

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL İLİ EVSEL ARITMA TESİSLERİ
ÇAMUR MİKTARLARININ TESPİTİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Yunis TURAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2011

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL İLİ EVSEL ARITMA TESİSLERİ
ÇAMUR MİKTARLARININ TESPİTİ VE
DEĞERLENDİRİLMESİ

Yunis TURAL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Bülent KESKİNLER

GEBZE
2011



YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 20.01.2011 tarih ve 251/03 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 18 /02 /2011... tarihinde tez savunma sınavı yapılan Yunis TURAL'ın tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof.Dr. Bülent KESKİNER

ÜYE

: Doç.Dr.Nihal BEKTAŞ

ÜYE

: Doç.Dr.Erhan DEMİRBAŞ

ÜYE

:

ÜYE

:

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../20... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI: İSTANBUL İLİ EVSEL ARITMA TESİSLERİ ÇAMURMİKTARLARININ TESPİTİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

YAZAR ADI : YUNİS TURAL

Hızla artan sanayileşme ve nüfus ile birlikte çevre kirliliği büyük mertebelere ulaşmış olup, dünya devletlerinde çevre kirliliği ve çevre sağlığı ilgi odağı olmuş ve tedbirler alınmaya mecbur kalınmıştır.

Türkiyenin en büyük ili olan İstanbul, yoğun sanayisi ve iş imkanları nedeniyle sürekli göç alan, nüfusu sürekli artan illerimizin başında gelmektedir. Artan nüfusla birlikte evsel nitelikli atıksu miktarı hergeçen gün artmış ve zamanla bunların alıcı ortamlara deşarjının önemli kirlilik problemlerine yol açtığı görülmüştür. İSKİ 2560 sayılı İSKİ'nin kuruluş kanunu ve ilgili kanunlarla “İstanbul Büyükşehir Belediye'sinin su ve kanalizasyon hizmetlerini yürütmek ve bu amaçla gereken her türlü tesisi kurmak, kurulu olanları devralmak ve bir elden işletmek...” bölge içindeki su kaynaklarının deniz, göl, akarsu kıyılarının ve yer altı sularının kullanılmış sularla ve endüstri artıkları ile kirletilmesini, bu kaynaklarda suların kaybına yada azalmasına yol açacak tesis kurulmasını ve bu tür faaliyetlerde bulunulmasını önlemek, bu konuda hertürlü teknik, idari ve hukuki tedbiri almak yetkisi ve sorumluluğu nedeniyle İSKİ evsel atıksularla ilgili biyolojik ve ileri biyolojik arıtma tesisleri kurmuştur. İstanbulda evsel nitelikli atıksuların arıtımı ile ilgili 20 adet (9 adet ön arıtma hariç) arıtma tesisi mevcuttur. Bunların her biri belli bölgelerin evsel atıksularını arıtmakta ve arıtılmış sular tekrar alıcı ortamlara deşarj edilmektedir. Arıtma tesislerinin bir yan ürünü olan arıtma çamurlarının miktarda artan nüfusla birlikte sürekli artmaktadır.

Bu çalışmada, İstanbul ilinin evsel nitelikte arıtma tesisleri kısaca tanıtılarak bu arıtma tesislerinin çamur miktarları toplamı tespit edilecek ve çamur arıtımı ve uzaklaştırma yöntemleri ele alınacaktır. Ayrıca alternatif arıtım ve uzaklaştırma yöntemleri tartışılarak, değerlendirmeler yapılacaktır.

SUMMARY

THESIS TITLE : THE DETERMINATION AND EVALUATION OF PURIFICATION SLUDGE AMOUNTS IN DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT PLANTS OF THE CITY ISTANBUL

AUTHOR NAME : YUNİS TURAL

Environmental pollution has reached to high degrees in connection with the increasing industrialization and population and environmental pollution has become the center of interest in the world countries, and therefore some steps had to be taken.

Istanbul is the biggest city of Turkey, the population of this city and migration to this city is growing continuously because of its intense industry. The quantity of domestic wastewaters have been increasing day to day according to the increasing population and the discharge of these wastewaters to the receiving environments has been causing considerable pollution problems. According to the ISKI Foundation Law topic 2560 and related laws, ISKI has got the responsibility to carry out the water and sewerage services of Istanbul Metropolitan Municipality and therefore construct and operate the required facilities for this purpose.

ISKI has built biological and advanced biological treatment plants for domestic wastewaters to prevent the coasts of seas, lakes, rivers and underground waters from being polluted with the industrial contaminants and to prevent the water loss in these resources.

In Istanbul there are 20 wastewater treatment plants (except for 9 pre-treatment plants) for the treatment of domestic wastewaters. Each of these plants treat the domestic wastewaters of particular districts and treated waters are discharged to the receiving environments. The amounts of purification sludges are growing continuously in connection with the increasing population.

In this study, the domestic wastewater treatment plants of Istanbul city will be presented briefly and furthermore the total amount of purification sludges in these treatment plants will be determined, the methods of sludge treatment and sludge removal will be discussed. Alternative treatment and removal methods will be also discussed and evaluation analysis will done.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması sırasında değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyerek bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Bülent KESKİNLER' e ve İSKİ Genel Müdürümüz Sayın Prof.Dr.Ahmet DEMİR'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve görüşleriyle yardımcı olan ve bu çalışmaların olgunlaşmasında büyük katkısı olan Sayın Serdar KARA'ya ve Sayın Halil Hız'a, tesislerle ilgili inceleme, araştırma yapabilmem için her türlü kolaylığı sağlayan ve gerektiğinde tecrübelerini benimle paylaşan Sayın Osman YILDIZ, Sayın Ali İNCİ, Sayın Recep MERAL, Sayın Ramazan Sarıtemur, Sayın Ali İhsan Alber'e en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince yaşadığım her türlü sıkıntıyı aşmamda her zaman yanımda olan eşim Ayşe TURAL'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xx
1. GİRİŞ	23
2. EVSEL ARITMA TESİSLERİ ÇAMURLARI	25
2.1. Arıtma Tesisi Çamurlarının Sınıflandırılması	27
2.1.1. Ön Çökeltim Çamurları(Birincil Çamur)	27
2.1.2. İkincil Çamur	28
2.1.3. İleri Arıtma Çamuru	29
2.1.4. Kimyasal Çamur	30
2.2. Arıtma Çamurlarının Özellikleri ve Bileşimi	30
2.2.1. Katı Madde İçeriği	32
2.2.2. Azot ve Fosfor İçeriği	34
2.2.3. Organik Madde İçeriği	34
2.2.4. Kalsiyum İçeriği	35
2.2.5. Ağır Metal İçeriği	35
2.2.6. Patojenler	36
2.2.7. Organik Kirleticiler	37
2.2.8. Çamurun Isıl Değeri	37

2.3. Çamur İşleme ve Bertaraf Yöntemleri	38
2.3.1. Stabilizasyon	40
2.3.1.1. Havasız (Anaerobik) Çamur Çürütme	41
2.3.1.2. Havalı (Aerobik) Çamur Çürütme	43
2.3.1.3. Kireç Stabilizasyonu	44
2.3.2. Yoğunlaştırma	45
2.3.3. Susuzlaştırma	47
2.3.4. Şartlandırma	51
2.3.5. Yakma	52
2.3.6. Arıtma Çamurlarının Tarımsal Alanlarda Kullanımı	53
2.3.7. Arıtma Çamurlarının Ormanlık Arazide Kullanımı	56
2.3.8. Arıtma Çamurlarının Arazi İyileştirme Amaçlı Kullanımı	57
2.3.9. Kompostlaştırma	59
2.3.10. Kurutma	63
2.3.11. Düzenli Depolama	65
2.4. Alternatif Çamur İşleme ve Bertaraf Yöntemleri	67
2.4.1. Piroliz	67
2.4.2. Gazlaştırma(Gazifikasyon)	68
2.4.3. Çamur Dezentegrasyonu	69
2.3.4. Pastörizasyon	70
2.4.5. Dezenfeksiyon	71
2.5. Atıksu Arıtma Tesislerinde Çamur Minimizasyon Teknikleri	72
2.5.1. Enzim İlavesi ile Enzimatik Hidroliz	73
2.5.2. Termofilik Bakteriler ile Enzimatik Hidroliz	74
2.5.3. Mekanik Dezentegrasyon	75
2.5.4. Ultrases ile Arıtım	77

2.5.5. Termal Arıtma	78
2.5.6. Kimyasal ve Termo-Kimyasal Hidroliz	80
2.5.7. Ozon ile Oksidasyon	81
2.5.8. Güçlü Oksidantlar ile Oksidasyon	82
2.5.9. Elektrikli Arıtma	85
2.5.10. Kimyasal Metabolizma Bozucu İlavesi	86
2.5.11. Yan Akım Anaerobik Reaktör	88
2.5.12. Uzun Havalandırılmalı Proses	89
2.5.13. Membran Biyoreaktörler	90
2.5.14. Granül Çamur	93
2.5.15. Mikrobiyal Parçalama	94
2.6. Çamur İşleme Tesislerinde Çamur Azaltma Teknikleri	96
2.6.1. Enzim İlavesi ile Enzimatik Hidroliz	97
2.6.2. Mekanik Dezentegrasyon	98
2.6.3. Ultrases ile Arıtım	100
2.6.4. Termal Arıtma	101
2.6.5. Mikrodalga ile Arıtma	103
2.6.6. Kimyasal ve Termokimyasal Hidroliz	105
2.6.7. Ozon ile Oksidasyon	106
2.6.8. Güçlü Oksidantlar ile Oksidasyon	110
2.6.9. Elektrikli Arıtma	111
2.6.10. Aerobik Çürütme	113
2.6.11. Aerobik/Anoksik/Anaerobik Çürütme	114
2.6.12. İkili Çürütme	116
2.6.13. Ototermal Termofilik Aerobik Çürütme	117
2.6.14. Anaerobik Çürütme	118

2.6.15. Termofilik Anaerobik Çürütme	120
2.6.16. Mikrobiyal Parçalanma	122
2.6.17. Islak Hava Oksidasyonu	123
3. MATERYAL ve METOD	124
3.1. İNCELENEN EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİ	124
3.1.1. Tuzla Atıksu Arıtma Tesisi	127
3.1.1.1. Genel Bilgi	127
3.1.1.2. Tesis Amacı	128
3.1.1.3. Proses Açıklaması	128
3.1.1.4. Arıtma Tesisi Üniteleri	130
3.1.2. Ataköy Atıksu Arıtma Tesisi	136
3.1.2.1. Tesisin Gayesi	138
3.1.2.2. Proses Raporu	138
3.1.2.3. Arıtma Tesisi Üniteleri	139
3.1.3. Paşaköy Atıksu Arıtma Tesisi	149
3.1.3.1. Tesisin Kuruluş Gayesi	149
3.1.3.2. Proje Kriterleri	150
3.1.3.3. Proses Açıklaması	151
3.1.3.4. Arıtma Tesisi Üniteleri	153
3.1.4. Bahçeşehir Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi	162
3.1.5. Terkos Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesisi	164
3.1.6. Çanta Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesisi	167
3.1.7. Gümüşyaka Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi	170
3.1.8. Kestanelik Köyü Paket Arıtma Tesisi	171
3.1.9. Çanakça Köyü Paket Arıtma Tesisi	172
3.1.10. Akalan Köyü Paket Arıtma Tesisi	173

3.1.11. Örcünlü Köyü Paket Arıtma Tesisi	174
3.1.12. Örencik Köyü Köyü Paket Arıtma Tesisi	175
3.1.13. Ağva Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi	176
3.1.14. Kömürlük Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi	177
3.1.15. Öğümce Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi	179
3.1.16. Ömerli Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi	180
3.1.17. Sahilköy Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi	181
3.1.18. Yeniköy Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi	182
3.2. Evsel Atıksu Arıtma Tesisleri Çamur Yönetimlerinin İncelenmesi ve farklı yöntemlerle Çamur Miktarının Tespit Edilmesi	184
3.2.1. Çamur Miktarının Tespiti	192
3.2.1.1. Birincil Çamur Üretimi Hesabı	194
3.2.1.2. Biyolojik Fazla Çamur Hesabı	195
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	204
5. REFERANSLAR	207

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
AKM	: Askıda Katı Madde
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
SKKY	: Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
UYA	: Uçucu Yağ Asitleri
NO₂	: Nitrit
NO₃	: Nitrat
HCO₃	: Bikarbonat
N	: Azot
P	: Fosfor
K	: Potasyum
Cu	: Bakır
Zn	: Çinko
UAKM	: Uçucu Askıda Katı Madde
ORP	: Oksijen İndergeme Potansiyeli (Redoks Potansiyeli)
UV	: Ultra Viyole
ATP	: Adenozin Trifosfat
CTP	: Cam Takviyeli Plastik
NaOH	: Kostik
ADDY	: Atıkların Düzenli Depolamasına Dair Yönetmelik
F/M	: g KOİ/g Hücre
MBR	: Membran Biyoreaktör

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Arıtma Tesislerinden Kaynaklanan Çamurların Özellikleri	30
2.2. Çeşitli Proseslerden Elde Edilen Çamurlarda Katı Madde Yüzdeleri	32
2.3. Ticari Gübre ve Çamurdaki Besi Maddesi Seviyelerinin Kıyaslanması	34
2.4. Çamur İşleme ve Bertaraf Metodları	39
2.5. Sıvı Çamur Stabilizasyon İçin Tipik Kireç Dozları	45
2.6. Çamur Proseslerindeki Başlıca Yoğunlaştırma Teknikleri	46
2.7. Pres Filtrelerin Susuzlaştırma Verimleri	49
2.8. Santrifüjlerin Kurutma Verimleri	49
2.9. Döner Vakum Filtrelerin Kurutma Verimleri	50
2.10. Türkiye İçin Kurutma Yataklarının Bir Yılda Kullanma Sayısı ve Kişi Başına Kurutma Yatağı Alanı İhtiyacı Ortalamaları	50
2.11. Yatay Bant Filtreler İçin Tasarım Parametreleri	51
2.12. Hızlı Kompostlaştırma İçin Tavsiye Edilen Koşullar	61
2.13. AAT'lerinde Geliştirilen Çamur Minimizasyon Teknikleri	72
2.14. Atıksu Arıtımında Enzim İlavesi ile Çamur Minimizasyonun avantaj ve dezavantajları	74
2.15. Atıksu Arıtımında Termofilik Enzim Hidrolizi Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	75
2.16. Atıksu Arıtımında Mekanik Dezentegrasyon Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	77
2.17. Atıksu Arıtımında Ultrases Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	78
2.18. Atıksu Arıtımında Termal Arıtma Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	79
2.19. Atıksu Arıtımında Kimyasal/Termokimyasal Hidroliz Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	81
2.20. Atıksu Arıtımında Ozonlama Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	82
2.21. Atıksu Arıtımında Hidrojen-Peroksit ile Oksidasyon Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	84
2.22. Atıksu Arıtımında Klor ile Oksidasyon Prosesinin Avantaj ve	84

	Dezavantajları	
2.23.	Atıksu Arıtımında Elektrikli Arıtma Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	86
2.24.	Atıksu Arıtımında Kimyasal Metabolizma Bozucu İlavesinin Avantaj ve Dezavantajları	87
2.25.	Atıksu Arıtımında Anaerobik Reaktörün Avantaj ve Dezavantajları	89
2.26.	Atıksu Arıtımında Uzun Havalandırma Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	90
2.27.	Dahili ve Harici M.B.R.'lerin karşılaştırılması	92
2.28.	Membran Biyoreaktörlerin Avantaj ve Dezavantajları	93
2.29.	Atıksu Arıtımında Granül Çamur Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	94
2.30.	Atıksu Arıtımında Mikrobiyal Parçalama Avantaj ve Dezavantajları	95
2.31.	Çamur İşleme Ünitelerine Entegre Edilen Çamur Azaltma Teknikleri	97
2.32.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Enzim İlavesinin Avantaj ve Dezavantajları	98
2.33.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Mekanik Dezentegrasyonunun Avantaj ve Dezavantajları	99
2.34.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Ultrases Dezentegrasyonunun Avantaj ve Dezavantajları	101
2.35.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Termal Arıtma Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	103
2.36.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Mikrodalga Arıtma Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	104
2.37.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Termo-Kimyasal Arıtma Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	106
2.38.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Ozonlama Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	109
2.39.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Peroksidasyon Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	111

2.40.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Elektrikli	112
2.41.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Aerobik Çürütme Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	113
2.42.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan aerobik/anoksik Çamur Çürütme Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	115
2.43.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan İkili Arıtma Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	117
2.44.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Ototermal Termofilik Aerobik Çürütme Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	118
2.45.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Aerobik Çürütme Prosesinin Avantaj ve Deavantajları	119
2.46.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Termofilik Anaerobik Çürütme Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	121
2.47.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Mikrobiyal Parçalama Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	122
2.48.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Islak Hava Oksidasyonu Prosesinin Avantaj ve Dezavantajları	124
3.1.	Asya Avrupa Ön Arıtma Tesisleri	125
3.2.	Atıksu Biyolojik ve İleri Biyolojik Evsel AAT	125
3.3.	Tuzla Biyolojik AAT Giriş-Çıkış Parametreleri	128
3.4.	Tuzla Biyolojik AAT Havalandırma Havuzu Boyutlar	132
3.5.	Tuzla Biyolojik AAT Son Çöktürme Havuzları Teknik Bilgiler	133
3.6.	Tuzla Biyolojik AAT Çamur Çürütme Tankları Teknik Bilgileri	134
3.7.	Tuzla Biyolojik AAT Çamur Susuzlaştırma Üniteleri Teknik Bilgiler	137
3.8.	Ataköy Biyolojik AAT Giriş-Çıkış Parametreleri	138
3.9.	Ataköy Biyolojik AAT Ön Arıtma Üniteleri Teknik Bilgiler	141
3.10.	Ataköy Biyolojik AAT Aktif Çamur Havuzu Teknik Bilgiler	144
3.11.	Ataköy Biyolojik AAT Son Çöktürme Havuzları	144
3.12.	Paşaköy Biyolojik AAT Proje Bilgileri	150
3.13.	Paşaköy Biyolojik AAT Giriş-Çıkış Parametreleri	151
3.14.	Paşaköy Biyolojik AAT Bio-P Ünitesi Teknik Bilgiler	155
3.15.	Bahçeşehir AAT Proje Bilgileri	162

3.16.	Bahçeşehir AAT Havalandırma Havuzu Bilgileri	163
3.17.	Bahçeşehir AAT Giriş Çıkış Parametreleri	164
3.18.	Terkos AAT Bilgileri	164
3.19.	Terkos AAT Havalandırma Havuzu Bilgileri	165
3.20.	Terkos AAT Giriş Çıkış Suyu Parametre Değerleri	166
3.21.	Çanta AAT Son Çöktürme Havuzları	167
3.22.	Çanta AAT Giriş ve Çıkış Parametreleri	168
3.23.	Gümüşyaka AAT Üniteler	170
3.24.	Ağva AAT Tesis Giriş Çıkış Parametreleri	177
3.25.	Kömürlük AAT Tesis Giriş Çıkış Parametreleri	178
3.26.	Öğümce AAT Tesis Giriş Çıkış Parametreleri	179
3.27.	Ömerli AAT Tesis Giriş Çıkış Parametreleri	181
3.28.	Sahilköy AAT Tesis Giriş Çıkış Parametreleri	182
3.29.	Yeniköy AAT Tesis Giriş Çıkış Parametreleri	183
4.2.	İstanbul AAT verileri ve çamur hesabı	198
4.3.	İstanbul AAT verileri ve çamur hesabı-ATV hesap yöntemi	200
4.4.	İstanbul AAT verileri ve çamur hesabı Metcalf ve Eddy hesap yöntemi	202
4.5.	% 25 lik Çamur Üreten Tesislerin Çamur Miktarları	203
4.6.	% 90 lık Çamur Üreten Tesislerin Çamur Miktarları	203

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Biyolojik Arıtma İşlemi Olarak Aktif Çamur Sisteminin Kullanıldığı İkincil Arıtma	28
2.2. Biyolojik Arıtma İşlemi Olarak Damlatmalı Filtre Sistemin	29
2.3. Havalı Çürütücü Sistemine Ait Şematik Resim	43
2.4. Çamur Kompostlaştırma Şeması	60
2.5. Kompostlaştırma Mekanizması	60
2.6. Atıksu Arıtımında Enzim İlavesi İle Çamur Minimizasyonun Avantaj ve Dezavantajları	73
2.7. Atıksu Arıtımında Termofilik Enzim Hidrolizi Prosesi ile Çamur Minimizasyonu	75
2.8. Atıksu Arıtımında Mekanik Dezentegrasyon Proses ile Çamur Minimizasyonu	76
2.9. Atıksu Arıtımında Ultrases Prosesi ile Çamur Minimizasyonu	78
2.10. Atıksu Arıtımında Termal Arıtma Prosesi ile Çamur Minimizasyonu	79
2.11. Atıksu Arıtımında Kimyasal/Termokimyasal Hidroliz Prosesi ile Çamur Minimizasyonu	80
2.12. Atıksu Arıtımında Ozonlama Prosesi ile Çamur Minimizasyonu	82
2.13. Atıksu Arıtımında Hidrojen-Peroksit,Oksidasyon Prosesi ile Çamur Min.	83
2.14. Atıksu Arıtımında Klor ile Oksidasyon Prosesi ile Çamur Min.	84
2.15. Atıksu Arıtımında Elektrikli Arıtma Prosesi ile Çamur Min.	86
2.16. Atıksu Arıtımında Kimyasal Metabolizma Bozucu ilavesi ile Çam.Min.	87
2.17. Atıksu Arıtımında Anaerobik Reaktör ile Çamur Minimizasyonu	88
2.18. Atıksu Arıtımında Uzun Havalandırma Prosesi ile Çamur Min.	90
2.19. MBR Konfigürasyonları	92
2.20. Atıksu Arıtımında Granül Çamur Prosesi ile Çamur Min.	94
2.21. Atıksu Arıtımında Mikrobiyal Parçalama Prosesi ile Çamur Min.	95
2.22. Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Enzim İlavesi	98

2.23.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulan Mekanik Dezentegrason	99
2.24.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Ultrases ile Dezentegrasyonu	101
2.25.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Termal Arıtma Prosesi	102
2.26.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Mikrodalga Arıtma Prosesi	104
2.27.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Termo Kimyasal Arıtma Prosesi	106
2.28.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Ozonlama Prosesi	109
2.29.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Peroksidasyon Prosesi	111
2.30.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Elektrikli Arıtma Prosesi	112
2.31.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Aerobik Çürütme Prosesi	113
2.32.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan aerobik/anoksik Çamur Çürütme Prosesi	115
2.33.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan İkili Arıtma Prosesi	116
2.34.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Ototermal Termofilik Aerobik Çürütme Prosesi	118
2.35.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Anaerobik Çürütme Prosesi	119
2.36.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Termofilik Anaerobik Çürütme Prosesi	121
2.37.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Mikrobiyal Parçalama Prosesi	122
2.38.	Çamur Arıtma Ünitelerinde Uygulanan Islak Hava Oksidasyonu Prosesi	123
3.1.	İstanbul İli Evsel AAT Debi ve Alıcı Ortam Deşarj Dağılımları	126
3.2.	Tuzla AAT	127
3.3.	Tuzla AAT Akım Şeması	129
3.4.	Ataköy AAT	136
3.5.	Ataköy AAT Yerleşim Planı	137
3.6.	Ataköy AAT Akım Şeması	140
3.7.	Aktif Çamur Üniteleri	142
3.8.	Paşaköy AAT	149
3.9.	Paşaköy AAT Akım Şeması	152

3.10.	Bahçeşehir AAT	162
3.11.	Terkos AAT Çamur Pres	165
3.12.	Terkos AAT Akım Şeması	166
3.13.	Çanta AAT Akım Şeması	169
3.14.	Kestanelik Köyü Paket Arıtma Tesisi	171
3.15.	Çanakça Köyü Paket Arıtma Tesisi	172
3.16.	Akalan Köyü Paket Arıtma Tesisi	173
3.17.	Örcünlü Köyü Paket Arıtma Tesisi	174
3.18.	Örencik Köyü Paket Arıtma Tesisi	175
4.1.	Çamur Kurutucu Tuzla	186
4.2.	Çamur Kurutma Paşaköy	186
4.3.	Paşaköy Kojenerasyon – Kazan Sistemi	187
4.4.	Kurutucu eksoz(off-gas)	187
4.5.	Ataköy Santrifüj Çamur Yoğunlaştırıcı	188
4.6.	Ataköy AAT Anaerobik Tanklar ve Gaz Depolama Tankları	188
4.7.	Çamur Kurutucu İç Kesit	189
4.8.	Çamur Kurutma Sistemi	189
4.9.	Ataköy AAT Çamur Yönetimi Örneği	190
4.10	Çamur Kurutucu -Ataköy	191
4.11.	Kurutucudan Çıkan % 90 lık Çamur	191
4.12.	AAAT Enerji Dengesi	192
4.13.	Çamur Bileşenleri	193
4.14	%25'lik Çamur Üreten Tesisler Grafik	203
4.15.	%90'lik Çamur Üreten Tesisler Grafik	204

1. GİRİŞ

İstanbul, Boğazın iki tarafından, hem Avrupa hem de Asya toprakları üzerinde yayılan Marmara Bölgesinde 5.196 km² alana sahip Doğuda Kocaeli Batıda Tekirdağ ve Kırklaleli, Kuzeyi Karadeniz'e bakan ve Güneyi Marmara Denizi ile Altın Boynuz (Golden Horn) olarak anılan Haliç ile çevrilidir. 31 Aralık 2007 tarihi itibariyle yaklaşık 12.milyon kişi İstanbul'da ikamet etmektedir. İstanbul'daki hızlı nüfus artışı ile birlikte alıcı ortamların korunması ve kirliliğin önlenmesi önemini ve aciliyetini arttırmıştır.

İstanbul'lu ortalama 2 milyon m³/gün su kullanmaktadır. Bu miktar ülkemizde kentsel tüketime sunulan suyun % 40'ına tekabül etmektedir. Kullanılan bu su miktarına karşılık 2.497.000 m³/gün atıksu arıtma tesislerinde arıtılmaktadır. İSKİ toplam hizmet alanı 5.453 km²'dir. İstanbul'a verilen temiz suyun %84'ü tekrar kanalizasyon sistemine geri dönmekte ve artılan suyun yaklaşık olarak %20'sinde yağmursuyu,deniz suyu ve derelerin oluşturduğu görülmektedir. (İSKİ rapor, 2010, Yıldız, 2010) İstanbul İli atıksuların toplanması ve bertarafı İSKİ tarafından yürütülmektedir. Kanalizasyon sistemleri genelde ayrı sistem olmasına karşın bazı ilçe ve belde belediyelerin yağmur suyu hatlarını kanalizasyon sistemine bağlamaları neticesinde, yağışlı havalarda arıtma tesisi giriş debisi hissedilir derecede artmaktadır. İSKİ evsel atıksularla ilgili biyolojik ve ileri biyolojik arıtma tesisleri kurmuştur. İstanbulda evsel nitelikli atıksuların arıtımı ile ilgili 20 adet (9 adet ön arıtma hariç) Biyolojik ve İleri Biyolojik arıtma tesisi mevcuttur. Bunlardan birkısmı 2010 yılında yeni devreye alınmıştır.

Sürekli artış gösteren nüfus ve paralelinde artan arıtma tesisleriyle birlikte, yüksek miktarda arıtma çamurları oluşmaktadır. Oluşan arıtma çamurlarına uygulanan çamur işleme ve bertaraf proseslerinin ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin çok yüksek olması,arıtma çamurları yönetimini çok önemli bir hale getirmiş ve araştırmacıların çamur miktarının kaynağında azaltılması, çamurdan enerji elde edilmesi, arıtma çamurlarının yararlı kullanımlarının araştırılması konularına yönelmelerine sebep olmuştur.

Arıtma çamuru bertaraf edilmesi gereken bir atık çamur olduğu kadar, aynı zamanda iyi bir çamur yönetimiyle, enerji temininde kullanılan ürün, bazı malzemelerin imaltında kullanılan malzeme, tarımsal amaçlı kullanılan ürün v.b.birçok faydalı kullanımları olan madde olarakta değerdendirilebilir. Çamur yönetiminin belirlenebilmesi için çamur miktarının doğru tespit edilmesi ve karakterizasyonunun bilinmesi çok önemlidir.

2. Evsel Arıtma Tesisleri Çamurları

Hergeçen gün sayıları artan arıtma tesisleri ile birlikte yüksek miktarda arıtma çamurları oluşmaktadır.

Atıksu arıtımı sonucu oluşan sıvı yada yarı katı halde, kokulu; uygulanan arıtma işlemine bağlı olarak ağırlıkça %0.25 ile %12 katı madde içeren atıklar arıtma çamuru olarak isimlendirilir .[Filibeli, 2002] Atıksu arıtma tesislerinde çeşitli kademelerde oluşan arıtma çamurlarının bertarafı için gerekli proseslerin gerek ilk yatırım maaliyeti, gerekse işletme maaliyeti oldukça yüksek olduğundan, arıtma çamuru yönetiminin iyi planlanması gerekmektedir. Sağlıklı bir çamur yönetim planının oluşturulabilmesi için, atıksu arıtma tesisi planlanırken, çamur yönetim planında düşünülmelidir. Atıksu arıtma tesisinin herbir kademesinde oluşan çamur miktarı, özellikleriyle birlikte dikkate alınarak tespit edilmeli, çamur bertaraf alternatifleri planlanmadan önce, çamur miktarının kaynağında azaltılması yolları araştırılmalı ve sonrasında yasal düzenlemeler ve mevzuatlarda dikkate alınarak çamur arıtım ve bertaraf alternatifleri planlanmalıdır.

Çamurun işlenmesinin zorluğu ve ekonomisi, çamur susuzlaştırma ünitelerinden sonra oluşan son üründe kalan su miktarıyla direkt olarak ilgilidir. Bu nedenle, çamur yönetiminde daha yüksek kuru madde içeriğine sahip bir materyalin elde edilmesi önemli bir amaç olarak ortaya çıkmaktadır [Dentel at al., 2000; Ayol ve ark, 2004]. Çamura uygulanan işlemler ile ilgili asıl amaç; çamurun hacminin en aza indirilebilmesi, organik madde içeriğinin giderilmesi için çamurun stabil hale getirilmesi, çamurun tekrar kullanılabilmesi ve uygun şartlarda bertaraf edilebilmesidir. Tüm bu işlemler yapılırken maliyet, çevre sağlığı ve ilgili mevzuatlarda dikkate alınmalıdır. Sürekli artan çamur miktarı beraberinde çamurun minimizasyonu, yeniden kullanılması ve çamurdan enerji elde edilmesi gibi hususlarda çalışmaların artmasına sebep olmuştur.

Amerika'da yıllık biyokatı üretimi 7,6 milyon ton katı madde'dir (Dentel, 2007). Amerika'da küçük ölçekli arıtma tesislerinden çıkan çamurun çoğu tarımda kullanılmakta (%39) veya düzenli depolamaya (%31) verilmektedir. Büyük ölçekli

arıtma tesislerinden çıkan çamurun çoğu yakılmakta (% 32) veya tarımda (%21) kullanılmaktadır. Genel ortalama bakıldığında, tesislerden çıkan çamur çoğunlukla yakılmakta (%27), tarımda kullanılmakta (%24), veya piyasaya dağıtımı yapıp satılmaktadır (%18) [Wang at al., 2008]. Kanada’da üretilen katı madde miktarı ise yıllık 0,4 milyon ton’dur. Bunun %43’ü düzenli depolanmakta, %47’si yakılmaktadır [Dentel, 2007]. Japonya’da üretilen çamurun büyük bir çoğunluğu düzenli depolanmaktadır (%34). Okyanusa çamur atılması çok az orandadır (%0,1). Çamurun bir diğer kullanım alanı Portlant çimentosudur (%27). Tarımda kullanım ise Japonya’da %13,7 mertebesindedir. [Okuno, 2007]

Avrupa’da evsel çamurlar bakteri, virüs, ağır metaller, fosfor ve azotun giderimi için ön bir arıtmaya tabi tutulduktan sonra atılabilmekte veya geri kullanılabilir. Tarımsal kullanım evsel çamurun bertarafında en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Fakat çok miktarda çamur üretimi ve tarımda bu kadar fazla çamura ihtiyaç duyulmaması ayrıca çamurdaki ağır metallerin toprakta birikmesi önemli problemlerin başında gelmektedir [Fytili ve Zabaniotou, 2008].

Arıtma çamurları, hacimce büyük bir kısmının su olması, bozunma ve kokuşma eğiliminde olması, içerisinde patojen mikroorganizmalar olması gibi sebeplerden dolayı oldukça karmaşık bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Arıtma tesisleri çamurlarını 5 sınıfta kategorize edebiliriz.

- *Ön çökeltim çamurları
- *Kimyasal arıtma tesisi çamurları
- *Biyolojik arıtma tesisi çamurları
- *İçme suyu arıtma tesisi çamurları
- *İleri biyolojik arıtma tesisi çamurları

Arıtma çamurlarıyla ilgili yönetim planı oluşturulurken çamurun karakterini ve özelliklerini bilmek çok önemli bir parametredir. Tesisin herbir ünitesinden kaynaklanan çamurlar farklılıklar gösterebilmektedir.

2.1. Arıtma Tesisleri Çamurlarının Sınıflandırılması

2.1.1. Ön Çökeltim Çamurları (Birincil Çamur)

Ön çökeltme, kendiliğinde çökebilir katı atıkların atıksudan uzaklaştırılması işlemidir. Bu üniteden çıkan çamur; sulu, kokulu, yapışkan, kolayca çürüyebilen, yüksek miktarda patojen mikroorganizma içeren özelliklerdedir.

Birincil çamur katı üretimi tipik olarak 0.1'den 0.3 kg/m³ (800-2500 lb/MG) değişim gösterebilir. Yaklaşık olarak 0.05 kg/kişi.gün dür. Birincil çamur üretimini tahmin etmede kullanılan en yaygın yaklaşım arıtma tesisine giren askıda katıların miktarını hesaplamak ve giderim hızını bulmaktır. Giderim hızı genelde %50-60 aralığındadır. Atıksudaki toplam katılar çözünmüş katılar+askıda katılar (çökelen ve koloidal) + yüzen katılar (yağ) oluşur. Katıların giderim hızı ya hidrolik kalış süresi yada birinci çöktürmenin yüzeysel akış hızı ile korele edilebilir.

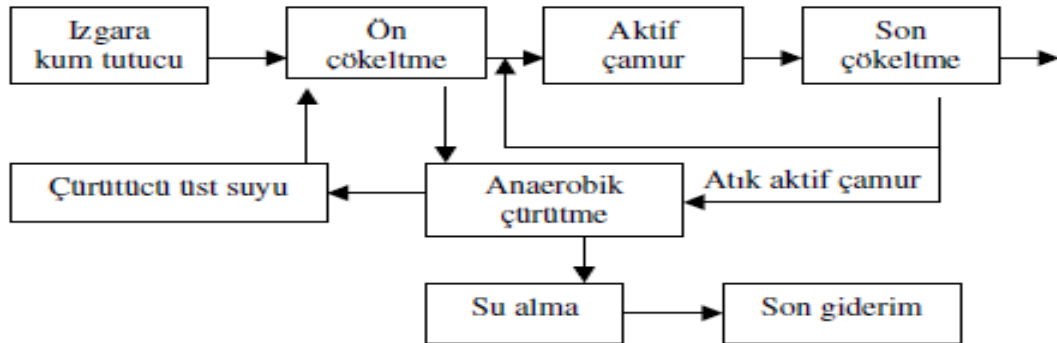
Ön arıtma sistemlerinde oksijen gereksinimi olan maddelerin giderilmesi esas değildir, ancak BOI'nin bir kısmı çökebilir katı maddeler ile birlikte giderilir. Kendiliğinden çökebilir nitelikli ve esas olarak inorganik karakterdeki katı maddeler ızgara, kum tutucular ve ön çökeltme havuzlarında tutulurlar. Özellikle ızgaralarda tutulan kaba nitelikte çökebilir katı maddeler evsel katı atık niteliğinde olduğundan herhangi bir işleme gerek duyulmadan kentsel katı atıklarla birlikte uzaklaştırılırlar. Çökeltme havuzu tabanında toplanan maddeler ise “ham ön çökeltme çamuru” olarak isimlendirilir. Bu çamurların organik madde içeriği % 60-80 arasındadır ve su içeriği ise oldukça yüksektir. [Filibeli, 2002]. Bu çamur genellikle çürütülür ve “çürük ön çökeltme çamuru” olarak bilinir. Su içeriği çok yüksek olan bu çamurun kararlılaştırılmasında genellikle anaerobik çürütme yöntemi kullanılmaktadır. Çürütücülerde oluşan üst sıvı arıtma tesisi basına geri döndürülür. Çürütücü üst suyu, yüksek katı madde derişimine sahiptir ve bu katı maddelerin arıtma sistemi girişine geri döndürülmesi bazı işletme sorunlarına neden olabilir. [Yurtsever, 2005]. Anaerobik çürütme ile uçucu katı maddelerin % 50'si giderilir, koku azaltılır ve önemli oranda hastalık yapıcı organizmaların giderimi sağlanır. Çürümüş çamur

doğrudan araziye verilebilir, kurutma yataklarında suyu alınabilir veya mekanik olarak suyu alındıktan sonra son giderim yapılır [Berkin, 2002]

2.1.2. İkincil Çamur

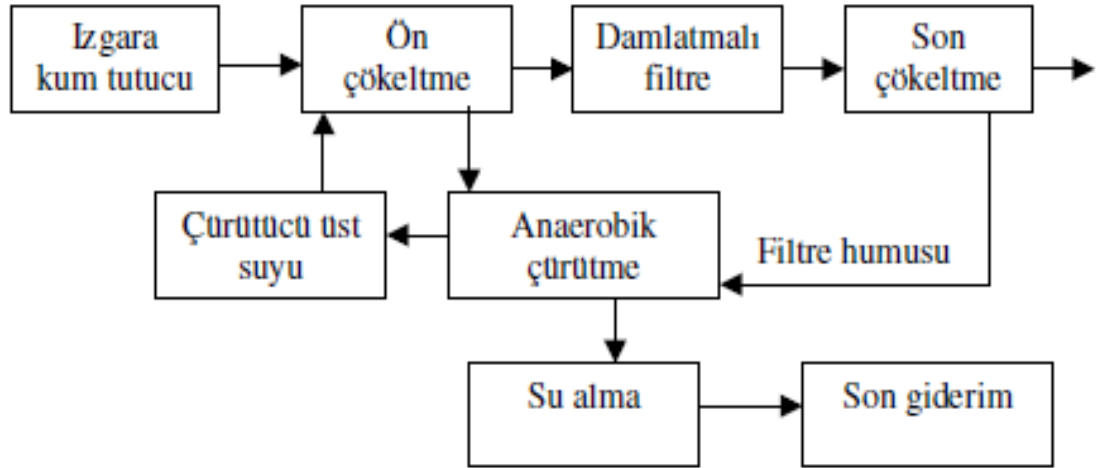
BOİ gideriminin yapıldığı ve bu amaç için biyolojik proseslerin yanında, fiziksel ve kimyasal ünitelerinde kullanıldığı ünitelerde oluşan çamurlardır. İkincil çamur son çöktürme tankında çöktürülen mikroorganizmalardan geri döndürülen ve fazla çamur olarak alınan çamurlardır.

En yaygın kullanılan ikincil arıtma prosesi aktif çamur sistemi olup biyolojik arıtma işlemi olarak aktif çamur sisteminin kullanıldığı ikincil arıtma tesisi akım seması Şekil 2.3' te verilmektedir. Aktif çamur prosesi, ham atıksuyun mikroorganizma içeren geri devir çamuruyla karıştığı askıda kültür sisteminde mikroorganizmalardan oluşan, önemli miktarda enerji gerektiren ve büyük miktarda organik çamur üreten biyolojik bir prostestir [Boo and Aguilar, 1998, Álvarez at al., 2002]. Proses, çözünmüş ve askıda organik kirleticilerin arıtılmış sulardan ayrılabilen biokütle ve gazlara dönüşümünü içermektedir. Çamur biyokütlesi, son çöktürme havuzlarında ayrılabilen karışık mikroorganizma karışımından oluşmaktadır [Oviedo at al., 2003]. Son zamanlarda aktif çamur prosesinde fazla çamurun üretimi, aerobik atıksu arıtımında karşılaşılan en ciddi problemlerden biridir. Fazla çamurun arıtım maliyeti, tesisin toplam işletme maliyetinin %25-65'ini oluşturabilmektedir [Liu and Tay.,2001].



Şekil 2.1. Biyolojik arıtma işlemi olarak aktif çamur sisteminin kullanıldığı ikincil arıtma

Damlatmalı filtreler de yaygın olarak kullanılan biyolojik arıtma yöntemidir. Biyolojik arıtma işlemi olarak damlatmalı filtre sisteminin kullanıldığı ikincil arıtma tesisine ait akım seması Şekil 2.4'te verilmektedir [Yurtsever, 2005].



Şekil 2.2. Biyolojik arıtma işlemi olarak damlatmalı filtre sisteminin kullanıldığı ikincil arıtma tesisi

2.1.3. İleri Arıtma Çamuru

İleri arıtmalarda özellikle alıcı ortamda ötrofikasyona sebep olan azot ve fosfor'un giderimi yapılmaktadır. Burada oluşan çamurlar ileri biyolojik arıtma çamurları olarak adlandırılır.

Alıcı ortamlarda amonyak ve nitratin oluşumu toksik etki yapmakta olduğundan azot giderimi çok önemlidir. Fosfor giderimi ise kimyasal ve biyolojik proseslerin birlikte kullanılması ile uygulanır. Fosforun fiziksel-kimyasal giderimi ile aktif çamur tesislerinde üretilen çamur miktarı %30 oranında artar. Biyolojik arıtma fosfor giderimine uygun spesifik mikroorganizmalar ile yürütülür. Arıtma sırasında bakteri bünyesinde biriken fosfor atılan çamurun arıtımını zorlaştırmaktadır [Krogmann at al., 1997].

2.1.4. Kimyasal Çamur

Kimyasal madde kullanılarak yapılan çöktürme işlemlerinde kimyasal çamur oluşur. Oluşan kimyasal çamurun özellikleri atıksuyun ve kullanılan kimyasal maddenin özelliklerine göre değişir. Özellikle ağır metal giderimi için yapılan kimyasal arıtma işlemlerinden kaynaklanan çamurlar, tehlikeli atık olarak işlem gerekebilir. Oluşan çamurların işlenmesi ve bertarafı aşamalarında çamurun karakteri çok önemlidir. Bu nedenle çamur analizi yapılmalı çıkan sonuçlar dikkate alınarak çamur bertaraf yöntemleri uygulanmalıdır.

Atık alum çamuru olarakta bilinen içme suyu arıtma çamurları, ağırlıklı olarak alüminyum ve demir bileşikleriyle yapılan çöktürme sonucu oluşan çamurlardır.

2.2. Arıtma Çamurlarının Özellikleri ve Bileşimi

Çamur işleme, arıtma ve bertaraf yöntemlerine karar verebilmek için çamur özellikleri ve bileşimlerini çok iyi bilmek gerekir. Arıtma çamurları karakterizasyonu ile bazen tehlikeli atık sınıfında, çevreye ve insanlara zararlı olabildiği gibi, bazende içerdiği azot, fosfor, potasyum ve bazı faydalı elementlerle toprak için iyileştirici, kalorifik değeri ve organik içeriği ile bir yakıt yada enerji kaynağı da olabilir.

Çizelge 2.1. Arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların özellikleri [Metcalf and Eddy, 1991]

Çamur ve katı atık	Tanımlama
Izgara ve elekte tutulan atıklar	Büyük boyutlu organik ve inorganik maddelerin tutulmasında kullanılır. Organik madde içeriği sistemin yapısına ve mevsime göre değişim gösterir.
Kum	Hızlı çökme özelliğine sahip, ağır inorganik katılardan oluşmaktadır. İşletme şartlarına da bağlı olarak yağ ve gres gibi organik maddeleri de içerirler.
Köpük/yağ	Birincil ve ikincil çöktürme havuzları yüzeyinden sıyrılarak alınan yüzen maddeleri içerir. Köpük, yağ, bitkisel ve mineral

Çamur ve katı atık	Tanımlama
	yağlar, hayvansal katı yağlar, parafin, sabun, yiyecek atıkları,, sebze ve meyve kabukları, saç, kağıt ve karton, izmarit, plastik maddeler, kum ve benzeri maddeleri içerir. Özgül ağırlığı genellikle 0.95’dir.
Birincil çamur	Birincil (ön) çöktürmeden çıkan çamur gri ve yapışkan olup, çoğu zaman yoğun kokuludur. Bu çamur kolaylıkla çürütülebilir.
Kimyasal çöktürme çamuru	Metal tuzları ile yapılan çöktürmeden çıkan çamur koyu renkli, demir içeriği yüksek kırmızı renklidir. Kokusu birincil çamur kadar yoğun değildir. Çamurdaki demir veya alum hidratları, çamuru jelatinimsi yapar. Tankta bırakılması durumunda birincil çamur gibi yavaş bir çürümeye uğrar. Önemli miktarda gaz çıkışı olur ve tankta uzun süreli kalırsa çamur yoğunluğu artar.
Aktif (Biyolojik) çamur	Kahverengi ve flok ağırlıklıdır. Koyu renk gözleniyor ise septik şartlar oluşmuş demektir. Renk açık ise az havalandırma sonucu çökme özelliği kötü çamurdur. İyi şartlardaki çamur toprak kokusundadır. Çamur kolaylıkla septikleşmeye meyillidir, çürük yumurta kokusu yayabilir. Yalnız veya birincil çamurla karışmış aktif çamur kolayca çürüyebilir.
Damlatmalı fitre çamuru	Kahverengimsi, floklu ve taze olduğunda nispeten kokusuzdur. Aktif çamura göre daha yavaş parçalanmaya uğrar ancak kolay çürütülebilir.
Aerobik çürütülmüş çamur	Kahve ve koyu kahve renklidir Floküler özelliklidir. Kötü kokulu olmayıp çoğunlukla küf kokuludur. İyi çürütülmüş çamur kurutma yataklarında kolaylıkla susuzlaştırılabilir.
Anaerobik çürütülmüş çamur	Koyu kahve-siyah renkli olup, çok miktarda gaz içerir. Tam çürütüldüğünde, kötü kokmaz, kokusu hafif, sıcak katran, yanmış lastik veya mühür mumu gibidir. Çamur ince tabak şeklinde, kurutma yatağına yayıldığında, katılar yüzeyde tutulur, su hızlı şekilde drene olur ve katılar yatak üzerinde yavaşça çökerler. Çamur kurudukça, gaz çıkar, zengin bahçe toprağı özelliklerindedir.

Çamur ve katı atık	Tanımlama
Kompost ürünü	Koyu kahve-siyah renklidir. Ancak kompostlaştırmada kullanılan odun kırıntıları ve geri döndürülen kompost dolayısıyla renk değişebilir. İyi kompostlaştırılmış çamur kokusuz olup, ticari değerde bahçe toprağı şartlandırıcısı olarak kullanılabilir.
Fosseptik çamuru	Siyah renklidir. İyi çürütülmemesi durumunda hidrojen sülfür ve diğer gazlardan dolayı kötü koyu yayar. Bu durumdaki çamurun kurutulmasında ciddi koku problem ile karşılaşılır.

2.2.1. Katı Madde İçeriğı

Çamur arıtımı ve bertarafında çamurun katı madde içeriğı çok önemli bir parametredir.Çamurun katı madde içeriğı oluştugu üniteye göre farklılık gösterir. Çamur işleme arıtma yöntemlerinde amaçlardan biride katı madde oranını arttırarak su miktarını azaltmaktır. Böylece maaliyetlerde azaltılmış olacaktır.

Çizelge 2.2. Çeşitli proseslerden elde edilen çamurlarda katı madde yüzdeleri [Metcalf and Eddy, 1991]

Arıtma İşlemleri	Çamur kuru madde konsantrasyonu % kuru madde	
	Aralık	Tipik
Ön çökeltim tankı		
Ön çökeltim çamuru	4-10	5
Siklona gönderilen ön çökeltim çamuru	0.5-3	1.5
Ön çökeltim çamuru ve atık aktif çamur	3-8	4
Ön çökeltim ve damlatmalı filtre humusu	4-10	5
P giderimi için demir ilaveli ön çökeltim çamuru(öçç)	0.5-3	2
	2-8	4
P giderimi için kireç (düşük doz) ilaveli (öçç)	4-16	10
P giderimi için kireç (yüksek doz) ilaveli (öçç)	3-10	5
Köpük		

Arıtma İşlemleri	Çamur kuru madde konsantrasyonu % kuru madde	
	Aralık	Tipik
Son çökeltim tankı		
Aktif çamur		
Ön çökeltim havuzu olan	0.5-1.5	0.8
Ön çökeltim havuzu olmayan	0.8-2.5	1.3
Saf oksijenli aktif çamur		
Ön çökeltim havuzu olan	1.3-3	2
Ön çökeltim havuzu olmayan	1.4-4	2.5
Damlatmalı filtre humusu	1-3	1.5
Döner biyodisk sistemi	1-3	1.5
Graviteli yoğunlaştırıcı		
Sadece ön çökeltim çamuru	5-10	8
Ön çökeltim çamuru ve atık aktif çamur	2-8	4
Ön çökeltim çamuru ve damlatmalı filtre humusu	4-9	5
Flotasyonlu yoğunlaştırma		
Sadece aktif çamur		
Kimyasal madde ilavesi ile	4-6	5
Kimyasal madde ilavesi olmadan	3-5	4
Santrifüj yoğunlaştırıcı		
Sadece atık aktif çamur	4-8	5
Bantlı yoğunlaştırıcı		
Kimyasal madde ilavesi ile sadece atık aktif çamur	3-6	5
Havasız çürütücü		
Sadece ön çökeltim çamuru	5-10	7
Ön çökeltim çamuru ve atık aktif çamur	2.5-7	3.5
Ön çökeltim çamuru ve damlatmalı filtre humusu	3-8	4
Havalı çürütücü		
Sadece ön çökeltim çamuru	2.5-7	3.5
Ön çökeltim çamuru ve atık aktif çamur	2.5-7	3.5
Ön çökeltim çamuru ve damlatmalı filtre humusu	1.5-4	2.5
Sadece atık aktif çamur	0.8-2.5	1.5

2.2.2. Azot ve Fosfor İçeriği

Çamurun gübre değeri içerdiği N, P ve K içeriğine bağlıdır. Araziye verilen çamur bitkilerin besi maddeleri ihtiyacını karşılayabilir. Araziye verilmeden önce çamurun çok iyi tahlil edilmesi, analizlerinin yapılması gerekmektedir. Ağır metaller, patojen mikroorganizmalar, toksik bazı maddeler ihtiva edip, etmediğinin analizlerinin yapılması gerekmektedir. Toprağa fazla miktarda verilen azot, yeraltı sularına sızmakta ve kirliliğe sebep olmaktadır. Arıtma çamurlarının çoğunda potasyum düşük miktardadır. Çamur için uygulanan arıtma sistemleri çamurun azot ve fosfor içeriğini etkilemektedir.

Fosfor, bitkilerin büyümesi, hücre duvarlarının yapısı ve kök sisteminin gelişimi için kullandıkları temel bileşenlerdendir. Çamurdaki fosfor çoğunlukla mineral formda bulunur ve çamur tipine bağlı olarak toplam fosforun %30-98' i mineral fosfor olabilir. Azot için olduğu gibi, çamur içindeki fosforun miktarı da uygulanan arıtma yöntemine bağlı ve toplam fosforun oranından bağımsızdır.

Çizelge 2.3. Ticari gübre ve çamurdaki besi maddesi seviyelerinin kıyaslanması [Metcalf and Eddy, 1991].

	Besi maddesi %		
	Azot	Fosfor	Potasyum
Tarımda kullanılan gübre ¹	5	10	10
Stabilize aktif çamur tipik değeri	3.3	2.3	0.3

2.2.3. Organik Madde İçeriği

Çamurun organik madde içeriği toprağın su tutma kapasitesi ve geçirgenliğini arttırdığı için, toprak ıslah etme özelliğinin bir göstergesidir. Organik madde içeriği yüksek çamurlar uygun şartlarda kullanılmazsa bozuşma ve kokuşma eğilimindedir. Evsel arıtma çamurların organik madde içeriği çamura uygulanan

arıtma işlemlerine göre değişim göstermekte olup çoğunlukla kuru olark %50 den fazladır.

Evsel arıtma çamurlarının organik içeriğinin hayvansal gübrelere yakın değerlere sahip olmasına karşın, Avrupa Birliği ülkelerinde tarımsal kullanımda toprağa ilave edilecek organik madde oranı 5 ton/hektar ve 10 ton kuru madde/hektar ile sınırlandırılarak toprağın fiziksel özelliklerine minimum etki oluşturacak çamur miktarı belirlenmiştir. Bununla birlikte, uygulanan bu limit değerler ile tarımsal kullanımda dikkate değer bir fayda elde edilememiş ancak arazi ıslahı amacıyla ilave edilen çamurlar ile daha önemli sonuçlara ulaşılmıştır. Arıtma çamurunun organik içeriğinin hızla mineralize olması sonucu topraktaki kirletici ve nitrat miktarlarında bir artış meydana gelmiş, ancak özel uygulamalar ile organik maddelerin daha yavaş mineralize olması sağlanarak yer altı sularına sızma ile tehlike oluşturacak azotun potansiyel riski azaltılmıştır [Sanchez- Monedero at al., 2004]. Kompostun mineralizasyon hızının kompostun tipine bağlı olduğu, toprağa kompostun uygulanmasını izleyen birkaç yıl mineralizasyonun devam ettiği ve bu olayın kompostun yapısından kaynaklandığı belirtilmiştir [Ademe and Recyval, 2001]

2.2.4. Kalsiyum İçeriği

Arıtma çamuruna kireç ilavesi çamurun stabilizasyonu için uygulanmaktadır. Uygun seviyede bir stabilizasyon elde etmek için, kuru maddenin %30' u oranında kireç ilavesi tavsiye edilmektedir. Saha çalışmaları, kireçle stabilize edilmiş çamurun toprağın geçirgenliğine, yapısına ve pH'sına olumlu etki ettiği belirlenmiştir [Filibeli, 2002].

2.2.5. Ağır Metal İçeriği

Arıtma çamurlarının arazide ve tarımsal amaçlı kullanımlarında çamurun, ağır metal içeriği çok önemlidir. Evsel nitelikli arıtma çamurlarında ağır metal oranının yüksek olması beklenmez. Ancak bazen gelen evsel nitelikli atıksulara sanayi atıksularının karışması neticesinde biyolojik arıtma tesislerindeki bakteri aktiviteleri olumsuz yönde etkilemekte ve çamurdaki ağır metal içeriğinin de arttırır.

Aritma çamurlarındaki toplam ağır metal içeriği kuru ağırlığının yaklaşık % 0.5-2'si civarındadır ve bazı durumlarda bu değer (özellikle Kadmiyum (Cd), Krom (Cr), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb) ve Çinko (Zn) gibi metal türleri için) sulu ağırlık içerisinde % 4'e kadar ulaşabilmektedir [Jain ve Tyagi, 1992].

Ağır metaller arasında yer alan Bakır, çinko, mangan ve nikel gibi elementler bitkiler için gerekli ve faydalı mikrobeyinlerdir. Bakır ve çinko gibi ağır metallerin normal konsantrasyonları bitkilerin büyüme ve gelişmesinde önemli rol oynayan protein ve enzimlerin yapısı için gerekli kofaktör olarak görev alırlar. Ağır metaller bitki dokularında aşırı biriktiği zaman canlılıkla ilgili olarak farklı büyüme süreçlerinde önemli bazı değişimlere sebep olur. Bunlara örnek olarak mineral beslenme, fotosentez ve enzim aktiviteleri, nükleik asit yapısı, klorofil biyosentezi ve çimlenme gibi bitkinin canlılık olaylarının değişmesi sayılabilir. Bunlara ek olarak membranlarda hasar, hormon dengesinin bozulması, su ilişkisinin değişmesi gibi fizyolojik olaylar da meydana gelebilmektedir [Lombardi, 2005; Rout, 2003]. Bakır bitkilerde mitokondri ve kloroplastlarda redoks reaksiyonlarını katalizleyen temel bir mikrobeyicidir. Bakırın bitki dokusundaki normal konsantrasyonu 5-20 ppm arasında değişir. Bu seviyenin üstündeki bakır konsantrasyonları fotosentez, enzim aktivitesi, DNA, membran geçirgenliği gibi büyümeyi etkileyen bütün özelliklerde değişime sebep olur [Burzynski, 2005; Lombardi, 2005]. Bitkilerin normal bir şekilde büyümeleri için ihtiyaç duydukları çinko miktarı 25-150 ppm değerleri arasında değişir. Çinko bitkiler tarafında Zn^{+2} iyonu formunda absorbe olunduğu gibi sentetik ve doğal organik moleküllerin bir komponenti durumunda da alınabilir. Çinkonun 400 ppm üzerine çıkması bitkilerde zehirlenmeye yol açar ve hücre bölünmesine zarar vererek, kök hücreleri çekirdeğinin hasarlı olmasına neden olur. Bu durum köklerin büyümesini etkileyerek uzamalarını engeller. Bitkiler için toksik olan çinko konsantrasyonlarının yapraklarda klorofil kapsamının azalmasına yol açtığı da belirlenmiştir [Lombardi, 2005; Rout 2003; Kocaer, 2003].

2.2.6. Patojenler

Aritma çamurları kullanılırken çevre ve insanlara zararının olup olmadığının tespit edilebilmesi için, içerisindeki patojen mikroorganizmaların tespit edilmesi ve miktarının tespit edilmesi gerekmektedir. Çamur arıtım ve stabilizasyonu bu

patojenlerin giderilmesinde çok etkilidir. Ancak bazı çamur arıtım süreçleri patojen mikroorganizmaları tamamen gideremezler.

Arıtma çamurlarında temel olarak 3 grup patojen mikroorganizma bulunmaktadır: bakteriler, virüsler ve parazitler (protozoa ve helminth). Kentsel atıksularda bu patojenlerin seviyeleri iklim, yöresel koşullar, mevcut halk sağlığı durumu ve salgın hastalıklar, ile bölgedeki hastaneler, kesimhaneler ve tabakhanelerin varlığına bağlı olarak farklılıklar gösterir [Epstein, 2003].

2.2.7. Organik Kirleticiler

Organik kirleticileri fazla olan alıcı ortamlar ve su kütlelerinden, kirleticilerin zamanla bozuşmaları sonucunda atmosfere pis koku, H_2S ve diğer gazları bırakılmaktadır. Atıksudan organik kirleticilerin uzaklaştırılabilmesi için en etkin yöntem biyolojik arıtmadır. Arıtma çamurlarında bulunan bazı organik kirleticilere örnekler;

- PAH ; polisiklik aromatik hidrokarbonlar
- PCB ; poliklorlanmış bifeniller
- PCDD/F ; poliklordibenzodioxinler/furanlar
- AOX ; adsorplanabilir halojenli organikler
- LAS ; lineer alkil benzen sülfonatlar
- NPE ; nonilfenol ve nonil fenol etoksilatlar
- DEHP ; 2 – etileksil ftalat

2.2.8. Çamurun Isıl Değeri

Çamurun ısı değeri, içeriğindeki uçucu madde miktarına ve çamurun tipine bağlı olarak değişim göstermektedir. Ham çamur çürümüş çamurdan daha yüksek ısı değerine sahiptir. İçeriğinde yağ ve gres miktarı fazla olan çamurların ısı değeri fazladır.

Ön çökeltim çamurları, aktif çamur ve biyolojik filtre çamurları sırasıyla 25000 kJ/kg, 21000 kJ/kg, 20000 kJ/kg gibi tipik ısı değere sahiptir [Metcalf and Eddy, 1991].

Arıtma çamurları sahip olduğu ısı değere bağlı olarak ek yakıt olarak kullanılabilirler. İstanbulda kurutma tesisine sahip,ileri biyolojik arıtma tesislerinden kaynaklanan kurutulmuş çamurlar günümüzde çimento fabrikalarına ek yakıt olarak verilmektedir. Çamurun bertaraf yöntemlerinde termal yöntemler uygulanacaksa su oranı mümkün olduğunca azaltılarak ısı değeri arttırılmaktadır.

2.3. Çamur İşleme ve Bertaraf Yöntemleri

Atıksu arıtma tesisleri çamurlarının uygun şartlarda işlenmesi ve bertaraf edilmesi gerekmektedir. Aksi taktirde alıcı ortamların kirlenmesi ve dolayısıyla tüm çevrenin, yaşayan tüm canlıların,bir şekilde bundan olumsuz olarak etkilenmesine sebep olur. Arıtma çamurları bertarafı,arıtma tesisi kurulurken,maaliyetlerde göz önüne alınarak,tesisle bir bütün olarak ele alınmalı ve projelendirme ona göre yapılmalıdır.

Çizelge 2.4. Çamur işleme ve bertaraf metotları [Metcalf and Eddy, 1991].

İşletme, proses ve arıtma metotları	Fonksiyonları
Birincil İşlemler Çamur öğütme Kum ayırma Çamur karıştırma Çamur saklama	Boyut küçültme Kum ayırma Karıştırma Depolama-saklama
Yoğunlaştırıcı Graviteli yoğunlaştırıcı Flotasyonlu yoğunlaştırıcı Santrifüjlü yoğunlaştırıcı Bantlı yoğunlaştırıcı Döner elekli yoğunlaştırıcı	Hacim azaltma Hacim azaltma Hacim azaltma Hacim azaltma Hacim azaltma
Stabilizasyon Kireç stabilizasyonu Isıl işlem Havasız çürütme Havalı çürütme Kompostlama	Stabilizasyon Stabilizasyon Stabilizasyon, kütle azaltma Stabilizasyon, kütle azaltma Stabilizasyon, ürün giderimi
Şartlandırma Kimyasal şartlandırma Termal (ısı)	Çamur şartlandırma Çamur şartlandırma
Dezenfeksiyon Pastörizasyon Uzun-süreli saklama	Dezenfeksiyon Dezenfeksiyon
Susuzlaştırma Vakum filtre Santrifüj Bant filtre Pres filtre Çamur kurutma yatakları Çamur lagünleri	Hacim azaltma Hacim azaltma Hacim azaltma Hacim azaltma Hacim azaltma Saklama ve Hacim azaltma

Isıl kurutma Flaş kurutucu Sprey kurutucu Döner tamburlu kurutucu Çok hücreli kurutucu Çoklu etkili buharlaştırıcı	Kütle ve hacim azaltma Kütle ve hacim azaltma Kütle ve hacim azaltma Kütle ve hacim azaltma Kütle ve hacim azaltma
Termal Azaltma Çok hücreli yakıcı Akışkan yataklı yakıcı Katı atıklarla birlikte yakma Islak-hava oksidasyonu Derin şaft reaktörü	Hacim azaltma, kaynak geri kazanımı Hacim azaltma Hacim azaltma Stabilizasyon, hacim azaltma Stabilizasyon, hacim azaltma
Nihai bertaraf Arazide arıtma Dağıtım ve pazarlama Kimyasal sabitleme Düzenli depolama Lagünlerde biriktirme	Son uzaklaştırma Faydalı kullanım Faydalı kullanım, son uzaklaştırma Son uzaklaştırma Hacim azaltma, son uzaklaştırma

2.3.1. Stabilizasyon

Arıtma çamurları istenmeyen kokunun giderilmesi, patojenleri azaltmak organik bozunmayı azaltmak gibi amaçlarla stabilize edilirler.

Mekanik, kimyasal, biyolojik ve termal yöntemlerle çamur stabilizasyonu yapılmakla birlikte, bunlar arasında en yaygın olarak biyolojik stabilizasyon-aerobik ve anaerobik çürüme- yöntemleri uygulanmaktadır. Biyolojik stabilizasyon işlemleri, hijyenik olarak daha kaliteli çamur eldesi, anaerobik çürüme sonrası oluşan biyogaz ile enerji dönüşümü sağlanması gibi yararlarının yanı sıra, biyolojik işlem sonrası çamurların su verme özelliğinin bozulması ve bu nedenle takip eden işlemlerin veriminin olumsuz etkilenmesi gibi önemli dezavantajları da beraberinde getirmektedir [Ayol, 2005]. Atıksu çamurunu aerobik olarak çürütme, aerobik mikroorganizmaların çamurun biyolojik olarak parçalanabilen organik bileşenini tükettiği bir stabilizasyon prosesidir. Çürütmenin son ürünü kokusuz humus benzeri biyolojik olarak kararlı bir malzemedir. Anaerobik çürütmeden farklı olarak enerji geri kazanımı yoktur ve sürekli havalandırılmalı olan proses enerji masraflarından

dolayı pahalıdır. Anaerobik çürütücü ile karşılaştırıldığında; işletim olarak daha esnek ve koku potansiyelinin düşük olmasının yanı sıra daha az işletme zorluklarına sahip ve daha az kalifiye elemana ihtiyaç vardır [Taylor and Moffat, 1989]. Yapılan çalışmalar aerobik çürütücülerde biyolojik stabilizasyon kinetiğinin; karıştırma hızı, havalandırma süresi, reaktör sıcaklığı, çamurun ortalama bekleme süresi ve oksijen tüketim hızı gibi işletme şartlarından önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir [Sopper, 1998]. Genellikle çürütücülerden gelen kokular fazla bekleme sürelerinin ve yoğunlaşmış çamuru düşük hızda pompalamanın sonucudur [Pagliai and Guidi, 1980].

2.3.1.1. Havasız (Anaerobik) Çamur Çürütme

Anaerobik çamur çürütme oksijensiz ortamda organik ve inorganik maddelerin parçalanması olayıdır. Arıtma çamurlarının stabilizasyonunda günümüzde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Arıtma çamurlarının içerisindeki organik maddelerin, Anaerobik(havasız) ortamda birbirini takip eden hidroliz, asitleşme ve metan fazları safhaları ile parçalanması işlemidir.

Havasız arıtma prosesleri organik maddelerin oksijensiz ortamda biyokimyasal olarak ayrıştırılması esasına dayanmaktadır. Arıtma esnasında oluşan biyogaz yaklaşık olarak %65-85 metan ve %15-35 karbondioksit karışımından oluşmaktadır. Havasız arıtma teknolojilerinin gelişimi 19. yüzyılın başlarına dayanmaktadır ve II. Dünya Savaşı sonrası enerji kaynaklarında yaşanan kriz nedeni ile hızlı bir gelişme yaşanmıştır [Alvarez, 2003]

Havasız çamur çürütücüler standart-hızlı ve yüksek-hızlı olmak üzere iki ana grupta toplanabilir. Standart-hızlı olanlarda reaktörde karışma ve ısıtma yoktur. Hidrolik bekletme süresi 30-60 gün olup hidrolik bekletme süresi çamur yaşına eşit veya çok yakındır. Yüksek-hızlı havasız reaktörlerde ise karışım ve ısıtma yapılır. Hidrolik bekletme süreleri 20 günün altında tutulur. Kuvvetli organik atıkların anaerobik olarak arıtıldığı yüksek hızlı reaktörlerde ise 1 günden az hidrolik kalış sürelerinde bile yüksek verimlerle karbonlu organik madde giderimi sağlanabilmektedir. Atıksu içerisindeki organik maddelerin havasız ortamda ayrışması en basit haliyle iki temel aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada (hidroliz

ve asit fermentasyonu), organik maddelerin asit bakterileri tarafından organik asitlere, alkollere ve CO₂'ye dönüşümü gerçekleşmektedir. İkinci aşama (metan oluşumu) ise asit bakterilerinin parçalama reaksiyonları sonucunda oluşan ürünlerin, metanojenler tarafından metan, CO₂ ve suya dönüştürülmesini içermektedir [Öztürk ve Ufuk, 2005]

Havasız biyoteknolojinin olumlu yönleri [Speece, 1996]

- * Proses stabilitesinin sağlanabilmesi
- * Biyokütle atığının bertaraf maliyetinin düşüklüğü
- * Besi maddesi sağlama maliyetinin düşüklüğü
- * İnşa alanı gereksiniminin azlığı
- * Enerjinin korunması ile ekolojik ve ekonomik fayda sağlaması
- * İşletme kontrolü gereksiniminin minimize edilmiş olması
- * Oluşan gazın hava kirlenmesi açısından kontrol edilebilir olması
- * Köpük probleminin olmaması
- * Havasız şartlarda biyolojik olarak parçalanamayan maddelerin parçalanabilmesi
- * Atıksudaki mevsimsel değişikliklerde arıtmanın stabilitesinin sağlanabilmesi

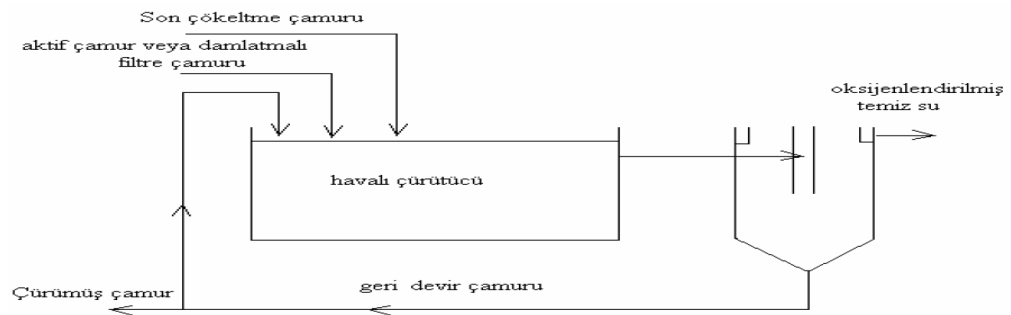
Havasız biyoteknolojinin olumsuz yönleri [Speece, 1996]

- * Biyokütle gelişimi için uzun başlangıç evresinin gereksinimi
- * Seyreltik atıksularda yeterli alkalinitenin üretilmemesi
- * Bazı durumlarda çıkış suyunda istenilen standart değerlerin sağlanamaması
- * Seyreltik atıksuların arıtılması durumunda oluşan biyogaz miktarının az olması ve elde edilen enerjinin sistemi ısıtmaya yetmemesi
- * Aşırı sülfatlı atıksularda koku probleminin olması
- * Nitrifikasyonun mümkün olmaması
- * Metanojenlerin toksit maddelere ve çevre şartlarına aşırı duyarlı olması
- * Düşük sıcaklıklarda kinetik hızların daha da düşük olması
- * Biyokütlenin maksimum aktivitesi için gerekli olan azot konsantrasyonunun daha fazla olması Bu sistem aerobik çamur çürütme sistemine kıyasla son ürün olan biyogazın bünyesindeki metanın enerji gereksiniminde kullanılabilmesi, aerobik arıtmaya göre işletilmesinin daha zor olması ve işletme maliyetinin düşük olması gibi farkları vardır.

2.3.1.2. Havalı (Aerobik) Çamur Çürütme

Çeşitli kademelerden gelen organik çamurun oksijenli ortamda çürütülmesi işlemdir. Anaerobik çürütmeye alternatif olarak arıtma çamurları aerobik olarak çürütülebilir. Çamurun nihai depolama alanlarına gönderilmeden önce tabii tutulabileceği işlemlerden biri olan aerobik stabilizasyon hizmet verilen kişi sayısının 50000 eşdeğer nüfustan küçük olması durumunda tercih edilmektedir. (Syed, 1999). Aerobik stabilizasyon ile; kokusuz, patojen bakterileri büyük ölçüde giderilmiş, organik madde içeriği azaltılmış, havalı çürük çamur elde edilir. Bu yöntemde çamur bir havalandırma tankına alınarak birkaç gün süre ile havalandırılmaktadır. Çamur içindeki uçucu katı maddeler stabilize olurlar. Havalı çürütmenin üstünlükleri aşağıda verilmiştir.

- * Uçucu katı madde (UKM) giderimi havasız çürütme ile elde edilene yakındır.
- * Substrattaki BOI konsantrasyonları oldukça düşüktür.
- * Kolayca bertaraf edilebilecek kokusuz, humusa benzer, biyolojik olarak kararlı ürün elde edilir.
- * Oluşan çamurun susuzlaştırma karakteristikleri çok iyidir.
- * Çamurun gübre değeri yüksektir.
- * İşletme problemleri azdır.
- * Yatırım maliyetleri düşüktür



Şekil 2.3.Havalı çürütücü sistemine ait şematik resim [Öztürk ve Ufuk, 2005]

Aerobik çürütücüler ani şok değişimleri anaerobik proseslere göre daha iyi tolere ederler, ancak sisteme gerekli oksijeni sağlamak için yüksek enerji maliyeti

vardır. Anaerobik arıtmada olduğu gibi metan gibi yararlı son üründe oluşmamaktadır.

2.3.1.3. Kireç Stabilizasyonu

Bu yöntemde kireç çamura PH 12 veya üzerine yükselecek şekilde tatbik edilir. İşlemden önce kireç(CaO) veya sönmüş kireç(CaOH₂) kullanılabilir. Bazı durumlarda kül, çimento tozu da kireç yerine kullanılabilir. Çamurun yüksek PH larda tutulması sonucunda mikroorganizmalar için uygun olmayan ortam oluşmuş olacak,dolayısıyla koku olmayacak, sinek oluşumu azalmış olacak ve sağlıkla ilgili riskler ortadan kalkmış olacaktır. Kireç stabilizasyonu yöntemi Çamur susuzlaştırmadan önce ve sonra kireç ilavesi olarak iki şekilde yapılabilir.

Stabilizasyonda kireç kullanımı, patojen giderimindeki etkinliği, metallerin biyolojik yararıyı azaltma potansiyeli, tarımsal yararları ve maliyetinin düşük olması sebeplerinden ötürü tercih edilmektedir [Samaras at al., 2008].

***Çamur susuzlaştırmadan önce çamura kireç ilavesi:**Çamur hacmini yükselteceği ve bertaraf maliyetlerini arttıracığı için küçük ölçekli tesislerde kullanılması daha uygundur.

Sulu çamurda istenen pH seviyesine ulaşabilmek için daha fazla kireç ilavesine ihtiyaç duyulur. Buna ilave olarak, uygun patojen giderimine ulaşmak için susuzlaştırmadan önce yeterli bekletme süresi sağlanmalıdır. Önerilen tasarım kriteri, pH 12 nin üzerinde yaklaşık 2 saat kalma süresidir. Kireç dozajı çamur tipi ve katı madde konsantrasyonuna göre değişim gösterir. Kireç stabilizasyonu, mikrobiyal büyüme için gereken organik maddeyi parçalamadığından çamur pH'ında önemli bir düşme olmadan çamur uzaklaştırılmalı veya daha fazla kireç ilave edilmelidir. İlave doz miktarı pH'ı 12 ye getiren miktarın yaklaşık 1.5 katı kadardır. [Öztürk ve Ufuk, 2005]

Çizelge 2.5. Sıvı çamur stabilizasyonu için tipik kireç dozları(Spinosa and Vesilind, 2001)

Çamur tipi	Katı konsantrasyonu, %		Kireç miktarı, $\text{gCa(OH)}_2/\text{gKM}^1$	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
Birincil çamur	3-6	4.3	120-340	240
Aktif çamur	1-1.5	1.3	420-860	600
Havalı çürütülmüş çamur	6-7	6.5	280-500	380
Septik tank çamuru	1-4.5	2.7	180-1020	400

¹pH'ı 30 dakika 12 de tutmak için gereken miktar.

***Çamur susuzlaştırmadan sonra çamura kireç ilavesi:** Kireçle çamurun iyi karıştırılması durumunda verim artar, çamur uzun süreli saklanabilir. Kuru kireç kullanılabilir.

2.3.2. Yoğunlaştırma

Aritma tesislerinin çeşitli kademelerinde oluşan çamurların büyük bir kısmını su oluşturmaktadır. Yoğunlaştırma çamur karışımındaki sıvıyı gidererek, çamurun daha konsantre hale getirilmesi işlemidir. Yoğunlaştırma çamur hacminin azaltıldığı ilk basamak olması nedeniyle önemlidir. Yoğunlaştırma ile sonraki kademelerin yükü azalır, verim artar, maliyetler azalır. Yoğunlaştırma da özellikle graviteli (ağırlıklı) çökeltme iyi sonuçlar vermektedir. Çökeltimin hızlandırılması için kimyasal koagulantlar ilave edilebilir.

Genel manada yoğunlaştırma; çöktürme, yüzdürme ve santrifüj yöntemleriyle yapılmaktadır. Yerçekimi etkisiyle çöktürme yönteminde çökelmeyi hızlandırıcı kimyasallarda kullanılabilir. Polimerlerle çamur şartlandırılması küçük partiküllerin flokülasyon ile daha büyük partiküllere dönüştürüldüğü bir prosestir.

Graviteli yoğunlaştırıcılar kenar duvarları 3-5 m yüksekliğinde ve çapları 15-25 metreye kadar olabilen dairesel yapılardır. Organik çamurların yoğunlaştırıldığı büyük tanklarda gazlaşma problemleri ve katı madde bekleme zamanlarının aşılması halinde çamurun yüzmesi problemleri ile karşılaşılır. Bu tip yoğunlaştırıcılarda

standart çökeltim havuzlarından daha dik taban eğimleri verilir. Çamurdan suyun ve gazın uzaklaşmasını sağlamak için düşey kollu karıştırma mekanizması yerleştirilir.

İkincil çöktürme tankından pompalanan %0.8 katı içeren fazla aktif çamur, yoğunlaştırıcıda %4 katı konsantrasyonuna kadar yoğunlaştırılır, yani çamur hacminde 5 kez azalma sağlanır. [Öztürk ve Ufuk, 2005]

Çizelge 2.6. Çamur proseslerindeki başlıca yoğunlaştırma teknikleri [Metcalf and Eddy, 1991].

Metot	Çamur tipi	Kullanma sıklığı ve verim
Graviteli	Ham birincil çamur	Çok iyi sonuç alınır. Hidrosiklon kum tutucu ile kullanılır.
Graviteli	Ham birincil ve atık aktif çamur	Sık kullanılır. Küçük sistemlerde çamur kons.%4-6 aralığında elde edilir. Büyük sistemde sonuçlar sınırlıdır.
Graviteli	Atık aktif çamur	Nadiren kullanılır. Düşük katı konsantrasyonları elde edilir (%2-3).
Çözülmüş-hava ile yüzdürme	Ham birincil ve atık aktif çamur	Kısıtlı kullanılır. Sonuçlar graviteli yoğunlaştırıcıya benzer.
Çözülmüş-hava ile yüzdürme	Atık aktif çamur	Yaygın kullanılır. İyi sonuç verir (%3.5-5 katı madde konsantrasyonu).
Sepet santrüfjü	Atık aktif çamur	Kısıtlı kullanılır. İyi sonuç verir (%8-10 katı madde konsantrasyonu).
Helezon küreyicili santrüfjü	Atık aktif çamur	Kullanımı artmakta. İyi sonuç verir (%4-6 katı madde konsantrasyonu).
Graviteli bant filtre	Atık aktif çamur	Kullanımı artmakta. İyi sonuç verir (%3-6 katı madde konsantrasyonu).
Döner elekli yoğunlaştırıcı	Atık aktif çamur	Kısıtlı kullanım. İyi sonuç verir (%5-9 katı madde konsantrasyonu).

Özgül ağırlığı 1.0'den küçük olan arıtma çamurlarının graviteli yoğunlaştırıcılarda yoğunlaştırılmaları çok zordur. Bu tür çamurların yoğunlaştırılmaları için flotasyon yoğunlaştırıcılar kullanılır. Yüzdürme yöntemiyle yoğunlaştırmada; yoğunluğu düşük çamurlar alttan hava verilerek yüzdürülür ve

oradanda toplanır. Özellikle aktif çamur ve yoğunluğu düşük kimyasal çamur flokları flatasyon yöntemiyle daha iyi yoğunlaştırılabilirler. Genel olarak primer çamur(ön çökeltim çamurları) direkt çürütücülere yollanması, son çökeltim havuzları çamurlarının ise yoğunlaştırılmasıdır. Çünkü ön çökeltme çamuru zaten %4 katı madde konsantrasyonundadır.

Santrifüj yoğunlaştırıcılar hem çamuru yoğunlaştırmak hem de suyunu almak için kullanılırlar. Atık aktif çamur için kullanımları genellikle sınırlıdır. Santrifüjleme ile yoğunlaştırma işleminde santrifüj kuvvetlerinin etkisi altında çamur partikülleri çökeltir. Santrifüjlerin verimini arttırmak amacıyla suyu alınacak çamura polielektrolitler ilave edilir. Dekantörlerin kapasiteleri 2-50 m³/h arasında değişmektedir. Çamur cinsine göre ihtiyaca uygun dekantör seçildikten sonra kullanılacak polimer cinsi ve dozları işletme sırasında belirlenmelidir.

Graviteli belt yoğunlaştırma koagülasyon ve flokülasyon ile katı-sıvı ayırımının temel mekanizmasını kullanmaktadır. Proseste genellikle negatif yüklü biyolojik katıların nötralize edilmesi için katyonik polimerler kullanılır. Kullanılacak olan polimerin miktarı ve cinsi çamurun özelliklerine göre değişim gösterirler.

2.3.3. Susuzlaştırma

Atıksu arıtımında oluşan çamur miktarı arıtılan atıksuya göre çok az bir miktar olmasına rağmen, çamur tasfiye ünitelerinin yatırım ve işletme bedelleri çok yüksektir. Bu nedenle uygun tasfiye metodların seçilmesi gerekmektedir.

Arıtma tesislerinde çeşitli kademelerden oluşan arıtma çamurları büyük miktarlarda su ihtiva etmektedir. Çamurun nihai bertarafını kolaylaştırmak ve maliyetleri azaltabilmek için susuzlaştırma çok önemlidir. Susuzlaştırılmış çamur artık sıvı gibi pompalanarak taşınmaz ve daha çok katı gibi davranır. Suyu azaltılmış ve katı muhtevası arttırılmış atıkların hacimleri azalacağından nihai bertaraf yerlerine taşınmaları daha kolay ve çevresel etkileri daha az olacaktır. Arıtma çamurları genellikle yoğunlaştırmadan sonra susuzlaştırılmaktadır.

Yoğunlaştırıcılar çamuru maksimum %5-10 katı madde konsantrasyonuna çıkarırken,susuzlaştırma üniteleri %15 den daha yüksek değerlere çıkarabilir. [Sanin, 2007]. Çamurun suyunu alma mekanik olarak filtre pres, sanrtifüj, vakum filtre, belt pres(bant filtre) yöntemleriyle, mekanik olmayan ise çamur kurutma yatakları ve lagünlerde yapılır.

Çamur susuzlaştırılmasında kullanılan bu sistemlerin başarısını yakından etkileyen işlem, susuzlaştırma öncesinde uygulanan çamur şartlandırma işlemidir. Çamurların şartlandırılması ve susuzlaştırılması birbirini yakından etkileyen ve korele edilebilen iki önemli procestir. Çamur şartlandırma ve susuzlaştırma proseslerinin seçimi ve uygulanmasında göz önünde bulundurulması gereken en önemli etken işlenecek olan arıtma çamurunun özellikleridir. Gelen çamurun özelliklerine göre bu proseslerin performans değerlerinde farklılıklar gözlenmektedir. Çamur susuzlaştırma ekipmanlarının uygun seçiminin yapılabilmesi ve istenen kurumadde değerlerine ulaşılmasında çamurun özelliklerinin bilinmesi en önemli adımdır. Kentsel/evsel atıksu arıtma tesislerinde oluşan büyük miktarlardaki biyolojik kökenli arıtma çamurlarının susuzlaştırılmasında bu çamurların karakteristliğinden kaynaklanan problemler söz konusudur. Klasik yaklaşımla arıtma çamurları sıvı faz ve sıklıkla üniform, küresel ve negatif yüklü partiküllerden oluşan katı faz olmak üzere iki fazlı sistemler olarak görülse de bu yaklaşım, çamur şartlandırma ve susuzlaştırma proseslerinin anlaşılmasını, durumun gerçekte daha karmaşık bir yapıya sahip olmasından dolayı sınırlandırmaktadır. [Ayol ve ark, 2004]

***Filtrepres ile susuzlaştırma:** arıtma tesisi çamurlarının susuzlaştırılmasında en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bu sistemler ile diğer sistemlere nazaran,daha yüksek katı madde oranına sahip olunabilir ve ayrıca otomatik sistemler olduğu için eleman bulundurulmasına ihtiyaç yoktur. Pres filtrenin dolması için 20-30 dk yeterlidir. Filtreye doldurulan çamurun tasarım basıncında 1-4 saat tutulması gerekir. Bu süre sonunda kekteki katı madde nisbeti %40'a ulaşabilir.

Çizelge 2.7. Pres filtrelerin susuzlaştırma verimleri [Öztürk ve Ufuk, 2005]

Çamurun Cinsi	Beslenen Çamurdaki Katı Madde %	Kimyasal Dozajı (KM'nin yüzdesi olarak).....		Filtre Verimi (kg/m ² -sa)	Kekteki Katı Madde (%)
		FeCl ₃	CaO		
İlk çöktürme + aktif çamur	4	5	15	5	40
Anaerobik Çürümüş İlk çök.+aktif çam.	4	6	16	5	40
Termal Şartlandırılmış İlk çök.+aktif çam.	14	0	0	12	60

***Santrifüjlerle susuzlaştırma:** Merkez kaç kuvvetinin etkisiyle suyun ayrılması işlemidir. Az yer kaplaması, tam kapalı olması nedeniyle koku sorunu olmaması, işgücünün az olması, sürekli çalışabilmesi avantajlarına karşılık, bakım zorluğu, gürültü ve yüksek enerji sarfiyatı gibi dezavantajları vardır.

Çizelge 2.8. Santrifüjlerin kurutma verimleri [Öztürk ve Ufuk, 2005]

Çamur tipi	Kekteki KM oranı (%)	Katı madde geri kazanımı (%)	Polimer ihtiyacı (kg/ton KM)
Ham ilk çökeltme	28-34	90-95	2-3
Anaerobik çürütülmüş ilk çökeltme çamuru	26-34	90-95	2-3
Ham aktif çamur	14-18	90-95	6-10
Anaerobik çürütülmüş aktif çamur	14-18	90-95	6-10
Ham karışık çamur	18-25	90-95	3-7
Anaerobik çürütülmüş karışık çamur	17-24	90-95	3-8
Uzun havalandırma veya aerobik çürütme çamuru	12-26	90-95	6-10

***Vakum filtre ile susuzlaştırma:** Ham ve çürütülmüş çamurların suyunun alınmasında kullanılır. Şartlandırma için kimyasal madde ihtiyacının fazla olması ve enerji gereksinimi nedeniyle kullanımı her geçen gün azalmaktadır.

Çizelge 2.9. Döner vakum filtrelerin kurutma verimleri [Öztürk ve Ufuk, 2005]

Çamurun Cinsi	Beslenen Çamurdaki Katı Madde %	Kimyasal Dozajı (KMyüzdesi olarak)*		Filtre Verimi (kg/m ² -sa)	Kekteki Katı madde(%)
Ham Çamur					
İlk Çök. çamuru	4-9	2-4	8-10	17-40	27-25
İlk Çök.+ Aktif	3-7	2-4	9-12	12-30	18-25
Çam.	4-8	2-4	9-12	15-35	23-30
İlk Çök.+Daml. Filt.					
Anaerobik Çürü.					
Çam.	4-8	3-5	10-13	15-35	25-32
İlk.Çök.çam.	3-7	4-6	15-20	10-20	18-25
İlk Çök.+ Aktif	5-10	4-6	13-18	17-40	20-27
Çam.					
İlk Çök.+Daml. Filt.					
Aerobik Çürü. Çam.					
İlk Çök.+ Aktif	3-6	3-7	8-12	8-20	16-23
Çam.					

***Çamur kurutma yatakları:** Çamurun suyu;çamur,kum ve çakıl aralıklarından süzülerek en alttaki drenaj borusu ile çamurdan uzaklaştırılır. Geniş arazi gereksinimi, veriminin hava şartlarına bağlı olması nedeniyle kullanımı sınırlıdır.

Çizelge 2.10. Türkiye için kurutma yataklarının bir yılda kullanma sayısı ve kişi başına kurutma yatağı alanı ihtiyacı ortalamaları (n=46 yerleşim merkezi) [Öztürk ve Ufuk, 2005]

	Ortalama	S.Sapma	En az	En Fazla
Çamur Serme Sayısı	8.69	4.46	2.81	23.91
Alan İhtiyacı, m ² /nüfus	0.137	0.076	0.038	0.325

***Belt pres(Bant filtre):** Kullanım kolaylığı,mekanizmasının basitliği,düşük enerji maliyeti,yüksek katı madde oranı nedeniyle evsel ve endüstriyel atıksu çamurlarının susuzlaştırılmasında yoğun olarak kullanılmaktadır. Dezavantajı ise filtre bezinin sık değiştirilmesi gerekliliğidir.

Çizelge 2.11. Yatay bant filtreler için tasarım parametreleri

Şartlar	Değerler
Beslenen Çamurdaki Katı Madde(%)	3-10
Kekteki Katı Madde(%)	20-40
Polimer Miktarı(K.M.'nin yüz. Ola). Anaer. veya aero. Çürüt. karışık çamurlarda	1.5-7.5
Süzüntü Suyundaki AKM Konsantrasyonu(mg/lt)	100-1000
Katı Tutma Verimi(%)	90-95
Filtre Verimi(kg/m ² -sa)	20-40
Filtrenin Süzme Hızı(kg/m-sa)	375-750

***Çamur lagünleri:** Buharlaşma ve çökelmeden dolayı çamurun katı madde içeriği artar. Lagünden suyun yer altı sularına karışımının ve yüzeysel suların lagüne ulaşmasının engellenmesi gerekmektedir.

Çamur lagünlerindeki yükleme değeri 25-75 kg/m²yıl olarak verilmektedir [Arceivala, 2002]

2.3.4. Şartlandırma

Çamurun yumak yapısını güçlendirerek susuzlaştırılmasını kolaylaştıran yöntemdir. Kimyasal şartlandırma ve ısıl arıtma en çok kullanılan yöntemdir. Ayrıca dondurma, radyasyona tabi tutma(ışınlama), yıkama gibi yöntemlerle de şartlandırma yapılmaktadır.

***Kimyasal Şartlandırma:** Atığın özelliğine bağlı olarak giren çamurda %90-95 su azalması sağlayarak, nem muhtevasını %65-85 e düşürür. Bu yöntemin esası katının koagülasyonu ve absorbe olan suyun açığa çıkarılmasıdır. [Öztürk ve Ufuk, 2005]. Şartlandırma susuzlaştırma yöntemleri öncesinde kullanılır ve genellikle polimer,demir klorür, kireç ve alüm kullanılır. Kimyasal dozaj miktarı labaratuvar da jar testleri ile belirlenebilir. Verimin yüksek olması için iyi bir karışımın sağlanması önemlidir.

***Isıl arıtım:** Çamur yüksek sıcaklık ve basınç altında kalınca bağlı su çamurdan ayrılır ve katı madde muhtevası artar. Isıl arıtımla oluşan süzüntü suları kirliliği nedeniyle tekrar arıtma tesislerine geri döndürülmelidir.

*Diğer şartlandırma seçeneklerinden dondurma ve radyasyona tabi tutma işlemleri kullanımları çok az olan,araştırma aşamasında yöntemlerdir.

2.3.5. Yakma

Artan nüfusla birlikte atık miktarlarının hergeçen gün artması, çamurun zirai yada toprakta kullanımının artan yasal kontrollere tabi olması, tarım alanlarının uzak olması, arıtma çamurlarının arazide kullanım imkanlarının kısıtlı olması, birçok yerde yeterli depolama alanın mevcut olmaması, çamurdaki toksik kimyasalların tamamen yok edilebilmesi, enerji sağlaması gibi nedenlerden dolayı, atıklarda büyük hacim azaltılmasını sağlayan yakma yöntemi her zaman gündemdeki yerini korumaktadır.

Evsel atık bertaraf etmek amacıyla yakma tesisleri 1800'lü yıllardan beri kullanılmaktadır. Ancak ilk atık yakma tesisleri birer çöp yakma fırını olarak kullanılmaktaydı. Enerji geri kazanımsız olarak işletilen eski atık yakma tesislerinden atılan baca gazının çok sıcak olmasından dolayı; hava kirliliği kontrol sistemlerinin işletilmesinde karşılaşılan sorunları önlemek ve yakma sistemlerini iyileştirmek çok pahalı ve zahmetli bir iş olarak görüldüğünden ve yeni çevre standartlarını sağlamayan bu tesislerin çoğu kapatılmıştır. [Atık yönetimi, 2006]

Arıtma çamurları için yanma, evsel atıklarla birlikte doğrudan yanması yada yakıt ile dolaylı yanması şeklinde olabilir. Kurutma işlemi yapılmış arıtma çamurları genellikle yüksek kalorifik değerlere sahip olduğu için çimento fırınlarında yakılabilir. İstanbul da kurutması olan ileri biyolojik arıtma tesislerinde oluşan kuru çamurlar,çimento fabrikalarına yakıt olarak gönderilmektedir. Bu konu ayrıca işlenecektir.

Arıtma çamurları, çimento fabrikası fırınlarında ve kömür kullanan enerji tesislerinde gereğinde evsel atıklarla birlikte yakıt olarak kullanılabilir. Çamurun

evsel atıklarla birlikte yakılabilmesi için %60-65 kuru madde içermesi, çimento üretiminde ise maksimum arıtma çamuru besleme oranının klinker üretim kapasitesinin %5'inden daha fazla olmaması gerekmektedir. Bu nedenle, 2000 ton/gün çimento üretiminde klinker kalitesinin değişmemesi için maksimum 100 ton/gün kuru madde kullanılmalıdır.[Aydın, 2004]

Çamurların termal işlemlerden geçirilerek değerlendirmesine ilişkin sınırlı da olsa pilot ve tam ölçekli uygulamalar süregelmektedir. Kül de talaş, fırın atıkları ve bazı katı atıklar da olduğu gibi yapı malzemesi ve bazı endüstriyel kullanımlar için uygunluk göstermektedir [Monzo at al., 1999].

Yakma işlemi birçok avantajına rağmen, yüksek ilk kurulum maliyeti, hava kirliliği konusunda sürekli önlemler alınması ve yatırımlar yapılması gerekliliği, yüksek işletme maliyeti gibi dezavantajları da vardır. Yakma tesisine karar verirken tüm farklı alternatiflerle birlikte değerlendirilerek, fayda-zarar durumları ve maliyetlerde düşünülerek karar verilmelidir.

2.3.6. Arıtma Çamurlarının Tarımsal Alanlarda Kullanımı

Arıtma çamurlarının tarımsal alanlarda gübre olarak kullanılması uzun süredir bilinen ve kullanılan bertaraf yöntemidir. Tarımsal alanda kullanımda, çamurun içerisindeki patojen mikroorganizmaların, ağır metal içeriğinin, sentetik ve organik kimyasal maddelerin miktarının, azot/fosfor oranının(gübre değerinin), kısacası çamurun karakterinin ve çamurun verilecek olduğu arazinin durumunun, çok iyi tespit edilmesi gerekmektedir. Dikkat edilecek bir diğer husus ise; yasal mevzuatlar, çamurun miktarı ve diğer bertaraf seçeneklerinin değerlendirilmesidir. Araziye yükleme yapılırken yıllık yükleme bazında, verilen çamurun N/P miktarı, ürünün yıllık ihtiyacı olan N/P oranını geçmeyecek şekilde olmalıdır. Aksi takdirde verilen fazla miktardaki azot ve fosfor birikim yaparak toprak kirliliği, yer altı ve yüzeysel suların kirlenmesi gibi olumsuz etkileri olacaktır. Ayrıca arıtma çamurundaki ağır metallerin varlığı da bitki, toprak, insan ve çevreyi olumsuz olarak etkiler.

Zn, Cu, Pb ve Cd en büyük kaygı duyulan metallerdir. Zn, Cu ve Pb fitotoksik ve Cd besi zinciri içine muhtemel girişinden dolayı önemlidir. [Udom at al., 2004].

Tarımsal üretimin artırılması için kullanılan gübreler değişen miktarlarda azot, fosfor ve potasyum içermektedirler. En yaygın olarak kullanılan gübrelerde azot: fosfor: potasyum değeri 8:8:8 ve 5:10:10 şeklindedir. Arıtma çamurlarında bulunan azot, fosfor ve potasyum değerleri ise ticarî gübrelere nazaran daha düşüktür. Çünkü arıtma çamurları, çeşitli arıtma prosesleri boyunca gübre değerlerinin bir bölümünü kaybederler. Tipik bir şehir atıksu arıtma tesisinden alınan çamurdaki azot, fosfor ve potasyum yüzdeleri arasındaki oran 3:2:0'dir [Spellman, 1997].

Şekil Arıtma çamurlarının araziler uygulanmasında izlenecek kademeler

[Aral, 1990]

Arıtma çamurlarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesi



Bölgesel ve ulusal kanun, yönetmelik ve düzenlemelerin araştırılması

Arıtma çamurlarının özellikleri ile standartların mukayesesi ve arazide uygulanabilirliğinin araştırılması

Mevcut çamur miktarına göre gerekli arazinin tespiti

Çamur taşınması yöntemi ve fizibilitesi

Arıtma çamuru uygulanacak toprağın pH'ının 6.5 veya daha yüksek olması istenir [Berkin, 2002]. Düşük pH larda toprağa kireç eklenerek pH yükseltilebilir.

Çamurun arazide yanlış kullanımında oluşabilecek muhtemel problemler

- Koku problemi
- Patojen mikroorganizmalar nedeniyle oluşabilecek sağlık sorunları
- Yer altı ve yer üstü sularının, toprağın kirlenmesi
- Toksik etkiler nedeniyle ürünlerde bozulmalar ve çevresel etkileri

Uygun özellikler taşıyan arıtma çamurlarının arazide kullanılması halinde ise, toprağın iyileşmesine katkıda bulunmuş ve ekonomiye katkı sağlamış oluruz.

Ülkemizde arıtma tesislerinden kaynaklanan çamurların tarım arazilerinde kullanılması hususu, 08/06/2010 tarih ve 27605 sayılı ‘Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’ ile belirlenmiştir. Önceleri arıtma çamurlarının yönetimi ile ilgili büyük boşluklar mevcuttu. Toprak Kirliliği Kontrol yönetmeliğinde bu hususlar dikkate alınarak birçok yeni düzenlemeler yapılmıştır. Ancak arıtma çamurları yönetiminin çok problemlili ve önemli olduğu hususu dikkate alındığında, arıtma çamurları kontrol yönetmeliğinin olmayışı büyük bir eksiklik olarak göze çarpmaktadır.

Arıtma çamurlarının bitki besin elementi kaynağı olarak değerlendirilmesi ve tarımsal alanlara uygulanarak tarımsal ve dolayısıyla ekonomik kazanç sağlanması konusunda pek çok araştırma yapılmıştır. Ancak Türkiye’deki genel duruma bakıldığında arıtma çamurlarının genellikle katı atık olarak uzaklaştırıldığı görülmektedir. Arıtma çamurlarının tarımda kullanılarak yeniden kazanılması açısından kapsamlı araştırmaların yapılması gerekmektedir. Akça ve ark. çamur uzaklaştırma masraflarını azaltmak, üstelik çamuru faydalı bir malzeme haline getirmek için tarım alanlarında kullanılmasının teşvik edilmesi, çiftçilerin bu yönde eğitilmesi ve yönlendirilmesi için teknik alt yapının oluşturulması gerekliliğini vurgulamışlardır. [Akça ve ark., 1996] Turalıoğlu ve Acar tarafından yapılan diğer bir araştırmada, arıtma çamurlarının çevreye en az zarar verecek şekilde bertaraf edilmesi ve içerdikleri besin elementlerinden de yararlanılabilmesi için tarım topraklarında kullanmanın en iyi yol olduğu ancak uygulamadan önce ağır metal, tuz, azot ve patojen mikroorganizma miktarlarının tespit edilerek verilebilecek maksimum yüklerin belirlenmesinin gerektiği belirtilmiştir. [Turalıoğlu ve Acar., 1996]

Son yıllardaki genel eğilim çevreci bir yaklaşımla çamurun tarım alanlarında kullanılarak, bitki besin maddelerinin ve organik maddelerin doğal çevrime en kısa yoldan sokulması şeklindedir. Williams arıtma çamurlarının ve organik gübrelerin tarım arazilerindeki faydalı kullanımını belirlemek için havada kurutulmuş ham çamur, havada kurutulmuş çürük çamur ve çiftlik gübrelerinin bitki besin düzeylerini belirlemiş, bu atıkları tarım alanlarına uygulayarak ürün verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Arıtma çamurlarının N ve P yönünden yararlanılabilir bir kaynak olduğunu ancak potasyum yönünden fakir kaldığını, özellikle sulu haldeki

çürütülmüş çamurların bitkiye yarayışlı N ve P bakımından oldukça değerli bir kaynak olduğunu vurgulamıştır. [Williams, 1979].

Larson ve ark. tarafından yapılan diğer bir çalışmada şehir arıtma çamurlarının tarımsal ürünün ihtiyaç duyduğu azot, fosfor ve mikro besin elementlerini sağlayabildiği ve uygun şekilde ele alındığı takdirde tarımsal arazilerde kullanılabileceği belirtilmiştir.[Larson at al.,1974].

Pedreno ve ark. ise, arıtma çamuru uygulanmış kalkerli bir toprağın tarımsal kalitesini incelemeye yönelik bir çalışma yapmışlar ve arıtma çamurunun toprağın N, P, Fe, Cu, Zn ve organik madde içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir. Başkaya ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada farklı orijinli iki arıtma çamurunda toplam azot ve Toplam azotu oluşturan ve farklı yarayışlılık derecelerine sahip önemli azot fraksiyonları belirlenmiş ve çamurun azotlu gübre değerinin belirlenmesinde Toplam azot içeriğinin yalnız başına bir kriter olamayacağının altı çizilmiştir. Diğer bir ifade ile aynı Toplam azot konsantrasyonuna sahip iki farklı arıtma çamurundan birinin toprak ve bitkiler için çok yararlı, diğerinin ise az yararlı veya hatta zararlı olabileceği vurgulanmıştır. [Başkaya ve ark., 1999]

2.3.7. Arıtma Çamurlarının Ormanlık Arazide Kullanılması

Arıtma çamurlarının ormanlık alanlara kullanımı çok yaygın olmasada, gelişmekte olan bir yöntemdir. Ormanların ihtiyacı olan besin maddelerinde bünyelerinde ihtiva ettiği için, arıtma çamurları ormanlık alanlarda kullanılabilmektedir. Ormanlar, tarımsal alanlar gibi, insan besin maddelerinin direkt sağlayıcısı olmadığı için, arıtma çamurlarının ormanlık arazilerde kullanımı, insan sağlığı açısından fazla risk taşımaz. Ancak karakterizasyonu tam olarak bilinmeden arıtma çamurlarının rastgele, ormanlık arazilerde kullanılması durumunda, uygulanan alan, içme suyu havzalarına yakın ise toksik maddelerin yer altı suyuna sızması ve taşınma ile yüzeysel sulara bulaşması ve bu yolla direkt insan sağlığında etkilemesi, hassas orman habitatlarına zarar vermesi, biyolojik çeşitliliği bozması yani kısacası etkilenme ile ormandaki tüm doğal dengelere zarar vermesi gibi riskler vardır.

Amerika Birleşik devletlerinde Devletleri'nde işlem görmüş şehrsel arıtma çamurlarının ormanlık bölgelere uygulanması son 25 senede hız kazanmıştır. Ülkenin pek çok yerinde yürütülen kapsamlı projeler, çamurdaki yarayışlı bitki besin elementlerine paralel olarak ağaç büyümesinde önemli gelişmelerin meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Washington Üniversitesi ve Seattle Büyükşehir Belediyesi arasında 1973 yılında yapılan bir işbirliği protokolü kapsamında başlatılan çalışmada, arıtma çamuru içerisindeki faydalı maddelerin ağaç büyümesini geliştirip geliştirmediği, çamurun ormanlık alanlara uygulanması sonucu ekosistemin ne şekilde etkilendiği ve yer seçimi ve sistem dizaynının nasıl olacağı araştırılmıştır. Bulunan sonuçlar son derece olumludur. Arıtma çamuru uygulaması neticesinde ağaç kalitesi çok az etkilenmiş ve çap, boy ve hacimde büyük bir gelişim gözlenmiştir. Çamurla gübrelenmiş ağaçlar yüksek kalitedeki gübrelerin uygulandığı ağaçlarla benzer bir büyüme göstermişlerdir. Orman ekosisteminin incelenmesi neticesinde, uygun şekilde dizayn edilmiş ve yönetilmiş bir projenin çevresel açıdan oldukça güvenli olduğu ve halk sağlığı risklerinin minimum düzeyde olduğu belirtilmiştir [Nichols, 1989]. Son yıllarda İngiltere'de de arıtma çamurlarının ormanlık arazilerde gübre olarak kullanılmasına yönelik çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmaların sonucunda İngiltere'deki toplam alanı 2 milyon hektar olan ormanlık bölgenin 75000 hektarlık kısmında arıtma çamuru uygulamasının potansiyel olarak uygun olduğu tespit edilmiştir [Taylor and Moffad, 1989].

2.3.8. Arıtma Çamurlarının Arazi İyileştirme Amaçlı Kullanımı

Arıtma çamurları yönetiminin çok iyi bilinmediği ve yasal düzenlemeler olmadığı zamanlarda, tüm çamurlar çöpe atılmakta yada denize dökülmekteydi. Gelişen teknoloji ve yapılan araştırmalar sonucunda arıtma çamurlarının karakterinin iyi bilinmesi ve uygun şartlarda uzaklaştırılması halinde, kullanıldığı toprak ve arazide mikroorganizma sayısı ve çeşidini arttırdığı, besin maddesi sağladığı, su tutma kapasitesini arttırdığı, erozyonu önlediği, toprağın pH'sını olumlu etkilediği görülmüştür.

Yapılan çalışmalar organik karbon kaynağı olarak kabul edilen arıtma çamurlarının araziye uygulanmasıyla topraktaki mikroorganizma sayılarının ve enzim aktivitelerinin de artabileceğini göstermektedir [Banerjee et. al., 1997; Topaç ve ark., 2008].

Son yıllarda arıtma çamurlarının bir kaynak olarak değerlendirilmesi görüşünün benimsenmesiyle birlikte arazi iyileştirme amaçlı kullanıma ilişkin araştırmalar da hız kazanmıştır. Bu araştırmaların sonuçları genel olarak, stabilize olmuş şehir arıtma çamurlarının toprağın ıslah edilmesinde, bitki örtüsü, toprak ve yer altı suyu kalitesi üzerinde olumsuz bir etki yaratmaksızın, çevresel açıdan güvenli bir şekilde kullanılabileceği yönündedir [Sopper, 1989]. Arıtma çamurlarının fiziksel özellikler yönünden zayıf olan toprakların ıslah edilmesinde başarıyla kullanılabildiğini gösteren pek çok çalışma mevcuttur. Pagliai ve Guidi tarafından yapılan bir araştırmada, aerobik ve anaerobik çamur uygulamalarının toprağın porozitesi ve gözenek büyüklüğü üzerindeki etkileri incelenmiş ve organik materyallerin toplam poroziteyi önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. İyi bir toprak yapısını sağladığı ve toprak-bitki-su ilişkilerinde çok önemli olduğu vurgulanan 50 ila 500m'lik gözeneklerin de arttığı belirtilmiştir. [Pagliai and Guidi., 1980] Guidi tarafından yapılan benzer bir çalışmada da arıtma çamuru organik maddesinin toprak porozitesi ve gözenek büyüklüğü dağılımı üzerindeki olumlu etkileri vurgulanmıştır. [Guidi, 1980]. Şehirsel atık çamurların maden ocağı rehabilitasyon bölgeleri üzerindeki etkilerini araştıran diğer bir çalışmada çamurun ıslah edilecek araziye uygulanması ile topraktaki bitki besin düzeylerinin arttığı, fiziksel ve biyolojik özelliklerinin geliştiği belirtilmiştir [Sabey at al., 1990]. Arıtma çamurları düşük besin maddesi içeren toprakların takviye edilmesi açısından da değerli bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Arazi iyileştirme çalışmalarında inorganik azotlu gübrelerin kullanımı çok etkili bir çözüm değildir. Çünkü bu gübreler tamamen çözünebilirler ve yarayışlılıkları çok yüksektir. Bu nedenle olası sızıntı problemlerinden kaçınmak için arazinin ihtiyacı olan azotu bir kerede değil yıl içindeki birkaç uygulamayla vermek gerekir. Arıtma çamurunda ise mevcut azot ve fosforun büyük kısmı organik formdadır ve minerilizasyon sonucu bitkiler tarafından kullanılabilir formlara dönüşürler. Böylelikle, ıslah edilecek arazinin ihtiyacı olan 1000 kg N/ha değerini sağlayabilecek miktarda çamurun bir defada uygulanması mümkün olmaktadır. Byrom ve Bradshaw tarafından yapılan çalışmada, maden

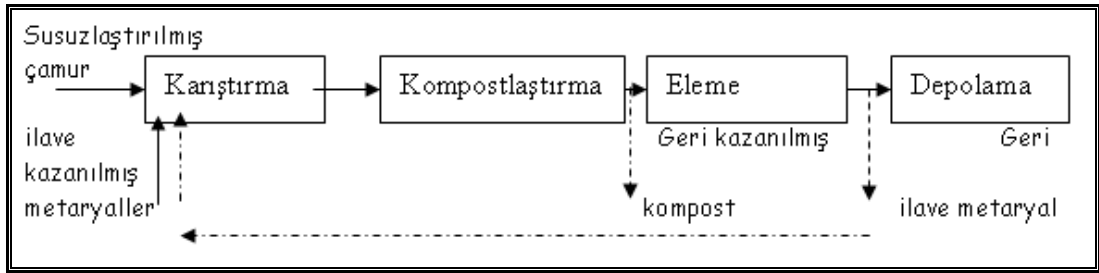
işlemlerinden olumsuz yönde etkilenmiş verimsiz bir toprakta yapılan denemelerde farklı dozlarda arıtma çamuru uygulanmış ve çimendeki büyüme gözlemlenmiştir. Tek seferlik uygulamanın yapılmasından bir sene sonra çimende önemli bir büyüme görülmüştür. İkinci sene sonunda kontrol denemesinin aksine çamur uygulanmış bölgelerde çimendeki büyüme devam etmiştir. [Byrom and Bradshaw., 1989]

2.3.9. Kompostlaştırma

Kompostlaştırma çamurun organik maddelerinin havalı ortamda parçalanması ve kararlı son ürünlere dönüştürülmesi işlemidir. Arıtma çamurları kompostunun, tarım yada toprak iyileştirmede kullanılabilmesi için çamurun karakterinin (toksik madde,ağır metal içeriğinin) çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Kompostlaştırma yapılmadan önce mutlaka çamurun işleme,susuzlaştırma işlemleri yapılmalıdır. Aksi taktirde kompost tesisinde, koku sorunu, fazla alan ihtiyacı, işletme sorunları gibi sorunlar ortaya çıkabilir, maaliyetler artabilir.

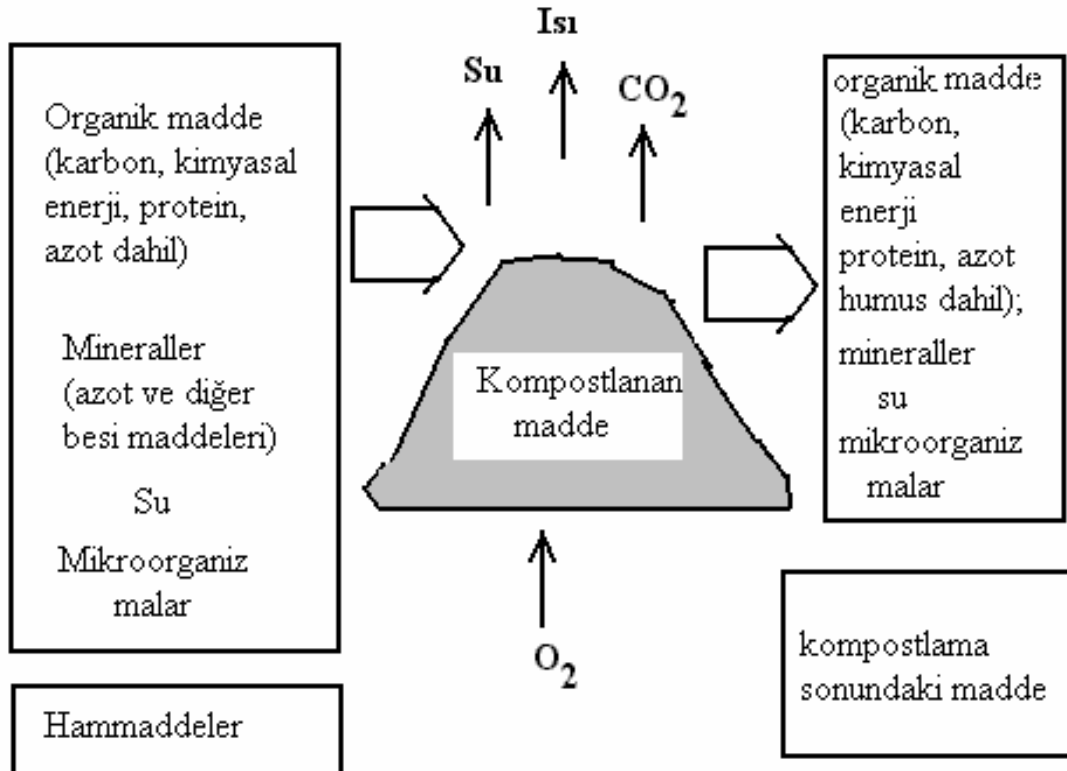
Bu metot, düzenli depolamaya göre biraz daha pahalı, yakmadan ise çok ucuz bir uzaklaştırma yöntemidir. Kompostlaştırma prosesi, düzenli depolamaya gidecek katı atık miktarının azalmasını sağlaması bakımından da, bütün dünyada çevre dostu bir katı atık yönetim sistemi olarak kabul edilmektedir [Arıkan ve Öztürk, 2005]. Arıtma çamuru kompostu, hiç işlem görmemiş taze çamura kıyasla çok yararlı fiziksel özelliklere sahiptir ve iyi bir toprak iyileştiricisi işlevi görmektedir. Toprağın su tutma kapasitesini çok bariz bir şekilde arttıran arıtma çamuru kompostu, suyun topraktan sızması veya yüzeyden akmasının önüne geçmekte ve toprakta bulunan bitkiye sunulur hale getirmektedir. Ayrıca toprağın gözenekliliği artırılmakta, yapısal direnci iyileştirilmekte, toprağın havalanması ve erozyona karşı korunması sağlanmaktadır. Topraktaki devam eden ayrışmadan dolayı da hijyenleşme tamamlanmakta ve güvenli bir ürün ortaya çıkmaktadır [Kranert ve diğ., 2005].

Kompostlaştırma prosesi esnasında meydana gelen su ve karbon dioksit kaybı, kalıntı maddenin hacminde % 25 ila % 60 azalma sağlamaktadır [Renkow and Rubin, 1998].



Şekil.2.4. Çamur kompostlaştırma şeması

Miroorganizmalar arıtma çamurundaki organik maddeleri parçalarken su ısı ve CO_2 ortaya çıkar.



Şekil 2.5. Kompostlaştırma mekanizması [Öztürk ve Ufuk, 2005].

Çizelge 2.12. Hızlı kompostlaştırma için tavsiye edilen koşullar [İleri, 2000]

Koşul	Kabul edilen aralık	Önerilen aralık
C/N oranı	20:1-40:1	25:1-30:1
Nem içeriği	%40-60	%50-60
Oksijen konsantrasyonu	>%5	>>%5
Partikül çapı (cm)	0.3-5	Çeşitli
pH	5.5-9.0	6.5-8.0
Sıcaklık (°C)	40-60	50-60

Her canlı, canlı kalabilmek ve yaşamını düzenlemek için enerjiye ihtiyaç duyar. Kompostlaştırma sırasında, mikroorganizmalar ürettikleri enzimler yardımıyla organik maddeleri parçalarken oksijen tüketirler. Havaya yüksek ısı, büyük miktarda CO₂ ve su buharı verilir ve yeni mikroorganizmalar gelişir (Şekil 3.5.) Bir grup havalı mikroorganizma, partiküllerin yüzeyini saran sıvı tabakasında oluşur. Mikroorganizmalar partikülün iç kısmını değiştirmeden bırakarak partikül yüzeyindeki uygun oksijeni kullanırlar. Partikülün suyu çekilir ve mikroorganizma faaliyetleri ile ayrışır. Isının ortaya çıkması direkt olarak mikrobiyal aktiviteyle bağlantılı olmasına rağmen, sıcaklık proses için iyi bir indikatördür. Kompostlaştırmanın ilk günlerinde organik atıkların kolayca parçalanabilen bileşikleri metabolize olur. Sıcaklık bazı durumlarda 60 C⁰'yi aşabilir. Bu yüksek sıcaklık patojenleri ve zararlı tohumları öldürür, ancak bu arada birçok mikroorganizma da ölmeye başlar veya daha dirençli hale gelir. Bu da daha az ısının oluşması ve sonuç olarak yığının birkaç gün sonra soğuması demektir. Yığın soğuduğunda sporlar, termofilik mikroorganizmalar ve son olarak mezofilik popülasyon oluşur. Normal olarak kompostlanan maddenin sıcaklığı 50-60 C⁰ lik hızlı bir artışı takip eder. Bu sıcaklık aralığı birkaç hafta devam eder. Aktif kompostlaştırma yavaşladığında, sıcaklık yavaş yavaş ± 37 C⁰ ve sonunda çevre havası sıcaklığına düşer. Sonunda yığın yeteri kadar soğur ve içinde doğal olarak toprak mikroorganizmaları, protozolar, solucanlar, mantarlar, böcekler ve diğer daha büyük mikroorganizmalar ve organik maddeler yer alır. Zaman içindeki bu sıcaklık değişimi kompostlaştırma prosesindeki ayrışmanın hızını ve tipini yansıtır [Öztürk ve Ufuk, 2005].

Kompost yöntemlerinden biriside havasız kompostlaştırmadır.Bu yöntem yeni bir teknoloji olup,gelişmektedir.

Kompostlaştırmanın avantaj ve dezavantajları;

Avantajlar

Kompostlaştırma diğer arıtma çamuru işleme metotlarına göre aşağıda sıralanan avantajları sunar. Örneğin, ziraat amacı ile kompostlaştırılmadan kullanılan arıtma çamurlarına göre kompostlaştırmanın sunduğu avantajlar:

- Tarım arazilerine serilmek üzere taşınacak malzemelerin hacimlerinde azalma olur
- Üretimden uzak olan yerlerde daha kolay depolama olanakları elde edilir
- Ürünün daha az su ihtiva etmesi nedeni ile araziye serilmesi daha kolay olur
- Kompostun özellikleri (spesifikasyonu) kontrol edilir, toprağın humus ve besleyici madde seviyesi yönünden iyileştirilmesini sağlayan nihai ürün kompozisyonu böylelikle iyice tanımlanmış olur
- Nebatat standardında belirlenen ve uygulamada tanımlanan besin maddesi kontrolü yapılır
- Zirai uygulamadan önce ürünün hijyenliği sağlanır.

Dezavantajlar

- İşleme maliyeti arıtma çamurunun ham olarak serilmesine göre daha fazladır
- Havalandırma enerji sarfiyatına neden olur
- Kompostun nihai ürün olarak kullanılması için bir ihtiyacın olması gerekir. Halen bununla (kompost ile) rekabet edecek ürünler mevcuttur

Optimum C/N oranını temin etmek için arıtma çamurunun, diğer atıklarla (işlem görmesi gereken diğer atıkların mevcut olması halinde) karıştırılması avantaj

olabildiği gibi, bu atıkların satın alınmasının zorunlu olması halinde bir dezavantaja dönüşebilir.

Sonuç olarak Atık çamurlarının kompostlaştırılması seçeneği, örneğin, zirai amaçlı olarak doğrudan kullanılmasına göre maliyeti yüksek bir uygulama olmasına rağmen, sağlık açısından bakıldığında, patojen risklerinin, kokunun azalması ve nebatatın talep ettiği besin maddesinin kontrollü olarak verilmesi yönleri ile çevresel açıdan kabul edilebilir bir seçenektir.

2.3.10. Kurutma

Özellikle büyükşehirlerde oluşan yüksek çamur miktarı nedeniyle, çok yüksek miktarda hacim azalması sağlayan termal kurutma yöntemi, her geçen gün artarak kullanılmaktadır. Termal kurutma, susuzlaştırılmış çamurun %90 ve üzeri katı madde içerecek şekilde kurutulması işlemidir. Bu işlem çamurun hacminin büyük oranda düşmesini ve sonrasındaki bertaraf yöntemlerinin maliyetlerinin büyük oranda azalmasını ve çamurun dezenfeksiyonunda yapılmasını sağlar. Oluşan %90-95 lik çamur, yakıt, ek yakıt olarak kullanılabilir ve buradan çıkan küllerde seramik, çimento, agrega imalatında kullanılabilir. Ayrıca kurutulmuş ürün tarım ve arazide gübre, dolgu malzemesi, peyzaj, arazi iyileştirmede de kullanılabilir. Kurutma sisteminin en önemli getirilerinden birisi de beraberinde kurulacak kojenerasyon sistemiyle birlikte enerji temin edilebilmesidir. Sistemin ilk yatırım ve işletme maliyeti yüksektir.

Birçok kurutma metodu ve teknolojileri mevcut olup, genel olarak en yaygın olanları direkt ve indirekt(dolaylı) kurutma yöntemleridir.

***İndirekt(dolaylı)kurutucular** : Dolaylı kurutucularda, “kurutulacak maddeye, indirekt olarak, bir ısı transfer yüzeyi aracılığı ile ısı iletilir. Bu sistemde ısı aracı (ör: buhar, termal yağ) arıtma çamuru ile direk temasta değildir. Genellikle dolaylı kurutucularda hiç hava kullanılmamaktadır. Bu durum koku kontrol ünitesinin kapasitesini azaltırken, ısı yalıtımını en üst seviyede tutmaktadır.

İndirekt kurutucuların avantajları

- Yüksek Termal verim
- Çamurla ısı arasında dolaylı temas vardır.
- Koku problemi yoktur, çıkışta kurulacak koku kontrol ünitesinin kapasitesi düşer.
- Isıtma sonucu çıkan gazın içerisindeki buharın yoğunlaştırılması kolaydır.
- Isı geri kazanımı kolaydır
- Yoğunlaşmayan ve kötü kokan gazın hacmi azdır (gaz hacminin % 5-10 u) ve buhar kazanında yakılabilir.
- Çıkan gaz hacmi minimumdur.
- Kolayca devreye sokulabilir, hızlı devreye girer ve çalışma sırasında az izleme ister
- Kurutulmuş çamurun ısıtma ortamı tarafından kirletilmesi durumu ortadan kaldırılmaktadır
- Daha küçük ekipman
- Daha az sıcaklık farklılıkları, daha az patlama ve yanma tehlikesi, ($O_2 < 3$ ppm olması patlama riskini azaltacaktır.)

İndirekt kurutucuların dezavantajları

- Bazen çamur yapışması olabilir bu durum katı madde oranı arttırılarak yada bazı kurutucularda kurutulmuş çamur sisteme ilave dilerek sorun çözülür.

***Direkt Kurutucular**

Direk kurutucularda, arıtma çamuru ile buharlaşma sağlayan ve aynı anda su buharını sistemden çıkaran ısıtılmış gaz arasında direk temas vardır. Direkt kurutucularda, kurutmak için kullanılan gazın ısısı, arıtma çamuruna direkt olarak aktarılmaktadır. Bu işlem gaz ve arıtma çamurunun arasında yoğun bir temas olmasını gerektirmektedir. Avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir.[İstaç ara rapor, 2010]

*Gaz ve artıma çamuru arasında oluşan yoğun temas ve iyi ısı transferi sonucunda direk kurutucuların spesifik performansları dolaylı kurutuculardan daha iyidir. Buna ek bir avantaj olarak direk kurutucular mekanik tasarım olarak daha basittirler.

***Direkt Kurutucuların dezavantajları**

- Kullanılan gazlar yüksek oranda kirletici (özellikle de koku yapan bileşenler) taşımaktadır. İşlemin bu sonucu önemli derecede gaz arıtımına neden olmaktadır.
- Bu tür kurutucular düşük ısılarda çalışmaya daha az uygundur. Bu durum özellikle döner davul kurutucusu için geçerlidir.
- Patlama riski var

2.3.11. Düzenli Depolama

Düzenli depolama, katı atıkların ve arıtma çamurlarının halk sağlığı ve güvenliğine zarar vermeyecek şekilde depolanması ve üzerlerinin örtülmesi işlemidir. Çamur depolama işlemlerinin uygulanmasında ilk amaç, çamur hacminin azaltılarak deponi alanındaki mevcut depolama kapasitesini arttırmaktır. Bu nedenle düzenli depolamaya verilecek olan çamurların doğal veya mekanik yöntemler uygulanarak suyu alındıktan sonra depolanması gerekir [Filibeli, 1996].

Çamurların düzenli depolara verilmesi en kolay ve en ucuz yöntemlerden birisidir. Ancak sızıntı suyu, koku problemi, çamur miktarında azalma olmaması bu yöntemin dezavantajlarıdır. Koku ve sinek oluşumunu engellemek için kireç ilavesi yapılabilir. Ancak bu yöntem çamur miktarını artıracığından çok kullanışlı değildir. Çamur deponi alanının çok uzakta olması nakliye masraflarını artıracak, çamur miktarının fazla olması durumundada geniş depolama alanlarına ihtiyaç olacaktır. Bu nedenle çamur miktarının fazla olduğu yerlerde çamurun kurutulması daha uygundur. Düzenli depolama, atığı zararsız hale getirmez, sadece çevreyle olan irtibatını keser. Çamurun depolanabilmesi için çamur karakterizasyonunun çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği 28'inci maddesinde Arıtma çamurunun depolanabilmesi için içinde bulunan su oranının %65 olması gerekir. Ancak depo yeri işletmecileri, çamurun su oranının daha fazla olması halinde, deponun stabilitesini bozmayacağı, koku problemi ortaya çıkarmayacağı kanaatine varırlarsa, su oranı %75'e kadar olan çamurları kabul edebilirler, denilmektedir. Ayrıca atıkların düzenli depolanmasına dair 26.03.2010 tarih 27533 sayılı Atıkların Düzenli

Depolanmasına dair yönetmelik(ADDY) çıkmıştır. Bu yönetmeliğin amacı; atıkların düzenli depolanması ve bertarafı süresince;

-Oluşabilecek sızıntı sularının ve depo gazlarının toprak, hava, yeraltı suları ve yüzeysel suların üzerindeki olumsuz etkilerinin asgari düzeye indirilerek çevre kirliliğinin önlenmesine,

-Atıkların türüne göre uygun depo tabanı teknik tasarımlarının yapılması ve düzenli depolama tesislerinin inşa edilmesine,

-Düzenli depolama tesislerine atık kabulü işlemlerine

-Düzenli depolama tesislerinin işletilmesi, kapatılması ile kapatma sonrası kontrol ve bakım süreçlerine,

-İşletme, kapatma ve kapatma sonrası bakım süreçlerinde sera etkisi de dâhil olmak üzere çevre ve insan sağlığı açısından risk teşkil edebilecek olumsuzlukların önlenmesine,

-Mevcut düzenli depolama tesislerinin ıslahı, kapatılması ve kapatma sonrası bakım süreçlerine ilişkin teknik ve idari hususlar ile uyulması gereken genel kuralların belirlenmesidir.

ADDY'nin arıtma çamurlarının düzenli depolanması geçici madde 4-(1) Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmeliğin EK-IV'ünde tehlikesiz olarak sınıflandırılan arıtma çamurlarının, Ek-2'de verilen diğer tüm parametreleri sağlaması, ağırlıkça en az %50 kuru madde ihtiva etmesi, ön işleme tabi tutularak kötü kokunun giderilmesi ve atığın kararlı hale getirilmesi kaydıyla II. Sınıf düzenli depolama alanına kabulünde 1/1/2015 tarihine kadar Çözünmüş Organik Karbon (ÇOK) limit değerine uygunluk aranmaz denilmektedir. Bahse konu,Ek-2 de Atıkların, kabul kriterlerine ilişkin sınır değerlere göre uygun depolama alanında bertarafı sağlanır. Ancak, bazı sınır değerlerin aşılması durumunda, depolama tesisi ve çevresinin özelliklerini dikkate alınarak sızıntı suyu da dâhil olmak üzere oluşabilecek emisyonların tesise ilave bir yük getirmeyeceğinin işletmeci tarafından belgelenmesi halinde, atık sahibinin talebi üzerine Bakanlık her bir durum bazında aşağıda verilen sınır değer artırımları dâhilinde atığın belirlenen tesise kabul edilmesi için izin verebilir denilerek, her bir düzenli depolama sınıfına ilişkin artırımlar ve düzenli depolama tesisleri için sınır değerler belirtilmiştir.

dayalı parametreler de son yıllarda üzerinde çalışılan ölçüm teknikleridir. Fiziksel dönüştürücüler mikrobiyal faaliyet sonucu meydana gelen değişimleri elektriksel veya optik sinyallere çeviren aletlerdir. Fiziksel dönüştürücülerle elde edilen sinyal, çözelti içerisindeki mevcut biyolojik olarak parçalanabilir materyalin miktarı ile orantılı olmaktadır.

2.4. ALTERNATİF ÇAMUR İŞLEME VE BERTARAF YÖNTEMLERİ

2.4.1. Piroliz

Piroliz, oksijence az zengin bir ortamda 300 – 900 °C sıcaklık aralığında organik maddenin bozunması olarak tanımlanan endotermik bir prostestir. Yakma prosesi ile karşılaştırıldığında oldukça az kirlilik potansiyeline sahiptir. Bu prosteste, çamurdaki organik madde içeriği CH₄, CO₂, CO, H₂ ve enerjiye dönüştürülmektedir. Bu gaz fraksiyonun yanı sıra, sıvı kısımda asetik asit, aseton ve metanol gibi bileşenleri içeren katran ve/veya yağ karışımı; tamamen kömürümsü bir yapıya sahip koka benzer bir katı fraksiyonun oluşumu da söz konusudur [Menendez at al., 2002; Khiari at al. 2004].

Piroliz bir yakıtı diğerine dönüştürmede bilinen en eski yöntemdir. (örn: karbonizasyon ile kömür granülü üretimi). Ürün olarak elde edilen piroliz yağı genellikle ham petrolün yarısına eş bir enerji miktarına sahiptir. Isı ve güç üretiminde petrolün yerine kullanılabilir [Boyle, 2004]. Çamurların bu enerji bakımından zengin gazlara dönüştürülmesi syngaz prosesleri olarak adlandırılmaktadır. Piroliz kademesinden sonra uygulanan gazifikasyon prosesinde piroliz sonucunda elde edilen kok tamamen gazlaştırılarak syngaza dönüştürülmektedir. Bu gaz da elektrik ve ısı enerjisine dönüştürülmektedir. Almanya da kullanılan KOPF prosesi, Japonya’ da altı tesiste işletilen EBARA prosesi uygulamada olan bu tür sistemlere örnek olarak verilebilir. Aynı zamanda elde edilen sıvı fraksiyon (yağ) da biyodizele yada ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Sıvı fraksiyonun bu şekilde değerlendirildiği EnerSludge™ ve SlurryCarb™ prosesleri Avustralya, Kanada, Amerika ve Japonya gibi ülkelerde uygulanmaktadır [WERF Raporu, 2007].

İstenilen son ürünün çeşidine bağlı olarak(katı, sıvı, veya gaz) piroliz yavaş ve hızlı olarak gerçekleştirilebilir. Yavaş proses olarak bilinen geleneksel proses, tahtayı kömür granülüne dönüştürse bile, uçucu bileşenin taşıdığı enerjiyi boşa harcar. Hızlı piroliz prosesinde hammadde, oksijensiz ortamda yüksek sıcaklıklarda ısıtılarak gaz karışımı, kömür granülü ve biyosıvıya dönüştürülür. [Brown, 2004]. Piroliz gazının kalorifik değeri kullanılan hammaddeye bağlı olarak 10-20 Mj/m³ arasında değişir, örn: doğal gazın %25- 50 si kadar kalorifik değerde (eğer plastik hammaddeden elde edilirse CV si 18-20 Mj/m³ arasındadır. [Defra, 2007]. Piroliz gazı,jeneratörlere bağlı olan gaz türbinlerinde veya gaz motorlarında yakılarak elektrik üretimi için kullanılabilir. Elektrik enerjisi yüksek değeri açısından çekici bir üründür.

2.4.2. Gazlaştırma(Gazifikasyon)

Gazifikasyon atıkların karbon içeriklerinin yüksek sıcaklıklarda parçalanarak yanabilir gaz ürünlere dönüşmesi işlemidir. Gazlaştırma yöntemiyle ısı ve elektrik enerjisi elde etmek mümkündür. Elde edilen ısı ile çamur kurutma yapılabilir.

Gazlaştırma 150 yıldan beri bilinen eski bir enerji üretim teknolojisidir. Gazlaştırma gazlaştırıcı adı verilen sistemlerde katı atıkların hava veya oksijen, buhar veya bunların çeşitli karışımları ile temas edebileceği bir reaktör içinde meydana gelmektedir. Katı yakıtın kullanımına göre gazlaştırıcılar sabit yatak, akışkan yatak ve entegre yatak şeklinde gazlaştırıcılar sınıflandırılabilir. Katı yakıtlardan elde edilen fakirgaz türü, sentez gazı, syngaz, havagazı, şehirgazı isimleri verilen yanıcı gaz üretimi gazlaşma olarak bilinen bir kimyasal işlemidir. Kapsamlı bir tanımlama ile gazlaştırmanın karbon ve hidrojen içerikli katı atığın uygun ısıtma değeri olan gaz ürüne dönüştürülmesi işlemidir. Gazlaştırma piroliz, kısmi oksidasyon, indirgeme ve hidrojenizasyon gibi tanımları içermektedir. Günümüzde uygulanan teknoloji kısmi oksidasyondur ve böylece katı atıktan fakir gaz veya syngaz üretilir. Bu gaz farklı oranlarda yanıcı komponent olarak metan, hidrojen ve karbonmonoksit ve bunların yanı sıra oksijen, azot ve su içerir. Gazlaştırma prosesi 800°C ile 1300°C arasında meydana gelmektedir. Gazlaştırma sıcaklığı özellikle külün yumuşama ve erime noktaları gibi besleme malzemesi özelliklerine de bağlıdır. Bu durum koşulsuz olarak tüm sabit yatak gazlaştırıcılar için önemlidir ve birçok akışkan yatak ve hareketli yatak gazlaştırıcılarda da uygulanır. Burada

besleme malzemesinin teorik olarak karbon ve hidrojen kaynağı olduğunu bilmek gerekir. Katı atıkların ve katı yakıtların gazlaştırılmasında genellikle büyük güç üretimlerinde optimum kapasite için akışkan ve entegre yataklı gazlaştırıcılar gazlaştırma için güçlü ve işlevseldirler. Çevre kriterlerine uygun teknoloji olarak gazlaştırma biyokütle kullanımında bize hidrojen üretimi için uygun teknolojiler sunmaktadır.[Tolay ve ark.,2010]

Gazlaştırma prosesinin özellikleri [Tolay ve ark.,2010]

- Atmosfere bırakılan gazlar açısından en temiz ve çevre dostu teknolojidir.
- İlk yatırım ve işletme giderleri ve yatırımın geri dönüş süresi olarak en fizibil teknolojidir.
- Kyoto protokolu çerçevesinde uzun vadede CO₂ gazlarının tutulması ekonomik olarak ancak gazlaştırma ile mümkündür.
- Çok değişik bir yakıt kompozisyonu ile arıtma çamurlarını çevreye hiç zarar vermeden en etkin ve yüksek katma değer sağlayacak şekilde ortadan kaldırmak yine sadece gazlaştırma ile mümkündür.
- Katı atık olarak sadece çok az miktarda kül kalmaktadır. Bu kül ise çimento fabrikalarında veya asfalt üretiminde kullanılabilir.

Gazifikasyon prosesinde temiz, kullanılabilir ve yanabilir gaz elde edilir. Arıtma çamurlarından enerji elde etmek amacıyla gazifikasyon prosesi kullanılabilir. Ancak arıtma çamurlarının gazifikasyonu konusunda araştırmalara ihtiyaç vardır.

2.4.3. Çamur Dezentegrasyonu

Arıtma çamuru dezentegrasyonu, dış gerilmeler uygulanarak arıtma çamuru yapısının deforme edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Fiziksel, kimyasal veya biyolojik kuvvetler uygulanarak dezentegrasyon gerçekleştirilebilmektedir. Dezentegrasyon işlemi çamurun pek çok özelliğini değiştirmektedir [Müller at al., 2004]. Bu işlem uygulandığında, çamur flok yapısı bozulmakta ve mikrobiyal hücre duvarları tahrip edilmektedir. Hücre duvarının parçalanması ile hücre duvarı tarafından korunan maddeler sıvı faza geçmekte çözünür forma dönüşmektedir. [Vranitzky at al., 2005]

Dezintegrasyon uygulamasıyla stabilizasyon derecesinin artmasına bağlı olarak klasik anaerobik çürüme işlemine göre daha düşük miktarda çamur üretimi, daha stabil bir çamur ve daha yüksek miktarda biogaz eldesi mümkün olmaktadır [Wang at al.,2005]. Dezintegrasyon süresince çamura uygulanan kuvvetlerin etkisiyle çamurdaki partikül boyutunda önemli ve ani bir düşüş meydana gelmektedir. Partikül boyutundaki bu değişimin başlıca nedeni çamur içindeki flok yapının bozulmasıdır. Dezintegrasyon mekanizmasının diğer bir aşaması olan hücre parçalanmasının partikül boyutu üzerine bir etkisi bulunmamaktadır. Çünkü dezintegrasyon nedeniyle parçalanmış hücre duvarı boyutu ile parçalanmamış hücre boyutları arasındaki partikül boyutu farkı, partikül boyutu analizörü ile tanımlanamayacak kadar küçüktür. Partikül boyutundaki azalma genellikle partikül hacmindeki azalma ile ilişkili olarak artan yüzey alanı sebebiyle çamur içindeki katıların daha kolay hidroliz olmasını sağlamaktadır [Müller at al., 2004]. Dezintegre edilen çamurların anaerobik çürümesi organik maddenin ileri derecede parçalanması sebebiyle yüksek dereceli bir stabilizasyona imkan sağlamakta ve bu şekilde atık çamur miktarı klasik anaerobik çürüme işlemi ile karşılaştırıldığında % 30 - 40 oranında azaltılabilmektedir. Diğer yandan, dezintegrasyon tekniği olarak oksidasyon prosesleri kullanıldığında, katı fazda bulunan hücre parçaları (biyokatılar) anaerobik çürüme sırasında kalıcı KOİ (zor parçalanmış organik yapılar)'nın oksitlenerek BOİ'ye dönüşümünde iyi bir besin kaynağı olabilmektedir. Kalıcı KOİ'nin BOİ'ye dönüşmesi anaerobik çürüme işleminde daha çok biyogaz üretimine dolayısıyla daha fazla enerji elde edilmesine olanak sağlamaktadır [Vranitzky ve Lahnsteiner, 2005].

2.4.4. Pastörizasyon

Özellikle tarımda ve arazide kullanılacak çamurların patojen içeriğini gidermek yada uygun seviyelere indirmek için uygulanan yöntemlerden biridir. 70-80 C⁰ lerde 30 dk kadar çamurun ısıtılması işlemidir.

Sıvı çamurların pastörizasyonu için iki metod kullanılmaktadır. [Öztürk ve Ufuk, 2005].

*Doğrudan buhar enjeksiyonu

*Dolaylı ısı değişimi

Isı değiştiricinin iç yüzeyinde kabuk oluşumu ve organiklerden dolayı kirlenmesi nedeniyle, doğrudan buhar enjeksiyonu çok daha uygun bir metottur. Bu metodun şematik diyagramı şekil 8.12 verilmektedir. 200 L/s kapasitenin altındaki sistemler için bu metodun kullanılması ekonomik değildir.

2.4.5. Dezenfeksiyon

Çamur arıtımının en önemli nedenlerinden biriside çamurun patojen mikroorganizmalardan arındırılmasıdır. Çamurun arazide kullanılmasında çevreye ve canlılara zararını yok edebilmek ve ilgili yönetmeliklere uyumu sağlayabilmek için çamurda dezenfeksiyonu mutlaka sağlanmalıdır.

Sıvı ve susuzlaştırılmış çamurda hastalık yapan organizmaların yok edilmesi için aşağıdaki yöntemler uygulanabilir [Öztürk ve Ufuk, 2005].

*Pastörizasyon

*Şartlandırma, ısı kurutma, yakma ve piroliz gibi diğer ısıl prosesler

*Yüksek pH arıtımı, (kireç ile pH 12'nin üzerine getirilir, 3 saat kalma zamanı

*Çürütülmüş sıvı çamurun uzun süre depolanması

*Çamurun stabilizasyonu ve dezenfeksiyonu için klorür ilavesi

*Diğer kimyasallarla dezenfeksiyon

*Yüksek enerjili ışın uygulaması ile dezenfeksiyon

*55C0'nin üzerinde tam kompostlama ve en az 30 gün olgunlaştırma

Havalı ve havasız çürütme çamuru tam dezenfekte etmemekte ancak önemli sayıda patojen bakteri azalmasına sebep olmaktadır. Bu çamurların tam dezenfeksiyonu, pastörizasyon veya uzun süreli depolama ile sağlanabilir [Öztürk ve Ufuk, 2005].

2.5. ATIKSU ARITMA TESİSLERİNDE ÇAMUR MİNİMİZASYON TEKNİKLERİ

Atıksu arıtma tesislerinde çamur minimizasyonu, çamur üretilmeden önce atıksu arıtımı sırasında oluşan çamurun miktarını azaltmaya yönelik yapılmaktadır. Çamur minimizasyonunda kullanılan teknikler [Foladori at al, 2010].

*hücre lizisi-kriptik büyüme,

*endojen metabolizma,

*metabolizma ayırmak,

*mikrobiyal parçalama

gibi mekanizmalar ile yapılmaktadır. Çizelge 3.13’de atıksu arıtma tesislerinde geliştirilen çamur minimizasyon teknikleri gösterilmektedir.

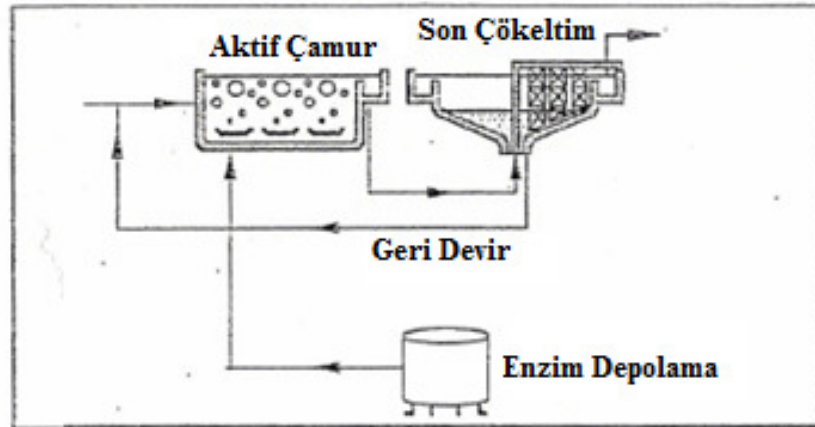
Çizelge 2.13. Atıksu arıtma tesislerinde geliştirilen çamur minimizasyon teknikleri

Hücre Lizisi- Kriptik Büyüme	Metabolizm a Ayrılması	Endojen Metabolizma	Mikrobiyal Parçalama
- Enzimatik hidroliz - Mekanik arıtma - Ultrases ile arıtma - Termal arıtma - Kimyasal ve termo-kimyasal hidroliz - Ozon veya diğer güçlü oksidantla ile oksidasyon - Elektrikli arıtma - Bu tekniklerin kombinasyonu	- Kimyasal Metabolik ayırıcıların ilavesi - Anaerobik reaktörün yan koluna ilavesi	Uzun havalandırmalı prosesler, Membran biyo reaktörler ve granül çamur	Protozoa ve metazoa ile parçalama

Çamur minimizasyonunda bu tekniklerden hücre lizisi ve kriptik büyüme en çok kullanılanlarıdır.

2.5.1. Enzim İlavesi ile Enzimatik Hidroliz

Hidrolitik enzimler çamur substratını adsorbe ederler ve biyodedasyon ve katı çözünürlüğüne bağlı olarak gelişen polimerik maddelere saldırırlar. Çamurun enzimatik arıtımı hücre lizizi, kriptik büyüme ve çözünürlük mekanizmasına bağlıdır. Fazla çamur kompozisyonu içindeki protein, yağ ve karbonhidratların çok olduğu düşünülürse proteaz, lipaz, selüloz, emiselüloz ve amilaz gibi enzimlerin ilavesi uygun olmaktadır. Çamurun biyodegradasyonu ve minimizasyonu için ticari enzimler organik maddelerin hidrolizi için geçmişten günümüze kullanılmaktadırlar. Fakat beklenen performanslar gözlenmemiştir. Kalsiyum, magnezyum veya demir gibi katyonlar çamurun enzimatik arıtımı için önemli bir rol oynamaktadırlar. Bu katyonların katyon bağlayıcı maddeler ile uzaklaştırılması flokların bozulmasına ve katıların çözünmesine sebep olurlar ve enzimatik hidroliz için spesifik yüzey alanının artmasına olanak sağlarlar. Fakat bu katyon bağlayıcı maddelerin çok yüksek dozlarda kullanılması gerektiğinden henüz endüstriyel uygulamalar için uygun değildir. Şekil 3.6'da enzim ilavesi ile atıksu arıtımının şeması verilmiştir [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.6. Atıksu arıtımında enzim ilavesi ile çamur minimizasyonu

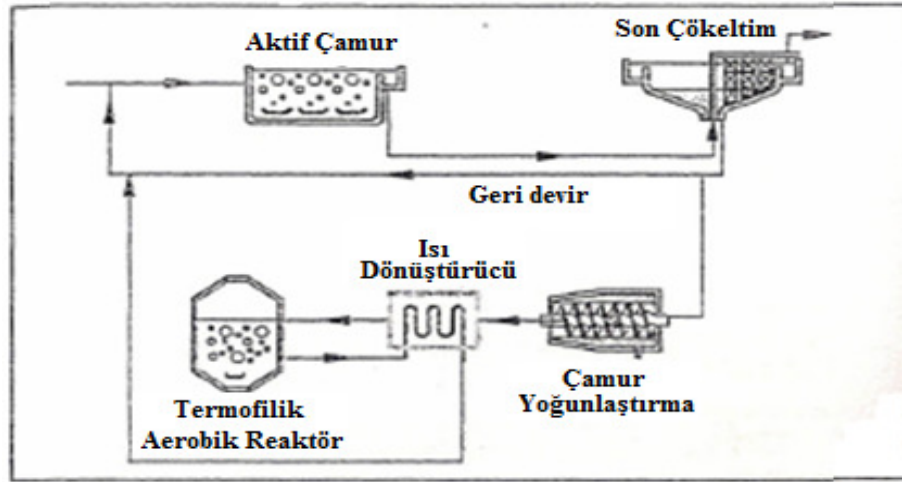
Çizelge 2.14. Atıksu arıtımında enzim ilavesi ile çamur minimizasyonunun avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Uygulaması kolaydır, sadece enzim karışımının dozlanması gerekmektedir. • Çamur çökebilirliği gelişmektedir. • İlk yatırım maliyeti düşüktür.	• Enzim karışımı için işletme maliyetleri, • Yüksek dozlamaya ihtiyaç olduğundan laboratuvar ölçeğinde sınırlı kalmaktadır. • Enzimatik ürünlerin tam kompozisyonu genellikle gizlidir. • İşletmelerde optimum şartlar henüz tam olarak incelenmemiştir.

3.5.2. Termofilik Bakteriler ile Enzimatik Hidroliz

Bu proses geri devir ettirilen çamurun bir kısmının termofilik sıcaklıklarda çalışan aktif çamur reaktöründe termal ve enzimatik olayların olduğu bir prosestir. Şekil 3.7’de kriptik büyümenin de meydana geldiği aktif çamur prosesinin şematik görünümü verilmiştir.

Termofilik reaktöre verilmeden önce çamur mekanik olarak susuzlaştırılarak çamuru ısıtmak için gerekli enerji maliyeti düşürülür. Termofilik reaktörde yüksek sıcaklıkta (55-70 C) ve 1-3 gün bekleme süresinde çamurun çözünmesinde etkili olan termofilik bakteriler hücre dışı proteaz gibi hidrolitik enzimler üretirler. Termofilik reaktörde inaktif olan ve spor oluşturan termofilik bakteriler aktif çamur ünitesine gönderilirler. Bu proses yüksek sıcaklıklarda olduğundan burada oluşan çamur enzim saldırılarına daha dirençli olmaktadır. Bu proses ilave reaktör ve termofilik sıcaklıklar için ısıtma gerektirmektedir [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.7. Atıksu arıtımında termofilik enzim hidrolizi prosesi ile çamur minimizasyonu

Çizelge 2.15. Atıksu arıtımında termofilik enzim hidrolizi prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Proses full scale olarak uygulanabilir • Filamentli mikroorganizmalar azaltılır, köpürme ve şişme problemleri azalır. • Patojenler inaktif hale getirilir.	• Isıtma için enerji maliyetleri, • Oksijen transferinde zorluklar • Arıtılmış suda P artışı

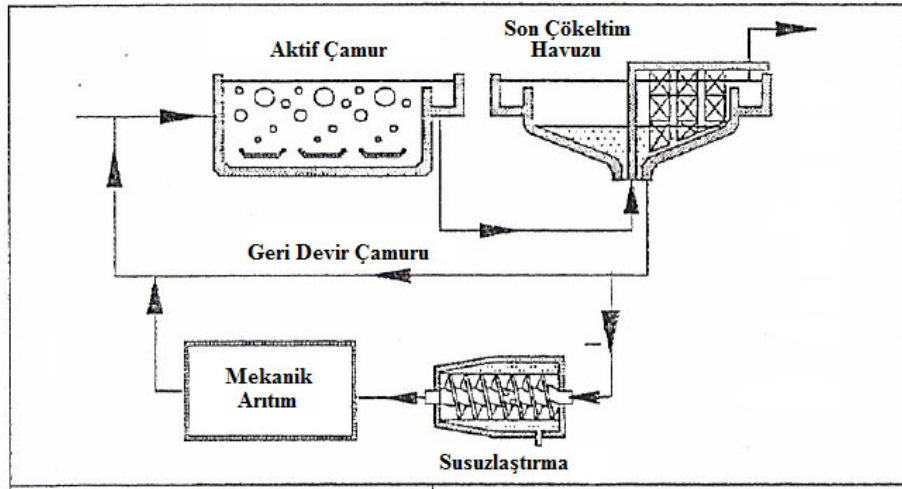
2.5.3. Mekanik Dezentegrasyon

Çamurun mekanik dezentegrasyonu amacıyla basınç veya çamurun karıştırılması için enerji gerektiren çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Mekanik dezentegrasyonda amaç bakteri hücrelerinin parçalanması ve biyolojik flokların bozulması ile çamurun çözülmesidir. Genel olarak biyolojik flokların parçalanması için düşük enerji gerekirken mikrobiyal hücrelerin parçalanması için daha yüksek

enerjiye gereksinim vardır. Mekanik çamur dezentegrasyonunda uygulanan yöntem çoğunlukla geri devir çamurunun arıtma sistemine entegre edilmiş ayrı bir ünite de mekanik arıtmadan geçirilmesi ve tekrar aktif çamur ünitesine verilmesi şeklinde olmaktadır. Geri devir çamurunun mekanik dezentegrasyona uğrayarak ortaya çıkan hücre içi salgının aktif çamur ünitesine verildiği örnek arıtma şeması Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Mekanik dezentegrasyon proseslerinde uygulanan arıtma sistemleri şunlardır [Foladori at al, 2010].

- *Santrifüj ile susuzlaştırma,
- *Değirmen karıştırıcılar
- *Yüksek basınçlı homojenleştiriciler,
- *Yüksek basınçlı jet ve çarpışma,
- *Sabit döngülü dezentegrasyon sistemleri

Bu sistemler konfigürasyon, işletme şartları, çamur çözümleme seviyesi ve enerji maliyetlerine göre farklılıklar göstermektedirler.



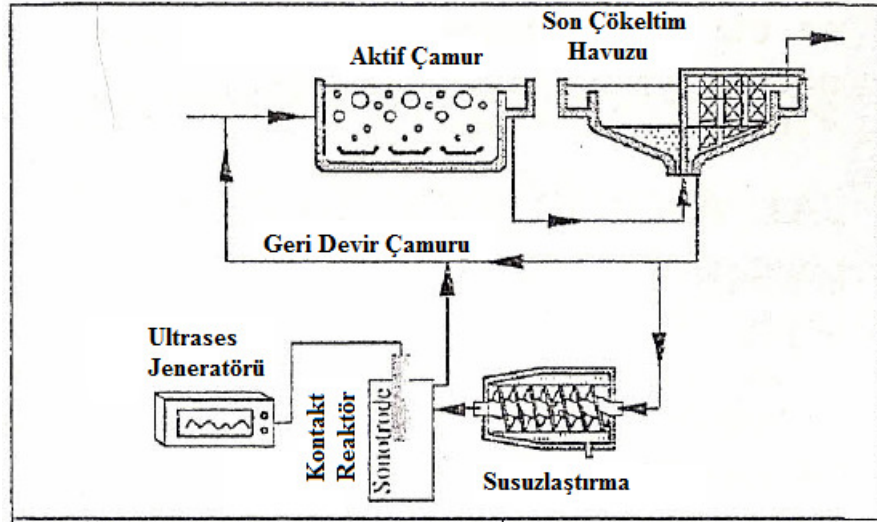
Şekil 2.8. Atıksu arıtımında mekanik dezentegrasyon prosesi ile çamur minimizasyonu

Çizelge 2.16. Atıksu arıtımında mekanik dezentegrasyon prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Proses full scale olarak uygulanabilir • Çamur şişme ve köpürme problemleri azaltılır • Kısa bekleme süreleri gerekir.	• Ekipmanların yıpranması ve bozulması, • Düşük katı içeren çamurlarda ekonomik olmaması, • Düşük enerji kullanıldığında çamurun çökelme özelliğinin bozulması.

2.5.4. Ultrases ile arıtım

Ultrases dezentegrasyon arıtımı 20-40 kHz frekanslarında işletilen bir ultrases jeneratörü ile mekanik impulsları sulu çamura iletmek için sonotrot kullanılarak yapılmaktadır. Ultrases uygulamasında sıvı faz içerisinde oluşan kabarcıkların basınç dalgaları ile kavitasyonu ile çamur dezentegrasyonu meydana gelmekte ve kabarcıkların patlaması ile meydana çıkan yüksek enerji mikrobiyal hücrelerin bozulmasına sebep olmaktadır. Ultrasonik dezentegrasyonunun ana mekanizması hücre lizisi ve kriptik büyümedir. Şekil 3.9’da atıksu arıtma tesisine entegre edilmiş ultrasonik dezentegrasyon prosesi gösterilmiştir. Ultrasonik dezentegrasyondan önce çamur susuzlaştırma ünitesinin konulması daha yüksek katı konsantrasyonlarında çalışarak enerji maliyetinin azalması sağlanır. Bu proses yüksek enerji maliyetlerinden dolayı arıtma tesislerinde uygulanması tercih edilmemektedir [Foladori at al, 2010]..



Şekil 2.9. Atıksu arıtımında ultrases prosesi ile çamur minimizasyonu

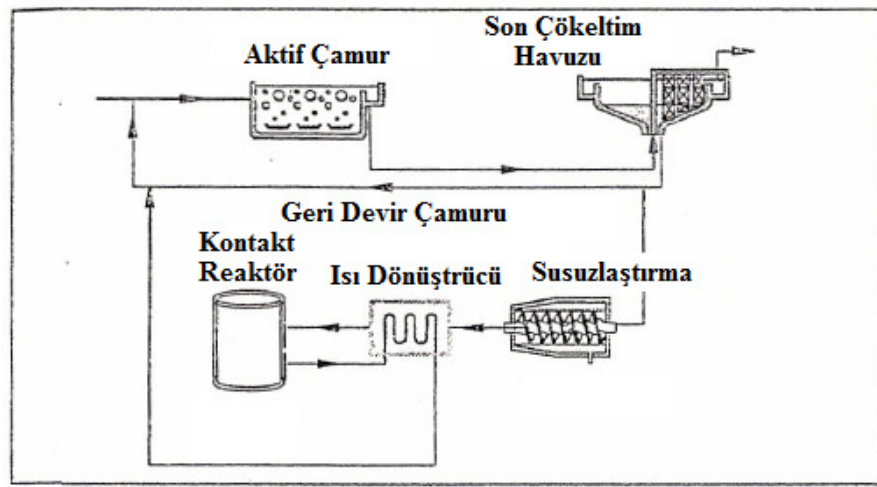
Çizelge 2.17. Atıksu arıtımında ultrases prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Arıtma tesislerine uygulanabilir, • Bekleme süresi kısadır, • Flamentli mikroorganizmalar azaltılır, • Düşük enerji uygulandığında çamurun çökeltme özelliği iyileşir, • Koku problemi yoktur.	• Sonotrodun aşınması, • Sonotrotların periyodik olarak değişmesi, • Yüksek enerji gereksinimleri, • Yüksek enerji uygulandığında çamurun çökeltme özelliğinin bozulması.

2.5.5. Termal Arıtma

Çamurun termal arıtım uygulamasında çamur flokları ayrıştırılır, yüksek seviyede çamur çözülmesi sağlanır, hücre lizisi ve hücre içi bağlı suyun serbest kalması sağlanır. Termal arıtmanın ana parametresi sıcaklık olup arıtma prosesinde yüksek sıcaklıklar uygulandığında termal arıtma süresinin etkisi daha az olmaktadır. Yapılan araştırmalarda termal işlem ile arıtmada en uygun sıcaklığın 180 C olduğu görülmüş ve daha yüksek sıcaklıklarda meydana gelen dirençli bileşiklerin çamurun

biyolojik parçalanabilirliğini azalttığı görülmüştür. Bunun yanında çamur arıtımı için uygulanan termal arıtma işleminde 100 C'nin altında yapılan çalışmalarda fazla çamur miktarının biyolojik aktivitenin azalmasına bağlı olarak önemli oranda azaldığı görülmüştür. Termal arıtma ile çamur minimizasyonu için Şekil 3.10'da gösterildiği üzere geri devir çamuru buhar veya ısı dönüştürücüler ile ısıtılarak kontakt reaktöre gönderilerek hücre lizisinin meydana gelmesi sağlanmakta ve buradan tekrar aktif çamur sistemine verilmektedir. Termal arıtmadan önce çamurun susuzlaştırılması hem kontakt reaktör hacminin hem de çamuru ısıtmak için gerekli enerji sarfiyatının azalmasını sağlamaktadır [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.10.Atıksu arıtımında termal arıtma prosesi ile çamur minimizasyonu

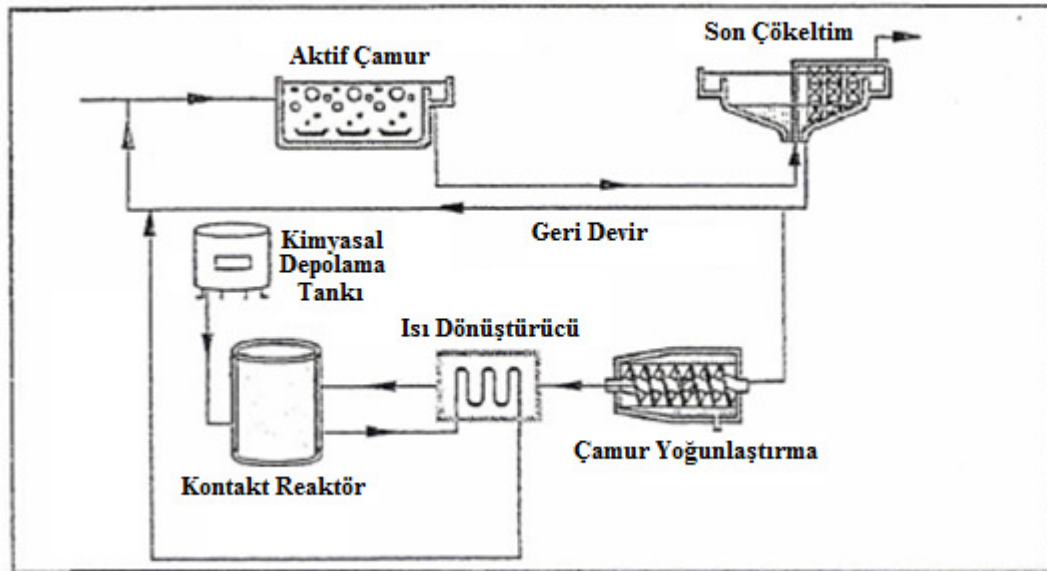
Çizelge 2.18. Atıksu arıtımında termal arıtma prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Çamurun çökelme özelliği iyileşir, • Patojenler inaktif hale getirilir, • Flamentli mikroorganizmalar azaltılır.	• Uygulaması zordur, • Isıtma için enerji ihtiyacı, • Korozyon problemleri, • Koku oluşumu, • Ekonomik olması için çamurun katı içeriğinin çok olması gerekir.

2.5.6. Kimyasal ve Termo-Kimyasal Hidroliz

Kimyasal veya termo kimyasal arıtmı alkali veya asit reaktiflerin ilavesine bağlıdır. Çamura asit veya baz ilavesi ile pH'da meydana gelen güçlü değişim hücrenin kırılmasına ve hücre lizisinin meydana gelmesine sebep olur. Termo kimyasal arıtma basit termal arıtma ile karşılaştırıldığında aynı sıcaklıkta çamurun daha iyi verimle çözülmesini sağlamaktadır. Alkali reaktifler asit reaktiflere (HCl, H₂SO₄) göre daha etkili olup NaOH bunlardan en çok kullanılanıdır. Termo kimyasal arıtmada çamur çözülmesi ekonomik olacak en uygun şartlar pH>10, sıcaklık 50-60 C ve temas süresi 1 saat olduğunda meydana gelmektedir [Foladori at al, 2010].

Şekil 3.11'de gösterilen şemada kontakt reaktörde termo-kimyasal arıtmaya tabi tutulan çamur hücre lizisine uğradıktan sonra aktif çamura geri devrettirilmektedir. Arıtma işleminde ısıtma için enerji ihtiyacının olması ve ilave kimyasal gereksinimi termo-kimyasal işlemin tam ölçekli tesislerde uygulanmasını kısıtlamaktadır [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.11. Atıksu arıtımında kimyasal/termokimyasal hidroliz prosesi ile çamur minimizasyonu

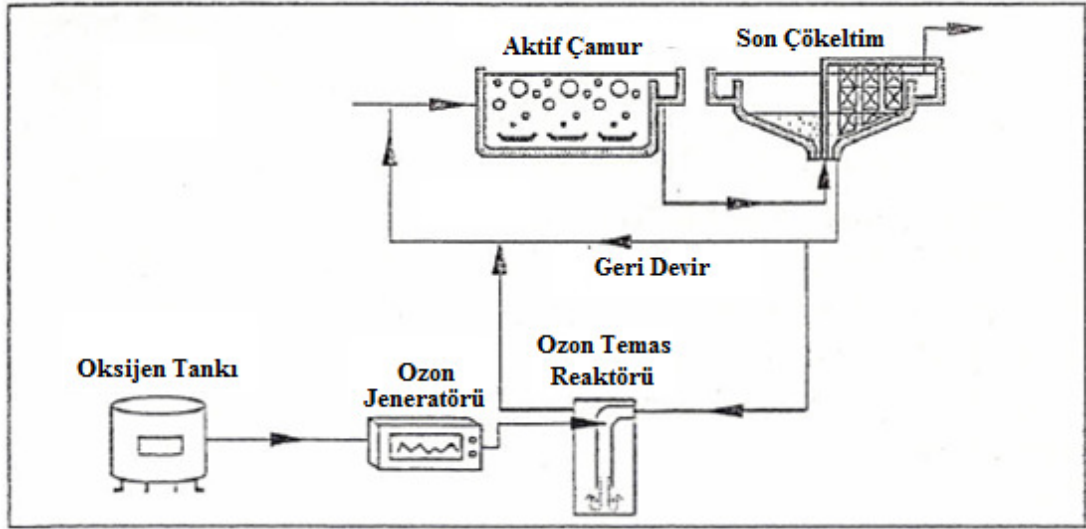
Çizelge 2.19. Atıksu arıtımında kimyasal/termokimyasal hidroliz prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Çamurun çökelme özelliği iyileşir, • Patojenler inaktif hale getirilir, • Flamentli mikroorganizmalar azaltılır.	• Tam ölçekli tesislere uygulaması zordur, • Isıtma için enerji ihtiyacı, • Biyolojik proses öncesi pH'nın nötralize edilmesinin gerekliliği, • Korozyon problemleri, • Koku oluşumu, • Ekonomik olması için çamurun katı içeriğinin çok olması gerekir.

2.5.7. Ozon ile Oksidasyon

Atıksu arıtma tesislerinde açmur minimizasyonu için uygulanan ozon ile arıtım 1990'lı yıllardan beri uygulanmaktadır. Günümüzde çamur ozonlama işlemi tam ölçekli endüstriyel ve evsel atıksu arıtma tesislerinde uygulanmaktadır. Ozonlama işlemi flok dezentegrasyonu, hücre lizisi, organik madde çözömlenmesini ve çözömlenen organik maddelerin karbondioksit oksidasyonunu sağlamaktadır. Ozonlama işlemi geri devir çamurunun bir bölümüne veya aktif çamurdan alınan çamurun tamamına uygulanabilmektedir. Şekil 3.12'de atıksu arıtma tesisinde geri devir çamuruna uygulanan ozonlama işleminin şematik gösterimi verilmiştir [Foladori at al, 2010].

Çamur minimizasyonunda ekonomik olarak en etkili çamur azaltma verimini sağlayan ozon dozlama miktarı 0.03-0.05 gO₃/g TSS olarak bulunmuştur. Çamur ozonlama işlemi yüksek kapasiteli atıksu arıtma tesislerinde veya çamur bertaraf yönteminin pahalı olduğu bölgelerde veya çamur çökelme ve köpürme problemlerinin olduğu tesislerde ekonomik olarak uygulanabilmektedir.



Şekil 2.12. Atıksu arıtımında ozonlama prosesi ile çamur minimizasyonu

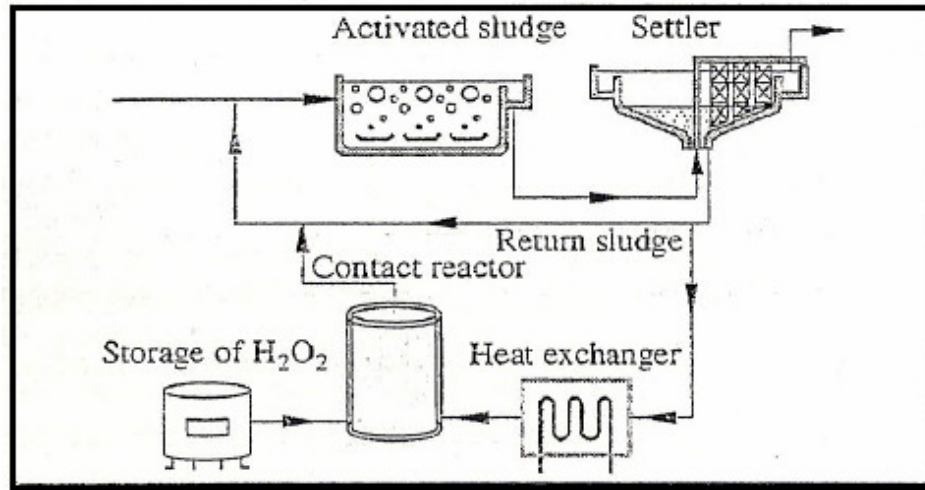
Çizelge 2.20. Atıksu arıtımında ozonlama prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
- Tam ölçekli tesislere uygulanabilmektedir, - Çamurun çökeltme özelliği iyileşir, - Yüksek çamur minimizasyonu, - Flamentli mikroorganizmalar azaltılır.	- İlk yatırım maliyetleri yüksek, - Ozon üretimi ve saf oksijen eldesi için yüksek işletme maliyetleri, - Desarj suyunda çözünmüş KOİ ve P konsantrasyonlarında artış, - Atıksuda çözünmüş organiklerin olması ozon kullanımını arttırmaktadır.

2.5.8. Güçlü Oksidantlar ile Oksidasyon

Çamur minimizasyonunda ozonlamanın dışında hidrojen peroksit, klor gibi güçlü oksidantlar çamurun oksidasyonu için kullanılmaktadırlar. Çamur minimizasyon işleminde hidrojen peroksit ve klorun kullanılması ozonlamaya göre daha ucuz ekipman kullanılmasına ve daha az kalifiye elemana gereksinim duymaktadır.

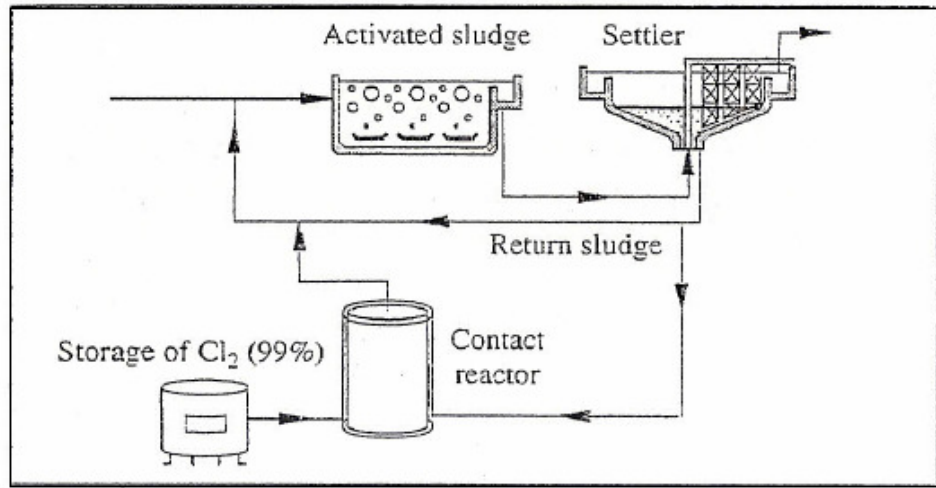
Hidrojen peroksitin termal arıtma ile kullanılması sıcaklık ve H_2O_2 arasındaki sinerjistik etkiden dolayı çamur minimizasyonunda daha etkili olmaktadır. Aerobik yaşayan organizmalarda bulunan katalaz enzimi düşük sıcaklıklarda hücrelere reaktif oksijen türlerinin zarar vermesini engellemek ve hücre yapısını korumak amacıyla faaliyet göstermektedirler ve hidrojen peroksitin hücre duvarını kırmasını engellemektedirler. Fakat yüksek sıcaklıklarda ($>60\text{ C}$) bu enzimler aktivitelerini kaybetmekte dolayısıyla reaktiflerin daha etkili olarak hücreleri parçalamasına olanak sağlamaktadırlar. Şekil 3.13'de geri devir çamurunun ısıtılarak kontakt reaktörde hidrojen peroksit ile muamele edilmesi ve tekrar aktif çamur ünitesine verilerek çamur minimizasyonunun gerçekleştiği prosesin şematik gösterimi verilmiştir. Şekil 3.14'de ise klasik oksidantlar olan klor ve hipokloritin kullanıldığı çamur minimizasyon sisteminin şematik gösterimi verilmiştir [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.13. Atıksu arıtımında hidrojen-peroksit ile oksidasyon prosesi ile çamur minimizasyonu

Çizelge 2.21. Atıksu arıtımında hidrojen-peroksit ile oksidasyon prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Kloro göre zararlı yan ürünler oluşmaz, • Ekipmanlar ozonlamaya göre daha ucuzdur, • Ozonlamaya göre daha basit işletme.	• Hidrojen peroksit kloro göre daha pahalıdır, • Verimi arttırmak için ısıtma ihtiyacı, • Deşarj suyunda çözünmüş KOİ artışı, • Laboratuar uygulamaları ile sınırlıdır.



Şekil 2.14. Atıksu arıtımında klor ile oksidasyon prosesi ile çamur minimizasyonu

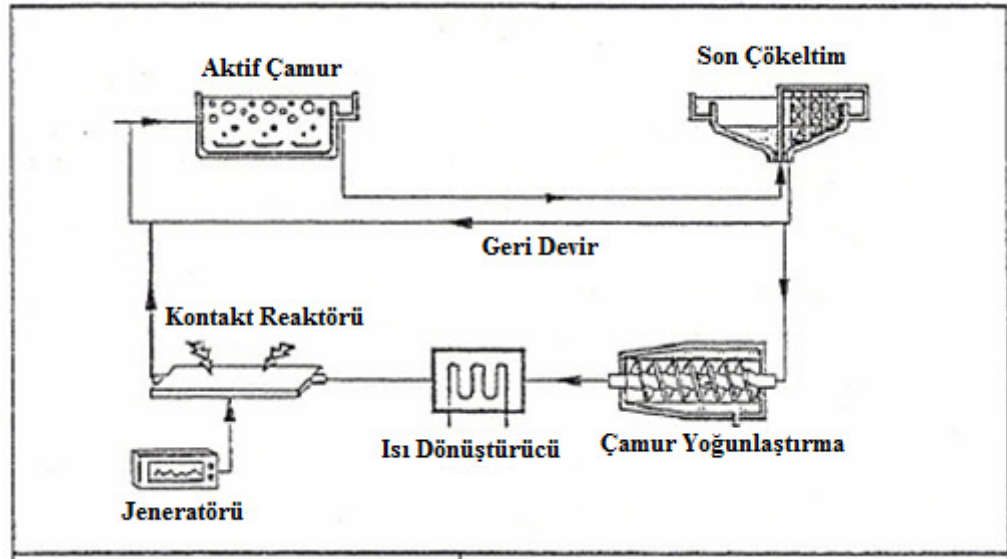
Çizelge 2.22. Atıksu arıtımında klor ile oksidasyon prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Diğer oksidantlara göre daha ucuzdur, • Ekipmanlar ozonlamaya göre daha ucuzdur, • Ozonlamaya göre daha basit işletme.	• Deşarj suyunda (trihalometan) yan ürünlerin oluşması, • Desarj suyunda çözünmüş KOİ konsantrasyonunda artış, • Çamurun çökme özelliği kötüleşir, • Laboratuar uygulamaları ile sınırlıdır.

2.5.9. Elektrikli Arıtma

Elektrik alan darbeli (EAD) teknoloji biyoloji, ilaç ve gıda uygulamalarında yıllardır kullanılmaktadır. Son yıllarda mikrobiyal hücreleri parçalama etkilerinden dolayı çamur arıtımında da kullanılmaya başlanmıştır. Elektrik alan darbe cihazı saniyede binlerce yüksek akım voltajlı elektrik darbelerini çamura göndermektedir. Güçlü elektriksel alan hücre membranı ve duvarındaki negatif yüklü bulunan bileşenlere etki etmektedir. Bu elektriksel etki hücre membranında ve duvarında porların oluşmasına ve buna bağlı olarak hücrenin parçalanmasına ve hücre lizisinin meydana gelmesine sebep olmaktadır. Hücre lizisinin yanında elektriksel alan darbeleri geniş agregaların parçalanmasını ve kompleks organik moleküllerin daha basit formlara dönüşmesini sağlamaktadır. Bu arıtma işlemi milisaniyeler içerisinde meydana gelmektedir [Foladori at al, 2010].

Şekil 3.15 de elektriksel alan darbeli arıtım teknolojisinin çamur minimizasyonunda uygulamasını içeren şematik gösterimi verilmiştir. Bu konfigürasyonda çamur elektriksel arıtmadan önce susuzlaştırılarak katı madde konsantrasyonu 60 gTSS/L'ye çıkarılmaktadır. Bunun yanında susuzlaştırılan çamurun elektriksel arıtım öncesi 35 C'ye ısıtılması elektriksel darbelerin etkisini arttırmaktadır. Elektriksel alan darbeli çamur arıtımı sırasında ise çamur sıcaklığı 20 C daha yükselmektedir. Dolayısıyla bu artan ısı çamuru 35 C'ye ısıtmak için kullanılan ısı dönüştürücü içinde kullanılabilmektedir. Elektriksel arıtmada 100000 kJ/m³'lük bir enerji uygulaması ile çamur miktarında çamurun özelliğine bağlı olarak %27-45 arasında azalma sağlanabilmektedir. Fakat bu proses halen pilot uygulamada olup tam ölçek uygulamalar için daha ileri araştırmalar gerekmektedir [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.15. Atıksu arıtımında elektrikli arıtma prosesi ile çamur minimizasyonu

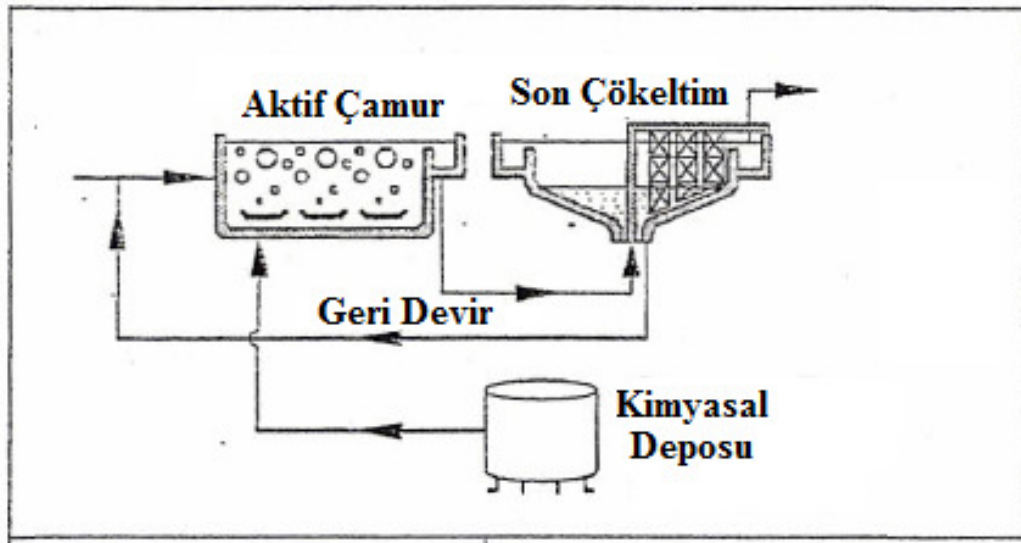
Çizelge 2.23. Atıksu arıtımında elektrikli arıtma prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Kompakt sistem, • Kısa temas süresi, • Filamentli mikroorganizmalarda azalma, • Koku üretiminin olmaması.	• Elektrotların erozyonu, • Yüksek enerji gereksinimi, • Henüz tam olarak araştırılmaması.

2.5.10. Kimyasal Metabolizma Bozucu İlavesi

Fenol bileşikleri ve tetraklorosalisilanilit gibi metabolizma bozucu kimyasalların kullanılması 1990'lı yıllardan beri kullanılmaktadır. Bu moleküller hücre membranının fosfolipit tabakasından içeriye serbest olarak konsantrasyon gradyanına bağlı belli bir transfer hızıyla sızabilmektedir. Membran içerisine girdikten sonra fenolik hidroksiller ATP üretimi için sürücü kuvvet olan proton gradyanını dağıtmaktadırlar. Hücre büyümesinin engellenmesi için metabolizma bozucu kimyasalların yüksek miktarlarda kullanılması gerekmektedir. Metabolizma bozucu kimyasalların ilavesi substratın sindirimi için solunum zincirindeki elektron

transferini fazla etkilememektedir dolayısıyla substratın giderimi sabit kalmakta olup bazı bileşikler susbstarın giderim verimini %26 seviyesine kadar azaltabilmektedir. Şekil 3.16'da gösterilen şekilde olduğu üzere kimyasal metabolizma ilavesi direkt olarak aktif çamur ünitesine yapılabilir. Çamur minimizasyon verimi ilave edilen kimyasalların bileşimi ve miktarına bağlı olarak değişmektedir. Fakat kimyasal bileşiklerin aktif çamur ünitelerine uzun süreli ilavesinin ne tür etkileri olduğu ve bunların potansiyel olumsuz yönlerinin ne olduğu hakkında henüz yeterli bilgi bulunmamaktadır [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.16. Atıksu arıtımında kimyasal metabolizma bozucu ilavesi ile çamur minimizasyonu

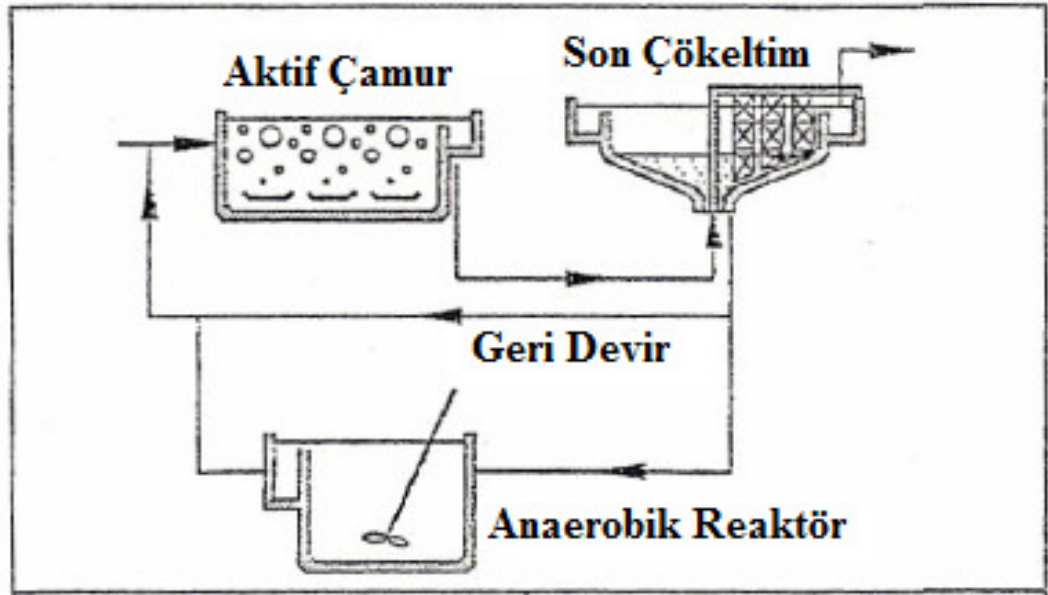
Çizelge 2.24. Atıksu arıtımında kimyasal metabolizma bozucu ilavesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Uygulama için kolay olması.	• Kimyasal bileşiklerin yüksek maliyeti, • Uzun periyotlar sonunda bakterilerin kimyasal bileşiklere bağışıklık kazanması, • Bazı bileşiklerin ksenobiyotiktir,

	• Çamurun çökelme ve susuzlaşma özelliğinin bozulması, • Laboratuvar uygulamaları ile sınırlı olması.
--	--

2.5.11. Yan Akım Anaerobik Reaktör

Aktif çamur prosesinde geri devir çamuruna anaerobik reaktör entegrasyonu OSA prosesi olarak bilinen “Oxic-Settling-Anaerobic” prosesi olup önemli ölçüde çamur minimizasyonu sağlanmıştır (Şekil 3.17.) aerobik ve anaerobik sistemler arasında çamur çevriminin olması hücrelerin anabolizma ve katabolizmalarını ayırarak çamur minimizasyonunda önemli olan büyüme hızlarını etkilemektedir. Fakat OSA prosesinin çamur minimizasyonundaki mekanizması henüz tam olarak anlaşılamamıştır [Foladori at al, 2010].



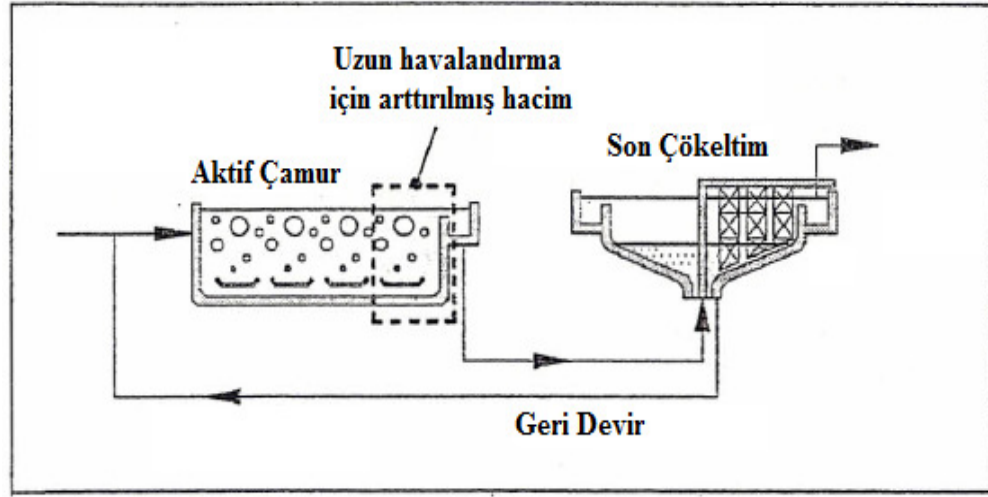
Şekil 2.17. Atıksu arıtımında anaerobik reaktör ile çamur minimizasyonu

Çizelge 2.25. Atıksu arıtımında anaerobik reaktörün avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, • İlk yatırım ve işletme maliyetlerinin makul olması, • Çamurun çökelme özelliğinin iyileşmesi, • Fosfor gideriminin artması, • Koku oluşmaması.	• Deşarj suyunda P konsantrasyonunun artması, • Prosesin henüz tam olarak araştırılmaması.

2.5.12. Uzun Havalandırılmalı Proses

Aktif çamur prosesi büyük çamur yaşlarında ve düşük F/M oranlarında işletildiğinde çamur yaşına bağlı olarak daha az biyokütle oluşmasından dolayı fazla çamur üretimi azalmaktadır. Uzun çamur yaşlarında hücrelerin organik maddelerden sağladıkları enerjiyi üreme yerine hücre bakımları için kullanmaları, endojen solunum yapmaları, hücrelerin ölmesi ve hücrelerin predetörler tarafından tüketilmesi gibi farklı proseslerin meydana gelmesi çamur oluşumunu etkilemektedir. Uzun havalandırılmalı sistemler uzun havalandırma sürelerine ve klasik aktif çamura göre daha düşük organik madde yüküne ihtiyaç duyarlar. Dolayısıyla uzun havalandırılmalı sistemler düşük F/M oranını sağlamak ve çamur yaşını arttırmak için Şekil 3.18’de görüldüğü üzere aktif çamur prosesine göre daha fazla havalandırma havuzu hacmine gerek duyulmaktadır. Teorik olarak uzun çamur yaşlarında sıfır çamur üretimi sağlamak çamurun içerdiği inert katılardan dolayı mümkün görünmemektedir. Fakat yinede aktif çamur prosesine göre daha az miktarlarda çamur oluşumu sağlanabilmektedir. Uzun havalandırılmalı sistemlerde görülen en önemli dezavantajlar çökelme kalitesi iyi olmayan çamurların oluşması ve havalandırma için ilave maliyetin ortaya çıkmasıdır [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.18. Atıksu arıtımında uzun havalandırma prosesi ile çamur minimizasyonu

Çizelge 2.26. Atıksu arıtımında uzun havalandırma prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori et al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, • Deşarj suyunun kalitesinin iyi olması, • Çamurun daha stabil olması, • Koku potansiyelinin düşük olması, • Çamurun susuzlaşma özelliğinin artması.	• Geniş hacim ve alanlara gereksinim olması, • Havalandırma için maliyetin artması, • Flokların küçülme riskine bağlı çökeltme özelliğinin bozulması.

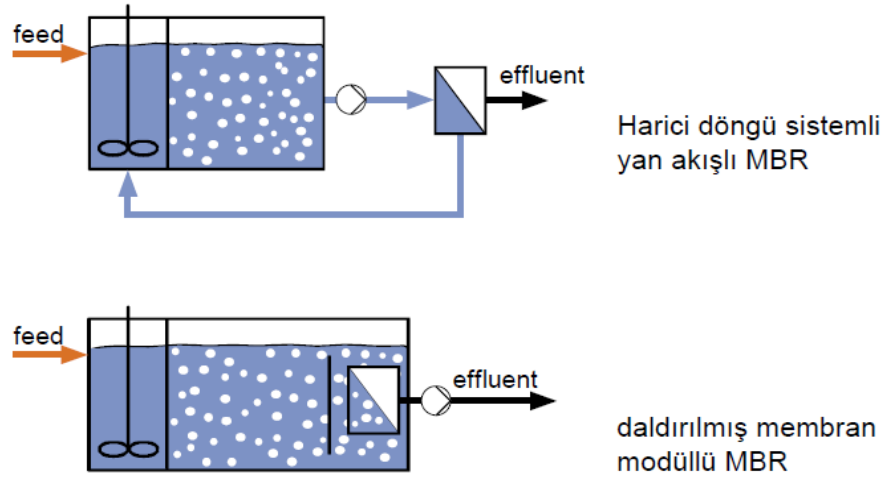
2.5.13. Membran Biyoreaktörler

Fazla çamur üretimini azaltmak amacıyla klasik aktif çamur proseslerinde son çökeltim tankı yerine membran biyoreaktörler (MBR) kullanılmaya başlanmıştır. Muller ve arkadaşları ilk 1994 yılında evsel nitelikli atıksuların arıtılmasında çapraz akışlı filtrasyon ile çamur oluşumunu minimize etmek amacıyla tam çamur tutulmasını çalışmışlardır [Keskinler ve ark., 2004]. Membran biyoreaktörlerle fazla çamur minimizasyonu için yapılan çalışmalarda tam çamur tutulmasının arıtma

verimine ve biyokütlenin büyümesine ve aktivitesine etkisi ile oluşan çamurun mikrobiyal özellikleri araştırılmıştır [Teck at al., 2009; Li at al., 2006]. Yapılan çalışmalarda aktif çamur sisteminde havalandırma havuzunda 5000 mg/l olan biyokütle konsantrasyonu membran biyoreaktörü ile 12000-15000 mg/l seviyelerine çıkartılabilmektedir. Böylece arıtma proseslerinin çok düşük F/M (<0.15 g KOI/g MLSS) oranlarında çalışması sağlanmış ve mikroorganizmaların endojen solunum yaparak atıksu içerisindeki organik maddelerin üreme için değil sadece hücre onarımları için kullanılması sağlanmıştır [Yiğit, 2007]. Bu çalışmalarda görülmüştür ki yüksek MLSS konsantrasyonlarında çalışıp mikroorganizmaların endojen fazda çalışmaları çamur üretimini azaltmakta ve fazla çamur oluşumu engellenmiş olmaktadır.

MBR'larda yüksek çamur yaşlarında çalışılmasının çeşitli avantajlar ortaya çıkardığı görülmüştür. MBR'lerde mikroorganizma konsantrasyonu fazla olduğundan sistem çok düşük F/M oranlarında çalıştırılmakta ve mikroorganizmaların iç solunum yaparak daha az biyokütle oluşturmaları sağlanmaktadır. Mikroorganizmalar düşük F/M oranlarında sürekli olarak aç bırakıldıklarından atıksu içerisindeki organik maddeleri enerji için değil daha çok hücre onarımları için kullandıklarından üremeleri yavaşlamakta ve böylece daha az çamur oluşturmaktadırlar. MBR'lerde yüksek SRT değerlerinde yavaş üreme özelliklerine sahip nitrifiye bakterilerin de üremesi sebebiyle nitrifikasyon daha verimli şekilde gerçekleşmektedir. MBR'lerin bir diğer avantajı ise sentetik toksik organik maddelerin biyolojik ayrışmasını sağlayan özel mikroorganizmaların yüksek SRT değerlerinde üremeleri ve faaliyet göstermeleridir. Yine MBR'ler yüksek MLSS konsantrasyonlarında çalıştıklarından sisteme gelen şok yüklemeler ile toksik yüklemelere karşı daha fazla direnç gösterebilmektedirler. MBR'ların en önemli avantajlarından birisi biyokütle/su ayrımı biyokütlenin çökelebilmek özelliğinden bağımsız olarak yapılabilmesidir. Dolayısıyla, konvansiyonel sistemlerin son çökeltme havuzu işletiminde çok problem arz eden filamentli organizmaların oluşmasından dolayı çökelemeyen biyokütle durumu MBR'larda yoktur. Bunun yanında arıtılmış suyun deşarjında önemli standartlardan birisi olan toplam askıda katı madde (AKM) konsantrasyonu klasik aktif çamur proseslerinde 10-30 mg/l seviyelerinde görülürken MBR'lerde 1-3 mg/l seviyelerinde görülmektedir [Yiğit, 2007].

MBR'ler aktif çamur ünitelerinde dahili (batık) ve harici membran olmak üzere iki farklı konfigürasyonda bulunmaktadır. Şekil 3.19'da verilen MBR konfigürasyonlarının birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajları Tablo 1'de verilmiştir. Her iki MBR konfigürasyonunda havalandırma havuzunda MLSS konsantrasyonu çok yüksek tutularak sistemin yüksek çamur yaşlarından çalışması sağlanmakta ve fazla çamur üretimi minimize edilmektedir.



Şekil 2.19. MBR Konfigürasyonları

Çizelge 2.27. Dahili ve harici MBR'ların karşılaştırılması [Teck et al., 2009]

Dahili/Batık MBR	Harici MBR
Yüksek havalandırma masrafı	Düşük havalandırma masrafı
Düşük pompaj masrafı	Yüksek pompaj masrafı
Düşük akı (büyük alan gereksinimi)	Yüksek akı (küçük alan gereksinimi)
Daha nadir temizleme ihtiyacı	Daha sık temizleme ihtiyacı
Düşük işletme maliyeti	Yüksek işletme maliyeti
Yüksek ilk yatırım maliyeti	Düşük ilk yatırım maliyeti

Membran biyoreaktörler ile sistemdeki çamurun aktif çamur içerisinde tutulması yüksek giderim verimleri sağlamakta ve fazla çamur miktarı çok az olmaktadır. Fakat uygulamada aktif çamurda çok fazla miktarda askıda aktı madde

bulunması kirlenme, temizlik için ilave maliyet doğurması, oksijen transferinin kısıtlanması, çamurun viskozitesinin artması, çamurun fitle edilebilirlik özelliğinin bozulması ve biyolojik aktivitede azalma meydana gelmesi gibi bazı olumsuz etkileri görülmektedir. Membran biyoreaktörler her ne kadar yüksek verimde çalışıyor ve çamur minimizasyonu sağlanıyorsa da gerçek uygulamalarda sıfır çamur deşarjı görülememektedir.

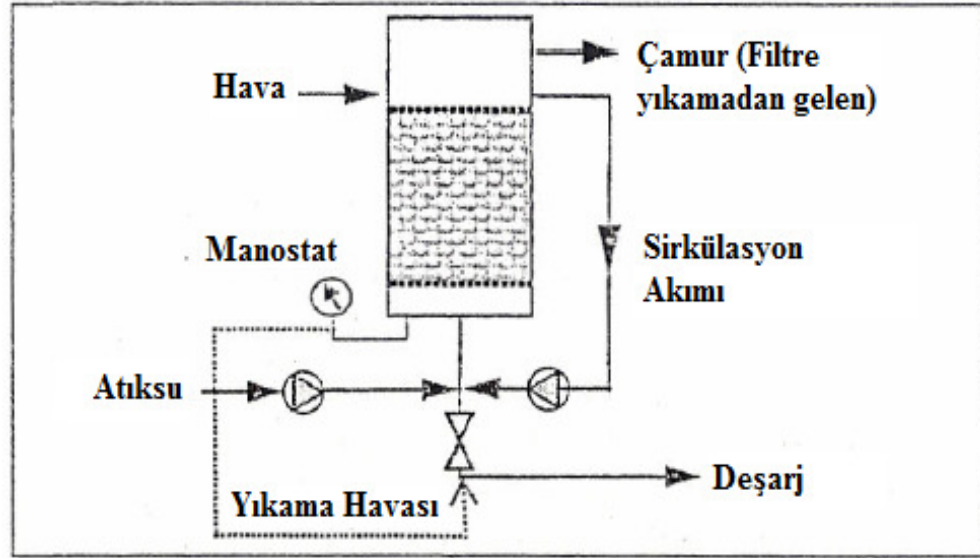
Çizelge 2.28. Membran biyoreaktörlerin avantaj ve dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
• Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, • Deşarj suyunun kalitesinin iyi olması, • Yüksek çamur konsantrasyonlarında işletilebilmesi, • Küçük alan gereksinimi.	• İlk yatırım maliyetinin yüksek olması, • Yüksek enerji ihtiyacı, • Membran kirlenmesi, • Oksijen transferinin kısıtlanması.

2.5.14. Granül Çamur

Atıksu arıtmada kullanılan mikroorganizmaların immobilizasyonuna dayanan granül çamur sistemlerinin klasik aktif çamur sistemlerine göre, reaktörde çok yüksek biyokütle konsantrasyonunun olması, yüksek organik yüklemelerin yapılabilir olması ve çok düşük çamur üretimi gibi bazı avantajları vardır. Granüllerin nasıl oluştuğunu açıklayan mekanizma henüz tam olarak bilinmemektedir. Aerobik granüller güçlü mikrobiyal yapıya sahiptirler ve genellikle çökeltme özellikleri iyidir. Granül çamur sistemlerinde çamur oluşum oranı 0.07-0.25 kg AKM/kg KOİ olup bu oran klasik aktif çamur sistemlerinde oluşan 0.27-0.35 kg AKM/kg KOİ değerinden çok daha az olmaktadır. Az çamur oluşumu endojen metabolizmanın olmasına ve organik maddenin daha çok hücre bakımları için kullanılmasına bağlıdır. Granüllerin iç kısımlarında denitrifikasyon meydana gelmekte ve anabolizma için gerekli enerji çok düşük olduğundan bakterilerin

büyümesi sınırlanmaktadır. Şekil 3.20’de kesikli granül biyofiltre reaktörü gösterilmiştir [Foladori at al, 2010]



Şekil 2.20. Atıksu arıtımında granül çamur prosesi ile çamur minimizasyonu

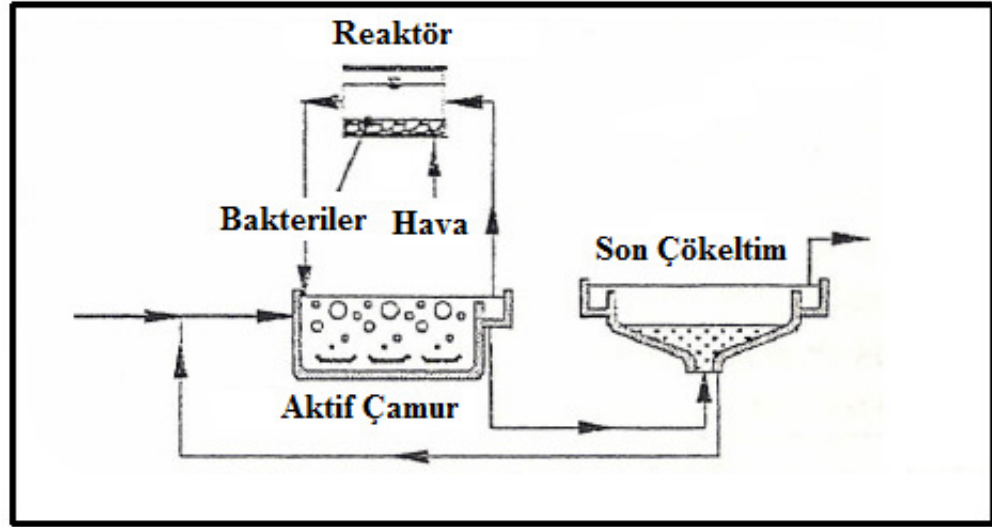
Çizelge 2.29. Atıksu arıtımında granül çamur prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010]

Avantajlar	Dezavantajlar
• Küçük alan gereksinimi, • Çok yüksek organik yüklemeleri arıtılması, • Yüksek çamur konsantrasyonlarında işletilebilmesi, • Çamurun iyi çökebilmesi.	• Atıksu arıtma tesislerine kolaylıkla adapte edilememesi, • İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, • İşletmenin karmaşık olması.

2.5.15. Mikrobiyal Parçalama

Aktif çamur proseslerinde protozoa ve metazoa deşarj suyunun daha iyi kalitede arıtılması için önemli bir rol oynamaktadır. Mikrobiyal parçalama ile çamur minimizasyonu besin zincirindeki enerji kaybı ve çamurun katı içeriğinin sıvı veya gaz formuna dönüşmesi esasına dayanmaktadır. Çamur minimizasyonunda metazoa

protozoalara göre daha çok rol oynamaktadır. Aktif çamur sistemlerinde mikrobiyal parçalayıcıların büyümesini ve üremesini kontrol etmek zor olduğundan aktif çamur tesisinde parçalayıcıların büyüdüğü ve ürediği ayrı bir reaktör inşa edilmektedir. Şekil 3.21’de mikrobiyal parçalayıcı reaktörün bulunduğu aktif çamur sistemi gösterilmektedir [Foladori at al, 2010]



Şekil 2.21. Atıksu arıtımında mikrobiyal parçalama prosesi ile çamur minimizasyonu

Çizelge 2.30. Atıksu arıtımında mikrobiyal parçalama prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010]

Avantajlar	Dezavantajlar
• İşletme maliyetlerinin düşük olması, • Enerji gereksiniminin az olması, • Çamurun çökelme özelliğinin iyileşmesi.	• Parçalama reaktörü için geniş alanlara ihtiyaç duyulması, • İşletilmesi zordur, • Oksijen gereksiniminin artması, • Deşarj suyunda N ve P artışı, • Henüz tam olarak araştırılmamıştır.

Parçalama işlemi iki adımda gerçekleşmektedir:

- 1- bakterilerin hızlı bir şekilde büyüdüğü kısa hidrolik bekleme süresinde işleyen aerobik evre,
- 2- daha uzun çamur yaşlarında parçalayıcıların büyümesine olanak sağlayan aerobik evre.

Bu iki aşamalı sistemler arıtma tesisinin hacmini ve işletme maliyetlerini büyük oranda arttırmaktadır. Dolayısıyla bu sistemler evsel atıksu arıtma sistemleri için pek uygulanabilir değildir. Fakat parçalayıcıların yetiştirildiği reaktörün aktif çamur ünitesinden ayrı olarak işletildiği sistemler atıksu arıtma tesislerine uygulanabilirler ve evsel atıksulardan nutrient giderimi için, tam ölçek için uygulanabilirler.

2.6. Çamur İşleme Tesislerinde Çamur Azaltma Teknikleri

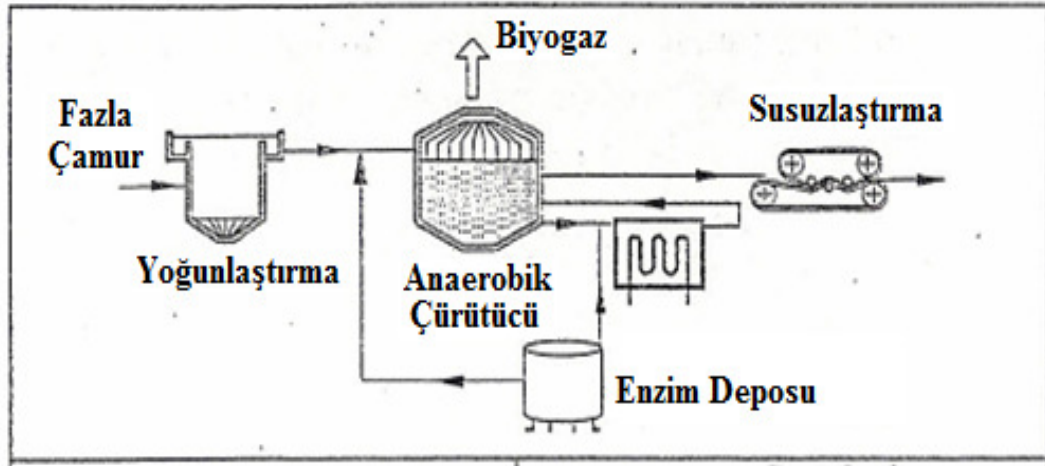
Çamur işleme tesislerinde çamur minimizasyon teknikleri ile çamur üretimi çamurun sindirilmesine bağlı olarak azalmaktadır. Aerobik ve anaerobik parçalama prosesleri hidroliz ile sınırlandırıldığı için çamur parçalanması yavaş olmaktadır. Bu kısıtlama hidrolizin ilk aşamasını hızlandıracak ilave arıtma sistemlerinin entegrasyonu ile giderilebilir. Bu durum (a) hücre lizisi, (b) endojen metabolizma, (c) mikrobiyal parçalama, (d) hidrotermal oksidasyon gibi mekanizmalarla meydana gelebilmektedir. Çizelge 3.31’de çamur işleme ünitelerine entegre edilen çamur azaltma teknikleri gösterilmiştir [Foladori at al, 2010]

Çizelge 2.31. Çamur işleme ünitelerine entegre edilen çamur azaltma teknikleri

Hücre Lizisi (Kriptik Büyüme)	Endojen Metabolizma	Mikrobiyal Parçalama	Hidrotermal Oksidasyon
- Enzimatik hidroliz - Mekanik arıtma - Ultras ses ile arıtma - Termal arıtma - Kimyasal ve termo-kimyasal hidroliz - Ozon veya diğer güçlü oksidantla ile oksidasyon - Elektrikli arıtma - Bu tekniklerin kombinasyonu	- Aerobik parçalama - Anaerobik parçalama	Protozoa ve metazoa ile parçalama	- Nemli Hava (Wet air) oksidasyonu - Süper kritik su oksidasyonu

2.6.1. Enzim İlavesi ile Enzimatik Hidroliz

Enzimlerle çamur parçalanması 50 C gibi yüksek sıcaklıklarda daha yoğun olarak gerçekleştiği için enzimatik arıtım mezofilik veya termofilik anaerobik parçalanma ile daha iyi uygulanabilmektedir. Enzimler anaerobik sistemlerde hız sınırlayıcı olarak bilinen asit bakterilerine göre hidroliz adımını daha hızlı gerçekleştirmektedirler. Çamurun arıtımı enzimatik arıtım ve anaerobik arıtım beraber uygulandığı sistemlerde proteaz, lipaz, selülaz, hemiselülaz ve glisodik enzimler kullanılarak çamur minimizasyonunda ve biyogaz üretiminde başarı sağlamak için test edilmiştir. Hidrolitik enzimlerin anaerobik reaktörlerde flok dezentegrasyonunda, filtre edilebilirliğinde ve daha fazla biyogaz üretiminde başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Çamurun susuzlaştırılma özelliğinin daha az polimer ilavesi yapılarak geliştiği görülmüştür. Proteaz enzimlerinin çamur miktarını ve çamurun çökelme özelliğini daha iyi geliştirdiği görülürken glikosidik enzimlerinin çamurun parçalanmasını proteaz ve lipaz enzimlerine göre daha iyi gerçekleştirdiği görülmüştür. Şekil 3.22’de görülen enzim dozlama ünitesinin ilk yatırım maliyetini arttırdığı düşünülebilir fakat enzim maliyetinin enzimlerle arıtımda en önemli ve sınırlayıcı faktör olduğu göz önüne alındığında bu ünitenin kullanılmasının gerekli olduğu bir gerçektir [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.22. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan enzim ilavesi

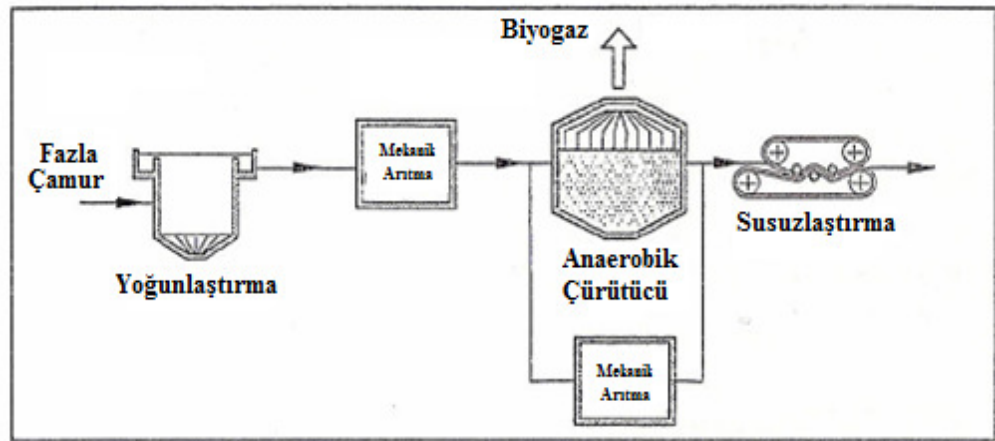
Çizelge 2.32. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan enzim ilavesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori et al, 2010]

Avantajlar	Dezavantajlar
• Uygulamasının kolay olması, • Çamurun susuzlaşma özelliğinin artması, • İlk yatırım maliyetinin çok düşük olması.	• Enzim karışımının işletme maliyetleri, • Laboratuvar uygulamaları ile sınırlı kalması, • Enzimatik ürünlerin içeriğinin gizli olması, • Tam ölçek uygulamalar için yeterli araştırmanın olmaması.

2.6.2. Mekanik Dezentegrasyon

Mekanik dezentegrasyonu çamur arıtma ünitelerine entegre edilen ve atıksu işleme ünitelerine göre daha çok tercih edilen çamur minimizasyon tekniğidir. Bu durum yüksek katı içerikli çamurun daha az enerji kullanılarak daha ekonomik dezentegrasyon sağlamsından kaynaklanmaktadır. Mekanik dezentegrasyon ünitesi

Şekil 3.23'te gösterildiği üzere anaerobik üniteden önce olabileceği gibi çamur geri devir hattında da uygulanabilmektedir. Biyolojik flokların parçalanması ve boyutlarının küçültülmesini sağlayan mekanik dezentegrasyon bakteri, substrat ve enzimlerin birbirleriyle temasını daha iyi sağlayabilmektedir. Buna bağlı olarak anaerobik reaktörde çamurun biyolojik parçalanmasının sonucu biyogaz üretiminde artış sağlanmaktadır. Mekanik dezentegrasyon ile çamurun susuzlaştırılma özelliği ve katı madde içeriği arıtılmamış çamura göre daha iyi olmaktadır. Buna karşılık mekanik dezentegrasyon sonucu sistemde artan koloidal partiküllerin üzerindeki yükleri nötralize etmek için gerekli ve çamur susuzlaştırma için kullanılan polimer miktarı artmaktadır. Bazı çalışmalarda ise mekanik dezentegrasyon ünitesinin ön işlem olarak kullanılması anaerobik sistemlerde filamentli mikroorganizmaların sebep olduğu köpürme probleminin azalttığı görülmüştür [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.23. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan mekanik dezentegrasyon

Çizelge 2.33. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan mekanik dezentegrasyonunun avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010]

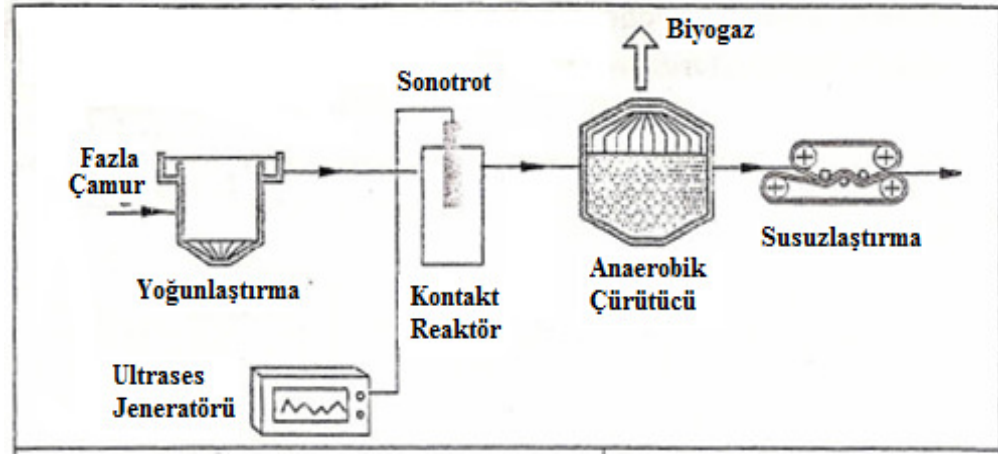
Avantajlar	Dezavantajlar
- Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, - Kısa temas süresi, - Yüksek dezentegrasyon	- Ekipmanın aşınması ve bozulması, - Çamur şartlandırma için polimer ihtiyacının artması, - Bazı sistemlerde lifli partiküller

seviyesinde çamuru susuzlaşma özelliğinin iyileşmesi, • Çürütücüde köpük kontrolünün olması, • Çamur viskozitesinde azalma sonucu karıştırma ve pompalamanın kolay olması	sebebiyle tıkanmanın olması, • Patojenlerin gideriminin az olması.
---	---

2.6.3. Ultrases ile Arıtım

Ultrases dezentegrasyonu çamur arıtım ünitelerinden önce çamur minimizasyonunu sağlamak ve daha fazla biyogaz üretimi elde etmek için ön arıtım olarak uygulanmaktadır (Şekil 3.24). Bu prosesin çamur arıtma ünitelerinde kullanılması yüksek katı içeriğinden dolayı daha iyi verim sağlamaktadır. Fakat çamurun çok yüksek katı madde içermesi aşırı ısınma meydana geleceğinden ve sonotrodun erozyonuna sebep olmasından dolayı istenmemektedir [Foladori at al, 2010].

Ultrases prosesinde uygulanan uygun enerji seviyelerinde flok boyutlarında hücreleri parçalamadan küçülmeler meydana gelmektedir. Fakat çok yüksek enerji (>60000 kJ/kg AKM) uygulanırsa bakterilerin parçalanması veya ölmesi meydana gelebilmektedir. Flokların küçülmesi ile bakteriler, enzimler ve besinler birbirleriyle daha iyi temas ettiklerinden çamur dezentegrasyonunda ve biyogaz üretiminde başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Ultrases dezentegrasyonu çok enerji kullanılmasını gerektirmektedir fakat bu dezavantaj prosesin kolay bir şekilde kurulması, basit bir şekilde işletilmesi ve modüler olması sebebiyle telafi edilebilmektedir [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.24. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan ultrases dezentegrasyonu

Çizelge 2.34. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan ultrases dezentegrasyonunun avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010]

Avantajlar	Dezavantajlar
• Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, • Kısa temas süresi, • Sistemin kompakt olması, • Çürütücüde köpük kontrolü, • Koku oluşmaması.	• Sonotrodun erozyonu, • Sonotrodun periyodik olarak değişmesi, • Yüksek enerji gereksinimi, • Çamurun susuzlaşma özelliğinin bozulması.

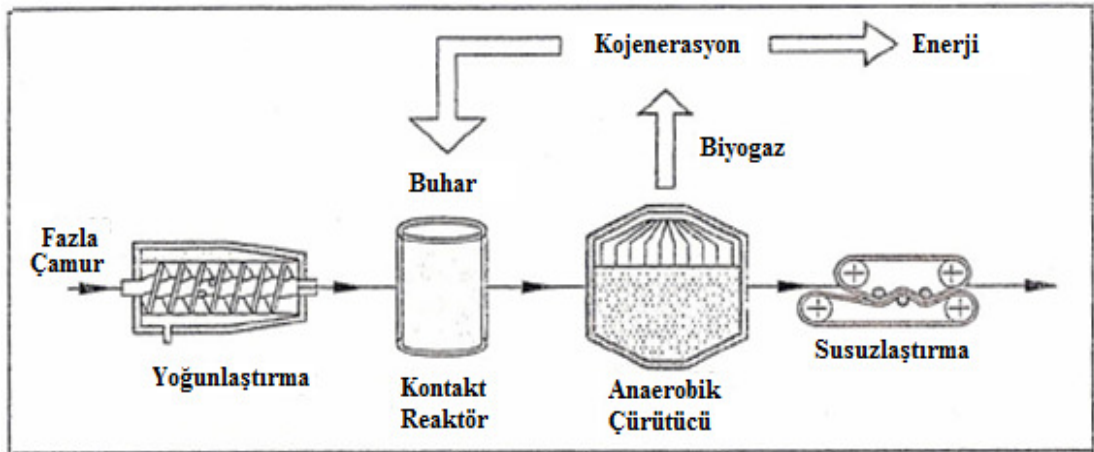
2.6.4. Termal Arıtma

Termal arıtma çamur arıtma ünitelerine;

- Çamur minimizasyonu sağlamak
- Biyogaz üretimini arttırmak
- Patojenleri öldürmek
- Çamur susuzlaştırma özelliğini arttırmak için uygulanmaktadır.

Çamur arıtma ünitelerinde termal arıtımın kullanılması daha yüksek katı içeriğinden dolayı ısıtma için daha az enerji gerekmesi ve gerekli reaktör hacminin daha küçük olması gibi sebeplerle atıksu arıtma sistemlerinde kullanılmasına göre tercih edilmektedir. Termal arıtma sisteminin anaerobik procesten önce ön arıtım olarak kullanılması ile ısıtma için gerekli enerji oluşan biyogazdan sağlanabilmektedir. Termal arıtma 160-180 C sıcaklıklarda 0.5-1 saat gibi kısa temas sürelerinde uygulanmaktadır. Daha yüksek sıcaklıklarda uygulanması biyolojik olarak yavaş ve zor parçalanan ürünlerin meydana gelmesi sebebiyle metan üretimini kısıtlamasından dolayı istenmemektedir [Foladori at al, 2010].

Termal olarak arıtılmış çamur daha iyi susuzlaştırılma özelliğine sahip olmakta (%35 katı içeriği elde edilebilmektedir), viskozitesi daha düşük ve karışık sıvının katı içeriği %12'ler seviyesinde olabilmektedir. Şekil 3.25'te termal arıtma prosesinin çamur arıtma ünitesinde uygulanmasının şematik gösterimi verilmiştir [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.25. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan termal arıtma prosesi

Çizelge 2.35. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan termal arıtma prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010]

Avantajlar	Dezavantajlar
• Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, • Çamurun susuzlaşma özelliğinin gelişmesi, • Mezofilik-termofilik çürütücülerde biyogaz üretiminin artması, • Yüksek sıcaklıklarda çamur viskozitesinin azalması.	• Korozyon problemleri, • Koku oluşumu, • Susuzlaştırma sırasında çok suyun çıkması, • Çamurun katı madde içeriğinin yüksek olması gerekliliği.

2.6.5. Mikrodalga ile Arıtma

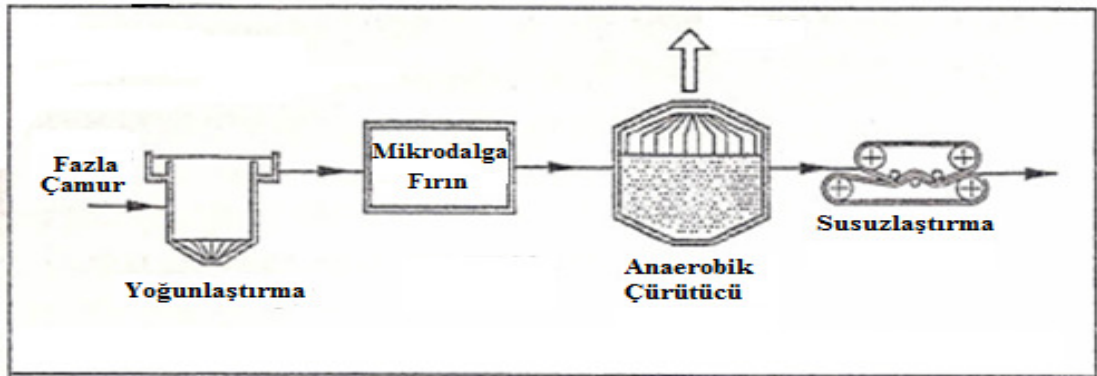
Mikrodalga ısıması ile atıksu arıtma tesislerinde çamur ısıtması klasik termal yöntemlere karşı kullanılmaktadır. Mikrodalga sistemi reaksiyon süresinde önemli bir azalma meydana getirmesi ve enerji ihtiyaçlarını azaltması bakımından termal ısıtma sistemlerine göre tercih edilmektedir. Mikrodalga ile çamur arıtımı Şekil 3.26.'da görüldüğü üzere anaerobik procesten önce uygulanarak arıtma performansını arttırmak, çamurun susuzlaştırılma potansiyelini arttırmak ve patojenleri öldürmek amacıyla uygulanmaktadır. Mikrodalga ile çamuru ısıtmanın çamura olan etkilerini şu şekilde sıralayabiliriz [Foladori at al, 2010];

- a) Flok dezentegrasyonu
- b) Hücre Lizisi
- c) Hücre içi salgıların hücrenin parçalanması ile çamur içerisine bırakılması

Flokların polimerik yapısının bozulması ve hücre lizisi termal etki ve mikrodalga etkisi ile olabilmektedir. Bu etkilerden mikrodalga etkisi klasik ısıtma ile olan termal etkiye göre aynı sıcaklıklarda daha etkili olabilmektedir. Fakat bu

proseslerden hangisinin baskın olduğu tam olarak bilinmemektedir. 50-120 C sıcaklıklarda yapılan çalışmalarda her iki proses için hücre lizisinin aynı oranda gerçekleştiği görülmüştür. Daha yüksek sıcaklıklarda ise klasik ısıtma sistemlerinin daha iyi bir verim sağladığı görülmüştür. Fakat bu durumun sıcaklığın yüksek derecelere çıkartılması sırasında çamurun bekleme süresinin artması ve daha uzun süreli reaksiyona girmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Bununla beraber mikrodalga arıtma prosesinde çamurun mezafolik anaerobik olarak parçalanması sırasında da daha fazla biyogaz oluştuğu görülmüştür. Mikrodalga teknolojisi henüz tam ölçekli sistemler için uygulanabilir başarılı bir şekilde uygulanamamaktadır [Foladori at al, 2010].

Şekil 2.26. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan mikrodalga arıtma prosesi



Çizelge 2.36. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan mikrodalga arıtma prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010]

Avantajlar	Dezavantajlar
• Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, • Çamurun susuzlaşma özelliğinin gelişmesi, • Mezofilik-termofilik çürütücülerde biyogaz üretiminin artması, • Yüksek sıcaklıklarda çamur viskozitesinin azalması.	• Korozyon problemleri, • Koku oluşumu, • Susuzlaştırma sırasında çok suyun çıkması, • Çamurun katı madde içeriğinin yüksek olması gerekliliği. • Laboratuar uygulamaları ile sınırlı kalması, • Prosesin henüz tam olarak

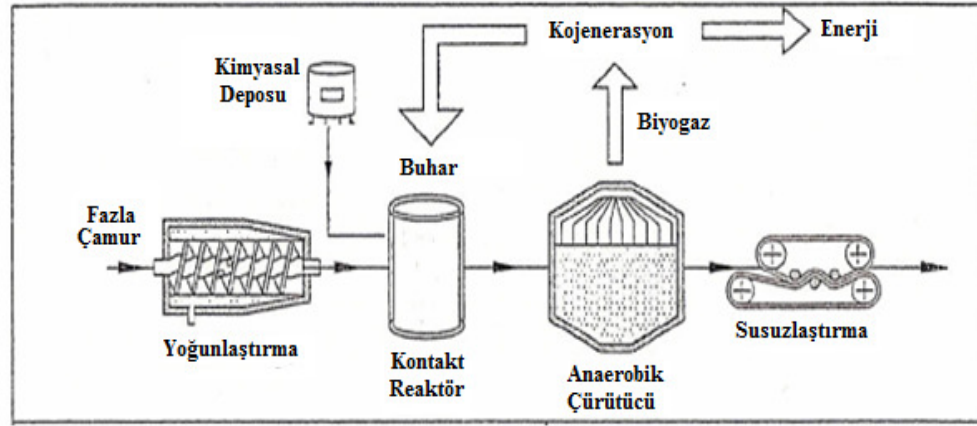
• Hızlı artırım, • Enerji transferinde ısı kaybının düşük olması, • Patojen inaktivasyonu,	araştırılmaması.
--	------------------

2.6.6. Kimyasal ve Termokimyasal Hidroliz

Asit veya alkali termal hidroliz prosesleri;çamur biyodegradasyonunu arttırmak, reaktör hacmini azaltmak ve biyogaz üretimini arttırmak amacıyla anaerobik prosten önce ön arıtma olarak veya çamurun susuzlaştırılması ünitesinde çamurun katı madde içeriğini arttırmak amacıyla çamurun yoğunlaştırması amacıyla kullanılmaktadırlar. Termal arıtmada olduğu gibi termo-kimyasal arıtmada reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan ısının bir kısmı mezafolik veya termofilik anaerobik reaktörün ısıtılması için kullanılabilmektedir [Foladori at al, 2010].

Şekil 3.27.'de gösterilen termo-kimyasal hidroliz prosesinde anaerobik reaktörde metanojik bakterilerin aktivitesini koruması bakımından pH'nın 6,6-7,6 arasında olması gerekmektedir. Dolayısıyla güçlü asit veya baz ilavesi ile arıtılan çamurun pH'sının anaerobik reaktöre verilmesen önce nötralize edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte çamurun hidrolizi sırasında pH kendiliğinden değişerek biyolojik prosesler için hiçbir nötralizasyon uygulamadan uygun değerlere gelebilmektedir [Foladori at al, 2010].

Çamurun 170-175 C'lerde termal olarak parçalanması sonucu metan üretiminin çok yüksek verimlerle gerçekleştiği görülmüştür. Fakat asit veya baz ile yapılan termo-kimyasal arıtmada 100-120 C gibi daha düşük sıcaklıklarda çamurun katı madde içeriği artmakta ve susuzlaştırılması gereken çamur miktarı azaldığı gibi çamur kekinin de katı madde içeriği artmaktadır. Çamurun susuzlaştırılması sonucu ortaya çıkan sızıntı suyunun organik bileşiği ile azot ve fosfor içeriği çok olduğundan atıksu arıtma ünitesine geri devrettirilmesi gerekmektedir [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.27. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan termo-kimyasal arıtma prosesi

Çizelge 2.37. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan termo-kimyasal arıtma prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010]

Avantajlar	Dezavantajlar
• Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, • Çamurun susuzlaşma özelliğinin gelişmesi, • Patojen inaktivasyonu, • Mezofilik-termofilik çürütücülerde biyogaz üretiminin artması,	• Korozyon problemleri, • Koku oluşumu, • Susuzlaştırma sırasında çok suyun çıkması, • Ekonomik olması için çamurun katı madde içeriğinin yüksek olması gerekliliği. • Anaerobik çürütücüden önce pH nötralizasyonu gereksinimi, • İşletme ve bakım maliyetlerinin yüksek olması,

2.6.7. Ozon ile Oksidasyon

Ozon üç oksijen atomundan oluşan bir gaz bileşiktir. Ozon gazı çok stabil olmayan bir gaz olduğundan hava veya saf oksijen ile beslenen ozon jeneratörleri tarafından kullanılacağı saha içerisinde üretilmektedir. Ozon atıksulardaki

antopojenik, inhibitör veya dirençli organik bileşikler gidermede ileri oksidasyon prosesi olarak kullanılan güçlü bir kimyasal oksidanttır. Ozon organik bileşikler direkt oksidasyon veya hidroksil radikallerinin oluşumu ile veya her iki proses ile daha çözünebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir son ürünlere okside etmektedir. Ozonlama prosesinde reaksiyon kinetikleri ile gaz-sıvı kütle transfer hızlarından etkilenen gaz absorpsiyonu ve kimyasal reaksiyon en önemli faktörlerdir [Zhou and Smith, 2000].

Son yıllarda çamurun ozonlama ile minimizasyonu üzerine yapılan çalışmalar artmış ve ozonlamanın mikroorganizmaların büyümesini ve çamur karakteristiklerini etkilediği görülmüştür [Ried ve ark., 2007].

Ozonlama sırasında çamurun kompleks matrisini dezentegrasyona uğratan, çamurun çözünmesini ve minerilizasyonunu sağlayan ve çözünmüş bileşiklerin ve partiküllerin tranformasyonunu geliştiren bazı prosesler meydana gelmektedir. Aşağıda çamurun ozonlama sırasında özelliğinin nasıl bozulduğuna dair akış şeması gösterilmiştir [Foladori at al, 2010]

Ozonlama sırasında şu etkiler meydana gelmektedir [Foladori at al, 2010].

- * Çamurdaki mikroorganizmaların zarar görmesi ve inaktif hale gelmesi ile hücre ölümünün olması ve hücre içi bileşiklerin dışarıya çıkması
- * Organik maddelerin biyolojik olarak parçalanabilir moleküllere dönüşerek biyolojik arıtmadaki mikroorganizmalar için daha uygun hale gelmesi,
- * Çözünmüş organik bileşiklerin kimyasal oksidasyon sonucu karbondioksit, su, amonyak gibi ürünlere minerilizasyonu.

Ozonlamada düşük ozon dozlarında çamur azaltmada en önemli özellik çamurun çözünmesidir. Buna karşılık çamurun minerilizasyon ile minimizasyonu daha yüksek ozon dozlamalarında olmaktadır. Minerilizasyon çamurun kütlesinde önemli bir azalma meydana getiren ve ozonlama öncesi ve sonrası hesaplanan KOİ konsantrasyonları farkı ile hesaplanan bir parametredir [Foladori at al, 2010].

Çamur minimizasyonunda kullanılan ozonlama prosesinin en önemli sınırlayıcı faktörü ozon üretiminin yüksek maliyetidir. Yüksek ozon ilavesinin aktif çamur sistemlerinde daha az fazla çamur üremesine sebep olduğu bilinmektedir fakat aşırı ozon ilavesi işletme maliyetlerinin artmasına ve henüz kanıtlanmasa da karbon ve azot gidermede önemli rol oynayan mikroorganizmaların inhibe olmasına veya azalmasına sebep olmaktadır [Foladori at al, 2010].

Çamurun ozonlanması sırasında aşağıda belirtilen prosesler simültane olarak meydana gelmekte ve prosesin performansını etkilemektedir [Foladori at al, 2010]:

- *Ozonlama rektöründen akan sıvı ve gaz fazların taşınım ve karışım prosesleri
- *Ozon gazının kütle transfer prosesi,
- *Ozonun kompozisyonunun bozulması prosesi
- *Çözünmüş ozon ve organik/inorganik bileşiklerin arasındaki yarışmalı reaktif prosesi
- *Partiküllerin dezentegrasyonu ve çözünmesi
- *Substratın biyolojik bozunması ve minerilizasyonu

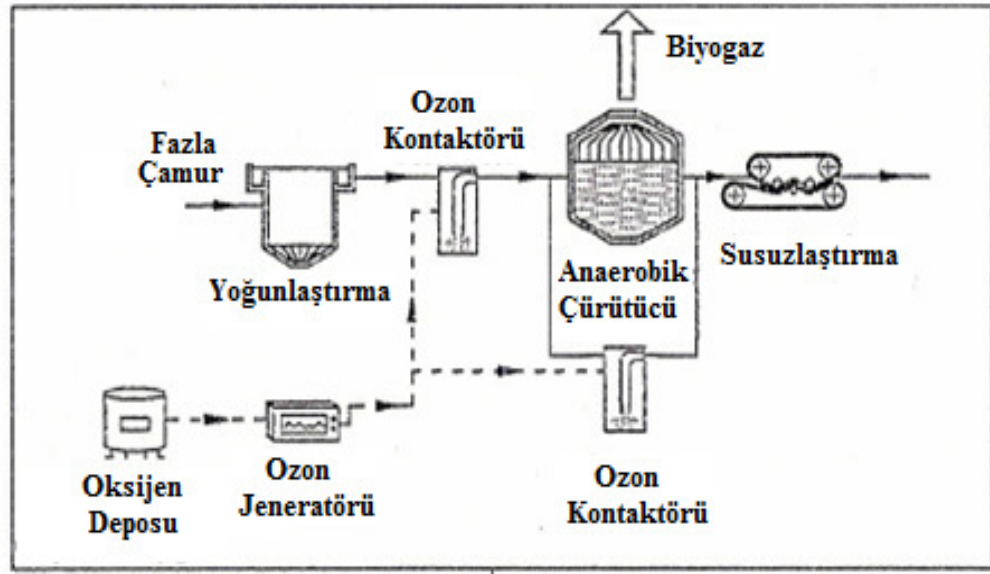
Çamur ozonlama verimi ozonun çamurdaki organik bileşikler ile reaksiyonuna bağlı olmakla beraber şu faktörlere bağlıdır [Foladori at al, 2010];

- *Atıksu veya çamur kalitesine
- *Ozon reaktörünün konfigürasyonuna
- *Debi ve gaz fazındaki ozon konsantrasyonuna
- *Arıtılmış çamurun katı madde içeriğine ve debisine
- *Ozon reaktöründeki ozon transfer verimine
- *Ozon reaktöründeki ozon ile çamurun temas süresine
- *Ozon miktarına (birim arıtılan veya giderilen askıda katı maddeye uygulanan ozon kütlesi.)

Ozon pahalı bir reaktif olduğundan ozon miktarını azaltmak ve çamur minimizasyonunu arttırmak amacıyla ozonlama prosesinin verimini arttırmak reaktör konfigürasyonu ve gaz transferi üzerine optimizasyon yapılması üzerinde durulması gereken kritik bir faktördür [Yan at al., 2009]. Ozonlamanın etkisini bulmak

amacıyla çamur minerilizasyonu, KOİ çözünmesi, AKM dezentegrasyonu ve çamur minimizasyonu gibi parametrelere bakılması gerekmektedir.

Çamur minimizasyonunda uygulanan ozonlama prosesinin çamur arıtma ünitelerinde uygulanma şekli Şekil 3.28’de gösterilmiştir.



Şekil 2.28. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan ozonlama prosesi

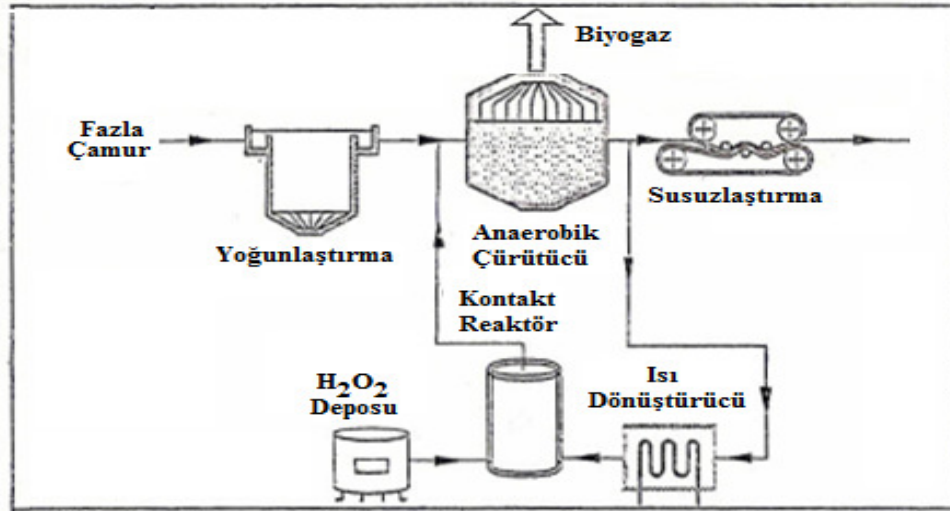
Çizelge 2.38. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan ozonlama prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010]

Avantajlar	Dezavantajlar
- Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, - Çamur üretiminde yüksek giderim sağlamsı sadece ekonomik olarak kısıtlanması, - Anaerobik çürütücüde metan üretiminde yüksek artış, - Çamur viskozitesinde azalma.	- Ekipman için yüksek ilk yatırım maliyeti, - Ozon üretimi için yüksek işletme maliyetleri, - Köpük oluşumu, - Çamur susuzlaştırma sonunda süzöntü suyunda N ve P konsantrasyonlarında artış.

2.6.8. Güçlü Oksidantlar ile Oksidasyon

Çamurun minimizasyonu için uygulanan ozon ile oksidasyondan farklı diğer oksidasyon arıtımı ise peroksidasyondur. Hidrojen peroksit ile yapılan oksidasyonda termal arıtma ile beraber uygulamak daha etkili bir verim sağlamaktadır. Şekil 3.29'da verilen şemada peroksit oksidasyonu ile termal işlemin beraber uygulandığı çamur arıtma prosesi gösterilmektedir. Burada geri devir hattına yerleştirilen termal dönüştürücü çamuru ısıtarak konntakt reaktörüne vermekte ve bu reaktörde hidrojen peroksit ile muamele edilmektedir. Bu yöntemle anaerobik çürütücüde uçucu katı madde içeriği %77 oranında azalmaktadır. Termal işlem uygulanmadan yapılan peroksidasyonda ise uçucu katı madde gideriminin %50 seviyelerinde kaldığı görülmüştür (Rivero at al., 2005)

Oksidasyon işleminde hidrojen-peroksit metal tuzları ile beraber uygulanmaktadır. Demir tuzları ile hidrojenperoksitin düşük pH seviyelerinde sabit basınç ve sıcaklıkta beraber uygulandığı proseslere Fenton oksidasyonu denilmektedir. Fenton peroksidasyonunun mekanizması iyi bilindiği halde çamur arıtımındaki mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır. Demir iyonları organik maddeleri parçalayan reaktif hidroksil radikallerinin oluşumunda katalizör olarak görev yapmaktadır. Sonuç olarak ise çamur çözünmekte, biyolojik parçalanma ve çamurun susuzlaşma özelliği artmaktadır. Hidrojen peroksit ile pH 3 ve 60-90 dakika bekleme süresinde çamur oksidasyonunda çamurun katı madde içeriği %40 oranında artmaktadır. Ayrıca çamurun susuzlaştırılması sonucu oluşan filtre kekinde katı madde içeriği de (%45) arıtılmamış çamurdan elde edilen değerden (%25) daha fazla olmaktadır [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.29. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan peroksidasyon prosesi

Çizelge 2.39. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan peroksidasyon prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010]

Avantajlar	Dezavantajlar
• Patojen inaktivasyonu, • Çamurun susuzlaşma özelliğinin artması,	• Verimin artması için ısı gereksinimi, • Güvenlik tehlikeleri (hidrojen peroksit kullanımı ve düşük pH), • pH'ın nötralizasyonu.

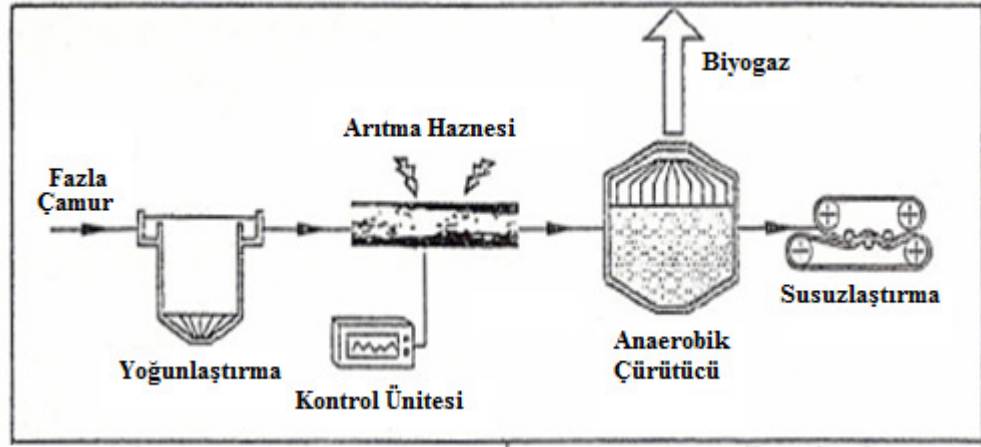
2.6.9. Elektrikli Arıtma

Çamur arıtımında darbeli elektrik alan prosesi anaerobik mezafolik parçalama prosesinden önce ön arıtım olarak uygulanmaktadır. Bu yöntem son yıllarda düşük debili arıtma tesislerinde uygulanmış ve tam ölçekli olarak odaklanmış darbeli (Focused Pulse) (FP) arıtım olarak Rittman ve arkadaşları tarafından uygulanmıştır. Bu prosesin amacı çamurun katı madde içeriğini azaltmak ve anaerobik parçalanmada meydana gelen biyogaz miktarını arttırmaktır [Foladori at al, 2010].

Elektrikli arıtmada sistem çamurun içerisinden aktığı bir silindirik hazneden oluşmaktadır. Hazne içerisinde bulunan elektrotlar voltaj uygulandığında elektriksel

alan oluşturmaktadırlar. Silindirik hazne içerisinde hareket eden çamur bu elektriksel alana tabii tutularak hücre lizisinin oluşması sağlanmakta ve çamurun 0,2 -1,2 μm çapında daha küçük kolloidler meydana getirmesini sağlamaktadır. Bunun sonucu olarak anaerobik parçalama ünitesinde metan üretimi %100 seviyesinde artmakta ve elektrik tüketimi ise 20 kWh/m³ seviyesinde olmaktadır [Foladori at al, 2010].

Bu proses ile çamurun parçalanma performansı artmakta ve minimizasyonu sağlanmaktadır. Fakat henüz tam ölçek uygulamalar için yeterli araştırma mevcut değildir. Şekil 3.30'da çamur arıtma ünitesine entegre edilmiş elektrikli arıtma ünitesinin şematik gösterimi verilmiştir [Foladori at al, 2010].



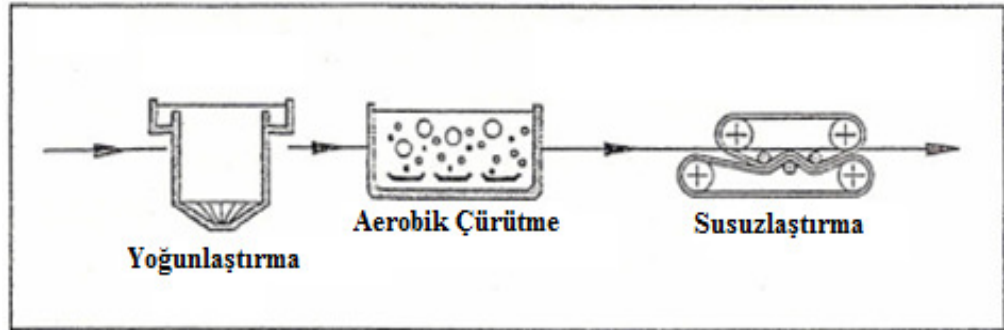
Şekil 2.30. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan elektrikli arıtma prosesi

Çizelge 2.40. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan elektrikli arıtma prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Sistemin az yer kaplaması, • Kısa temas süresi, • Koku oluşmaması.	• Elektrotların erozyonu, • Yüksek enerji ihtiyacı, • Proses henüz tam olarak araştırılmamıştır.

2.6.10. Aerobik Çürütme

Klasik aerobik çürüme genellikle küçük atıksu arıtma tesislerinde uygulanan bir prostedir. Aerobik çürüme genel olarak aktif çamur sürecinin uzatılarak endojen metabolizma ile çamur minimizasyonuna dayanmaktadır. Bu proses normal çevre sıcaklıklarında işletilmekte olup çamurdaki uçucu askıda katıların giderimi 50 günlük çürüme sonunda %30'lar seviyesinde kalmaktadır. Aerobik çürüme açık bir tank içerisinde 10-25 gün bekleme sürelerinde çamurun havalandırma ve karıştırma ile karbondioksit ve su gibi son ürünlerin oluşması esasına dayanmaktadır. Anaerobik çürüme ile karşılaştırıldığında aerobik çürüme prosesinde meydana gelen sulu çözelti daha az kirlilik içermekte ve ilk yatırım maliyeti daha düşük olmaktadır. Fakat çürütülmüş çamurun susuzlaşma özelliği anaerobik çürümeden elde edilen çamura göre daha kötüdür ve proses genellikle ortam sıcaklığından çok etkilenmektedir. Ayrıca biyogaz gibi enerji geri kazanılamamakta ve oksijen transferi için enerji gerekmektedir. Şekil 3.31'de çamur arıtma ünitelerinde kullanılan aerobik çürüme prosesi gösterilmiştir [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.31. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan aerobik çürütme prosesi

Çizelge 2.41. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan aerobik çürütme prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

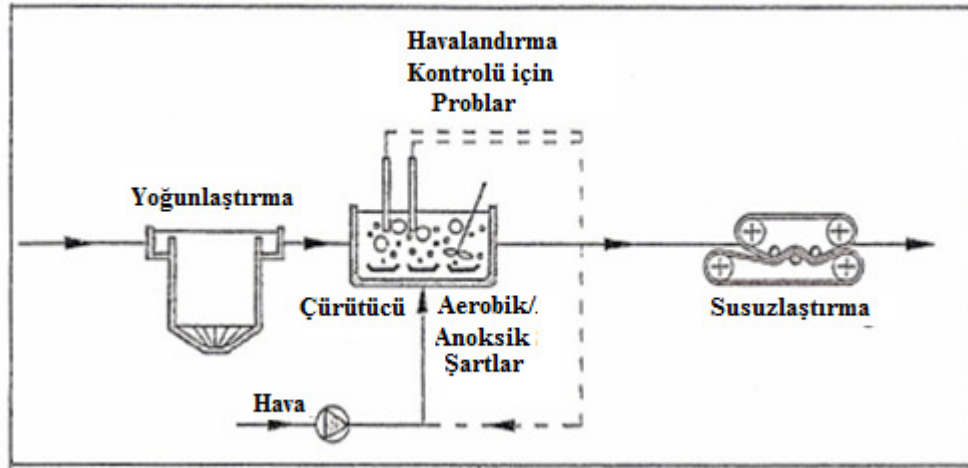
Avantajlar	Dezavantajlar
- Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, - Basit konfigürasyon.	- Çamur minimizasyonunun makul olması, - Uzun çürüme süresi için hacmin

	büyük olması gerekliliği, • Orta ve büyük arıtma tesisleri için uygun olmaması, • Yüksek katı madde konsantrasyonlarında düşük oksijen transferi, • Patojen inaktivasyonunun çok uzun çürüme sürelerinde gerçekleşmesi.
--	--

2.6.11. Aerobik/ Anoksik/Anaerobik Çürütme

Aerobik çamur çürüme prosesleri nitrifikasyon/denitrifikasyon proseslerine alternatif olarak azot gidermek amacıyla aerobik/anoksik fazlardan oluşacak şekilde dizayn edilebilmektedir. Şekil 3.32’de gösterilen proste reaktör içerisinde aerobik ve anoksik periyotlar oluşturulmuş ve azot kontrolü için ORP ve pH problemleri kullanılmıştır [Foladori at al, 2010].

Bu proste çamur minimizasyonunda yapılan iyileştirme teorik olarak anoksik şartlarda heterotofik büyümenin aerobik şartlara göre daha az olması esasına dayanmaktadır. Anoksik büyüme hızı (0,30-0,36 gVSS/gKOİ) tipik olarak aerobik büyüme hızının (0,45 g VSS/d KOİ) %67-80’i kadar olmaktadır. Dolayısıyla büyüme hızının değeri bakteri biyokütlesini etkilediğinden büyüme sonucu oluşan çamur miktarını da etkilemektedir. Çamurun aerobik/anoksik şartlarda çürümesi üzerine birçok araştırma yapılmış olup aerobik çürümeye göre çamur miktarının azaltıldığı görülmüştür. Bunun yanında azot gideriminde önemli verimler elde edilmiş ve arıtma tesisine gönderilen süzöntü suyunun azot yükü azaltılmıştır. Sonuç olarak aerobik/anoksik şartlarda çamur çürümesi daha düşük işletme maliyetiyle aerobik çürümeyle benzer çamur minimizasyonu sağlamaktadır [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.32. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan aerobik/anoksik çamur çürütme prosesi

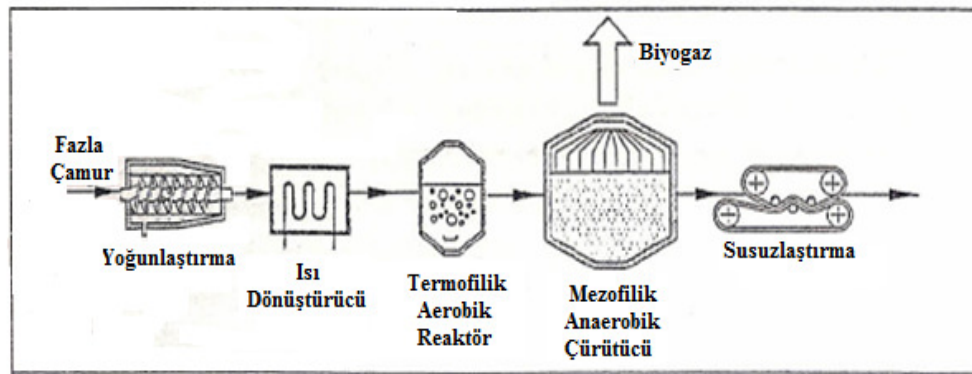
Çizelge 2.42. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan aerobik/anoksik çamur çürütme prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
- Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, - Mevcut tanklarda kolaylıkla uygulanabilmesi, - Ekipman maliyetinin düşük olması, - Havalandırma için enerji tasarrufu, - Arıtma ünitelerine geri devretilen N konsantrasyonunun azalması.	Oluşan çamurun bertarafı için ilave işlemler yapılması.

2.6.12. İkili Çürütme

Ortam sıcaklığında işletilen aerobik çürüme prosesi mezofilik (33-35 C) veya termofilik (55-65 C) sıcaklıklarda çamur çürütme için uygulanabilmektedir. Termofilik aerobik reaktörde *Bacillus spp.* gibi bakteri türleri sabit sıcaklıkta hücre dışı proteazlar üreterek çamur içerisindeki mikrobiyal hücreleri hücre duvarındaki bileşikler hidroliz ederek parçalayabilmektedirler. Termofilik arıtma çamur arıtma ünitelerinde klasik mezofilik anaerobik çürütmeden önce ön işlem olarak uygulanabilmektedir. Şekil 3.33'te gösterilen bu konfigürasyonda anaerobik çürütmede biyogaz üretiminde faydalı kullanımı olan uçucu yağ asitleri (VFA) çamurun termofilik aerobik reaktörde çürütülmesi sayesinde yüksek konsantrasyonlarda oluşmaktadır. Bu kombinasyon “ikili arıtım” olarak bilinmektedir. İkili arıtmada anaerobik reaktörde endojen solunum meydana gelirken termofilik aerobik çürümeye enzimatik hidroliz ile hücre lizisi meydana gelmektedir [Foladori at al, 2010].

Termofilik aerobik reaktörde aerobik şartlar sisteme hava veya saf oksijen verilerek sağlanır ve termofilik hidroliz için uygun olan 55-65 C sıcaklık sağlanır. Termofilik aerobik reaktörde bekleme süresi yaklaşık 1 gün olup anaerobik çürütücüde bekleme süresi 10-12 gün arasında olmaktadır. Bu konfigürasyonda ayrıca yüksek oranda patojen inaktivasyonunda sağlanmaktadır [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.33.Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan ikili arıtma prosesi

Çizelge 2.43. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan ikili arıtma prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, • Çamurun susuzlaşma özelliğinin gelişmesi, • Patojen inaktivasyonu, • Anaerobik çürütücülere göre temas süresinin kısılması ve çürütücü hacminin daha az olması.	• Isıtma için enerji gereksinimi, • Koku oluşumu, • Köpük oluşumu.

2.6.13. Ototermal Termofilik Aerobik Çürütme

Ototermal termofilik aerobik çürütme prosesi klasik aerobik çamur çürütme prosesinin değişik bir versiyonu olup termofilik sıcaklıklarda (55-70 C) ve saf oksijen ile işletilmektedir. Bu sıcaklıklar yalıtımlı reaktörlerde meydana gelen ekzotermik oksidasyon reaksiyonları sonucu üretilen sıcaklık ile karşılanabilmektedir. Bu proses ile yaklaşık olarak 1 kg katı madde ile 20000 kJ'lük bir sıcaklık üretilmekte ve başka hiçbir sıcaklık kaynağı olmadığından bu proses "ototermal" olarak isimlendirilmektedir. Sisteme beslenen çamur susuzlaştırılarak katı madde içeriğinin %4-5'lere çıkması sağlanır böylece gerekli reaktör hacmi ve gerekli sıcaklık ihtiyacı küçültülmüş olur. Şekil 3.34'te gösterilen konfigürasyonda sistem iki adımda işletilmektedir [Foladori at al, 2010]:

* Birinci adımda aerobik ve mezofilik şartlarda (35-50 C),

* İkinci adımda ise aerobik ve termofilik şartlarda (50-70 C) işletilir.

İki adımda işletilen bu proste çamurun bekleme süresi 6-12 gün arasında olup klasik aerobik ve anaerobik çürütücülere göre daha kısa sürede proses işletilmektedir.

Ototermal termofilik aerobik çürütme prosesi son 20 yıldır Avrupa ve Amerika'da küçük tesisler için uygulanmaktadır. Bu proste en önemli işletme adımı çürütücülerin havalandırılmasıdır çünkü fazla havalandırma işletme maliyetlerini arttırmakta ve sistemin soğumasına sebep olabildiği gibi az havalandırma ise prosesin düşük verimle çalışmasına ve kötü kokuların oluşmasına sebep olabilmektedir [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.34. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan ototermal termofilik aerobik çürütme prosesi

Çizelge 2.44. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan ototermal termofilik aerobik çürütme prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

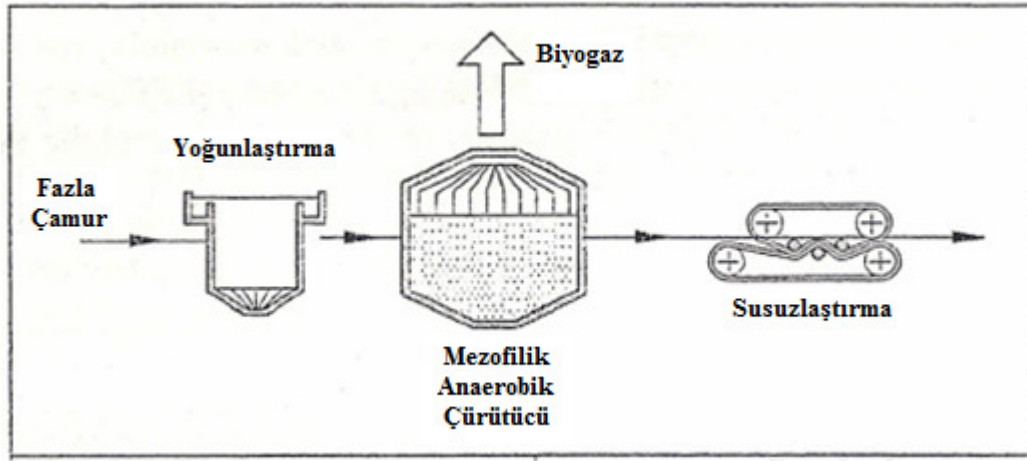
Avantajlar	Dezavantajlar
- Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, - Basit işletme, - Patojen inaktivasyonu, - Düşük enerji gereksinimi.	- Köpük oluşumu, - Nitrifikasyonun olmaması (su fazında yüksek amonyak konsantrasyonu), - Susuzlaştırmanın kötü olması.

2.6.14. Anaerobik Çürütme

Anaerobik çamur çürütme prosesi büyük atıksu arıtma tesislerinde birincil çamur ve biyolojik fazla çamurun minimizasyonunda uygulanan ve üretilen metan gazının enerji olarak geri kazanılması ile ekonomik olarak avantajlı bir prosestir.

Anaerobik çürütme prosesi mezofilik ve termofilik şartlarda işletilmektedir. Anaerobik proselerde katıların enzimatik hidrolizi hız sınırlayıcı adım olduğundan hidroliz hızını arttırmak ve çamur giderimini fazlaştırmak biyogaz üretimini arttırmak amacıyla anaerobik prosten önce mekanik, termal, kimyasal ve ozonlama gibi ön arıtma işlemleri uygulanabilmektedir. Konvansiyonel mezofilik anaerobik çürütmede organik maddenin yaklaşık %40-45'i parçalanmakta ve bu durum toplam katı madde gideriminde %30'lar seviyesinde olmaktadır [Foladori at al, 2010].

Atıksu arıtma ünitelerine geri devrettirilen süzöntü suyunda ise KOİ ve amonyak konsantrasyonu çok yüksek olmaktadır.



Şekil 2.35. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan anaerobik çürütme prosesi

Çizelge 2.45. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan aerobik çürütme prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010]

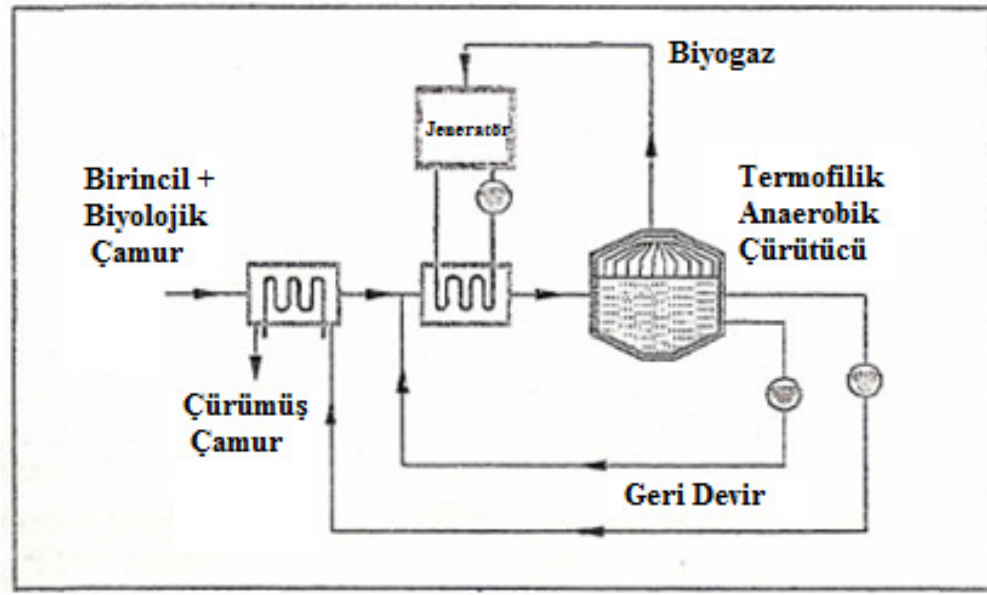
Avantajlar	Dezavantajlar
- Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, - Aerobik çürütücülere göre daha çok çamur minimizasyonunun olması,	- Aerobik çürütücülere göre daha karmaşık olması, - Küçük ve orta büyüklükteki arıtma tesisleri için uygun olmaması, - Isıtma için enerji gereksinimi,

• Biyogaz üretimi ve enerji geri kazanımı	• Süzüntü suyunun kirliliğinin yüksek olması, • Köpük oluşumu.
---	---

2.6.15. Termofilik Anaerobik Çürütme

Termofilik anaerobik çürütme mezofilik anaerobik çürütücüler ile karşılaştırıldığında biyokimyasal reaksiyonlar daha hızlı meydana gelmekte, daha fazla biyogaz oluşmakta ve patojen inaktivasyonu daha fazla meydana gelmektedir. Termofilik şartlarda metajonik faaliyetler mezofilik şartlara göre daha hızlı olmakla beraber termofilik bakterilerin üreme hızları mezofilik bakterilere göre daha yavaş olmaktadır. Mezofilik çürütücülerde çamurun temas süresi 20-30 gün arasında iken termofilik çürütücülerde bu süre 10-12 gün arasında olmaktadır. Dolayısıyla termofilik anaerobik çürütücülerde reaktör hacmi daha küçük olmaktadır. Çamur azaltma verimi ise mezofilik anaerobik çürütücülerle aynı olup uçucu katı madde içeriği %40-45 azaltılırken toplam katı madde giderimi %30 olmaktadır [Foladori at al, 2010].

Termofilik anaerobik çamur çürütme prosesleri yüksek enerjiye ihtiyaç duymakta olup eğer çamurun katı madde içeriği %3'ten fazla ise bu prosesin kullanılması uygun bir opsiyondur [Foladori at al, 2010].



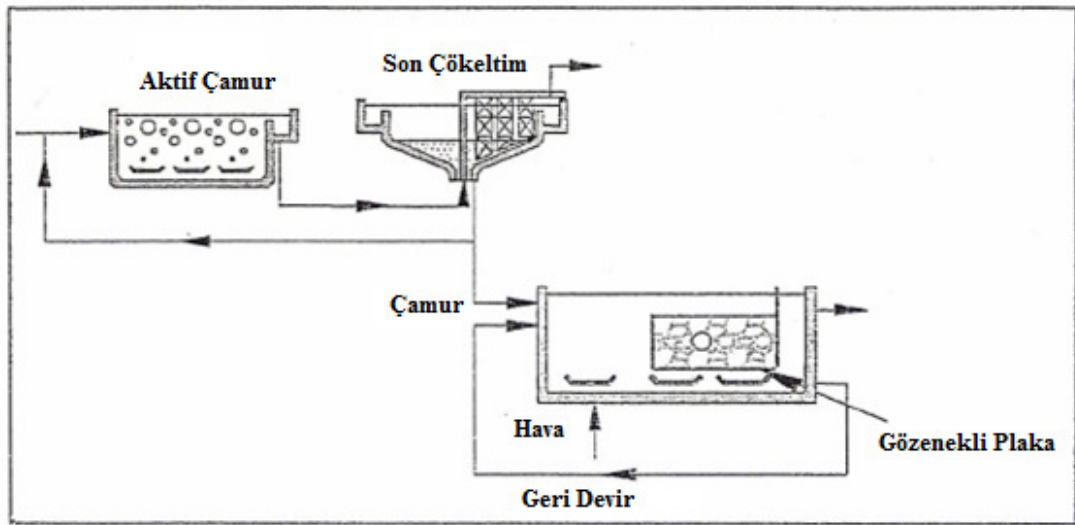
Şekil 2.36. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan termofilik anaerobik çürütme prosesi [Foladori at al, 2010]

Çizelge 2.46. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan termofilik anaerobik çürütme prosenin avantaj ve dezavantajları[Foladori at al, 2010]

Avantajlar	Dezavantajlar
• Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, • Daha kısa çürütme süresi, daha küçük reaktör gereksinimi, • Patojen inaktivasyonu, • Mezofilik çürütücülere göre biyogaz üretiminin artması, • Köpük oluşumuna daha dirençli olması.	• Isıtma için enerji gereksinimi, • Koku oluşumu, • Besleme çamurunun katı madde içeriğinin yüksek olması gerekliliği.

2.6.16. Mikrobiyal Parçalama

Mikrobiyal parçalama prosesi çamur minimizasyonunda uygulanabilir olan ekonomik bir proses olup tam ölçek uygulamalarında uygulanması zor olan bir prosestir. Şekil 3.37’de gösterilen proses konfigürasyonunda aerobik reaktörde üretilen fazla çamur mikrobiyal parçalayıcıların olduğu diğer bir reaktöre alınarak minimizasyonu sağlanmaktadır [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.37. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan mikrobiyal parçalama prosesi

Çizelge 2.47. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan mikrobiyal parçalama prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010]

Avantajlar	Dezavantajlar
• İşletme maliyetlerinin düşük olması, • Çamurun susuzlaşma özelliğinin gelişmesi, • Enerji gereksiniminin az olması.	• Parçalama reaktörü için geniş alanlara ihtiyaç duyulması, • İşletilmesi zordur, • Tam ölçek uygulamalar için henüz uygulanmamıştır,

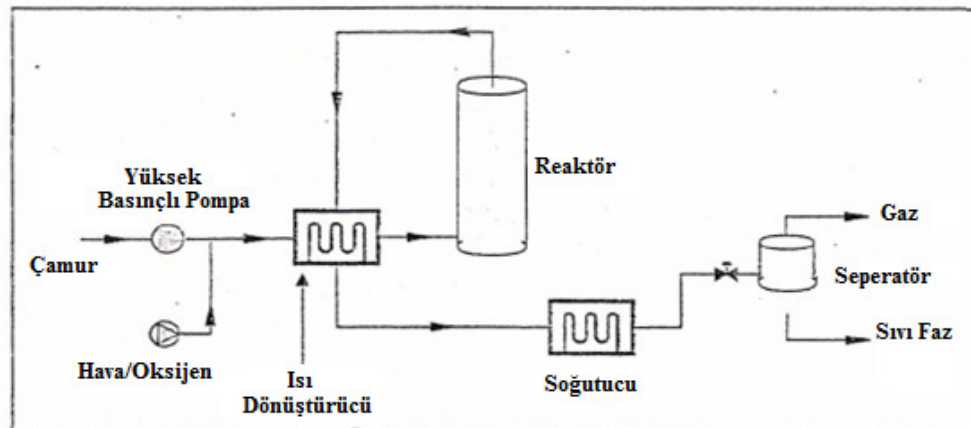
	• Deşarj suyunda N ve P artışı, • Henüz tam olarak araştırılmamıştır.
--	--

2.6.17. Islak Hava Oksidasyonu

Çamurun ıslak hava ile oksidasyonu 150-320 C sıcaklıkta ve 1-22 MPa basınç altında çamurun organik madde içeriğini azaltmak için uygulanan bir teknolojidir. Bu proses ile KOİ'nin %80'i okside olurken geriye kalan kısmı ise çözülmüş KOİ olarak kalmaktadır. Reaktör içerisine hava veya saf oksijen uygulanmaktadır. Tipik bekleme süresi 1 saattir. Islak hava oksidasyonunda şu fraksiyonlar üretilmektedir [Foladori at al, 2010];

- *Az etkili eksoz gazı,
- *Minerilize olmuş katı fraksiyonu (karbon içeriği <%5)
- * Yüksek kirlilik içeren süzüntü suyu (atıksu arıtma tesisine geri devrettirilir).

Çamur içerisindeki organik maddeler (proteinler, yağlar, nişastalar) daha basit çözülmüş bileşiklere (şeker, aminoasit, yağ asitleri ve amonyak) dönüştürülmektedir. Islak hava oksidasyonu katı madde içeriği %1-6 arasında olan çamurları arıtmak için uygulanabilmektedir. Şekil 3.38'de ıslak hava oksidasyonu ile çamur arıtımının akış şeması gösterilmiştir [Foladori at al, 2010].



Şekil 2.38. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan ıslak hava oksidasyonu prosesi

Çizelge 2.48. Çamur arıtma ünitelerinde uygulanan ıslak hava oksidasyonu prosesinin avantaj ve dezavantajları [Foladori at al, 2010].

Avantajlar	Dezavantajlar
• Tam ölçek olarak uygulanabilmesi, • %70 oranında çamur minimizasyonu sağlanabilmekte, • Ekzotermik prosestir, • Az kirli egzoz gazı oluşur, • Mineralleşmiş çamurun tekrar kullanımı mümkün olabilmektedir.	• İlk yatırım ve işletme maliyetleri yüksektir, • Süzüntü suyunun kirletici konsantrasyonunu yüksek olması oksidasyon biyoreaktöründeki havalandırma maliyetini arttırmaktadır, • Korozyon problemleri, • Uygun ve pahalı ekipman kullanımını gerektirir.

3. MATERİYAL VE METOD

3.1. İNCELENEN EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİ

İstanbul’da evsel nitelikli atıksuların arıtılması amacıyla 12 adet avrupa 8 adet asya bölgesi olmak üzere 20 adet biyolojik ve ileri biyolojik arıtma tesisi mevcuttur.

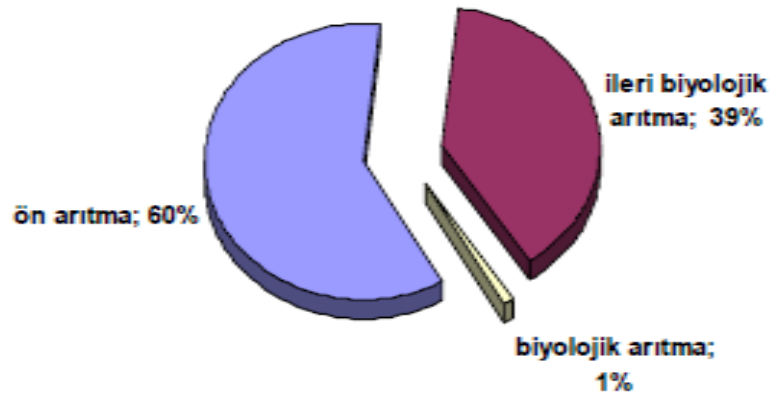
Evsel atıksu arıtma tesisleri toplam kapasitesi yaklaşık olarak günlük 857.000 m³/gün’dür. Ayrıca ızgara sisteminin mevcut olduğu 9 adet ön arıtma tesisinden yaklaşık olarak günlük 1.864.000 m³/gün evsel atıksu, ön arıtmaya tabi tutularak derin deniz deşarjı yapılmaktadır. Arıtma tesisleri genel bilgileri Çizelge 2.1- 2.2 ve Şekil 2.1’de verilmektedir.[Demir ve ark.,2010]

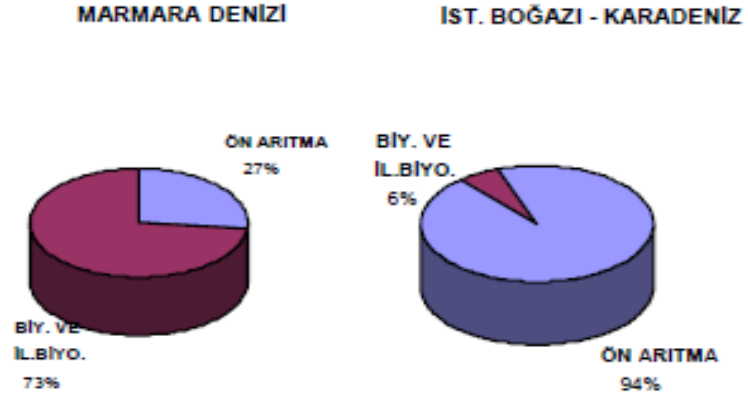
Çizelge 3.1. Asya –avrupa ön arıtma tesisleri

Tesis Adı	Kapasite (m ³ /gün)	Ortalama Debi (m ³ /gün)
Yenikapı	864.000	705.580
Baltalimanı	625.000	449.244
Küçükçekmece	354.000	142.628
Büyükçekmece	155.120	57.436
Kadıköy	833.000	473.078
Küçüksu	640.000	163.345
Paşabahçe	575.000	6.789
Kumbaba	46.000	15.589
Üsküdar	77.760	29.361

Çizelge 3.2. Atıksu biyolojik ve ileri biyolojik evsel Atıksu Arıtma Tesisleri

Tesis Adı	Kapasite (m ³ /gün)	Ortalama Debi (m ³ /gün)
Ataköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis	390.000	120.000
Tuzla İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis	250.000	80.000
Paşaköy İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis	200.000	35.000
Bahçeşehir Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis	7.400	2.640
Ağva İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis	1.600	-
Terkos İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis	1.730	660
Gümüşyaka Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis	1.700	660
Çanta Biyolojik Atıksu Arıtma Tesis	1.600	550
Köy Biyolojik Arıtma Tesis (12 adet)	3.000	-





Şekil 3.1. AAT debi ve alıcı ortam deşarj dağılımları

3.1.1. TUZLA ATIKSU ARITMA TESİSİ



Şekil 3.2. Tuzla AAT

3.1.1.1. Genel Bilgi

Tuzla Atıksu Arıtma Sistemi (Şekil 2.2), batıda Orhantepe mevkiinden başlayan, doğuda Gebze ve Darıca'ya kadar uzanan tuzla drenaj bölgesi içerisindeki atıksuların çeşitli çaplardaki boru hatları ve tünellerle Tuzla Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi (AAT)' ne getirilmesi ile burada tasfiye edilen suların 2200 mm. çaplı çelik borularla kıydan 2203 m. açıkta Marmara'nın 46 m. derinliğine veren bir sistemdir.[İSKİ rapor, 2010]

3.1.1.2. Tesis Amacı

Özellikle Türkiye’de 1960 yıllarından sonra Marmara Denizi yoğun olarak sanayileşen ve nüfus yoğunluğu artan İzmit Körfezi’nin endüstriyel ve evsel atıksu ile aşırı kirlenmiştir. Bu nedenle ISKI 23.05.1984 Tarihli ve 3900 Sayılı kuruluş kanunuyla çevre kirliliğinin giderimi ve denetim altına alınması yetkisi ile DAMOC projesinde planlanan; GEBZE, DARICA, ÇAYIROVA, TUZLA, PENDİK, KARTAL, bölgelerinden kaynaklanan evsel atıksular 4500 mm tünel hatları ile toplanarak 31 Ekim 1998 tarihinde devreye alınan Tuzla Biyolojik AAT’ne gelmektedir.

3.1.1.3. Proses Açıklaması

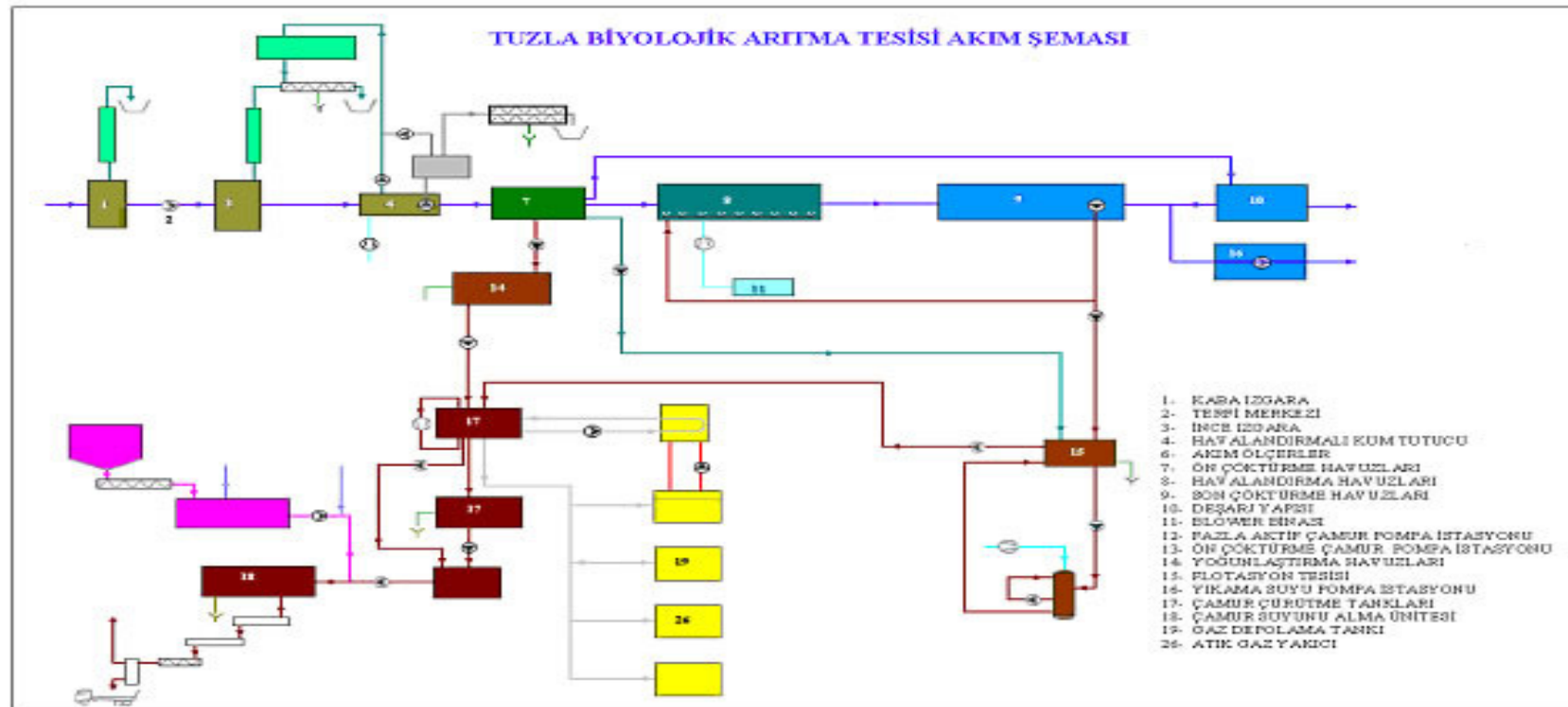
Tuzla Biyolojik AAT havzasında halihazırda bulunan ve gelecekteki nüfus artışı da göz önüne alınarak 3 aşamalı modüler sistemde planlanmıştır. Birinci aşamada 6 modül inşa edilmiş olup, bunlardan ilk 4 modülün her türlü mekanik, elektrik ve elektronik teçhizatları donatılmıştır.

Birinci Aşama : 1.000.000 kişi eşdeğeri 225.000 m³/gün
 İkinci Aşama : 2.250.000 kişi eşdeğeri 450.000 m³/gün
 Üçüncü Aşama : 4.500.000 kişi eşdeğeri 900.000 m³/gün kapasitelidir.

Tesis prensip olarak Konvansiyonel Aktif Çamur metodu ile işletilmektedir. Ayrıca ileri arıtma (azot ve fosfat giderimi) için de tesiste yer tahsis edilmiştir. Proses akım şeması Şekil 2.3’de verilmiştir.(İSKİ rapor.,2010)

Çizelge 3.3. Tuzla biyolojik AAT giriş-çıkış parametreleri[Yıldız, 2010]

PARAMETRELER	GİRİŞ SUYU DEĞERLERİ(mg/l)	ÇIKIŞ SUYU DEĞERLERİ(mg/l)
AKM	516	27
KOİ	621	116
BOİ ₅	349	23
TOPLAM-N	45	9
TOPLAM-P	9	1,8



3.1.1.4. Arıtma Tesisi Üniteleri

- Giriş Yapısı ve Terfi Merkezi

Tuzla Sahil Tüneli ve Kemiklildere Tuzla Tüneli ile tesise -8.47 kotunda Pendik ve Tuzla yönlerinden gelen atıksular giriş yapısında iki noktadan tesise girer. Atıksular ilk olarak içerisindeki kaba katı maddelerin pompa ve diğer teçhizatlara zarar vermesini önlemek ve su içersinden uzaklaştırmak için taş tutucu ve kaba ızgaradan geçirilir. Giriş yapısında tutulan taşlar kepçeli tas tutma vinciyle yukarıya alınır, mekanik temizlemeli tırmıklarla çubuk aralığı 50 mm. olan kaba ızgaralarda tutulan katı maddeler, konveyör bantlarla konteynırlara boşaltılır. Kaba ızgaradan geçen atıksular -8.47 kotundan kapasitesi 5.275 m³/saat (1465 lt/s) olan terfi pompaları ile +12.86 kotuna terfi edilir. Terfi merkezinde 4 adet düşey milli ana atıksu pompası bulunmakta olup bu pompalar dönüşümlü olarak çalışmaktadır.

- İnce Iızgaralar ve Havalandırmalı Kum Tutucular

Terfi edilen atıksular içindeki küçük çaplı katı maddelerin alınması için çubuk aralığı 10 mm olan toplam 3 adet ince ızgaradan geçirilir Kaba atıklar zincir baklalarına monte edilmiş her biri 4 taraktan müteşekkil paletlerle sürekli sıyrılır. İnce ızgaralardan tutulan ve konveyör banda boşaltılan malzemeler burgulu preslerde sıkıştırılarak konteynere boşaltılır.

Havalandırmalı kum tutuculara gelen ızgaralardan geçirilmiş atıksu içindeki kum vs. inorganik malzemeler, yatay hızı 0.1m/sn olacak şekilde dört dakikalık bekletme süresi içinde, havuz tabanına çökelir. İki havuz üzerinde çalışan iki adet gezer köprüye monteli kompresörler ile air-lift sistemi ile emilen kum sudan ayrılmak üzere vidalı (helezonlu) kum ayırıcıya gönderilir.

Kum tutucu savaklardan geçen atıksu, parshall savağından geçerken debi ölçümü yapılır ve cazibe ile giderek ön çöktürme havuzlarını besleyen ters sifonlara girer.

- Ön Çöktürme Havuzları

Fiziksel arıtma sürecinin son kademesi ön çöktürme havuzlarıdır. Dikdörtgen kesitli havuzlarda takriben 2 saat bekletilen atıksulardan ayrılarak havuz dibine biriken çökebilir kati maddeler, çamur sıyırıcı köprülerle havuzların memba tarafındaki çamur çukurlarına toplanmakta ve bu çukurlara bağlı boru hatlarından emiş yapan pompalarla çamur yoğunlaştırma tanklarına iletilmektedir. Havuzun üstünde biriken köpük ve çöp, köpük pompaları ile dıştan akışlı döner tambur ızgaradan geçirilerek konteynırlara alınmaktadır. Böylece bu havuzlarda çökebilir kati maddelerini bırakan atıksu fiziki olarak arıtılmış olup, biyolojik arıtmaya hazır hale getirilmiştir. Ön çöktürme havuzlarında takriben % 50 AKM ve % 25 BOİ5 giderimi sağlanır. Ön çöktürme havuzlarında biriken çamurlar % 3.5 kati madde ihtiva etmektedir. Yoğunlaştırma tanklarına alınan çamur burada yaklaşık 26 saat bekledikten sonra dibe çöker ve tankların dibinden, pompalar vasıtasıyla çamur çürütme tanklarına basılır. Aynı şekilde bu ünite de bulunan mekanik yoğunlaştırıcılar ile de çamur, polielektrolit ilavesi ile yoğunlaştırılarak çamur çürütme tanklarına basılır.

- Havalandırma Havuzları

Ön çöktürme havuzlarından geçen atıksular cazibe ile 900 mm çaplı çelik borular ile havalandırma havuzlarına alınır. Toplam 14200 adet 24.5mm çaplı ince kabarcıklı seramik difüzör dört adet havuza yerleştirilmiştir. Bir havuzun içindeki difüzörlerin dağılımı şöyledir.

1.Bölge 960 Difüzör,2.Bölge 900 Difüzör,3.Bölge 960 Difüzör,4.Bölge 720 Difüzör.[İSKİ rapor, 2010]

- Aktif Çamur Tesisi

Aktif Çamur Proseslerinde suyun içindeki mikroorganizmalar, kısmen çözülmüş, kısmen asılı haldeki organik maddeleri hücrelerini kurmak ve enerji elde etmek için kullanırlar ve hızla çoğalırlar. Çoğalan mikroorganizmalar birbirine ve

suda asılı maddelere tutunarak yumaklar (floklar) teşkil ederler. Çöktürme işlemi son çöktürme havuzu içinde gerçekleştirilir. Tabana çökelen katı maddelere “aktif çamur” adı verilir. Aktif çamur, canlı mikroorganizmalardan ve onlara yapışmış asılı ve ipliksi maddelerden meydana gelir. Organik madde ne kadar çok mikroorganizma ile temas ederse aerobik (oksijenli) ayrışma o kadar hızlı cereyan eder. O sebeple son çöktürme havuzunda tabana çökelen aktif çamurların bir kısmı havalandırma havuzuna geri devrettirilerek sistem aşılır. Havalandırma havuzundaki katı madde konsantrasyonunun çok artmaması için fazla çamur sistemden uzaklaştırılır.

Çizelge 3.4. Havalandırma havuzu boyutlar [İSKİ rapor, 2010]

HAVALANDIRMA HAVUZLARI	
Havuz Sayısı / Hacmi / Yapısı	4 adet / 6.000 m ³ / Dikdörtgen Betonarme
Havuz Boyutları	Boy : 80 m – Genişlik : 14,7 m – Derinlik : 5 m
Havalandırma Havuzları Toplam Difüzör Sayısı / Çapı / Tipi	4 * 3.540 adet / 24,5 mm / Seramik (İnce Kabarcıklı)
Havalandırma Havuzu Bekletme Süresi	4 saat
Blower Sayısı / Gücü / Tipi - Markası	4 adet (3+1) / 360 kW / HB Turbo
Blower Debi Aralığı (0 °C)	14.100 – 6.345 Nm ³ /h (%100 - 45)
Blower Debi Aralığı (20 °C)	15.340 – 6.903 Nm ³ /h (%100 - 45)

- Son Çöktürme Havuzları

Havuzlarından savaklanarak çıkan atıksu 100 mm çaplı 151 adet orifis ile dikdörtgen kesitli Son Çöktürme Havuzlarına girer. Son çöktürme havuzlarında dibe çöken çamur, her bir havuzdaki 3 adet gezer köprü üzerinde bulunan dalgıç pompalarla tabandan emilir. Havalandırma tanklarındaki mikroorganizma konsantrasyonunu sabit tutmak amacı ile çamurun büyük bir kısmı tekrar havalandırma tanklarına geri devrettirilir. Fazla çamur flotasyon havuzlarına basılır.

5.44 saat bekletilen sular arıtılmış olarak çıkış savaklarından geçirilerek fontdüktül borular ile deşarj yapısına sevk edilir.

Çizelge 3.5. Son çöktürme havuzları teknik bilgiler (İSKİ rapor, 2010)

Son Çöktürme Havuzları	
Havuz Sayısı / Hacmi / Yapısı	4 adet / 7.182 m ³ / Dikdörtgen Betonarme
Havuz Boyutları	Boy : 140 m – Genişlik : 11,4 m – Derinlik : 4,5 m
Son Çöktürme Havuzu Bekletme Süresi	4,6 saat

- Flotasyon Havuzları

Son çöktürme havuzlarından alınan ortalama % 0.4-0.8 katı madde ihtiva eden aktif çamur fazlası, dikdörtgen kesitli flotasyon havuzları ile mekanik yoğunlaştırıcılara basılır. Flotasyon havuzlarında basınçlandırma tanklarında hava ile doyurulan çamurun yüzen kısmı ve köpükler üst sıyrıcılar ile, çöken kısmı ise alt sıyrıcılar yardımıyla toplanarak çamur çürütme tanklarına basılır. Mekanik yoğunlaştırıcılarda ise çamur, polielektrolit ilavesi ile yoğunlaştırılarak çamur çürütücülere alınmaktadır.

- Anaerobik Çamur Çürütücüler ve Metan Gazı Toplama Tankı – Atık Gaz Yakıcı

Flotasyon ve çamur yoğunlaştırma tanklarında yoğunlaştırılan aktif çamur ve ön arıtma çamurları, birincil anaerobik çamur çürütme tanklarına alınır. Burada spiral tip ısı değiştiricilerin yardımı ile tank içindeki çamurun sıcaklığı 35°C de sabit tutulur ve çamurun homojenliğini sağlamak için gaz sirkülasyon kompresörleri ve tank içinde 24 m uzunluğundaki 12 adet nozul vasıtasıyla karıştırma yapılır. Tank içindeki mezofilik iki tür bakteri grubunun (asit bakterileri ile metan bakterileri) faaliyetleri sonucu çamur çürütülerek biyogaz elde edilir. Üretilen gazın bir kısmı anaerobik prosesi sürdürmek üzere üniteye çalışan kazanlarda kullanılır. Diğer kısmı binaları ısıtmak için kullanılan servis kazanlarında kullanılmak üzere

depolanır. Fazla olan gaz atık gaz yakıcıda yakıcıda yakılır. Tanklarda 20 gün bekletilerek stabilize olan çamur ikinci çamur çürütme tanklarına alınır. İkinci çamur çürütme tanklarında çamur sudan ayrılır ve çürütme işlemi tamamlanır. Bu tanklarda çamur 10 gün bekletilir, duru su farklı seviyelerden çekilir, yoğunlaşan çamur, çamur susuzlaştırma ünitesine gönderilir.

Anaerobik Çamur Çürütme ile arıtma çamurları yapışkan ve kokulu bir karışımdan, kısmen kokusuz, susuzlaştırılabilir ve insan sağlığı için zararsız bir biçime getirilir.

Çizelge 3.6. Çamur çürütme tankları teknik bilgiler [İSKİ rapor, 2010]

ÇAMUR ÇÜRÜTME TANKLARI	
Birincil (Primer) Çürütücü Anaerobik Tank Sayısı / Hacmi / Yapısı / Tipi	4 adet / 8.600 m ³ / Çelik Sactan Silindirik / Kılask Gaz Karışıklı (Nozul Karıştırıcılı) Düz Tabanlı Tip
Birincil (Primer) Çürütücü Anaerobik Tank Boyutları	Yükseklik : 27,5 m – Çap : 20 m
İkincil (Sekonder) Çamur Çürütücü Sayısı / Hacmi / Tipi	2 adet / 8.300 m ³ / Çelik Sactan Silindirik
İkincil (Sekonder) Çamur Çürütücü Tank Boyutları	Yükseklik : 26,5 m – Çap : 20 m
Bio Gaz Depolama Tank Sayısı / Hacmi / Tipi	1 adet / 1.600 m ³ / Çelik Sactan Silindirik Kauçuk Balonlu
Atık Bio Gaz Yakıcı Sayısı / Kapasitesi	1 adet / 3.000 Nm ³ /h

- Çamur Susuzlaştırma Ünitesi

Yogunlaştırılmış çamur ikinci çürütme tankından çekilir ve santrifüje basılır. Çamurun suyunu daha kolay bırakmasını sağlamak için polielektrolit ilavesi yapılır. Polielektrolit ile karışan çamur santrifüjde suyunu bırakır ve çıkan çamur kekleri konveyör bantlar yardımıyla kapalı kasa kamyonlara yüklenerek düzenli katı atık depo alanlarına gönderilir. Santrifüjler ile %5 katı madde içeren çamurun katı madde muhtevası % 25'e çıkarılmaktadır.

Çizelge 3.7. Çamur susuzlaştırma ünitesi teknik bilgiler[İSKİ rapor, 2010]

ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA ÜNİTESİ	
Susuzlaştırıcı Sayısı / Kapasitesi / Gücü / Tipi	1 adet / 60 m ³ / h / 132 kW / Santrifüj
Susuzlaştırıcı Sayısı / Kapasitesi / Gücü / Tipi	2 adet / 60 m ³ / h / 110 kW / Santrifüj
Polielektrolit Hazırlama Ünite Sayısı / Hacmi	1 adet / 8 m ³
Polielektrolit Dozaj Pompa Sayısı / Kapasitesi / Basma Yüksekliği / Gücü / Tipi	3 adet / 0,3 – 5 l/s / 30 – 45 mSS / 5,5 kW
Susuzlaştırıcı Öncesi Çamur Depolama Tank Sayısı	1 adet / 110 m ³
Çamur Keki Silo Sayısı / Hacmi / Yapısı	3 adet / 30 m ³ / Çelik Saçtan Piramit Dipli Diktörtgen Prizma Yapısında

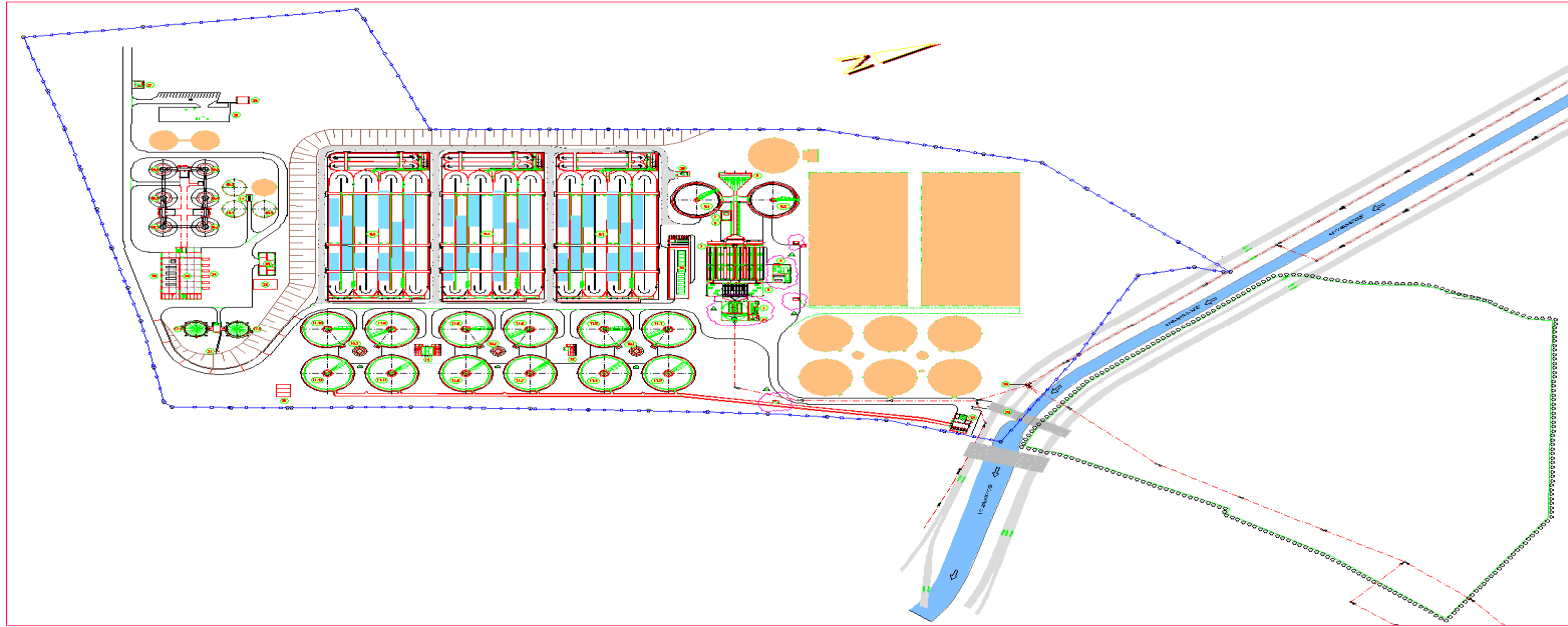
- Deniz Deşarjına Çıkış Yapısı ve Deniz Deşarjı

Son Çöktürme Havuzlarından gelen atıksular 2200 mm çaplı 976 m uzunluğunda kara boru hattından; 2203 m uzunluğunda 2200mm çaplı deniz deşarj hattına geçer ve arıtılmış sular denizin 46 m derinliğine deşarj edilir. Deniz deşarj akımının kesilmesi durumunda deniz suyunun difüzörlerden boru hattına geçişini önlemek amacı ile çekvalf gibi görev yapan membranli vanalar (tideks valf) ile teçhiz edilmiştir.

3.1.2. ATAKÖY ATIKSU ARITMA TESİSİ



Şekil 3.4. Ataköy biyolojik AAT



Şekil 3.5. Ataköy AAT yerleşim planı

3.1.2.1. TESİSİN GAYESİ

Bakırköy, Bahçelievler, Bağcılar İlçelerinin tamamı ile, Küçükçekmece ve GOP İlçelerinin bir bölümünden Ayamama ve Tavukçu Derelerine dökülerek Marmara Denizini kirleten atıksuların, kollektörler vasıtasıyla toplanarak Ataköy İleri AAT'ne ulaştırılıp burada ileri düzey arıtımı yapılarak çevreye zararsız bir şekilde deşarjının sağlanmasıdır.

3.1.2.2. PROSES RAPORU

Ataköy Biyolojik AAT (Şekil 2.4.,2.5), birinci aşamada 400.000m³/gün kapasite ile 1.600.000 nüfusun atıksularını karbon, azot, fosfor giderimi sağlanarak arıtacak, Tesiste enerji üretimi hedeflendiği için ön çöktürme tanklarından geçirecek, burada tutulan çamur, çürütücü tanklara verilerek biyogaz üretimi sağlanacaktır. Ayrıca tesisten çıkan çamur, kurutma ünitelerinde kurutularak çevreye zararsız hale getirilecektir. Tesis nihai olarak 600.000m³/gün kapasiteye çıkarılacak ve 2.500.000 kişiye hizmet verecektir. Tesisin nihai olarak kurulacağı alan 400.000 m² dir.[İSKİ rapor.,2010]

Çizelge 3.8. Ataköy biyolojik AAT giriş-çıkış parametreleri[Yıldız, 2010]

PARAMETRELER	GİRİŞ SUYU DEĞERLERİ(mg/l)	ÇIKIŞ SUYU DEĞERLERİ(mg/l)
AKM	500	35
KOİ	600	125
BOI ₅	300	25
TOPLAM-N	60	10
TOPLAM-P	8	3

3.1.2.3. ARITMA TESİSİ ÜNİTELERİ

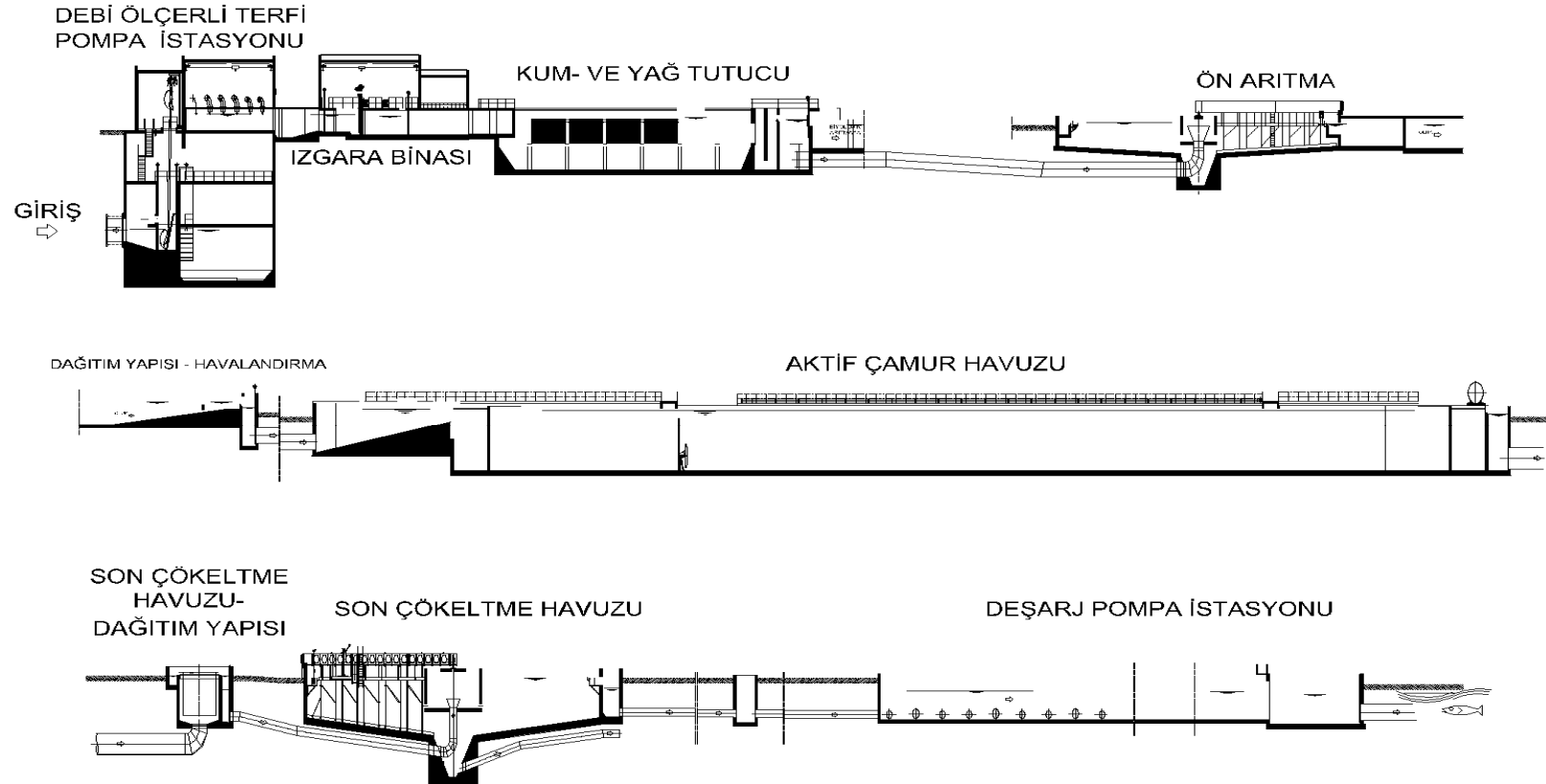
- Dolu Savak Yapısı

Atıksu, Ayamama Deresi boyunca kuzeyden gelen 2800 mm çapındaki atıksu kollektörü, güneyden gelen 1000 mm çapındaki atıksu hattı ve doğudan gelen 2400 mm çapındaki atıksu kollektörü ile Dolu Savak yapısına alınmaktadır. Tesise, maksimum 780.000 m³/gün atıksu alınarak; yağışlı havalarda feyezan debisi Ayamama Deresi'ne savaklanmaktadır. Tesis akım şeması Şekil 2.6.'da verilmiştir.[İSKİ rapor.,2010]

- Giriş Terfi Pompa İstasyonu

Dolu Savak yapısından 2400 mm çapındaki kollektör ile gelen atıksu, - 5,23 m akar kotundan Giriş Terfi Merkezi'ne alınmaktadır. Öncelikle ızgara aralığı 50 mm olan mekanik temizlemeli kaba ızgaradan geçirilmektedir. Kaba ızgaralar terfi istasyonundaki pompaların çalışmasını etkileyecek olan iri malzemelerin tutulmasını sağlar. Kaba ızgaralar otomatik temizlemeli olarak çalışacak ve ızgarada tutulan atıklar bir konveyör ile konteynere aktarılmaktadır. Konteynerde biriktirilen atıklar gezer vinç ile bir kamyonu yüklenerek uzaklaştırılmaktadır.

Izgaralardan geçen atıksu, pompa emiş haznesine gelerek herbiri 1160 l/s kapasiteli 5+1 adet ve herbiri 650 l/s kapasiteli 2+1 adet giriş pompaları tarafından tesise basılmaktadır.



Şekil 3.6. Ataköy AAT akım şeması

- Ön Arıtma Üniteleri

Ön arıtma üniteleri 780.000 m³/gün maksimum debiye göre inşa edilmiştir. Giriş terfi merkezinden basılan atıksu, çubuk aralığı 10 mm olan mekanik temizlemeli ince ızgaradan geçmektedir. İnce ızgaralar atıksu içerisinde arıtma prosesine veya arıtma ekipmanlarına zarar verecek ekipmanların tutulmalarını sağlar. Otomatik olarak çalışan, toplam 9 adet ince ızgaralarda toplanan atıklar, bantlı konveyörle ızgara atıkları presine iletilmektedir. Buradan da konteynere alınarak uzaklaştırılmaktadır. İnce ızgaralardan geçen atıksuyun bir kısmı, herbiri 2 kanala sahip 3 adet kum tutucu yapısına girmektedir. Kum tutucular, ince kabarcıklı difüzörlerle donatılmıştır. Her biri 1000 Nm³/saat kapasiteli 6+1 adet blover kullanılmaktadır. Kum tutucuya, yatayda hava verilerek kum taneciklerinin helezonik hareketle tabana çökmesi, yağ ve köpük gibi malzemelerin yüzdürülmesi sağlanır.

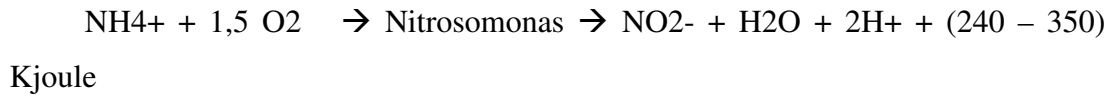
Kum tutucu havuzları dibine çöken kum, gezer köprü üzerine monte edilen dalgıç pompalar vasıtasıyla sürekli olarak kum uzaklaştırma kanalına pompalanmaktadır. Kanaldaki kum-su karışımı cazibeli akımla kum ayırma bunkerine girmektedir. Susuzlaştırılan kum, konteynerlere atılarak bertaraf edilmektedir.

Atıksuyun bir kısmı kum tutuculardan 2 adet Ön çöktürme havuzlarına alınarak; burada çöken primer çamur, çamur ünitelerine pompalanmaktadır. Ön arıtma sonrası atıksular, Dağıtım Yapısında debisi ölçülüp Biyolojik Arıtmaya alınmaktadır. Ölçülen debi, tesiste çalışacak teçhizatların kapasitesinin ayarlanması için kullanılmaktadır.

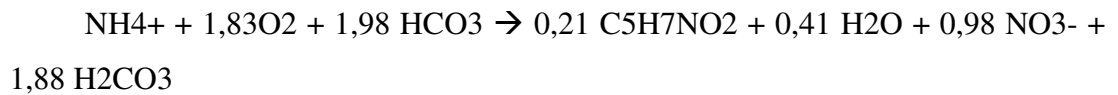
Çizelge 3.9. Ön arıtma üniteleri teknik bilgiler[İSKİ rapor, 2010]

İnce ızgara sayısı / çubuk aralığı	9 adet /10 mm
Kum tutucu havuz boyutları	Boy:40 m / Derinlik:6.5 m / Genişlik:4 m
Kum tutucu havuz adedi / hacmi	6 adet X 712 m ³
Kum tutucu havuz bek.süresi	10 dak.
Kum tutucu havuz blowerları adedi /	6+1 / 1000Nm ³ /sa

Biyolojik arıtma işlemi 3 paralel Aktif Çamur Havuzun'dan oluşmaktadır ve havuzlar sürekli bir akış olacak şekilde dizayn edilmiştir. Karbon ile azot oranının uygun olmaması nedeniyle 2 kademeli besleme yöntemi seçilmiştir. Böylelikle atıksudaki karbon kaynağı kademeli olarak dağıtılmış olur. Aktif çamur geri devir ile anaerobik reaktöre verilir. Bu sistemde BioP Havuzu ile birinci kademe havuzlarında AKM yoğunluğu yüksek olmakta böylece toplam reaktör hacmi optimize edilmektedir. Biofosfor ünitesinden sonra aktif çamur- atıksu karışımı, birinci kısımdaki denitrifikasyon ve nitrifikasyon havuzlarına girmektedir. Nitrifikasyon aşamasında amonyağın atıksudaki serbest oksijeni (blower ile hava verilmek sureti ile) kullanarak nitrosomonas bakterileri tarafından önce nitrite (NO₂), daha sonra nitrobakterler tarafından nitrata (NO₃) dönüştürülmesi sağlanır. Nitrifikasyon ünitesinde optimum oksijen konsantrasyonunun 2 mg/l olması gerekmektedir. Nitrifikasyon bakterileri (nitrosomonas ve nitrobakter) zorunlu aerob bakteriler olup uzun süre çözülmüş oksijen yokluğunda ölmektedirler. Bu bakteriler ototrof bakterilerdir. Nitrifikasyonda karbon kaynağı olarak (CO₂) ve bikarbonat (HCO₃) kullanırlar.



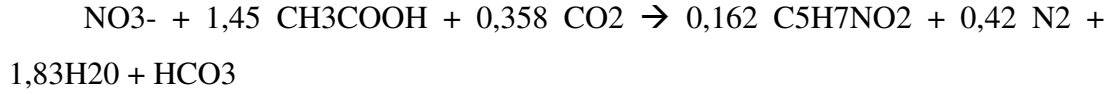
Nitrifikasyonda tüm hücre sentezi ve oksidasyon için genel denklem:



Giderilen her NH₄N için yaklaşık 4,2 gr O₂ harcanmaktadır. Nitrifikasyonu etkileyen faktörler; substrat konsantrasyonu, çözülmüş oksijen konsantrasyonu, PH, alkalinite, sıcaklık ve toksiditedir.

Nitrifikasyon kademesinden sonra oluşan nitratin giderilmesi için nitratin bir anoksik kademeye taşınması gerekmektedir. Bunu için nitrat iç sürkülasyon pompaları ile anoksik kısma taşınır. Prosesin bu aşamasında oksijen yokluğunda

heterotrof bakterileri nitratin bağı oksijenini kullanarak oksitlemeleri sonucu moleküler azota (N₂) dönüştürülerek azot giderimi sağlanmaktadır. Denitrifikasyon prosesinde karbon kaynağı olarak metanol, glikoz, asetik asit gibi organik bileşikler kullanılmaktadır.



Çizelge 3.10. Aktif çamur havuzu teknik bilgileri[İSKİ rapor.,2010]

AKTİF ÇAMUR HAVUZLARI	
Havuz sayısı/hacmi	3 adet / 80,000 m ³
Havuzdaki difüzör sayısı/çapı	44800 adet /9"
Blower sayısı/debi	11+1 adet /20.000 Nm ³ /sa

- Son Çöktürme Havuzları

Son çöktürme işleminin rolü suyun havalandırma tankında elde edilen kolodial aktif çamurdan ayrılmasıyla birlikte yer çekimiyle çamurun çöktürülmesidir. Havalandırma havuzlarından çıkan atıksu, her biri döner yarım köprülü sıyrıcılarla teçhiz edilmiş, dairesel çöktürme tankına verilir. Çöken çamur dip sıyrıcılar ile yönlendirilerek, ortadaki çamur toplama konisinden geri devir terfi merkezine cazibeyle alınır. Döner köprüler üzerindeki yüzey sıyrıcılar, yüzeyde biriken köpüğü cazibeyle köpük toplama haznesine taşımaktadır. Köpük buradan bir dalgıç pompa aracılığıyla çamur depolama tankına basılmaktadır. Arıtılmış su, tek savaklı çıkış savaklarından geçerken, döner köprü üzerindeki tahrikli bir fırçayla kanalın temizlenmesi sağlanmaktadır.

Çizelge 3.11. Son çöktürme havuzları[İSKİ rapor.,2010]

SON ÇÖKTÜRME HAVUZLARI		
Çökeltme süresi:	2.5	h
Çamur hacmi endeksi:	100	ml/g
Dip Çamuru	13.60	kg/m ³

Her bir tank için gerekli çap:	44	m
Son çökeltme tank adedi	12	adet
Son çökeltme tanklarının hacmi	7 420	m3

- Geri Devir Pompa İstasyonu

Son çöktürme havuzlarında, cazibeyle dağıtım ve geri devir yapısına gelen çamur, biyolojik fosfor ünitesinde basılarak sisteme yaklaşık %83 geri devir oranında devredilmektedir. Sistemden uzaklaştırılacak fazla çamur bu ünite üzerinden çamur ünitelerine iletilmektedir.

- Çamur Yoğunlaştırıcılar

Ön Çöktürme Havuzundan gelen primer çamur 2 adet santrifüj tip çamur yoğunlaştırıcıdan geçerek ham çamur depo tankına gelmektedir. Ayrıca Son Çöktürmelerden gelen fazla çamur 9 adet santrifüj tip çamur yoğunlaştırıcıdan geçerek ham çamur depo tankına gelmektedir. Bu santrifüj yoğunlaştırıcılar ile katı madde oranı %6 'ya çıkarılarak, ham çamur depo tankından 4 adet ham çamur pompası ile Çamur Çürütme Tanklarına pompalanmaktadır.

- Çamur Çürütme Tankları

Çamur Çürütme üniteleri, her biri 10.000 m3 hacme sahip olan 6 adet betonarme silindir tanktan oluşmaktadır. Bu tanklarda anaerobik olarak çamur stabilizasyonu sağlanarak ve bunun neticesinde çamur hacminde azalma olmakta, ayrıca biogaz elde edilmektedir. Çıkan biogaz iki adet gaz tankında depolanmaktadır. Ayrıca stabilize olan çamur, kurutma ünitelerine gönderilmek üzere çamur depo tankına alınmaktadır. Tanklarda bulunan çamurun karıştırılması burada oluşan gaz ile sağlanmaktadır.

Anaerobik ortamda farklı mikro organizma türleri tarafından kompleks organik bileşiklerin (hidrokarbonlar ve proteinler) önce basit organik bileşiklere (şekerler ve aminoasitler) hidrolizi, daha sonra asit bakterileri tarafından yağ asitlerine, metan

bakterileri tarafından da metan ve karbondioksit'e dönüştürülmesidir. Çürümeye işlemi 37 oC de gerçekleşen bir mezofilik kademedir. Isıtma işlemi, hem kurutma sisteminden temin edilen ısıtma suyunun çamura direkt temas ettirilmesi, hem de kojenerasyon ünitesinden temin edilen sıcak suyun eşanjörlerden indirekt temasıyla sağlanır.

- Çamur Depolama Havuzu

Çamur susuzlaştırma ve kurutma ünitelerinde sorun olduğu takdirde ortalama 7 günlük problemi tolare edebilecek olan toplam 20.000 m³ kapasiteye sahip 2 adet çamur depolama tankı bulunmaktadır.

- Çamur Susuzlaştırma Ünitesi

Tesisin çamur susuzlaştırma ekipmanları santrifüj tipte olup(6 adet), sistemdeki çürümüş çamur direkt susuzlaştırma işlemine tabi tutulabilmektedir. Böylece sistemdeki ortalama %4~%6'lık çamur %25'lik çamur keki halinde getirilerek çamur kurutma ünitesine alınmaktadır.

- Çamur Kurutma Ünitesi

Çamur kurutma ünitesinde, kuru madde içeriği %25 olan biyolojik çamurun, kuru çamur yani %90 seviyesinde kuru malzemeyle çevrilmesi sağlanmaktadır. Islak çamurda bulunan bu fazla nem, 6 adet çamur kurutucu ile ısı transferi vasıtasıyla buharlaştırılmaktadır. Her biri 100 ton/gün ıslak çamur kurutulabilecek kapasitede olan kurutuculara gerekli olan ısı, kojenerasyon ünitesinden elde edilen kızgın yağ ile sağlanmaktadır. Kurutucular disk tip kurutucu olup bu alanda kullanılan en dayanıklı ve güvenilir yapıdaki ekipmanlardandır. Her bir kurutucunun içine iletilen ıslak çamur, içinden kızgın yağ geçen kurutucu tambur içindeki diskler ile temas edilerek ısınmaya başlar. Isınma sonucu çamurun su içeriği buharlaşarak çamur kurutma işlemi gerçekleşmiş olur. Kurutma sonrası oluşan buhar çürütücü öncesi %6 lık çamurun kondansatörde direkt ısıtılmasında kullanılmaktadır. Böylece ısı kaynağı ile ıslak çamur temas etmeden indirekt olarak kurutulur. İndirekt kurutma prensibi

sayesinde patlama riskleri ortadan kalkar ve kapalı devre sistem kurutmada kullanılan ve kirlenen hava-buhar miktarı önemli oranda azaltılır. Kurutma sayesinde pek çok açıdan hem çevresel hem de ekonomik bir sorun olan ıslak atıksu arıtma çamurunun taşınması ve depolanması problemleri ortadan kalktığı gibi, gübre ya da yakıt olarak kullanabilecek ekonomik olarak değerli kurutulmuş bir ürün de ortaya çıkmış olmaktadır. Bu sayede günlük olarak değerli kurutulmuş bir ürün de ortaya çıkmış olmaktadır.

- Koku Ünitesi

Tesiste kokun kaynağı olabilecek ünitelerden her biri 65.000 m³/sa kapasiteli 2 adet ve her biri 10.000 m³/sa kapasiteli 2 adet fan ile toplanan hava, 2215 gr/sa kapasitede 2 adet ozon ünitelerinde koku giderimine tabi tutulmaktadır.[İSKİ rapor.,2010]

- Labaratuvar ve Atölye Binası

Labortuvar ile işletme binası ortak inşaa edilmiştir. Yapının laboratuvar kısmında gravimetrik, volumetrik, titrimetrik, ve spektrofometrik tüm analizlerin yapılabilirdiği kimya bölümü, tartım odası, kimyasal, cam malzeme deposu, ofis yer almaktadır.

Labortuvarlarda ayrıca tesise gelen kolektörlerin veya herhangi bir atıksuyun karakterizasyonu, İSKİ Kanala Deşarj Yönetmeliği'nde yer alan parametrelerin analizi, deşarj edilen suyun alıcı ortam olan Ayamama Deresi'ne, Çevre Bakanlığı SKKY Kalite Sınıflarında belirtilen parametrelerin analizi ile ayrıca arıtılan suyun geri kazanımı çalışmaları için gereken fiziki ölçümler, kimyasal parametreler, yapılmaktadır.

Ayrıca tesisin işletmesi ile ilgili laboratuvarlarda, tesis giriş atıksuyunda ve arıtılmış çıkış suyunda günlük olarak AKM, KOİ, BOİ₅, toplam azot, amonyak azotu, toplam fosfor, orto-fosfat, çamur hacim indeksi, pH, sıcaklık, iletkenlik ve oksijen konsantrasyonu belirlenmekte ve tesis verimi kontrol edilmektedir. Ayrıca günlük olarak proses kontrolü amacıyla havalandırma havuzlarının kaskatlarında

AKM, UAKM, çamur hacmi, pH ve sıcaklık parametreleri kontrol edilmekte, haftada bir gün de NO₂-N ve NO₃-N konsantrasyonları belirlenmektedir.

Tesisin çamur ünitelerinin kontrolü amacıyla ise geri devir çamuru ve fazla çamurun katı madde konsantrasyonları, çamur susuzlaştırma dekantörlerinin giriş ve çıkış katı madde konsantrasyonları ve kurutucu çıkış ürünü kuruluğu günde üç kez kontrol edilmektedir. Ayrıca laboratuvar personeli tarafından, online takip edilen pH, NO₃-N, ORP, oksijen ve iletkenlik ölçüm ekipmanlarının ayda bir kez kalibrasyonu yapılmaktadır. Tüm elde edilen veriler günlük, haftalık ve aylık raporlar halinde düzenlenmektedir. İşletme koşullarının gerekliliklerine ve ihtiyaçlarına tam olarak karşılık verecek şekilde mekanik ve elektrik atölye binası inşa edilmiştir.

- Enerji Temini ve Kojenerasyon

Tesis, Veliefendi İndirici Merkezi'nden 34.5 kV'luk orta gerilim besleme hattı ile Bakırköy Bedaş İşletme Müdürlüğü tarafından beslenmektedir. Tesiste 4 trafo merkezi bulunmakta olup, bu merkezler arasındaki ring sistemi sayesinde herhangi iki merkez arasındaki besleme hattında oluşabilecek bir sorundan dolayı ilgili merkezlerin enerji kesintisine uğrama ihtimali ortadan kaldırılmıştır.

Tesiste toplam 8 adet (4 asıl, 4 yedek) 34.5/ 0.4 kV 4000 kVA ve 2 adet (1 asıl, 1 yedek) 34.5/ 0.4 kV 1500 kVA trafo kullanılmaktadır. Yedekli çalışma mantığı sayesinde herhangi bir trafo arızası nedeniyle oluşacak enerji kesintisi ihtimali de bertaraf edilmiştir.

Tüm tesisin enerji ihtiyacı ve aynı zamanda kurutma ünitesindeki termal enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla Gaz Türbini tipi kojenerasyon ünitesi kurulmuştur. Gerekli elektrik enerjisinin üretilmesi için doğalgaz ve atıksudan elde edilen biyogazı yakabilen 4.6 MW gücünde 2 adet Gaz Türbini kullanılmaktadır. Bu gaz türbinleri sayesinde tesisin ihtiyacı olan elektrik enerjisi elde edilirken, ısı eşanjörleri ve buhar kazanı sistemleri yardımıyla da türbinlerin yüksek ısıdaki atık egzost gazı değerlendirilerek tesise termal enerji sağlanmaktadır. Böylece hem doğalgaz ve atıksudan elde edilen biyogaz yakılarak üretilen elektrik enerjisi için ayrıca para verilmeyecek hem de çamur kurutmak için atık ısı kullandığından, çamur kurutma

işlemi için gereken ısııl enerji masrafının önüne geçilmiş olmaktadır. Bu sistem, özellikle ürettiği elektrik enerjisine ek olarak yüksek termal enerji ihtiyacını da karşıladığından, elektriksel ve ısııl enerji ihtiyacı fazla olan uygulamalarda büyük bir avantaj teşkil etmektedir.

3.1.3. PAŞAKÖY ATIKSU ARITMA TESİSİ



Şekil 3.8. Paşaköy AAT

3.1.3.1. Tesisin Kuruluş Gayesi

Ömerli Barajı; İstanbul'un su kaynakları arasında çok önemli bir yere sahiptir. Ömerli Havzası'nda yer alan ve yetersiz altyapıya sahip, kontrolsüz kentleşmenin etkilerinden baraj gölünü korumak ve gelecekte de bu su kaynağından verimli olarak yararlanabilmek gayesiyle Paşaköy Biyolojik AAT 2000 yılında 100.000 m³/gün'lük arıtma kapasitesi ile işletmeye alınmıştır.

Arıtma tesisi; Ömerli Su Havzasında, Sultanbeyli, Sancaktepe (Sarıgazi, Samandıra, Yenidoğan) ve kısmen Çekmeköy (Alemdağ ve Sultançiftliği) ilçelerini içine alan yaklaşık 10732 hektarlık alandan kaynaklanan, geçmişte Ömerli barajına dökülen atıksuları arıtmaktadır. Atıksular, ileri biyolojik arıtma sistemiyle alıcı ortam deşarj standartlarına uygun arıtılarak 6 km uzunluğunda bir tünel vasıtası ile Riva

Deresi'ne deşarj edilmekte ve bu yolla Karadeniz'e ulaştırılmaktadır. Böylece İstanbul'un en önemli su kaynaklarından biri olan Ömerli Barajı kirlilikten korunmaktadır. Arıtma tesisi, nihai kapasitede 2.500.000 kişilik bir nüfustan kaynaklanan ve 500.000 m³/gün debiye sahip atıksuları arıtacaktır.

2004-2005 yıllarında yapılan planlama çalışmaları neticesinde tesisin atıksu topladığı bölgede gerçekleşen yapılaşma ve nüfus artışına paralel olarak tesisin 2. ünite inşaatının yapılması gerekliliği ortaya çıkmış, bunun üzerine 08 Şubat 2007 tarihinde inşaat başlatılmıştır. 500.000 kişilik atıksu yüküne göre hizmet verecek olan 2. kademe tesis inşaatı 2009 yılı başında tamamlanarak işletmeye alınmıştır. Böylece tesisin toplam arıtma kapasitesi iki kat artırılmıştır.[İSKİ rapor, 2010]

Ayrıca 2. kademe tesis kapsamında;

*Çamur Kurutma

*Kojenerasyon

*Bio Filtre(Koku kontrol)

*UV Dezenfeksiyon üniteleri tesis edilmiştir.

3.1.3.2. Proje Kriterleri

Tesiste biyolojik nütrient giderimi prensibine göre, atıksuda bulunan karbonun yanı sıra, su kaynaklarında kirliliğe yol açan azot, fosfor gibi besi maddelerinin de giderilmesini sağlamaktadır.Tesis proje kriterleri Çizelge 2.12.'de verilmiştir.[İSKİ rapor, 2010]

Çizelge 3.12. Paşaköy biyolojik AAT'nin proje bilgileri

	I. TESİS	II. TESİS	Nihai
Maksimum debi	125.000 m ³ /gün	125.000 m ³ /gün	
Proje debisi	100.000 m ³ /gün	100.000 m ³ /gün	
Eşdeğer nüfus	500.000 kişi	500.000 kişi	
İşletmeye başlama yılı	2000	2009	

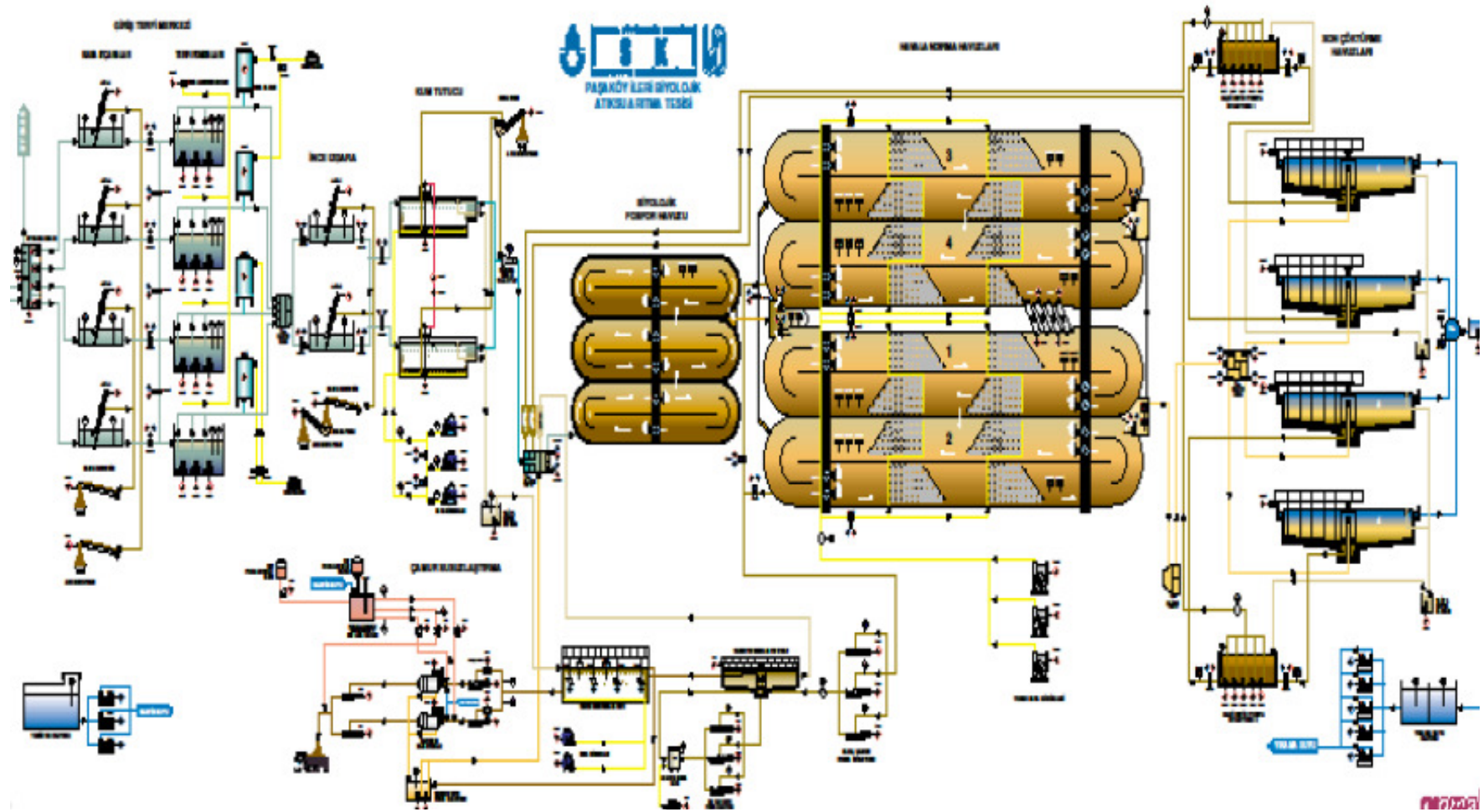
Nihai debi			500.000 m3/gün
Nihai eşdeğer nüfus			2.500.000 kişi
Tesis alanı			507.0

3.1.3.3. Preses Açıklaması

Yüksek miktarda askıda katı madde ve çözünmüş kirletici organik-inorganik maddeler ihtiva eden atıksu fiziksel - biyolojik atıksu arıtma tesisinde arıtılır. Bu proses ön arıtma, biyolojik olarak fosforun bertaraf edilmesi, denitrifikasyon, nitrifikasyon ve son çöktürme aşamalarını içerir. Gerekli olan biyolojik arıtma anaerobik, anoksik ve aerobik bölgelerden, çökeltme tanklarından, geri dönüş ve fazla çamur pompa istasyonlarından ve blower binasından oluşmaktadır. Fazla çamurun uzaklaştırılması ise direkt susuzlaştırma ve çamur kurutma ünitelerinden oluşmaktadır. Ayrıca sisteme gerekli elektrik ve ısı enerjisini temin etmek için Kojenerasyon ünitesi kurulmuştur. Tesiste koku giderimi Biyofiltre ile gerçekleştirilmektedir. Arıtılmış çıkış suyu kum filtrasyonu sonrası UV teknolojisi ile dezenfekte edilmektedir.

Çizelge 3.13. Paşaköy biyolojik AAT giriş-çıkış parametreleri[Yıldız, 2010]

PARAMETRELER	GİRİŞ SUYU DEĞERLERİ(mg/l)	ÇIKIŞ SUYU DEĞERLERİ(mg/l)
AKM	247	9
KOİ	422	28
BOI ₅	184	7
TOPLAM-N	42	6
TOPLAM-P	7	3



Şekil 3.9. Paşaköy biyolojik AAT arıtım şeması[İSKİ rapor,2010]

3.1.3.4. Arıtma Tesisi Üniteleri

- I.Su Alma Yapısı

Su alma yapısı kanalıyla Paşaköy deresinden ve kolektör hatalarından alınan atıksu, kaba ızgara giriş yapısına alınmaktadır. Bu yapı; atıksuyun giriş terfi merkezine kontrollü olarak verilmesi amacıyla sürgülü kapaklarla donatılmıştır. Tesiste herhangi bir arıza olması veya yağış mevsiminde proje debisi üzerinde su gelmesi durumunda, atıksuyun by-pass hattına yönlendirilmesi için bu kapaklardan yararlanılmaktadır.

- Giriş Terfi Merkezi ve Terfi Hattı

By-pass yapısından gelen atıksu, ilk olarak içerisindeki kaba katı maddelerin pompa ve diğer teçhizatlara zarar vermesini önlemek için mekanik temizlemeli kaba ızgaradan geçirilmektedir. Kaba ızgaralar otomatik temizlemeli olarak çalışmakta, tutulan atıklar bir konveyör ile konteynere boşaltılmak suretiyle ve uzaklaştırılmaktadır. Kaba ızgaralarda herhangi bir arıza veya bakım durumunda bakım yapılan kısımdaki sürgülü kapak kapatılarak diğer hattın kapakları açılmaktadır. Atıksu kaba ızgaralardan geçerek pompa haznesine gelmekte ve haznelerdeki ıslak tip dalgıç pompalar tarafından arıtma tesisine terfi ettirilmektedir. 6 ana giriş pompasından beşi asıl biri yedek olarak konumlandırılmıştır. Sabit ve değişken debili dalgıç pompalar hazne içine monte edilen ultrasonik tip seviye ölçerlere bağlı olarak çalışmaktadır. Terfi hattı iki adet 1200 mm çelik borudan imal edilmiş olup, terfi yüksekliği 39 m'dir.

- İnce Iızgaralar ve Havalandırmalı Kum Tutucu

Terfi edilen atıksu dağıtım yapısı kanalıyla iki adet kum tutucu üniteye yönlendirilir. 1. Kademe kum tutucuda iki adet, 2. kademe tesiste üç adet ince ızgara ve kanalı mevcuttur. Terfi edilen atıksu ince ızgaralardan geçerken, kaba ızgaradan geçebilen daha küçük boyuttaki katı maddeler de tutulmuş olur. Iızgaralar kanallara yatayla 70 derece açı yapacak şekilde monte edilmiş olup, çubuklar dikdörtgen

kesittir. İnce ızgaralarda tutulan malzemeler bantlı konveyörle, ızgara atıkları preslerine iletilerek konteynere boşaltılır.

İnce ızgaralardan geçen atıksu kaba kabarcıklı difüzör borularla donatılmış olan kum tutucu yapısına girmektedir. Hava, blower odasında bulunan blowerlardan temin edilmektedir. Kum tutucu havuzları dibinde çöken kum, gezer köprü üzerine monte edilen dalgıç pompalar vasıtası ile kum ayırma hunisine (bunker) aktarılmakta ve buradan konteynere boşaltılmaktadır. Ayrıca yüzeyde biriken yağlar yine köprü üzerindeki yüzey sıyrıcı ile sıyrılıp, bir köpük haznesine alınır ve buradan köpük pompaları yardımı uzaklaştırılır. 2. Havalandırmalı Kum tutucu ünitesinde uzaklaştırma işlemi döner tambur ızgaralardan geçirilerek yapılmaktadır. Bu işlemler sonrasında atıksu içerisindeki yüzebilir katı maddeler, kum ve yağlar tamamen ayrıştırılır. Bu işlemlerden sonra atıksular, debi ölçümü için parshall savağından geçirilmektedir. Bu ölçüm tesiste çalışacak teçhizatların kapasitesinin ayarlanması için kullanılır. Her iki ünitenin ızgara kanalları kendi aralarında entegre olduğu gibi, gelen debiye göre ünitelerden gerekli görüleni devre dışı bırakılabilmektedir.

- Biyolojik Fosfor Giderme Üniteleri

İki adet Bio-P ünitesi mevcut olup, her biri seri bağlı 3 havuz şeklinde dizayn edilmiştir. 2. Bio-P ünitesinde, 1. üniteden farklı olarak havuzlarının girişinde ve havuzlar arasında bulunan motorlu kapaklarla her bir havuzun diğerinden bağımsız çalıştırılması mümkün olmaktadır.

Atıksular ince ızgara ve kum tutucu ünitelerden sonra ortak toplama-dağıtım yapısına gelmekte, burada geri devir çamuruyla karıştırılarak istenilen biyolojik fosfor ünitesine yönlendirilmektedir. Biyolojik fosfor giderimi iki kademedir: elektron alıcısız (anaerobik) ortamda fosfor salınımı ve elektron alıcısı varlığında (anoksik ve oksik tanklar) salınan fosforun aşırısının depolanması. Fosfor salınımının gerçekleşmesi için giriş suyundaki kolay ayrışabilir çözünmüş organik karbonun hücre içinde depolanması gerekmektedir; elektron alıcısı bulunduğunda mikro organizma faaliyetlerinin devamı için depo karbonu kullanılacak ve yeniden ATP üretimi için aşırı fosfor depolanması gerçekleşecektir.

Havuzlarda çökmeyi ve çökelmeyle oluşacak ölü bölgeler nedeniyle hacim kayıplarını önlemek, istenilen akım karakteristiğini sağlamak amacıyla, tabanda 0,3 m/s hız sağlayacak şekilde dalgıç mikserler bulunmaktadır. Havuzlardaki anaerobik şartların devamlılığı, her bir havuza yerleştirilen redoks metrelerle oksidasyon redüksiyon potansiyeli ölçülerek izlenmektedir. Aynı zamanda, havuz girişinde oksijen konsantrasyonunun sıfır olması istenmektedir; girişteki oksijen konsantrasyonunu ölçmek amacıyla ilk havuzda bir adet oksijen metre bulunmaktadır.

2. Bio-P ünitesi çıkışında, 1 Bio-P ünitesinden farklı olarak debi ölçümü amacıyla, dikdörtgen savaklı bir debi ölçüm kanalı bulunmaktadır. Kanal tipi debimetre ile proses debisi anlık olarak izlenmektedir. Bio-P ünitesi teknik bilgiler Çizelge 2.14.'te verilmiştir. [İSKİ rapor, 2010]

Çizelge 3.14. Bio-P ünitesi teknik bilgiler

Bio-P ünitesi sayısı / hacmi	2 adet; toplam 8190 ~ 6753 m ³
Bio-P havuzu sayısı	6 adet
Bio-P havuzu su yüksekliği	5 m
Bio-P havuzu bekleme süresi	1,1 ~ 0,9 saat

- Havalandırma Üniteleri

Atıksu, Bio-P havuzlarından proses (havalandırma) ünitelerine alınmaktadır. Proses üniteleri, atıksu debi ve yüküne göre ünitelerden birisi devre dışı bırakılabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Her bir proses ünitesi havuzları oksik (havalı) ve anoksik (bağlı oksijenli) kısımları bulunan, seri bağlı 4 havuz olarak projelendirilmiştir. 2. proses ünitesinde bulunan 4 adet havuz gerektiğinde birbirinden bağımsız çalıştırılabilecek şekilde düzenlenmiştir.

Biyolojik arıtma, nitrifikasyon ve denitrifikasyon olarak iki kademedeyi gerçekleştirilmektedir. Nitrifikasyon için gerekli hava miktarı sağlanarak giriş suyundaki amonyum azotu nitrat azotuna çevrilmekte ve oluşan nitrat biyolojik

oksijen ihtiyacı (karbon) giderimi için elektron alıcısı olarak kullanılmaktadır. Normal şartlar altında 1. havuzun tamamı ve 2. havuzun yarısı anoksik bölge olarak kullanılacaktır; Her tankta AKM'nin çökmesini önlemek, hava kabarcıklarının yolunu uzatarak havalandırma verimini artırmak ve homojen karışım sağlamak üzere muz tipi karıştırıcılar monte edilmiştir. Proses ünitesi kanallarının her birine, havalandırma için ince kabarcıklı membran difüzörler yerleştirilmiştir. Hava, blower binalarında bulunan blowerdan temin edilmektedir. Her kanala verilecek hava miktarı motorlu kelebek vana ile ayarlanarak, tanklardaki çözünmüş oksijen seviyesi önceden belirlenmiş seviyede tutulmaktadır. Havuzlardaki anoksik-oksik şartları izlemek amacıyla, havuzlara redoks metreler ve oksijen metreler yerleştirilmiştir. Tesiste 4'lü havuzların ortasında iç resirkülasyonu sağlamak, nitrifikasyon sonucu oluşan nitratlı suyu anoksik bölgeye aktarmak amacıyla Resirkülasyon pompaları monte edilmiştir. Havalandırma ünitesinden sonra aktif çamur, istenilen son çöktürme ünitesine yönlendirilmektedir.(Havalandırma ünitesi sayısı / hacmi:2 adet/ 44.000 ~80000 m³-,Havalandırma havuzu sayısı:8 adet)

- **Blower(Hava Körükleri) Binası**

2 adet Blower binasında, havalandırma havuzlarındaki hava ihtiyacını karşılayan toplam 10 adet blower bulunmaktadır. Havalandırma sistemi otomasyon ile kontrol edilmektedir. Otomasyon sisteminde motorlu kelebek vanalar, her bir havuzda bulunan oksijen ölçer değerine göre açma kapama yapmaktadır.

- **Son Çöktürme Üniteleri**

Son çöktürme işleminin rolü suyun havalandırma tankında elde edilen kollodial aktif çamurdan ayrılması ile birlikte yerçekimi ile çöken çamurun toplanması ve bertaraf edilmesidir.

Havalandırma ünitelerinden çıkan atıksu, istenilen son çöktürme ünitesine verilebilmektedir. Son çöktürme ünitelerindeki dairesel havuzlar dip ve yüzey sıyrıcılı döner yarım köprülerle teçhiz edilmiştir. Bu köprüler işletme süresince sürekli çalışmakta, çöken çamur dip sıyrıcılarıyla ortadaki çamur toplama konisine

ve yüzeyde biriken köpükler de yüzey sıyrıcılarıyla köpük toplama haznelere iletilmektedir. Dip sıyrıcıları bakım kolaylığı açısından parçalara ayrılabilir tiptedir. Çöken çamur, ortadaki çamur toplama konisinden geri devir terfi merkezine cazibeyle alınarak biyolojik fosfor ünitesi girişine yönlendirilmektedir. Cazibeyle köpük toplama haznesine taşınan köpükler 1. ünite de geri devir çamuruyla beraber biyolojik kademenin başına verilirken, 2. ünite de ise dalgıç pompa aracılığıyla çamur depolama tankına basılmaktadır. Arıtılmış su, çıkış savaklarından geçerken döner köprü üzerindeki tahrikli bir fırçayla kanalın temizlenmesi sağlanmaktadır. (Son çöktürme ünite sayısı: 2 adet, havuz sayısı: 10 adet, bekleme süresi: 3,3-2,2 saat)

- Son Çöktürme Dağıtım ve Geri Devir Yapısı

2 adet son çöktürme ünitesinden, cazibe ile dağıtım ve geri devir yapısına gelen çamur, biyolojik fosfor ünitesinden birine basılarak sisteme geri devredilmektedir. Her bir üniteye ait 2 adet geri devir yapısı vardır. Yaklaşık %80 geri devir oranı uygulanmaktadır. Son çöktürme havuzları yüzeylerinde biriken köpükler de bu yapılar vasıtasıyla sistemin başına basılmaktadır.

- Kum Filtresi ve Ultraviyole Dezenfeksiyon

Arıtılmış atıksu, 100.000 m³/gün kapasiteli Betonarme Tip Açık Kum Filtreleri ve UV ünitesinden geçirilerek endüstride kullanma suyu veya sulama suyu olarak kullanılabilir hale getirilmektedir. Son çöktürme havuzlarından çıkan arıtılmış atıksu su aşama olarak bir kanal vasıtası ile 8 adet kum filtresinden oluşan kum filtresi ünitesine yönlendirilebilmektedir. Burada amaç UV dezenfeksiyon öncesi arıtılmış atıksuyun askıda katı madde (AKM) ve bulanıklık değerlerini bir kez daha düşürerek UV ışınlarını atıksu içindeki virüs ve bakterileri imha etme etkisini artırmaktır.

Kum filtrelerinden geçirilen ve nihai AKM giderimi gerçekleşen atıksu UV kanalına alınır. UV kanalının tasarımı debisi 5.420 m³/saattir. Kanal içinde, her birinde 180 adet UV lambası olan 3 seri set halinde toplam 540 adet UV lambası bulunmaktadır. Lambalar yüksek yoğunluk, düşük basınç, değişken çıkış gücü ve

otomatik temizleme sistemi özelliklerine sahiptirdüşürerek UV ışınlarını atıksu içindeki virüs ve bakterileri imha etme etkisini artırmaktır.

Sistem tasarımı, dezenfeksiyon sonrası arıtılmış suyun Fekal Koliform değerinin "SKKY TEKNİK USULLER TEBLİĞİ" 7. Bölüm, Madde 46, Tablo 4: Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Parametrelerimde belirtilen 0-2 CFU/100ml yani 1. SINIF (çok iyi) arıtma suyu sınıfında olmasına göre gerçekleştirilmiştir.

- Çamur Depolama Havuzu

Tesiste oluşacak fazla çamur, geri devir hattı üzerinden alınmaktadır; aynı zamanda istenilen durumlarda proses havuzlarından da çekilebilecek şekilde borulama yapılmıştır. Çamur depolama havuzunda depolanan çamur, çamur susuzlaştırma binasından çekilmektedir. Ayrıca fazla çamurun, çamur depolama havuzuna alınmadan doğrudan susuzlaştırma ünitesine gönderilmesi mümkündür.

Tesiste çekilen fazla çamur, çamur depolama havuzunda homojenliğini koruması için 4 yavaş karıştırıcı ile sürekli karıştırılmaktadır. Aerobik ortam şartlarının korunması için ise havalandırma havuzunda olduğu gibi, EPDM difüzörler ile teçhiz edilmiştir.

- Çamur Susuzlaştırma

Tesiste çamur susuzlaştıncı olarak santrifüjler kullanılmaktadır. Sistemde çamur susuzlaştıncı olarak kullanılan santrifüjler %1'lik çamuru %25' e çıkarabilecek şekilde tasarlanmıştır. Böylece sistemdeki ortalama %1'lik çamur %25'lik çamur keki haline getirilerek çamur kurutma ünitesine alınmaktadır.(Santrifüj sayısı/kapasitesi: 12 adet/10~70 m3/sa)

- Süzüntü Suyu Terfi Merkezi

Çamur susuzlaştırma ünitelerinde çamurun susuzlaştırılması sırasında oluşan süzüntü suyu, biyolojik fosfor ünitesi girişine, 417 m³/sa debi kapasiteli 2 dalgıç pompa ile geri basılarak, tekrar sisteme verilmektedir.

- Çamur Kurutma Ünitesi

Çamur kurutma ünitesinde, kuru madde içeriği %25 olan biyolojik çamurun kuru çamur yani %90 seviyesinde keke, granüle veya toza çevrilmesi sağlanmaktadır. Tesisteki biyolojik atık çamur kurutucusu, dolaylı kurutma sağlayan döner bir ısı değiştiricidir. Susuzlaştırılmış çamurda yüzeysel, mekanik bağlı ve kimyasal bağlı olarak üç nem çeşidi bulunmaktadır. Bu nem, biyolojik atık çamur kurutucusu sayesinde iletim yolu ile ısı transfer edilerek giderilmektedir. Nihai ürün kurutulmuş pelit halini almaktadır.

Kurutma sayesinde pek çok açıdan hem çevresel hem de ekonomik bir sorun olan ıslak atıksu arıtma çamurunun taşınması ve depolanması problemleri ortadan kalktığı gibi, gübre ya da yakıt olarak kullanılabilen ekonomik olarak değerli kurutulmuş bir ürün de ortaya çıkmış olacaktır. Bu sayede günlük olarak bertaraf edilmesi gereken çamur miktarı % 75 azaltılarak faydalı ürüne dönüştürülmektedir.

Kurutucu, santrifüjlerden çıkan %25 katı madde oranına sahip 4.167 kg/sa debide çamur kekini, yaklaşık olarak 1.127 kg/sa debide %92 üstünde katı madde oranına sahip son ürün olarak hazırlamaktadır. Susuzlaştırılmış çamur 4 adet 4,5 m³/sa kapasiteli çamur pompaları ile iletilmektedir. Her biri 100 ton/gün kapasitede olan 2 adet kurutuculara ısı, kojenerasyon ünitesinden çıkan 11,5 ton/sa 12 bar basınçlı buhar ile sağlanmaktadır. Kurutucular pedallı tip kurutucu olup bu alanda kullanılan en dayanıklı ve güvenilir yapıdaki ekipmanlardandır. Her bir kurutucunun içine iletilen ıslak çamur, ceketinin içinden sıcak buhar geçen bir kanalın içinde dönen ve içlerinde sıcak buhar dolaşan iki adet pedallı şaft ile harmanlanarak, ısı kaynağı ile ıslak çamur temas etmeden endirekt olarak kurutulmaktadır. Endirekt kurutma prensibi sayesinde patlama riskleri ortadan kalkmakta ve kapalı devre

sistem kurutmada kullanılan ve kirlenen hava-buhar miktarı önemli oranda azaltılmaktadır.

- Koku Kontrol

Tesiste koku probleminin oluşabildiği iki ana ünite çamur susuzlaştırma ve çamur kurutma üniteleri. Koku giderimi sistemi olarak 236 m³ biomedya kapasiteli biofiltre kullanılmaktadır. H₂S değeri 20 ppm olacak şekilde arıtılacak olan toplam kirli hava debisi yeterli sirkülasyonu sağlayacak şekilde, gereken yerlerden her biri 17.000 m³/sa kapasiteli 2 fan yardımı ile toplanmaktadır. Koku giderim tesisi temel olarak iki kısımdan oluşmaktadır;[İSKİ rapor.,2010]

1-Kimyasal Ön yıkama

2-Bio filtre

Ön yıkama bölümünde kirli havanın, pH ayarlı olarak kostik (NaOH) içeren su ile yıkanması ile hem Hidrojen Sülfür (H₂S) ve asit bileşenlerinin giderimi artırılmakta hem de biofiltre öncesi havanın tam olarak nemlendirilmesi sağlanmaktadır. Daha sonra koşullandırılmış hava CTP kanallar vasıtası ile özel olarak bakteri emdirilmiş organik malzeme ile dolu biofiltre yatağının altına yönlendirilmektedir. 240 m² alana sahip olan bu biofiltre yatağı, iç yüzeyleri aside dayanıklı özel CTP kaplı bir betonarme havuzda yer almakta ve içinde bulunan mikroorganizmaların faaliyetleri sayesinde biyolojik koku giderimini gerçekleştirmektedir.

- Laboratuvar Binası ve Atölyeler

2. kademe tesis inşaatı kapsamında bağımsız iki katlı laboratuvar binası inşa edilmiştir. Laboratuvarlarda gravimetrik, volumetrik, titrimetrik ve spektrofotometrik tüm analizlerin yapılabileceği kimya bölümü, mikrobiyolojik analizler için bakteriyoloji bölümü, tartım odası, kimyasal, cam malzeme deposu, ofis ve gaz tüpleri için tüp odası, Atomik Absorbsiyon Spektrometre, Gaz Kromatografi ve toplam organik karbon cihazlarının yer alacağı üç adet enstrümantal analiz odası ve

ofisler yer almaktadır. Bölümler, İnsan Sağlığı ve İş Güvenliği Standartları başta olmak üzere ilgili standartlar dikkate alınarak imal edilmiştir.

Labaratuvarıda;

1-Tesise gelen kollektörlerin veya herhangi bir atıksuyun karakterizasyonu, İSKİ Kanala Deşarj Yönetmeliği'nde yer alan parametrelerin analizi,
2-Tesis işletimi ile ilgili kontrol parametreleri ve proses araştırma geliştirme için laboratuvar ölçekli çalışmalar. Örneğin, Fosfor salınım ve alım kapasitesi, Oksijen Tüketim Hızı, Protein ve Karbonhidrat analizleri gibi birçok analizler, ayrıca pilot ünitelerin izlenmesi için gerekli ölçüm ve analizler,
3-Deşarj edilen suyun alıcı ortam Riva Deresi'nde Çevre Bakanlığı SKKY Kalite Sınıflarında belirtilen parametrelerin analizi ile ayrıca ekipman takviyesi ile arıtılan suyun geri kazanımı çalışmaları için gereken fiziki ölçümler, kimyasal parametreler, ağır metal ölçümü ve bakteriyolojik analizler yapılabilecektir.

Yine 2. Kademe Tesis İnşaatı kapsamında mevcut tesiste yetersiz kalan atölye alanları yerine yeni bir bağımsız atölye binası tasarlanmış ve işletme koşullarının gerekliliklerine ve ihtiyaçlarına tam olarak karşılık verecek şekilde mekanik ve elektrik atölye binası inşa edilmiştir.

3.3.4.16. Enerji Temini ve Kojenerasyon

Tüm tesisin enerji ihtiyacı ve aynı zamanda kurutma ünitesindeki termal enerji ihtiyacının karşılanması amacıyla Gaz Türbini tipi kojenerasyon ünitesi kurulmuştur. Gerekli elektrik enerjisinin üretilmesi için doğalgaz yakan 4,6 MW gücünde bir adet Gaz Türbini kullanılmaktadır. Böylece Gaz Türbini ile jeneratörden elektrik elde edilirken, ısı eşanjörleri ve buhar kazanı sistemleri ile de Gaz Türbinin yüksek ısıdaki atık egzost ısısında da termal enerji sağlanacaktır. Böylece tesis hem doğalgaz yakarak ürettiği elektriğe ayrıca para vermeyecek hem de çamur kurutmak için atık ısı kullandığından bu konuda da hiçbir ekstra enerji maliyeti olmayacaktır.

3.1.4. Bahçeşehir Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi



Şekil 3.10. Bahçeşehir AAT

İstanbul'a içme suyu temin edecek olan Küçükçekmece Gölü havzasını korumak amacıyla Emlak Bankası tarafından Bahçeşehir Beldesinde yaptırılan ve hizmet vermeye başlayan tesis 2004 yılında İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından işletmeye alınmıştır.(Şekil 2.10.) Proje bilgileri Çizelge 2.15'te verilmiştir. [İSKİ rapor, 2010]

Çizelge 3.15. Bahçeşehir AAT proje bilgileri

Maksimum Debi	10.000	m ³ /gün
Proje Debisi	7.400	m ³ /gün
Eşdeğer Nüfus	20.000	kişi
Nihai Debi	5000	m ³ /gün
Nihai Eşdeğer Nüfus	17000	kişi
Tesis Alanı	3000	m ²

-Giriş Terfi Merkezi: Bahçeşehir biyolojik AAT'ne gelen sular 7,5 kW gücünde 3 adet standart dalgıç pompa (2 asıl,1 yedek) ile debisi saatte ortalama 150 m³ olan pompalarla ızgaralara iletilmektedir.

-Izgaralar: Tesise gelen atıksular burada bulunan 10mm'lik ızgaralardan geçmektedir. Tutulan bu katı atıklar manüel olarak ızgaralardan alınarak çöp konteynırlarına boşaltılır ve buradan da çöp döküm sahasına götürülür.

-Kum Tutucular: Tesise alınan atıksu ızgaralardan sonra kum tutuculardan geçerek havalandırma havuzuna alınır. Kum tutucu kanallar; uzunluk:10,4m en:2,80m derinlik:1,05m olacak şekilde 3 adet kanaldan meydana gelmektedir.

-Havalandırma Havuzları: Tesis sahil havalandırma havuzu bilgileri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.16. Havalandırma havuzu bilgileri

		20m*18m*4m betonarme-
Yapısı	2 adet	1440 m ³
Difüzör sayısı	384 adet	
Bloverler	1 adet	15 kW, 600 mbar-1000 m ³
		18 W, 600 mbar-1000
	1 adet	m ³

-Çökeltim Havuzları: Çökeltme havuzları dairesel olup çapları 9m, derinliği:3,5m,hacim 900m³'dir. Havuzlarda dibe çökelen çamuru ve yüzeyde tutulan köpüğü sıyırmak amacıyla sıyırıcı köprü mevcuttur. Köprünün hareketi 1,5 kW gücündeki motorlarla sağlanır.

-Çamur Yoğunlaştırma: Tesiste çapı: 1,85m ve derinliği: 3,5m olan dairesel tipli yoğunlaştırıcı bulunmaktadır. Yoğunlaştırıcıya dozlanan polielektrolitin karışımı 0,25 kW gücündeki motor yardımıyla sağlanır.

-Belt Pres Ünitesi: Çamur yoğunlaştırmadan gelen yoğunlaşmış çamur beltprese girerek bünyesindeki suyun giderilmesi sağlanır ve %25 kurulukta çamur elde edilir. Toplanan çamur konteynırlara alınarak döküm sahasına gönderilir.

Çizelge 3.17. Bahçeşehir AAT giriş çıkış suyu parametreleri[İSKİ rapor, 2010]

GİRİŞ SUYU PARAMETRELERİ		
Askıda Katı Madde (AKM)	288	mg/L
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	335	mg/L
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	410	mg/L
ÇIKIŞ SUYU PARAMETRELERİ		
Askıda Katı Madde (AKM)	13	mg/L
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	10	mg/L
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	12,9	mg/L

3.1.5. Terkos İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi

İstanbul'a içme suyu temin eden Terkos Gölü havzasını korumak amacıyla Terkos (Durusu) Beldesine hizmet vermeye 2000 yılında başlamıştır.

Tesise şu anda gelen debi ortalama 1.500 m³/gün, planlanan debisi ise yaklaşık 2.000 m³/gün olup 7.000 nüfusun ihtiyacını karşılayacak kapasitededir. Tesis proje bilgileri çizelge 2.18.'de verilmiştir.

Çizelge 3.18. Terkos AAT bilgileri [İSKİ rapor, 2010]

İŞLETMEYE BAŞLAMA TARİHİ	2001
PROJE KAPASİTESİ	1,700 m ³ /gün
PERSONEL SAYISI	6
2008 YILI ARITILAN ATIKSU MİKTARI	183,127 m ³ /yıl
2008 YILI ORTALAMA GÜNLÜK ARITILAN ATIKSU MİKTARI	1,532 m ³ /gün

-Kaba Izgara ve Terfi Merkezi: Tesis ızgara ve terfi merkezi bilgileri aşağıda verilmiştir.

Kaba Izgara	1 adet		daldırma kafes tip
Atıksu Terfi Pompası	2 adet	10 lt/sn	Dalgıç-7,5 kW-13,5 mSS

Atıksu Giriş Pompası	2 adet	10 lt/sn	Dalgıç-7,5 kW-13,5 mSS
Yapısı	1 adet	betonarme	6,7*3,7*3,5

-Havalandırma Havuzları: Tesis havalandırma havuzları bilgileri aşağıda verilmiştir

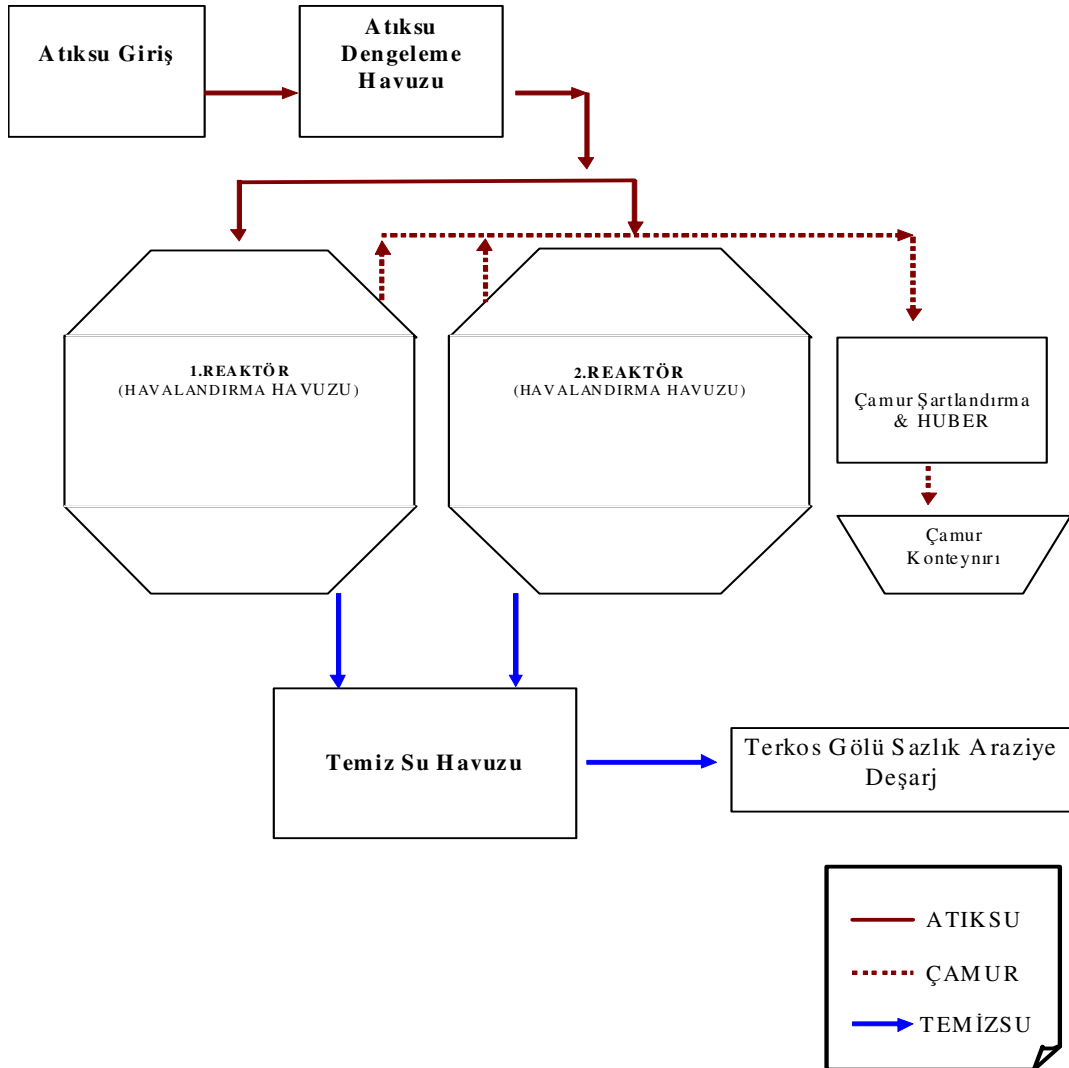
Çizelge 3.19. Terkos AAT Havalandırma Havuzu Bilgileri

Yapısı	2 adet	betonere	10m*5m*5,5m
Çalışma prensibi		doldur-boşalt	
Hacmi	180 m ³		
Aeratör	4 adet	mikser	7,5 kW

-Çamur Pres Ünitesi: Biyolojik arıtma havuzunun dip kısmına çöken çamur birikintisinin pompalar tarafından çekilerek çamur pres ünitesine verilmektedir.



Şekil 3.11. Terkos AAT çamur pres



Şekil 3.12. Terkos AAT akım şeması[İSKİ rapor, 2010]

Çizelge 3.20. Terkos AAT giriş-çıkış suyu parametre değerleri [İSKİ rapor, 2010]

GİRİŞ SUYU PARAMETRELERİ	
Askıda Katı Madde (AKM)	173 mg/L
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	148 mg/L
Toplam Kjeldahl Azotu (TKN)	36 mg/L
Toplam Fosfor (TP)	3,9 mg/L
ÇIKIŞ SUYU PARAMETRELERİ	
Askıda Katı Madde (AKM)	7 mg/L

Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	9 mg/L
Toplam Azot (TN)	13,6 mg/L
Toplam Fosfor (TP)	3,1 mg/L

3.1.6. Çanta Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi

Yoğun sanayileşme ve hızlı nüfus artışının sonucu olarak endüstriyel ve evsel atıksuları ile aşırı kirlenen Marmara Denizinin kirliliğinin giderilmesi ve denetim altına alınması için; ÇANTAKÖY, DEĞİRMENKÖY VE KINALI bölgelerinden kaynaklanan evsel atıksular toplanarak 1996 tarihinde devreye alınan Çanta Biyolojik AAT'ne gelmektedir. Arıtılan su Ø300 mm ebatlı 20 m kara hattı ile Çanta deresine deşarj edilmektedir. Proje debisi:1600 m³/gün'dür.

-Sahil Terfi Merkezi: Tesis sahil terfi merkezi bilgileri aşağıda verilmiştir.

-Hizmet verdiği bölge: Çantaköy

-Deşaj edildiği yer : ÇBATT

-Terfi pompası : 2 adet(55 m³/h, 60 m³/h)

-Atıksu Terfi Merkezi: Atıksu terfi pompası 3 adet, dalgıç tipi, 85m³/h kapasitelidir.

-Proses Havuzları-Blowerler-Son Çöktürme Havuzları:

Çizelge 3.21. proses havuz-son çöktürme

Havalandırma havuzları	2	
Havalandırma havuzu difüzörleri	300*2	
Blower	2 adet	22kw
Blower	1 adet	18,5kw
Son Çökeltme Havuzları	1	

-Çamur Susuzlaştırma Ünitesi

Biyolojik arıtma havuzunun dip kısmına çöken çamur birikintisinin pompalar tarafından çekilerek çamur beltpres ünitesine verilmektedir.(8 m³/h)

Çizelge 3.22. Çanta AAT giriş çıkış suyu parametreleri[İSKİ rapor, 2010]

Giriş suyu parametreleri

Askıda Katı Madde (AKM)	262,2 mg/L
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	186,2 mg/L
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	386,7 mg/L

Çıkış suyu parametreleri

Askıda Katı Madde (AKM)	39,1 mg/L
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	20,7 mg/L
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	58,7 mg/L

Çanta AAT Akım şeması şekil 2.13.'de verilmiştir.[İSKİ rapor, 2010]

3.1.7. Gümüşyaka Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi

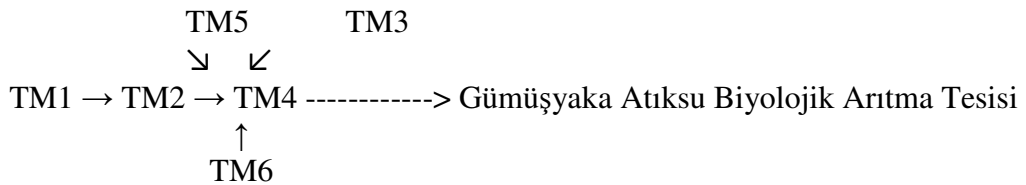
Gümüşyaka bölgesinden kaynaklanan evsel atıksular toplanarak 2007 tarihinde devreye alınan Gümüşyaka Biyolojik AAT'ne gelmektedir. Arıtılan su Ø315mm ebatlı 150m kara hattı ile dereye deşarj edilmektedir. Tesis giriş değerleri; KOİ: 500, AKM: 200, BOİ: 180 Tesis çıkış değerleri ise; KOİ: 50, AKM: 40, olarak ölçülmüştür. Proje kapasitesi 1700 m³/gün dür.

*Tesis Üniteleri

- Kaba Izgara ve Terfi Merkezi
- Havalandırma havuzları ve blowerler
- Son Çöktürme Havuzları
- Çamur Susuzlaştırma Ünitesi
- Elektrik Enerjisi Alım ve Ölçüm Merkezi

*Terfi Merkezleri[İSKİ rapor, 2010]

- GÜMÜŞYAKA T.M. 1 (35 m³/gün)
- GÜMÜŞYAKA T.M. 2 (100 m³/gün)
- GÜMÜŞYAKA T.M. 3 (800 m³/gün)
- GÜMÜŞYAKA T.M. 4 (1.600 m³/gün)
- GÜMÜŞYAKA T.M. 5 (400 m³/gün)
- GÜMÜŞYAKA T.M. 6 (2.400 m³/gün)



- Havalandırma Havuzu:

Çizelge 3.23. Gümüşyaka atıksu arıtma üniteler

Havalandırma havuzları	3 adet
Havalandırma havuzu difüzörleri	84*3

Blower	3 adet	11KW
Son Çökeltme Havuzları		

-Çamur Susuzlaştırma Ünitesi

Oluşan çamurlar çamur besleme pompaları(1 adet 4 KW) ile filtreprese basılmaktadır.

3.1.8. Kestanelik Köyü Paket Arıtma Tesisi



Şekil 3.14. Kestanelik köyü paket arıtma tesisi

Kestanelik Köyü Paket Arıtma Tesisi, Büyükçekmece Gölü havzasını korumak amacı ile 2008 yılında yapılmış olup, 2009 yılında devreye alınmıştır. Betonarme tip paket arıtma tesisidir. Kurulum kapasitesi 500 m³/gün olup, ortalama 400 m³/gün debi ile çalışmaktadır. DN 300 kollektörlerle toplanan sular giriş ızgaradan geçirilerek giriş haznede toplanmaktadır.

Atıksular, iki adet 2,2 kW dalgıç pompa ile havalandırma havuzuna alınmaktadır. Havuza alınan sular aktif çamur sistemi ile çalışmaktadır. 2 adet jet

aeratör ile havalandırılmaktadır. Havalandırma havuzlarından geçirilen sular son çöktürme havuzuna alınmakta, içerisindeki bakteriler çökertilmekte ve çökertilen bakteriler 2 adet 0,55 kW geri devir pompası ile geri devir yapılarak havuzlara alınmaktadır. Havalandırma işleminin ardından su ve aktif çamur fazının birbirinden ayrılması için sistem çökeltme işlemine geçmektedir. Çökertilen çamurun fazlası filtre pres sistemi ile kurutularak tesisten uzaklaştırılmaktadır. Katı fazdan ayrılan arıtılmış su sistemden savaklanarak , 200 lik boru hattı ile Kestanelik Deresine deşarj edilmektedir.

Tamamlanan ve yapılacak olan paket arıtma tesisleri için bir üs niteliğinde planlanmakta olup scada sistemi uygulanmasına başlanmıştır.

3.1.9. Çanakça Köyü Paket Arıtma Tesis



Şekil 3.15. Çanakça Köyü paket arıtma tesisi

Çanakca Köyü Paket Arıtma Tesis, Büyükçekmece Gölü Havzasını korumak amacı ile 2009 yılında yapımına başlanmış olup, 2010 yılında devreye alınmıştır. Betonarme tip paket arıtma tesisidir. Kapasitesi 500 m³/gün (2000 kişilik) olup mevcutta ortalama debisi 350 m³/gün olarak çalışmaktadır. DN 300 kollektörlerle toplanan atıksular giriş ızgaradan geçirilerek, giriş haznede toplanmaktadır.

Atıksu iki adet 2,2 kW dalgıç pompa ile havalandırma havuzuna alınmaktadır. Havuza alınan sular aktif çamur sistemi ile çalışmaktadır. 2 adet 7,5 kW jet aeratör

ile havalandırılmaktadır. Havalandırma işlemi sırasında üretilen bakteriler (aktif çamur) biyokimyasal etkinlikleri ile atıksu içerisindeki kirlilik oluşturan çözünmüş organik maddeleri oksitleyip, parçalayarak gidermektedir.

Biyolojik arıtma için bakterilerin ihtiyaç duyduğu oksijen ve tam karışımli ortam jet aeratör sistemi ile sağlanmaktadır. Havalandırma havuzlarından geçirilen sular son çöktürme havuzuna alınmakta, içerisindeki bakteriler çökertilmekte, çökertilen bakteriler 2 adet 0,55 kW geri devir pompası ile geri devir yapılarak havuzlara alınmaktadır. Havalandırma işleminin ardından su ve aktif çamur fazının birbirinden ayrılması için sistem çökeltme işlemine geçmektedir. Katı fazdan ayrılan arıtılmış su sistemden savaklanarak, 200 lik boru hattı ile, Çanakca Deresine deşarj edilmektedir.

3.1.10. Akalan Köyü Paket Arıtma Tesisi



Şekil 3.16. Akalan Köyü Paket Arıtma Tesisi

Akalan Köyü Paket Arıtma Tesisi Büyükçekmece Gölü Havzasını korumak amacı ile 2002 yılında yapılmış olup, 2007 yılında devreye alınmıştır. Normal şebeke ile beslenmekte olup Büyükçekmece'ye 30 km mesafededir. 2010 yılı eylül ayı itibarıyla ortalama debisi 270 m³/gün dür. Konteyner tip paket arıtma tesisidir. DN 300 kollektörlerle toplanan atıksular giriş ızgaradan geçirilerek giriş haznede toplanmaktadır.

Atıksular iki adet 1,5 kW dalgıç pompa ile 120m³'lük havalandırma tanklarına alınmaktadır. 1 adet 350 m³/h kapasiteli blower ile havalandırılmaktadır. Biyolojik arıtma için bakterilerin ihtiyaç duyduğu oksijen ve tam karışımli ortam, blower, tüp veya disk membran difüzör bir sistem ile sağlanmaktadır. İki adet havalandırma havuzunda toplam 40 adet mebran tipi difüzör bulunmaktadır.

Havalandırma havuzlarından geçirilen atıksular son çöktürme havuzuna alınmakta, içerisindeki bakteriler çökertilmekte,   kertilten bakteriler airlift sistemi ile geri devir yapılarak havuzlara alınmaktadır. Havalandırma işleminin ardından su ve aktif çamur fazının birbirinden ayrılması için sistem çökeltme işlemine geçmektedir. Katı fazdan ayrılan, bakteri ve çamuru   kertilten arıtılmış su, sistemden savaklanarak DN 125' lik boru hattı ile Akalan Deresine deşarj edilmektedir.

3.1.11.   rc nl  köyü Paket Arıtma Tesisi



Şekil 3.17.   rc nl  köyü paket arıtma tesisi

  rc nl  Köyü Paket Arıtma Tesisi, Büyükçekmece g l  havzasını korumak amacı ile 2009 yılında yapımına başlanmış olup, 2010 yılında devreye alınmıştır. Betonarme tip paket arıtma tesisidir. Tesis kapasitesi 250 m³/gün olup, ortalama 110 m³/gün olarak çalışmaktadır. DN 300 kollektörlerle toplanan sular giriş ızgaradan geçirilerek giriş haznede toplanmaktadır.

Atıksular iki adet 2,2 kW dalgıç pompa ile havalandırma havuzuna alınmakta, havuza alınan sular **aktif çamur** sistemi ile çalışmaktadır. 2 adet jet aeratör ile havalandırılmakta, havalandırma işlemi sırasında üretilen bakteriler (aktif çamur) biyokimyasal etkinlikleri ile atıksu içerisindeki kirlilik oluşturan çözünmüş organik

maddeleleri oksitleyip, parçalayarak gidermektedir. Biyolojik arıtma için bakterilerin ihtiyaç duyduğu oksijen ve tam karışımli ortam jet aeratör sistemi ile sağlanmaktadır.

Havalandırma havuzlarından geçirilen sular, son çöktürme havuzuna alınmaktadır. İçerisindeki bakteriler çökertilmekte, çökertilen bakteriler 2 adet 0,55 kW geri devir pompası ile geri devir yapılarak havuzlara alınmaktadır. Havalandırma işleminin ardından su ve aktif çamur fazının birbirinden ayrılması için sistem çökeltme işlemine geçmektedir. Katı fazdan ayrılan arıtılmış su sistemden savaklanarak, 200 lik boru hattı ile Örcünlü Deresine deşarj edilmektedir.

3.1.12. Örencik Köyü Paket Arıtma Tesisi



Şekil 3.18. Örencik Köyü Paket Arıtma Tesisi

Örencik Köyü Paket Arıtma Tesisi, Terkos Gölü havzasını korumak amacı ile 2002 yılında yapılmış olup, 2007 yılında devreye alınmıştır. 2010 yılı eylül ayı itibarıyla ortalama debisi 148 m³/gündür. Konteyner tip paket arıtma tesisidir. DN 300 kollektörlerle toplanan sular, giriş ızgaradan geçirilerek giriş haznede toplanmaktadır.

Atıksu, iki adet 1,5 kW dalgıç pompa ile 120m³'lük havalandırma tanklarına alınmaktadır. 1 adet 350m³/h kapasiteli blower ile havalandırılmaktadır. Biyolojik arıtma için bakterilerin ihtiyaç duyduğu oksijen ve tam karışımlı ortam, blower, disk membran difüzör bir sistem ile sağlanmaktadır. İki adet havalandırma havuzunda toplam 40 adet mebran tipi difüzör bulunmaktadır.

Havalandırma havuzlarından geçirilen sular, son çöktürme havuzuna alınmakta, içerisindeki bakteriler çökertilmekte, çökertilen bakteriler geri devir yapılarak havuzlara alınmaktadır. Havalandırma işleminin ardından su ve aktif çamur fazının birbirinden ayrılması için sistem, çökeltme işlemine geçmektedir. Katı fazdan ayrılan arıtılmış su, sistemden savaklanarak bakteri ve çamuru çökertilen sular DN 125 lik boru hattı ile örencik deresine deşarj edilmektedir.

3.1.13. Ağva Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi

Ağva Biyolojik Atık su Arıtma Tesisi 8.000 kişilik bir nüfustan kaynaklanan 1600 m³ /gün debi kapasitede atık suları arıtılacaktır. Tesiste biyolojik arıtım yapılarak su kaynaklarında kirliliğe yol açan karbonun giderilmesi sağlanmaktadır. Arıtma başlıca 6 ünitelerden oluşmaktadır.

Izgara ve Giriş Yapısı:Kollektör yapısından gelen atıksu mekanik temizlemeli kaba ızgaradan geçer. Izgarada tutulan atıklar 1 asıl 1 yedek olmak üzere caraskala bağlı sepete alınmaktadır. Atıklar daha sonra düzenli depolama sahasına gönderilmektedir.

Terfi Haznesi: Izgaradan geçen atık su 11 m derinliğinde 7 m çapında silindirik hazneye gelir. 16 m³ / sa debi kapasiteli 8 adet terfi pompası yardımıyla havalandırma havuzlarına basılır.

Havalandırma Havuzu: Terfi haznesinden gelen atık su 4 adet paralel 2226 m³ (5x3x43,1) hacminde tasarlan havalandırma havuzlarına alınmaktadır. Her bir havuzda 2 adet aeratör olmak üzere toplamda 8 adet aeratör bulunmaktadır. Oksijen ihtiyacı aeratörler yardımıyla sağlanmaktadır. Havuzların giriş ve çıkış setlerine oksijen metreler yerleştirilmiştir.

Çöktürme Havuzu: Havalandırma havuzundan gelen atık su 2 adet çöktürme havuzuna eşit olarak dağılmaktadır. Çamur hunilerinde çöken çamur 8 adet geri devir pompa (EBARA TİP:DWO200, DEBİ:100–750 l/min) ile havalandırma havuzlarına geri devir yapılmaktadır.

Çizelge 3.24. Ağva Biyolojik AAT tesis giriş-çıkış ortalama parametreleri[İSKİ rapor, 2010]

ALINDIĞI YER	AĞVA BAAT	
	TESİS GİRİŞ	TESİS ÇIKIŞ
BOİ5, mg/l	27	13
KOI, mg/l	65	39
AKM, mg/l	70	23
NH4-N, mg/l	5,6	4,3
Top - N, mg/l	12,8	9,6
T - P, mg/l	0,90	0,80
İLETKENLİK, µS/cm	1492	1420
TUZLULUK, Binde	0,8	0,8
pH	7,25	7,32

3.1.14. Kömürlük Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi

AAT'ne gelen atıksu öncelikle 10 mm aralıklı, elle temizlemeli bir ızgaradan geçirilerek, debi ölçüm kanalına ve buradan da debisi ölçülen atıksu biyolojik arıtma ünitesine alınır. 10 mm.'den iri katı maddeler ızgarada tutularak arıtma tesisinin diğer ekipmanlarının ve ünitelerinin korunması sağlanacak ve tanklarda birikim oluşmasını azaltacaktır. Izgarada bulunan katı maddeler bir çöp kabında toplanarak tesisten diğer katı atıklarla birlikte uzaklaştırılacaktır. Biyolojik arıtma ünitesi, karbon ve azot giderimi için seçilmiştir ve oksidasyon hendeği tipi uzun havalandırılmalı aktif çamur prosesi olarak boyutlandırılmıştır. Azot giderimi iki kademede gerçekleştirilecektir; nitrifikasyon ve denitrifikasyon. Nitrifikasyon denitrifikasyon prosesi eş zamanlı olarak gerçekleştirilecektir. Izgara yapısından atıksu cazibe ile oksidasyon hendeğine aktarılacaktır. 125 m³/gün debiyi karşılayacak şekilde 1 adet oksidasyon hendeği tipi betonarme biyolojik arıtma sistemi

yapılacaktır. Oksidasyon hendeği ortadan bir ayırma perdesi ile ayrılacaktır ve atıksu ayrılan iki kanal boyunca çevrilecektir. Dönme hareketinin kolaylaştırılması amacıyla hendeğin iki ucuna yönlendirici perdeler inşa edilecektir.

Biyolojik reaktörde karışım ve havalandırma için jet tipi havalandırıcılar seçilmiştir. Havalandırma işlemi 3 kg O₂/saat kapasiteli, minimum 2 adet jet tipi havalandırıcı tarafından sağlanacaktır. Aeratörler ileri geri hareket ettirilebilir olacaktır.

Biyolojik arıtım sonrasında arıtılmış atıksu ve mikroorganizmanın ayrılması işlemi oksidasyon hendeğinin hemen yanında, üçüncü bir kanal gibi görev gören bir yapı ile gerçekleştirilecektir. Çamurun çökmesi ile yüzeyde kalan duru su, bu üçüncü kanal sonundan savaklanarak deşarj edilecektir. Kanalin tabanına, çamurun çökmesi ve uzaklaştırılmasına yardımcı olmak amacıyla çamur hunileri inşa edilecektir. Fazla çamur, gerektiğinde, her bir hunideki vana açılarak çekilecektir; çekilen fazla çamur sistemden belli zamanlarda uzaklaştırılacaktır, aynı zamanda bu hunilerden oksidasyon havuzuna, gereken durumlarda, yapılacak bir kapak vasıtasıyla geri devir çamuru olarak gönderilecektir.

Çizelge 3.25. Kömürlük AAT tesis giriş-çıkış ortalama parametreleri[İSKİ rapor, 2010]

ALINDIĞI YER	KÖMÜRLÜK	
PARAMETRELER	TESİS GİRİŞ	TESİS ÇIKIŞ
BOI ₅ , mg/l	35	20
KOI, mg/l	60	45
AKM, mg/l	45	23
NH ₄ -N, mg/l	10,6	5,2
Top - N, mg/l	17,3	9,2
T - P, mg/l	2,7	2,2
İLETKENLİK, μ S/cm	470,5	440
TUZLULUK, Binde	0,3	0,3

pH	7,11	7,13
----	------	------

3.1.15. Öğümce Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi

Tasarım debisi: 250 m³/gün

Ünite boyutları

- Toplam hacim : 66 m³ (3x11x2)
- Havalandırma Havuzu: 45 m³ (7,5x2x3)
- Çöktürme tankı : 15 m³ (2,5x2x3)
- Çamur çürütme tankı : 6 m³ (1x2x3)

Izgaradan geçirilen atıksular, debi ve kirlilik yükü yönünden dengelenmek üzere bir dengeleme havuzuna alınacaktır. Buradan seviye kontrol şamandırasına bağlı çalışan bir pompa ile çekilen atıksu, tesisin ilk bölmesi olan havalandırma havuzuna basılır. Sisteme ihtiyacı olan oksijen, blower - difüzör grubundan sağlanacaktır. Hava dağıtımı sırasında çökmelerin oluşmaması amacıyla karışım gerçekleştirilmektedir. Havalandırma bölümü içinde oluşan biyolojik çamuru sudan ayırmak üzere su-çamur karışımı çökeltme havuzuna alınır, burada karıştırma olmaksızın sağlanan durgun hidrolik koşullarda çamur tabana çöker, geri devir çamur pompası ile çekilerek aşılama amacıyla havalandırma havuzuna geri gönderilir. Fazla çamur stabilizasyon tankına alınarak burada aerobik şartlarda stabilize edilir.

Çizelge 3.26. Öğümce AAT tesis giriş-çıkış ortalama parametreleri[İSKİ rapor, 2010]

ALINDIĞI YER VE TARİH	ÖĞÜMCE	
PARAMETRELER	TESİS GİRİŞ	TESİS ÇIKIŞ
BOİ ₅ , mg/l	152	39
KOI, mg/l	325	79
AKM, mg/l	166	66

NH ₄ -N,	mg/l	25,3	6,8
Top - N,	mg/l	31,2	15,5
T - P,	mg/l	4,60	4,00
İLETKENLİK,	µS/cm	832	773
TUZLULUK,	Binde	0,5	0,5
pH		7,08	7,43

3.1.16. Ömerli Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi

Toplanan atıksular, ızgara kanalı içinde yer alan mekanik temizlemeli ızgaradan geçirilecektir. 2 cm' den iri katı maddeler bu üniteye tutularak arıtma tesisinin diğer ekipmanlarının ve ünitelerinin korunmasını sağlamakta ve tanklarda birikim azalmaktadır. Çubuklar arasına takılan katı maddeler sıyırıcı tırmık tarafından yukarı doğru süpürülerek çöp konteynerine alınır. Ömerli AAT'nden kaynaklanacak evsel nitelikli atıksuların arıtılması için 2 adet betonarme tank seçilmiştir. Biyolojik reaktördeki biyolojik arıtma 'aerobik' yani çözünmüş oksijenin mevcut olduğu koşullarda yürütülmektedir.

Ünite boyutları

- Izgara Kanalı :2 m³ (2,5x1x0,8) 1 adet
- Terfi Tankı :45 m³ (7,5x2x3)
- Proses Tankı :15 m³ (2,5x2x3)
- Deşarj rögarı :6 m³ (1x2x3)

Günde yaklaşık 500 m³ evsel nitelikli atıksuyu arıtabilecek şekilde projelendirilen tesisten çıkan arıtılmış su alıcı ortama deşarj standartlarını sağlar vaziyettedir.

Çizelge 3.27. Ömerli AAT tesis giriş-çıkış ortalama parametreleri[İSKİ rapor, 2010]

ALINDIĞI YER	ÖMERLİ	
PARAMETRELER	TESİS GİRİŞ	TESİS ÇIKIŞ
BOİ5, mg/l	359	42,3
KOI, mg/l	766	105,7
AKM, mg/l	420	40,0
NH4-N, mg/l	31	5,3
Top - N, mg/l	66	12,4
T - P, mg/l	7,8	4,1
İLETKENLİK, µS/cm	1038	911
TUZLULUK, Binde	0,6	0,5
pH	7,16	7,4

3.1.17. Sahilköy Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi

Izgaradan geçirilen atıksular, debi ve kirlilik yükü yönünden dengelenmek üzere bir dengeleme havuzuna alınacaktır. Buradan seviye kontrol şamandırasına bağlı çalışan bir pompa ile çekilen atıksu, tesisin ilk bölmesi olan havalandırma havuzuna basılır Havalandırma bölümü içinde oluşan biyolojik çamuru sudan ayırmak üzere su-çamur karışımı çökeltme havuzuna alınır, burada karıştırma olmaksızın sağlanan durgun hidrolik koşullarda çamur tabana çöker, tabanda toplanan çamur air-lift (hava pompası) ile çekilerek aşılama amacıyla havalandırma havuzuna geri gönderilir. Fazla çamur yine air-lift ile çamur stabilizasyon tankına alınarak burada aerobik şartlarda çamur stabilize edilir. Çökeltme havuzunda durulan su üstten savaklanarak temizsu havuzuna geçer burada klor dozaj pompası ile klorlandıktan sonra filtre besleme pompası ile kum –antrasit karışık yataklı filtreden geçirildikten sonra alıcı ortama deşarj edilir.

Ünite boyutları

- Toplam hacim : 108 m³ (2x18x3)
- Havalandırma Havuzu: 48 m³ (8x2x3)
- Havalandırma Havuzu: 15 m³ (2,5x2x3)
- Çöktürme tankı : 39 m³ (5x2x3)
- Çamur çürütme tankı : 6 m³ (1x2x3)

Çizelge 3.28. Sahilköy AAT tesis giriş-çıkış ortalama parametreleri[İSKİ rapor, 2010]

ALINDIĞI YER	SAHİLKÖY	
PARAMETRELER	TESİS GİRİŞ	TESİS ÇIKIŞ
BOİ5, mg/l	131	14
KOI, mg/l	273	36
AKM, mg/l	253	59
NH4-N, mg/l	21,1	0,6
Top - N, mg/l	32,1	11,1
T - P, mg/l	2,7	2
İLETKENLİK, µS/cm	835	726
TUZLULUK, Binde	0,5	0,4
pH	6,92	7,30

3.1.18. Yeniköy Atıksu Biyolojik Arıtma Tesisi

Tasarım debisi:200 m³/gün

Ünite boyutları

- Toplam hacim : 66 m³ (3x11x2)
- Dengeleme havuzu :62,5m³(5x5x2,5)
- Havalandırma Havuzu :45 m³ (7,5x2x3)

-Çöktürme tankı :15 m³ (2,5x2x3)

-Çamur çürütme tankı :6 m³ (1x2x3)

Izgaradan geçirilen atıksular, debi ve kirlilik yükü yönünden dengelenmek üzere bir dengeleme havuzuna alınacaktır. Buradan seviye kontrol şamandırasına bağlı çalışan bir pompa ile çekilen atıksu, tesisin ilk bölümü olan havalandırma havuzuna basılır Havalandırma bölümü içinde oluşan biyolojik çamuru sudan ayırmak üzere su-çamur karışımı çökeltme havuzuna alınır, burada karıştırma olmaksızın sağlanan durgun hidrolik koşullarda çamur tabana çöker, tabanda toplanan çamur air-lift (hava pompası) ile çekilerek aşılama amacıyla havalandırma havuzuna geri gönderilir. Fazla çamur yine air-lift ile çamur stabilizasyon tankına alınarak burada aerobik şartlarda çamur stabilize edilir. Çökeltme havuzunda durulan su üstten savaklanarak temizsu havuzuna geçer burada klor dozaj pompası ile klorlandıktan sonra filtre besleme pompası ile kum –antrasit karışık yataklı filtreden geçirildikten sonra alıcı ortama deşarj edilir.

Çizelge 3.29. Yeniköy AAT tesis giriş-çıkış ortalama parametreleri[İSKİ rapor, 2010]

ALINDIĞI YER VE TARİH	YENİKÖY	
PARAMETRELER	TESİS GİRİŞ	TESİS ÇIKIŞ
BOİ5, mg/l	132	19,5
KOI, mg/l	216	45
AKM, mg/l	97	12
NH4-N, mg/l	15,2	0,1
Top - N, mg/l	28	9
T - P, mg/l	2,8	1,8
İLETKENLİK, µS/cm	324	270
TUZLULUK, Binde	0,2	0,2
pH	6,92	6,76

3.2. EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSLERİ ÇAMUR YÖNETİMLERİNİN İNCELENMESİ VE FARKLI YÖNTEMLERLE ÇAMUR MİKTARININ TESPİT EDİLMESİ

İstanbul Avrupa ile Asya kıtaları arasında köprü görevi gören, İstanbul boğazının iki yakasında kurulmuş, 12 milyonun üzerinde nüfusa sahip Türkiye'nin en büyük şehridir. İstanbullu günlük yaklaşık 2 milyon m³ su tüketmektedir. Kullanılan bu su ile birlikte oluşan atıksuların alıcı ortama zarar vermemesi için arıtılmaları gerekmektedir. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi(İSKİ) sorumluluğunda işletilmekte olan 20 adet biyolojik ve 9 adet ön arıtma tesisi mevcuttur. Bu tesislerde arıtılan atıksuların % 60 ı ön arıtmadan,%39'u ileri biyolojik arıtmadan, % 1'i ise biyolojik arıtmadan geçmektedir.

İstanbul'un evsel atıksuları ve arıtma çamurları ile ilgili birçok çalışma mevcuttur ancak İstanbul'un sürekli olarak nüfusunun artması ve Büyükşehir belediyesi hizmet alanlarının hergeçen gün genişlemesi neticesinde arıtma tesislerin kapasiteleri arttırılmış ve yeni tesisler hizmete girmiştir. Bu nedenle geçmişte yapılan bir çok çalışma ve toplanan veriler günümüzü tam olarak yansıtmayabilir. Örneğin 2000 yılında 100.000 m³/gün olarak inşa edilen Paşaköy İleri Biyolojik AAT kapasitesi arttırılarak 2009 yılı sonunda tesise 2. Kademe ilave edilerek, tesis kapasitesi 200.000 m³/gün'e çıkarılmıştır. Buna ilave olarak çamur kurutma üniteside ilave edilmiştir. Aynı şekilde Tuzla İleri Biyolojik AAT kapasiteside Paşaköy tesisinde olduğu gibi, 100.000 m³/gün kapasiteli yeni bir ünite ile arttırılmıştır. Ayrıca Tuzla AAT'nin çamur kurutma üniteside tamamlanarak devreye alınmıştır. 2010 yılında devreye alınan Ataköy İleri Biyolojik AAT kapasitesi 400.000 m³/gün'dür. Ataköy AAT'ndede oluşacak yüksek miktarda çamur hacminin minimize edilerek maliyetlerin azaltılmasına yönelik çamur kurutma ünitesi buradada mevcuttur. Tesislerde kurutulan çamurlar çimento fabrikalarına verilmektedir. Burada kuru çamurlar kalorifik değerleri dikkate alınarak ek yakıt olarak kullanılmaktadır. Avcılar, Esenyurt, Gürpınar, Kırac, Yakuplu, Beylikdüzü bölgelerine hizmet verecek olan 400.000 m³/gün kapasiteli Ambarlı İleri Biyolojik

AAT'nin yapımına 2009 yılı sonu itibariyle başlanmıştır. Ayrıca birçok biyolojik ve ön arıtma tesisleri geçen kısa süre içinde devreye alınmıştır.

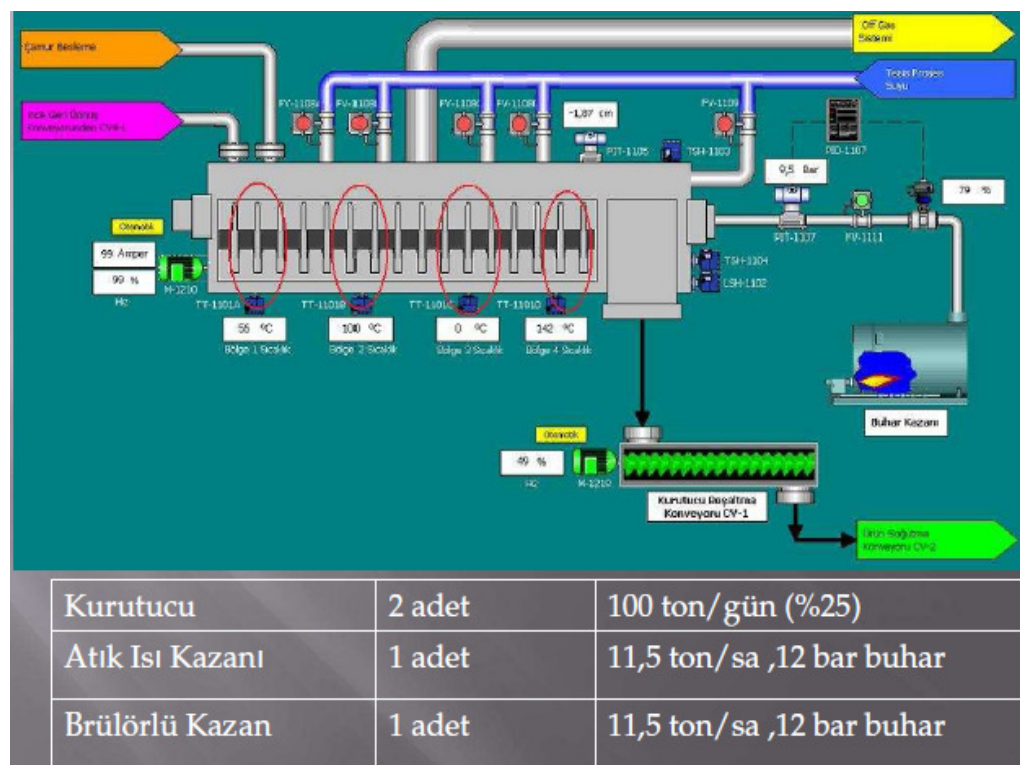
Evsel ya da kentsel AAT olarak tanımlanan tesislerde oluşan arıtma çamuru miktarı uygulanan prosese ve kirlilik konsantrasyonlarına ve uygulanan çamur susuzlaştırma yöntemine bağlı olarak değişmektedir. Literatürde birim arıtma çamuru oluşum miktarı ile ilgili farklı değerler verilmekte olup, kişi başına arıtma çamuru oluşumu 26-90 gr. kişi/gün (Kuru Madde) olarak ifade edilmektedir. Arıtma çamurlarının katı madde içeriği (DS) çamur kurutma yataklarında % 80-90 oranına kadar yükselirken, mekanik çamur susuzlaştırma uygulanan tesislerde bu değer % 17- 25 düzeyinde kalmaktadır. Elde edilen çamur miktarı ise genellikle 1 ton arıtma çamuru/1000 m³ atıksu mertebesindedir. Bu yaklaşım kullanılarak, ülkemizde yılda 1.38 milyon ton evsel arıtma çamuru oluştuğunu ifade etmek mümkün görülmektedir (İşgenç ve Kınay, 2005).Türkiyede günde yaklaşık 1800 ton arıtma çamuru üretilmekte ve bu çamur geleneksel yöntemlerle bertaraf edilmekte veya tekrar kullanılmaktadır (Filibeli ve Ayol, 2008). Ülkemizde oluşan bu çamur miktarının büyük bir kısmı İstanbul'da üretilmektedir. Büyükşehirlerde oluşan yüksek miktarlardaki çamurlar, başlangıçta çamur susuzlaştırma ünitelerinden sonra %20-25 katı madde ihtiva edecek şekilde düzenli depolama tesislerine gönderilmekteydi. Ancak artan nüfus ile birlikte arıtma tesislerinin kapasitelerinin artması, yüksek kapasitede arıtma tesislerinin kurulması vede yüksek miktarda çamur üretilmeye başlanmasıyla birlikte, maliyetler ve düzenli depolama için gerekli alan sıkıntısı artmıştır. Birçok tesis, çevresel ve ekonomik sorun olan sulu çamurdan kaynaklanan problemleri en aza indirmek için termal çamur kurutma yöntemlerine geçmeye başlamışlardır.

İstanbul'da ilin enbüyük kapasiteli arıtma tesisleri olan Ataköy AAT, Tuzla AAT, Paşaköy AAT kurutma tesisleri kurulmuş ve buralardan çıkan 3000kcal/kg enerji kapasiteli %90 lık kuru çamur, çimento fabrikalarına ek yakıt olarak kullanılması için gönderilmektedir. İstanbul'da çamurların çok büyük kısmı nihai olarak bu kurutma tesislerinden çıkmakta ve çimento fabrikalarına verilmektedir.



Şekil 4.1. Çamur kurutucu-tuzla

Tuzla AAT'nde 300 ton/gün kapasiteli kurutucularda(Şekil 4.1.) %25 lik yaş çamur %90 ve üzeri oranlarında kurutularak çimento fabrikalarına gönderilmektedir.(Demir ve ark., 2010)



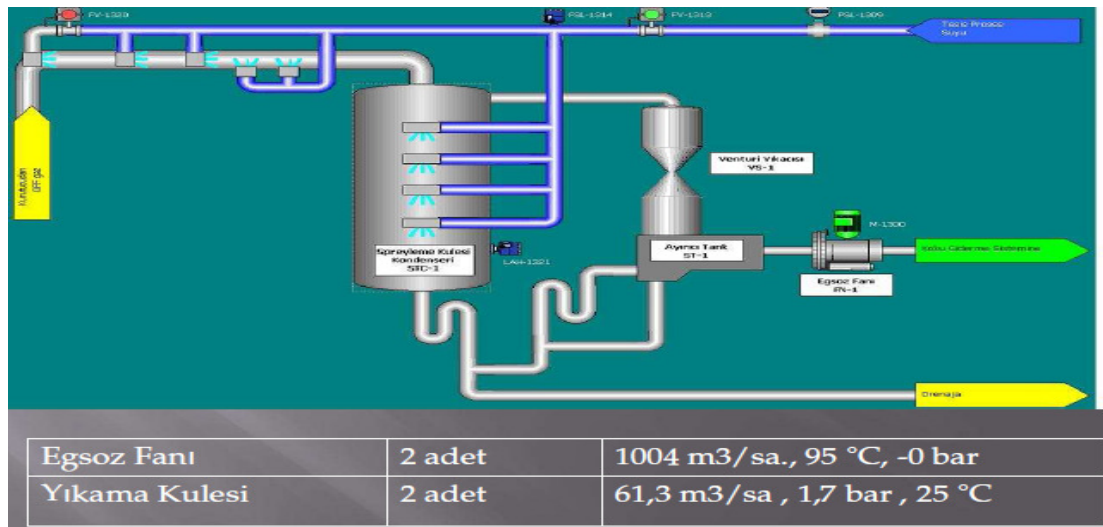
Şekil 4.2. Çamur kurutma-Paşaköy

Paşaköy AAT'nde toplam 200 ton/gün kapasiteli kurutucularda %25 lik yaş çamur %90 ve üzeri oranlarında kurutularak(Şekil 4.2.) çimento fabrikalarına gönderilmektedir. Kojenerasyon ünitesinde(Şekil 4.4) üretilen 4,2 MW enerji ile tesis ihtiyacı karşılanmakta,elde edilen atık buhar kurutma ünitelerinde kullanılmaktadır [Demir ve ark., 2010].



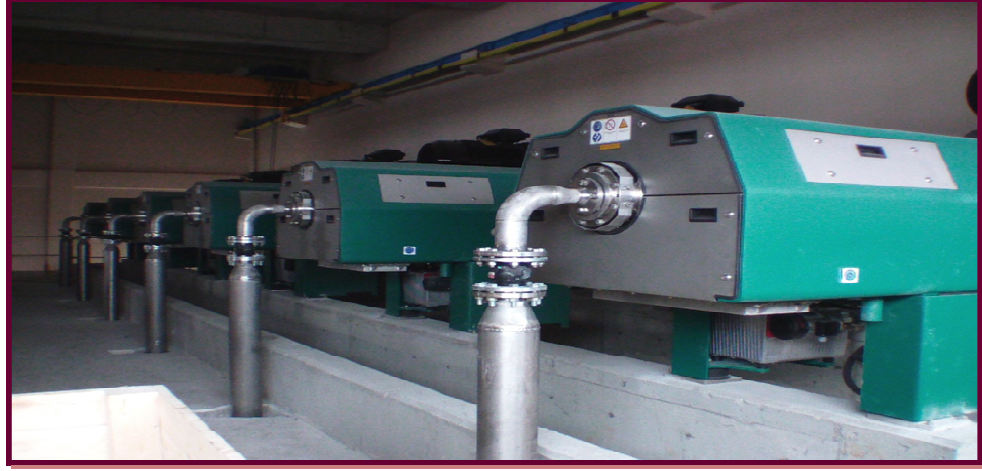
Şekil 4.3. Paşaköy kojenerasyon-kazan sistemi

Kurutucu içinde 2 adet 3,8 ton/gün kapasiteli,12 bar basınçta 195 C⁰ sıcaklığa sahip buharı iletecek şaftlar bulunur. Kurutucu dış cepherinde buhar iletilir. Kurutucu içerisinde 4 adet sıcaklık bölgesi vardır. İşletme sırasında birinci bölgenin 40-100 C⁰,2.bölgenin 101-102 C⁰,3.bölgenin 102-130 C⁰ arasında, 4. Bölgenin 145 C⁰ den küçük olması istenir [İSKİ rapor, 2010]



Şekil 4.4. Kurutucu eksoz(off-gas)

Kurutucudan çıkan eksoz gazı, yıkayıcı kulede yaklaşık 60 m³/saat debili 1,7 bar basınçta su ile yıkanır. Venturide katıları ayrılarak uzaklaştırılır (Şekil 4.4). Oluşan gaz 1004 m³/saat kapasiteli eksoz fanı vasıtasıyla koku kontrol ünitesi emiş hattına verilir. [İSKİ rapor, 2010]



Şekil.4.5. Ataköy santrifüj çamur yoğunlaştırıcı

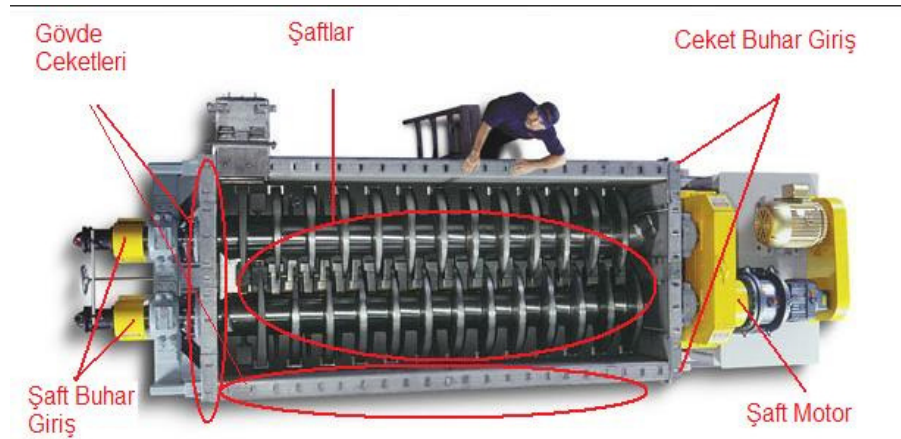
Ataköy AAT'nde ön çöktürme tankından gelen primer çamur 2 adet son çöktürmeden gelen fazla çamur da 9 adet santrifüj çamur yoğunlaştırıcıda (Şekil 4.5) katı madde oranı % 6 ya çıkarılarak çamur depolama tankına sonrasındada herbiri 10.000 m³ hacme sahip 6 adet betonarme silindirik çamur çürütücülere alınmaktadır(Şekil 4.6). Bu tanklarda anaerobik çamur stabilizasyonu neticesinde çamur kütleinde azalma olmakta, üretilen biogaz da gaz depolama tankına alınmaktadır. [Demir ve ark., 2010].



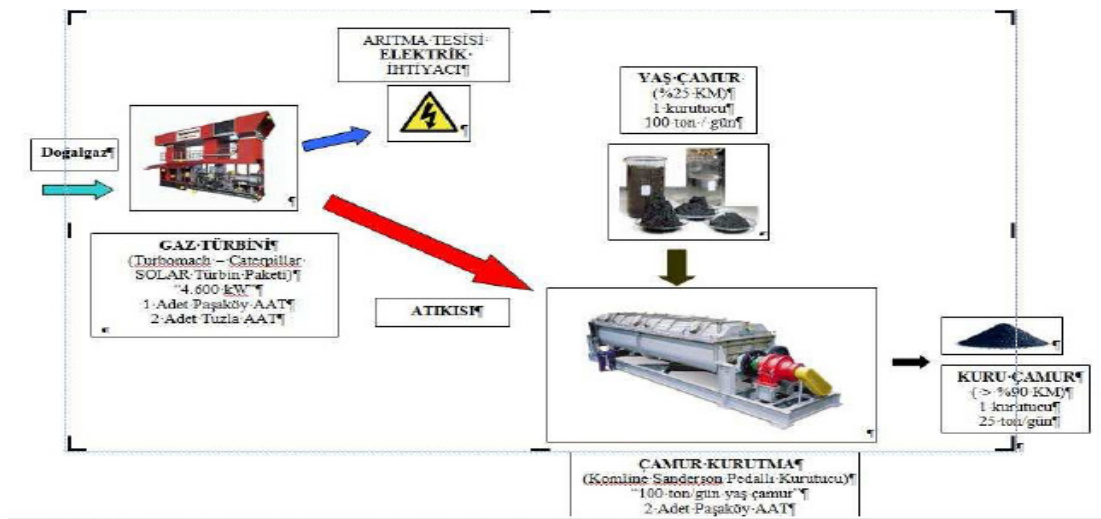
Şekil.4.6. Ataköy AAT anaerobik tanklar ve gaz depolama tankları

Çürütücülerden alınan çamur santrifüj dekantörlerle %25 oranında susuzlaştırıldıktan sonra çamur kurutma ünitesine iletilmektedir. Çamur kurutma ünitesindeki 6 adet çamur kurutucu ile çamur % 90 oranında kurutularak çimento fabrikalarına gönderilmektedir.

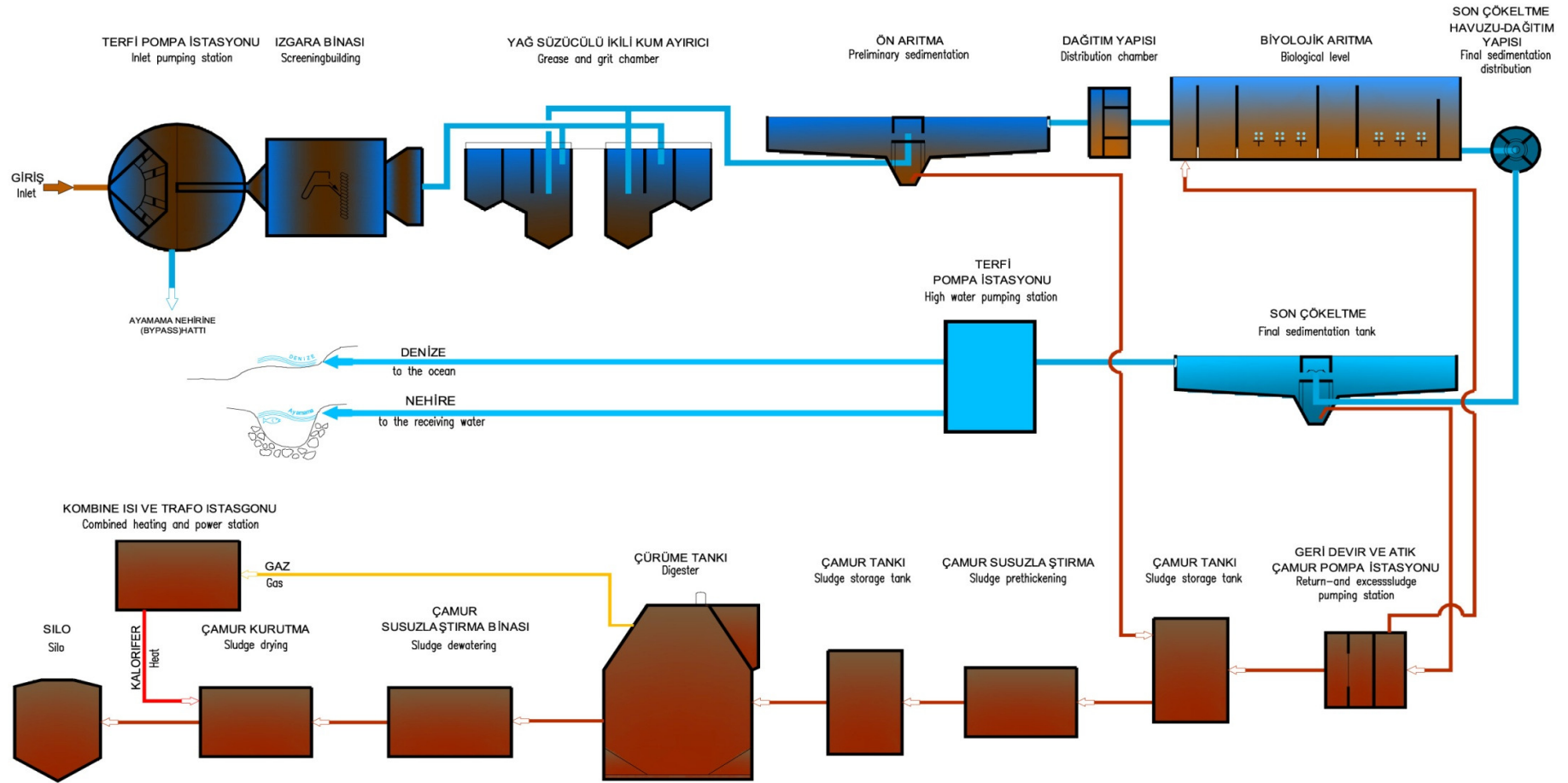
Tüm tesislerde kurutucular endirekt kurutma şeklindedir. Endirekt kurutmada ısı kaynağı ile ıslak çamur temas etmeden çamur kurutulmaktadır. Patlama riskleri ortadan kalktığı gibi kirlenen hava-buhar miktarı önemli oranda azalır.



Şekil 4.7.Çamur kurutucu iç kesit [Demir ve ark., 2010].



Şekil 4.8.Çamur kurutma sistemi[İSKİ rapor, 2010]



Şekil 4.9. Ataköy AAT çamur yönetimi örneği

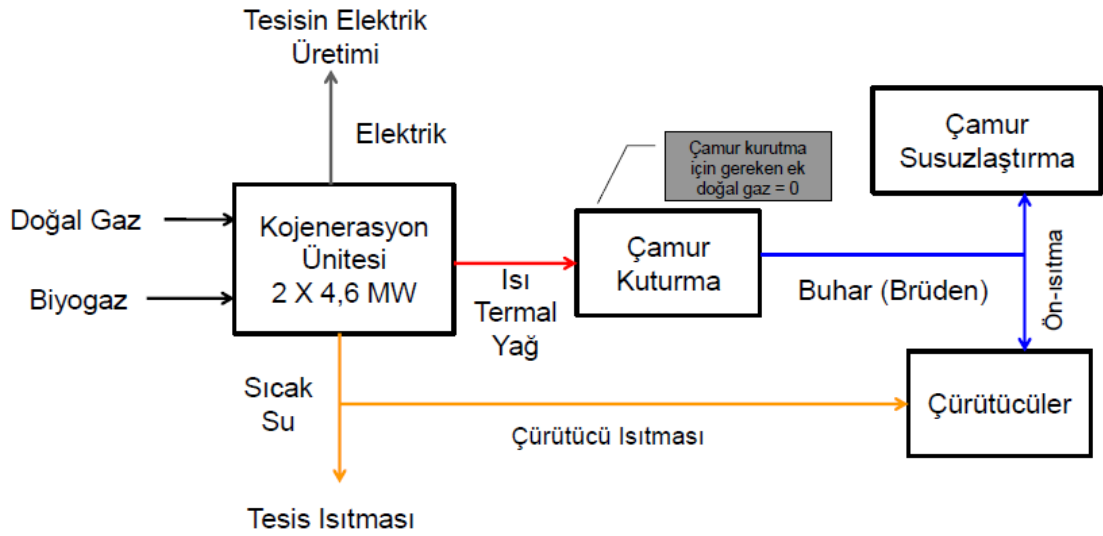


Şekil.4.10. Çamur kurutucu-Ataköy

Ataköy AAT'nde yaklaşık olarak $15.083 \text{ m}^3/\text{gün}$ hacimli çamur kurutma işlemine tabi tutularak $140 \text{ m}^3/\text{gün}$ hacimlere düşürülmektedir. Anaerobik çamur çürütücülerde kütleli azalma yanı sıra oluşacak $46.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ biogazda kojenerasyon ünitesinde kullanılacaktır. Ataköy AAT çamur yönetimi, çamur kurutucu ve nihai olarak çıkan %90 lık çamur, enerji dengesi ile ilgili resimler Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12'de verilmiştir. [Demir ve ark., 2010].



Şekil 4.11. Kurutmadan çıkan %90 lık çamur



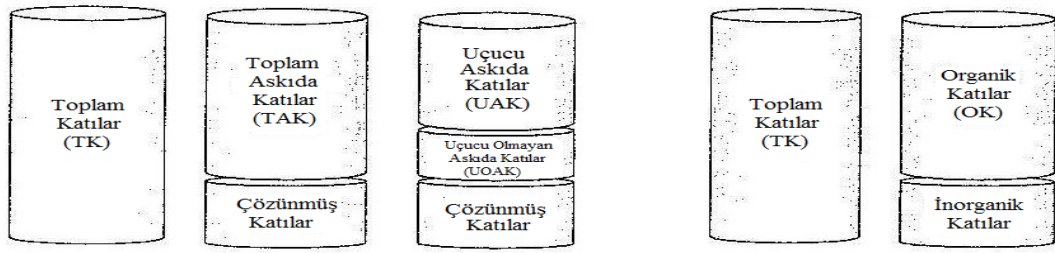
Şekil.4.12. Ataköy AAT enerji dengesi

3.2.1. ÇAMUR MİKTARININ TESPİTİ

Çamurun miktarı uygulanan prosese, atıksuyun karakterizasyonuna ve uygulanan çamur susuzlaştırma yöntemlerine bağlı olarak değişmektedir. Literatür’de çamur miktarıyla ilgili, birçok farklı değerler, sabitler ve hesap yöntemleri mevcuttur. Aşağıda farklı birkaç yöntemle çamur miktarı hesaplanmış olup, çıkan farklı değerler sonuç kısmında değerlendirilecektir.

- **Çamur Kompozisyonu**

Çamur genellikle Toplam Katı (TK), Uçucu Katı (UK), Toplam Askıda Katı (TAK), Uçucu Askıda Katı (UAK), toplam KOİ veya partikül KOİ analizleri referans alınarak sınıflandırılmaktadır. Çamur farklı bileşenlerden oluştuğundan dolayı bu ölçümler farklılık göstermektedirler. Toplam katılar, Şekil 4.13. 'de görüldüğü üzere çözünmüş-askıda fraksiyonlar ve organik (uçucu)-inorganik (inert) fraksiyonlardan meydana gelmektedir [Foladori at al, 2010].



Şekil 4.13. Çamur bileşenleri

Bu ölçümleri şu şekilde tanımlayabiliriz;

- **Toplam Katılar (TK):** Çözünmüş ve partikül haldeki ve hem organik hem de inorganik katıların miktarını gösterir.
- **Uçucu Katılar (UK):** Çözünmüş ve partikül haldeki organik katıların miktarını gösterir.
- **Toplam Askıda Katılar (TAK):** Organik ve inorganik çözünmüş katıların dışındaki partikül katıların miktarını gösterir.
- **Uçucu Askıda Katılar (UAK):** Çözünmüş katılar ve inorganik katılar dışında partikül organik katıların miktarını gösterir.
- **Toplam KOİ:** Partikül ve çözünmüş KOİ içeren kimyasal oksijen ihtiyacıdır.
- **Çözünmüş KOİ:** Çözünmüş katıların kimyasal oksijen ihtiyacıdır.
- **Partikül KOİ:** Partikül bileşiklerin kimyasal oksijen ihtiyacı olup Toplam KOİ ile çözünmüş KOİ arasındaki farktan hesaplanmaktadır.

• Çamurun KOİ Cinsinden İfadesi

Toplam KOİ çamurun çözünmüş (S) ve partikül (X) bölümlerinden meydana gelmektedir.

$$\text{Toplam KOİ} = S + X$$

Partikül KOİ Şekil 4.13'te gösterildiği üzere çeşitli fraksiyonlardan oluşmakta olup şu şekilde ifade edilmektedir [Foladori at al, 2010].

$$\text{Partikül KOİ} = X_I + X_P + X_S + X_{BH} + X_{BA}$$

- **Heterotrofik Biyokütle (X_{BH}):** Organik maddenin biyolojik olarak parçalanması ile gelişen heterotrofik bakterilerden meydana gelmektedir.
- **Ototrofik Biyokütle (X_{BA}):** Nitrifiye bakterilerden meydana gelmektedir.
- **İnert Partikül KOİ (X_I):** Giriş atıksuyunda bulunan ve tesise gelen inert partikül KOİ'yi ifade etmektedir. Aktif çamur prosesinde biyolojik arıtmadan etkilenmeden çamur içerisinde birikmektedir.
- **Endojen Biyokütle (X_P):** Bakterilerin ölmesi ile oluşan ve çamurda biriken bakteri ölü artıklarıdır.
- **Biyolojik Parçalanabilir Partikül KOİ (X_S):** Yavaş olarak parçalananan KOİ. Uzun çamur yaşlarında işletilen aktif çamur prosesinde genellikle ihmal edilir.

• Çamur Üretimi ve Denklemler

Atıksu arıtma tesislerinde çamur üretimi genellikle kişi başına 35-85 g katı madde olmaktadır. Bu değerler yapılan çalışmalar sonunda Almanya ve Fransa'da 60-80 g TK/kişi gün olurken İtalya'da 65 g TK/kişi gün olarak bulunmuştur [Foladori at al, 2010].

3.2.1.1. Birincil Çamur Üretimi Hesabı

Birincil çamur üretimi ham atıksuda tipik olarak 50-60 g TAK/kişi gün olarak bulunan veya arıtılmış suda 110-170 g TAK/m³ olarak bulunan çökelebilir katıların miktarına bağlıdır. Birincil çamurun üretimini hesaplamak amacıyla giriş suyundaki TÇK ile çıkış suyundaki TÇK'lar ölçülür ve arasındaki farktan hesaplanır. Atıksuyun askıda katı madde içeriği, X_0 (mg/L) ile çökeltmeden sonraki suyun askıda katı madde içeriği X_e (mg/L) arasındaki fark 1 litre atıksudan uzaklaştırılabilen çamurun (mg) olarak miktarını vermektedir. Bu çamur miktarı (X_c) debi ile çarpıldığında ilgili atıksu arıtma ünitesinden (kg/gün) olarak giderilen katı madde miktarı belirlenmektedir [Foladori at al, 2010].

İncelenen arıtma tesislerinin birçoğunda ön çöktürme havuzu olmayışı ve olanlardada ön çöktürmelerin ihtiyaca göre sık sık by pass edilmesi nedeniyle hesaplamalarda dikkate alınmamıştır.

3.2.1.2. Biyolojik Fazla Çamur Hesabı

Biyolojik fazla çamur üretimi heterotrofik biyokütlenin büyümesi ve ölümüne, endojen atıkların birikmesine ve arıtma tesisine gelen inert katıların birikmesine bağlı olarak meydana gelmektedir. Aşağıda bu bileşmelerin toplamını matematiksel olarak ifade eden denklem gösterilmiştir [Foladori at al, 2010].

$$X \left(\frac{kg UAKM}{gün} \right) = \frac{1}{SRT} (X_{BH} + X_p + X_I)$$

$$X_{BH} = \frac{(KOİ_{giriş} - KOİ_{çıkış}) \cdot Q \cdot Y_H \cdot SRT}{1 + k_n \cdot SRT}$$

$$X_p = f \cdot k_D \cdot X_{BH} \cdot SRT$$

$$X_I = Q \cdot \frac{KOİ_{inert giriş}}{f_{cv}} \cdot SRT$$

$$X \left(\frac{kg AKM}{gün} \right) = \frac{X \left(\frac{kg UAKM}{gün} \right)}{f_v}$$

X = Çamur miktarı (kg UAKM/gün)

X_{BH} = Heterotrofik biyokütle miktarı (kg)

X_p = Ölü biyokütle miktarı (kg)

X_I = İnert katı miktarı (kg)

KOİ_{giriş} = Giriş suyundaki KOİ konsantrasyonu (mg/L)

KOİ_{çıkış} = Deşarj suyundaki KOİ konsantrasyonu (mg/L)

KOİ_{inert giriş} = Giriş suyundaki inert partikül KOİ konsantrasyonu (mg/L)

Q = Debi (m³/gün)

SRT	= Çamur yaşı (gün)
Y_H	= Heterotrofik mikroorganizmaların büyüme oranı (g UAKM/g KOİ)
k_D	= Mikroorganizmaların ölüm hızı (gün ⁻¹)
f	= Sabit
f_{cv}	= UAKM/KOİ dönüşüm oranı (g KOİ/g UAKM)
f_v	= UAKM/AKM oran

Eğer ototrofik (nitrifiye) biyokütle hesaba katılırsa bu denkleme X_N terimi ilave edilir.

$$X\left(\frac{kg\text{UAKM}}{gün}\right) = \frac{1}{SRT}(X_{BH} + X_N + X_p + X_l)$$

$$X_N = \frac{Q \cdot Y_N \cdot \Delta N - NO_3 \cdot SRT}{1 + k_N \cdot SRT}$$

Y_A	= Ototrofik mikroorganizmaların büyüme oranı (g UAKM/g N)
ΔN-NO₃	= Nitrifikasyon sırasında üretilen NO ₃ -N konsantrasyonu (mg N/L)
k_N	= Ototrofik mikroorganizmaların ölüm hızı (gün ⁻¹)

Denklemlerde Kabul Edilen Sabitler

Y_H	= 0.6 (g UAKM/g KOİ)
Y_N	= 0.16 (g UAKM/g KOİ)
k_D	= 0.05 (gün ⁻¹)
k_N	= 0.08
f	= 0.15
f_{cv}	= 1.45 (g KOİ/g UAKM)
f_v	= 0.8

İstanbul evsel AAT'leri çamur hesabında kullanacağımız veriler ve bu verilerin yukarıdaki formüller ışığında, oluşturulan excel tablosunda yerine

konulmasıyla elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. Kullanılan arıtma tesisi verileri ve çıkan sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Sözkonusu metodoloji ile hesaplanan % 90’lık toplam çamur miktarı: 280.064,92 kg/gün % 25’lik çamur miktarı ise 11.331,0kg/gün çıkmıştır.

Çizelge 4.2. İstanbul AAT verileri ve çamur hesabı

Tesis Adı	Q (m ³ /gün)	SRT (gün)	KOİ ₀ (S ₀ +S _i)	S ₀ (mg/L)	S (mg/L)	S _{inert} (mg/L)	N _{giriş} (mg/L)	N _{çıkış} (mg/L)
Ataköy	390000	8	600	480	125	120	60	10
bahçeşehir	7400	15	410	328	140	82	0	0
tuzla	250000	9	621	496.8	116	124.2	45	9
paşaköy	200000	9	422	337.6	28	84.4	42	6
Terkos	1730	20	500	400	60	100	36	13.6
Çanta	1600	20	386.7	309.36	58.7	77.34	0	0
Gümüşyaka	1700	20	550	440	50	110	0	0
Ağva	1600	20	65	52	39	13	12.8	9.6
Köy arıtma	3000	20	350	300	70	70	35	12

k _D	f	f _{cv}	f _v	Y _N	XBH	X _p	XI	XN	X (kg SSV/d)	Çamur X (kg TSS/g)	%90 lık çamur	%25 lik çamur
0.05	0.15	1.45	0.8	0.2	474685.71	28481.14	258206.90	17828.57	97400.29	121750.36	135278.18	0.00
0.05	0.15	1.45	0.8	0.2	7154.74	804.91	6277.24	0.00	949.13	1186.41	0.00	4745.63
0.05	0.15	1.45	0.8	0.2	354537.93	23931.31	192724.14	8937.93	64459.03	80573.79	89526.44	0.00
0.05	0.15	1.45	0.8	0.2	230598.62	15565.41	104772.41	7150.34	39787.42	49734.28	55260.31	0.00
0.05	0.15	1.45	0.8	0.2	3529.20	529.38	2386.21	62.00	325.34	406.67	0.00	1626.70
0.05	0.15	1.45	0.8	0.2	2406.34	360.95	1706.81	0.00	223.71	279.63	0.00	1118.53
0.05	0.15	1.45	0.8	0.2	3978.00	596.70	2579.31	0.00	357.70	447.13	0.00	1788.50
0.05	0.15	1.45	0.8	0.2	124.80	18.72	286.90	8.19	21.93	27.41	0.00	109.65
0.05	0.15	1.45	0.8	0.2	4140.00	621.00	2896.55	110.40	388.40	485.50	0.00	1941.99
									203912.95	254891.18	280064.92	11331.00

* Çamur miktarının hesaplanmasında ikinci yöntem ise **Alman ATV DVWK Standartlarıdır**. Alman ATV DVWK ülkemizde ve dünyada geçerliliği kabul edilmiş ampirik yöntemlerle arıtma tesislerinin boyutlandırılması ve projelendirilmesine yarayan yöntemlerdir. Ülkemizde ve özellikle İstanbulda evsel AAT'lerinin birçoğu ATV standartlarına göre boyutlandırılmıştır. Bu standartları kullanırken aşağıdaki formüller kullanılarak çamur miktarı hesaplanacaktır.

$$F_T = 1.072^{T-15}$$

$$ER = (SRT \cdot F_T) / (1 + 0.17 F_T \cdot SRT)$$

$$Y_{obsh} = 0.75 + 0.60 (SS_0 / BOD_0) - 0.102 (ER)$$

$$P_{XT} = Y_{obsh} \cdot BOD_{load}$$

$$F_T = \text{Endojen solunum için sıcaklık faktörü}$$

$$ER = \text{İçsel solunum}$$

Y_{obsH} = Giderilen sübstrat miktarına bağlı üretilen katı madde miktarı
(Dönüşüm oranı)

Aşağıda konu ile ilgili tesis verileri ve çamur miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.3. İstanbul AAT verileri ve çamur hesabı-ATV yöntemi

Tesis Adı	Q (m ³ /gün)	SRT (gün)	T(sıcaklık)	FT	SSo	BOD	BODLoad
Ataköy	390000	8	15	1,072	500	300	117000
bahçeşehir	7400	15	15	1,072	288	335	2479
tuzla	250000	9	15	1,072	516	349	87250
paşaköy	200000	9	15	1,072	247	184	36800
Terkos	1730	20	15	1,072	173	148	256.04
Çanta	1600	20	15	1,072	262.2	186.2	297.92
Gümüşyak	1700	20	15	1,072	200	180	306
Ağva	1600	20	15	1,072	70	27	43.2
Köy arıtma	3000	20	15	1,072	196	139	417

ER	Yobs	Pxt	90% lık ç	%25 lik
3.489	1.244122	145562	161736	0
4.31	0.748827761	1856.34	0	7425.3761
3.65	1.131740115	98744.3	109716	0
3.65	1.062319565	39093.4	43437.1	0
4.62	0.874908649	224.012	0	896.04644
4.62	0.996923265	297.003	0	1188.0135
4.62	0.845426667	258.701	0	1034.8022
4.62	1.600982222	69.1624	0	276.64973
4.62	0.997896691	416.123	0	1664.4917
		286521	314889	12485.38

İstanbul evsel AAT'leri çamur hesabında kullanacağımız veriler ve bu verilerin, yukarıdaki ATV formülleri ışığında oluşturulan excel tablosunda yerine konulmasıyla ulaşılan sonuçlar Çizelge 4.-3'de verilmiştir.

Sözkonusu metodoloji ile hesaplanan % 90'lık toplam çamur miktarı: 314.889 kg/gün %25 lik çamur miktarı ise 12.485,38 kg/gün çıkmıştır.

*** Sözkonusu metodoloji dikkate alındığında kişi başı kuru çamur miktarı = (283.400,1+3121,35)/ 4285150 kişi =66,8 gr kişi/gün kuru madde çıkar.**

***Çamur miktarı bulmak için bir başka yöntemde kişi başı oluşabilecek çamur miktarı dikkate alınarak toplam çamur miktarının bulunmasıdır.**

Literatürde birim arıtma çamuru oluşum miktarı ile ilgili farklı değerler verilmekte olup, kişi başına arıtma çamuru oluşumu 26-90 gr.kişi/gün (kuru madde) olarak ifade edilmektedir. (İşkent ve Kınay ,2005)

Bu yöntem tesislerin spesifik bazı özellikleri dikkate alınmadığı için çok yaklaşık bir değer vermekte ve en azından oluşabilecek yaklaşık çamur miktarı konusunda fikir sahibi olmamızı sağlamaktadır. Bu yaklaşım kullanıldığında oluşacak çamur miktarı aşağıda belirtilmiştir.

Bu yöntemin kullanılması için toplam debiye karşılık gelen eşdeğer nüfusun bulunması gerekmektedir.

Kişi başı atıksu miktarı 100-300 lt/N.gün dür.[Öztürk ve ark., 2005]

Eşdeğer nüfus: $857.030 \cdot 1000 / 200 = 4.285.150$ kişi

Toplam çamur (% 100)= $4.285.150 \cdot 50 / 1000 = 214.257,5$

%90'lık çamur miktarı: 238.063,89

*Birbaşka yöntem ise **Metcalf ve Eddy (2003)** dikkate alınarak yapılan hesap yöntemidir.

TSS olarak günlük atılan çamur miktarı;

$$P_{x,TSS} = \frac{QY(S_0 - S)}{1 + k_d \theta_c} \left(\frac{1}{0,85} \right) + \frac{(f_d)(k_d)YQ(S_0 - S)\theta_c}{1 + k_d \theta_c} \left(\frac{1}{0,85} \right) + QX_{0,i} + Q(TSS_0 - VSS_0)$$

Fd: Hücre yığını olarak kalan biokütle oranı(0,10-0,15) gVSS/gVSS

Kd: 0,10 gr VSS/gr VSS-gün

Y: 0,4 gr VSS/grKOİ kullanılan

TSSo: Giriş Toplam Askıda Katı Madde

VSSo: Uçucu askıda katı madde

Giriş atıksuyunda genel olarak inorganik katıların yüzdesi toplam kuru ağırlık içerisinde yaklaşık %10-15 civarında olup, biyokütledede kuru ağırlık benzer orandadır. [Debik ve ark., 2008]

nbVSS(Xoi): Toplam hücre miktarının %10-15 i kadardır ve VSS olarak ölçülür.

Çizelge 4.4. İstanbul AAT verileri ve çamur hesabı-Metcalf ve Eddy hesap yöntemi

Tesis Adı	Q (m ³ /gün)	Qc(gün)	So	S	TSSo	VSSo(TSSo)	nbVSS(VSSo)	Çamur(TSS)	%90lık çamur	%25lik çamur
Ataköy	390000	8	510	125	500	425	63,75	98.079	108976,667	0
İbahişehir	7400	15	348,5	140	288	244,8	36,72	947	0	3788,744
İtuzla	250000	9	527,87	116	516	438,6	65,79	64743,15	71936,8333	0
İpaşaköy	200000	9	358,7	28	247	209,95	31,4925	32301,43	35890,4778	0
Terkos	1730	20	425	60	173	147,05	22,0575	211822	0	847288
Çanta	1600	20	328,49	58,7	262,2	222,87	33,4305	204,52	0	818,08
Gümüşya	1700	20	467,5	50	200	170	25,5	239,08	0	956,32
Ağva	1600	20	55,25	39	70	59,5	8,925	38,93	0	155,72
Köy anıtm	3000	20	297,5	70	196	166,6	24,99	302	0	1209,4
									216803,978	854216,264

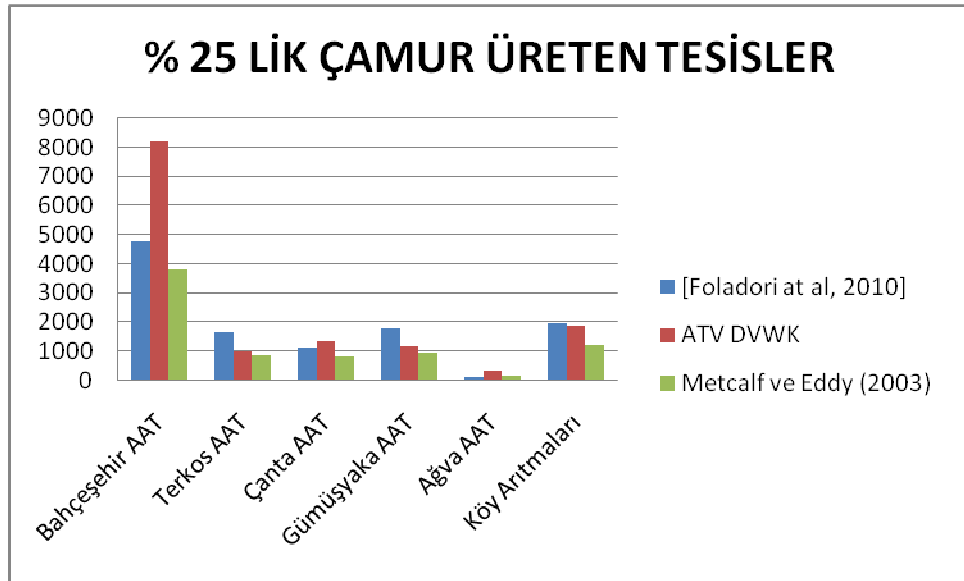
Sözkonusu metodoloji ile hesaplanan % 90'lık toplam çamur miktarı: 216803,978 kg/gün %25 lik çamur miktarı ise 854216,264 kg/gün çıkmıştır. Çıkan sonuçlar aşağıda grafiklerle karşılaştırılmıştır.

- Sonuçların Karşılaştırılması

Çizelge 4.5. %25 lik Çamur Üreten Tesislerin Çamur Miktarları

	Bahçeşehir AAT	Terkos AAT	Çanta AAT	Gümüşyaka AAT	Ağva AAT	Köy Arıtmaları
[Foladori at al, 2010]	4745.63	1626.7	1118.53	1788.5	109.65	1941.99
ATV DVWK	8193	1004	1339	1157	317	1876
Metcalf ve Eddy (2003)	3788,74	847,28	818,08	956,32	155,72	1209,4

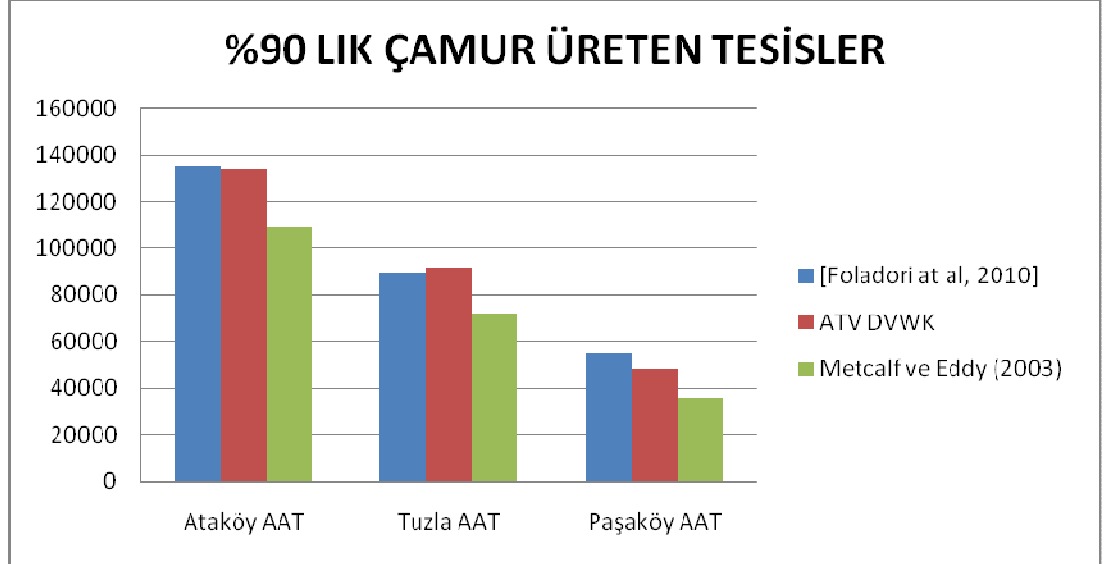
Şekil 4.14. % 25 lik Çamur Üreten Tesisler Grafik



Çizelge 4.6. % 90'lık Çamur Üreten Tesislerin Çamur Miktarları

	Ataköy AAT	Tuzla AAT	Paşaköy AAT
[Foladori at al, 2010]	135278.18	89526.44	55260.31
ATV DVWK	134283	91962	48377
Metcalf ve Eddy (2003)	108976,67	71936,833	35890,48

Çizelge 4.7. % 90’lik Çamur Üreten Tesisler Grafik



4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çamur hesabı farklı metodolojilerle yapılmıştır. Bu metodolojiler içinde genellikle gerçeğe en yakın değer, arıtma tesisinin dizaynının yapılmasında hangi metodoloji kullanıldıysa çamur hesabında da o metodoloji’nin kullanılması ile elde edilen sonuçlardır. Bununla birlikte, hesaplamada alınan birçok sabit değer genellikle farklı değerler alınmasıdır. Örneğin mikroorganizmaların büyüme hızı, ölüm hızı, dönüşüm oranları v.b. birçok sabitler farklı hesap yöntemlerinde farklı değerler alınmaktadır. Ayrıca, her bir tesisin atıksu kirlilik yükleri genellikle farklıdır bu nedenle kişi başı ya da debi başına alınan değerler her tesise uygun olmayabilir. Tesisin, işletme farklılıkları ya da proses kademeleri bile, çamur hesabında kullanılacak birçok verileri, tesise özel olarak değiştirir. Elbetteki çamur hesabında gerçeğe en yakın değer, çamur hesabı hangi tesis için yapılacaksa, o tesisin dizaynında kullanılan metodun, çamur hesabında kullanılmasıyla elde edilen değerlerdir. Bu metod kullanılırken, laboratuvar ortamında ve tecrübelerle tespit edilen tesise özel verilerin alınması gerekmektedir. İstanbul’da bulunan evsel

nitelikli atıksuların arıtılması amacıyla kurulan arıtma tesisleri (Paşaköy AAT, Tuzla AAT, Ataköy AAT) Alman ATV DVWK Standartları'na göre dizayn edilmiştir. Bu nedenle İstanbulda bulunan evsel nitelikli AAT'leri çamur miktarı, birçok yöntemle hesaplanmış, ancak yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı nihai sonuç olarak Alman ATV DVWK Standartları'na göre hesaplanan miktar alınacak ve değerlendirmeler ona göre yapılacaktır.

İstanbul'da 3 adet tesiste kurutucu olduğundan 3 adet tesisten %90 lık çamur, diğer tesislerde ise filtrepres, belt filtre tarzı susuzlaştırmalar olduğu için, bu tesislerdende yaklaşık %25'lik çamur oluşur.

İstanbul ilinin yaklaşık çamur miktarı % 90'lık toplam çamur miktarı: 314.889 kg/gün %25 lik çamur miktarı ise 12.485,38 kg/gün olarak hesaplanmıştır. Çamur miktarı hesabında henüz devreye alma çalışmaları devam eden çamur çürütücüler dikkate alınmamıştır.

İstanbul'da AAT'lerinden kaynaklanan arıtma çamuru miktarı çok fazla olduğundan, bertaraf yöntemleri planlanırken bu husus gözönünde tutulmalıdır. Kısa süreli geçici önlemler yerine, uzun süreli, sürdürülebilir yöntemler üzerinde durulmalıdır. Çamurun bertarafında sadece maaliyet dikkate alınarak düşünüldüğünde, ilk akla gelen bertaraf yöntemi düzenli depolamadır. Bu nedenle çok uzun süredir İstanbul'un çamurları düzenli depolama tesislerine gönderilmiştir. Ancak zamanla düzenli depolama alanlarının yetersiz gelmesi, koku problemi, çevre ve sağlık riskleri, kullanılan alanın birdaha kullanılamaması, getirilen yasal sınırlamalar, işletme zorlukları gibi nedenlerden dolayı bu yöntem kullanılamaz hale gelmiştir.

Evsel arıtma çamurlarının birçoğunda çamur, TOC (Toplam organik Karbon) ve LOI(Organik madde) bakımından tehlikeli atık üst sınır değerini aşmaktadır. Bu da bu çamurun kullanım alanlarını ve bertaraf yöntemlerini sınırlandırmıştır. Söz konusu sebeplerden dolayı çamur kurutma tesisleri kurulmuştur. Kurutma tesisleri çamur miktarının çok büyük miktarlarda azaltılmasını sağlamaktadır. %90'lık kuru çamur, patojen bakterilerden arınmış olarak depolanabilmekte ve kuru olarak naklieleri yapılabilmekte, oluşan kuru biyokatı çimento fabrikalarına ücret

ödemedi verilerek burada ek yakıt olarak kullanılabilir. Uzun vadede çimento fabrikalarının bu çamurları kabul etmemesi durumunda, kuru çamurun(%90'lık çamur) tarım ve ormanda gübre olarak kullanılabilmesi, düzenli depolamada kullanılabilmesi gibi yöntemler üzerinde araştırma ve çalışmalar yapıldıktan sonra uygulanabilir. Kurulmuş olan kojenerasyon ünitesi ile termal dönüşüm sağlanarak, sistemin enerjisinin tamamı karşılanmaktadır.

İstanbul gibi çamur miktarı çok fazla olan yerlerde, maliyetler ve uygulanan yöntemlerin uzun süreli uygulanabilirliği dikkate alındığında ilk yapılması gereken çamur minimizasyon tekniklerinin uygulanmasıdır. Çamur miktarının azaltılması için yapılabilecek yöntemler, AAT'nde ve çamur işleme ünitelerinde olmak üzere araştırılmalı ve maliyetlerde dikkate alınarak çamur minimizasyonu yapılmalıdır. Örneğin anaerobik arıtma öncesi çamur dezentegrasyonu yöntemiyle, çamurun flok yapısı bozularak, süreç hızlandırılabilir ve verim artırılabilir. Bu yöntemle, organik madde miktarı en aza indirilmekte, daha düşük miktarda çamur eldesi sağlanmakta, daha fazla biyogaz elde edilmektedir. Böylece hem süreç hızlandırılmış olur, hem de daha fazla enerji sağlanarak ve çamur miktarı da azaltılarak maliyetler minimize edilmiş olur. Dezentegrasyon işlemi bir çok yöntemle yapılabilmektedir. Bu yöntemler arasında maliyeti en az olanlardan olan, mekanik dezentegrasyon vb. yöntemler araştırılarak denemeler yapılarak tesise en uygun yöntem seçilmelidir.

5. REFERANSLAR

Ademe and Recyval, Compost de boues de stations d'épuration unicipales :qualité performances agronomiques et utilisations (2001).

Akça, L., Çitil, E. ve Tüfekçi, N., Arıtma Çamurlarının Tarım Alanlarında Değerlendirilmesi, Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu,13-15 Mayıs 1996, Mersin, Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı Bildiri Kitabı, 35-43, Mersin (1996).

Álvarez, E. A., Mochón, M. C., Sánchez, J. C. J. and Rodríguez, M. T. Heavy metal extractable forms in sludge from wastewater treatment plants, Chemosphere., 47, 765-775 (2002).

Alvarez, M.J., 2003. Biomethanization of The Organic Fraction Of Municipal Solid Wastes, pp. 1-43, Iwa Publishing, London (2003).

Aral,N., Arıtma Çamurlarının Tasfiyesinde Arazide Kullanılma İmkanları, İ.T.Ü. 2. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu 24-26 Eylül 1990,İstanbul (1990).

Arıkan, O. A., Öztürk, İ. Arıtma Çamuru Kompostlaştırılmasında Organik Evsel Katı Atık İlavesinin Etkisi, İtü dergisi/d, mühendislik, cilt: 4, sayı:1, sf:15-24. (2005).

Aydın, S. Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının Değişik Amaçlarla Kullanımının Araştırılması,İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Doktora Tezi,ss.112 (2004).

Ayol A., Dentel S.K., Filibeli A., 2004. Dual polymer conditioning of water treatment residuals, Journal of Enviromental Engineering, ASCE. (2004).

Ayol, A., "Enzymatic treatment effects on dewaterability of anaerobically digested biosolids-I:Performance evaluations," *Process Biochemistry*, Vol. 40, No. 7, 2427-2434 (2005.a).

Ayol, A., Dentel, S.K., Filibeli, A., "Use of drainability and filterability simulations for evaluation of oxidative treatment and polymer conditioning of sudge," *Water Science and Technology*, Vol. 50, No. 9, 9-16 (2004).

Banerjee M. R., Burton D.L., Depoe S. Impact of sewage sludge application on soil biological characteristics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 66, Issue 3, 241-249 (1997).

Başkaya, H.S., Kocaer, F.O. ve Kemiksiz, A., *Arıtma Çamurlarının Azotlu Organik Gübre Değeri Üzerine Bir Çalışma, Türkiye'de* (1999).

Berkin, S. Determination of physical and chemical properties of treatment plant sludges, Master Thesis, Graduate School of Natural and Applied Science of Dokuz Eylül University, İzmir (2002).

Boo, O.C. and Aguilar, A.S. A knowledge base for wastewater treatment plants: The case of on activated-sludge facility, *Expert Systems with Applications*, 14, 53-61. (1998).

Boyle G., *Renewable Energy: Power for A Sustainable Future*, pp:133 (2004).

Brown K., *Producing Renewable Hydrogen from Biomass, Biocycle*, pp:54-55 (2004).

Burzynski M., Migocka M., Klobus G. Cu and Cd transport in cucumber (*Cucumis sativus* L.) root plasma membranes. *Plant Science*, 168, 1609-1614. (2005).

Byrom, K.L. ve Bradshaw, A.D., *The Potential Value of Sewage Sludge in Land Reclamation. Alternative Uses for Sewage Sludge Conference*, 5-7 September

U.K., Alternative Uses for Sewage Sludge Conference Proceedings, 1-19, U.K., (1989).

Cacho Rivero J.A.,Madhavan N.,Suidan M.T.,Ginestet P.and Audic J-M. Oxidative and Thermo-oxidative co-treatment with anaerobic digestion of excess municipal sludge. Water Science and Technology, 52 (1-2), 237-244 (2005).

Çokgör E.U.,Mantaş E.P.,Insel G.,Taş D.O., Evsel/Kentsel Arıtma Çamurlarının Biyolojik Stabilizasyonunun Değerlendirilmesi: İstanbul Örneği. S.519-526 (2008).

Defra, ” Advanced Thermal Treatment of Municipal Solid Waste”,p:3 (2007).

Demir A.,Yıldız O.,İnci A.,IWES 2010 “İstanbul Atıksu Arıtma Tesislerinden Kaynaklanan Arıtma Çamurlarının Yönetimi” (2010).

Demir A.,Yıldız O.,Meral R.,Güneş G.,Abomor E.,IWES 2010 “İstanbul Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Yönetimi” (2010).

Dentel S.K., Abu-Orf M.M., Walker C.A., Optimization of slurry flocculation and dewatering based on electrokinetic and rheological phenomena, Chemical Engineering Journal, 80,65-72. (2000).

Dentel, S. Wastewater sludge: a global overview of the current status and future prospects. IWA publishing, UK. (2007).

Epstein, E. Land Application of Sewage Sludge and Biosolids,LewisPublishers, United States of America. (2003).

F.Dilek Sanin Atıksu çamurlarının arıtımı ve uzaklaştırılması (2007).

Farizoglu B., Keskinler, B., Yildiz, E., Nuhoglu, A., Cheese whey treatment performance of an aerobic jet loop membrane bioreactor, Process Biochemistry 39, 2283–2291, (2004).

Filibeli A., 2002. Arıtma Çamurlarının Değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 255 (2002).

Filibeli, A., Arıtma Çamurlarının Değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Basım ünitesi, Yayın , 255, İzmir (1996).

Fytli, D., Zabaniotou, A. Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods – A review Renewable and Sustainable Energy Reviews 12, 116–140. (2008).

Pagliai, M. ve Guidi, G., Porosity and Pore Size Distribution in a Field Test Following Sludge and Compost Application, Second European Characterization, Treatment and Use of Sewage Sludge Symposium, 21-23 October 1980, Vienna, Characterization, Treatment and Use of Sewage Sludge Proceedings of the second European Symposium, 545-552, Vienna, (1980).

İSKİ faaliyet raporu (2010).

İSTAÇ ara rapor (2010).

İşgenç, M. F., Kınay, H. E., Türkiye’de Arıtma Çamurları, I. Uluslararası Çamur Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, İzmir (2005).

İzzet Ö.,Hacer T.Ufuk K.Atıksu arıtımın esasları,Evsel,endüstriyel atıksu arıtımı ve arıtma çamurlarının kontrolü., (2005).

Jain, D.K., Tyagi, R.D. Leaching of heavy metals from anaerobic sewage sludge (1992).

Katı Atık Ana Planı ,Nihai Rapor ,Cilt I,Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü,Atık Yönetimi Daire Başkanlığı, (2006).

Khari B, Marias F, Zagrouba F, Vaxelaire J. Analytical study of the pyrolysis process in a wastewater treatment pilot station. Desalination, 167, 39–47. (2004).

Kocaer F.O., Başkaya H.S. Metallerle kirlenmiş toprakların temizlenmesinde uygulanan teknolojiler. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8(1), 121-131. (2003).

Kranert, M. ve diğ., Arıtma Çamurlarından Elde Edilen Kompost ve Diğer Ürünlerde Kalite Güvenliği, I. Uluslararası Çamur Sempozyumu, 23-25 Mart 2005,İzmir. (2005).

Krogmann, U., Boyles, L.S., Martel, C.J., McComas, A.K., Biosolids and Sludge Management. Water Env.Res. Vol. 69, Number.4., 534-549 (1997).

Larson, W.E., Susag, R.H.,Dowdy, R.H., Clappa, C.E. ve Larson, R.E., Use of Sewage Sludge in Agriculture with Adequate Environmental Safeguards, Sludge Handling and Disposal Seminar, 18-19 September 1974, Toronto, Sludge Handling and Disposal Seminar Proceedings, 27-46, Toronto, (1974).

Li, H., Yang, M., Zhang, Y., Yu, T., Kamagata, Y., Nitrification performance and microbial community dynamics in a submerged membrane bioreactor with complete sludge retention. Journal of Biotechnology, 123, 1, 60-70, (2006).

Liu, Y. and Tay, J.H. Strategy for minimization of excess sludge production from the activated sludge process, Biotechnology Advances, 19, 97-107. (2001).

Lombardi L., Sebastiani L. Copper toxicity in *Prunus cerasifera*: growth and antioxidant enzymes responses of in vitro grown plants. Plant Science, 125,797-624. (2005).

Ludovico Spinoso and P.Aarne Vesilind, Sludge into Biosolids, Processing,Disposal and Utilization, IWA Publishing, UK. (2001).

Menendez JA, Inguanzo M, Pis JJ. Microwave-induced pyrolysis of sewage sludge. Water Research, 36, 3261-4. (2002).

Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse, (1991).

Monzo J., Paya J., Borrachero M.V., "Experimental Basic Aspects for Reusing Sewage Sludge Ash (SSA) in Concrete Production", Proceedings of Creating with Concrete, Dundee, Scotland, 47-56, (1999).

Mustafa Tolay, Ron Baileys ve Peter Vostan "Arıtma çamurlarının kurutma ve gazlaştırılması ile bertarafı yöntemleri" (2010).

Müller J. A, Winter A., Strükmann G., Investigation and assessment of sludge pretreatment processes, Water Science and Technology, 49, 10, 97-104. (2004).

Nichols, C.G., US Forestry Uses of Municipal Sewage Sludge, Alternative Uses for Sewage Sludge Conference, 5-7 September 1989, U.K., Alternative Uses for Sewage Sludge Conference Proceedings, 155-165, U.K., (1989).

Okuno, N. Wastewater sludge: a global overview of the current status and future prospects. IWA publishing, UK. (2007).

Oviedo, M.D.C., Lāpez-Ramirez, J.A., Mārquez, D.S. and Alonso, J.M.Q. Evaluation of on activated sludge system under starvation conditions, Chemical Engineering Journal 94, 139-146. (2003).

Pagliai, M. ve Guidi, G., Porosity and Pore Size Distribution in a Field Test Following Sludge and Compost Application, Second European Characterization, Treatment and Use of Sewage Sludge Symposium, 21-23 October 1980, Vienna, Characterization, Treatment and Use of Sewage Sludge Proceedings of the second European Symposium, 545-552, Vienna, (1980).

Paola Foladori, Gianni Andreottola, Giuliano Ziglio, Sludge Reduction Technologies in Wastewater Treatment Plants, (2010).

Pedreno, J.N., Gomez, I., Moral, R. ve Mataix, J., Improving the Agricultural Value of a Semi-Arid Soil by Addition of Sewage Sludge and Almond Residue, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 58, 115-119, (1996).

Recep İleri, Çevre Biyoteknolojisi, Değişim yayınları. (2000).

Renkow, M. ve Rubin, A. R. Does Municipal Solid Waste Composting Make Economic Sense? *Journal of Environmental Management*. 53, 339-347. (1998).

Ried A.,Mielche J.,Schaefer S.,and Siervers M. an overview of the integratinon of ozone systems in biological treatment steps.*Water Science and Technology*,55(12),253-258 (2007).

Rout G.Y., Das P. Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. *Agronomie*, 23, 3-11. (2003).

Sabey, B.R., Pendleton, R.L. ve Webb, B.L., Effect of Municipal Sewage Sludge Application on Growth of Two Reclamation Shrub Species in Copper Mine Spoils, *J. Environ.Qual.*, 19, 580-586, (1990).

Samaras P., Papadimitriou C.A., Haritou I., Zouboulis A.I. Investigation of sewage sludge stabilization potential by the addition of fly ash and lime.*Journal of Hazardous Material*, 154, 1052–1059. (2008).

Sanchez-Monedero, M.A., Mondini, C., DE nobili, M., Leita, L., Roig,A., Land Application of Biosolids. Soil Response to Different stabilization Degree of the Treated Organic Matter. *Waste Management*. Vol.24, 325-332 (2004).

Soli J. Arceivala, Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı, Tata McGraw – Hill Publishing company limited. (2002).

Sopper, W.E.. Utilisation of Sewage Sludge in the United States for Mine Land Reclamation, Alternative Uses for Sewage Sludge Conference, 5-7 September

U.K., Alternative Uses for Sewage Sludge Conference Proceedings, 21-40, U.K, (1989).

Speece, R.E., Anaerobic Biotechnology For Industrial Wastewaters, pp. 3, 6, 36, Archae Press, USA (1996).

Spellman, F. R., Wastewater Biosolids to Compost. Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania, U. S. A., 243p (1997).

Syed R.Qasim, Wastewater Treatment Plants, Planning, Design, and Operation, Technomic publication. (1999).

Taylor, C.M.A. ve Moffat, A.J., The Potential for Utilizing Sewage Sludge in Forestry in Great Britain. Alternative Uses for Sewage Sludge Conference, 5-7 September, U.K., Alternative Uses for Sewage Sludge Conference Proceedings, 103-113, U.K., (1989).

Teck, H.C., Loong, K.S., Sun, D.D., Leckie, J.O., Influence of a prolonged solid retention time environment on nitrification/denitrification and sludge production in a submerged membrane bioreactor, Desalination 245 1-3 28-43. (2009).

Topaç F. O., Başkaya H.S., Alkan U. The effects of fly ash incorporation on some available nutrient contents of wastewater sludges. Bioresource Technology 99, 1057–1065. (2008)

Turalıoğlu, F.S. ve Acar, F.N., Çeşitli Atıkların Toprak Ortamına Etkileri, Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu, 13-15 Mayıs 1996, Mersin, Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı Bildiri Kitabı, 52-62, Mersin, (1996).

Udom B.E, Mbagwu J.S.C, Adesodun J.K, and Agbim N.N. Distributions of zinc, copper, cadmium and lead in a tropical ultisol after long-term disposal of sawage sludge Environment International ,30 467-470 (2004).

Vranitzky, R., Lahnsteiner, J., Sewage sludge disintegration using ozone – A method of enhancing the anaerobic stabilization of sewage sludge, VA TECH WABAH, R&D Process Engineering, Siemensstrasse 89, A-1211 Vienna, Austria. (2005).

Wang, F., Wang, Y. Ji M. Mechanisms and Kinetics Models for Ultrasonic Waste Activated Sludge Disintegration. Journal of Hazardous Materials, B1231, 45-150. (2005).

Wang, L., K., Shammas, N. K., Hung, Y.T. Biosolids Treatment Processes. Handbook of Environmental Engineering, Volume 6. Humana Press, Totowa, New Jersey, US. (2008).

WERF Report on A Technical Look at Energy and Resource Recovery from Wastewater Residuals, www.werf.org (2007).

Williams, J.H., Utilization of Sewage Sludge and Other Organic Manures on Agricultural Land, First European Symposium: Treatment and Use of Sewage Sludge, 13-15 February 1979, Cadarache, First European Symposium: Treatment and Use of Sewage Sludge Proceedings, 227-242, Cadarache, (1979).

Yan S.-T., Chu L.-B., Xing X.-H., Yua .-F., Sunc X.-L., and Jurcik B. Analysis of the mechanism of sludge ozonation by a combination of biological and chemical approaches. Water Research, 43, 195-203 (2009).

Yıldız O., IWES 2010 “İstanbulda Atıksu Yönetimi” (2010).

Yiğit, N.Ö., Membran Biyoreaktörü (MBR) ile Evsel Atıksu Arıtımı, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, (2007).

Yurtsever, D. Use of treatment plant sludges as biosolid, Master Thesis, Graduate School of Natural and Applied Science of Dokuz Eylül University, İzmir. (2005).

Zhao H.D. and Smith D.W. Ozone mass transfer in water and wastewater treatment: Experimental observations using a 2 D laser particle dynamics analyzer. *Water research*, 909-921 (2000).

ÖZGEÇMİŞ

Yunis TURAL 1975 yılında Gümüşhane-Kelkit’de doğdu. İlköğretimini İzmir Altınçubuk İlkokulu’nda Ortaokul’u İzmir Fevzi Paşa Ortaokulu’nda ve liseyi İzmir Karşıyaka Lisesi’nde tamamladı. 1994 yılında Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nde başladığı üniversite eğitimini 1998 yılında tamamladı. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü’nde 2008 yılında Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. Yunis TURAL evli ve 2 çocuk babasıdır.