

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN VERİMLİLİK  
KONTROLÜ VE KARŞILAŞILAN ÖNEMLİ İŞLETME  
SORUNLARINA ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çevre Müh. Ali ÇINAR**

**Anabilim Dalı : Çevre Mühendisliği**

**Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mustafa KAVAKLI**

**KOCAELİ, 2008**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN VERİMLİLİK  
KONTROLÜ VE KARŞILAŞILAN ÖNEMLİ İŞLETME  
SORUNLARINA ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**


**Çevre Müh. Ali ÇINAR**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 21 Ocak 2008**

**Tezin Savunulduğu Tarih: 13 Şubat 2008**

**Tez Danışmanı**

**Yrd.Doç.Dr. Mustafa KAVAKLI**

()

**Üye**

**Yrd.Doç.Dr. Hasan Göksel ÖZDİLEK**

()

**Üye**

**Yrd.Doç.Dr. Beyhan PEKEY**

()

**KOCAELİ, 2008**

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Gün geçtikçe daha ciddi boyutlara ulaşan çevre sorunlarının çözümleri konusunda ulusal ve uluslar arası boyutlarda çeşitli alternatifler tartışılmaya başlanmıştır. Bu alternatiflerden biri de atıksu arıtma tesisleridir. Kuruluşların atıksu arıtma tesislerinin olması ve işletilmesi gerekliliği ve kuruluşların yönetimlerinin de bu konuya ilgi duymaları ekolojik ve ekonomik katkıyı beraberinde getirmektedir.

Tez çalışmamı değerli görüş ve düşünceleri ile yöneten ve yönlendiren Yrd. Doç. Dr. Mustafa KAVAKLI'ya, çalışmalarımın bütün safhalarında bilgi birikimini ve yardımını esirgemeyen araştırma görevlisi İsmail ÖZBAY'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı, Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Savaş AYBERK'e teşekkür ederim.

Bu çalışmanın tamamlanmasında tecrübesini ve yardımlarını esirgemeyen Karamürsel Evsel Atıksu Arıtma Tesisi proses sorumlusu yüksek kimyager Hasan Basri SAĞLAM' a teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ .....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ÖZET.....	viii
İNGİLİZCE ÖZET .....	ix
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. KARAMÜRSEL EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSİ .....	2
2.1. Evsel Nitelikli Atıksular.....	3
2.2. Evsel Nitelikli Atıksuların Karakterizasyonu .....	4
BÖLÜM 3. AKTİF ÇAMUR SİSTEMİ .....	8
3.1. Aktif Çamur .....	8
3.2. Besi Maddeleri (Substratlar) .....	12
3.3. Aktif Çamur Biyolojisi.....	13
3.3.1. Bakteriler.....	14
3.3.2. Mantarlar .....	16
3.3.3. Protozoalar .....	17
3.3.4. Rotiferler .....	18
3.4. Organizmaların Besi Gereksinimleri.....	19
3.4.1. Makrobessiler .....	19
3.4.2. Mikrobessiler .....	21
3.5. Aktif Çamur İşleminde Çevre Şartlarının Etkisi .....	22
3.5.1. Sıcaklık.....	22
3.5.2. pH değışmesi.....	23
3.5.3. Çözünmüş oksijenin etkisi .....	23
BÖLÜM 4. BİYOLOJİK ARITMA TESİSLERİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI .....	25
4.1. İşletimsel Sorunlar .....	25
4.2. Tesis Değişiklikleri .....	27
4.2.1. Debi veya atık yükleri değışiklikleri .....	27
4.2.2. Sıcaklık değışiklikleri.....	27
4.2.3. Örnek alma programında değışiklikler.....	28
4.3. Çamur Kabarması.....	28
4.4. Septik Çamur.....	32
4.5. Toksik Maddeler .....	33
4.6. Çamur Yükselmesi .....	33
4.7. Köpük Oluşumu (Köpüklenme).....	34



4.8. Noktasal Topak Oluşumu.....	36
4.9. Organik Madde.....	37
4.10. pH.....	37
4.11. Çözünmüş Oksijen .....	37
4.12. Çökelme Problemleri .....	38
4.13. Filamentli Mikroorganizmalar .....	39
4.14. Arıtma Tesisinin İşletilmesi Dışında Kalan Sorunlar .....	42
<b>BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>43</b>
5.1. Askıda Katı Madde Tayini (AKM).....	43
5.2. Uçucu Askıda Katı Madde Tayini (UAKM).....	43
5.3. Çamur Hacim İndeksi (ÇHİ).....	44
5.4. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ <sub>5</sub> ).....	44
5.5. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ).....	46
5.6. Nitrat Tayini (Buricine Yöntemi) .....	48
5.7. Toplam Kjeldahl Azotu (TKN).....	48
<b>BÖLÜM 6. DENEYSEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME.....</b>	<b>50</b>
6.1. Fiziksel Parametreler.....	50
6.1.1. Askıda katı madde (AKM).....	50
6.1.2. Uçucu askıda katı madde (UAKM).....	51
6.1.3. Çamur hacim indeksi (ÇHİ).....	52
6.1.4. Sıcaklık.....	53
6.2. Kimyasal Parametreler .....	54
6.2.1. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ <sub>5</sub> ) .....	54
6.2.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) .....	55
6.2.3. Toplam kjeldahl azotu (TKN).....	56
6.2.4. Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N).....	57
6.2.5. pH.....	58
6.3. Karamürsel Eysel Atıksu Arıtma Tesisinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yaklaşımları.....	59
6.3.1. Çözünmüş oksijen .....	59
6.3.2. pH 60	
6.3.3. Çamur hacim indeksi .....	61
6.3.4. Çamur yükselmesi.....	63
6.3.5. Sıcaklık.....	63
6.3.6. Toplam kimyasal oksijen ihtiyacı ve çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacı .....	64
<b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>66</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>70</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>73</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Karamürsel evsel atıksu arıtma tesisinin konumu .....	6
Şekil 2.2. Karamürsel evsel atıksu arıtma tesisi proses akış şeması .....	7
Şekil 3.1. Klasik aktif çamur tesisinin şematik görünümü .....	9
Şekil 3.2. Bakteri hücresinin genel yapısının şematik görünümü.....	15
Şekil 3.3. Biyolojik arıtma birimlerinde rastlanan protozoa tipleri .....	18
Şekil 3.4. Mikroorganizmaların büyüme eğrisi.....	19
Şekil 3.5. Mikroorganizmaların göreceli üstünlük diyagramı .....	24
Şekil 4.1. Nocardia sp. filamentli bakterisi .....	31
Şekil 4.2. Köpüklenme oluşumu .....	36
Şekil 4.3. Çamur yaşının çamur çökelme özelliği üzerindeki etkisi .....	39
Şekil 4.4. Kabarmış çamurda bulunan filamentli mikroorganizmalar .....	40
Şekil 4.5. Filamentli bakterilerle flok yapan bakterilerin büyüme oranlarının karşılaştırılması .....	41
Şekil 6.1. Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre AKM deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	51
Şekil 6.2. Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre UAKM deney sonuçları .....	52
Şekil 6.3. Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre ÇKM ve ÇHİ deney sonuçları .....	53
Şekil 6.4. Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre sıcaklık değişimi .....	54
Şekil 6.5. Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre BOİ <sub>5</sub> deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	55
Şekil 6.6. Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre KOİ deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	56
Şekil 6.7. Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre TKN deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	57
Şekil 6.8. Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre NO <sub>3</sub> -N deney sonuçları .....	58
Şekil 6.9. Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre pH değişimi .....	59
Şekil 6.10. Sistemde BOİ <sub>5</sub> ve KOİ arıtım verimi ve NO <sub>3</sub> -N artış oranının zamana göre değişimi.....	59
Şekil 6.11. Tesis giriş, çıkış ve havalandırma havuzundaki pH değişimi.....	61
Şekil 6.12. AKM, ÇKM ve ÇHİ parametrelerinin zamana göre değişimi .....	62
Şekil 6.13. Havalandırma havuzunda, giriş ve çıkışta sıcaklık değişimi .....	64
Şekil 6.14. Toplam kimyasal oksijen ihtiyacı (TKOİ) ve çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ) giderim verimleri arasındaki ilişki .....	65

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Ham evsel atıksuların karakterizasyonu .....	5
Tablo 6.1. Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre AKM deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	50
Tablo 6.2. Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre UAKM deney sonuçları .....	51
Tablo 6.3. Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre ÇKM ve ÇHİ deney sonuçları.....	52
Tablo 6.4. Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre sıcaklık değişimi .....	53
Tablo 6.5. Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre BOİ <sub>5</sub> deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	54
Tablo 6.6. Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre KOİ deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	55
Tablo 6.7. Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre TKN deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri.....	56
Tablo 6.8. Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre NO <sub>3</sub> -N deney sonuçları .....	57
Tablo 6.9. Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre pH değişimi .....	58
Tablo 6.10. Havalandırma havuzundaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu dağılımı	60
Tablo 6.11. Tesis giriş, çıkış ve havalandırma havuzundaki pH değişimi.....	61
Tablo 6.12. AKM, ÇKM ve ÇHİ parametrelerinin zamana göre değişimi.....	62
Tablo 6.13. Havalandırma havuzunda, giriş ve çıkışta sıcaklık değişimi.....	63
Tablo 6.14. Giriş ve çıkıştan alınan örneklerde toplam kimyasal oksijen ihtiyacı deney sonuçları ve giderim verimleri.....	64
Tablo 6.15. Giriş ve çıkıştan alınan örneklerde çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacı deney sonuçları ve giderim verimleri.....	65

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AKM	: Askıda Katı Madde
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
B	: Bor
Be	: Berilyum
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
C	: Karbon
CO <sub>2</sub>	: Karbon Dioksit
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
ÇHİ	: Çamur Hacim İndeksi
ÇKM	: Çökebilir Katı Madde
ÇKOİ	: Çözünmüş Kimyasal Oksijen İhtiyacı
DAS	: Demir Amonyum Sülfat
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
Fe	: Demir
g	: Gram
HgSO <sub>4</sub>	: Civa Sülfat
HH	: Havalandırma Havuzu
km	: Kilometre
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
L	: Litre
m	: Metre
M	: Molarite
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
Mn	: Manganez
Mo	: Molibden
N	: Normalite
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
P	: Fosfor
Se	: Selenyum
Si	: Silisyum
Sn	: Kalay
Sr	: Stronsiyum
TKM	: Toplam Katı Madde

TKN : Toplam Kjeldahl Azotu  
TKOİ : Toplam Kimyasal Oksijen İhtiyacı  
UAKM:Uçucu Askıda Katı Madde  
V : Vanadyum  
Zn : Çinko

**BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN VERİMLİLİK  
KONTROLÜ ve KARŞILAŞILAN ÖNEMLİ İŞLETME SORUNLARINA  
ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI**

**Ali ÇINAR**

**Anahtar kelimeler:** Atıksu, Aktif Çamur, Çamur Hacim İndeksi, Verimlilik Kontrolü, Organik Madde, İşletme Sorunları.

**Özet:** Bu çalışmada Karamürsel atıksu arıtma tesisinin giriş ve çıkışından, havalandırma havuzundan kompozit örnekler alınarak pH, sıcaklık, BOİ<sub>5</sub>, KOİ, AKM, UAKM, TKN, NO<sub>3</sub>-N analizleri yapılmıştır. BOİ<sub>5</sub>, KOİ, AKM, TKN arıtma verimleri araştırılmıştır. Arıtma tesisinin toplam verimi BOİ<sub>5</sub> için %98-92, KOİ için %96-77, AKM için %99-91, TKN için %95-78 olarak bulunmuştur. Çamur hacim indeksinin 160-95 mL/g, sıcaklığın 24.3-10.5 °C ve pH'ın 7.7-6.8 aralığında değiştiği görülmüştür.

Biyolojik arıtma tesislerinde karşılaşılan işletme sorunları tanımlanmış, seçenekli çözüm önerileri sunulmuştur. İşletme sorunlarının çözümünde, atıksu karakterizasyonunun bilinmesi ve uygun işletim parametrelerinin seçilmesinin önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar değerlendirilerek grafiklerle sistemin verimi incelenmiştir. Sonuç olarak, denize deşarj edilebilir nitelikte bir arıtmanın yapıldığı tespit edilmiştir.

# THE PRODUCTIVITY CONTROL in THE BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS and SOLUTION PROPOSALS for OPERATIONAL PROBLEMS

Ali ÇINAR

**Keywords:** Wastewater, Activated Sludge, Sludge Volume Index, Productivity Control, Organic Matter, Operational Problems.

**Abstract:** In this study, pH, temperature, BOD<sub>5</sub>, COD, MLSS, MLVSS, TKN, NO<sub>3</sub>-N analyses were made with mixed samples taken from the influent, effluent and aeration tank at Karamursel wastewater treatment plant. The removal efficiency of BOD<sub>5</sub>, COD, MLSS, TKN were investigated. Total efficiency of treatment plant was % 98-93 for BOD<sub>5</sub>, %96-77 for COD, % 99-92 for MLSS and %95-78 for TKN. It was found that SVI varied in the range of 160-100 ml/g, pH varied in the range of 7.6-6.8 and temperature varied in the range of 24.3-10.5 °C.

Operational problems at biological wastewater treatment plants were identified, solution proposals were given. It is observed that discerning wastewater characterization and choosing appropriate operational parameters are very important in solution of operational problems. As a result of the experimental findings, the productivity of the plant was investigated. As a conclusion, it was determined that the purified wastewater has a quality that is dischargable in to the sea.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde atıksuların alıcı ortama verilmeden önce arıtılması su kaynaklarını çeşitli kirletici maddelerden korumak açısından daha fazla önem kazanmaktadır.

Organik kirlilik içeren birçok evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımında yaygın olarak kullanılan arıtma yöntemi aktif çamur yöntemidir. Bu yöntem, kullanılmış suların bünyesindeki organik maddelerin aerobik bir ortamda biyokimyasal yollarla ayrışması esasına dayanmaktadır. Biyolojik ayrıştırma, ortamda bulunan ve aktif çamur adı verilen mikroorganizmalar topluluğu tarafından gerçekleştirilir. Ayrışma esnasında organik atıkların bir kısmı mikroorganizmaların enerji ihtiyacını karşılamak üzere oksitlenirken, kalan kısmı yeni hücrelerin oluşumunda kullanılmaktadır.

Kutuplardan çok sıcak tropik ülkelere, dünyanın farklı iklim şartlarına sahip bölgelerinde aktif çamur birimlerine rastlamak mümkündür. Pek çok avantajının yanında aktif çamur birimlerinde sorunlar da yaşanmaktadır.

Başlangıçta oldukça verimli olan tesislerde, arıtılmakta olan kullanılmış suların gerek debilerinin hesaplanan değerlerin üstüne çıkması, gerekse ekonomik koşullar ve endüstriyel gelişme nedeniyle özelliklerinin değişmesi sonucunda çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Bunların giderilmesi için tasarım kriterleri yeniden gözden geçirilmekte ve karşılaşılan çeşitli sorunlar için proses değişimleri araştırılmaktadır.

Bu çalışmada; Karamürsel evsel atıksu arıtma tesisinin giriş çıkış noktalarından ve havalandırma havuzundan kompozit örnekler alınarak BOİ<sub>5</sub>, KOİ, AKM, UAKM, ÇHI, TKN, NO<sub>3</sub>-N, sıcaklık ve pH analizleri yapılmıştır. Sistemin arıtım verimi incelenerek tesiste karşılaşılan işletme sorunlarına uygulamaya yönelik çözüm önerileri sunulmuştur.



## **BÖLÜM 2. KARAMÜRSEL EVSEL ATIKSU ARITMA TESİSİ**

Karamürsel evsel atıksu arıtma tesisi, Bursa-Kocaeli devlet karayolunun 250 m güneyinde, Karamürsel ilçe merkezinin 4 km batısında yer almaktadır. Tesis alanı kuzeye doğru yaklaşık % 6 eğimli bir alandır.

Karamürsel atıksu arıtma tesisi, 'İzmit Körfezi'nin Atıklarından Arındırılması Projesi' dahilinde inşaatı yaptırılan beş adet atıksu arıtma tesisinden biridir. Tesis, 2010 ve 2030 yılları esas alınarak iki aşamalı olarak tasarlanmıştır. Saha çalışmaları ilk olarak Ocak 1994 tarihinde yapılmıştır. Yapılan üç adet sondajda 38.0 m delgi yapılmış, alınan örnekler üzerinde gerekli testler uygulanmıştır. Zemin tabakalarının jeoteknik özellikleri ve yer altı su seviyesinin temel seviyesi altında bulunması, temellerin radyal tipi yapılacak olması nedenleri ile herhangi bir zemin iyileştirme uygulaması yapılmamıştır (Ersin,2003).

Tesis inşaatına 09.10.1999 yılında başlanmış ve 11.09.2002'de bitirilmiştir. Eylül 2004 tarihi itibariyle tesise atıksu alınmaya başlanmıştır. Tesisin geçici kabulü ise 25.02.2005 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

Tesise atıksuyun taşınması amacıyla dört adet terfi merkezi bulunmaktadır. Mevcut durumda terfi merkezlerinin hepsinden arıtma tesisine atıksu pompalanmaktadır. Tesiste, 290.57 m karada, 707 m denizde toplam 1 km uzunlukta olacak şekilde 800 mm yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) boru çapına sahip derin deniz deşarj hattı bulunmaktadır. Karamürsel atıksu arıtma tesisi inşaatı 3.846.213 Amerikan Doları'na mal olmuştur.

Tasarım olarak tesiste uzun havalandırmalı aktif çamur prosesi teknolojisi kullanılmıştır. Tesis, 1. kademe yılında 80.000, 2. kademe yılında 160.000 eşdeğer nüfusa hitap edecek şekilde tasarlanmıştır.

Uzun havalandırma prosesinde yüksek hidrolik bekleme süresi (18-24 saat) ve düşük F/M (yüksek çamur yaşı) söz konusudur. Dolayısıyla minimum çamur üretimi ve giderilen BOİ miktarına karşılık yüksek oksijen ihtiyacı oluşmaktadır. F/M, 0.05-0.15 gün (çamur yaşı 20-40 gün) ve AKM konsantrasyonu 3000-5000 mg/L arasında değişmektedir. Düşük çamur üretimi ve işletme kolaylığı sağladığından küçük endüstrilerde daha fazla rastlanır. Deşarj limitlerinin sağlanması için yüksek çamur yaşı gerektiren ve ayrışabilir organik miktarı az olan atıksuların arıtımında kullanılması uygundur (Musterman ve Eckenfelder,1995).

1. kademe yılında;

Minimum Atıksu Debisi : 504 m<sup>3</sup>/saat

Ortalama Atıksu Debisi : 738 m<sup>3</sup>/saat

Maksimum Atıksu Debisi : 1.444 m<sup>3</sup>/saat

ortalama BOİ<sub>5</sub> yükünün toplam 271 mg/L olacağı varsayılmıştır.

Mevcut durumda tesise ortalama 750 m<sup>3</sup>/saat ve kirlilik yükü olarak 90-120 mg/L BOİ<sub>5</sub> gelmektedir. Şu anki şartlar göz önüne alındığında tesis hidrolik olarak % 100 kapasite ile çalışmaktadır. Tesiste tasarım kirlilik yükünün % 40'ı kadar bir kirlilik yükü gelmektedir.

## 2.1. Evsel Nitelikli Atıksular

Ham evsel atıksuların hiçbir işleme tabi tutulmadan yüzey sularına verilmesi su kaynaklarının kirlenmesine sebep olmaktadır. Nehir, göl ve diğer su kaynaklarının kirletilmesinden sonra durumun düzeltilmesi ancak çok büyük mali harcamalarla mümkün olmaktadır. Bazı hallerde ise bozulan tabii dengenin yeniden düzenlenmesi imkansız olmaktadır. Bilinen bu nedenlerden dolayı atıksuların bir arıtma işlemine tabi tutulması gerekli ve zorunludur.

Atıksular, evsel ve endüstriyel atıksular olarak ikiye ayrılmakta ve bunların arıtılmaları da farklı tesislerde mümkün olmaktadır. Evsel atıksuların % 99'u su olup diğer kısımları organik ve inorganik maddeleri ihtiva eder. İçeriğinde sanayiden gelen ağır metaller ve toksik maddeler bulunmadığı için evsel atıksuların

arıtılmasında fiziksel ve biyolojik arıtma yöntemleri kullanılmaktadır (Öz ve diğerleri,1998).

Evsel ve endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan atıksuların alıcı ortama verilmeden arıtılması ekolojik dengeyi korumak açısından zorunludur. Bu nedenle geliştirilen atıksu arıtma teknolojileri çeşitli olup ekonomik olmaları bölge şartlarına bağlıdır. Ekonomik olma şartı sağlansa bile bu tesislerin yüksek enerji sorunu mevcuttur (Yüceer ve Dönmez,1998).

Karbon, azot ve fosfor çevre kalitesi açısından sorunlara neden olan önemli kirleticilerdir. Çevre kalitesinin iyileştirilmesi için evsel, endüstriyel ve tarımsal atıkların nütrient içeriği belli seviyelerin altında olmalıdır. Besleyici maddelerin sebep olduğu sorunlar; ekolojik sistemin dengesinin bozulması ve ötrofik seviyenin artması, yüzeysel sularda çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalması sonucu septik şartların oluşması, koku oluşması, su arıtma işlemlerinin zorlaşması ve yeraltı suyunun kirlenmesi olarak sayılabilir. Evsel atıksu arıtımında en etkili ve verimli proseslerin biyolojik prosesler olduğu kabul edilmektedir (Günay ve Debik,1998).

Tarih boyunca su ve atıksu, patojenlerin aktarımında taşıyıcı ortam olarak önemli rol oynamıştır. İşlem görmemiş su ve atıksularda bakteri, protozoa, virüs ve helmintler gibi patojenik özellik gösterebilecek mikroorganizma türleri barınabilir.

Su hidrolojik devrini tamamlarken birçok kirletici ile temas ederek birçok hastalığın yayılmasına neden olmaktadır. Yaşam sistemini destekleyen üç eleman olarak bilinen su, besin ve hava insanların yaşamında çok gerekli olmakla birlikte hastalık yapan mikroorganizmaların taşınmasında görev almaktadırlar (Alkan ve diğerleri,1998).

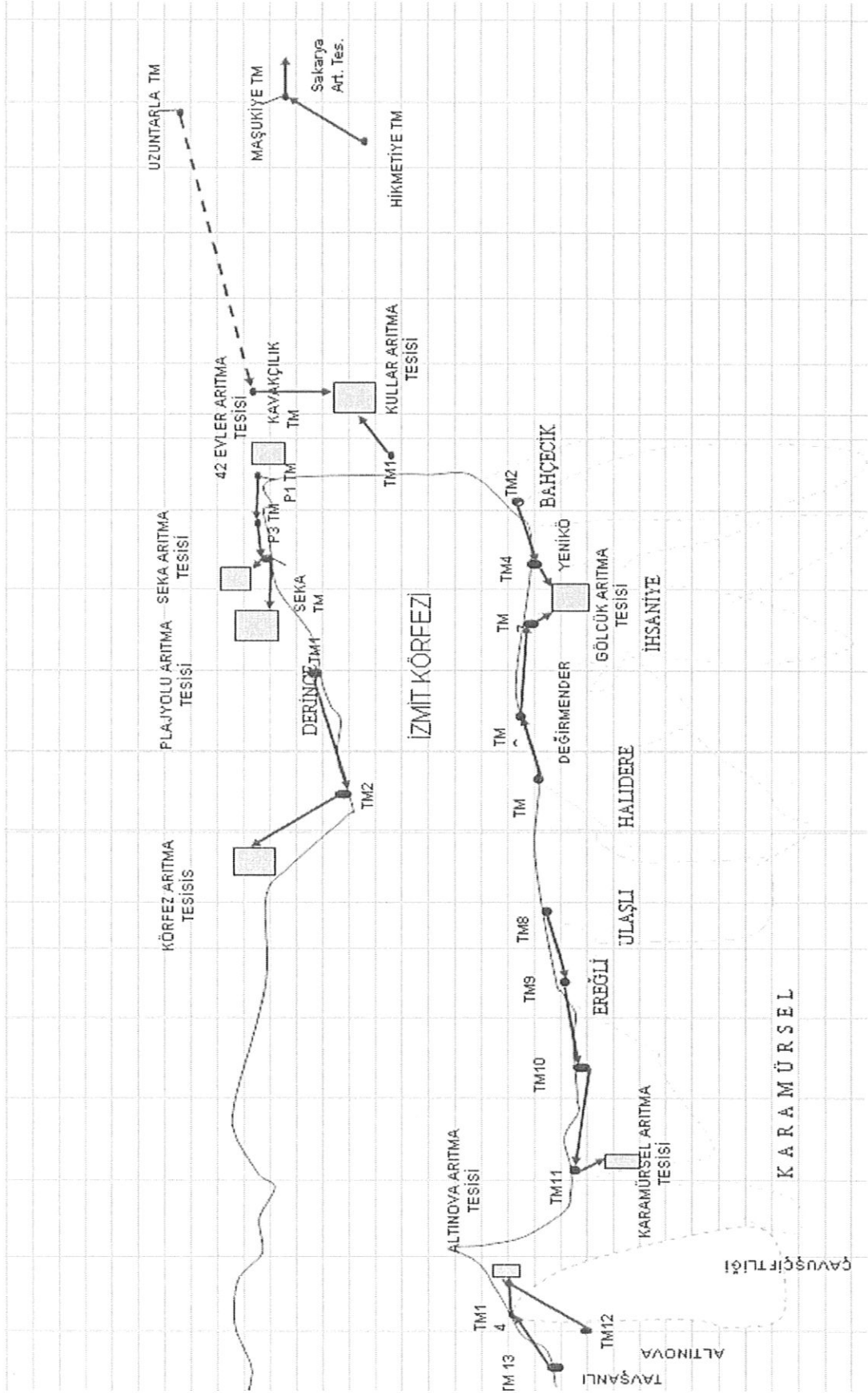
## **2.2. Evsel Nitelikli Atıksuların Karakterizasyonu**

Atıksu arıtma tesislerinin verimliliklerinin izlenmesinde, her tesisin arıtmada öncelikli olan temel parametreleri analiz edilmektedir. Örneğin klasik aktif çamur proseslerinde en yaygın olarak KOİ, BOİ<sub>5</sub>, AKM ve pH kontrol edilmektedir. Eğer

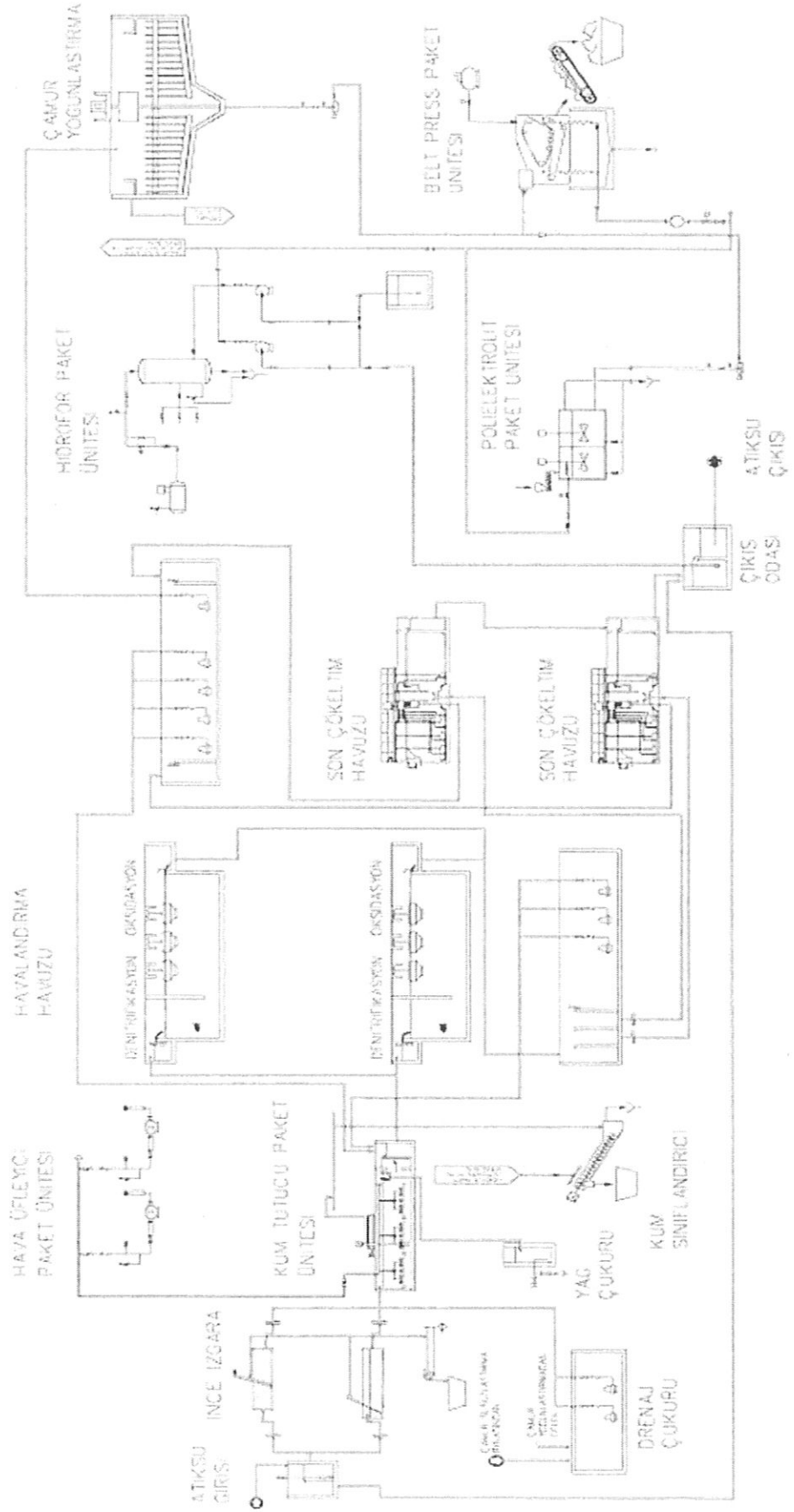
proses azot ve fosfor giderimini de içeren klasik aktif çamur sistemlerinin modifikasyonlarından oluşmuş ise azot ve fosfor giderme performansının da takip edilmesi gerekir. Evsel atıksularda yaygın şekilde yapılan atıksu analizleri ve karakterizasyonu Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Ham evsel atıksuların karakterizasyonu (Günay,2005).

<b>Kirletici parametreler</b>	<b>Birim</b>	<b>Zayıf</b>	<b>Orta</b>	<b>Kuvvetli</b>
Toplam katılar	mg/L	350	720	1200
Toplam çözünmüş katılar	mg/L	250	500	850
Sabit katılar	mg/L	145	300	525
Uçucu katılar	mg/L	105	200	325
Askıda katı maddeler	mg/L	100	220	350
Sabit katı maddeler	mg/L	20	55	75
Uçucu katı maddeler	mg/L	80	165	275
Çökebilin katılar	mg/L	5	10	20
Toplam organik karbon (TOK)	mg/L	80	160	290
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/L	250	500	1000
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	110	220	400
Toplam Kjeldahl Azotu, (TKN)	mg/L	20	40	85
Organik N	mg/L	8	15	35
Amonyak Azotu (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	12	25	50
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/L	0	0	0
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0	0	0
Toplam Fosfor	mg/L	4	8	15
Organik	mg/L	1	3	5
İnorganik	mg/L	3	5	10
Klorür (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	30	50	100
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	2	30	50
Alkalinite (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	50	100	200
Gres	mg/L	50	100	150
Toplam Koliform	adet/100 mL	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>9</sup>
Uçucu organikler	µg/L	<100	100-400	>400



Şekil 2.1: Karamürsel evsel atıksu arıtma tesisinin konumu



Şekil 2.2: Karamürsel evsel atıksu arıtma tesisi proses akış şeması

## BÖLÜM 3. AKTİF ÇAMUR SİSTEMİ

### 3.1. Aktif Çamur

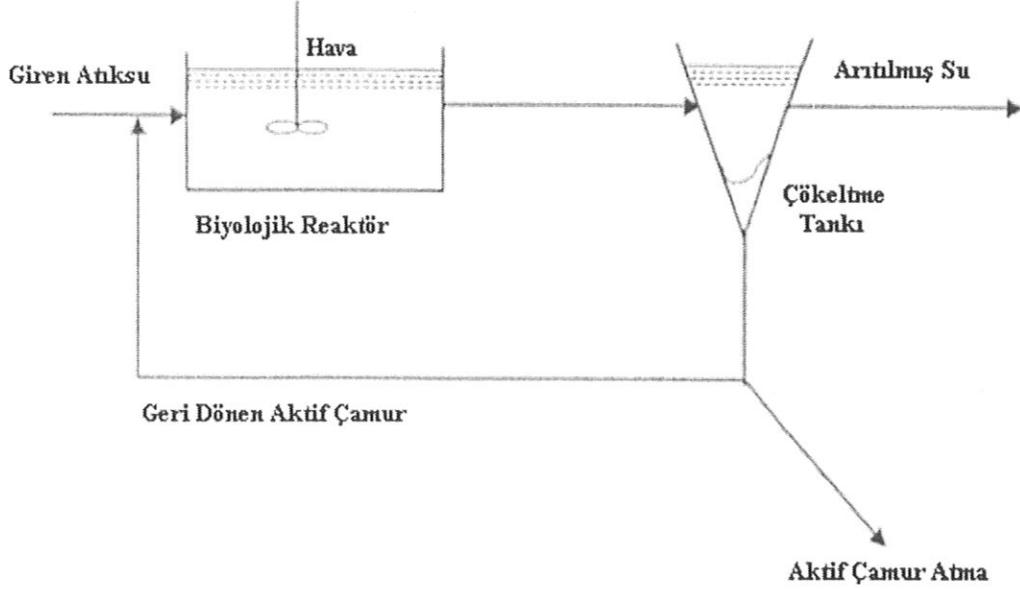
Aktif çamur yöntemi, atık sulardaki koloidal ve çözünmüş halde bulunan, biyolojik değeri olan ve çökelemeyen maddeleri mikroorganizmalar yardımıyla çökebilen biyolojik yumaklara dönüştürme işlemidir.

Yöntem atıksuyun içinde bulunan organik kirleticilerin  $CO_2$ ,  $H_2O$  ve yeni mikroorganizmalara dönüştürülerek zararsız hale getirme esasına dayanmaktadır. Atıksuyun ve mikroorganizmaların bulunduğu havuz havalandırılmakta, bu esnada mikroorganizmalar kısmen çözünmüş kısmen asılı haldeki organik kirleticileri, hücrelerini kurmak ve enerji elde etmek için kullanmaktadır. Sonuçta hızla çoğalan hücreler, suda asılı maddelere veya birbirlerine tutunarak biyolojik yumakları oluşturmaktadırlar. Çökelen biyolojik yumaklara aktif çamur adı verilir. Yani aktif çamur, canlı mikroorganizmalardan ve onlara yapışmış asılı ve ipliksi maddelerden meydana gelmektedir (Erdoğan, 1999).

Günümüzde evsel ve endüstriyel nitelikte atıksuların arıtılmasında yaygın olarak kullanılan aktif çamur sisteminin aktivitesi, aerobik koşullar altında mikroorganizma konsantrasyonuna bağlıdır. Yeterli besin ve oksijen, mikroorganizma kültürü sağlandığında organik maddeler  $CO_2$ ,  $NO_3$ ,  $SO_4$  ve  $PO_4$  gibi son ürünlere ve mikroorganizmalara dönüştürülürler.

Aktif çamur sistemi, havalandırma ve çökeltme birimlerinden oluşmaktadır. Mikroorganizma konsantrasyonunu içeren tankta, yüzeysel havalandırıcı ya da difüzörlerle basınçlı havalandırma yapılmaktadır. Havalandırma, aerobik mikroorganizmalara oksijen sağlanması ve biyolojik yumaklarla atıksuyun karışım halinde tutulmasını sağlamaktadır (Gray, 2004).

Çökeltme tanklarında, yumakların çökmesi sağlanmaktadır. Aktif çamur, atık suyun özgül ağırlığına yakın yumaklar oluşturmaktadır. Yumakların çökme özellikleri, çamur hacim indeksi ve flok yapısının özelliklerini etkileyen faktörlere bağlıdır. Bu faktörler, endüstriyel atıkların bulunması, çözülmüş oksijen içeriği, mikroorganizma sayısındaki değişim, havalandırma modu, sıcaklık şeklinde sıralanabilir (Water Treatment Handbook,1991).



Şekil 3.1: Klasik aktif çamur tesisinin şematik görünümü (Erdoğan, 1999).

Aktif çamur atıksuya ilave edildiğinde mikroorganizmalar atıksudaki atık partiküllerini metabolizmalarına alarak çoğalmaktadırlar. Mikroorganizmalar çoğaldıkça atıksudaki organik madde miktarı azalmaktadır. Verimli olarak bu sistemin çalıştırılabilmesi için mikroorganizmalar belirli bir oranda besi maddesine ve oksijene gereksinim duymaktadırlar.

Atıksular bir aktif çamur tesisine girdiğinde, ön arıtma ile kaba ve ağır maddeler, diğer çökebilir ağaç kökleri, iplik parçacıkları ve karton gibi maddelerden arıtılır. Ön çökeltme havuzlarında yüzebilen ve çökebilir maddelerin çoğu giderilmektedir. Normalde aktif çamur prosesi çöktürülmüş atıksuları arıtmaktadır. Fakat bazı tesislerde ham atıksu hiçbir ön çöktürmeden geçirilmeden doğrudan aktif çamur prosesine verilmektedir.



İkinci arıtma olarak anılan aktif çamurla biyolojik arıtma; ön arıtmada giderilemeyen çözülmüş veya çok ince dağılmış askıdaki maddelerin oksidasyonu için yapılmaktadır. Aerobik mikroorganizmalar havalandırma tankında bu işlemi birkaç saatte gerçekleştirir. Mikroorganizmalar çözülmüş ya da çok ince bir şekilde dağılmış olan askıda maddeleri kısmen karbondioksit, suya, sülfata ve nitrate okside ederek stabil hale getirmektedirler. Arta kalan katı maddeler, çökebilen bir forma dönüştürülüp çökeltme tankında çöktürülerek sistemden uzaklaştırılmaktadırlar.

Havalandırmadan sonra atıksu ikinci bir çökeltme tankına gönderilmektedir. Burada mikroorganizmaların sıvıdan ayrılması sağlanmaktadır. Çöktürülen çamur hızlıca havalandırma tankına geri devir ettirilir. Çöktürücüden çıkan su ise genellikle klorlanarak tesisten deşarj edilmektedir (Topacık,2000).

Aktif çamur sisteminin yükleme kapasitesini katı madde konsantrasyonu ve havalandırma tankının hacmi belirlemektedir. Çöktürme tankında, flokların oluşumu, hidrolik durum, çamur geri devir oranı ve çamur atılması çökelmeyi etkilemektedir. Çöken çamur tankın dibinde bir tabaka oluşturmaktadır. Çamur hacim indeksi, çamur tabakasının kalınlığı, geçen süre gibi faktörlerde çökeltmede etkilidir (Standard Atv,2000).

Çözülmüş veya askıda katı maddelerin çökebilen maddelere dönüştürülmesi hızlı aktif çamur tesislerinin ana amacıdır. Bununla birlikte düşük hızlı prosesler daha fazla bu maddelerin oksidasyonunu hedeflemektedir. Oksidasyon kimyasal ya da biyolojik proseslerde gerçekleştirilmektedir. Aktif çamur prosesinde biyokimyasal oksidasyon, canlı mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Mikroorganizmalar tesis normal işletildiğinde bu çözülmüş maddelerin çökebilen katılara dönüşümünü de sağlayabilmektedir.

Aktif çamur sistemlerinde mikroorganizmaların meydana getirdiği floklar, biyolojik olarak ayrılmayan maddeleri de flok içinde tutmak suretiyle uzaklaştırmaktadır. Bazı mikroorganizmalar atıksu içinde mevcut besi maddesini, verilen belirli bir konsantrasyonda gidermek için çok uzun zamana ihtiyaç duyarlar. Birçok mikroorganizma türleri ortamda mevcut olan besi maddesi için birbirleriyle

mücadele etmekte dolayısıyla organik maddeyi hızlıca stabilize etmektedirler. Besi maddesi miktarının, mikroorganizma miktarına oranı (F/M), aktif çamur prosesinde en önemli kontrol parametrelerinden biridir.

Organizmalar, havalandırma havuzlarında kalma süresi ve atık yüküne bağlı olarak bir artış sağlamaktadırlar. Uygun şartlarda operatör, üretilmiş olan fazla mikroorganizmaları uzaklaştırarak verimli bir atık arıtımını gerçekleştirir. Dolayısıyla mikroorganizmaların arıtma tesisinden uzaklaştırılması, yani çamur atılması önemli ve zorunludur.

Oksijen genellikle havadan temin edilir ve canlı mikroorganizmaların, atıkları okside ederek enerji elde etmeleri için gereklidir. Oksijenin yetersiz olması halinde, aerobik mikroorganizmaların daha az bir verimde çalışarak kötü kokuların oluşmasına neden olmaktadır.

Havalandırma tankındaki mikroorganizmaların sayısındaki artış daha fazla oksijen ihtiyacını zorunlu kılar. Gelen atıksu içindeki organik madde miktarı ne kadar fazla olursa mikroorganizmaların aktivitesi de o kadar fazla olacaktır. Dolayısıyla havalandırma tankında daha fazla oksijene ihtiyaç duyulacaktır. Atığın tam stabilizasyonu için daha fazla oksijen gereklidir. Bu nedenle havalandırma tankındaki çözülmüş oksijen miktarı da önemli bir kontrol parametresidir.

Havalandırma havuzunda çözülmüş oksijenin belli düzeyde tutulması gerekir. Şayet havalandırma tankında çözülmüş oksijen konsantrasyonu çok düşükse filamentli bakterilerin çoğalması söz konusu olabilir. Dolayısıyla son çökeltme tankında flokların çökmesi zorlaşacaktır.

Şayet çözülmüş oksijen konsantrasyonu çok fazla ise floklar parçalanabilir. Parçalanmış küçük floklarda çökeltme havuzunda aynı şekilde çökeltilemeyecektir. Bu nedenle son çökeltme havuzunda iyi bir arıtmanın sağlanması için çözülmüş oksijen seviyesinin dikkatlice kontrol edilmesi gerekmektedir (Topacı,2000).

### 3.2. Besi Maddeleri (Substratlar)

Besi maddesi arıtılması istenen organik maddeye verilen isimdir. Ancak başka bir açıdan bakıldığında besi maddesi, aktif çamurda bulunan mikroorganizmaların yaşaması ve çoğalması için gerekli olan maddelerin genel adıdır. Besi maddeleri, atıksu içinde bulunan ve mikroorganizmalarca ayrıştırılabilen her türlü katı ve çözünmüş bileşiklerdir. Aktif çamur sistemlerinde karşılaşılan besi maddelerini 3 grupta incelemek mümkündür.

- a) Tekil besi maddesi: Bu tür besi maddesini oluşturan organik madde doğrudan mikroorganizma tarafından hücre içine transfer edilebilir.
- b) Çok bileşenli besi maddesi: Birden fazla tekil besi maddesinden meydana gelmektedir.
- c) Kompleks besi maddesi: Bu tür besi maddesini oluşturan maddeler ancak hücre dışında parçalandıktan sonra hücre içine transfer edilmektedir.

Pratik açıdan bakıldığında besi maddesinin hangi metotlarla ve birimlerle ifade edildiği önemlidir. Eğer bir atıksu içinde tekil besi maddesi bulunuyorsa bunun doğrudan ölçülüp konsantrasyon birimleri ile ifade edilmesi mümkündür. Örneğin besi maddesi glikoz ise glikozun konsantrasyonu ölçülür.

Evsel atıksular da dahil olmak üzere pratikte karşılaşılan hemen her türlü atıksuda çok bileşenli veya kompleks besi maddesine rastlanır. Bu tür atıksularda her bir organik maddenin ayrı ayrı ölçülmesi yerine bunların toplamı olarak miktarlarının oksijen veya karbon eşdeğeri cinsinden ifade edilmesi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu parametreler biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve toplam organik karbon (TOK) dur.

Besi maddesi konusunda önemli olan bir diğer nokta besi maddesinin katı veya çözünmüş halde bulunmasıdır. Bu husus, gerek besi maddesinin ölçülmesinde ve gerekse mikroorganizmalar tarafından kullanılmasında tesisin çalışmasına etki etmektedir. Ayrıca besi maddesinin tamamının biyolojik olarak ayrıştırılabilir

olmadığı, bir kısmının inert madde olabileceğinin göz önünde bulundurulması doğru projelendirmeyi sağlayacaktır (İnanç,1989).

### 3.3. Aktif Çamur Biyolojisi

Atıksudaki BOİ'nin giderimi, çökmeyen kolloidal katıların pıhtılaştırılması ve organik maddelerin kararlı hale gelmesi, başta bakteriler olmak üzere çeşitli mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Mikroorganizmalar, kolloidal ve çözünmüş karbonlu organik maddeleri çeşitli gazlara ve yeni hücrelere dönüştürerek kullanırlar ve hücre dokusunun özgül ağırlığı sudan daha fazla olduğundan arıtılmış sudan çökerek ayrılır. Bu mikroorganizmaları ortamdaki ayırmadıkça arıtım tamamlanmış olmaz. Mikroorganizmalar organik yapıda olduklarından atıksuda BOİ ve KOİ cinsinden ölçülürler ve suya bir miktar kirlilik verirler (Öztürk ve diğerleri,2005).

Aktif çamuru, mikroorganizmaların yumaklar halinde bulunduğu parçacıkların oluşturduğu kütle şeklinde tanımlamak mümkündür. Yapılan çalışmalar bakterilerin, aktif çamurda hâkim olan mikroorganizma türü olduğunu göstermiştir. Bakterilerle birlikte aktif çamurda protozoa ve funguslar da yer almaktadır. Bunlardan bilhassa protozoalar, bakterileri ve diğer ufak katı maddeleri yiyebilme özelliğine sahip olmaları ile önemlidir.

Tekil besi maddesinin arıtıldığı ortamlarda, aktif çamur içinde o besi maddesini en kolay kullanabilen bakteri türü hakim olacaktır. Ancak tek bir türün ortamı tamamen kaplayarak ortama hakim olması ve aktif çamurun saf kültür haline dönüşmesi çok özel durumlarda gerçekleşir. Pratik olarak aktif çamur bünyesinde heterojen kültürlerle rastlanılmaktadır yani ortamda çeşitli tip bakteriler, protozoalar, funguslar ve rotiferler bulunur.

Bazı nedenlerden dolayı mikroorganizma türlerinde farklılıklar gözlenmektedir. Bunlardan en önemlileri besi maddesinin yapısı ve besi maddesi konsantrasyonu ile çözünmüş oksijen konsantrasyonu olarak sıralanabilir.

Bütün mikroorganizma türlerinin besi maddelerini tüketim hızları aynı değildir. Farklı türde mikroorganizmalar farklı şartlarda daha yüksek besi maddesi tüketim hızına sahip olabilmektedir (İnanç,1989).

Bazı endüstriyel atıklar dışında atıksular birçok farklı türdeki mikroorganizmalardan oluşmaktadır. Bu mikroorganizmalar biyolojik atıksu arıtımının tüm aşamalarında önemli rol oynamaktadırlar. Tek hücreli organizmalar, atıksuda bulunan organik ve inorganik bileşiklerin tümünü kullanamamaktadırlar. Dolayısıyla, doğrudan gelen atıksudan beslenen bir ekosistem oluşmaktadır. Ekosistemin özellikleri, sınırlı besi maddesi miktarı, sıcaklık, pH gibi çevresel parametrelere bağlıdır (Horan,1990).

Biyolojik arıtma işleminde görev yapan mikroorganizmalar, bakteriler, mantarlar, algler, tek hücreliler (protozoa), virüsler ve kabuklulardır. Literatürde bu organizmaların hücre maddesini temsil etmek üzere çeşitli kimyasal formüller verilmiştir. Bunlar kimyasal analizlere dayanan ampirik formüllerdir. Genel olarak kullanılan formüller ve moleküler ağırlıkları aşağıda gösterilmiştir (Doğru,1994).

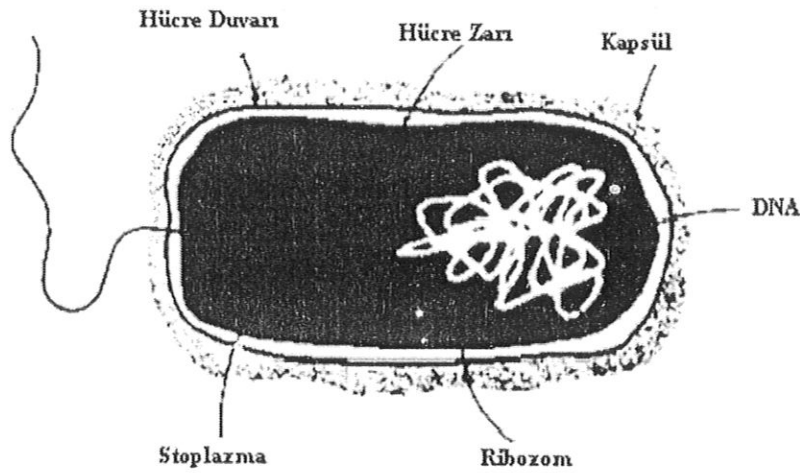
Bakteriler için :	$C_5H_7O_2N$	113 g/mol
Algler için :	$C_5H_8O_2N$	114 g/mol
Protozoa için :	$C_5H_{14}O_3N$	136 g/mol
Mantarlar için :	$C_{10}H_{17}O_6N$	223 g/mol

### 3.3.1. Bakteriler

Bakteriler tek hücreli prokaryotik organizmalardır. Atıksu arıtma birimlerinde oldukça yaygın olarak bulunmakta ve karbon, azot, fosfor ve kükürt bileşiklerinin giderilmesinde kullanılmaktadırlar. Bakteri hücrelerinin büyüklükleri 0.5-3  $\mu m$  aralığında değişmekte ve şekillerine göre isimlendirilmektedirler.

Bakterilerin incelenmesi sonucu % 80'inin su ve % 20'sinin kuru maddeden oluştuğu belirlenmiştir. Kuru maddenin de % 90'ı organik ve % 10'u inorganiktir (Öztürk ve diğerleri,2005).

Bakteriler, aktif çamurda en fazla bulunan mikroorganizma çeşitleridir. 300 türden fazla sayıda bakteri çeşidi aktif çamurda bulunabilir. Bakteriler organik maddeyi oksitleyerek ortamdaki besi maddesini organizmalarına alırlar, polisakkarit yapısında veya polimer yapıda diğer maddeleri meydana getirerek biyokütle taşıyan flokları oluşturur. Floklarda en fazla Zoogloea, Pseudomonas, Flavobacterium, Alcaligenes, Bacillus, Achromobacter, Corynebacterium, Acinetobacter, Brevibacterium, Comomonas gibi türler bulunmaktadır.



Şekil 3.2: Bakteri Hücresinin Genel Yapısının Şematik Görünümü (Metcalf ve Eddy,1991).

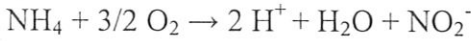
Filamentli bakterilerden kılıflı bakteri türü Sphaerotilus ve kayan bakteri türlerinden Beggiatoa çamur kabarmasına neden olan mikroorganizmalardır. Flok boyutları büyüdükçe iç kısımlara oksijenin difüzyonu zorlaşmaktadır. Bu nedenle bazı anaerobik bakteri türlerine flokların iç kısımlarında rastlanabilir (Topacı,2000).

Bakteriler sıvı içinde süspansiyon halinde dağınık ya da bir katı yüzeye yapışık olarak çoğalırlar. Ortamda organik maddenin olmaması halinde hücre yaşamsal faaliyetleri için gerekli olan enerjiyi iç solunumla sağlar. Aktif çamur sistemlerinin çoğunda oksidasyon, sentez ve iç solunum reaksiyonları aynı anda meydana gelir. Azot organik bileşiklerde organik azot, amonyum azotu, nitrit azotu, nitrat azotu gibi çeşitli formlarda bulunur. Evsel atıksularda hem organik azot hem de amonyak azotu

mevcuttur. Evsel atıksulardan azotun giderilmesinde uygulanan en yaygın yöntem nitrifikasyon ve denitrifikasyon yöntemleridir (Kavaklı,2006).

Nitrifikasyon, amonyumun nitrit ve nitrata çevrildiği biyolojik bir dönüşümdür. Biyolojik nitrifikasyon prosesinde iki önemli bakteri rol oynar. Bunlar Nitrosomonas ve Nitrobacter'dir. Bu bakterilerin ikisi de ototrafik organizmalardır ve büyümeleri için gerekli enerjiyi organik maddelerin oksidasyonu yerine inorganik azot bileşiklerinden temin etmektedirler. Bu organizmaların diğer bir özelliği sentez için organik karbon yerine inorganik karbonu kullanmalarıdır.

Amonyumun nitrite nitrosomonas tarafından oksidasyonunun stokiometrik reaksiyonu aşağıda açıklanmıştır;



Ara ürün, nitrit daha sonra nitrobakter tarafından nitrata oksitlenmektedir.



Oksidasyon reaksiyonu toplu olarak şöyle yazılabilir;



Denitrifikasyon nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) azotunun biyolojik olarak daha düşük  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  gibi formlarına dönüşümüdür. Bu proses elektron alıcısı olarak oksijen yerine nitratı kullanan fakültatif heterotroflar tarafından sağlandığı belirtilmektedir.

Denitrifikasyonda, oldukça geniş bakteri türü (Pseudomonas, Mikrokoküs, Basillus vs.) rol oynar. Bu türler, anoksik koşullar altında, mikroorganizmaların solunum prosesinde, nitrit ve nitratın oksijenin yerini alması sonucu, nitrat disimilasyonu olarak bilinen nitrat indirgenmesini sağlamaktadırlar (Çetin,1994).

### 3.3.2. Mantarlar

Aktif çamur sistemlerinde mantarlar iyi büyüme göstermezler. Az miktarda floklar arasında bulunabilirler. Ancak düşük pH'lı, toksisitesi fazla, azotlu bileşikleri az olan

atıksularla çalışıldığında sayıları artmaktadır. Geotrichum, Penicillium, Cephalosporium gibi türler başlıcalarıdır (Kırlı,2001).

Mantarlar üreme şekillerine göre sınıflandırılırlar. Eşeyli ve eşeysiz üremeye çoğalabilirler. Küf mantarları hif adı verilen mikroskopik yapılardan misel denen yapıyı oluştururlar. Mantarlar için optimum pH 5-6 olarak kabul edilmektedir (Metcalf ve Eddy, 1991).

### 3.3.3. Protozoalar

Geniş çeşitlilik gösteren ökaryotik organizmalardır. Genellikle tek hücrelidirler, morfolojik görünümüne ve hareket çeşitlerine göre sınıflandırılırlar. Protozoaların çoğu parazit organizmalardır. Yaşam döngülerini devam ettirebilmeleri için konak bir organizmaya ihtiyaçları vardır ve aktif çamur gibi sistemlerde önemli rol oynarlar (Horan, 1990).

Boyutları 10-300 µm arasında değişmektedir. Protozoalar indikatör organizmalar olarak isimlendirilebilir. Bunların varlığı veya yokluğu aktif çamurdaki bakteri miktarını ve arıtma derecesini göstermektedir. Bu başlık altında gözlemleyebileceğimiz 5 tür mikroorganizma mevcuttur. Amipler, mastigofora, serbest yüzen silliler, saplı sililer ve suctoria' dır (Topacık,2000).

Doğal su ortamlarında olduğu gibi, aktif çamur sistemlerinde de mevcut protozoalar bakterilerle beslenirler. Aktif çamur sistemlerindeki en önemli mikroorganizma türlerini oluşturmaktadırlar.

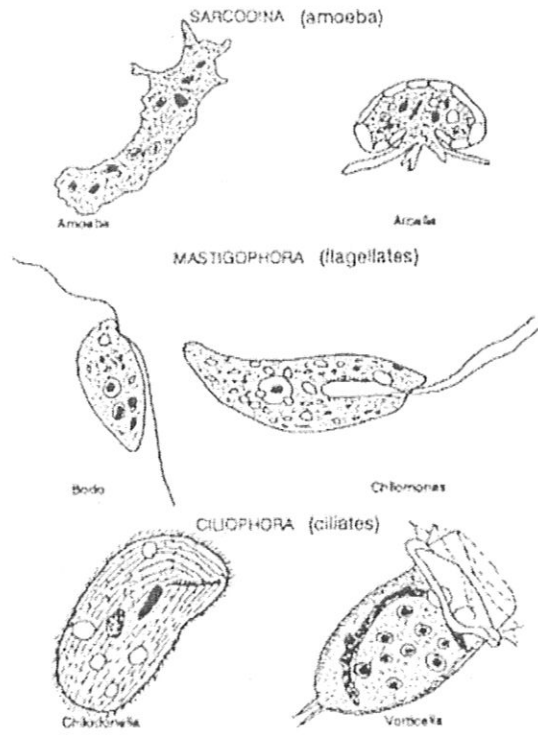
Kirpikliler; aktif çamurda en fazla bulunan protozoa türüdür. Hücrelerinin üzerini kaplayan silleri, hareket ve beslenme amacıyla kullanırlar. Üç alt sınıfta gruplandırmak mümkündür. Serbest yüzen siliateler, serbest yüzen bakterilerle beslenmektedirler. Aktif çamurda bulunan en önemli cinsleri Chilodonella, Colpidium, Paramecium, Lionotus'tur. Sürünen siliateler, aktif çamur floklarının üzerindeki bakterilerle beslenirler. Aspidisca ve Euplotes bu özelliği gösteren



cinslerdir. Vorticella, Opelcularia ve Epistylis aktif çamurdaki tutunan siliatelerin en önemlileridirler ve bir yere tutunarak yaşamlarını sürdürmektedirler.

Kamçılılar; bu sınıftaki protozoalar bir veya daha fazla sayıdaki kamçıları ile hareket etmektedirler. Atıksularda bulunan en önemli kamçılı türleri; Bodo, Pleuromonas, Monosiga'dır. Kökayaklılar; yalancı ayakları ile yavaşça hareket eden mikroorganizmalardır. Amoeba proteus, Arcella en önemlileridir.

Aktif çamurdaki mikroorganizmaların özellikle protozoaların tür ve sayıları işlemin verimliliğinin ve BOİ gideriminin göstergesidir. Örneğin tutunan siliateler ve rotiferlerin sayısal fazlalığı düşük BOİ değerlerini işaret eder (Kırlı,2001).



Şekil 3.3: Biyolojik arıtma birimlerinde rastlanan protozoa tipleri (Erdoğan, 1999).

#### 3.3.4. Rotiferler

Rotiferler çok hücreli mikroskobik canlılardır. Boyutları 100-500 µm arasındadır. Vücutları ile floklara yapışırlar ve dönen organları ile yakaladıkları bakterilerle

beslenirler. Özellikle dışkı partiküllerinden flok oluşturulmasına yardımcı olmaktadır (Kırlı,2001).



Şekil 3.4: Mikroorganizmaların büyüme eğrisi (Metcalfe ve Eddy, 1991).

### 3.4. Organizmaların Besi Gereksinimleri

Bütün organizmalar, karbon, azot, oksijen, hidrojen, fosfor, kükürt ve minerallerden oluşmaktadır. Hücrelerin bileşimi, organizmanın cinsine ve ortam şartlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Virüsler hariç bütün organizmalar % 75-80 su içerir. Organizmalar, kuru ağırlık bazında yaklaşık olarak % 40-50 protein; % 10-20 nükleik asit, % 5-15 lipid, % 2-3 mineral içerir.

Organizmaların bes gereksinimleri makrobisler ve mikrobisler olarak iki gruba ayrılabilir.

#### 3.4.1. Makrobisler

Karbon kaynağına bağlı olarak organizmalar, heterotrof ve ototrof olmak üzere ikiye ayrılırlar. Mixotroflar, hem ototrofik hem de heterotrofik şartlarda büyüyebilirler. Fakültatif ototroflar, normalde ototrofik şartlarda büyümekle beraber heterotrofik şartlarda da büyüyebilirler. Kemototroflar, CO<sub>2</sub>'i karbon kaynağı olarak kullanıp, enerjiyi inorganik bileşiklerin (S<sup>-2</sup>, Fe<sup>+2</sup>) oksitlenmesinden elde ederler.

Fotoototrof organizmalar  $\text{CO}_2$ 'i karbon kaynağı olarak kullanıp enerji gereksinimlerini güneş ışığından elde etmektedirler. Sanayide karbon kaynağı olarak melas, nişasta, mısır şurubu, atık sülfür suyu, metanol, etanol, metan kullanılabilir. Atık gideriminde, atığın cinsine ve orijinine bağlı olarak karbon bileşikleri nitel ve nicel olarak çok değişik olabilir. Karbonhidrat, yağ, protein, hidrokarbon, nişasta, selüloz, organik asit, alkol, aldehit, keton örnek olarak verilebilir.

Aerobik şartlarda karbon kaynağının yaklaşık % 50'si hücreye dahil edilmekte ve diğer % 50'si enerji üretmek için parçalanmaktadır. Anaerobik şartlarda, karbonun % 70-80'i alkol, organik asit, metan ve  $\text{CO}_2$  gibi ürünlere dönüşürken % 20-30'u da hücreye dahil edilmektedir. Bu nedenle organizmaların büyüme verimi aerobik şartlarda anaerobik şartlara göre daha fazladır. Karbon, kuru ağırlık bazında hücrenin yaklaşık % 50'sini teşkil eder.

Azot kaynağı olarak amonyum ve nitrat tuzları kullanılır ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ). Protein, peptid, aminoasitler, üre ve ürik asit de azot kaynağı olarak kullanılabilir. Bazı organizmalar, havadan azot gazı ( $\text{N}_2$ ) bağlayarak  $\text{NH}_4^+$ 'a dönüştürürler (Azotobacter, Rhizobium). Azot, hücre bileşiminin kuru ağırlık bazında % 10-15'ini teşkil eder, protein ve nükleik asit formunda bulunur. Atık gideriminde, amonyum nitrifikasyonla  $\text{NO}_3^-$ 'e ve  $\text{NO}_3^-$ 'te denitrifikasyonla  $\text{N}_2(\text{g})$ 'a dönüştürülür. Organik azot bileşikleri de önce  $\text{NH}_4^+$ 'e sonrada  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{N}_2(\text{g})$ 'a dönüştürülürler.

Oksijen, hücre kuru ağırlığının yaklaşık % 20'sini teşkil eder. Hücre yapısına katılan oksijen, ortamda mevcut su ve karbonlu bileşiklerden kaynaklanır. Aerobik metabolizma için ortama moleküler oksijen  $\text{O}_2(\text{g})$  verilir. Aerobik organizmalar için ortamda çözülmüş oksijen konsantrasyonunun 2 mg/L'den büyük olması gerekir.

Hidrojen, hücre kuru ağırlığının yaklaşık % 8'ini teşkil eder ve karbonlu bileşiklerden temin edilir. Bazı anaerobik organizmalar  $\text{H}_2(\text{g})$ 'yi enerji kaynağı olarak kullanabilirler.

Fosfor, hücre kuru ağırlığının yaklaşık % 3'ünü teşkil eder ve nükleik asit ve fosfolipidlerde yer alır. Fosfat tuzları ( $K_2HPO_4$ ,  $KH_2PO_4$ ) en çok kullanılan fosfor bileşikleridir. Atıklardaki fosfat bileşikleri bazı bakteriler tarafından (*Acinetobacter* sp) polimetafosfat olarak biriktirilir.

Kükürt, hücre kuru ağırlığının yaklaşık % 1'ini teşkil eder ve protein/koenzimlerde yer alır. Kükürt kaynağı olarak, sülfat tuzları ( $(NH_4)_2SO_4$ ,  $K_2SO_4$  vb. kullanılır. Bazı ototrof organizmalar  $S^{-2}$  ve  $S^0$ 'ı oksitleyerek  $SO_4^{-2}$ 'ye dönüştürürler. Bazı anaerobik organizmalarda  $SO_4^{-2}$ 'yi indirgeyerek  $S^{-2}$ 'ye dönüştürürler. Atıklardaki kükürt bileşiği formuna göre değişik organizmalar tarafından kullanılır.

Potasyum bir çok enzim için kofaktör rolü oynar ve  $K_2HPO_4$ ,  $KH_2PO_4$  gibi tuzlar tarafından sağlanır. Magnezyum da bazı enzimler için kofaktör olup hücre duvarında da yer alır ve  $MgSO_4$ ,  $MgCl_2$  gibi tuzlardan sağlanır.

### 3.4.2. Mikrobeler

Organizmaların büyümesi için bazı iz elementlere gereksinim duyulmaktadır. En fazla gereken iz elementler Fe, Zn, Mn dir. Fe, ferredoksin ve sitokromda yer alan önemli bir kofaktördür. Ayrıca demir, bazı fermentasyon proseslerinde düzenleyici rol oynar.

Bazı özel durumlarda gereken iz elementler Cu, Co, Mo, Na, Cl, Ni ve Se dir. Bakır bazı enzim ve elektron aktarım zinciri elemanlarında yer alır. Kobalt, propiyonik asit ve metan oluşturan bakteriler için gerekli olan bir elementtir. Molibden (Mo),  $NO_3^-$  ve  $N_{2(g)}$ 'ı azot kaynağı olarak kullanan organizmalar için gereklidir. Kalsiyum, amilaz ve proteaz enzimleri için kofaktör olup bazı bakteri sporlarında ve bitkilerin hücre duvarlarında yer alır.

Sodyum, metanojen bakteriler için iyon dengesi sağlama açısından önemlidir. Klorür, bazı halobakteriler, metanojenler için gereklidir. Selenyuma da formik asit metabolizması için bazı bakteriler tarafından gereksinim duyulur. Gereken konsantrasyon  $10^{-4}$  M civarındadır.

Bazı iz elementler (B (bor), Al (alüminyum) , Si (silisyum), Cr (krom), V (vanadyum), Sn (kalay), Be (berilyum), F (flor), Ti (titan), Ga (galyum), Br (brom), Zr (zirkonyum), I (iyot) )  $10^{-6}$  M'dan daha düşük konsantrasyonlarda gerekir.

Büyüme faktörleri olan vitaminler, hormonlar ve aminoasitler de bazı organizmalar için çok düşük konsantrasyonlarda gereklidirler. Gereken vitaminler arasında B<sub>1</sub> (thiamine), B<sub>2</sub> (riboflavin), B<sub>12</sub> (cobalamine), folik asit, niacin ve vitamin K sayılabilir. Gereken konsantrasyon  $10^{-6}$  M –  $10^{-12}$  M arasındadır.

Bazı iyonlar ( Fe<sup>+3</sup>, Mg<sup>+2</sup>, Ca<sup>+2</sup> ve PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> vb.) besi ortamında çökme eğilimi gösterirler. Bu bileşikleri ortamda çözünür halde tutabilmek için kelatlama bileşikleri gerekir. Önemli kelatlama bileşikleri arasında EDTA, sitrik asit, histidin, cystein sayılabilir (Kargı,1993).

### 3.5. Aktif Çamur İşleminde Çevre Şartlarının Etkisi

#### 3.5.1. Sıcaklık

Havalandırma tankında sıcaklık 20 °C'den az ise bütün reaksiyon yavaşlayacaktır. Diyagramdaki bütün eğriler açılacak ve eğrilerin üst noktaları daha uzun bir sürede meydana gelecektir. Aynı BOİ uzaklaştırma verimini elde etmek için; çamur yaşı artırılmalı ve F/M oranı düşürülmelidir.

Mikroorganizmaların reaksiyon hızının azalması oksijen alma hızını da azaltacaktır. Çökeltme tankındaki su daha soğuk olduğundan, daha yoğundur ve bu durum çamurun daha zor çökmesine neden olmaktadır. Daha iyi çökelebilen bir çamur elde etmek için çamur yaşının artırılması çökeltme hızındaki azalmayı önleyebilir.

Diğer taraftan normal sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıkta mikroorganizmaların reaksiyon hızı, dolayısıyla oksijen alma hızı artar. Bu artış havalandırma tankındaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olur. Yüksek sıcaklıkta diyagramdaki eğriler daralacak ve üst noktalar daha genç çamur yaşında meydana gelecektir (Kırlı,2001).

### 3.5.2. pH değişmesi

Hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH), organizmaların aktivitelerini ve büyümelerini önemli ölçüde etkiler. Bu özellik hidrojen iyonunun enzim faaliyetine etkisi ile açıklanabilmektedir. Her organizmanın maksimum aktivite gösterdiği bir optimum pH aralığı vardır. Genellikle bakteriler pH 3-8, mantarlar pH 3-6, küfler pH 3-7, bitki hücreleri pH 6.5-7.5 arasında optimum aktivite gösterirler. Organizmaların aktivitelerini maksimize edebilmek için ortamı pH'sı asit/baz ilavesi ile kontrol edilebilir.

Ortamın pH'sı aynı zamanda organizmaların aktiviteleri ile de değişir. Örneğin amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) azot kaynağı olarak kullanıldığında ortama  $\text{H}^+$  verildiğinden pH düşer. Çünkü nitrifikasyon sırasında  $\text{NH}_4^+$  iyonları  $\text{NO}_3^-$ 'a dönüşerek ortama  $\text{H}^+$  iyonları vermektedir. Nitrat iyonları azot kaynağı olarak kullanıldığında ise denitrifikasyon oluşur. Burada  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{N}_2$  gazına dönüştüğü için ortamdan  $\text{H}^+$  uzaklaşır ve pH yükselir (Öztürk ve diğerleri, 2005).

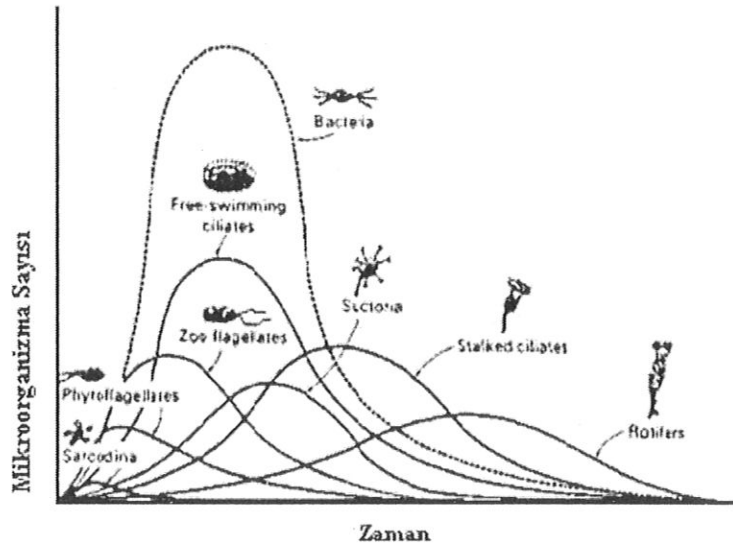
Eğer pH 6.5-8.5'dan daha az olursa, filamentli bakteriler çoğalır ve diğer yararlı bakterileri seyreltirler. pH 5.0-6.5 arasında iken mantarlar sayıca çoğalır ve bakterileri seyreltir. Bunların sayıca çoğalması çamurun yüzmesine neden olur. pH 4.0-5.0 arasında ise mantarlar, bakterilere sayıca üstünlük sağlar ve kalan bakteriler de filamentli tip bakteriler olduğu için oluşan çamur yüzer ve işletme sorunu yaratır.

### 3.5.3. Çözünmüş oksijenin etkisi

Aktif çamur sistemlerinde arıtma olayının temel unsurlarından biri havalandırmadır. Havalandırma yoluyla reaksiyon ortamına sürekli çözünmüş oksijen sağlanır. Yetersiz havalandırma yapıldığında çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalması hatta hiç kalmaması söz konusudur. Bu durumda biyolojik arıtma birimlerinde olumsuzluklar baş göstermektedirler. Dolayısıyla, aktif çamurdaki çoğalma ortamının gerek duyduğu oksijen miktarının doğru hesaplanması büyük önem taşımaktadır.

Oksijen, aerobik koşullarda çalıştırılan aktif çamur ortamında çoğalan biyokütlenin metabolik fonksiyonları bünyesinde, enerji sağlayan reaksiyonların temel unsurlarından biridir ve bu reaksiyonlarda son elektron alıcısı olarak kullanılmaktadır. Bu çerçevede, metabolik fonksiyonlar için gerekli oksijen miktarının doğru hesaplanabilmesi, öncelikle bu fonksiyonları mekanizma olarak tanımlayan fiziksel modellerin mümkün olduğunca gerçekçi bir temelde belirlenmesine bağlıdır.

Havalandırma tankındaki suda bulunması gereken çözülmüş oksijen miktarı 0.5-2.0 mg/L arasındadır. Çözülmüş oksijen miktarı 0.5 mg/L'nin altına düşerse mantarlar çoğalmaktadır. Çözülmüş oksijen miktarı 2 mg/L'nin üzerine çıkarsa floklar bozulabilir ayrıca gereksiz enerji sarfıyatı meydana gelir. Atıksuda toksik maddeler varsa ancak ağır siliatelerin ve rotiferlerin değişik tipleri yaşayabilir fakat toksik madde miktarı fazlalaşırsa bütün mikroorganizmalar ölür (Kırılı,2001).



Şekil 3.5: Mikroorganizmaların göreceli üstünlük diyagramı (Metcalf ve Eddy, 1991).

## BÖLÜM 4. BİYOLOJİK ARITMA TESİSLERİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR ve ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI

### 4.1. İşletimsel Sorunlar

Evsel atıksuyun içerdiği 1000 mg/L kirliliğin üçte ikisi organik maddelerdir. Atıksuyun % 99.9'u su, % 0.1'i ise katı maddedir. Katı maddelerin % 50'si çözünmüş, % 50'si askıda haldedir. Evsel atıksudaki organik bileşenler; azot bileşikleri protein ve üre, karbonhidratlar şeker, nişasta ve selüloz, yağlardır. İnorganik bileşenler ise, metal tuzları, kum, ağır metallerdir (Harrison,1996).

Bir aktif çamur tesisi sisteme olumsuz etkileri olmadan ani bir şok yüklemeyi kabul edebilir ancak bu şok yüklemeler sürekli olursa tesis çalışmayabilir. Operatörün önceden tahmin edemediği veya kontrol edemediği bazı faktörlerin işletimsel kontrollerinin ayarlanması için gerekenler yapılmalıdır.

Tesisin debisindeki farklılık, sisteme gerekli olan havalandırma hızları, ağır metal ve toksik maddelerin tesise girmesi, geri devir pompalarının durumu, havalandırma tankına verilen organik yük miktarı çıkış kalitesini değiştirebilecek şartlardan sadece bazılarıdır. Sebep veya muhtemel sebebi belirledikten sonra değişiklik yapılabilir. Bu, ilgilinin tesis prosesinin tüm birimlerini mükemmel bilmesine ve değerlendirmesine bağlıdır.

Eğer olağan dışı bir durumla karşılaşırsanız sadece son iki günde yapacağınız küçük değişiklikler çıkış kalitesini artıracaktır. Ancak geçmiş kayıtlara göre son birkaç hafta ve daha önce meydana gelmiş durum varsa proses değişikliği yapmak, sorunu ortadan kaldırmak için zorunlu olabilir. Tesis hakkındaki gözlemler ve kayıtlar aktif çamur işletmesinde önemli bir rol oynamaktadır.



Doğru ve tam kayıt tutarak ve bunları doğru bir şekilde kullanarak tesisi işletme maliyeti ve arıtma giderim verimi bakımından uygun bir işletme aralığında çalıştırabilirsiniz. Genellikle her tesis belli bir AKM konsantrasyonunda en iyi işletme fonksiyonuna sahip olur. Bu konsantrasyonda tesis çıkışında BOI'si 8-20 mg/L olan temiz bir arıtılmış çıkış atıksuyu sağlanabilir. Ancak mevsime, atık tipine ve tesis tasarımına bağlı olarak bir işletmede AKM konsantrasyonu her yerde 2000-4000 mg/L aralığında bulunmalıdır.

Belli şartlar altında spesifik bir tesis için yeterli bir AKM konsantrasyonu bulunduğu zaman operatör bu seviyeyi sürdürebilmek için savak ayarları ve geri devir vakum ayarlarında bazı değişiklikleri deneyebilir. Eğer AKM ayarlanmaya başlanırsa son çıkış suyu karışım nedeniyle kötüleşmeye başlayabilir.

Konvansiyonel aktif çamur tesislerinde AKM'nin çok fazla yükselmesine izin verilirse diğer bazı sorunlar ortaya çıkabilir. Tesis akımı için geri devir hızı yeterli olmayabilir. Geri devir hızları oldukça yükselebilecektir. Eğer amur geri devir hızı artmazsa son okeltimdeki aktif çamur tabakası daha yukarıda oluşacaktır. Son tanktaki alt tabaka pik debi sırasında savakların üzerinden katıların taşınmasına sebep olmaktadır.

Havalandırma havuzu tarafından sağlanan oksijen miktarı aerobik durumda istenilen mikroorganizma kütlesini sınırlandırır. Havalandırma havuzundaki yüksek oksijen ihtiyacı tesis girişindeki yüksek katı miktarına göre belirlenir.

Diğer bir faktör organizmaların kendileridir. Eğer yetersiz beslenme mevcutsa sadece sınırlı sayıda organizmanın çoğalması söz konusu olacaktır. Besi maddesi desteği düşük olduğu zaman mikroorganizma konsantrasyonu düşer ve büyüme durur.

Bu tam bir oksidasyon periyodu olup, bu halde yeni çamur üretimi minimumdadır. Uzun havalandırılmalı tesisler tesis çıkışında katıların artmasına yönelen şartlar altında işletilmek için tasarlanırlar (Topacık,2000).

## 4.2. Tesis Değişiklikleri

Eğer tesis bozulursa bazı değişiklikler yapmadan önce ilk yapılacak iş en az üç hafta öncesinden itibaren tesis verilerinin kontrol edilmesidir. Sorun muhtemelen son hafta veya daha erken başlamıştır. Sorunun sebeplerini araştırmak için debi ve atık yüklerindeki değişiklik, sıcaklık farklılıkları ve örnek alma programı araştırılmalıdır.

### 4.2.1. Debi veya atık yükleri değişiklikleri

Giriş debisini veya atık karakteristiklerini değiştirebilen yağışlı hava debilerine, kaza artıklarına, olabilecek toksik boşaltmalara ve diğer akımları etkileyen faktörlere karşı daima dikkatli olunmalıdır.

En sık görülen sorun aşırı yağışlardan ve diğer kaynaklardan dolayı meydana gelen debideki yükselmelerdir. Bu debiler daha kısa havalandırma süreleri gerektirir ancak aşırı hidrolik yüklemeye dolayısıyla son çökeltmede aktif çamur katılarının azalmasına neden olabilir. Bu şartları eski haline döndürmek için ve havalandırma havuzunda olması istenilen katıları tutturabilmek için uygun çamur atımı hızları sağlanmalıdır.

Atık karakteristiklerindeki değişikliklere, döküntü ve artıklar neden olabilir veya değişiklikler mevsimsel olabilir. Nitelikli tesis yöneticileri atık yüklerindeki değişiklikleri kontrol edebilir ve ne zaman deşarjda bir sorun çıkarsa insanları bilgilendirebilirler. Bazı endüstriler mevsimsel problemler oluşturabilir. Bunlara karşı 1. derecede ilgili ve operatör hazırlıklı olmalıdır (Topacık,2000).

### 4.2.2. Sıcaklık değişiklikleri

Sıcaklık, biyolojik reaksiyonlar üzerindeki etkisi sonucu aktif çamur sisteminin performansını etkiler. İşletmede kabul edilebilir maksimum sıcaklık ve ısı kaybına neden olan faktörler dikkate alınmalıdır. Tipik aktif çamur sistemlerinde mezofilik mikroorganizmaların yaşayabileceği kabul edilebilir maksimum sıcaklık 35-40 °C aralığıdır (Grady ve diğerleri,1999).

Aktif çamur sistemi damlatmalı filtrelerin ilkbahar ve sonbahardaki sıcaklık değişimlerine gösterdiği tepkiye benzer şekilde sıcaklık değişikliklerinden etkilenir. Yaz boyunca aktif çamur tesisi belli bir yükleme aralığında ve hava şartlarına uygun bir şekilde işletilebilir. Ancak kışın en iyi yükleme aralıkları ve hava şartları değişir ve tesis havalandırma altında daha az hava ve daha çok organik madde gerektirir. Genellikle atıksu sıcaklığı 6 °C'den daha fazla yükselmedikçe veya daha az düşmedikçe bir sıcaklık değişikliği gerekmez.

Sıcaklık, çamur birikimine bağlı olarak oksidasyonda önemli bir faktördür. Yüksek sıcaklık mikroorganizma büyüme hızını artırır ve daha az oksidasyonda organizma hücresinde daha çok atık depolanır. Bunun sonucu olarak daha fazla biyolojik aktivite daha fazla çamur üretimine sebep olmakta ancak çamur alışılmıştan daha ince olabilmektedir (Topacık,2000).

#### **4.2.3. Örnek alma programında değişiklikler**

Sistem verimi bulguları, örnek alma programındaki değişikliklerden çok fazla miktarda etkilenebilir. Eğer yanlış örnek alma yerleri veya laboratuvar işlevleri kullanılırsa laboratuvar sonuçları önemli ölçüde değişebilir. Laboratuvar verileri bir günden diğer güne göre çok geniş ölçüde değiştiği zaman örnek alma yeri, zamanı ve laboratuvar işlevleri hatalara karşı kontrol edilmelidir.

Büyük bir proses değişikliği düşünüldüğünde ilk önce tesis bulgularına bakılmalıdır. Daha sonra sadece o anda gerekli değişiklik yapılmalıdır. Eğer iki değişiklik yapılırsa düzelme olayının bir değişiklikten mi yoksa iki değişiklikten mi sağlandığı anlaşılamayabilir. Bir değişiklik yapıldığı zaman diğer değişiklik veya modifikasyon denenmeden önce en az bir hafta sisteme uygulanmalıdır. Çok hızlı olarak çok fazla değişiklik yapılmamalıdır.

#### **4.3. Çamur Kabarması**

Kabarma dikkat edilmesi gereken önemli bir parametredir. Bu terim çok düşük çökme hızını ve sınırlı bir derecede sıkışmayı gösterir. Sıvı, katılardan genellikle

temiz, berrak bir şekilde ayrılır ancak genellikle ikinci çöktürmede katılardan tamamen giderilmesi için yeterli zaman yoktur. Çöktürmedeki çamur tabakası daha diptedir ve yüzeye yükselmekte, savaklara gelmekte ve çıkıştan deşarj edilmektedir.

Düşük pH, düşük çözünmüş oksijen ve düşük azot konsantrasyonları kabarmayla ilişkilidir. Mikroorganizmaların yüksek beslenme hızları, tekrarlanan kabarmanın en büyük nedenidir. Hızlı büyüyen organizmalar örtü şeklinde yayılmakta ancak büyüme hızları düşmedikçe yumak veya bir flok kütlesi oluşturamazlar. Çamur yoğunluğunu yükseltmek için, kimyasal flokülasyonsuz, mikroorganizma besleme yükü oranını düşürmek için yeterli düşük yoğunluklu çamuru alıkoymak zordur.

Yağmur, çamur yoğunluğunu yükseltmek için gerekli çamur miktarını sağlayabilir. Hafta sonundaki düşük yükler yardımcı olabilir. Bazı ön havalandırma yapılmış çürümüş çamur ilavesi, kabarmanın azalmasına yardım eder. Bazı polielektrolit flokülantları aktif çamur kabarması kontrolünde oldukça etkilidir. Çamur flok oluşması için yeteri kadar havalandırılmışsa havalandırma tankının yükü azaltılarak kabarma düşürülebilir. Kil veya bentonit ilavesi kabarma kontrolünde kullanılabilir.

Havalandırma tankında katı madde miktarını azaltma, hava miktarını yükseltme, inert maddelerin kullanılması, demir bileşiklerinin kullanılması, geri devir çamurunun klorlanması, geri devir çamurunun havalandırılması ve karışım sıvısına kireç ilave edilmesi önerilen yöntemlerden bazılarıdır (Cheremisinoff,1995).

Birçok kabarma kontrol işlevlerinin asıl amacı, çamur yaşını yükseltmek veya havalandırma havuzundaki birim UAKM başına birim günde ilave edilen atık yük oranını düşürmektir. Havalandırma altında katı maddeleri tutmak için uygun yöntemlerden bazıları alüminyum sülfat veya demir klorür ilavesidir. Aynı zamanda, demir sülfat alkalinitenin 50-100 mg CaCO<sub>3</sub>/L'nin altına düşmesini önlemek için kireç ilavesiyle birlikte bir flokülant olarak kullanılabilir. Uygun bir polielektrolit diğer kimyasallardan daha pahalı olabilir ancak alkaliniteyi yükseltmek için alkali ilavesi gerektirmeyebilir.

Klorlama etkili bir uygulama değildir, çünkü klor atıkları arıtmada ihtiyaç duyulan organizmaları inaktif hale getirir. Klor uygulamasından sonraki birkaç gün için çıkış bulanıklığı yükselebilir. Kabarmanın nedeni tanımlanıp daimi olarak düzeltilmedikçe muhtemelen tekrarlanır.

Kabarma meydana geldiğinde mutlaka çamur yaşı veya yükleme oranı ile ilişkilendirilecektir. Sorunun nedenini bulmak için tesis kayıtları kontrol edilmelidir. Sebebini tanımlamak varolan kabarma olayının çaresi olmayabilir ancak önemli bir fikir verebilir ve aynı şartlarda tekrar meydana gelmesini önlemek için ölçümler (AKM, ÇO vb.) yapılmalıdır. Çamur kabarmasının meydana gelmesini önlemek için aşağıdaki maddeler aktif çamur tesisinde dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir.

1. Uygun Çamur Yaşı: Tesis kayıtları dikkatli bir şekilde incelenmeli ve en iyi arıtılmış auksü çıkış kalitesini veren bir çamur yaşı belirlenmelidir. Giriş katı yüklemeleri izlenmeli, havalandırma havuzunda istenilen katıların seviyesi temin edilmeli ve çamur uzaklaştırma hızları dikkatli bir şekilde düzenlenmelidir.

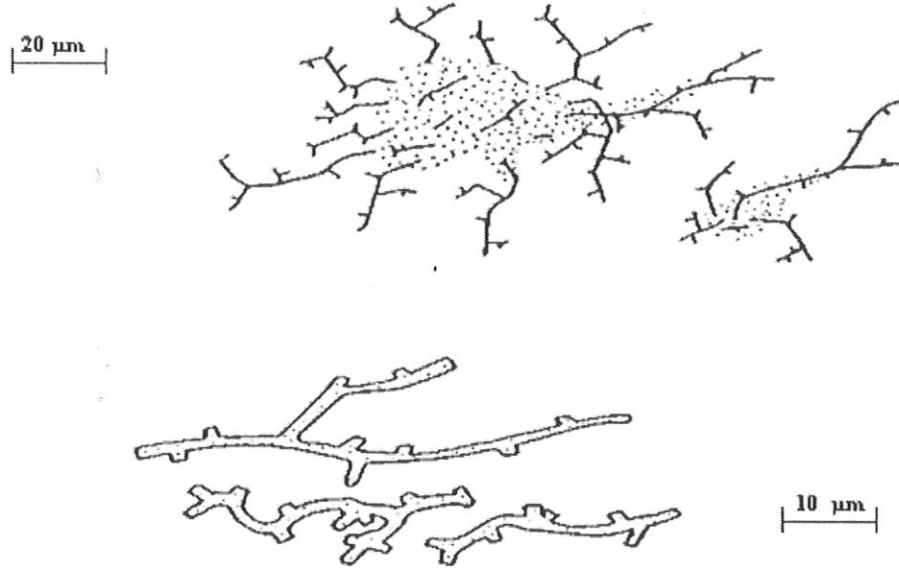
2. Düşük Çözünmüş Oksijen: Gelişme sürecinde düşük çözünmüş oksijen seviyeleri önlenmelidir. Karışmış sıvı çözünmüş oksijen testleri çabuk ve basit olmalıdır. Yeterli oksijen kapasitesi mevcutsa ve atığın ham kısmı aşırı oksijen ihtiyacı gerektirmedikçe normal şartlar altında düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonları geçerli bir özür değildir.

3. Kısa Havalandırma Süresi: Operatör geri devir çamurunu büyük bir hacimde geri devrettirmeyi alışkanlık yapmamışsa genellikle bir tasarım sorunu olan havalandırma süresinin çok kısa olması çamur kabarmasına neden olur.

Bu sorunu düzeltmek için geri devir çamur hızını azaltmak ve eğer gerekliyse koagülasyonla geri devir çamur katıların yoğunlaştırmak gerekir.

4. Filament Büyümesi: Filamentli organizmaların büyümesine, düzeltilmemiş çamur yaşı veya karbon, azot ve fosfor konsantrasyonlarının yüksek veya düşük olması gibi beslenme farklılıkları neden olabilir. Eğer filamentlerin büyümesine izin verilirse,

bu iyi bir şekilde belirlenmelidir. Yoksa filamentli organizmalar çözülmesi zor bir sorun oluşturabilirler (Topacık,2000).



Şekil 4.1: Nocardia sp. filamentli bakterisi (Gray,2004).

Homojen olarak yükselen ve çökeltme tankından savaklanan çamurlar gözlenmişse, toksik maddeler nedeniyle parçalanmış flokların oluşumu söz konusudur. Mümkünse çökeltim yardımcıları kullanılmalı, toksik maddenin varlığı önlenmeli ve fazla çamur uzaklaştırılması durdurulmalıdır. Çamur yaşı yükseltilmelidir.

Yavaş çöken fakat sıkışamayan çamur gözlenmişse, büyük F/M oranının sebep olduğu bir tür çökeltme sorunudur. Mümkünse çöktürme yardımcıları kullanılmalı, fazla çamur atımı durdurulmalıdır. Geri devir oranı azaltılmalı ve eğer mümkünse sistem kontak stabilizasyon sistemi gibi çalıştırılmalıdır.

ÇHI değerinin artması, mikroskopik incelemede filamentli türlerin gözlenmesi durumunda ise en önemli nedenler; nütrient eksikliği, yüksek F/M, düşük çözünmüş oksijendir. Geri devir hattında klor, polimer, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozlaması yapılmalı, havalandırma ekipmanları kontrol edilmeli, F/M oranı düzenlenmelidir.

Eğer pH düşükse bunun engellenmesi gereklidir. Çünkü düşük pH'dan dolayı fungi gelişimi söz konusudur.

#### 4.4. Septik Çamur

Septik çamur; kanallar ve depolar gibi yerlerde uzun süre kalan çamur tipinin bir ürünü olabilir. Genellikle yavaş yavaş ve bazen yumak şeklinde yükselen bu çamur kötü bir kokuya neden olur. Küçük miktarlarda olmasına rağmen bir havalandırma havuzunun biyolojik yapısını bozabilir.

Septik çamur; boru sistemlerinin, kanalların, tankların ve fosseptik kuyularının noksan tasarımından ve inşasından meydana gelebilir. Septik çamur, aktif çamurun birikmesinden oluşmakta ve bu durumda anaerobik dekompozisyon başlamaktadır. Septik çamur depozitleri aynı zamanda tankın tamamen karışmasını sağlayamayan yetersiz hava hızları yüzünden havalandırma havuzu yüzeyinde de gelişebilir. Aşırı katı yüklemesi de septik sorunlara neden olabilir.

Tesis girişinde ve havalandırma havuzlarında kötü koku yayılıyorsa ve aynı zamanda suyun rengi siyaha yakınsa atıksuda septikleşme vardır. Yani atıksuya tesis dışından zehirli maddeler deşarj edilmiş olabilir.

Septik çamuru etkili bir şekilde kontrol etmek için havalandırma havuzları tam olarak çalıştırılmalı ve çamur sık sık pompalanmalıdır. Boru hatlarında ve kanallardaki 0.45 m/s 'nin üzerindeki bir hız septik hale gelen çamur yapılarını önleyecektir. İkinci çöktürmedeki çamurun septik hale geçmesi 4 nedenden ileri gelebilir.

1. Geri devir çamur hızı çok düşüktür bu yüzden son çöktürmede katılar çok uzun süre tutulmakta ve onların septik hale geçmesine imkan sağlamaktadır.
2. Çöktürme tankından çıkan borular tıkalıdır. Bu nedenle çamur biriktirme tankına gidememektedir.
3. Çamur çekme boruları tıkalıdır, kapalıdır veya sık sık kullanılmamaktadır.
4. Geri devir çamuru pompalanmıyordur veya vana kapalıdır.

İyi bir operatör, arıtma sistemini günde birkaç kez kontrol etmelidir. Yeni kurulan aktif çamur tesislerinin büyük çoğunluğunda çöktürme tankındaki çamur tabaka

seviyesinin belirlenmesi için fotoseller kullanılmaktadır. Son çöktürmedeki çamur tabaka seviyesi değişir değişmez hemen bir araştırmaya başlanmalıdır.

#### **4.5. Toksik Maddeler**

Biyolojik arıtma tesislerinde ortaya çıkan en önemli sorun, tesise giren kirleticilerin ayrıştırılmaları sırasında mikroorganizmanın zehirli substrat ile inhibe edilmesidir. Bu şekilde ortaya çıkan sistem verimlerindeki düşmeler sorunlar yaratmaktadır. Bu sorunların giderilmesi, eğer bir biyolojik arıtma sistemine zehirli maddeler giriyorsa, sistemin alıştırma sürelerinin ve inhibisyon seviyelerinin saptanması ile mümkün olabilir (Talınlı ve diğerleri,1986).

Toksisite, çalışan mikroorganizmaların ölmesine veya ciddi bir şekilde azalmasına sistemin ve çıkış kalitesinin bozulmasına sebep olur. Ağır metaller, asitler, insektisitler ve pestisitler gibi toksik materyaller uygun kontrol yapılmadan kanalizasyon sistemine boşaltılmamalıdır.

#### **4.6. Çamur Yükselmesi**

Çamur yükselmesi, çamur kabarmasıyla karıştırılmamalıdır. Çamur çökelmekte ve çökeltme tankının dibinde sıkışmakta ancak daha sonra bu çökelti, bezelye büyüklüğünde küçük partiküller veya yama büyüklüğünde partiküller halinde çökeltme tankının yüzeyine doğru yükselmektedir. Çamur yükselmesi genellikle çökeltme tankında ve havalandırma yüzeyinde ince bir kir tabakası ve kahverengi renkte köpük oluşturmaktadır.

Çamur yükselmesine, denitrifikasyon ve septisit neden olmakta, ikinci çürütücüdeki bekleme süresinin çok uzun olmasının bir sonucudur. İkinci çökeltme tesis çıkışından kir tabakasının ve köpüğün kaçmasını önlemek için kir tabakasını sıyıran ve köpükleri toplayan ekipmanlarla donatılmalıdır.



Denitrifikasyon, çamur yaşı yüksek (uzun havalandırma) olduğunda çok yaygın olarak oluşmaktadır. Bu tip aktif çamur havalandırma havuzundan ikinci çökeltmeye akarken eksik oksijen olur.

Organizmalar ilk önce ortamdaki çözünmüş oksijeni kullanır daha sonra azot bileşiklerindeki oksijeni kullanır. Denitrifikasyon iyi arıtmanın belirtisidir, bu halde bir çökeltme testi yapılır. Bu testte 1 saat içinde çökelen çamur ikinci saat sonucunda yüzmeye başlar. Çökeltme deneyinde çamurun çok erken yüzmeye başlamasını önlemek için sistemin çamur yaşı azaltılmalı veya F/M oranı arttırılmalıdır.

Bu uygulama ile ortamdaki azot bakterileri ortamdaki uzaklaştırılarak sorun çözülebilir. Eğer çökeltme tankında sorun devam ediyorsa geri devir çamur hızını artırarak çökeltme havuzu çamurları boşaltılmalıdır. Bazen bunun faydası olmayabilir. Bu takdirde daha düşük geri devir hızları yararlı olabilir.

Çamur yükselmesi, havalandırma havuzu yükünün arttırılmasıyla da kontrol edilebilir. Eğer birden fazla çökeltme tankı varsa bir çökeltme servisten çıkarılarak havalandırma havuzu yükü arttırılabilir.

#### **4.7. Köpük Oluşumu (Köpüklenme)**

Havalandırma havuzu köpüklenmesi, bazı tesisler için sorun oluşturmaktadır. Köpüklenmenin; deterjanlar, polisakkaritler ve aşırı havalandırma gibi nedenlerden meydana geldiği üzerine bazı teoriler vardır. Nedeni ne olursa olsun köpüklenme, AKM miktarı ve havalandırma miktarı arasında açık bir ilişki vardır.

Kontrol için;

- 1- Daha yüksek AKM konsantrasyonlarında çalışmak,
- 2- Düşük debi süreleri boyunca hava teminini azaltmak,
- 3- Düşük debiler boyunca havalandırma tankına süpernatant (çökeltim tankı duru suyu) geri devrettirmek.

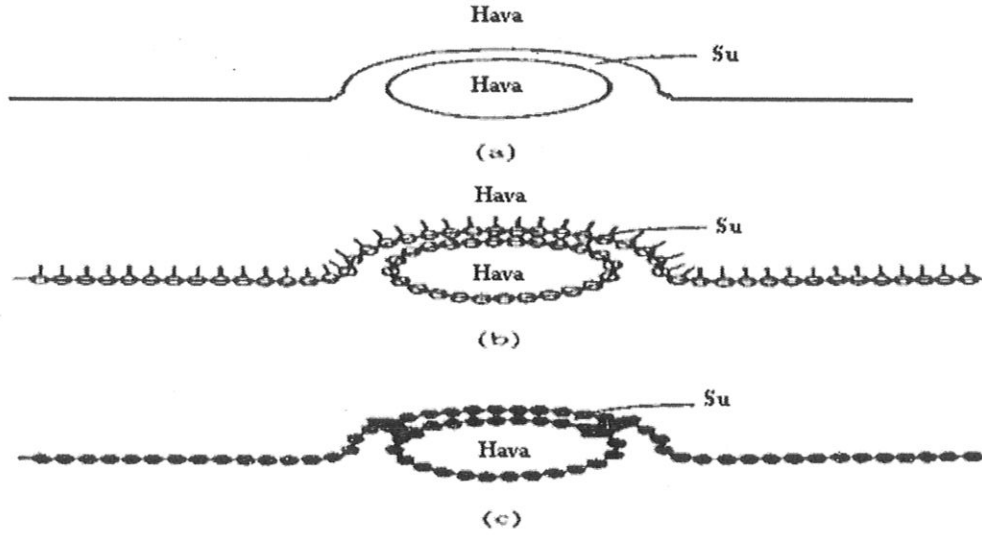
Bu çözümler sadece deterjan köpüğü için uygulanmaktadır. Bazı uzun havalandırma tesislerinde veya nitrifikasyon tesislerinde köpüklenme oluşursa bazı zamanlar bu durum daha yüksek çamur atma hızları tarafından kontrol edilebilir. Birçok tesis, köpüklenmeyi gidermek için havalandırma havuzu boyunca su spreyleri yerleştirmekte ve köpük kırıcılar kullanılmaktadır. Eğer AKM'nin azalmasına izin verilirse düşük su spreyleri köpüklenmeyi gidermek için yeterli olmayacaktır. Bu meydana geldiğinde bakım ve güvenlik sorunları ortaya çıkmaktadır.

Bir havalandırma havuzunda oluşan köpüklenme, çok küçük zerreciklerin yağlanmasına neden olmaktadır. Ayrıca yüzeylerde biriken ve kaygan olan bu yağ depozitleri yürümeyi zorlaştırır. Bunun dışında operatörün önceden köpükle kaplanmış yerlerde yürümesi sakıncalıdır.

Bu depozitler hoş olmayan görüntü yarattıkları için temizlenmeleri gerekmektedir. Sudaki bu tip depozitleri gidermenin en iyi yolu tri sodyum fosfat (TSP) ve sert kıllı bir fırça ile süpmektir. Islak alana granül TSP hafifçe serpilir ve daha sonra alana yayılmış TSP ve çözünmüş yağ süpürülmekte böylece ıslak alan temizlenmektedir. Bu işlem 5 dakikada yapılır ve sulama kesilir.

Havalandırma sisteminin yoğunluğu, küçük miktarlarda ve çabuk dağılan, geçici köpük oluşumuna neden olmaktadır. Köpük, gaz kabarcıklarının sıvı ya da katı içerisinde dağılması şeklinde tanımlanabilir. Sistemde, hava dağılmış faz, su ise sürekli fazdır. Yüzey aktif madde içeren sularda, yüzey aktif madde içermeyenlere nazaran daha stabil ve kalıcı köpük oluşumu söz konusudur. Hidrofobik partiküller köpük oluştururlar (Gray,2004).

Havalandırma havuzunda taze, beyaz, sabunumsu köpük oluşumu gözlenmişse, mikroorganizma konsantrasyonunun az olması sebebiyle çok yüklenmiş genç çamur vardır. Sistemden çamur uzaklaştırılmamalı ve F/M oranıyla AKM konsantrasyonu kontrol edilmelidir. Mümkünse demir tozları ve inert maddeler ilave edilmeli ve çamur gelişimi sağlanmalıdır. Geri devir oranı dereceli olarak arttırılmalıdır.



Şekil 4.2: Köpüklenme oluşumu (Gray,2004).

Havalandırma havuzunda parlak, koyu, kahverengi yağlı köpük oluşumu varsa, sistemin F/M oranı yeterli miktarda çamurun uzaklaştırılmaması nedeniyle düşüktür. Günlük fazla çamur uzaklaştırılması % 10'dan fazla olmamak kaydı ile arttırılmalıdır. Bu işleme tesis düzelineye kadar devam edilmelidir.

Çöktürme havuzunun üzerinde yağlı, koyu renkli köpük gözlenmişse, Nocardia türünde filamentli organizma varlığı söz konusudur. Girişte ve geri devir hattında yağ-greşe bakılmalı, havalandırma ve çökeltme tanklarından fiziksel olarak bu köpük alınmalıdır. Bu köpük geri devirle ya da başka bir şekilde tesiste tutulmamalıdır.

Koyu kahverengi ya da siyah köpük ve çürük yumurta kokusunun varlığı gözlenmişse, havalandırma havuzunda çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azaldığının ve septik şartlar oluştuğunun göstergesidir. Havalandırma birimi kontrol edilmeli, olumsuzluk giderilmelidir. Sistemden çamur uzaklaştırılmalı ve AKM konsantrasyonu azaltılmalıdır.

#### 4.8. Noktasal Topak Oluşumu

Aktif çamurun çökmesi esnasında, önemli miktarda biyolojik yumağın dağıldığı gözlemlenebilir. Geniş yumaklar hızlıca dibe çöklerler ve küçük ve yoğun olan

yumaklar (çapları 100 µm'den küçük olanlar) supernatantta (çökeltim tankı duru suyu) olduğu gibi kalmaktadır. Bu noktasal topakların hızı yaklaşık olarak sıfırdır ve çıkışta bulanıklığa neden olmaktadır (Eckenfelder ve Grau, 1992).

#### **4.9. Organik Madde**

Kum tutucudaki kumlarda organik madde miktarı yüksek çıkarsa, giriş atıksuyu çok düşük hızda geliyordur veya kum tutucuya verilen hava yetersiz olduğundan organik maddeler kum ile birlikte çökmektedir. Giriş atıksuyu hızı pompa ve savak yardımı ile ayarlanır. Kum tutucuya giren hava blower ve vana yardımıyla organik madde çökmeyecek şekilde artırılır (Karamürsel Atıksu Arıtma Tesisi İşletme El Kitabı,2005).

#### **4.10. pH**

Giren atıksuda pH değerinin 6-9 aralığında olması gerekir. Bu değerden küçük veya büyük olursa, pH 3-4 civarında ise tesise asitli sular gelmektedir. pH 10'dan büyük olursa tesise bazik özellikte sular gelmektedir. pH kontrolleri sık sık yapılarak asit ve baz özelliği tespit edilmelidir. Çevredeki tesisler yetkililer tarafından kontrol edilip bu tür suların atıksuya karışması engellenmelidir.

Nitrifikasyonda pH 7'deki spesifik büyüme oranı, pH 8 olduğunda % 50 azalmaktadır. pH'daki 7.2-8.0 arasındaki değişim küçük bir etkiye sahiptir fakat pH 7.2 altına düştüğünde nitrifikasyonda doğrusal bir azalma gözlenmektedir. pH 6.3'ün altına düşerse nitrifikasyon gerçekleşmemektedir (Randall ve diğerleri,1992).

#### **4.11. Çözünmüş Oksijen**

Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun aktif çamur performansı üzerine ilk etkisi filamentli bakteri gelişimidir. Çoğu kaynak aktif çamur sistemlerinde çözünmüş oksijen konsantrasyonunu 2.0 mg/L olarak önermektedir. Fakat bazı durumlarda 2.0 mg/L yetersiz kalabilmektedir ya da aşırı olabilmektedir.

Sisteme gereken çözünmüş oksijen ihtiyacı proses yükleme faktörlerine ve spesifik oksijen tüketim hızı faktörüne bağlıdır. Tedbir olarak çoğu sistemde havalandırma sistemleri 2 mg/L'yi sağlayacak şekilde tasarlanmalarına rağmen, tasarruf sağlamak için daha düşük konsantrasyonları sağlayacak şekilde çalıştırılmaktadır (Daigger ve diğerleri,1999).

Aerobik mikroorganizmaların aktif ve sağlıklı kalabilmeleri için karışım suyunun havalandırılması gerekmektedir. Havalandırma tankının, mikroorganizmaların organik maddelere etki edebilmesi için karıştırılması gerekmektedir. Havalandırma tankındaki karışım, tank yüzeyindeki türbülans gözlemlenerek kontrol edilebilir. Yüzeydeki türbülans tank boyunca homojene yakın olmalıdır. Şiddetli türbülans oluşumu istenmemektedir çünkü enerji kaybına ve flokların kırılmasına neden olmaktadır (Glueckstein ve Boyajian, 1987).

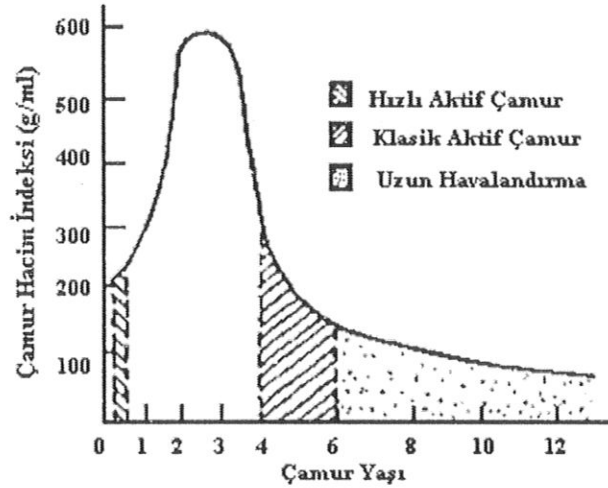
#### 4.12. Çökelme Sorunları

Aktif çamur sistemlerinde karşılaşılan sorunlardan biride çökelme problemleridir. Bu nedenle, çöktürme tankında iyi çökelen, havalandırma tankına yeterli biyokütle döngüsünü sağlayan ve çıkış suyunda düşük katı madde konsantrasyonu sağlayan etkili değerlendirme parametreleri gerekmektedir.

Genelde ÇHİ parametresi kullanılmaktadır. İyi bir çamurda ÇHİ<100 ml/g, çok iyi çamurda ÇHİ 50 ml/g olması gerekmektedir. ÇHİ>120 ml/g olması çökelme sorunu olduğunu göstermektedir. ÇHİ testi yüksek AKM konsantrasyonlarından etkilenmektedir ve AKM>4000 mg/L olduğu durumda çökelme sorunları yaşanmaktadır (Gray,2005).

İlk 30 dakikalık sürede çökmüş olan çamur daha sonraki saatlerde kısmen yada tamamen yükseliyorsa, sistemin çöktürme havuzundaki bekletme süresi fazla olduğu için havalandırma havuzunda tamamlanan nitrifikasyon, çökeltme tankında da devam ediyor demektir. Böyle bir durumda sisteme anoksik bir hacim ilave edilerek yada havalandırma havuzunun içinde böyle bir bölge yaratılarak bu oluşum

engellenmelidir. Diğer bir yol geri devir pompasının debisi artırılarak çamurun havuzda kalma süresi azaltılmalıdır.



Şekil 4.3: Çamur yaşının çamur çökeltme özelliği üzerindeki etkisi (Sözen ve Öztürk,1992).

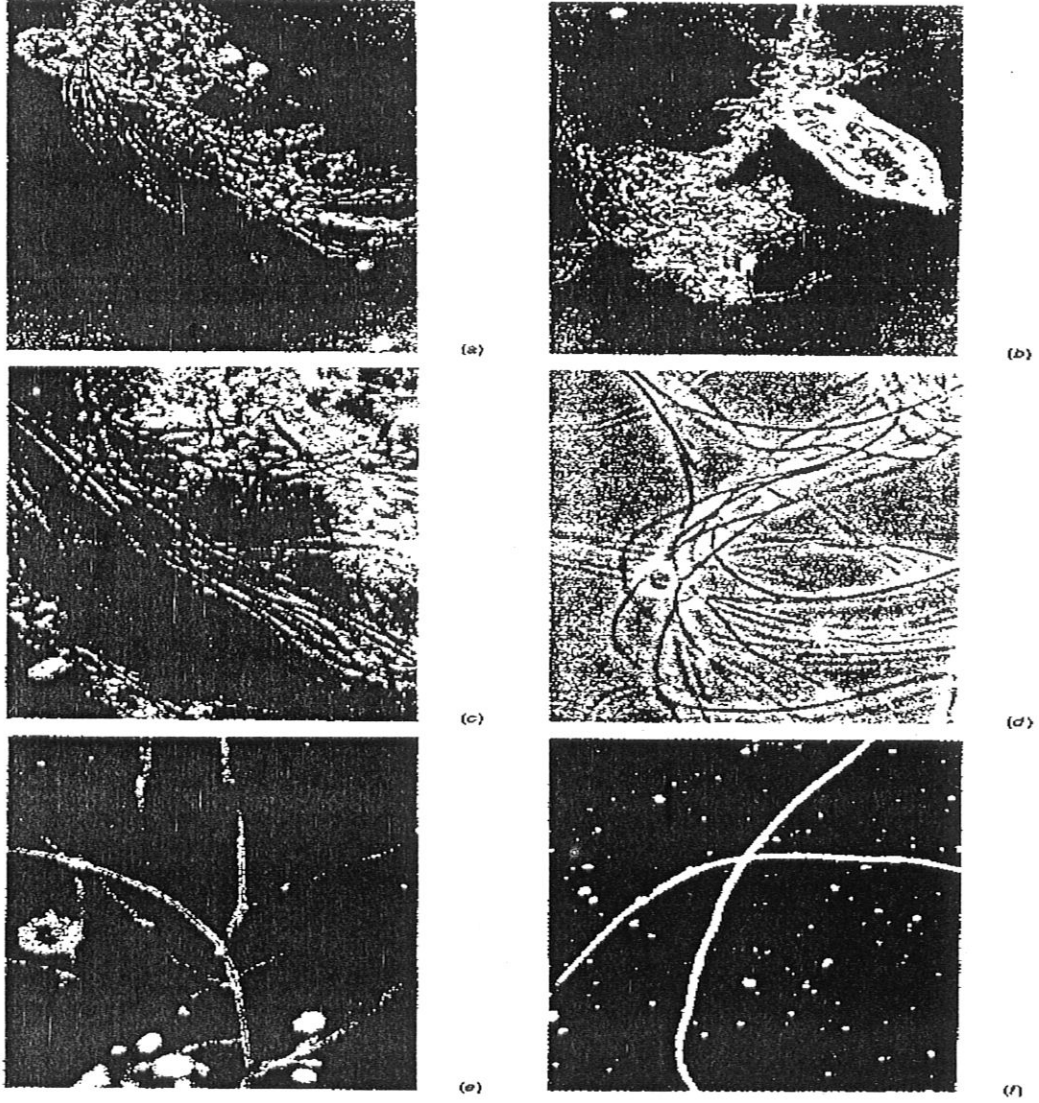
Çökeltme hızı yavaş ve üst suda bulanıklık oluyorsa, fazla havalandırma sonucunda noktasal topak oluşmuştur. F/M oranı yükselmiştir ya da çözülmüş oksijen seviyesi azalmıştır. Çöktürme yardımcıları kullanılmalı, havalandırıcıların oksijen verimi irdelenmelidir (Karamürsel Atıksu Arıtma Tesisi İşletme El Kitabı,2005).

#### 4.13. Filamentli Mikroorganizmalar

Filamentli mikroorganizmalar aktif çamur sistemlerinde çökme karakteristikleri üzerinde oldukça etkin olduklarından bu organizmaların yüksek yoğunlukta bulunması durumu olumsuz yönde etkileyen şişkin çamur ortaya çıkmaktadır. Aktif çamurda genellikle organotrofik bakteriler baskındır ve bunların büyük bir kısmı çamur floklarına dahil olmasına rağmen bazıları sıvı içerisinde serbest olarak bulunmaktadır (Haliki ve diğerleri,2004).

Filamentli mikroorganizmalar aktif çamur sistemlerinin temelini oluşturan flok yapısına katılan, arıtma sistemlerinin verimlerini olumlu veya olumsuz etkileyen önemli biyolojik yapılardır. Günümüze kadar değişik ülkelerde yapılmış

araştırmalarda birçok filamentli mikroorganizmalar tanımlanmış ve bu organizmaların morfolojik, fizyolojik ve moleküler özellikleri literatürde verilmiştir.

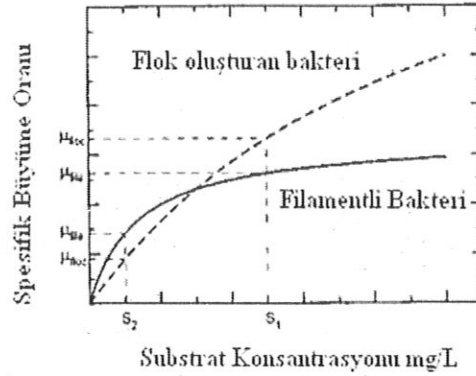


Şekil 4.4: Kabarmış çamurda bulunan filamentli mikroorganizmalar(Metcalf ve Eddy,1991).  
(a ve b) 100X, (c) 400X, (d ve e) 400X, (f) 400 X.

Ülkeden ülkeye farklı yapılar gösteren bu mikroorganizmaların tanımlanması ve özelliklerinin ortaya konması neden oldukları kabarma ve köpük problemlerinin çözümünde önemli rol oynamaktadır. Bu problemlerin çözümünde, filamentli mikroorganizmaların türünün tespit edilmesi, atıksu karakterizasyonunun bilinmesi ve uygun işletim parametrelerinin seçilmesi önemli rol oynamaktadır.

Aktif çamur havalandırma havuzunda kabarma sorunu ve bunun sonucunda son çökeltim tankında çökelmemeye veya katı ayırma sorunu genelde filamentli mikroorganizmalar adı altında toplanmaktadır. *Nocardia*, *Microthrix parvicella*, *Sphaerotilus natans*, *Thiothrix* ve Tip 021N en fazla rastlanan filamentli bakterilerdir.

Aktif çamurda köpüğe neden olan filamentli mikroorganizmaların başında *Nocardia* daha az olarak da *Microthrix parvicella*, *Nostocoida* türleri gelmektedir. Bu filamentli organizmalar, yoğun, stabil, kahverengi renkli köpüğe neden olurlar ve tesisin işletilmesinde büyük zorluklara neden olurlar. Köpük yapıcı mikroorganizmaların aşırı çoğalması durumunda köpük birkaç metre kalınlığa ulaşmakta hatta havalandırma havuzunun yüzeyini tamamen kaplayarak havuz dışına taşabilmektedir.



Şekil 4.5: Filamentli bakterilerle flok yapan bakterilerin büyüme oranlarının karşılaştırılması (Grady ve diğerleri, 1999).

Kabarma ve köpük probleminin çok önem kazandığı tesislerde iyileştirme çalışması yapılmış ve bir evsel atıksu arıtma sisteminden fazla çamur atarak F/M oranının arttırılmasıyla 15 gün içerisinde sistemin kabarma ve katı ayırma problemi çözümlenmiştir (Övez ve diğerleri,2004).



#### 4.14. Arıtma Tesisinin İşletilmesi Dışında Kalan Sorunlar

Ülkemizde birçok sanayici arıtma tesisini, suyunu, havasını, toprağını kullandığı doğayı en az zararla korumaktan ziyade yasal yaptırımlar nedeniyle yaptırmaktadır. Temel amacın çevreyi korumak olmaması nedeniyle konuya yeterli önem verilmemekte ve ilk yatırımın düşük olması ön plana alındığından yeterli araştırmalar yapılmamaktadır. Bu da ülkemizde arıtma tesisi mezarlığının hızla artmasına neden olmaktadır.

İlgili kurumların denetleme, yönlendirme ve bilgilendirmede yetersiz kalması, su kullanımının hiçbir şekilde kontrol edilmemesi ve suyun ucuz olması, işletmede oluşacak kirlilik ve debi hakkında yeterli araştırma yapılmaması, eksik bilgi verilmesi, işletme maliyetlerinin göz önüne alınmaması arıtma tesislerinde yeterli verimin alınamamasının temel nedenleri olarak sıralanabilir.

Yetişmiş personel sayısının azlığı sebebiyle işletim problemleri karşımıza çıkabilmektedir. Sürekli eğitim verecek kurumların bulunamaması sebebiyle kısa sürede eğitilmiş eleman bulunamamaktadır. Çünkü üniversiteler sadece teorik eğitim vermekte dolayısıyla pratiğe yönelik eğitim yetersizdir. Zamanla tesiste çalışanların işletme körlüğü denilen, bilip de uygulamadığı ya da uygulayamadığı işletim sorunlarının kanıksanması işletmenin işleyişini olumsuz etkilemektedir.

Arıtma tesisindeki verimin artırılması, çalışanların devamlı motive edilmesi amacıyla devamlı eğitim verecek bir kurum yada enstitü bulunmalıdır. Danışman kuruluş yada üniversitelerin Çevre Mühendisliği bölümleri ile anlaşmalar yapılarak ortak çalışma sağlanmalıdır.

Avrupa'da olduğu gibi tesiste, daimi elemanlar yerine her tesis için mekanik ve elektrik işlerini yapan firmalarla sözleşme imzalanarak personel sayısı minimumda tutulmalıdır. Bunun en iyi yollarından biri hizmet alımıdır.

## BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 5.1. Askıda Katı Madde Tayini (AKM)

Askıda ve uçucu askıda katı madde tayinleri evsel ve endüstriyel atıksuların kirlilik kuvvetini değerlendirmede kullanılır. Ön çökeltim tanklarında çökebilen katılar uzaklaştırıldıktan sonra, askıda katıların miktarını belirlemede ve biyolojik arıtmaya gelecek kirlilik yükünü hesaplamada bu testler kullanılır. Büyük arıtma tesislerinde askıda katı madde tayinleri rutin olarak, tesisin arıtma verimini belirleme amacı ile yapılmaktadır.

Deneyin yapılışı; pens kullanılarak ısıtılıp desikatörde soğutulmuş filtre kağıdının tartımı alınır. 100 ml numune alınır. Süzme tertibatına yerleştirilir ve vakumla süzülür. Filtre kağıdı ve süzme tertibatı 10 ml'lik destile su ile iki defa yıkanır. Etüvde 103 °C'de kurutulur. Desikatörde soğutulur ve tartılır.

Hesaplama;

A: Filtre kağıdı tartımı

B: Filtre kağıdı + madde tartımı

Askıda katı madde (mg/L) = (B-A) x 10

### 5.2. Uçucu Askıda Katı Madde Tayini (UAKM)

Askıda katı maddesi tayininde kullanılan filtre kağıdı üzerindeki madde kapsüle yerleştirilir. 30 dakikada kadar 550 °C'de fırında yakılır. Desikatörde soğutulularak tartılır.

B: Askıda katı madde + kapsül

C: Askıda katı madde + kapsül (550 °C yakıldıktan sonra)

Uçucu askıda katı madde (mg/L) = (B-C) x 10

### 5.3. Çamur Hacim İndeksi (ÇHİ)

Çamur hacim indeksi, aktif çamurun çökeltim tankında çökeltme özelliğini belirlemek için kullanılır. ÇHİ 30 dk çökeltme sonunda 1 g aktif çamurun işgal ettiği mL cinsinden hacmi gösterir. Çamur karakterinde olan değişimleri belirlemek açısından yararlı bir ölçümdür.

$$\text{ÇHİ (mL/g)} = (\text{ÇKM} \times 1000) / \text{AKM}$$

Havalandırma tankından alınan numunenin ÇKM ve AKM değerleri bulunur. Çamur hacim indeksi değerinin 50-100 mL/g arasında olması çamurun ideal çamur olduğunu, 100 mL/g'dan fazla olması çamurun sorunlu olduğunu gösterir (Kavaklı,2003).

### 5.4. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ<sub>5</sub>)

BOİ<sub>5</sub> deneyi atıksulardaki substratın mikroorganizmalarca kullanılabilmesi için sıcaklığın kontrol edildiği bir ortamda beş günlük süre içinde ihtiyaç duydukları oksijen miktarının belirlenmesinde kullanılır. Deneyin başlangıcında ÇO ölçülerek belirlenir. 5 günlük periyot esnasında numunedeki mikroorganizmalar kompleks organik maddeleri prosesteki oksijeni kullanarak parçalarlar.

Karanlık bir ortamda yürütülen 5 günlük inkübasyon süresi sonrası numunedeki ÇO tekrar ölçülür. Örnek miktarı ve ÇO değerlerindeki azalmadan hareketle BOİ<sub>5</sub> değeri hesaplanır. Bu deney numunedeki besinlerin oksijenli ortamda kullanılabilirliğinin bir ölçüsüdür ve kullanılan oksijen cinsinden ifade edilir. BOİ<sub>5</sub> deneyi sonuçları oksidasyon oranını gösterir ve organizmaların uygunluğunun ve atığın konsantrasyonunun değerlendirilmesinde bilgi sağlar.

Bu tür bir biyolojik oksidasyon için en uygun sıcaklık 20 °C'de organik maddenin tamamının biyolojik oksidasyonu 20 günde tamamlanır. 20 günlük periyot ise bir deney için oldukça uzun bir bekleme süresidir. Ayrıca 10. günden sonra azotlu maddelerin oksidasyonu başlar ki, bu da deney sonucunu olumsuz etkiler. Deneyler,

beş günlük bir periyottan sonra yapılan ölçümlerin toplam BOİ'nin % 70-80'ine eşit olduğunu göstermiştir. Bu yüzden BOİ ölçümünde en çok kullanılan parametre beş günlük biyolojik oksijen ihtiyacıdır. Bu kısaca BOİ<sub>5</sub> sembolü ile gösterilir.

BOİ<sub>5</sub> tayini için organik maddelerin biyokimyasal oksitlenmesi sırasında kullanılan çözülmüş oksijenin ölçülmesi gerekir. Anlamlı sonuçlar elde edilmesi için organik madde içeren su numunesinin özel olarak hazırlanmış bir seyrelme suyu ile seyreltilmesi gerekir. Çünkü 20 °C oksijenin sudaki çözünürlüğü 9 mg/L'dir ve bu oksijen oksidasyon için yeterli olmayabilir. Su örneği yeterli miktarda saprofitik bakteri içermemesi halinde seyrelme suyu bakterilerle aşılmalıdır. İnhibitör ile oksidasyonu engellenmezse azotlu maddelerin oksidasyonu için gerekli oksijen miktarında ölçüme girebilir. Bu nedenle, amonyak oksidasyonunu önlemek için inhibitör özelliğindeki kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Ayrıca bakteriyel büyüme için azot, fosfor ve iz elementleri gibi maddeler seyrelme suyuna ilave edilmektedir.

Böylece su numunesinin, sabit bir sıcaklıkta, belli bir süre muhafazası yani inkübasyon sırasında yeterli oksijen ile besi maddeleri ve bakterilerin bir arada bulunması temin edilmiş olur. Deney metodunun esası, numuneyi ağzı sıkıca kapalı BOİ şişelerine doldurup, belli koşullarda, belli sürelerde inkübe edilmesi, inkübasyon başlangıcında ve inkübasyondan sonra çözülmüş oksijenin ölçülmesidir. BOİ başlangıçtaki ve bekleme süresi sonucundaki çözülmüş oksijen değerlerinden yararlanılarak hesaplanır.

$$BOİ_5 \text{ (mg/L)} = \frac{(D_1 - D_2) \times V_s}{V_n}$$

D<sub>1</sub>: Numune hazırlandıktan 15 dakika sonraki çözülmüş oksijen değeri, mg/L

D<sub>2</sub>: Seyreltik numunenin 5. gün sonundaki çözülmüş oksijen değeri, mg/L

V<sub>s</sub>: Şişenin hacmi, mL

V<sub>n</sub>: Numunenin hacmi, mL

### 5.5. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Oksidasyon maddesi olarak potasyumbikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) kullanarak 1 L atık suyun içerdiği tüm oksitlenebilen maddelerin kimyasal olarak oksitlenebilmesi için gerekli oksijen miktarı, kimyasal oksijen ihtiyacı olarak tanımlanır.

Bu işlem örnekteki potasyumdikromat fazlasının yoğun sülfürik asitli ortamda ısıtılması prensibine dayanır. Katalizör olarak gümüşsülfat kullanılır. Kullanılmamış dikromat iyonları, demir (II) iyonları yardımı ile analiz edilerek saptanır.

KOİ parametresi evsel atıksuların biyolojik arıtılmasında birinci kademe oksijen ihtiyacının tahmininde kullanılır. KOİ ölçümünün kısa sürede sonuç vermesi, 5 gün sürmekte olan biyokimyasal oksijen ihtiyacı ölçümüne göre avantajlı yanını oluşturmaktadır. KOİ parametresi aynı zamanda  $BOI_5$  ölçümünün yapılamadığı toksik atıksularda kullanılmaktadır.

KOİ genellikle  $BOI_5$  değerinden yüksektir ancak oranları atıksuyun kaynağına göre değişmektedir. KOİ parametresi atıksu numunesindeki organik maddenin  $BOI_5$  parametresine göre bağımsız bir ölçümü olarak kabul edilebilir. Bu parametre organik maddenin biyolojik olarak ayrıştırılabilirlik oranının bir ölçüsü olarak kullanılamaz. Bu nedenle bir atıksu deşarjının alıcı ortamdaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu üzerindeki etkisini veya özel bir atıksuyun biyolojik olarak arıtılabilirliğini tahminde zorluk yaratır.

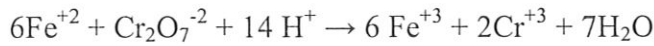
KOİ ölçümünde, atıksu numunesindeki organik maddeler % 50'lik sülfürik asit çözeltisinde potasyumbikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) kullanılarak oksitlenmektedir. Kataliz olarak gümüş sülfat ( $Ag_2SO_4$ ) ve klorür iyonu ( $Cl^-$ ) girişimini engellemek üzere civa sülfat ( $HgSO_4$ ) kullanılır.

Aşırı bikromat ferroin indikatörü eşliğinde standart demir amonyum sülfat ( $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ) kullanılarak titre edilir. Bu yöntem hızlı ve atıkların kuvvetinin ölçümünde etkilidir.

Atıksu içerisindeki organik maddelerin hemen hemen tamamını su ve karbondioksit çevirmek için gereken oksijen miktarı ölçülür. Örneğin atıksu içinde bulunan ve biyolojik olarak yükseltgenemeyen glikoz ve lignin bu metotla tamamen yükseltgenir. Bu yüzden KOİ değeri daima BOİ değerinden büyüktür. Deneylerden elde edilen BOİ ve KOİ sonuçları arasında bir korelasyon kurmak mümkündür. Arıtılmamış sularda BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranı 0.4-0.8 arasında değişir.

Bu yöntemin en önemli avantajı üç saat gibi kısa bir sürede sonuçlanmasıdır. BOİ<sub>5</sub> deney sonucunu alabilmek için beş gün gerekmektedir. Ayrıca potasyumbikromat organik maddelerin hemen hemen tamamını yükseltger. Belirli organik maddeler, özellikle küçük moleküllü yağ asitleri, katalizör olmadığı takdirde bikromat tarafından yükseltgenemezler. En etkili katalizör olarak gümüş iyonları kullanılmaktadır. Aromatik hidrokarbonlar, piridin ise hiçbir şekilde okside edilemez. Benzen ve diğer uçucu organik maddeler ise, eğer oksidasyon maddesi ile yeterli temas süresi sağlanırsa yükseltgenebilirler. Organik maddenin karbonlu kısmı yükseltgenirken, amonyak kısmı ister atıkta bulunsun ister azotlu organik maddede bulunsun yükseltgenmez.

İşlem sülfürik asit, bikromat çözeltisinin örnek ile birlikte geri soğutucu altında belli bir süre kaynatılması ile yapılmaktadır. İşlemin geri soğutucu altında yapılmasının nedeni, kaynama esnasında uçucu bileşiklerin buhar fazına geçerek yükseltgenmeden kaçmasını önlemektir. Parçalanma işleminden sonra indirgenmeden kalan potasyumbikromat demir amonyum sülfat çözeltisi ile titre edilir.



Tüketilen potasyumbikromat miktarı belirlenir. Yükseltgenmiş organik madde miktarının oksijen eşdeğeri mg/L cinsinden hesaplanmaktadır.

Düz zincirli alifatik bileşikler, gümüşsülfat katalizörü eşliğinde daha verimli olarak yükseltgenirler. Aynı zamanda gümüş sülfat, klorür, bromür ve iyodür ile reaksiyona girerek bunları çöktürüp reaksiyona yardımcı olur. Halojenlerin ortamda olması ve bunların asitli ortamda bikromatla yükseltgenmesi hataya neden olmaktadır.

$$\text{KOİ (mg/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{ml numune}}$$

A: Şahit numune için harcanan demir amonyum sülfat çözeltisi miktarı, mL

B: Numune için kullanılan demir amonyum sülfat çözeltisi miktarı, mL

N: Demir amonyum sülfat (DAS) çözeltisinin normalitesi.

### 5.6. Nitrat Tayini (Buricine Yöntemi)

Buricine ile nitrat arasındaki reaksiyonda meydana gelen sarı renk nitratın kolorimetrik tayini için kullanılmaktadır. Reaksiyonda sıcaklık çok önemli olup, rengin şiddeti sıcaklıkla artmaktadır. Ayrıca asit konsantrasyonu ve reaksiyon süreside önemlidir. Yöntem, özellikle nitrat azotunun 0.1-2.0 mg aralığında önerilmektedir.

Kuvvetli yükseltgen ve indirgenler engelleyici rol oynar. Klor artığının ölçülmesinde olduğu gibi ortotolidin reaktifi ilave edilerek yükseltici maddelerin varlığı tayin edilebilir. Klor artığı 5 mg/L'den fazla değilse sodyum arsenit ilave edilerek giderilebilir. Sodyum arsenitin biraz fazlası reaksiyonu engellemez.  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$  ve  $\text{Mn}^{+4}$  nitrat miktarının fazla bulunmasına neden olurlar. Bu iyonların miktarı 1 mg/L'den az olmalıdır. Litrede 0.5 mg kadar nitrit azotunun engelleyici etkisi sülfanilik asit ilave edilerek giderilebilir. Klorür iyonu reaksiyonu engellemez. Klorürün engelleyici etkisi fazla NaCl ilave edilerek önlenebilir. Ancak özellikle pis sularda yüksek konsantrasyonda organik madde girişim yapmaktadır.

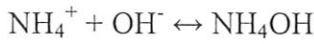
Spektrofotometrede 410 nm dalga boyunda 1 cm ışık yolu kullanılarak ölçüm yapılmaktadır.

### 5.7. Toplam Kjeldahl Azotu (TKN)

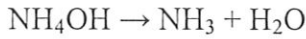
Organik azot üç negatif oksidasyon kademesindeki organik bağlı azot gibi fonksiyonel bir şekilde belirtilir. Bu organik azotların tümünü ifade etmez. Analitik

olarak amonyak azotu ile organik azot birlikte hesaplanır ve bunların hesaplanmasında kullanılan yöntem kjeldahl azotu olarak tanımlanmaktadır.

Yöntemin esası;  $K_2SO_4$ , sülfürik asitli ortamda  $HgSO_4$  katalizörü varlığında, organik maddelerin, amino azotların,  $[(NH_4)_2SO_4]$ 'a dönüştürülmesidir. Ortamdaki serbest  $NH_3$ 'da organik yapıdaki amonyum azotu ile  $[(NH_4)_2SO_4]$ 'a dönüşür. Böylece sonuçta tayin edilen toplam kjeldahl azotu, organik azot+ $NH_3$ 'dır. Numunenin parçalanması sırasında oluşan civa amonyum kompleksi, sodyum tiyosülfat ( $Na_2S_2O_3$ ) ile parçalanır. Bu parçalanma sonucunda  $NH_3$ , alkali ortamdan distillenerek borik asit içerisinde absorblanmaktadır.



$NH_4OH$  ısıtılmakla  $NH_3$  gazı elde edilir.



Daha sonra  $NH_3$ -N şeklinde borik asit içinde tutulur.



Daha sonra oluşan bu amonyum boratlar kuvvetli  $H_2SO_4$  ile titre edilirler. Böylece sarf edilen  $H_2SO_4$  miktarından numune içerisindeki toplam kjeldahl azotu miktarı tespit edilir.

Deneyin yapılışı; 25 mL numune tüpe alınır. Ayrıca şahit için 25 mL bidestile su tüpe konur. Üzerlerine 25 mL parçalama reaktifi konur. Ocağa konulup 1,5 saat yakma işlemi yapılır. Yarım saat sonra suyu kapatılır. Erlene 50 mL borik asit ( $H_3BO_3$ ) konur. Üzerine 1-2 damla karma (mix) indikatörü damlatılır. Distile yöntemi ile ocakta yakılan azotlar borik asitle alınır. Bu arada borik asidin rengi yeşile döner. 0.02N  $H_2SO_4$  ile soluk mor renge dönene kadar titrasyon yapılır.

Hesaplama;

$$NH_4-N \text{ (mg/L)} = (A-B) \times 280 / V$$

A = Numune için titrasyonda harcanan  $H_2SO_4$  titrasyon çözeltisi hacmi, mL

B = Şahit için titrasyonda harcanan  $H_2SO_4$  titrasyon çözeltisi hacmi, mL

V = Numune hacmi, mL



## BÖLÜM 6. DENEYSEL SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Karamürsel evsel atıksu arıtma tesisinde havalandırma havuzundan, atıksu giriş ve çıkış noktalarından kompozit numuneler alınarak BOİ<sub>5</sub>, KOİ, AKM, UAKM, TKN, NO<sub>3</sub>-N, sıcaklık ve ph analizleri yapılmış ve sistemin performansı izlenmiştir. Bu parametreler aşağıda incelenmiştir.

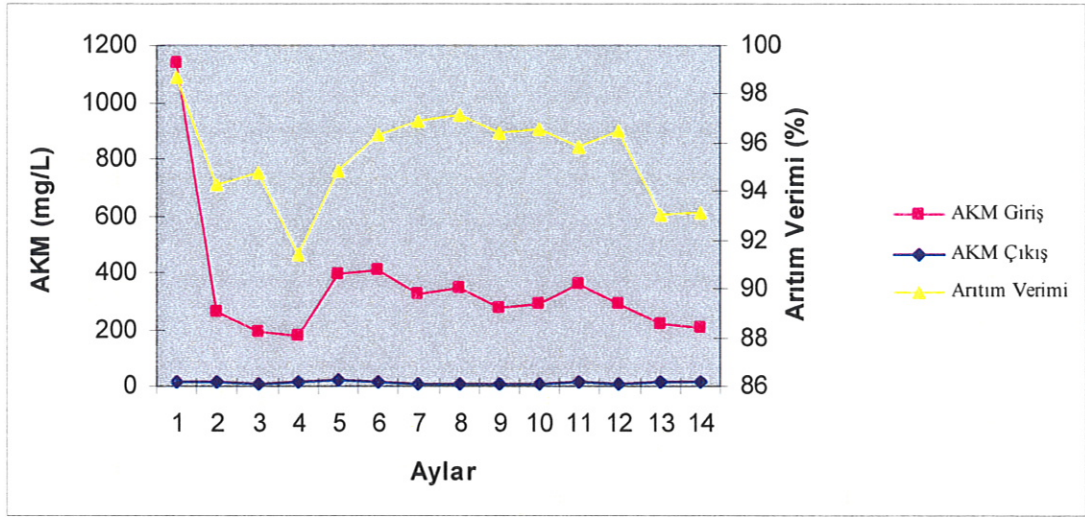
### 6.1. Fiziksel Parametreler

#### 6.1.1. Askıda katı madde (AKM)

Tesisin giriş ve çıkışından alınan numunelerde AKM ölçümleri yapılmıştır. AKM'nin zamana bağlı olarak değişimi ve arıtım verimi Tablo 6.1 ve Şekil 6.1'de verilmiştir. Tesisin AKM ortalaması girişte 347 mg/L, çıkışta 13 mg/L olup sistemin AKM giderim verimi yaklaşık % 95'tir. Yaz mevsiminde tesisin AKM giderim veriminin diğer mevsimlere nazaran daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Tablo 6.1: Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre AKM deneysonuçları ve arıtım verimlilikleri

Aylar	Giriş AKM (mg/L)	Çıkış AKM (mg/L)	Arıtım Verimi (%)
Ocak 2006	1140	15	98,68
Şubat 2006	260	15	94,23
Mart 2006	190	10	94,73
Nisan 2006	175	15	91,42
Mayıs 2006	390	20	94,87
Haziran 2006	405	15	96,29
Temmuz 2006	320	10	96,87
Ağustos 2006	345	10	97,10
Eylül 2006	275	10	96,36
Ekim 2006	290	10	96,55
Kasım 2006	360	15	95,83
Aralık 2006	285	10	96,49
Ocak 2007	216	15	93,05
Şubat 2007	203	14	93,10
Ortalama	346,71	13,14	95,40
Standart Sapma	239,70	3,13	1,93



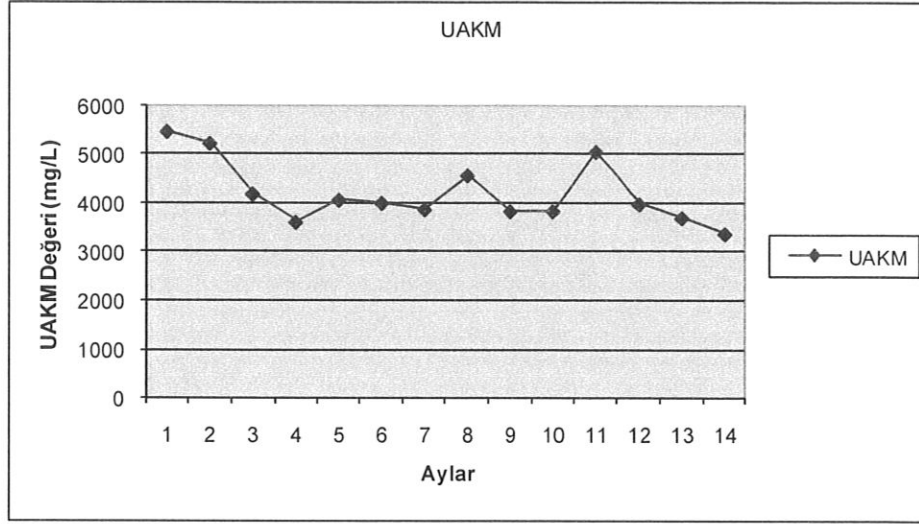
Şekil 6.1: Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre AKM deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

### 6.1.2. Uçucu askıda katı madde (UAKM)

Tesisin havalandırma havuzunda UAKM ortalama değeri 4195 mg/L bulunmuştur. UAKM miktarı, son çökeltim havuzundan havalandırma havuzuna yapılan geri devir çamurundan doğrudan etkilenmektedir. Kış mevsiminde en düşük değerleri aldığı gözlenmiştir.

Tablo 6.2: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre UAKM deney sonuçları

Aylar	UAKM (mg/L)
Ocak 2006	5470
Şubat 2006	5230
Mart 2006	4185
Nisan 2006	3605
Mayıs 2006	4060
Haziran 2006	3995
Temmuz 2006	3865
Ağustos 2006	4570
Eylül 2006	3825
Ekim 2006	3830
Kasım 2006	5055
Aralık 2006	3980
Ocak 2007	3695
Şubat 2007	3368
Ortalama	4195,21
Standart Sapma	641,07



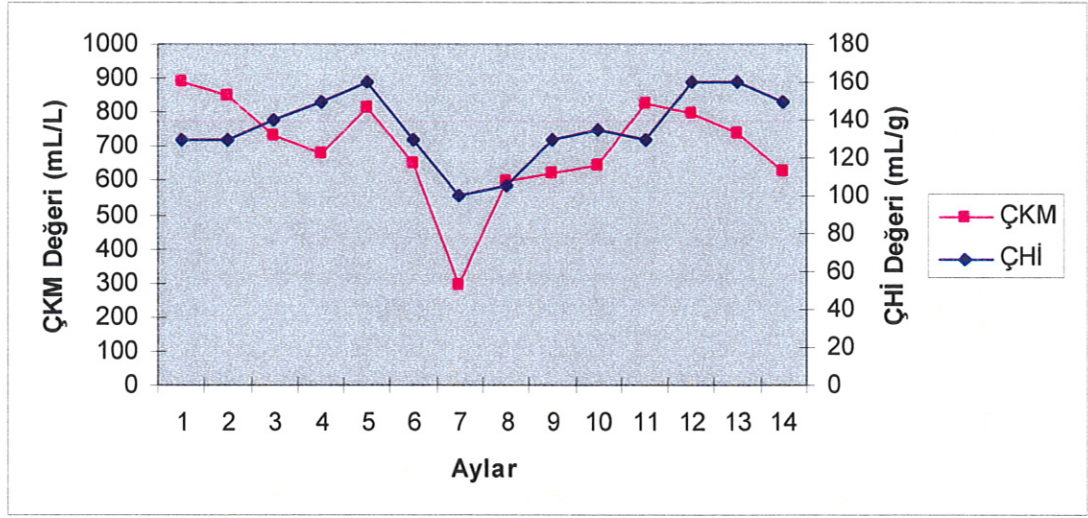
Şekil 6.2: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre UAKM deney sonuçları

### 6.1.3. Çamur hacim indeksi (ÇHİ)

Tesisin ÇKM ortalaması 696 mg/L, ÇHİ ortalaması ise 136 mL/g olarak ölçülmüştür. ÇHİ parametresinin AKM miktarıyla yakından ilişkili olduğu gözlenmiştir. ÇKM değerlerinin yaz ve sonbahar mevsimlerinde düştüğü, ÇHİ'nin de azaldığı belirlenmiştir.

Tablo 6.3: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre ÇKM ve ÇHİ deney sonuçları

Aylar	ÇKM (mL/L)	ÇHİ (mL/g)
Ocak 2006	889	130
Şubat 2006	850	130
Mart 2006	732	140
Nisan 2006	676	150
Mayıs 2006	812	160
Haziran 2006	649	130
Temmuz 2006	290	100
Ağustos 2006	596	105
Eylül 2006	621	130
Ekim 2006	646	135
Kasım 2006	822	130
Aralık 2006	796	160
Ocak 2007	739	160
Şubat 2007	627	149
Ortalama	696,07	136,35
Standart Sapma	150,32	18,69



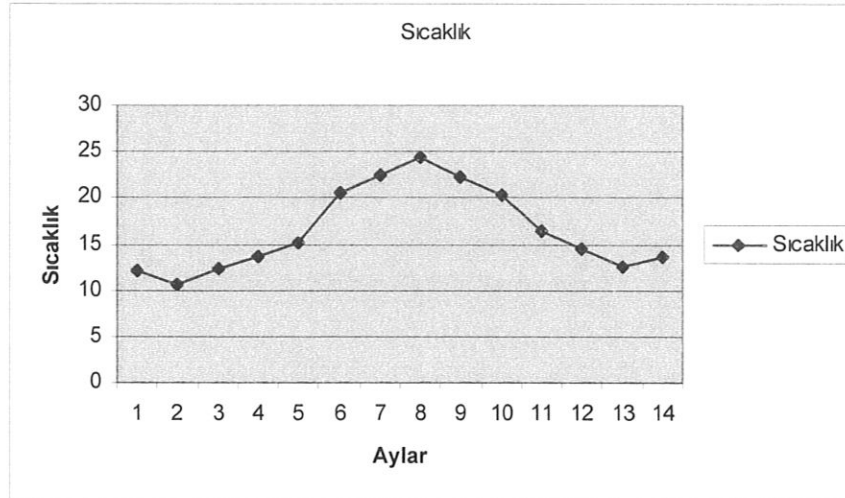
Şekil 6.3: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre ÇKM ve ÇHİ deney sonuçları

#### 6.1.4. Sıcaklık

Sistemin sıcaklığı 10.5-24.3 °C arasında değişmekte olup, ortalama sıcaklık değeri 16.47 °C dir. Sıcaklık değerinin mevsimsel değişimlerden doğrudan etkilendiği gözlenmiştir.

Tablo 6.4: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre sıcaklık değişimi

Aylar		Sıcaklık (°C)
Ocak	2006	12,0
Şubat	2006	10,5
Mart	2006	12,4
Nisan	2006	13,7
Mayıs	2006	15,2
Haziran	2006	20,5
Temmuz	2006	22,5
Ağustos	2006	24,3
Eylül	2006	22,2
Ekim	2006	20,2
Kasım	2006	16,3
Aralık	2006	14,5
Ocak	2007	12,6
Şubat	2007	13,7
Ortalama		16,47
Standart Sapma		4,54



Şekil 6.4: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre sıcaklık değişimi

## 6.2. Kimyasal Parametreler

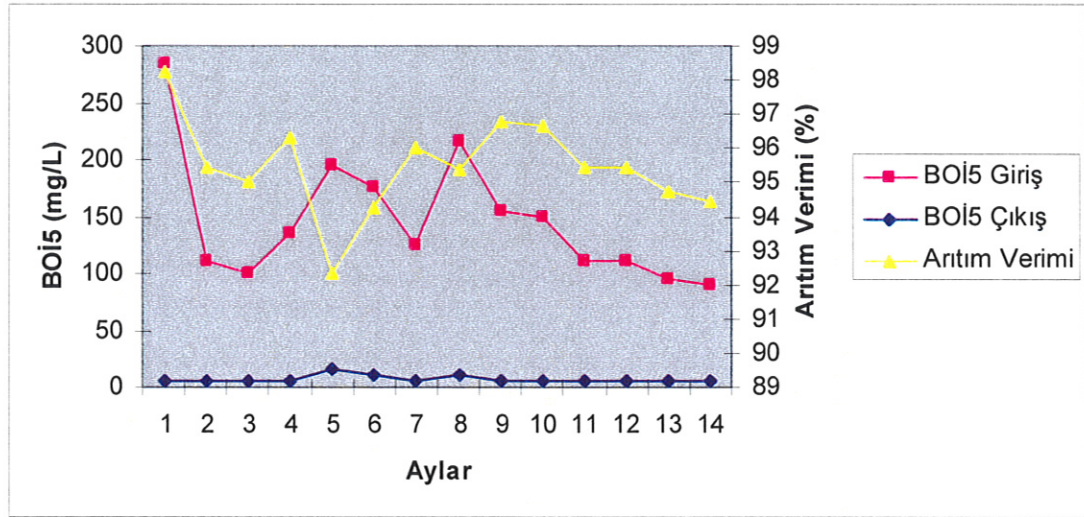
### 6.2.1. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>)

Tesisin ortalama BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu girişte 146 mg/L, çıkışta 6 mg/L olup, sistemin BOİ<sub>5</sub> giderim verimi yaklaşık % 95 civarında olduğu deneysel olarak belirlenmiştir. Kış mevsiminde tesise yağmur suyu girişleri fazla olduğundan giriş değerlerinin düşük olduğu gözlenmiştir.

Tablo 6.5: Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre BOİ<sub>5</sub> deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

Aylar	Giriş BOİ (mg/L)	Çıkış BOİ (mg/L)	Arıtım Verimi (%)
Ocak 2006	285	5	98,24
Şubat 2006	110	5	95,45
Mart 2006	100	5	95,00
Nisan 2006	135	5	96,29
Mayıs 2006	195	15	92,30
Haziran 2006	175	10	94,28
Temmuz 2006	125	5	96,00
Ağustos 2006	215	10	95,34
Eylül 2006	155	5	96,77
Ekim 2006	150	5	96,66
Kasım 2006	110	5	95,45
Aralık 2006	110	5	95,45
Ocak 2007	95	5	94,73
Şubat 2007	90	5	94,44
Ortalama	146,42	6,42	95,46
Standart Sapma	55,27	3,05	1,38





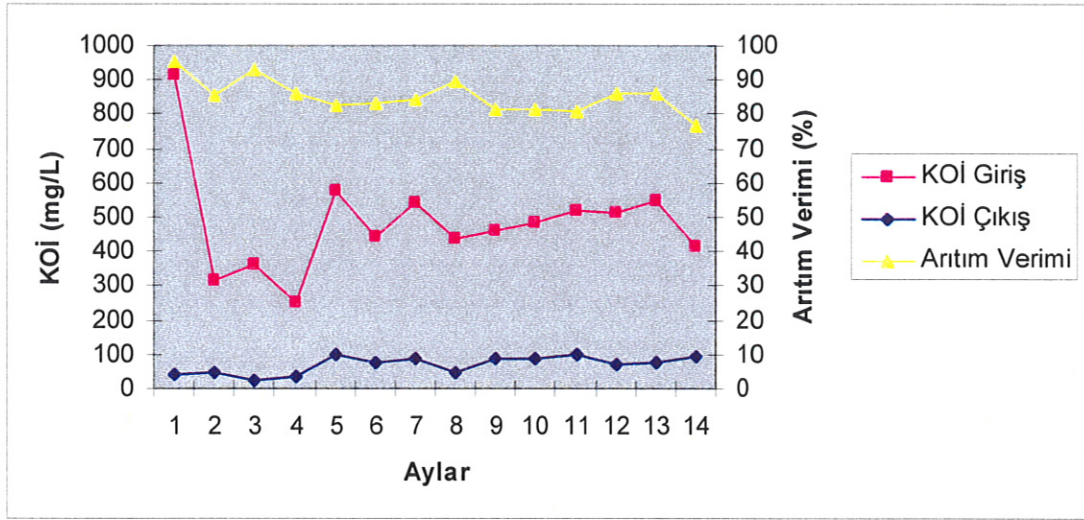
Şekil 6.5: Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre BOI<sub>5</sub> deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

### 6.2.2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)

Tesisin ortalama KOİ konsantrasyonu girişte 482 mg/L, çıkışta 69 mg/L olup, sistemin KOİ giderim verimi yaklaşık % 85 civarında olduğu deneysel olarak belirlenmiştir. KOİ giderim verimi, BOİ giderim verimi ve NO<sub>3</sub>-N artış oranı arasındaki ilişki Şekil 6.10'da verilmiştir.

Tablo 6.6: Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre KOİ deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

Aylar	Giriş KOİ (mg/L)	Çıkış KOİ (mg/L)	Arıtım Verimi (%)
Ocak 2006	915	40	95,62
Şubat 2006	315	45	85,71
Mart 2006	360	25	93,05
Nisan 2006	250	35	86,00
Mayıs 2006	575	100	82,60
Haziran 2006	440	75	82,95
Temmuz 2006	540	85	84,25
Ağustos 2006	435	45	89,65
Eylül 2006	460	85	81,52
Ekim 2006	480	90	81,25
Kasım 2006	520	100	80,76
Aralık 2006	510	70	86,27
Ocak 2007	545	75	86,23
Şubat 2007	410	95	76,82
Ortalama	482,50	68,92	85,19
Standart Sapma	154,90	25,88	4,99



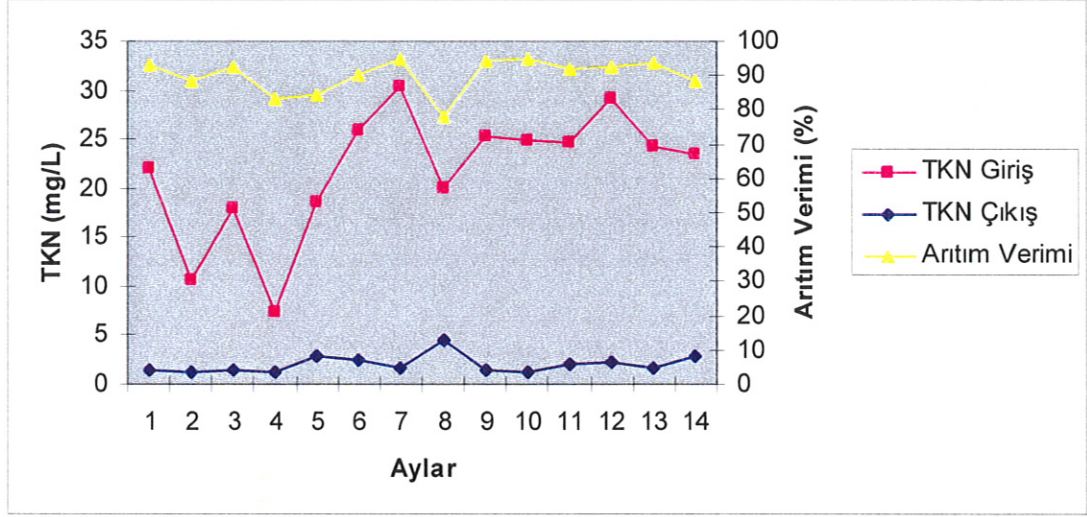
Şekil 6.6: Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre KOİ deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

### 6.2.3. Toplam kjeldahl azotu (TKN)

Tesisin ortalama TKN değeri girişte 22 mg/L, çıkışta 2 mg/L ölçülmüştür. Sistemin ortalama KOİ giderim verimi yaklaşık % 90'dır. Sonbahar mevsiminde tesisin TKN giderim veriminin diğer mevsimlere nazaran daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tablo 6.7: Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre TKN deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

Aylar	Giriş TKN (mg/L)	Çıkış TKN (mg/L)	Giderim Verimi (%)
Ocak 2006	22,00	1,50	93,18
Şubat 2006	10,50	1,20	88,57
Mart 2006	18,00	1,35	92,50
Nisan 2006	7,35	1,25	82,99
Mayıs 2006	18,60	2,95	84,13
Haziran 2006	25,85	2,50	90,32
Temmuz 2006	30,30	1,65	94,55
Ağustos 2006	20,00	4,40	78,00
Eylül 2006	25,20	1,50	94,04
Ekim 2006	24,75	1,30	94,74
Kasım 2006	24,60	2,00	91,86
Aralık 2006	29,00	2,20	92,41
Ocak 2007	24,16	1,60	93,37
Şubat 2007	23,30	2,75	88,19
Ortalama	21,68	2,01	89,92
Standart Sapma	6,44	0,89	5,03



Şekil 6.7: Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre TKN deney sonuçları ve arıtım verimlilikleri

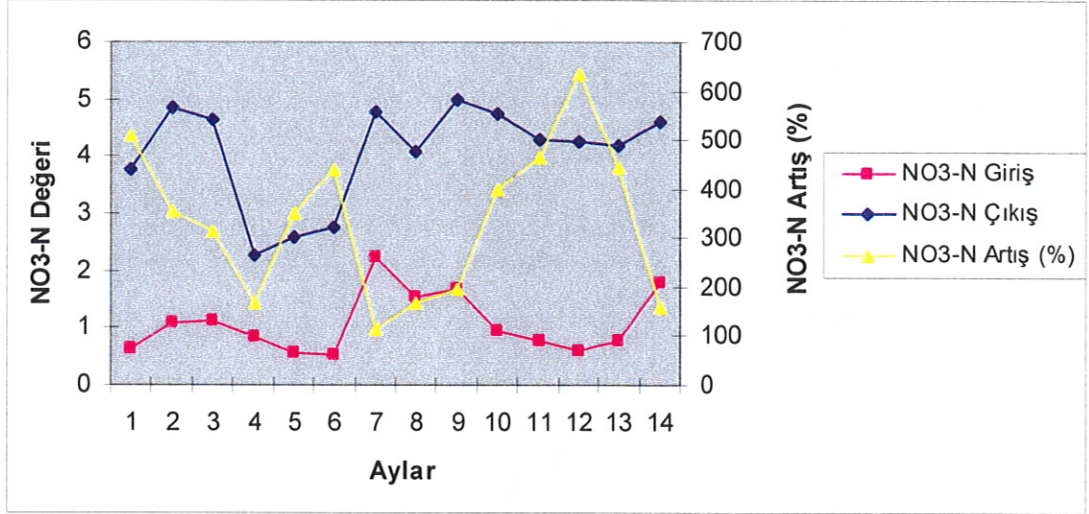
#### 6.2.4. Nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N)

Tesisin çıkışında NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu yükselmesi, amonyum bileşiklerinin nitratlara dönüştürülmesinden kaynaklanmaktadır. Tesisin ortalama NO<sub>3</sub>-N giriş değeri 1 mg/L ve çıkış değeri de 4 mg/L dir.

Tablo 6.8: Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre NO<sub>3</sub>-N deney sonuçları

Aylar	Giriş NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	Çıkış NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	Artış Miktarı (%)
Ocak 2006	0,62	3,77	508,061
Şubat 2006	1,07	4,85	353,27
Mart 2006	1,12	4,65	315,17
Nisan 2006	0,85	2,28	168,23
Mayıs 2006	0,57	2,57	350,87
Haziran 2006	0,51	2,75	439,21
Temmuz 2006	2,25	4,78	112,44
Ağustos 2006	1,53	4,09	167,32
Eylül 2006	1,69	4,99	195,26
Ekim 2006	0,95	4,75	400,00
Kasım 2006	0,76	4,29	464,47
Aralık 2006	0,58	4,26	634,48
Ocak 2007	0,77	4,20	445,45
Şubat 2007	1,79	4,60	156,98
Ortalama	1,07	4,05	336,51
Standart Sapma	0,53	0,89	157,21





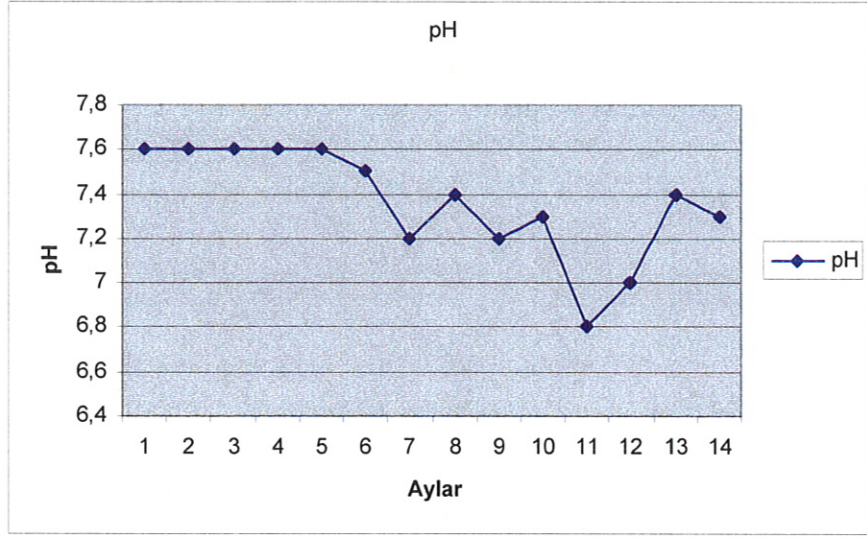
Şekil 6.8: Giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerde aylara göre NO<sub>3</sub>-N deney sonuçları

### 6.2.5. pH

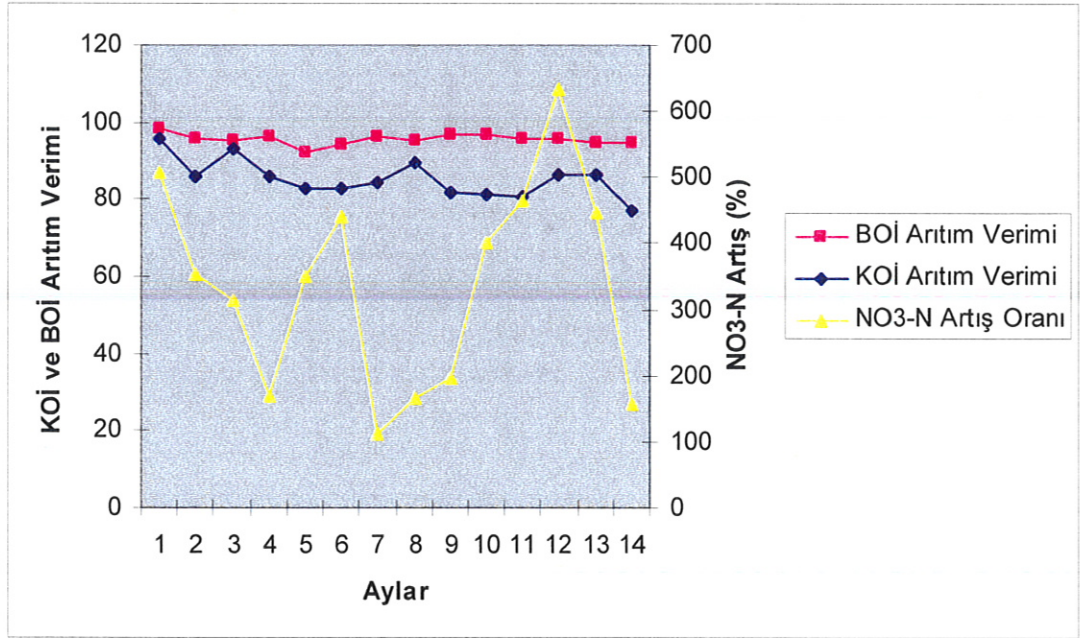
Sistemin pH'sı 6.8-7.6 arasında değişmekte olup, ortalama pH değeri yaklaşık 7.4'tür.

Tablo 6.9: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre pH değişimi

Aylar	pH
Ocak 2006	7,6
Şubat 2006	7,6
Mart 2006	7,6
Nisan 2006	7,6
Mayıs 2006	7,6
Haziran 2006	7,5
Temmuz 2006	7,2
Ağustos 2006	7,4
Eylül 2006	7,2
Ekim 2006	7,3
Kasım 2006	6,8
Aralık 2006	7,0
Ocak 2007	7,4
Şubat 2007	7,3
Ortalama	7,36
Standart Sapma	0,24



Şekil 6.9: Havalandırma havuzundan alınan örneklerde aylara göre pH değişimi



Şekil 6.10: Sistemde BOI<sub>5</sub> ve KOİ artırım verimi ve NO<sub>3</sub>-N artış oranının zamana göre değişimi

### 6.3. Karamürsel Evsel Atıksu Arıtma Tesisinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yaklaşımları

#### 6.3.1. Çözünmüş oksijen

Sorun: Havalandırma havuzunda yüzeye yakın sabitlenmiş sabit oksijenmetrenin çözünmüş oksijen konsantrasyonunun izlenmesinde yetersiz kalması.

Nedenleri:

1. Havalandırma havuzunda bulunan oksijenmetrenin sabit olması,
2. Gelen atıksudaki kirlilik yükünün az olması,
3. Tesise yağmur suyu girişi olması.

Çözüm Önerileri:

1. Sistemin hareketli oksijenmetre ile desteklenmesi,
2. Tesisin kumanda panosunun bilgisayar ile desteklenerek sistemin tamamının vardiya sorumlusu tarafından direkt olarak izlenmesi.

Havalandırma havuzundaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu dağılımının belirlenmesi için 05.12.2007 tarihinde havuzun yüzey, orta ve dip noktalarında çözülmüş oksijen taraması yapılmıştır.

Tablo 6.10: Havalandırma havuzundaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu dağılımı

	ÇO (mg/L)		
	Giriş	Orta	Çıkış
Yüzey	3.0	2.8	2.7
Orta	2.6	2.5	2.5
Dip	2.3	2.4	2.1
Ortalama	2.63	2.56	2.43
S.Sapma	0.35	0.20	0.30

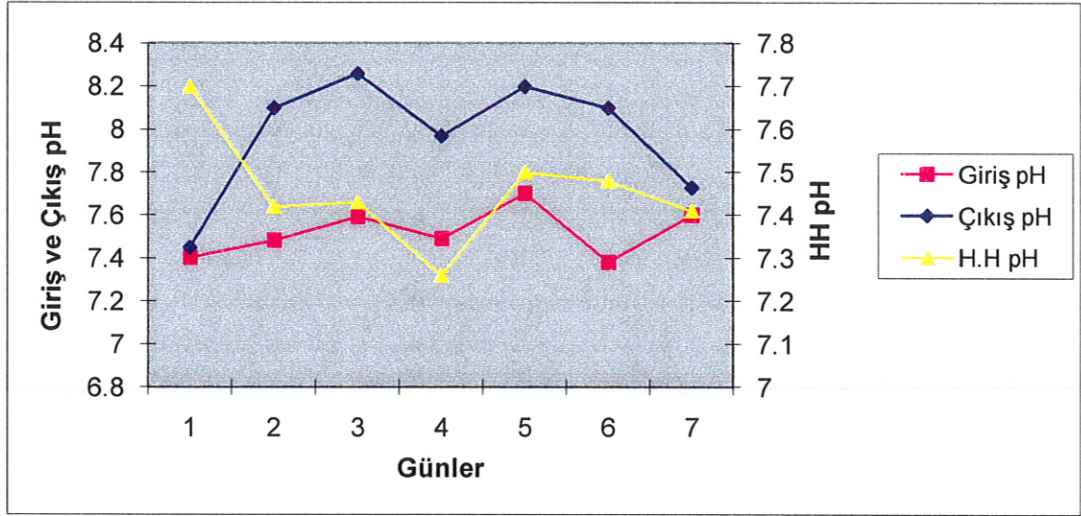
### 6.3.2. pH

Tesisteki optimum pH 6-9 aralığında olmalıdır. pH değişim değerleri Tablo 6.11’de verilmiştir. pH değerinin artması ya da azalması mikroorganizmaların aktivitelerinde önemli etkiye sahiptir. Karamürsel atıksu arıtma tesisinin ortalama pH değerleri girişte pH 7.52, çıkışta 7.97 ve havalandırma havuzunda 7.45 olarak ölçülmüştür. Değerler optimum pH aralığında yer almaktadır.

Sisteme farklı nitelikte atıksu girişi olduğunda nötralizasyon ya da pH ayarlaması gerekli olur. Asit yada baz ilavesi ile müdahale edilmesi önerilmektedir.

Tablo 6.11: Tesis giriş, çıkış ve havalandırma havuzundaki pH değişimi

Tarih	pH		
	Giriş	Çıkış	HH
03.12.2007	7.40	7.45	7.70
04.12.2007	7.48	8.10	7.42
05.12.2007	7.59	8.26	7.43
06.12.2007	7.49	7.97	7.26
07.12.2007	7.70	8.20	7.50
31.12.2007	7.38	8.10	7.48
02.01.2008	7.60	7.73	7.41
Ortalama	7.52	7.97	7.45
S.Sapma	0.11	0.28	0.13



Şekil 6.11: Tesis giriş, çıkış ve havalandırma havuzundaki pH değişimi

### 6.3.3. Çamur hacim indeksi

Sorun: Çamur hacim indeksi değerinin 100 ml/g'dan yüksek olması.

Nedenleri:

1. Terfi merkezinde yapılan yıllık bakım nedeniyle tesise 4 gün atıksu girişi olmaması,
2. Havalandırma havuzuna yapılan geri devir oranının bozulması, vakum ayarlarının bozulmasıdır.

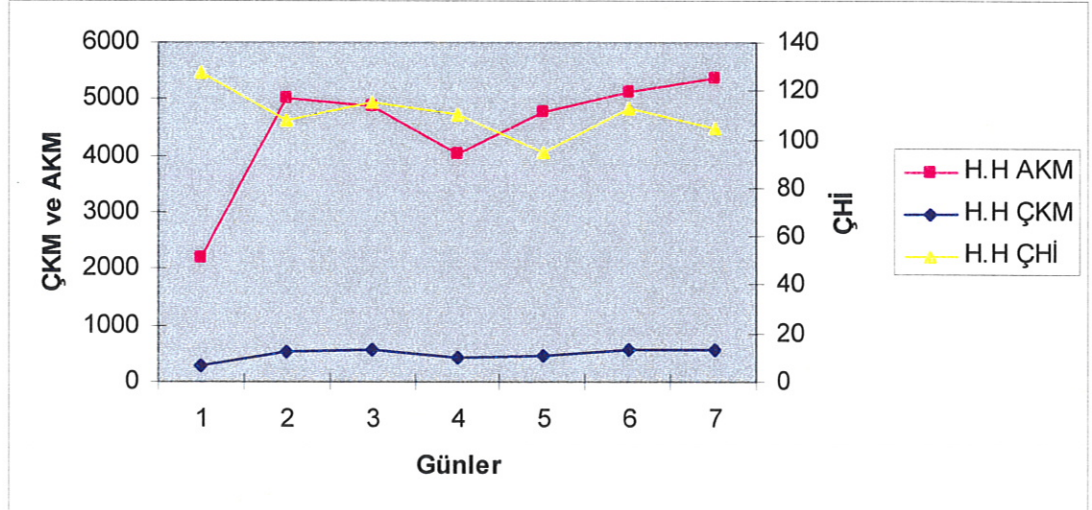


### Çözüm Önerileri:

1. Tesise giriş suyu verildiğinde vakum ayarı yapılarak sistemin normale döndürülmesi,
2. Geri devir pompalarının çalıştırılarak optimum geri devir oranının yakalanması,
3. Tesis içinde biriken çamurun düzenli uzaklaştırılması ve çamur aktivitesinin azalmasının önlenmesidir.

Tablo 6.12: AKM, ÇKM ve ÇHİ parametrelerinin zamana göre değişimi

Tarih	AKM (mg/L)			ÇKM (mL/L)	ÇHİ (mL/g)
	Giriş	Çıkış	HH	HH	HH
03.12.2007	140	15	2192	280	128
04.12.2007	298	24	5000	540	108
05.12.2007	224	20	4872	560	115
06.12.2007	386	24	4012	440	110
07.12.2007	280	20	4764	446	95
31.12.2007	183	15	5120	580	113
02.01.2008	145	20	5376	560	105
Ortalama	236,57	19,71	4476,57	486,57	110,57
S.Sapma	90,11	3,68	1093,23	107,12	10,08



Şekil 6.12: AKM, ÇKM ve ÇHİ parametrelerinin zamana göre değişimi

#### 6.3.4. Çamur yükselmesi

Sorun: Son çökeltim tankı yüzeyinde ince bir tabaka ve köpüklenme gözlenmesi.

Nedenleri:

1. Havalandırma havuzuna yapılan geri devir oranının ve vakum ayarlarının bozulması,
2. Çamur yaşının yüksek olması,
3. Son çökeltim tankında uzun süre bekleyen çamurun denitrifikasyona uğramasıdır.

Çözüm Önerileri:

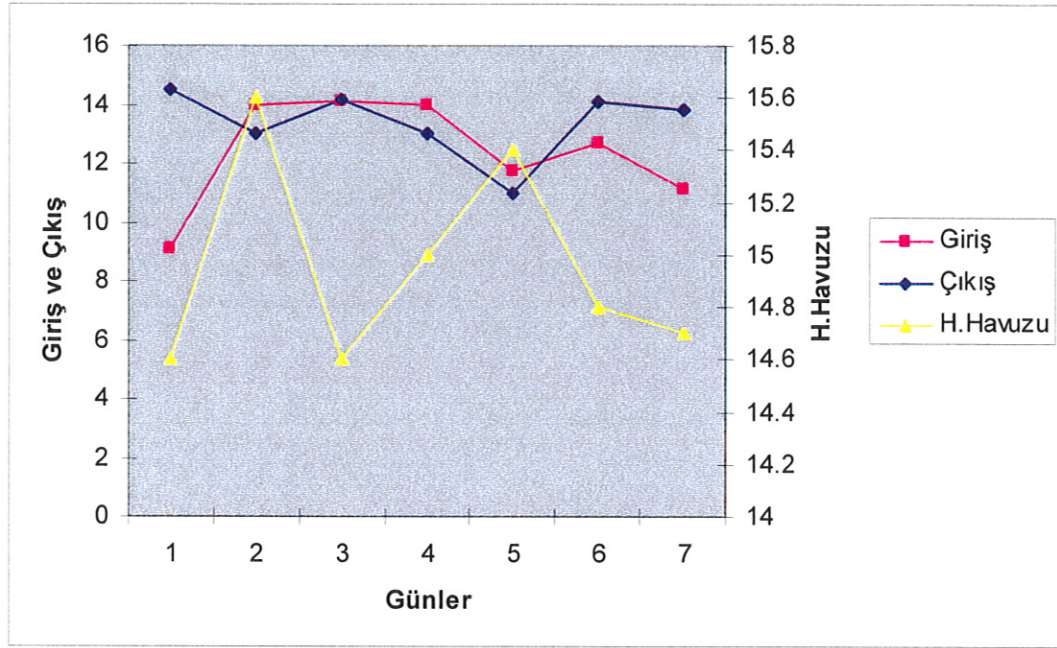
1. Optimum geri devir oranının yakalanması,
2. Çamur yaşı azaltılması ya da F/M oranının artırılması,
3. Çökeltme tankı çıkışından çamur ya da köpük kaçmaması için deşarj öncesinde kum tutucu filtre, daha etkili çözüm için aktif karbon sistemi uygulanmasıdır.

#### 6.3.5. Sıcaklık

Havalandırma havuzundaki optimum sıcaklık 20 °C'dir. Sıcaklık değerindeki artış ve azalma giderim verimi üzerinde oldukça etkilidir. Ortalama sıcaklık değerleri girişte 12 °C, çıkışta 13 °C ve havalandırma havuzunda 15 °C olarak ölçülmüştür.

Tablo 6.13: Havalandırma havuzunda, giriş ve çıkışta sıcaklık değişimi

Tarih	T (°C)		
	Giriş	Çıkış	HH
03.12.2007	9,1	14,5	14,6
04.12.2007	14	13	15,6
05.12.2007	14,1	14,2	14,6
06.12.2007	14,0	13,0	15,0
07.12.2007	11,7	11,0	15,4
31.12.2007	12,7	14,1	14,8
02.01.2008	11,1	13,8	14,7
Ortalama	12,38	13,37	14,95
S.Sapma	1,87	1,19	0,39



Şekil 6.13: Havalandırma havuzunda, giriş ve çıkışta sıcaklık değişimi

### 6.3.6. Toplam kimyasal oksijen ihtiyacı ve çözülmüş kimyasal oksijen ihtiyacı

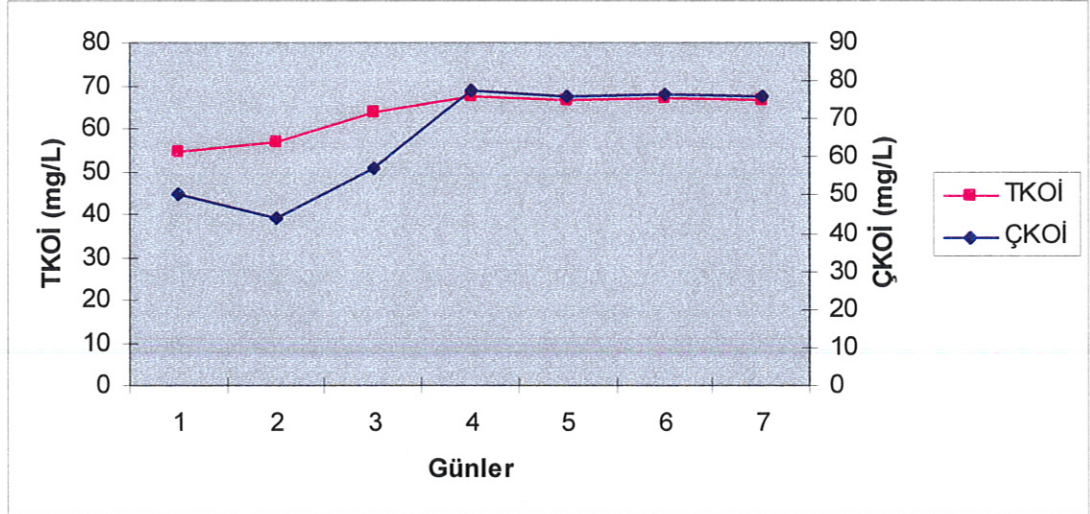
Tesisin giriş ve çıkışından alınan numunelerde toplam kimyasal oksijen ihtiyacı (TKOİ) ve çözülmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ) ölçümleri yapılmıştır. TKOİ ve ÇKOİ giderim verimleri arasındaki ilişki Şekil 6.14'te verilmiştir. 31.12.2007 günü giriş ve çıkış numunelerinde yapılan TKM deney sonuçları sırasıyla 224 mg/L ve 35 mg/L olarak ölçülmüştür. 02.01.2008 günü giriş ve çıkış numunelerinde yapılan TKM deney sonuçlarının da sırasıyla 205 mg/L ve 45 mg/L olduğu deneysel olarak belirlenmiştir.

Tablo 6.14: Giriş ve çıkıştan alınan örneklerde toplam kimyasal oksijen ihtiyacı (TKOİ) deney sonuçları ve giderim verimleri

	Giriş TKOİ (mg/L)	Çıkış TKOİ (mg/L)	Giderim Verimi (%)
03.12.2007	196	89	54.59
04.12.2007	278	120	56.83
05.12.2007	314	114	63.69
06.12.2007	232	75	67.67
07.12.2007	253	85	66.40
31.12.2007	285	94	67.01
02.01.2008	238	80	66.38
Ortalama	256.57	93.85	63.22
S.Sapma	39.14	17.02	5.32

Tablo 6.15: Giriş ve çıkıştan alınan örneklerde çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ) deney sonuçları ve giderim verimleri

	Giriş ÇKOİ (mg/L)	Çıkış ÇKOİ (mg/L)	Giderim Verimi (%)
03.12.2007	107	53	50.46
04.12.2007	120	67	44.16
05.12.2007	147	63	57.14
06.12.2007	232	52	77.58
07.12.2007	253	61	75.88
31.12.2007	285	68	76.14
02.01.2008	238	57	76.05
Ortalama	197.42	60.14	65.34
S.Sapma	71.07	6.38	14.31



Şekil 6.14: Toplam kimyasal oksijen ihtiyacı (TKOİ) ve çözünmüş kimyasal oksijen ihtiyacı (ÇKOİ) giderim verimleri arasındaki ilişki



## SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında biyolojik arıtma tesislerinde karşılaşılan işletme sorunları çözüm önerileri ile birlikte sunulmuştur. Karamürsel atıksu arıtma tesisi verimlilik kontrolü ve işletme sorunları yönünden incelenmiştir. Deneysel çalışmaların değerlendirilmesi sonucunda sistemin giderim verimi, ortalama ve standart sapma değerleri excel programından yararlanarak hesaplanmış, sonuçlar tablo ve grafiklerle verilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Sistemin ortalama olarak, BOİ<sub>5</sub> arıtım veriminin % 95, KOİ arıtım veriminin % 85, TKN arıtım veriminin % 90 ve AKM arıtım veriminin % 95 olduğu belirlenmiştir. Havalandırma havuzunda, sıcaklığın 10.5-24.3 °C ve pH'ın 6.8-7.7 aralığında değiştiği görülmüştür.

2. Sistemin giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerdeki AKM deneyleri sonuçlarında, giriş değeri 175-1140 mg/L, çıkış değeri ise 10-20 mg/L arasında değişmektedir. Arıtım veriminin ise % 91-99 arasında olduğu deneysel olarak belirlenmiştir. 2006 Ocak ayında yüksek AKM değerinin gözlenmesinin nedeni; şehirdeki kanalizasyon sisteminin arıtmaya bağlanan kolektör hattına bağlanmasıdır.

3. Havalandırma havuzundan alınan örneklerdeki UAKM değerinin 3368-5470 mg/L arasında değiştiği gözlemlenmiştir. 2006 yılı ocak, şubat ve kasım aylarında UAKM parametresinin en yüksek değere ulaştığı gözlenmiştir. ÇHİ ise 95-160 mL/g arasında değişim göstermiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda geri devir çamurunun ÇHİ parametresi üzerinde doğrudan etkili olduğu görülmektedir.

4. Mikroorganizmaların metabolizma ile ilgili faaliyetlerinin tümü kimyasal reaksiyonlara dayanmaktadır. Kimyasal tepkimeler gibi mikroorganizmaların meydana getirdiği tepkimelerin de sıcaklığa bağlı olduğu ve çamurun çökelebilmeye özelliğini etkilediği bilinmektedir. Havalandırma havuzundan alınan örneklerdeki sıcaklık değeri 10.5-24.3 °C arasında değişmektedir. Tesis sıcaklık değerleri mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir. Sıcaklığın en düşük değeri kış mevsiminde, en yüksek değeri ise yaz mevsiminde gözlenmiştir.

5. Atıksu arıtma tesisinin giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerdeki BOİ<sub>5</sub> değerinin girişte 90-285 mg/L arasında değiştiği, çıkışta ise 5-15 mg/L arasında değiştiği bulunmuştur. Sistemin BOİ<sub>5</sub> arıtma verimi ise % 92-98 arasında değişmektedir. Kış aylarında BOİ<sub>5</sub> değerlerinin düşük, yaz aylarında ise yüksek olmasının 1. derecede önemli nedeni yağmur ve kar sularının sisteme gelmesi ve atıksuyu seyreltmesidir.

6. Sistemin giriş ve çıkış noktalarından alınan örneklerdeki TKN değerinin girişte 7.35-30.30 mg/L arasında değiştiği, çıkışta ise 1.20-4.40 mg/L arasında değiştiği gözlenmiştir. Sistemin TKN arıtma veriminin ise % 78-95 arasında değiştiği belirlenmiştir. 2006 yılı şubat ayında en düşük TKN çıkış değeri belirlenmiştir. NO<sub>3</sub>-N parametresi ise girişte 0.51-2.25 mg/L, çıkışta ise 2.28-4.99 mg/L olarak bulunmuştur.

7. Giriş suyundaki kirlilik yükünün az olduğunda ve sisteme yağmur suyu girişi olduğunda oksijen seviyesini yüksek gösteren oksijenmetre aeratörlerin devreye girmesini engellemektedir. Dolayısıyla mikroorganizmaların optimum aktivite gösterdiği çözünmüş oksijen konsantrasyonu değerinin yakalanması zorlaşmaktadır. Portatif oksijenmetre ile yapılan çözünmüş oksijen taramasında ortalama değerler yüzeyde 2,83 mg/L, ortada 2,53 mg/L ve dipte 2,26 mg/L olarak ölçülmüştür. Sistemin ortalama TKOİ giderim veriminin % 63, ÇKOİ giderim veriminin ise % 65 olduğu deneysel olarak elde edilmiştir.

8. Mevcut deneysel çalışma sonuçları topluca değerlendirildiğinde, Karamürsel atıksu arıtma tesisinde, denize deşarj edilebilir nitelikte bir arıtmanın sağlandığı tespit edilmiştir.

#### Öneriler

1. Havalandırma havuzunda, UAKM miktarının yüksek değerlerde olduğu gözlenmiştir. Sistemden düzenli çamur uzaklaştırılmaması, çökeltim havuzundaki geri devir oranlarının sağlanamamasından ya da geri devir pompalarının fazla çalışmasından kaynaklanmış olabilir. Eğer sistemde havalandırma havuzunda UAKM miktarı fazla ise son çökeltim havuzundan geri devir pompaları kapatılarak havalandırma havuzundaki optimum AKM miktarı yakalanmalıdır.

2. ÇHI'nin yüksek olması istenmeyen bir durumdur ve ÇHI'nin düşürülmesi için düzenli olarak çamur çekilmelidir. Düzenli olarak çamur çekilmediği durumlarda çamur yaşının yükseldiği, çamur çökmesinde sorunlar yaşandığı, çamur aktivitesinin azaldığı bilinmektedir.

3. Evsel amaçlı su kullanımı çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir. İklim, yerleşim yerinin yoğunluğu, su temininin miktarı, kalitesi vb. nedenler sıralanmaktadır. Yağışlı havalarda sızma ile birlikte kanala giren yağış suları, yer üstü suları sisteme önemli debi girişine neden olmaktadır. Debideki artış, optimum işletme koşullarını olumsuz etkilemektedir. Sisteme gerekli olan organik madde miktarının azalmasına neden olmaktadır. Yağmur sularının sisteme girişi önlenmelidir.

4. Arıtma işlemi biyokimyasal reaksiyonlardan oluşmaktadır. Bu reaksiyonların oluşumunda çevresel faktörler önem taşımaktadır. Bu faktörlerin başlıcaları; sıcaklık, pH, besin ve enerji kaynağı olarak kullanılan madde konsantrasyonlarıyla biyokimyasal reaksiyonların oluşumunu engelleyen maddelerin varlığıdır. Aktif çamurda inhibisyon etkisi iyi bir arıtma olmasını engellemektedir. O nedenle inhibisyon oluşturan etkenler iyi bir şekilde öğrenilmelidir.

5. Arıtma tesisleri oldukça pahalı sistemlerdir. Bu nedenle tesisler kalifiye personele teslim edilmelidir. Güvenilir işletme değerleri elde edebilmek için çok sayıdaki ölçüm cihazları kullanma talimatlarına göre çalıştırılmalı ve kalibre edilmelidir. İlave olarak aktif çamurun katı madde miktarı, çamur hacim indeksi, çözünmeyen oksijen kullanım hızı, mikroskobik kontrolleri gereklidir. Havalandırma havuzlarında katı madde miktarı devamlı olarak ölçülmelidir. Yapılan analizler ve gözlemler günlük olarak kayıt edilmelidir. Mevsimsel değişikliklere karşın gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

6. Vasıflı işgücü bulunduğu atıksu arıtma tesisi rahat ve güvenilir bir şekilde işletilebilir. Vasıfsız ya da eğitimsiz kişiler, atıksu arıtma tesisinin işletilmesi açısından risk oluşturmakla kalmayıp iş güvenliği kuralları konusundaki eksik bilgileri nedeniyle hem kendilerini hem de başkalarını tehlikeye atmaktadırlar. Çalışanlar, gereken nitelik düzeyine ulaşmasını temin amacıyla yoğun eğitime tabi tutulmalıdırlar.

7. Sonuç olarak, işletme sırasında karşılaşılan sorunların giderilmesi için çeşitli seçenekli yöntemler önerilmiştir. Arıtma tesisinde çalışan bir mühendis sistemdeki sorunlara zamanında müdahale edebilmek için bu yöntemleri, teorik ve uygulamalarını iyi bir şekilde bilmelidir.

## KAYNAKLAR

- [1] Alkan, U., Taşdemir, Y., Karaer, F., Teksoy, A., “Evsel Atıksuların Mikrobiyolojik Kompozisyonu ve Halk Sağlığına Etkileri”, *Kayseri 1. Atıksu Sempozyumu*, 22 Kayseri, 22-24 Haziran (1998).
- [2] Boyajian, E., Glueckstein, L.J., “Activated Sludge Manual of Practice No. OM-9”, 113, (1987).
- [3] Cheremisinoff, P.N., “Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology”, New York, 215, (1995).
- [4] Çetin, E., “Evsel Atıksulardan Biyolojik Olarak Besi Maddesi Giderimi”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 5-10, (1994).
- [5] Doğru, İ., “Evsel Atıksuların Biyolojik Arıtılmasının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 4-5, (1994).
- [6] Eckenfelder, W.W., Grau, P., “Activated Sludge Process Design and Control Theory and Practice”, Volume 1, 16-27 (1992).
- [7] Erdoğan, M., “Yarımca /Körfez Kırlangıç Yağ Fabrikası Arıtma Tesisi Biyolojik Arıtma Ünitesindeki Çökelme Problemi Üzerine Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmit, 4-5, (1999).
- [8] Ersin, N., “İzmit Körfezinin Atıklardan Arındırılması Projesi Jeolojik ve Jeoteknik Çalışmaları”, *İzmit Körfezi ve Sapanca Gölünü Evsel Atıklardan Arındırma Projesini Tanıtım Semineri*, İller Bankası 1. Bölge İstanbul Müdürlüğü, 29-30, (2003).
- [9] German Atv-Dvwk Standards, “Dimensioning of Single Stage Activated Sludge Plants”, 17, (2000).
- [10] Grady, C.P.L., Daigger, G.T., Lim, H.C., “Biological Wastewater Treatment”, Marcel Dekker Inc, 400-407, (1999).
- [11] Gray, N.F., “Biology of Wastewater Treatment”, Second edition, 465-466, 561-562, (2004).
- [12] Gray, N.F., “Water Technology”, Second edition, 450, (2005).

- [13] Günay, A., “Su Kimyası ve Kimyasal Temel İşlemler ”, İstanbul, 11-12, (2005).
- [14] Günay, A., Debik, E., “Evsel Atıksulardan Biyolojik Nutrient Giderimi”, *Kayseri 1. Atıksu Sempozyumu*, 57 Kayseri, 22-24 Haziran (1998).
- [15] Haliki, A., Özdemir, G., Uzel, A., “Aktif Çamur Sistemlerinde Sorun Yaratan Filamentli Mikroorganizmaların İzolasyonu ve Kontrol Stratejileri Üzerine Bir Araştırma”, *Ege Su Ürünleri Dergisi*, Cilt 21, 275-277 , (2004).
- [16] Harrison, R.M., “Pollution: Causes, Effects and Control”, Third edition, 97, (1996).
- [17] Horan, N.J., “Biological Wastewater Treatment Systems”, John Wiley and Sons , 107-119, (1990).
- [18] İnanç, B., “Aktif Çamur Sistemlerinde Hidrolik Rejimin ve Değişken Mikroorganizma Konsantrasyonunun Biyolojik Verime Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 4-6, (1989).
- [19] “Karamürsel Atıksu Arıtma Tesisi İşletme ve Bakım El Kitabı”, İller Bankası Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Daire Başkanlığı, (2005) .
- [20] Kargı, F., “Çevre Mühendisliğinde Biyoprosesler”, İzmir, 68-70, (1993).
- [21] Kavaklı, M., Çevre Kimyası Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi, (2003).
- [22] Kavaklı, M., Biyolojik Prosesler Y. Lisans Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi, (2006).
- [23] Kırılı, L., “Çevre Mühendisleri İçin Mikrobiyoloji”, *Kocaeli Üniversitesi*, 162-170, (2001).
- [24] Metcalf and Eddy Inc., “Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse”, *Mc Graw-Hill*, 366, (1991).
- [25] Musterman, J.L., Eckenfelder, W.W., “Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater”, USA ,187, (1995).
- [26] Övez, S., Murat, S., Orhon, D., “Türkiye’de Aktif Çamur Arıtma Sistemlerinde Bulunan Filamentli Mikroorganizmalar”, *İ.T.Ü: 9. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu*, 231-234 İstanbul, (2004).
- [27] Öz, N., İleri, R., Şengörür, B., Başar, K., “Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinde Mikrobiyolojik Giderim Verimi Üzerine Bir Araştırma”, *Kayseri 1. Atıksu Sempozyumu*, 384 Kayseri, 22-24 Haziran (1998).

- [28] Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U., “ Atıksu Arıtımının Esasları”, *İstanbul*, 1 06-115, (2005).
- [29] Randall, C.W., Barnard, J.L., Stensel, H.D., “Design and Retrofit of Wastewater Treatment Plants for Biological Nutrient Removal”, Volume 5, 33, (1992) .
- [30] Sözen, S., Öztürk, İ., “İki Kademeli Biyolojik Arıtma Sistemleri ile Endüstriyel ve Evsel Atıksu Arıtımındaki Gelişmeler”, *İ.T.Ü. 3. Endüstriyel Kirlenme Sempozyumu*, 61 İstanbul, 7-9 Eylül (1992).
- [31] Talınlı, İ., Artan, N., Orhon, D., “Öncelikli Kirleticilerin Biyolojik Arıtmaya Etkileri”, Çevre ve Şehircilik Uygulama Araştırma Merkezi Araştırma-Geliştirme Projesi, 62, (1986).
- [32] Topacık, D., “Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme El Kitabı”, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, 181-186, 282-332, (2000).
- [33] “Water Treatment Handbook”, Sixth edition, 694, (1991).
- [34] Yıldırım, D., “Atıksu Arıtmada Yaşanan Sorunlara Bakış”, 2. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İstanbul, (1997).
- [35] Yüceer, A., Dönmez, D., “Evsel Atıksuların Arazide Arıtımı ve Adana Örneği”, *Kayseri 1. Atıksu Sempozyumu*, 29 Kayseri, 22-24 Haziran (1998).

## ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Kocaeli'nin Karamürsel ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Karamürsel'de tamamladı. 2001 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümünden 2005 yılında çevre mühendisi olarak mezun oldu. 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.