atıksu arıtma tesisine geldiğinde, 380-420 mg/L arasında yağ konsantrasyonuna sahip olup, 2018 yılı içerisinde ki aylık ortalama giriş yağ salınımları Şekil 4.5’de verilmiştir.

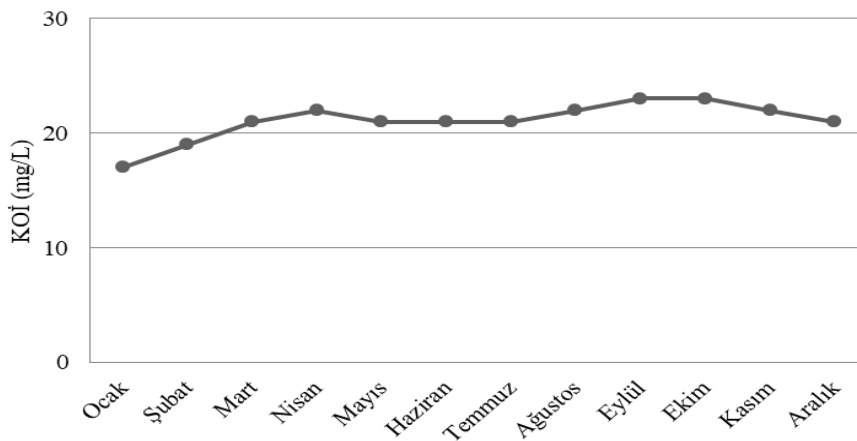


Şekil 4.5. AAT giriş suyunda yağ-gres konsantrasyonunun değişimi (2018 yılı ortalama)

### 4.3. Et ve Süt Entegre Tesisinde Arıtılmış Atıksu Kalitesi

Et ve süt proseslerinde birleşik akım ile gelen atıksuyun en temel kirletici parametresi yağdır. Atıksuda bulunan yağın giderim verimi sağlanamazsa, biyolojik arıtım kademelerinde mikroorganizma aktivitesini etkileyerek arıtım verimliliğini düşürür. Dolayısıyla giriş yağ konsantrasyonunun bilinmesi, kimyasalların dozaj miktarını belirlemede önemlidir.

Atıksu arıtma prosesleri sonrası 2018 yılı içerisinde ki aylık ortalama arıtılmış atıksuyun KOİ salınımları Şekil 4.6'da verilmiştir.

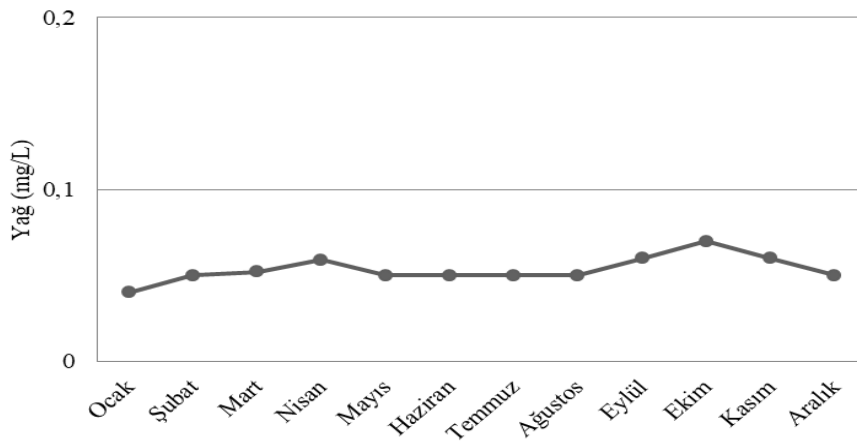


Şekil 4.6. AAT çıkış suyunda KOİ konsantrasyonunun değişimi (2018 yılı ortalama)

İncelenen tesiste atıksu arıtma tesisine gelen yağ konsantrasyonunu azaltmanın en önemli adımı DAF havuzudur. DAF havuzundan yağ giderim veriminin takibi,

kullanılan kimyasallar ve takip edilmesi gereken diğer parametreler, müdahale için önemlidir.

2018 yılı içerisindeki arıtılmış atıksuyun yağ içeriği ve aylara göre değişimi Şekil 4.7’de verilmiştir.



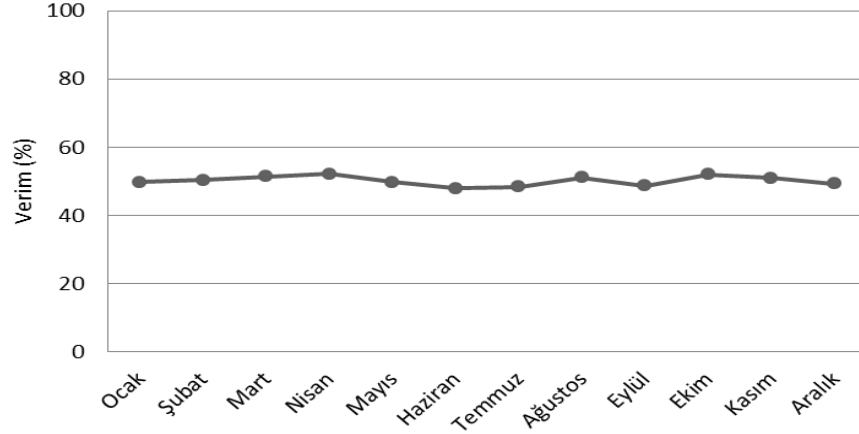
Şekil 4.7. AAT çıkış suyunda yağ-gres konsantrasyonunun değişimi (2018 yılı ortalama)

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği kapsamında ise tesiste iç izleme için 15 gün aralıklarla akredite laboratuvar tarafından arıtılmış atıksudan numune alınmaktadır. İncelenen et ve süt ürünleri tesisinin mevcut AAT çıkış suyu kalitesinin 2018 yılı ortalama sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Arıtılmış atıksuya ait su kalitesi ve deşarj limit değerleri

Parametre	Birim	AAT çıkış suyu kalitesi	Limit değer (YSKY, 2012)
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mgO <sub>2</sub> /L	21	50
Toplam Fosfor	mg/L	0,12	0,2
Fosfat Fosforu	mg/l	0,1	0,16
Toplam Kjeldahl Azotu	mg/L	1,3	1,5
Yağ - Gres	mg/L	<0,1	0,3
Amonyum/Amonyum Azotu	mg/L	0,29	1
Nitrat / Nitrat Azotu	mg/L	0,056	10
Florür	mg/l	0,174	1,5
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	mgO <sub>2</sub> /L	2	8
Toplam Azot	mg/L	1,38	11,5
Selenyum	mg/L	<0,005	0,015
Mangan	mg/L	0,0142	0,5
Sülfür	mg/L	0,003	0,005
pH	birim.pH	8,01	6-9
Bakiye Klor	mg/L	0,92	-
Fekal Koliform	ad/100 mL	148	-

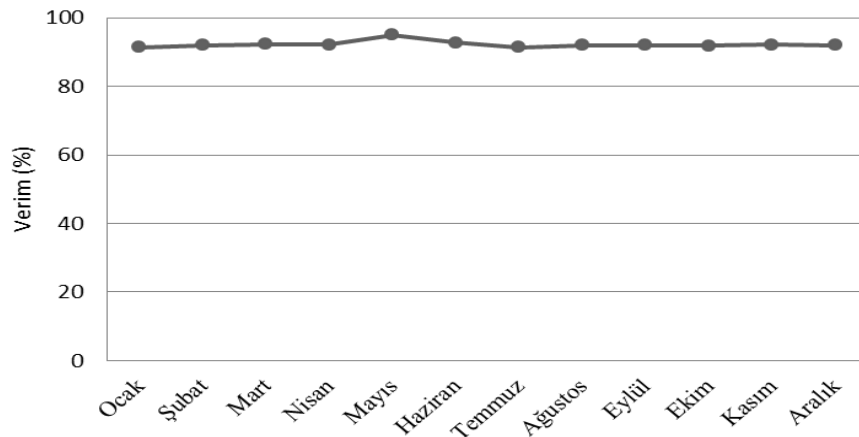
Özellikle yağ giderimi için büyük önemi olan DAF havuzunun verimi, deşarj suyunun kalitesini arttırmada önemli rol oynar. DAF havuzunda atıksu da bulunan yağ artılamaz ise, akışa devam ederken biyolojik arıtma kademelerini olumsuz yönde etkileyecektir. Suyun karakteristiği, kullanılan kimyasallar, kullanılan makine ve ekipmanlar DAF verimini etkilemektedir. Mevcut DAF havuzunun KOİ giderim verimleri Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. DAF Havuzu 2018 yılı aylık KOİ giderim verimi

DAF havuzunda, atıksudaki yağın büyük ölçüde alınması ve KOİ konsantrasyonunun da azalmanın ardından YAÇY reaktöre giren atıksudan anaerobik şartlarda kirletici giderimi devam eder. YAÇY reaktörün KOİ giderim verimi, DAF havuzunun verimi ile doğru orantılıdır. DAF havuzundan gelecek fazla yağ veya KOİ, YAÇY üzerinde şok etkisi yaratarak verimi düşürecektir. DAF haricinde ise, uygun sıcaklık şartları, pH ve geri devir oranı da YAÇY Reaktörün verimliliği için önemli koşullardır.

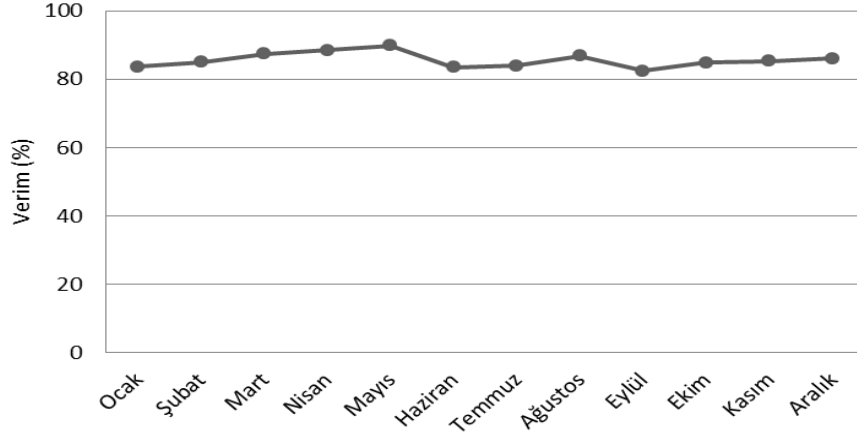
Mevcut YAÇY reaktörünün KOİ giderim verimi Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9. YAÇY Reaktör 2018 yılı aylık KOİ giderim verimi

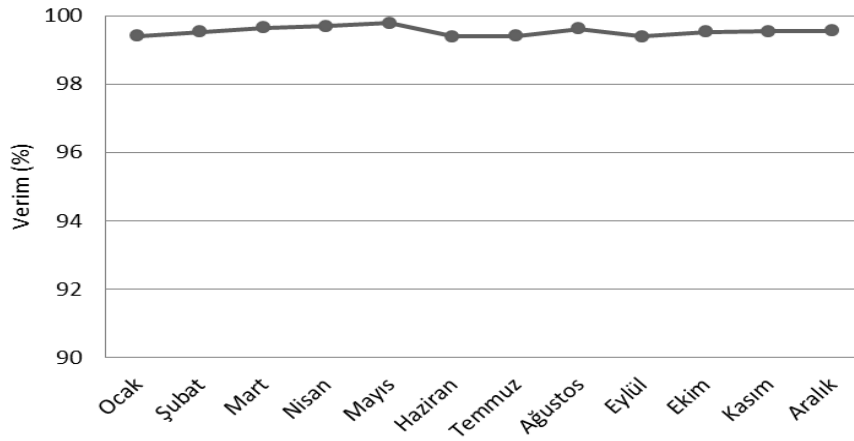
Anaerobik arıtmadan çıkan atıksuda, havalandırma havuzunda aerobik koşullarda kirlilik parametrelerinin giderimi devam eder.

Tesisteki mevcut havalandırma havuzunun KOİ giderim verimleri Şekil 4.10'da verilmiştir.



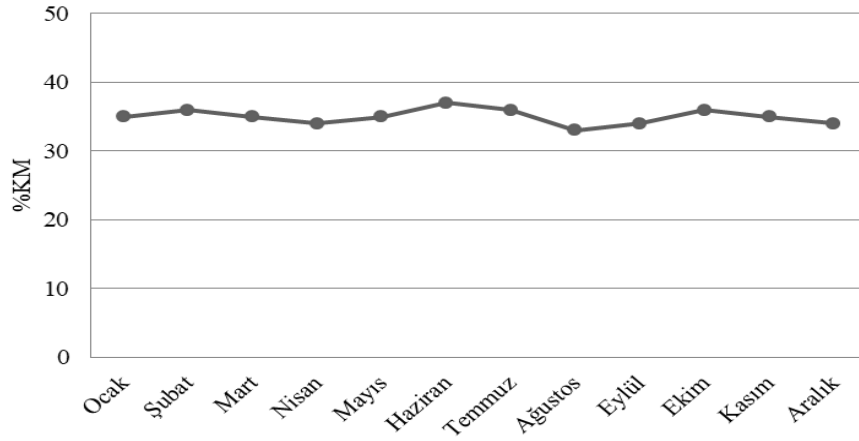
Şekil 4.10. Havalandırma havuzu 2018 yılı aylık KOİ giderim verimi

Mevcut atıksu arıtma tesisinin 2018 yılı ortalama değerlerine göre KOİ giderim verimleri Şekil 4.11'de verilmiştir.



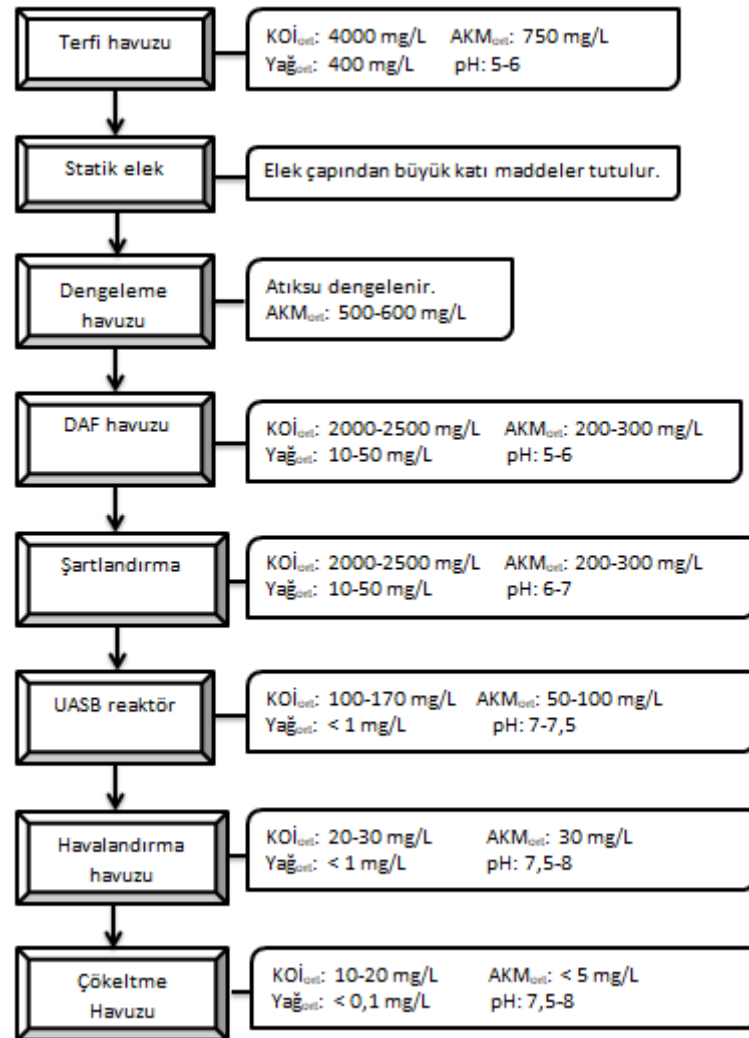
Şekil 4.11. Arıtma tesisi 2018 yılı KOİ giderim verimi

YAÇY reaktör, havalandırma havuzu ve son çökeltim havuzlarından alınan fazla çamurlar, çamur yoğunlaştırma havuzundan dekantöre iletilir. Çamur dekantörden geçirilerek susuzlaştırma işlemine uğrar. Dekantörden çıkan çamurun %KM oranı Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12. Susuzlaştırılmış çamurda %KM oranı değişimi (2018 yılı ortalama)

Atıksu arıtımı aşamalarında temel parametrelerin giderim değerlerinin 2018 yılı ortalaması Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13. Atıksu arıtım aşamaları ve bazı kirlilik parametrelerinin giderimi

#### 4.4. Atıksu Geri Kazanımı ve Yeniden Kullanım Alternatifleri

İncelenen tesiste; tesis sınırları içerisinde düzenli olarak bakımı yapılan yeşil alan bulunmakta olup peyzaj uygulaması yapılmaktadır. Tesise ait araçların yıkandığı alanın yanı sıra genel saha temizliği ve toz kontrolü için su tüketimi yapılmaktadır. İncelenen tesise ait arıtılmış atıksuların uygun arıtma prosesleri sonrası kullanılabilen alanlar Çizelge 4.4’de verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** İncelenen tesise ait arıtılmış atıksuyun yeniden kullanım alternatifleri

Arıtılmış Atıksu Kullanım Alternatifler
Çiftlik için kullanım
Peyzaj amaçlı sulama
Çevresel iyileştirmeler
Araç yıkama
Kazan tamamlama suyu
Yangın suyu
Su hazırlama sistemi geri yıkama suyu
Tesis içi toz kontrolü
Tesis içi yeşil alan sulama
Pisuar ve sifonlar
Soğutma kulesi tamamlama suyu

**Çiftlik için kullanım:** İncelenen tesise ait, tesise uzaklığı yaklaşık 5 km ve 10 milyon metrekaarelik alanı olan bir büyükbaş hayvan çiftliği bulunmaktadır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım sonrasında uygun bir dezenfeksiyon prosesi (Klor, UV) sonrasında çiftlikte yeşil alan sulaması ve hayvan tüketim suyu için kullanılabilir.

**Peyzaj amaçlı sulama:** İncelenen tesise ait saha içerisinde 144.000 m<sup>2</sup>’lik yeşil alan bulunmakta olup, ağaç ve çiçek çeşitleri mevcuttur. Bakımları için ayrı bir ekibi olan bu bitkiler Çizelge 4.5’de verilmiştir. Düzenli bakımları ile birlikte günlük su ihtiyaçları bulunan bu bitkilerin su kaynağı arıtılmış atıksu ile sağlanabilir ve beslenebilir.



**Çizelge 4.5.** İncelenen tesisin sahasında bulunan ağaç ve çiçek çeşitleri

Sedir	Mavi servi	Top akasya	Atkestanesi	Sardunya
Karaçam	Kule servi	Ters dut	Soprano	Papatya
Leylandi	Pirami servi	Karaağaç	Akçakavak	Lavanta
Mavi leylandi	Akasya	Akça ağaç	Katalpa	Sümbül
Kırtık servi	Dişbudak	Güvey kandili	Ihlamur	Sıklamen
Mazı	Mahlep	Çınar	Lale	Nergis
Sarıçam	Süs elması	Süs eriği	Gül	Zakkum

**Araç yıkama:** İncelenen tesise ait 35 adet şirket araçlarının ve günlük olarak ring yapan kamyon/tır gibi araçların yıkamaları garaj bölümünde yapılmaktadır. Arıtılmış atıksu ile araçların yıkaması sağlanabilir.

**Kazan tamamlama suyu:** Kazanda buharlaşan ve blöf yapılan suyu tamamlamak için arıtılmış atıksu ters osmozdan geçirilerek tamamlama suyu olarak kullanılabilir.

**Yangın suyu:** İncelenen tesiste bulunan yangın hattı arıtılmış atıksu ile beslenebilir.

**Su hazırlama sistemi geri yıkama suyu:** İncelenen tesiste bulunan su hazırlama sisteminde bulunan kum filtresi, çalışma süresini 1440 dakikaya tamamladığında ters yıkamaya alınır. Öncelikle içerisinde ki su yarı seviyeye kadar boşaltılır ve blower ile hava verilir. Hava verilme işleminden sonra, ünitenin altında bulunan geri yıkama vanasından su verilerek geri yıkaması yapılıp su yukarıda bulunan tahliye kanalından tahliye edilir. Geri yıkama sonrasında durulamaya geçilir ve yukardan su verilip, alttan tahliyesi yapılır.

İyon değiştirici ünitesinde bulunan reçine maksimum tutma kapasitesine ulaştıktan sonra geri yıkama işlemi yapılır. Su, geri yıkama girişinden verilir, tahliye hattından alınır. Geri yıkama sonrasında 90 dk süre tuzlu su verilir. Ardından 40-50 dk arasında bekleme ve durulama uygulaması gerçekleştirilir.

Arıtılmış atıksu ters osmozdan geçirilerek bu ünitelerde geri yıkama ve durulama suyu olarak kullanılabilir.

**Tesis içi toz kontrolü:** İncelenen tesise ait saha da ve hurdalık alanında toz kontrolü yapılması adına yıkama yapılmakta olup, toz kontrolü arıtılmış atıksu ile yapılabilir.

**Tesis içi yeşil alan sulama:** Çevresi ve iç alanları çim ile çevrelenen saha toplamda 144.000 m<sup>2</sup> olup, sulaması arıtılmış atıksu ile sağlanabilir.

**Pisuar ve sifonlar:** İncelenen tesise ait 65 adet pisuar ve sifonlara ait su ihtiyacı arıtılmış atıksu ile sağlanabilir.

**Soğutma kulesi tamamlama suyu:** Soğutma sisteminde buharlaşan ve blöf yapılan suyu tamamlamak için arıtılmış atıksu ters osmozdan geçirilerek tamamlama suyu olarak kullanılabilir.



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İncelenen et ve süt ürünleri entegre tesisinde atıksu karakterizasyonu, mevcut atıksu arıtma tesisi, arıtma verimleri ile çıkış suyu kalitesi incelenerek bu sektör için arıtılmış atıksuların yeniden kullanım alternatifleri değerlendirilmiştir.

Mevcut tesiste, arıtılmış atıksuyun deşarjı DSİ Tahliye kanalına yapılmaktadır. DSİ kanallarına deşarjda mevzuat gereği çıkış suyu kalitesinin 2. sınıf su kalite kriterlerini sağlaması gerekmektedir.

İncelenen et ve süt ürünleri endüstrisinin mevcut proses özellikleri, atıksu kaynakları ve arıtılmış atıksu özellikleri değerlendirildikten sonra, arıtılmış atıksuyunda yeniden kullanım için önemli olan su kalitesi parametrelerinin analizi yapılmıştır. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'ne göre sulama suyunun kimyasal kalitesine ait parametreler ve değer aralıkları ile incelenen tesise ait arıtılmış atıksuyun analiz sonuçlar Çizelge 5.1'de kıyaslanmıştır.

**Çizelge 5.1.** Sulama suyunun kimyasal kalitesinin değerlendirilmesi ve analiz sonuçları

Parametreler	Birimler	Kullanımında zarar derecesi			Analiz Sonuçları
		Yok (I. sınıf su)	Az – orta (II. sınıf su)	Tehlikeli (III. sınıf su)	
<b>Tuzluluk</b>					
İletkenlik	$\mu\text{S}/\text{cm}$	< 700	700-3000	>3000	2050
Toplam çözülmüş Madde	mg/L	< 500	500-2000	>2000	1704
<b>Geçirgenlik</b>					
SAR <sub>Tad</sub>	0-3	EC $\geq$ 0.7	0.7-0.2	< 0.2	0,8
	3-6	$\geq$ 1.2	1.2-0.3	< 0.3	
	6-12	$\geq$ 1.9	1.9-0.5	< 0.5	
	12-20	$\geq$ 2.9	2.9-1.3	< 1.3	
	20-40	$\geq$ 5.0	5.0-2.9	< 2.9	
<b>Özgül iyon toksisitesi</b>					
Sodyum (Na)					
Yüzey sulaması	mg/L	< 3	3-9	> 9	4,3
Damlatmalı sulama	mg/L	< 70	> 70		
Klorür (Cl)					
Yüzey sulaması	mg/L	< 140	140 –350	> 350	297
Damlatmalı sulama	mg/L	< 100	> 100		
Bor (B)	mg/L	< 0.7	0.7-3.0	> 3.0	0,763

AAT çıkış suyu, Çizelge 5.1'e göre tüm parametreler açısından 2. Sınıf su kalitesindedir.

Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'ne göre Sınıf B sulamada kullanılacak arıtılmış atıksuyun sınıfı ve sınır aralığı, incelenen tesise ait arıtılmış atıksuyun analiz sonuçları ile Çizelge 5.3'te kıyaslanmıştır

**Çizelge 5.3.** Sulamada geri kullanılacak arıtılmış atıksuların sınır aralığı ve analiz sonuçları

Geri kazanım türü	Arıtma tipi	Geri kazanılmış suyun kalitesi <sup>a</sup>	İzleme periyodu	Uygulama mesafesi <sup>b</sup>	Ölçülen Parametre	Analiz Sonuçları
<b>Sınıf B</b>						
<i>a-Tarımsal sulama: Ticari olarak işlenen gıda ürünleri<sup>m</sup></i>						
<i>b-Girişi kısıtlı sulama alanları</i>						
<i>c- Tarımsal sulama: Gıda ürünü olmayan bitkiler</i>						
a) Meyve bahçeleri ve üzüm bağları gibi ürünlerin salma sulama ile sulanması	-İkincil arıtma <sup>c</sup> - Dezenfeksiyon <sup>e</sup>	-pH=6-9 -BOİ5 < 30 mg/L -AKM < 30 mg/L -Fekal koliform < 200 ad/100 mL <sup>g,j,k</sup> -Bazı durumlarda,	-pH: Haftalık -BOİ5: Haftalık -AKM: günlük -Koliform: günlük	-İçme suyu temin edilen kuyulara en az 90 m mesafede. -Yağmurlama sulama yapılıyor ise halkın bulunduğu ortama en az 30 m mesafede	pH BOİ (mg/L) Fekal Koliform (ad/100 ml) Bakiye Klor (mg/L)	8,01 2 148 0,92
b)Çim üretimi ve kültür tarımı gibi halkın girişinin kısıtlı olduğu yerler		spesifik virüs, protozoa ve helmint analizi istenebilir. -Bakiye klor > 1 mg/L <sup>l</sup>	-Bakiye klor: sürekli		AKM (mg/L)	56
c)Otlak hayvanları için mera sulaması						

Çizelge 5.3'te verilen değerlere göre; pH, BOİ, Fekal Koliform uygun aralıktadır. Bakiye Klor değerinin 1 mg/L'den büyük olması gerekmektedir. Analiz sonucu 0,92 mg/L olduğu için dozlanan klor miktarının artırılması gerekmektedir. AKM değeri ise 30 mg/L'nin altında olması gerekirken analiz sonucu 56 mg/L çıkmıştır. 30 mg/L'nin altına inmesi için ilave kum filtresi sisteme entegre edilerek sınıf B kalitesinde su üretilerek; meyve bahçeleri ve üzüm bağları gibi ürünlerin salma sulama ile sulanması, çim üretimi ve kültür tarımı gibi halkın girişinin kısıtlı olduğu yerler ve otlak hayvanları için mera sulaması amacıyla tekrar kullanılabilir.

AAT'de arıtılmış atıksuların proseste yeniden kullanımı için izlenmesi gereken su kalitesi parametreleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

**Çizelge 5.2.** Proses suyu kalite kriter parametreleri

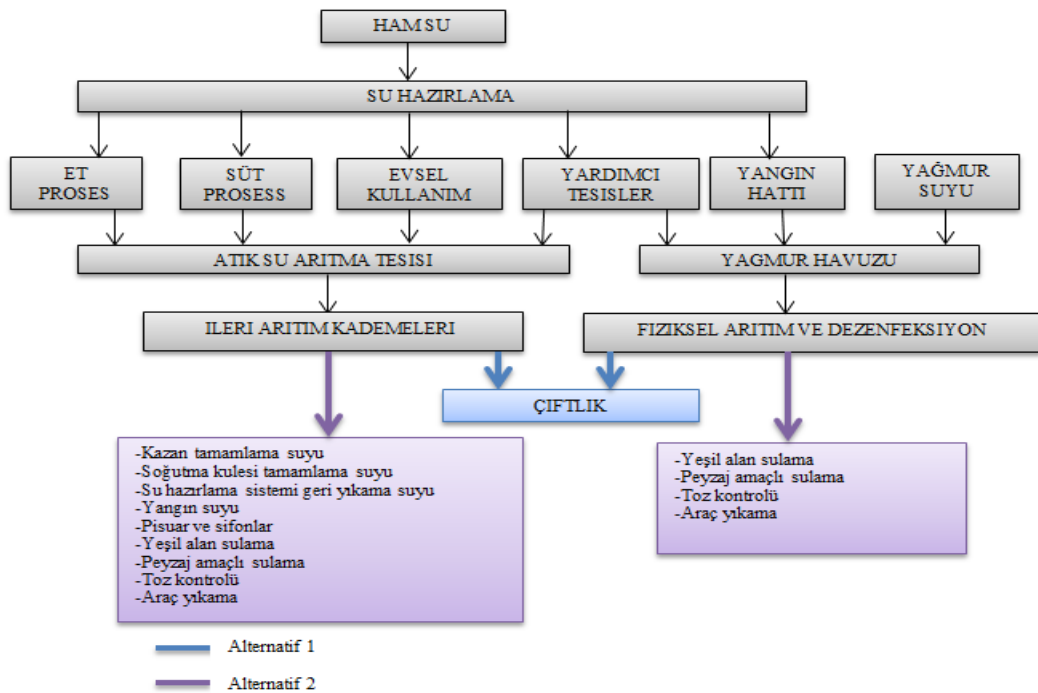
Proses temizlik suyunda kontrol edilen parametreler						
Toplam canlı	Akrilamid	Vinil Klorür	İletkenlik	Kurşun	Koku	Civa
Koliform	Antimon	Klorür	Sertlik	Polisiklik	Tat	Florür
Enterekok	Arsenik	Mangan	Klor	Hidrokarbonlar	Bulanıklık	Nikel
<i>E. coli</i>	Benzen	Oksitlenebilirlik	Amonyum	Tetrakloreten ve trikloreten	pH	Nitrat
<i>P. aeruginosa</i>	Benzo (a) piren	Sülfat	Alüminyum	Toplam trihalometanlar	Kadmiyum	Nitrit
<i>Cl. perfringes</i>	Bor	Sodyum	1,2-dikloreten	Toplam Pestisitler	Krom	Siyanür
Renk	Bromat	Pestisitler	Epikloridin	Demir	Bakır	

Çizelge 5.2’de verilen su kalite parametrelerinden; renk, klor, amonyum, koku, bulanıklık, pH, selenyum, nitrat, florür parametrelerinde artırılmış atıksu istenilen değeri sağlamaktadır. Diğer biyolojik ve kimyasal parametreler için uygunluğu kontrol edilerek artırılmış atıksuyun Çizelge 5.2’de belirtilen parametreler standardına gelmesi ileri arıtım kademeleri ile sağlanabilir. Fakat incelenen tesis gıda tesisi olduğu için olası kalite risklerine karşı artırılmış atıksuyun proseste kullanımı değerlendirilmeyecektir.

Gıda sektöründe geri kazanılan suyun, proses gibi gıdaya ve insan kullanımına doğrudan etki edecek kullanımlardan ziyade; peyzaj amaçlı sulama, tarımsal sulama, çevresel iyileştirmeler, araç yıkama, tesis içi toz kontrolü, yeşil alan sulaması ve/veya tesise ait çiftlikte kullanılabilirliği daha düşük kaliteli su gereksinimi sağladığından daha düşük maliyetli ve risksiz olacaktır

Soğutma ve kazan sistemleri, prosesin bir parçası olduğu için artırılmış atıksuyun yeniden kullanımı bu sistemlerde değerlendirilmemiştir. Fakat soğutma ve buhar sistemlerinde yapılan blöf sularının, kendi sistemlerine ait blöf suları tamamlama suyu olarak kullanılabilir. Bu durumda nispeten düşük maliyetli kimyasal yöntemler ile geri kazanılmış suyun bile bir kere kullanılıp tekrar atılmasından ziyade söz konusu sistemde birkaç defa kullanılması sağlanarak, blöf olarak adlandırılan, yani tekrar atılan suyun miktarının azaltılması, yani suyun konsantrasyonunun artırılması sağlanabilir.

İncelenen tesiste, atıksu kaynakları ve artırılmış suların potansiyel yeniden kullanım alanları Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Et ve süt endüstrisinde atıksu kaynakları ve artırılmış atıksuyun potansiyel kullanım alanları

Şekil 5.2'ye göre; yağmur havuzunda biriken soğutma sistemi blöf suları ve yağmur suyu fiziksel arıtım ve dezenfeksiyon işlemlerinden geçirilerek saha içi yeşil alan sulama, peyzaj amaçlı sulama, toz kontrolü ve araç yıkamada kullanılabilir. II. sınıf su kalitesinde olan arıtılmış atıksu ise kullanılması istenen alan belirlendikten sonra uygun ileri arıtım kademesi seçilerek incelenen tesise ait kazan ve soğutma kulesi tamamlama suyu, su hazırlama sistemi geri yıkama suyu, yangın suyu, pisuar ve sifonlar, yeşil alan ve peyzaj sulama suyu, toz kontrolü, araç yıkama için yeniden kullanılabilir.

İncelen tesise ait, tesise uzaklığı 5 km ve 10 milyon m<sup>2</sup> alanı olan büyükbaş hayvan çiftliğinde hem arıtılmış atıksu hem de yağmur havuzu suyu uygun arıtım kademelerinden geçirilerek yeşil alan sulama ve hayvan tüketim suyu olarak kullanılabilir.

Atıksuların amaçlanan yeniden kullanım alternatifine göre arıtılması önemlidir. Mevcut arıtma teknolojilerini kullanarak, istenilen su kalitesine ulaşabilmek mümkündür. Burada önemli olan, tesislerin suya ulaşabilmesi, su kıtlığı, suyun birim fiyatı, arıtma maliyeti ve çevre ve halk sağlığının korunmasıdır.

## KAYNAKLAR

- AATUT, 2010, Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, *Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*.
- Andrade, L., Mendes, F., Espindola, J. ve Amaral, M., 2015, Reuse of dairy wastewater treated by membrane bioreactor and nanofiltration: technical and economic feasibility, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 32 (3), 735-747.
- Buabeng-Baidoo, E., Mafukidze, N., Pal, J., Tiwari, S., Srinivasan, B., Majozi, T. ve Srinivasan, R., 2017, Study of water reuse opportunities in a large-scale milk processing plant through process integration, *Chemical Engineering Research and Design*, 121, 81-91.
- Buntner, D., Sánchez, A. ve Garrido, J., 2013, Feasibility of combined UASB and MBR system in dairy wastewater treatment at ambient temperatures, *Chemical Engineering Journal*, 230, 475-481.
- Bustillo-Lecompte, C. F. ve Mehrvar, M., 2015, Slaughterhouse wastewater characteristics, treatment, and management in the meat processing industry: A review on trends and advances, *Journal of environmental management*, 161, 287-302.
- Cao, W. ve Mehrvar, M., 2011, Slaughterhouse wastewater treatment by combined anaerobic baffled reactor and UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processes, *Chemical Engineering Research and Design*, 89 (7), 1136-1143.
- Cristian, O., 2010, Characteristics of the untreated wastewater produced by food industry, *Analele Universităţii din Oradea, Fascicula: Protecţia Mediului*, 15, 709-714.
- Çelik, A., 2011, Süt endüstrisi atık sularının arıtma alternatifleri, *Namık Kemal Üniversitesi*.
- De Sena, R. F., Tambosi, J. L., Genena, A. K., de FPM Moreira, R., Schröder, H. F. ve José, H. J., 2009, Treatment of meat industry wastewater using dissolved air flotation and advanced oxidation processes monitored by GC-MS and LC-MS, *Chemical Engineering Journal*, 152 (1), 151-157.
- Demir, Ö., Yıldız, M., Sercan, Ü. ve Arzum, C. Ş., 2017, Atıksuların Geri Kazanılması ve Yeniden Kullanılması, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2 (2), 1-14.
- Enstitüsü, T. E. v. P. G., 2018, Tarım ürünleri piyasaları kırmızı et.
- Fraga, F. A., Garcia, H. A., Hooijmans, C. M., Miguez, D. ve Brdjanovic, D., 2017, Evaluation of a membrane bioreactor on dairy wastewater treatment and reuse in Uruguay, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 119, 552-564.
- Harman, B. İ., 2014, Arıtılmış atık suların yeniden kullanımı, *ÇEKÜD Isparta Temsilcisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi*.
- Hepşen, R., 2010, Süt endüstrisi atıksularının membran teknolojisi ile geri kazanımı ve deneysel tasarım uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Kaftan, A., 2010, Entegre et tesislerinde atık suyun yeniden kullanımı, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2 (1), 81-88.
- Katip, A., 2018, Arıtılmış atıksuların yeniden kullanım alanlarının değerlendirilmesi, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 541-557.

- Luo, J., Ding, L., Qi, B., Jaffrin, M. Y. ve Wan, Y., 2011, A two-stage ultrafiltration and nanofiltration process for recycling dairy wastewater, *Bioresource Technology*, 102 (16), 7437-7442.
- Mesut, A. ve Top, İ., 2018, Arıtılmış kentsel atıksuların tarımsal sulama amaçlı kullanımı, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24 (6).
- Metin, M. ve Öztürk, F., 1995, Süt işletmelerinde sanitasyon, *Ege Üniv. Meslek Yüksek Okulu Yayınları* (17), 79-110.
- Muluk, Ç., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G. ve Zeydanlı, U., 2013, Türkiye’de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar: çevresel perspektif, *İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği-Doğa Koruma Merkezi*.
- Nas, B., 2018, Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı: sanayi sektörleri uygulama klavuzları, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*.
- Onurlubaş, E. ve Çakırlar, H., 2016, Tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi üzerine bir araştırma, *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7 (1), 217-242.
- Ozturk, D. ve Yilmaz, A. E., 2019, Treatment of slaughterhouse wastewater with the electrochemical oxidation process: Role of operating parameters on treatment efficiency and energy consumption, *Journal of Water Process Engineering*, 31, 100834.
- Özbay, İ. ve Kavaklı, M., 2008, Türkiye’de ve diğer ülkelerde arıtılmış atıksuların geri kazanım uygulamalarının incelenmesi, *Çevre Sorunları Sempozyumu*, 14-17.
- Reilly, M., Cooley, A. P., Tito, D., Tassou, S. A. ve Theodorou, M. K., 2019, Electrocoagulation treatment of dairy processing and slaughterhouse wastewaters, *Energy Procedia*, 161, 343-351.
- Sabuncu, M. E., 2014, Süt ve süt ürünleri endüstrisi atıksularının elektrokoagülasyon yöntemi ile arıtımında rsm kullanılarak proses optimizasyonu.
- Saygın, Ö. ve Demirbaş, N., 2017, Türkiye’de kırmızı et sektörünün mevcut durumu ve çözüm önerileri, *Hayvansal Üretim*, 58 (1), 74-80.
- SKKY, 2004, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31.12.2004), *Resmi Gazete (Sayı: 25687)*.
- Suárez, A., Fidalgo, T. ve Riera, F. A., 2014, Recovery of dairy industry wastewaters by reverse osmosis. Production of boiler water, *Separation and Purification Technology*, 133, 204-211.
- Tanık, A., Öztürk, İ. ve Cüceloğlu, G., 2016, Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı ve yağmur suyu hasadı sistemleri el kitabı, *Baskı. Türkiye Belediyeler Birliği. Ankara, Türkiye*.
- Tarı, P., 2011, Arıtılmış atık suların sulamada kullanılması üzerine bir inceleme, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 91.
- Terin, M., 2014, Dünya süt ve süt ürünleri üretim, tüketim, fiyat ve ticaretindeki gelişmeler, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4 (3), 53-63.
- TİGEM, 2018, 2017 yılı hayvancılık sektör raporu, *Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü*, 32.
- TUBİTAK, U. S. A.-G. v. Y. S., 2011, *TUBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı*.
- Tüfekçi, N. ve Çiner, F., Süt endüstrisinde su kullanımı ve atıksuların arıtılması\* Fehiman çiner-Neşe tüfekçi.
- TÜİK, 2018, Süt ürünleri istatistikleri, *Türkiye İstatistik Kurumu*.



- Üstün, G. ve Akal-Solmaz, S., 2008, Atıksuların geri kazanımı ve tarımsal sulama için tekrar kullanımının değerlendirilmesi, *Su Tüketimi, Arıtma, Yeniden Kullanımı, Sempozyumu*, 3-5.
- Vural, H. ve Fidan, H., 2007, Türkiye'de hayvansal üretim ve hayvancılık işletmelerinin özellikleri, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 13 (1 ve 2), 49-59.
- Yazıcı, F. ve Dervişoğlu, M., 2003, Süt endüstrisinde atık ve atıksu yönetimi, *GIDA*, 28, 497-504.
- Yıldız, S., Namal, O. Ö. ve Çekim, M., 2013, Atık su arıtma teknolojilerindeki tarihsel gelişimler.
- YSKY, 2012, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (30.11.2012), *Resmi Gazete (Sayı: 28483)*.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Cemre YILMAZ  
**Uyruğu** : Türkiye Cumhuriyeti  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Konya 1993  
**Telefon** : 05326133730  
**Faks** : -  
**e-mail** : cemre.yilmaz@hotmail.com.tr

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Selçuklu Atatürk Lisesi, Selçuklu, Konya	2012
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2016
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	-
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016-	Panagro Tarım Hayvancılık Gıda San. Ve. Tic. A.Ş.	Çevre Mühendisi

### UZMANLIK ALANI

Atıksu

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

### YAYINLAR