

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OSMANBEY ATIKSU ARITMA TESİSİNİN
İŞLETİLMESİ**

İhsan Nur AKYÜZ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2011**

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OSMANBEY ATIKSU ARITMA TESİSİNİN
İŞLETİLMESİ**

İhsan Nur AKYÜZ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2011**

Doç. Dr. Sinan Uyanık danışmanlığında, İhsan Nur AKYÜZ'ün hazırladığı "Osmanbey Atıksu Arıtma Tesisinin İşletilmesi" konulu bu çalışma/.../2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç.Dr.Sinan UYANIK



Üye :



Doç. Dr. Özer ÇINAR
Çevre Mühendisliği

Üye :

Doç. Dr. Erkan Sahinbaya 

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
1. GİRİŞ	1
1.1. Atıksu Arıtımı	4
1.1.1. Biyolojik Arıtım.....	4
1.1.2. Biyolojik Arıtım Sistemlerinde Kullanılan İşletim Parametreleri ve Önemleri	6
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	12
2.1. Arıtım Sistemleri	13
2.1.1. Aktif Çamur.....	13
2.1.2. Yapay Sulak Alan	23
2.1.3. Stabilizasyon Havuzları.....	31
2.1.4. Bardenpho (Beş Basamaklı).....	42
2.1.5. Damlatmalı Filtre.....	50
2.2. Kampüs Atıksu Arıtımı.....	55
3. MATERYAL ve METOT	57
3.1. Tesis Akım Şeması	57
3.1.1. Tesis Hakkında Genel Bilgiler.....	60
3.2. Atıksu Özellikleri	69
3.2.1. Debi.....	69
3.2.2. Kirlilik konsantrasyonları	70
3.3. İşletim Parametreleri.....	70
3.4. Analizler.....	71
3.5. Analiz ve Ölçüm Metotları.....	72
3.5.1. pH.....	72
3.5.2. KOİ.....	72
3.5.3. AKM.....	72
3.6. Sisteminin İşletimi ve Bakımı	72
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	74
4.1. Giriş Atıksuyu	74
4.2. Ön Çökeltim Tankları	74
4.2.1. pH.....	74
4.2.2. Askıda Katı Madde	75
4.2.3. Askıda Katı Madde Giderim Verimi	76
4.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı ve Giderim Verimi.....	77
4.2.5. Ön Çökeltim Tanklarında Karşılaşılan Problemler	78
4.3. Aktif Çamur	79
4.3.1. Havalandırma Havuzundaki İşletim Parametreleri.....	79
4.3.2. Aktif Çamur Sistemi Geri Devir Çamuru Değerleri.....	82
4.3.3. Aktif Çamur Sistemi Çökeltim Havuzu Çıkışı Değerleri	83
4.3.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi.....	86
4.3.5. Çamur Yükü	87
4.3.6. Çamur Yaşı.....	87
4.3.7. Geri Devir Oranı (X_r).....	88
4.3.8. Aktif Çamur Sisteminde Karşılaşılan Sorunlar	89
4.4. Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulak Alan.....	89
4.4.1. pH.....	90
4.4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı	91
4.4.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi.....	92
4.4.4. Askıda Katı Madde	94
4.4.5. Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulak Alan Sisteminde Karşılaşılan Problemler.....	95
4.5. Stabilizasyon Havuzu.....	95
4.5.1. Çözünmüş Oksijen Konsantrasyonu.....	95
4.5.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı	96
4.5.3. Askıda Katı Madde	97
4.5.4. Bulanıklık.....	98

4.5.5. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi	99
4.6. Bardenpho (Beş Basamaklı)	100
4.6.1. Son Çökeltim Tankı	100
4.6.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi	102
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	103
6. KAYNAKLAR	107
7. ÖZGEÇMİŞ	109
8. ÖZET	110
9. SUMMARY	111

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

OSMANBEY ATIKSU ARITMA TESİSİNİN İŞLETİLMESİ

İhsan Nur AKYÜZ

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Sinan Uyanık
Yıl: 2011, Sayfa: 114**

Bu çalışma; Osmanbey Atıksu Arıtma Tesisinin ilk işletmeye alınma sürecinde tesisteki proseslerin arıtma verimlerini incelemek, arıtım verimliliğini arttırmak için sistemlerin işletim şartlarını belirlemek, oluşan işletim problemlerini tespit etmek ve bu sorunları ortadan kaldırmak için çözüm önerilerini bulmak amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, atıksuların deşarj standartlarına uygun olması için bazı parametreler deneysel ve online olarak kontrol edilmiştir. Tesis, Ekim 2009 ile Mayıs 2010 arasında kalan 8 aylık süre zarfında işletilmiştir. İşletim süresi boyunca, giriş, ön çökeltim ve biyolojik sistemlerin KOİ, AKM, UAKM, pH, çözünmüş oksijen ve bulanıklık ölçümleri yapılmış ve kimyasal oksijen ihtiyacı giderim verimleri saptanmıştır. Ayrıca gerekli ekipmanların fiziksel kontrolleri ve bakımları yapılmıştır.

Aktif Çamur sisteminde tüm yıl boyunca ortalama % 51,16 KOİ giderimi sağlanmıştır. Yüzey altı akışlı yapay sulakalan sisteminde; % 72,41 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Stabilizasyon havuzunda ise % 27,54 KOİ giderimi sağlanmıştır. Bardenpho (5 basamaklı) sisteminde de KOİ giderim verimi %62,17'dir.

İşletim süresince, yüksek salınımlar göstermeyen ve ideal arıtım verimi sağlanan yüzeyaltı akışlı yapay sulakalan sisteminin, kampüs atıksularının arıtımı için daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER : Kampüs atıksuları, Atıksu arıtımı, biyolojik sistemler

ABSTRACT

MSc Thesis

OPERATION of OSMANBEY WASTEWATER TREATMENT PLANT

İhsan Nur AKYÜZ

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering**

Supervisor:

Year: 2011, Page: 114

The aim of this study is the operation of Osmanbey wastewater treatment plant, analysing operation datas, focused to determine suitable operation conditions for increasing treatment efficiency and searching best solutions. For this reason some of the parameters checked-in with experimental measurement and online database through discharge standards. The systems were operated for a period of 8 months between October 2009 and May 2010. During this time influent, primary sedimentation and biological systems wastewater parameters, COD, MLSS, pH, dissolved oxygen, and turbidity were analysed and calculated via obtained datas. Moreover mainatanence of treatment equipments was done.

During the all year COD removal is, on activated sludge process 51.16% , Subsurface Flow Constructed Wetland 72.41%, stabilization pond 27.54% and Bardenpho process 62.17 % .

Subsurface flow constructed wetland system is concluded to be more suitable for treatment of campus wastewaters, because of it's behavior without high fluctuations and with high COD and BOD removal efficiencies during operational runs.

KEYWORDS: Wastewater treatment

TEŐEKKÜR

Yüksek lisans eğitimi sürecinde, benim için yardım ve desteklerini esirgemeyen, kıymetli zamanını harcayan, tezin hazırlanmasında çok büyük emeği olan danışmanım sayın Doç. Dr. Sinan Uyanık'a teşekkürlerimi arz ederim.

Tez çalışması süresince, bilgi birikiminden istifade etme imkânı bulduğum, sayın Doç.Dr. Erkan Şahinkaya' ya büyük katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda, yardımlarını benden esirgemeyen; Çevre Mühendisi Akben Sönmez'e, Araştırma Görevlisi Deniz Uçar'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca sevgilerini, anlayışlarını ve desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme en içten minnet ve şükranlarımı sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	SayfaNo
Şekil 1.1. Biyolojik arıtım mekanizması.....	5
Şekil 2.1. Aktif Çamur Prosesi	15
Şekil 2.2. Yüzealtı Akışlı Sulakalanlar	25
Şekil 2.3 Yüzealtı Akışlı Sulakalanların Boyuna Kesiti.....	25
Şekil 2.4. Stabilizasyon Havuzu Kesiti	32
Şekil 2.5. Tipik bir fakültatif havuzda atık su arıtımı.....	34
Şekil 2.6. Bardenpho Prosesi Akım Şeması	44
Şekil 2.7. Damlatmalı Filtre Sisteminde Tutunarak Çoğalan Prosesin Şematik Görünüşü	52
Şekil 2.8. Damlatmalı Filtrenin Perspektif ve Kesit Görünüşü.....	53
Şekil 3.1. Genel Tesis Akım Şeması.....	57
Şekil 3.2. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim kullanılan akım hattı profili	58
Şekil 3.3. Dairesel kesitli ön çökeltim ve yüzealtı akışlı yapay sulak alan kullanılan akım hattı.....	58
Şekil 3.4. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim ve damlatmalı filtre kullanılan akım hattı	58
Şekil 3.5. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim ve damlatmalı filtre kullanılan akım hattı.....	59
Şekil 3.6. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim ve Bardenpho tesisi kullanılan akım hattı profili	59
Şekil 3.7. Dairesel kesitli ön çökeltim ve aktif çamur prosesi kullanılan akım hattı profili	59
Şekil 3.8. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim ve aktif çamur prosesi kullanılan akım hattı profili	60
Şekil 4.1. Ön çökeltim çıkışındaki pH	75
Şekil 4.2. Ön çökeltim çıkışındaki AKM konsantrasyonu	75
Şekil 4.3 AKM giderim verimi	76
Şekil 4.4. Ön çökeltim çıkışındaki KOİ konsantrasyonu	77
Şekil 4.5. KOİ giderim verimi.....	78
Şekil 4.6. Aktif çamur havuzunda pH	79
Şekil 4.7. Aktif çamur havuzunda çözünmüş oksijen konsantrasyonu.....	80
Şekil 4.8. Aktif Çamur Havuzunda Askıda katı madde konsantrasyonu.....	81
Şekil 4.9. Aktif çamur havuzunda uçucu askıda katı madde konsantrasyonu	81
Şekil 4.10. Aktif çamur havuzunda toplam kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu	82
Şekil 4.11. Aktif çamur geri devir hattında AKM konsantrasyonu	83
Şekil 4.12. Aktif çamur geri devir hattında UAKM konsantrasyonu	83
Şekil 4.13. Aktif Çamur Son Çökeltimde AKM konsantrasyonu	84
Şekil 4.14. Aktif Çamur son çökeltimde UAKM konsantrasyonu.....	85
Şekil 4.15. Aktif çamur son çökeltimde KOİ konsantrasyonu	85
Şekil 4.16. Bulanıklık	86
Şekil 4.17. KOİ giderim verimi	87
Şekil 4.18. Çamur Yükü	87
Şekil 4.19. Çamur Yaşı	88
Şekil 4.20. Geri Devir oranı	88
Şekil 4.21. pH.....	91
Şekil 4.22. KOİ konsantrasyonu	91
Şekil 4.23. KOİ giderim verimi	93
Şekil 4.24. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu	93
Şekil 4.25. KOİ yükü	94
Şekil 4.26. YAYSA'da AKM konsantrasyonu.....	94
Şekil 4.27. YAYSA'da UAKM konsantrasyonu	95
Şekil 4.28. Ç.O. konsantrasyonu.....	96
Şekil 4.29. Stabilizasyon havuzunda KOİ konsantrasyonu	97
Şekil 4.30. Stabilizasyon Havuzunda AKM konsantrasyonu	98
Şekil 4.31. Stabilizasyon Havuzunda UAKM konsantrasyonu	98
Şekil 4.32. Bulanıklık	99
Şekil 4.33. KOİ giderim Verimi	100
Şekil 4.34. Son Çökeltim tankında AKM	101
Şekil 4.35. Son Çökeltim tankında KOİ.....	101
Şekil 5.1. Biyolojik Sistemlerin Ortalama KOİ Giderim Verimleri	103

ÇİZELGELER DİZİNİ

	SayfaNo
Çizelge 2.1. Sulakalandaki giderim mekanizmaları.....	28
Çizelge 2.2. Havalı, havasız ve fakültatif stabilizasyon havuzları için parametreler	35
Çizelge 2.3. Düşük Hızlı ve Yüksek Hızlı Damlatmalı Filtrelerin Karşılaştırılması.....	55
Çizelge 3.1.Tasarlanan ızgaranın özellikleri	60
Çizelge 3.2. Dengeleme ünitesinin özellikleri	61
Çizelge 3.3. Su akışını sağlayacak baca detayları.....	61
Çizelge 3.4. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim tankının özellikleri	62
Çizelge 3.5. Giriş yapısının teknik özellikleri	62
Çizelge 3.6. Çıkış tertibatı özellikleri	62
Çizelge 3.7. Çamur çukurunun özellikleri.....	63
Çizelge 3.8. Tasarlanan çökeltim tankı özellikleri	63
Çizelge 3.9. Çıkış tertibatı özellikleri	63
Çizelge 3.11. Çamur çukuru tertibatı özellikleri.....	63
Çizelge 3.11. Ana çamur çukurunun detayları.....	64
Çizelge 3.12. Dağıtım yapısı özellikleri.....	64
Çizelge 3.13. Tasarlanan aktif çamur ünitesinin özellikleri.....	65
Çizelge 3.14. Tasarlanan Damlatmalı Filtre özellikleri.....	66
Çizelge 3.15. Yan duvarları 1/1 eğim şevli olarak tasarlanan stabilizasyon havuzu özellikleri.....	66
Çizelge 3.16. Sistem özellikleri	67
Çizelge 3.17. Yükleme koşulları.....	67
Çizelge 3.18.Tasarlanan prosesin özellikleri	68
Çizelge 3.19.Pompaların teknik özellikleri	68
Çizelge 3.20.Tasarlanan son çökeltim tankı özellikleri.....	69
Çizelge 3.21.Tasarlanan çökeltim tankı özellikleri.....	69
Çizelge 3.22. Arıtma tesisine gelecek atıksuyun kirlilik parametreleri	70
Çizelge 3.23. Evsel atıksuyun tipik özellikleri	70
Çizelge 4.1. Giriş Atıksu Kirlilik konsantrasyonları.....	74
Çizelge 4.2. Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular.....	84
Çizelge 4.3. Evsel nitelikli atıksular için deşarj standartları.....	90

SİMGELER DİZİNİ

AKM	Askıda Katı Madde
ÇO	Çözünmüş Oksijen
DPT	Devlet Planlama Tekilatı
EPA	Çevre Koruma Ajansı
g	Gram
HRT	Hidrolik bekletme süresi
kg	Kilogram
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
L	litre
m	metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
mg	Miligram
MLSS	Karışık Sıvıda Katı Madde
MLVSS	Karışık sıvıda uçucu askıda katı madde
Q	Debi
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği.
SRT	Çamur Yaşı
TN	Toplam Azot
TP	Toplam Fosfor
UAKM	Uçucu Askıda Katı Madde

1.GİRİŞ

Evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ve şehir bölgelerinden cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey veya yüzeyaltı akışa dönüşmesi sonucunda oluşan sulara atıksu denir. Suların çeşitli kullanımlar sonucunda atıksu haline dönüşerek yitirdikleri fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik özelliklerinin bir kısmını veya tamamını tekrar kazandırabilmek ve/veya boşaldıkları alıcı ortamın doğal fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve ekolojik özelliklerini değiştirmeyecek hale getirebilmek için uygulanan fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma işlemlerinin birini veya birkaçına atıksu arıtma denir (Samsunlu, 2006).

Nüfus artışı, teknolojinin gelişmesi, hayat standartlarının yükselmesi, sanayinin gelişmesi gibi nedenlerle dünyada ve ülkemizde atıksu üretimi artmıştır. Oluşan bu atıksuların kontrolsüz bir şekilde doğaya verilmesi çevre sorunlarına yol açmaktadır. Çevre sorunlarını azaltmak için, atıksular arıtılarak zararları en aza indirilmelidir. Atıksuların kirlilik değerleri çevre için kabul edilebilir değerlere getirildikten sonra atıksular doğaya verilmelidir.

Atıksuların arıtılmadan doğaya verilmesi durumunda ise içeriğindeki organik maddelerin ayrışması ile kötü kokulu gazlar açığa çıkar. Ayrıca bünyesinde mikroorganizmaları ve bu mikroorganizmaların yaşamaları için gerekli olan çeşitli besi maddelerini barındırmaktadır. Şehir atıksularında daima hastalık etkenlerinin (bakteriler, virüsler, parazitler ve solucan yumurtaları) göz önüne alınması gerekir. Eğer arıtılmış su iyi dezenfekte edilmemiş ise, iyi arıtılmış sularda dahi, patojen mikroorganizmalardan bir kısmı kalmış olabilir. Yanabilen maddeler (benzin, benzol veya diğer seyrelticiler) kanala bırakılmış ise patlama tehlikesi söz konusudur. Dolayısıyla atıksuların arıtılarak bu maddelerden arındırılması gerekmektedir. (Samsunlu, 2006)

Çalışma kapsamında kampüs atıksularının, alıcı ortama direk deşarj edilerek doğal dengeyi bozması yerine, biyolojik yöntemlerle arıtılarak ekolojik dengeyi koruması sağlanacaktır.

Son yıllarda yeni kurulan üniversiteler, kampüsler olarak yerleşkelerini oluşturmaktadır. Oluşturulan bu kampüslerin yerleşim alanlarının dışında olması nedeniyle, altyapı sorunlarını kendilerinin çözme zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Şehir merkezlerine yakın üniversite yerleşkeleri, atıksularını şehir kanalizasyonuna verebilirken, kampüsler atıksularını arıtmadan, doğal alıcı ortamlara vermek zorunda kalmaktadır. Çevre korumada en hassas olması gereken en yüksek eğitim kurumları olan üniversiteler, arıtma tesisleri eksiklikleri nedeniyle çevreye zarar vermektedir. Üniversite kampüsleri estetik ve teknolojik açıdan, buldukları yöreye ışık tutan kurumlar olmalıdır. Bu nedenle, üniversiteler çevre korumada hassas olduğunu göstermeli ve bu sebeple yapacakları arıtma tesislerinde geleneksel yöntemler dışında, bölgenin ihtiyaçları, ekonomisi, iklimi göz önünde bulundurularak, yöre halkına örnek arıtma tesisleri yapmalıdır. (Uyanık, 2008)

Bu kapsamda Harran Üniversitesi Osmanbey kampüsünün atıksularını arıtmak amacıyla Osmanbey yerleşkesinde atıksu arıtım tesisi inşa edilmiştir. Osmanbey kampüsünün atıksu arıtma tesisi, 7150 kişilik bir yerleşim yerinin atıksularının arıtılması için biyolojik sistemler içerecek şekilde boyutlandırılmıştır. Sistemdeki tüm üniteler, sistemin sorunsuz bir şekilde çalışması için gerekli olan tüm standartlara uygun olarak hesaplanmıştır.

Osmanbey atıksu arıtım tesisi için biyolojik arıtım sistemleri inşa edilmiştir. Sistemler teknik kriterlere göre seçilmiştir ve maliyet unsurları gözetildiğinde en uygun çözümü sergilemektedir.

Osmanbey kampüsüne klasik ve modern arıtma alternatiflerinden 5 farklı arıtma yöntemini içeren bir entegre arıtma tesisini kurulmuştur. Arıtma sistemi içerisinde aşağıdaki arıtma yöntemleri bulunmaktadır:

- Aktif çamur
- Damlatmalı filtre

- Stabilizasyon havuzu
- Yüzealtı akışlı yapay sulak alan
- Bardenpho tesisi

Bu sistemlerden ilk üçü ülkemizde ve dünyada evsel atıksuların arıtılmasında yaygın olarak kullanılan arıtma alternatifleridir. Yüzealtı akışlı yapay sulakalanlar ve Bardenpho üniteleri ülkemizde ilk kez kullanılmış sistemlerdir. (Uyanık, 2008)

Ayrıca çevresel sorunlara olan ilginin artması ile atık su arıtım tesislerinin kontrolü ve uygun işletimi üzerine yapılan çalışmaların önemi de artmıştır. Yüze sularındaki kirlenmenin denetim altına alınabilmesi büyük oranda atık su arıtım tesislerinin etkin yönetim ve işletimine bağlıdır. Arıtma tesislerinin kurulumunun yanında işletimi de çok önemlidir. Biyolojik atık su arıtma tesislerinin optimum koşullarda işletilebilmesi ve istenilen dönüşüm veriminin elde edilmesi amacıyla tesislerde işletim parametreleri kontrolü yapılır.

Atıksuların deşarj standartlarına uygun olması için bazı parametreler deneysel ve online olarak kontrol edilmelidir. Bu çalışma kapsamında bu parametreler KOİ, AKM, UAKM, pH, çözünmüş oksijen, bulanıklıktır.

Tanımlanan bu parametrelerin sürekli olarak kontrol edilmesi, atıksuyun ve arıtılmış suyun tam analizlerinin devamlı olarak yapılması, atıksuyun debisinin ölçülmesi, ekipmanların fiziksel kontrollerinin ve bakımlarının periyodik olarak yapılarak, bütün sonuçların kaydedilmesi ve grafiklerin oluşturulması sorunsuz bir işletme için gereklidir.

Bu çalışmanın dört amacı vardır :

- İlk işletmeye alınma sürecinde tesisteki proseslerin arıtma verimlerini incelemek,
- Arıtım verimliliğini arttırmak için sistemlerin işletim şartlarını belirlemek,
- Oluşan işletim problemlerini tespit etmek ve ortadan kaldırmak için çözüm önerilerini bulmak,
- Atıksu arıtma tesisinin çıkış sularının belirlenen Su Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği standartlarına uyulması amaçlanmaktadır.

1.1. Atıksu Arıtımı

Osmanbey kampüsü atıksu arıtma tesisinde, biyolojik arıtma yöntemleri bulunmaktadır. Arıtma sistemi içerisinde aşağıdaki biyolojik arıtma yöntemleri vardır:

Aktif çamur, Damlatmalı filtre, Stabilizasyon havuzu, Yüzealtı akışlı yapay sulak alan, ve Bardenpho tesisi.

1.1.1.Biyolojik Arıtım

Atıksu içerisindeki çözünmüş organik maddelerin bakteriyolojik faaliyetlerle ayrıştırılarak giderilmesi işlemidir. Bakterilerin arıtma işlemini gerçekleştirebilmeleri için pH, sıcaklık, çözünmüş oksijen, toksik maddeler gibi parametrelerin kontrol altında tutulması gerekmektedir. Biyolojik arıtma prosesleri aerobik ve anaerobik arıtma olarak sınıflandırılabilir. Aerobik arıtma havanın bulunduğu ortamlarda gerçekleştirilen arıtma prosesleridir. Aerobik arıtma uygulamaları; Aktif Çamur, Biyofilm, Stabilizasyon Havuzları, Havalandırmalı Lagünlerdir. Anaerobik arıtma ise havasız ortamlarda gerçekleştirilen arıtma prosesleridir. Uygulamaları ise Sürekli Karışımli Reaktörler, Anaerobik Filtreler ve Akışkan Yataklı sistemleridir. En yaygın aerobik biyolojik arıtma uygulaması, aktif çamur prosesidir.

Biyolojik arıtma, kısa ve öz olarak; atıksuda bulunan çözünmüş veya çözünmemiş organik kirleticilerin, mikroorganizmalar tarafından besi maddesi olarak kullanılarak karbondioksit, su ve yeni mikroorganizmalara dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir (Şekil 1.1).

Bütün havalı (aerobik) atıksu arıtma proseslerinde atıklar a) sentez ve b) oksidasyon yolu ile yok olurlar. Diğer bir deyimle organik maddelerin bir kısmı yeni hücrelere dönüşürken (sentez) geri kalan kısmı gerekli enerjiyi üretmek için oksidasyona tabi tutulurlar. Organik maddeler yok olmaya başlayınca biyolojik hücrelerin bir kısmı gerekli enerjiyi sağlamak amacıyla kendi kendini oksitler (içsel solunum).

Havalı biyolojik oksidasyon reaksiyonu ve iç solunum mekanizması genel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir:

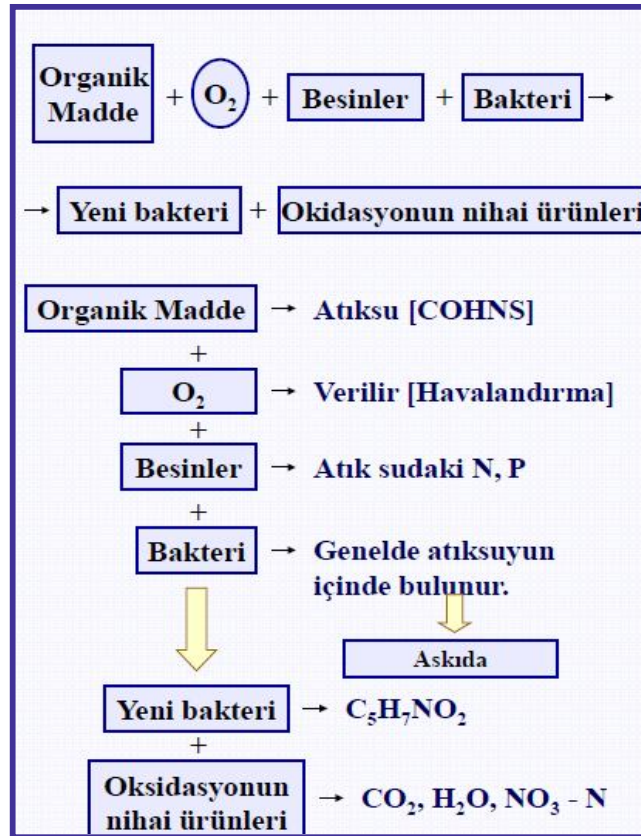
Organik madde (BOİ, KOİ) + O₂ + N+ P → Hücre +CO₂ +H₂O + biyolojik yolla parçalanamayan çözünebilir maddeler

Hücre + O₂ → CO₂ + H₂O + N + P + parçalanmayan hücresel kalıntılar

Havalı biyolojik artıma yöntemleri genellikle iki büyük sınıfa ayrılabilirler:

*Arıtmayı yapan bakterilerin askıda bulunduğu sistemlerdir (askıda büyümeli sistemler). Buna örnek olarak aktif çamur sistemi ve çeşitleri (türevleri) gösterilebilir.

*Arıtmayı yapan bakterilerin sabit bir yüzey üzerine tutunarak büyüdüğü sistemler (bağlı büyümeli sistemler). Bunların başlıca örnekleri damlatmalı filtreler ve dönen biyodisklerdir.



Şekil 1.1. Biyolojik arıtım mekanizması

1.1.2.Biyolojik Arıtım Sistemlerinde Kullanılan İşletim Parametreleri ve Önemleri

1.1.2.1.Çamur Yaşı (Katı Alıkonma Süresi) (SRT)

En önemli süreç kontrol parametrelerinden biridir. Sürecin verimli bir şekilde işletilebilmesi için minimum ve maksimum değerler arasında tutulmalıdır. Mikroorganizmaların (MLVSS) sistemde kalma süresidir. Bir başka tanıma göre, sistemde bulunan mikroorganizma miktarının sistemden bir günde atılan miktara oranıdır. Etkin bir arıtım için mikroorganizmalar besin ile yeterli temas süresine sahip olmalıdır. Çamur yaşı son çökeltme havuzundaki çökeltme sürecini doğrudan etkiler. Genç çamur, yüksek büyüme hızı fazındadır ve askıda büyüme nedeni ile zayıf çökeltme özelliklerini sergiler. Yaşlı çamur ise, düşük aktiviteye sahiptir ve yoğun yumak oluşturarak hızlı bir şekilde çökeler. Çamur yaşı 3 ila 30 gün arasında değişir. Tesis için en iyi çamur yaşı değeri deneyim ve tesisin performansının gözlenmesi ile saptanır.

Çamur yaşı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır;

$$X = \frac{\theta_c \cdot Y \cdot (S_0 - S)}{\theta \cdot (1 + k_d \cdot \theta_c)}$$

X: Havalandırma havuzunda, UAKM (mg/L)

θ_c : Katı alıkonma süresi, gün

θ : Hidrolik kalma süresi, gün

$k_d = 0,06 \text{gün}^{-1}$ $Y = 0,5$

S_0 : Giriş KOİ konsantrasyonu, mg/L

S : Çıkış KOİ konsantrasyonu, mg/L.

1.1.2.2. Askıda Katı Madde Konsantrasyonu (AKM)

Havalandırma havuzunun içeriği karışık sıvı olarak adlandırılır. Karışık sıvı askıda katı madde konsantrasyonudur. Askıda katı madde; mikroorganizmalardan, inert askıdaki maddelerden ve biyolojik olarak ayrıştırılamayan askıda katı maddelerden oluşur.

Havalandırma havuzundaki AKM'nin uçucu kısmı (UAKM), arıtma sistemi içindeki biyolojik katıların konsantrasyonuna bir yaklaşım amacı ile kullanılmaktadır. AKM ve UAKM, F:M oranı, çamur yaşı, geri çevrim oranı, çamur atma hızı gibi süreç kontrol parametrelerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Askıda katı madde değeri aşağıdaki süreç kontrol unsurlarının gerçekleştirilmesinde kullanılır:

- Atıksuyun organik kirlilik şiddetinin saptanması,
- Çökeltme havuzu katı yükleme hızının belirlenmesi,
- Hesap yolu ile çamur geri çevrim hızının ortaya konulması,
- Çökeltme havuzu katı giderme veriminin hesaplanması,
- Tüm tesiste katı madde bilançosunun yapılması.

1.1.2.3. Uçucu Askıda Katı Madde Konsantrasyonu (UAKM)

Karışık sıvı içerisindeki organik kısım uçucu askıda katı madde konsantrasyonudur. Klasik aktif çamur sistemlerinde, sürece beslenecek atıksuyun bünyesindeki çözülmüş, askıda ve koloidal organik maddelerin ayrıştırılmasında önemli rol oynayan organizmaları temsil eden MLSS'in organik içeriğinin (MLVSS) bilinmesi gerekmektedir. MLSS'in uçucu kısmı % 80'den daha az ise, sistemde organik MLSS'ten ziyade inorganik MLSS bulunması nedeni ile artıma verimi düşecektir. İdeal olarak, 550 °C'de uçan kısım %85 ila 95 arasındadır. MLVSS ile MLSS arasındaki oran % 70 ila % 80 arasındadır.

1.1.2.4. Çamur Yüğü (F/M)

Organik yükleme olarak da tanımlanır. Son çökeltme havuzunda iyi bir çökeltme ve yüksek bir KOİ giderme verimi elde etmek için, aktif çamur havalandırma havuzuna verilen KOİ (gıda maddesi konsantrasyonu) ile havuzdaki mikroorganizma miktarı arasında uygun bir denge olmalıdır. Bu denge F/M oranı ile kurulur. Gelen atıksuyun KOİ konsantrasyonu değişken olduğundan F kontrol edilemez. Operatör çamur atma hızını ayarlayarak M değerini (UAKM) kontrol edebilir.

F/M oranı çok yüksek ise, sistemde M miktarını arttırmak için çamur atma hızı azaltılır. Bunun tersi de doğrudur. Belirli bir atıksu arıtma tesisi için en iyi F/M değeri deneyim ve tesisin performansının gözlenmesi ile saptanır. Klasik Aktif çamur sistemleri için F/M oranı 0,3 ila 1 arasında değişmektedir. F/M oranı aşağıda verilen formülle hesaplanabilir.

$$\frac{F}{M} = \frac{Q.S_0}{V.X}$$

Burada F/M: besin/mikroorganizma oranı (kgKOİ/kg MLVSS.gün)

S₀:havalandırma havuzuna giren atıksuyun KOİ konsantrasyonu (mg/L)

X: havalandırma havuzundaki UAKM konsantrasyonu (mg/L)

Q: atıksu debisi (m³/gün)

V:havalandırma havuzu hacmi (m³).

1.1.2.5. Geri Devir Oranı (r)

Aktif çamur sisteminin kararlılığının sağlanması ve verimli çalışması için havuzdaki mikroorganizma konsantrasyonu sabit tutulmalıdır. Bunu sağlamak için son çökeltim havuzunda toplanan çamurun bir kısmının havalandırma havuzuna “geri çevrim çamuru” olarak geri devrettirilir. Çamur geri çevrim işlemi süreç kontrolünde anahtar parametredir.

Geri devir oranı aşağıdaki formül kullanılarak bulunur;

$$r = \frac{X}{X_r - X}$$

X: Havalandırma havuzundaki UAKM konsantrasyonu (mg/L)

X_r: Geri devir çamurunun UAKM konsantrasyonu (mg/L)

R: Geri devir oranı, %

Geri devir oranı evsel atıksularda %30 ila %100 arasındadır. Düşük hızlı sistemlerde geri devir oranı %30, yüksek hızlı sistemlerde %100'dür.

1.1.2.6. Artık Çamur (P_x)

İstenen F/M oranını ve SRT'yi sağlamak; katı dengesini korumak üzere fazla çamur sistemden uzaklaştırılır. Sistemde oluşan ve son çökeltme tankında çökeltilen çamur miktarı gerekli geri devir çamuru miktarından fazladır. Fazla çamur, biyolojik faaliyete belirli katkıda bulunması için son çökeltme havuzundan ön çökeltme havuzuna veya doğrudan çamur bertaraf tesislerine gönderilir. Çamurun atılması diğer kontrol işlemlerinden daha büyük etkiye sahiptir.

Süreçten atılan çamur aşağıdaki unsurları etkiler:

- Çıkış suyu kalitesi,
- Mikroorganizmaların büyüme hızı ve tipleri,
- Oksijen tüketimi,
- Karışık sıvının çökebilirliği,
- Gerekli nutrient miktarı,
- Köpüklenmenin oluşumu,
- Nitrifikasyon olasılığı.

$$\theta_c = \frac{X.V}{P_x}$$

X: havalandırma havuzundaki UAKM konsantrasyonu (mg/L)

V:havalandırma havuzu hacmi (m³)

P_x : Atık çamur miktarı (kg/gün)

θ_c : Katı alıkonma süresi, gün

Oluşan fazla çamurun sistemden uzaklaştırılmasının kontrolü için üç temel yol uygulanır:

- Sabit çamur yaşının sağlanması,
- Sabit F/M oranının sağlanması,
- Sabit AKM değerinin sağlanması.

Bu sistem kontrol tekniği, laboratuvar ihtiyacı az olduğu ve basitçe uygulandığı için birçok işletmeciler tarafından kullanılır. Bu metotta F/M gibi ya da çamur yaşı gibi

parametreler dikkate alınmadan, deneysel olarak sistemde tutulan AKM konsantrasyonlarıyla çıkış suyu kalitesi arasında bir bağıntı kurulur.

Bu bağıntıdan elde edilen verilere göre en iyi sonucun alındığı AKM konsantrasyonunun sabit tutulması sağlanır. Bu genellikle sabit kirlilik değerlerinin olduğu sistemlerde kullanılır.

1.1.2.7. Çözünmüş Oksijen

Havalandırma işlemi iki amaca yöneliktir:

- O₂ miktarı arıtımı sağlayan aktif kitlenin yaşamını devam ettirebilecek seviyede olmalıdır.
- Sürece havalandırma sistemi ile verilen güç, tüm mikroorganizmaları askıda tutabilecek seviyede olmalıdır.

Havalandırma havuzundaki ÇO konsantrasyonu, havalandırma havuzunda, son çökeltme havuzunda ve çamur geri çevrim hattında sadece istenen mikroorganizmaların bulunmasını sağlayacak düzeyde olmalıdır. Oksijenin mikroorganizmaların büyümesini sınırlaması durumunda, süreçte ipliksi bakterilerin gelişebileceği, baskın hale geçebileceği ve çamurun çökeltme özelliklerini olumsuz yönde etkileyebileceği, normal biyolojik aktivitenin engellenmesine ve sonunda çıkış suyu kalitesinin azalmasına neden olur. Diğer taraftan, aşırı havalandırma aşırı enerji tüketimine neden olurken, yaratılan aşırı türbülans ile biyolojik yumaklar parçalanabilir. Bu durumda, çamurun çökeltmesi güçleşir ve çıkış suyu bol miktarda askıda katı madde içerir.

Çözünmüş oksijen konsantrasyonu ortalama 2 ila 4 mg/L arasında olmalıdır.

Son çöktürme tankında geri devir çamurundaki denitrifikasyonu minimuma indirmek için az miktarda (0,2 mg/L) çözünmüş oksijen bulunmalıdır. Aksi halde denitrifikasyon başlar ve aerobik bakteriler oksijeni nitrattan alır ve son çöktürme tankında kötü çökeltme şartlarına sebebiyet verir.

1.1.2.8. pH

Mikroorganizmalar pH değişiminden etkilenirler. Ani pH değişimi mikroorganizmaların aktivitesini önemli ölçüde etkiler.

1.1.2.9. Fazla çamur debisi (Q_w)

Geri devir ve sirkülasyon, nihayetsiz olarak devam edip gidemez. Aksi halde havalandırma havuzunda katı madde konsantrasyonu artar. Bunun için fazla çamur, Q_w debisi ile sistemden atılır. Ayrıca fazla çamur debisi çamur toplama çukurunda çamurun ne kadar süre ile bekletilebileceğinin hesabı için kullanılır.

$$Q_w = \frac{P_x}{X_r}$$

P_x :Atık Çamur, kg/gün

X_r : Geri devir çamurunun UAKM konsantrasyonu (mg/L)

Q_w : Fazla Çamur debisi ($m^3/gün$)

1.1.2.10. Organik Yükleme Hızı

KOİ yükleme hızı olarakta adlandırılır. Yapay Sulak Alan için işletim parametresi olarak kullanılmıştır.

$$X = \frac{Q \cdot S_o}{A_s}$$

A_s : Alan (m^2)

Q : Debi ($m^3/gün$)

S_o : havalandırma havuzuna giren atıksuyun KOİ konsantrasyonu (mg/L)

1.1.2.11. KOİ Giderim Verimi

Giriş suyundaki KOİ'nin % kaçının giderildiğini ve sistemin ne kadar verimde çalıştığını anlamak için hesaplanır. % olarak hesaplanır.

$$Verim = \frac{S_o}{(S_o - S)} * 100$$

S_o : havalandırma havuzuna giren atıksuyun KOİ konsantrasyonu (mg/L)

S : son çökeltim tankından çıkan atıksuyun KOİ konsantrasyonu (mg/L)

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Uğur vd. yaptıkları bu araştırmada Muğla Üniversitesi Rektörlüğü ve lojmanlarının atık sularının arıtıldığı atık su arıtma tesisi incelenmiştir. Atık sulardaki kontaminantların çevreye zarar vermeden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu işlem atık su arıtma tesislerinde önemli ölçüde yapılmaktadır. Bu sebeple tesis giriş ve çıkışından alınan su örneklerinde fiziko-kimyasal analizlerin yanı sıra insan sağlığı açısından önemli olan mikrobiyolojik analizler de yapılmıştır. Bu çalışmada Muğla Üniversitesi atık su arıtma tesisi incelenerek, bakteriyolojik (toplam koliform, fekal koliform ve fekal streptokok), protozoolojik (protozoa, helmint, alg ve mantar) ve fiziko-kimyasal (nitrit, nitrat, fosfat, pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık ve BOI₅) analizler yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Tesis R-PAK-500 modeli olup, havalandırma tankı ve diffüzör sistemi, plakalı tip çökeltme tankı, geri dönüş sistemi, kumanda odası ve ekipmanlardan oluşmaktadır. Tesis istenildiği zaman sürekli faal olan bakteri eklenebilen uzun havalandırmalı aktif çamur yöntemi ile çalışmaktadır. Hidrolik bekleme süresi en az 18 saattir. Fazla çamur problemi bulunmamaktadır. Tesis yaklaşık 100 m³/gün debi ile çalışabilmekte ve 35 m² kadar bir alanı kaplamaktadır. Muğla Üniversitesi atık su arıtma tesisinde yapılan bu çalışma arıtma tesisi girişindeki bakteriyolojik yükün tesis çıkışında azaldığını göstermiştir. Ancak arıtma tesisi çıkışlarında belirli miktarlarda bakteri yükü alıcı ortamlara verilmektedir. Bu sebeple sulamada kullanılan arıtma tesisi çıkış suyu klorla dezenfekte edilmektedir. Ancak anlık numune incelendiğinden bu tip bir çalışmaların periyodik olarak uzun vadede yapılması gerekmektedir. Ayrıca bu tip tesislerin küçük yerleşim yerleri ve kurumlar için yaygınlaştırılmasının, çevre kirliliği ve sağlık açısından faydalı olacağı söylenebilir.

Melian ve ark. (2007), İspanya'da bulunan bir üniversite kampüsündeki stabilizasyon ve sulakalanı birleştirerek stabilizasyon havuz çıkış sularındaki alg giderimini sağlamaya ve arıtılmış suyun sulamada tekrar kullanılabilirliğini belirlemeye çalışmışlardır. Bu kapsamda fakültatif havuz ve 3 ayrı özellikteki (yatay akışlı taş filtreler, serbest akışlı sulakalan ve yüzeyaltı akışlı sulakalan) sulakalanlar

kullanılmıştır. 5 yıl süren çalışmalar sonucunda farklı sulakalanlardaki ve fakültatif havuzdaki BOİ, TOK (toplam organik karbon) ve NH₄-N konsantrasyonlarını test etmişler ve hangi sistemin performansının daha iyi olduğuna karar vermişlerdir. Ayrıca sistemlerin giderim verimlerinde hesaplanmıştır. Sonuçlara göre, en fazla BOİ ve TOK'nu büyük ebatlarından dolayı fakültatif havuz gidermiş olsa da, yüzde giderim verimi bulunduğu en yüksek giderimin ilk filtrede olduğu belirlenmiştir. NH₄-N giderimi ise en fazla havuzda ve yüzeyaltı yapay sulakalanlarda gerçekleşmiştir. Aynı şekilde giderim verimine bakıldığında filtreler daha iyi sonuç vermiştir. Değerlere göre, NH₄-N giderimi için uzun yüzeyaltı akışlı sulakalan kullanmaktansa kısa yatay akışlı ve uzun yüzeyaltı akışlı sulakalan kombinasyonunun daha etkili olduğu belirlenmiştir.

2.1. Arıtım Sistemleri

Bu çalışmada kullanılan arıtma sistemi içerisinde aşağıdaki arıtma yöntemleri bulunmaktadır;

- Bardenpho,
- Aktif çamur,
- Damlatmalı filtre,
- Yüzeyaltı yapay sulak alan,
- Stabilizasyon havuzu.

2.1.1. Aktif Çamur

Aktif çamur prosesi, kullanılmış sulardaki koloidal ve çözülmüş formlarda bulunan ve çökelemeyen maddeleri çökebilen biyolojik yumaklara dönüştürme işlemidir. Biyolojik yumaklar havalandırma havuzunda meydana getirilir ve nihai çökeltme havuzunda çökelti olarak sistemden ayrılır. Bu çökebilen biyolojik yumaklara kısaca “çamur” denir.

Atıksu arıtımında biyolojik yöntemler arasında bulunan aktif çamur yöntemi dünyada ve yurdumuzda yaygın olarak kullanılmaktadır. Evsel ve endüstriyel atıksuların arıtımında ikincil aşama olarak kullanım alanına sahip bulunmaktadır.

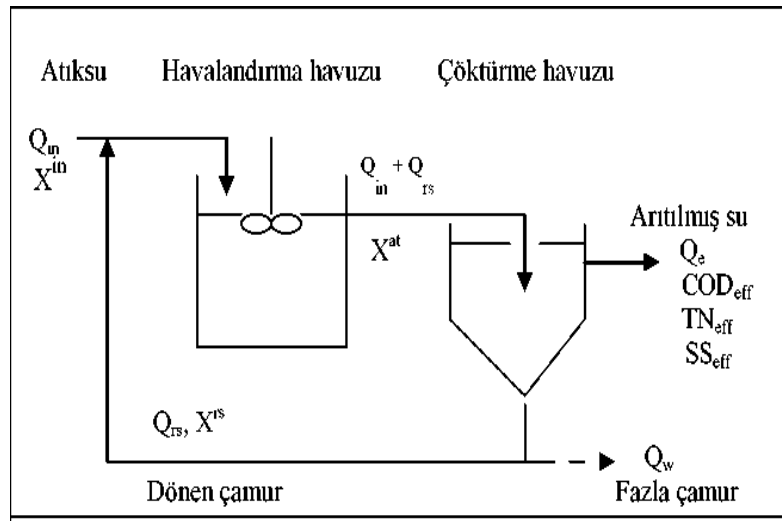
Aktif çamur yöntemi 1914 yıllarında İngiliz Ardern, Lockett tarafından Amerikalı Clark'ın çalışmalarına dayanılarak geliştirildi. Buradaki esas mikroorganizmaların, atık suyun içerisindeki biyolojik bir değeri olan maddelerden yeni mikroorganizma üretimi için veya enerji kazanılması için faydalanmasıdır. İmhoff bu metodu, nehirlerde meydana gelen temizleme olayının bir kısmına benzetmektedir. Nehirlerde meydana gelen bu olaylar daha küçük bir hacim içerisinde toplanmakta ve daha hızlı olarak neticelenmektedir.

Aktif çamur süreci aşağıda sıralanan ve birbirleri ile ilişkileri olan çeşitli bileşenlere sahiptir;

- Biyolojik reaksiyonların meydana geldiği tekil veya çoklu havalandırma havuzu,
- Basınçlı havalandırma, mekanik yüzeysel havalandırma veya saf oksijenle havalandırma sistemlerinden birisinin kullanımı ile aerobik biyolojik arıtım ve organizmaları askıda halde tutan karışım için gerekli olan oksijeni veren bir havalandırıcı,
- Arıtılmış sudan biyolojik katıların ayrımını sağlayan çökeltme havuzu,
- Çökeltme havuzunda katıların toplanmasını ve havalandırma havuzuna geri çevrimini gerçekleştiren sistem, ve
- Aşırı biyokütlenin süreçten uzaklaştırılmasını sağlayan sistem.

Aktif çamur tekniğine göre çalışan sistemler uygulamada en çok kullanılan sistemlerdir. Aktif çamur metodunda, aktifleştirme havuzu ve son çökeltme havuzu birbirine bağlı bir grup teşkil etmektedir. Atık suyun biyolojik temizlenmesi aktifleştirme havuzunda, aktif çamur vasıtası ile olmaktadır. Aktif çamur kolloidal çözülmüş maddelerin mikroorganizmalar ile çökebilir biyolojik floklara dönüştürüldüğü prosestir. Bu proseste havalandırma havuzu içindeki mikroorganizmaların askıda tutulması esastır. Biyolojik arıtma ünitesi havalandırma sonucu, organik maddelerin askıda büyüyen mikroorganizmalar tarafından parçalanması prensibiyle çalışır. Askıda büyüyen mikroorganizmalar suyun içerisinde bulunan organik maddeleri parçalayarak H₂O ve CO₂ ye çevirirler. Mikroorganizmaların organik maddeleri oksitlemesi sonucu organik maddeler ya okside olur, ya da biyokütleye dönüşür. Havalandırma havuzunda gereken arıtma

veriminin sağlanması amacıyla havuz içerisinde faaliyet gösteren mikroorganizma sayısını (MLVSS) sabit bir değerde tutmak gerekmektedir. Bu nedenle biyokütlenin bir kısmı çöktürme kademesinde fazla çamur olarak sistemden atılırken diğer kısmı havalandırma bölümüne geri devrettirilir. Proses akım şeması Şekil 2.1.'de gösterilmiştir. Aktif çamur sistemlerinde bakteriler en önemli mikroorganizmalardır. Çünkü organik maddelerin parçalanmasından sorumludurlar. Aktif çamur sistemlerinin dizaynında çeşitli parametreler kullanılır. Bu parametrelerden bazıları F/M, çamur yükü, çamur yaşı ve bekleme süresidir.



Şekil 2.1. Aktif Çamur Prosesi

Aerobik atık su arıtım sistemleri ile atık sularda bulunan organiklerin büyük bir kısmını daha az zararlı inorganik maddeleri ve mikrobik maddeleri, kontrollü bir şekilde dönüştürmek mümkündür.

Aktif çamur arıtım sistemlerinde bulunan heterojen mikrobik kültür, bakteri, protozoa, rotiferler ve fungi türlerini içerir. Ancak, organik madde asimilasyonunu bunlardan yalnızca bakteri tarafından gerçekleştirir.

Biyolojik arıtım biriminde organik maddeleri parçalayarak üreyen bakteriler ikinci çökeltme tankında çöktürülür ve sudan uzaklaştırılırlar. Böylece arıtılan su çok az BOİ₅ (20 mg/l civarında) ve az miktarda biyolojik katı madde taşır. Bu sistemlerde çözülmüş organik madde konsantrasyonu ise 5mg/l'ye kadar düşürülebilir. İkinci çökeltme tankında çökeltile çamurun bir kısmı biyolojik arıtım

birimine geri gönderilir, bu birimdeki mikrobik madde derişiminin belli bir seviyede olması sağlanır.

Sonuç olarak, aktif çamur arıtım sistemleri;

- Mikrobik bir süspansiyonun atık su içerisinde havalandırılması,
- Havalandırmayı izleyen katı-sıvı ayrımını işlemini,
- Arıtılmış suyun uzaklaştırılmasını ve çamur fazlasının sistemden uzaklaştırılarak geri kalanların havalandırma tankına geri gönderilmesi safhalarını kapsamaktadır. Sistemin başarısı bu üç ayrı safhanın esaslarını anlayarak uygulanmasının yapılmasına bağlıdır.

Tam karıştırmalı sistem ve döngü

Tam karıştırmalı sistemde, reaktördeki içerikler komple karıştırılır ve atık su girişinde hiçbir mikroorganizmanın bulunmadığı farz edilir. Aktif çamur prosesinin gerekli bir parçası, reaktörden ayrılan ve daha sonra reaktöre geri verilen hücrelerin bulunduğu çökeltme (sedimentasyon tankı) ünitesidir. Bu çökeltme ünitesinin bulunması nedeniyle, bu sistem için yapılan kinetik modelin geliştirilmesinde iki eklenebilir varsayım geliştirilmiştir;

- Mikroorganizmaların meydana getirdiği atık stabilizasyonu sadece reaktör ünitesinin içerisinde olur.
- Sistem için hücre bekletme süresinin hesaplanmasında kullanılan hacim, sadece reaktör ünitesinin hacmidir.

Aktif Çamurun Biyolojik Yapısı

Atık suda kolloid ve çözünmüş halde bulunan organik maddelerin atık sudan uzaklaştırılması, bakteriler ve aynı zamanda mantarlar tarafından olmaktadır. Bu mikroorganizmalar çok çabuk çoğalarak floklar teşkil ederler ve bu bakteri flokları aynı zamanda aktif çamurun esasını meydana getirirler.

Evsel atık suyun bakteriyolojik yapısını öğrenmek için yapılmış araştırmalar aşağıda verilen mikroorganizmaların varlığını göstermiştir.

- Acharobakteri, flavobakteriler, alkaligenler, pseudomonaslar (gram negatif türler),
- Az sayıda gram pozitif bakteriler.

Bunların yanı sıra bakterilerin mikroorganizmalar için teşkil ettiği mükemmel beslenme olanaklarından dolayı pis su içinde bakteri yiyici protozoalar da mevcuttur. Bunlar amipler, flagelleatlar, ailliatlardır. Bu arada ailliatların aktif çamur üzerinde olumlu temizleme yönünden etkileri mevcut olduğundan bahsedilmektedir. Amipler ve floagellatların ise özellikleri tam bilinmemektedir. Çeşitli floagellat türlerinin, tesislerin ilk alıştırma zamanındaki çalışmalarda oksijen miktarı çok düşük olduğunda ve tesislerin mümkün olandan fazla yüklenme alanlarında görünmeleri aktif çamur tesislerindeki uygun olmayan şartları sevdiklerini gösterir. Bu sebeple floagellatlar ve amipler tesisin kötü çalışmasının bir işaretidir.

Aktif Çamurun Fiziksel Yapısı

Aktif çamur metodu ile yapılan biyolojik arıtmada yeterli miktarda aktif çamur bulunması gerekir. Yüksek bir arıtma verimine ulaşılabilmesi için, atık sudaki organik maddelerin tam bir şekilde absorbe olabilmelerini temin için yeterli temas yüzeyine sahip olabilmeleri gereklidir. Bu bakımdan çamur geniş bir yüzeyi olan bir yapıda olmalıdır. Ayrıca çamur floklarına tutunmuş olan maddelerin son çökeltme havuzunda tamamen çökebilmesini temin için aktif çamur iyi floklaşma ve çökme özelliğine sahip olmalıdır.

Aktif çamurun fiziksel özellikleri Mohimann tarafından tespit edilmiş ve bu özellikler çamur indeksi olarak isimlendirilmiştir.

$$SVI = V_{SR} / X_T$$

$$SVI = \text{Çamur hacim indeksi (mL/gr)}$$

$$V_{SR} = \text{Çöken çamur hacmi (mL/L)}$$

$$X_T = \text{Kuru çamur ağırlığı (AKM) (gr/L)}$$

Çamur indeksi; 1 gr kuru aktif çamurun, 30 dk'lık çökme zamanı sonunda hangi hacme ml cinsinden sahip olduğunu gösterir. İyi floklaşan bir aktif çamurda bu

indeks 50-100 ml/gr civarındadır. Şayet indeks 200 ml/gr üzerine çıkarsa şişkin çamur durumu söz konusu olmaktadır. Bu durumdaki şişkin çamur son çökeltme havuzunda tutulamaz. Çünkü bakteri flokları birbirlerinden ayrılır, aralarında ipliksi bakteriler ve mantarlar meydana gelir.

Aktif Çamurun Kimyasal Yapısı

Aktif çamurun kimyasal olarak değerlendirilmesine tesir eden en önemli faktör, içerisinde mevcut olan organik azottur. Azotun bulunma oranı ile albumin (yumurta akı) miktarı dolayısıyla canlı organizmaların varlığına karar verilir.

Aktif çamurun içinde anorganik madde olarak alüminyum, demir ve silisyum bileşikleri bulunmaktadır. Aktif çamurun biyokimyasal aktivitesi kullanılan oksijenin ölçülmesi ile tayin edilebilir.

Verim

BOI giderimi gerçekleştiren sürecin verimi şu faktörlere bağlıdır:

- Organik maddenin mikroorganizmalar tarafından ne derece metabolize edildiği,
- SRT ve F:M oranı,
- Havalandırma havuzundaki aktif biyokütlenin nicelik ve niteliği,
- Hidrolik alıkonma süresi,
- Çözünm üş oksijen konsantrasyonu, nutrientler, alkalinite, pH, sıcaklık gibi çevresel faktörler ve toksik maddelerin varlığı,
- Karışım, çamur geri çevrimi ve fazla çamur atımı için gerekli mekanik aksanın yeterliliği ve kapasitesi,
- Tesisteki ekipmanın bakım ve onarımı,
- Laboratuvar, bakım, işletme ve idari personelin eğitim düzeyi.

Verimi Etkileyen Şartlar

Aktif çamur sürecinin verimini etkileyen şartlar;

- Giren atıksuyun özellikleri,
- Tesis içerisindeki geri çevrim işlemleri,
- Katı bilançosu,

- Biyolojik aktivite,
- Nitrifikasyon ve denitrifikasyon reaksiyonları,
- Çökeltme işlemi olarak sıralanabilir.

Aktif Çamur Sisteminde Sorunlar

1.Çamur Kabarması ve Köpürmesi

Aktif çamur prosesine dayalı biyolojik arıtmalarda yetişen mikroorganizmalar tipik olarak, % 95 bakteri ve % 5 ise yüksek mertebeli canlılardan (protozoa, rotifer, vb.) meydana gelir.

Biyolojik arıtma tesislerinde en sık yaşanan problemler ağırlıklı olarak çamur kabarması ve köpürmesidir. Çamur kabarması denilince akla gelen ilk unsur filamentli bakterinin aşırı miktarda bulunması denir. Oysa aktif çamur dahilinde bir miktar filamentli bakteri bulunması flok oluşumu için oldukça faydalıdır. Filamentli organizma eksiliği küçük, kolay parçalanabilen (toplu - iğne başı şeklinde) flok oluşmasına neden olur. Yaklaşık 20 ye yakın filamentli organizma türü vardır ve her biri arıtma tesisinin işletilmesinde sorun yaşatabilir.

Arıtma tesislerinde köpürmeye neden olan "*Nocardia*" ve "*M.Parvicella*" gibi mikroorganizmalar da filamentlidir. Bu organizmaların sebep olduğu köpük; kalıcı, koyu kahve renkli olup tazyiksiz suyla veya kimyasal köpük kesicilerle yok edilmesi olanaksızdır. Zaman zaman köpük seviyesi 180 cm e kadar ulaşabilir. Ayrıca soğuk hava şartlarında bu köpük katılarak temizlenmesini daha zor bir hale getirir.

Pek çok durumda aktif çamur mikrobiyolojisinin yavaş bir değişim gösterdiği düşünülürse, filamentli bakteriden kaynaklanabilecek köklü değişim için 2 - 3 günlük (Çamur Yaşı) bir süre yeterli olacaktır.

Çamur kabarmasına neden olan filamentli bakterilerin oluşumunu sağlayan ve/veya hızlandıran 5 ana unsur aşağıda listelenmiştir.

a-Havalandırma havuzundaki düşük çözülmüş oksijen konsantrasyonu:
Çözülmüş oksijen konsantrasyonunun 0.01 - 0.03 e kadar düşmesi durumunda

filamentli bakteriler (özellikle 1701 tipi) yüksek bir üreme hızına kavuşur. Bu gibi durumlarda hava sağlayan cihazların kapasitesi artırılarak çözülmüş oksijen konsantrasyonu 2.0-4.0 mg/l aralığına getirilmelidir. İdeal değer için 2.0 mg/l denebilir. Ayrıca havalandırma havuzundaki MLSS miktarı da artırılabilir.

b-Organik yükün azalması (düşük F:M oranı) ; F/M oranı artırılmaz, böylece çamur yaşı düşer. F/M yada çamur yaşının artırılması / azaltılması geri devir oranı ve/veya fazla çamur miktarlarının değiştirilmesi ile sağlanabilir. Havalandırma havuzundaki MLSS miktarı da artırılabilir. Selektör kullanılabilir.

c-Ham atıksuyun septikleşmesi / sülfid; Bazı tür filamentli organizmalar hetetrofik olmalarına rağmen aynı zamanda inorganiklerin oksidasyonu veya indirgenmiş sülfürden de enerji kazanarak diğer katı hetetrofik olan flok yapıcı rakiplerine karşı üstünlük sağlamış olurlar. Bu gibi filamentli organizmaların sebep olduğu çamur kabarmaları durumunda SVI değerlerinin 500 ml/g aştığı görülmüştür. Havalandırma kapasitesi artırılmalı veya septiklik kimyasal olarak ta giderilebilir (ön arıtma).

d-Besi maddesi eksikliği ;

Bu durum evsel atıksudan ziyade daha çok endüstriyel atıksuların arıtılmasında görülür. BOD₅/N/P oranı 100/5/1 e getirilerek bu durum düzeltilebilir. Çıkış suyundan alınan numune üzerinde yapılan analizde en az 1.0 mg/l inorganik azot -N (NH₃ ve NO₃-N) ve 0.2 mg/l çözülebilir PO₄-P olmalıdır.

Düşük pH (< 6.0) ; Havalandırma havuzu pH değeri sülfürik asit veya kireçle 6.5 - 8.5 aralığına çekilmelidir.

Nocardia, çamur kabarmasına (bulking) değil, çamur köpürmesine neden olur. Nocardia köpürmesinde çamur kalın- kalıcı ve kahverengi kalıplaşmış bir yapıya bürünür. Bu köpük havalandırma havuzu veya çökeltme tankı üzerinde oluşabilir.

Çamur yaşının 9 günü geçmesi durumunda köpürme problemiyle karşılaşılabilir. M. Parvicella yani diğer mikroorganizma için ise düşük F/M

değerleri, yağ-gres miktarının yüksekliği ve soğuk hava şartları görülebilir. Nocardia daha çok yazın, M. Parvicella ise kışın görülür.

Çamur köpürmesini engellemek için genelde hava miktarı azaltılır, fakat bu durum düşük oksijen konsantrasyonuna yol açar, başka bir deyişle bu seferde çamur kabarması sorununun başlangıcına yol açılmış olur. Aynı zamanda arıtma veriminden de ödün verilmiş olur.

Klasik çözüm ise; çamur yaşının düşürülmesidir. Nocardia sorunu yaşayan çoğu arıtma tesisinin çamur yaşını 2 güne kadar düşürdüğü tespit edilmiştir. Diğer başka bir çözüm ise köpük kapanlarının kurulması veya tazyikli su sıkılarak köpüklerin parçalanmasıdır.

2.Arıtma Tesislerinde Karşılaşılan Köpük Cinsleri Ve Nedenleri Aşağıda Açıklanmıştır.

- *Beyaz - gri (kirli beyaz) renkte ince köpük* ; Düşük çamur yaşı " genç çamur" , bazı yüzey aktiflerin arıtılabilmesi için yeterli süre olmaması - deterjan vb. gibi .
- *Açık beyaz renkte çok kabaran köpük*; Biyolojik olarak parçalanamayan deterjanlardan veya havuzdaki MLSS miktarının az olmasından dolayı meydana gelir.
- *Kül renginde köpük*; Anaerobik çürütücülerden, santrifüjlerden veya filtrepress gibi susuzlaştırma ünitelerinin süzüntü suyunun çok miktarda olmasından kaynaklanır.
- *Kalın, gri renkte sümüksü yapıda köpük*; Daha çok endüstriyel atıksu arıtma sistemlerinde görülür. Besi eksikliğinden meydana gelir. BOI₅/N/P oranı 100/5/1 olarak sağlanmalıdır. Bu durumda mikroorganizmalar, besi eksikliğinde dolayı yüksek miktarda polisakkarit üretirler.
- *Son çökeltme havuzunda kalın çamur tabakası*; Denitrifikasyon: yani atıksuda nitrat varlığına delalet eder. Çamur, çökeltme tankında uzun süreden beri bekliyor demektir. Daha çok sıcak havalarda meydana gelir.
- *Kalın, kahverengi, kalıcı köpük*; Nocardia'nın varlığından kaynaklanır.

3.Aktif Çamur Proseslerinde, Filamentli Organizmalar Dışında Karşılaşılan Bazı Problemler;

- *Zayıf Flok Oluşumu:* Çıkış suyu bulanık olur. Zayıf floklar kolay parçalandıkları için Çökeltme Havuzunda kolayca çöktürülemezler. En büyük sebebi özellikle Uzun Havalandırmalı sistemlerde aşırı derecede havalandırılıyor olmasıdır.
- *Dağınık Büyüme:* Flok oluşumu yoktur, biyokütle çökmesi diye bir durum söz konusu olmaz ve çıkış suyu çok bulanıktır. En büyük sebebi F/M oranının yüksek olmasıdır. Yani çok yüksek bir organik yükleme söz konusudur. Atıksudaki H₂S konsantrasyonu da bu duruma sebebiyet verebilir. Ön havalandırma işlemi yapılmalı veya organik yükleme azaltılmalıdır.
- *Zoogleal Kabarması:* Yüksek F/M oranlarında flok yapıcı Zoogloea bakterisinin floklara müdahalesinden meydana gelir.
- *Besi eksikliği - Kabarma ve Köpürme;* Jöle şeklinde meydana gelen bu kabarma çamur çökmesini olumsuz etkiler. BOİ₅/N/P oranı 100/5/1 olarak sağlanmalıdır.
- *Yüzen Çamur (Denitrifikasyon) :* Çökeltme tankında denitrifikasyon nedeniyle çamur yüzme problemi oluşur. Özellikle çökeltme havuzlarında yüksek bekleme zamanlarında, oksijen konsantrasyonu aşırı derecede düşer ve denitrifikasyon için uygun koşullar meydana gelir. Denitrifikasyon sonucu oluşan azot gazı, çamuru çökeltme havuzunun üst tarafına kaldırır. Bu problem nedeniyle arıtma tesisi çıkışında su bulanık olur ve BOİ konsantrasyonu artar. Bu problemi gidermek için çökeltme tankında bekletme zamanı düşürülebilir.

Aktif Çamur Sisteminin İşletimi ve Bakımı

- Her gün dağıtım yapılarının denetlenmesi, savakların ve giriş yapılarının temizlenerek katıların uzaklaştırılması,
- Hergün giriş yapıları ve giriş ve çıkış kanallarındaki biriken döküntülerin uzaklaştırılması,
- Havalandırma havuzundaki çözünmüş O₂ ve AKM konsantrasyonlarının, çamur hacim indeksi ve çamur yaşı değerlerinin günlük olarak kaydedilmesi.

Normalin üstü ve ya altı bir değerle karşılaşıldığında gerekli önlemlerin alınması,

- Günlük olarak düşey duvarların ve kanalların temizlenmesi,
- Atıksu döküntülerinin geciktirmeksizin hortum tutarak uzaklaştırılması,
- Günlük temizlemelerde ızgaraların ve metal aksamların korozyona veya boya aşınmalarına maruz kalıp kalmadığının kontrolünün yapılması,
- Üretici firmaların tavsiyelerine bağlı kalarak mekanik ekipmanlar için yağlama çizelgesi oluşturulması,
- Her yıl havalandırma havuzlarının boşaltılıp su altında kalan betonarme yapıların, boruların vs. kontrol edilmesi, tüm yıpranan bölümlerin onarılması veya yenilenmesi, aşınmış betonların yamanması ve gerekliyse tüm metal yüzeylerin boyasının yenilenmesi.

2.1.2. Yapay Sulak Alan

Yapay sulakalan arıtma sistemleri, adlarından da anlaşılacağı gibi, seçilen bir arazide atıksu arıtımı amacıyla oluşturulan sulakalanlardır. Yapay sulakalan sistemleri, yerleşim birimlerinde septik tanklardan (veya imhoff tanklarından) gelen atıksuların arıtılması ve yüksek deşarj standartlarını sağlamak amacıyla, havalandırmalı lagünlerde veya konvensiyonel arıtma tesislerinde arıtılmış atıksulara, üçüncü derece arıtma sağlanması amacıyla kullanılırlar. Bu tip arıtmaların hangi büyüklükteki nüfuslara uygulanacağı, mevcut arazi durumu, iklim, zemin şartları ve diğer faktörlere bağlıdır.

Doğal sulakalanlar hem insanlığa hem de doğal hayata faydası olan fonksiyonları icra ederler. Bunlardan en önemlisi su filtrasyonudur. Su, sulakalan boyunca ilerlerken hızı azalır ve su içerisindeki askıda katı maddeler ya bitkiler tarafından tutulur ya da çökelirler. Akış sırasında aynı anda, çözülmüş organikler bitkiler tarafından özümsenebilecek forma dönüşür. Sulakalan bitkileri mikroorganizmalar için ideal ortamlardır. Bir dizi kompleks proses boyunca, bu mikroorganizmalar sudaki kirliliği zararsız formlara dönüştürür veya ortamdan tamamen giderebilirler. Azot, fosfor gibi ötrafikasyona neden olabilecek kirlilikler içeren atıksulardaki nütrientler, sulakalan toprağı tarafından absorblanır, bitkiler

tarafından tüketilebilir veya ortamdaki bakteriler tarafından nitrifikasyon ve denitrifikasyonla giderilebilir.

Çevredeki doğal malzeme kullanılarak ihtiyaç büyüklüğünde hazırlanan havuzlarda, atıksuyun filtre edilmesi ve yetiştirilen sulakalan bitkileri ile suyun arıtılması esasına dayanan bu sistem, doğal yapının küçük taklitleridir. Yapay sulakalanlar, doğal sulakalanların sahip olduğu arıtma kapasitesinin tamamına sahiptir.

Yapay sulakalanların birkaç çeşidi vardır (Korkusuz, 2004). Bunlar:

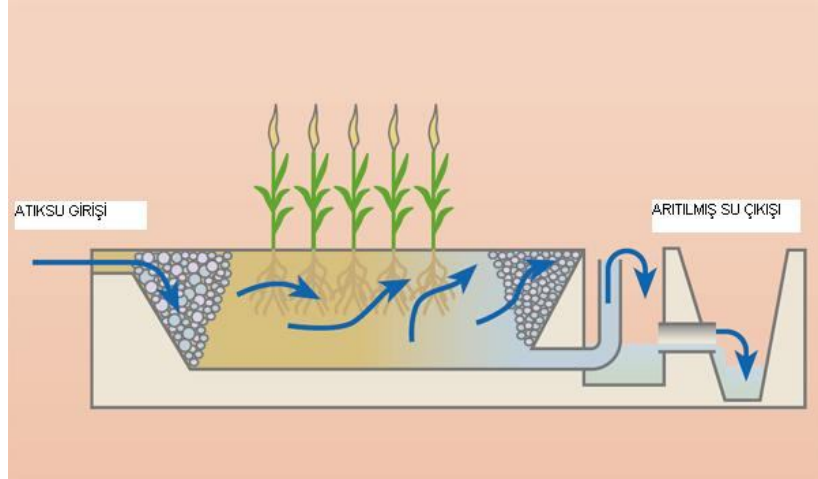
- Yüzeysel akışlı sulakalanlar,
- Yüzeyaltı akışlı sulakalanlar,
 - Yatay akışlı yüzeyaltı sistemler,
 - Düşey akışlı yüzeyaltı sistemler,
- İki sistemin birleşiminden oluşan hibrid sistemler.

Bunlardan ilk ikisi en yaygın kullanılanlarıdır. İki tipte de arıtım için, suda gelişen bitki topluluğundan yararlanır. Ancak atıksuyun, arıtım esnasında tesis de ilerlediği yollar farklıdır. İsimlerinden anlaşıldığı üzere, yüzeyaltı akışlı sistemlerde atıksu görünmezken, yüzeysel akışlı sistemlerde, atıksu toprak yüzeyinde bitki kökleri arasında akışını gerçekleştirir.

Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulaklanlar

Yüzeyaltı akışlı sistemlerde su, çakıl veya kırma taşlarla doldurulmuş bir çanak veya su yatağına akıtılır. Verilen suyun yüzeye çıkmaması esas alınmak suretiyle dizayn edilir. 0.3-0.4 m veya daha derin bir geçirgen ortama sahiptirler (EPA,2000).

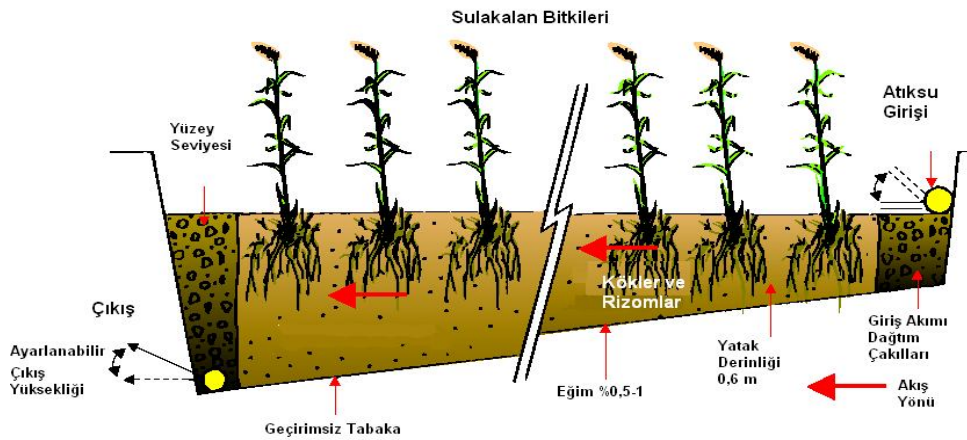
Bu tür sistemler, kaba bünyeli materyalden oluşan topraklarında, çok çeşitli çiçekli ve çiçeksiz bitki türünün yetişmesine ortam hazırlamış oldukları için göze hoş gelen bir görünüm sergilerler. Tipik bir yüzeyaltı akışlı sulakalan Şekil 2.2.'de verilmektedir.



Şekil 2.2. Yüzealtı Akışlı Sulakalanlar

Yüzealtı akışlı sistemlerde aerobik koşulları sağlamak için mevcut tek oksijen taşıma mekanizması, oksijenin yapraklardan köklere taşınmasıdır. Bu durumda biyokimyasal reaksiyonlar tıpkı bir damlatmalı filtrede olduğu gibi, ortamın çeperlerinde ve bitkilerin su altında kalan kısımlarında yer alır. Bitkilerin kök bölümlerine taşınan oksijen, arıtım için gerekli aerobik koşulları sağlar (Ekmekçi, 2007).

Anaerobik ortam koşullarından kaçınabilmek için köklerin yüzealtı akış sistemi yatağının bütün derinliği boyunca uzanması gerekir. Bu sistemlerin hasada ve yeniden tanzime gerek olmadan 50 yıl hizmet edebilecekleri düşünülmektedir. Fakat bu kadar uzun süreden beri çalışan bir tesis olmadığından doğruluğu tam olarak bilinmemektedir.



Şekil 2.3. Yüzealtı Akışlı Sulakalanların Boyuna Kesiti

Yüzeyaltı akışlı sulakalanların en önemli avantajları, daha az koku yaratmaları, yüzey akış sistemlerde sorun yaratacak sivrisinek ve diğer vektörlerin üremelerine izin vermemeleri ve kaya veya çakıl ortamın havuz çıktılarındaki alg miktarını azaltmadaki verimliliğidir (EPA, 1999).

Yüzeyaltı akış sulakalanları kaya veya çakıldan oluşan bir zemine sahiptirler. Planlamaları ise su düzeyinin, sulakalanın tabanından daha aşağılarda olacağı şeklinde yapılmıştır. Yüzeyaltı akışlı dizayn edilen yapay sulakalanların akış güzergahı yatay veya dikeydir. Yüzeyaltı akışlı sulakalanlar; bitkilendirilmiş su ile doymun yataklar, kök bölgesi metodu, mikrobiyal kamyş filtre, bitki-kaya filtre sistemi gibi farklı isimlerle adlandırılırlar (Demirörs, 2006).

Yüzeyaltı akış sulakalan zemini tarafından ortaya konan hidrolik zorlamalar nedeniyle, nispeten düşük düzeydeki partikül konsantrasyonları elde edilir. Düzenli akıştan dolayı, bu sistemler atıksu koşullarına en iyi uyum sağlayan sulakalan sistemleridir (Demirörs, 2006).

Yüzeyaltı akış sulakalanlarının, serbest yüzey akışlı sulakalanlara kıyasla avantajları;

- Düşük sıcaklıklara dayanma düzeyi,
- Zararlı (pest) ve koku problemlerinin azlığı,
- Birim alandaki asimilasyon potansiyelinin yüksek oluşudur.

Gözenekli materyalin daha geniş bir arıtım yüzeyi sağlamasından dolayı, daha hızlı bir arıtım işlemi oluşturduğu kabul edilmektedir. Bu nedenledir ki; aynı miktardaki atıksuyu ıslah etmek için, daha küçük boyutlarda bir sistemin inşa edilmesi yeterli olabilmektedir. Ayrıca, su yüzeyi açıkta olmadığından dolayı toplumsal problemler minimize edilmekte olup, parklarda yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Demirörs, 2006).

Yüzeyaltı akış sulakalanların dezavantajları ise;

- Yapım ve bakım masraflarının fazla, kullanımlarının da o oranda daha zor oluşudur. Zaten bu nedenledir ki genellikle daha küçük çaplı akışlarda tercih edilmektedirler.
- Tıkanma ve taşkın debisine maruz kalma problemleri ile de sıklıkla karşılaşılmasıdır.

Yapay Sulakalanlarda Kirletici Giderim Mekanizmaları

Fiziksel prosesler: Özellikle tanecikli maddelerin gideriminde önemlidir. Sulakalanlarda su hareketi köklü ve yüzücü bitkilerin sağladığı dirençten dolayı yavaş ve laminardır (türbülanssız). Köklü bitkilerin su hareketini dengelemesiyle yavaş hareket eden tanecikli kirleticiler, yüzücü bitkilerin saçaksız kökleri ve dallanan gövdeleri ile askıda kalmaları sağlanarak, biyofilmlerle temas yüzeyi artırılmış olur. Sedimentasyon ve resüspanسیون (çökme veya çökmekte olan maddelerin askıda kalmaları) partiküllerin gideriminde iki önemli prosestir (İspirli, 2006).

Kimyasal Prosesler: Kirleticiler kısa süreli ya da uzun süreli olarak belli bir yüzeyde tutularak (sorpsiyon; '+' ve '-' yüklü moleküllerin çözelti (su) fazından katı faza transferi) giderilirler. Sorpsiyon gerçek anlamda hem absorpsiyon hem de çökme reaksiyonların bir bütünüdür. Absorpsiyon ile iyonlar katı partiküllere bağlanarak giderilir. Katyon değişimi ile + yüklü iyonlar, yüzeye fiziksel olarak bağlanarak giderilir. Zemin dolgu malzemesinde kil ve organik madde içeriği fazla ise bu katyonların tutulma kapasitesi daha yüksek olur (İspirli, 2006).

Biyolojik Prosesler: Bitkiler, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ve Pb ve Cd gibi bazı toksik metalleri hem kullanabilme, hem de dokularında biriktirebilme özelliklerine sahiptir. Fakat bu giderim mikroorganizmalarla giderimin (biyodegradasyon) yanında önemsizdir. Bu kirleticilerin giderimi, bitkilerin büyüme özelliklerine ve dokularındaki konsantrasyon değerine bağlıdır. Bitkiler nütrientlerin, metallerin ya da diğer elementlerin bir kısmını kullanarak giderebilirler (İspirli, 2006). Kirletici giderim mekanizmaları Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Sulakalandaki giderim mekanizmaları (Kilim ve Özdemir, 2004).

Atıksu Bileşenleri	Giderim Mekanizmaları
AKM	Çökelme/filtrasyon
BOI	Mikrobiyal ayrışma (Aerobik ve Anaerobik)
	Çökelme (Organik maddenin sediment yüzeyinde birikmesi)
AZOT	Nitrifikasyon ve denitrifikasyon
	Amonyakın açığa çıkması
	Bitki kullanımı
FOSFOR	Toprak tarafından tutunma (toprakta kil mineralleri, demir, kalsiyum, alüminyum ile adsorpsiyon ve çökelme reaksiyonları)
	Bitki kullanımı
PATOJENLER	Çökelme/filtrasyon
	Ölüm
	UV radyasyonu
	Makrofitlerin köklerindeki antibiyotiklerin varlığı

Serbest yüzey akışlı sistemlerde AKM giderimi çökelme, filtrasyon, kimyasal çökelme gibi proseslerle gerçekleşmektedir. Serbest yüzey akışlı sistemlerde esas AKM giderim mekanizması çökelmedir. Atıksu içerisindeki partiküller; suyun hızı, sulak alanın derinliği, partiküllerin boyutu, su sıcaklığı gibi faktörlere bağlı olarak çökelerler. Atıksuların içindeki organik maddelerin özelliklerine bağlı olarak, yapay sulak alanlarda katı maddelerin çökmesi, münferit taneli çökelme ve yumaklı çökelme arasında olur. Serbest yüzey akışlı sistemlerde çökelen partiküllerin tekrar süspansiyon haline geçmesi problemi, sistemde su hızının çok küçük olmasından dolayı çok önemli bir sorun değildir. Ancak rüzgardan kaynaklanan türbülans, her tipte ve büyüklükteki organizmaların su içerisindeki hareketleri, biyolojik ve kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan gaz çıkışları, çökelen partiküllerin tekrar süspansiyon haline geçmesine neden olabilir. Diğer AKM giderim mekanizmaları; sık vejetasyona sahip sistemlerde partiküllerin, bitkilerin aralarından geçerken filtre edilmesi ve çeşitli kimyasal reaksiyonlarla çözünmüş katı maddelerin çözünemeyen bileşikler haline dönüşerek çökmesidir. Yüzeyaltı akışlı sistemlerde AKM giderim mekanizmaları, serbest yüzey akışlı sistemlere göre farklılıklar gösterir. Bu sistemlerin esas AKM giderim mekanizması köklerde adsorpsiyondur. Bu sistemlerin

en büyük problemi tıkanma problemidir. Bunun önlenmesi amacıyla ön arıtım için septik tanklar kullanılabilir (Demirörs, 2006).

Temel olarak atıksulardaki organik maddeler, filtrasyon ve biyolojik oksidasyon prosesleri ile giderilir. Su içerisinde süspansiyon halde dağılık ya da katı bir yüzeye yapışık olarak bulunan mikroorganizmalar çoğalarak, organik maddeleri gaz halindeki son ürünlere ve hücre yapıtaşı haline dönüştürürler. Bu olay aerobik, anaerobik ve fakültatif olabilir. Aerobik ayrışmada hücre sentezi için lüzumlu enerji, organik maddenin bir kısmı yakılarak elde edilir. Sistemde disimilasyon, asimilasyon ve oksidasyon olayları aynı anda meydana gelir. Atıksuyun içerisindeki organik maddenin kimyasal formülü $C - O - H - N - S$ olarak kabul edilir. Atıksu içinde partikül halindeki organik maddeler çökeltme ile giderilirken, organik maddelerin bir kısmı demir, sülfür, nitrat indirgenmesi gibi çeşitli kimyasal reaksiyonlarla gaz ya da çözünen bileşikler haline dönüşerek giderilirler. Serbest yüzey akışlı yapay sulak alanlarda bu reaksiyonların gerçekleşmesi için gerekli olan oksijen kaynağı yüzey havalandırmasıdır. Başlıca biyokimyasal bozunma reaksiyonları, bitkilerin su altında kalan bölümleri ve dip birikintilerinin yüzeylerinde gerçekleşir. Yüzeyaltı akışlı yapay sulakalan sistemlerinde aerobik koşulları sağlamak için mevcut tek oksijen taşıma mekanizması, oksijenin yapraklardan köklere taşınmasıdır. Bu durumda biyokimyasal reaksiyonlar tıpkı bir damlatmalı filtrede olduğu gibi ortamın çeperlerinde ve bitkilerin su altında kalan kısımlarında oluşan biyofilm tabakasında gerçekleşir. Bitkilerin kök bölümlerine taşınan oksijen, arıtım için gerekli aerobik koşulları sağlar. Yapay sulak alanların projelendirilmesinde BOİ giderimi, hidrolik şartlar ile birlikte göz önüne alınan en önemli parametredir. BOİ gideriminde birinci derece piston akım kinetiği yaklaşımı yapılmaktadır (Demirörs, 2006).

Bir sulakalan içerisindeki organik azotun en temel giderim yolu amonyaklaşma, nitrifikasyon ve denitrifikasyon ve bitki hasadı ile olur. Sulakalanın aerobik bölgelerinde, nitrifikasyon bakterileriyle amonyak nitrate yükseltgenmektedir. Organik azot hidroliz olayı ve bakteriyel ayrışmayla amonyağa (mineralleşme) dönüştürülmektedir. Nitratlar, anoksik ve anaerobik zonlarda denitrifikasyon bakterileriyle, N_2 ve N_2O (nitroz oksit)'e dönüştürülmektedir. Nitrifikasyon için gerekli oksijen atmosferden difüzyonla ve makroskobik damarlı

bitkilerin köklerinden sağlanmaktadır. Ayrıca azot; bitkiler tarafından da kullanılmakta olup, biyolojik kütleyle alınmakta ve ayrıştırma (dekompozisyon) işleminden sonra da, tekrar organik azot olarak ortaya çıkarılmaktadır. Bunların dışında diğer giderim mekanizmaları ise adsorpsiyon ve uçuculaştırma olup, nitrifikasyon/denitrifikasyon mekanizmalarından daha az öneme sahiptir fakat mevsimsel olarak ta büyük öneme sahip olabilirler (İspirli, 2006). Toplam azot gideriminde sıcaklık önemli bir faktördür ve soğuğa karşı duyarlılık söz konusudur. Kışın su sıcaklığının 5°C'nin altına düşmesi halinde azot giderimi sorunlu olur. Azot giderimi hidrolik yükleme oranı, azot/karbon oranı, kısa bekletme süresi gibi faktörlerden büyük bir şekilde etkilendiğinden dolayı, giderim miktarları farklılık gösterebilir (Demirörs, 2006).

Fosfor, biyotik ve abiyotik prosesler sayesinde sulakalanlarda giderilmektedir. Biyotik prosesler; kök bölgesindeki mikroskobik canlılarca ve vejetasyon ile alınımı, bitki artıklarının ve topraktaki organik fosforun mineralizasyonu ile, abiyotik prosesler ise; sedimentasyon ve birikim, adsorpsiyon - çökeltme ile toprak ve su kolonu arasındaki prosesleri kapsamaktadır (Yalçuk, 2007). Fosfor gideriminde aşağıdaki reaksiyonlar etkilidir (Yalçuk, 2007).

Yapay Sulakalan Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Yapay sulakalanların avantajları;

- Sulakalanlar ortamdaki güneş enerjisini kullanabilme ve kendi kendini yenileyebilme özelliğine sahiptir. Organik ve inorganik kirleticileri, askıda katı maddeyi, toksik maddeleri, ağır metalleri ve hastalık yapıcı mikroorganizmaları giderebilmesinden dolayı yüksek miktarda arıtım kapasitesine sahiptirler.
- Çevredeki doğal malzeme kullanılarak ihtiyaç büyüklüğünde hazırlanan havuzlarda atıksuyun filtre edilmesi ve yetiştirilen sulakalan bitkileri ile suyun arıtılması esasına dayanan bu sistem, doğal yapının küçük taklitleridir.
- Dikdörtgen şekilde boyutlandırılan ve oldukça sığ olarak inşa edilen bir havuz kazısından ibarettir. Havuzun geçirimsizliği kil ile sağlandıktan sonra köklü bitkilerin tutunabileceği toprak, kum ve çakıldan oluşan yatak

hazırlanır. Seçilen tipe göre dağıtım ve drenaj boruları döşendikten sonra bitkilerin ekimi ile tesisin inşası tamamlanmış olur.

- Hiçbir mekanik ekipmana ihtiyaç duymayan sistem, kendi kendini yenileyebilme özelliğine de sahiptir.
- Sistemin ilk yatırım maliyeti ve işletme giderleri oldukça düşüktür. Alternatifleri ile kıyaslanırsa oldukça ekonomiktir. Ayrıca işletme sırasında yetişmiş eleman ihtiyacı yoktur.
- Sistemde arıtma verimi evsel atıksular için % 85 civarındadır. Sistemde elde edilecek çıkış suyu Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin talep ettiği sınır değerlerin altındadır.
- Sistem arıtma tesisinden çok bir çiçek bahçesine benzemektedir.
- Biyolojik arıtım sistemlerinde oluşabilecek çamurların tasfiyesi amacıyla, arıtma tesislerinde yapılması gereken çamur tasfiye ünitelerine bu sistemlerde gerek duyulmamasıdır.

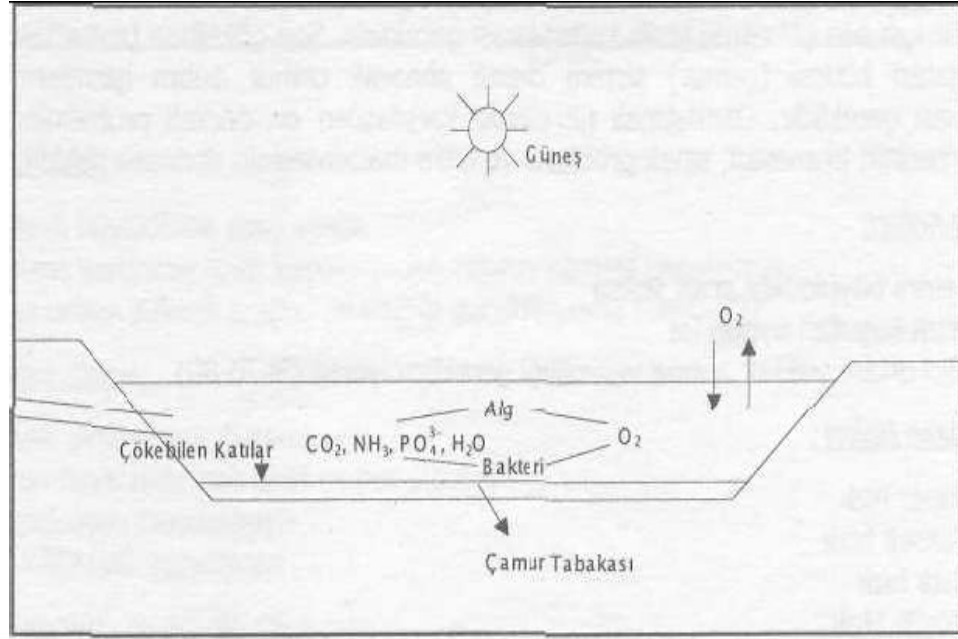
Yapay sulakalanların dezavantajları;

- Klasik su arıtma tesislerine kıyasla, daha geniş bir alanın kullanılmasını gerektirirler. Yapay sulakalanlar yalnızca arazinin bol ve pahalı olmadığı yerlerde ekonomik olabilmektedirler.
- Klasik arıtmaya kıyasla daha az tutarlı bir performans sergilemektedirler. Sulakalan arıtmasının etkinliği yağış ve kuraklık gibi çevresel koşulların mevsimsel değişimine bağlı olarak farklılıklar sergileyebilmektedir.
- Sulakalan bitkileri amonyak ve pestisit gibi toksik kimyasallara karşı duyarlıdır.

2.1.3. Stabilizasyon Havuzları

Basit olmaları ve işletme kolaylığından dolayı atık su arıtımında en basit arıtma sistemi stabilizasyon havuzlarıdır. Sistem ekipmansız çalışacağından dolayı, biyolojik aktivite yavaş işler. Bu nedenle uzun kalma zamanına ve dolayısı ile geniş arazilere ihtiyaç duyulmaktadır. İklim ve havuzun doğal şartları biyolojik aktiviteyi etkiler. Bu nedenle, arazinin bol ve ucuz, iklim şartlarının uygun olması stabilizasyon havuzlarının kullanımını arttırır. Stabilizasyon havuzları, reaksiyon kinetikleri ve

akım şekilleri yönünden reaktörlere benzemektedir. Artırım verimi, BOI giderimi ile birlikte mikroorganizma ve besi maddeleri (N ve P) arıtımında da istenilen şartları sağlayacak şekilde tasarlanabilir (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Stabilizasyon Havuzu Kesiti

Bu havuzlarda iki ayrı özellikte tabaka mevcuttur. Yüze yakın olan üst kısımda alglerin faaliyeti neticesi oksijen ihtiva eden aerobik tabaka vardır. Organik maddelerin çökeldiği alt tabaka ise anaerobiktir. Bu iki tabakanın varlığı nedeniyle bu havuzlar “fakültatif” ismini alırlar. Üst tabakada alg üremesi, aerobik ve fakültatif bakteri faaliyetleri, alt tabakada ise fakültatif ve anaerobik bakteri faaliyetleri söz konusudur. Bu havuzlarda güneşli zamanlarda ve akşamın ilk saatlerinde daha çok aerobik şartlar mevcuttur. Ayrıca gündüz saatlerinde genellikle aerobik, gece saatlerinde taban kısmı anaerobiktir. Taban çökeltisinde ise anaerobik şartlar mevcuttur. Stabilizasyon havuzlarının çok büyük bir kısmı fakültatif havuz şeklindedir.

Fakültatif havuzlarda kış aylarında tabanda organik madde birikimi olur. Havanın ısınmasıyla, biriken organik maddeler ayrışmaya başlar. Dipteki anaerobik ayrışmanın ürünleri havuz içindeki oksijeni tüketirler. Aerobik bölgede üretilen oksijen miktarı tüketilen oksijeni karşılamadığı durumlarda koku problemi oluşur.

Bu havuzlar içinde havalandırma teçhizatı veya rüzgar gibi dış etkenler sonucu havuz içeriğinin aşırı karışması önlenmelidir. Çünkü dipteki anaerobik bölge ile üstteki aerobik bölgenin karışması havuzun fonksiyonunu bozacaktır.

Secim Kriteri;

- Yeterli büyüklükte arazi mevcutsa,
- İklim koşulları müsait ise,
- Alıcı ortam yüksek arıtma verimliliği gerektirmiyorsa (% 70–80),
- Tesisin inşa edileceği bölgeye yakın yerleşim alanları yoksa,
- Belediyenin yüksek teknoloji tesisini işletemeyeceği endişesi varsadır.

Kullanılan tipten: Havuz derinliğine ve ilave yüzeysel havalandırıcı kullanılıp kullanılmamasına göre değişik tipleri mevcuttur. Organik maddeleri parçalayacak mikroorganizmaların aerobik, anaerobik ve fakültatif tipte seçilmesine ve havuz derinliğine bağlı olarak şu tipleri vardır;

- Fakültatif stabilizasyon havuzları (derinlik = 1–2 m arası),
- Anaerobik havuzlar (derinlik = 2–5 m arası),
- Olgunlaştırma havuzları (derinlik = 1–3 m arası),
- Mekanik havalandırmalı lagünler (derinlik = 2,5–5 m arası).

Arıtma verimi: %70–80 civarında arıtma verimi elde edilebilmektedir.

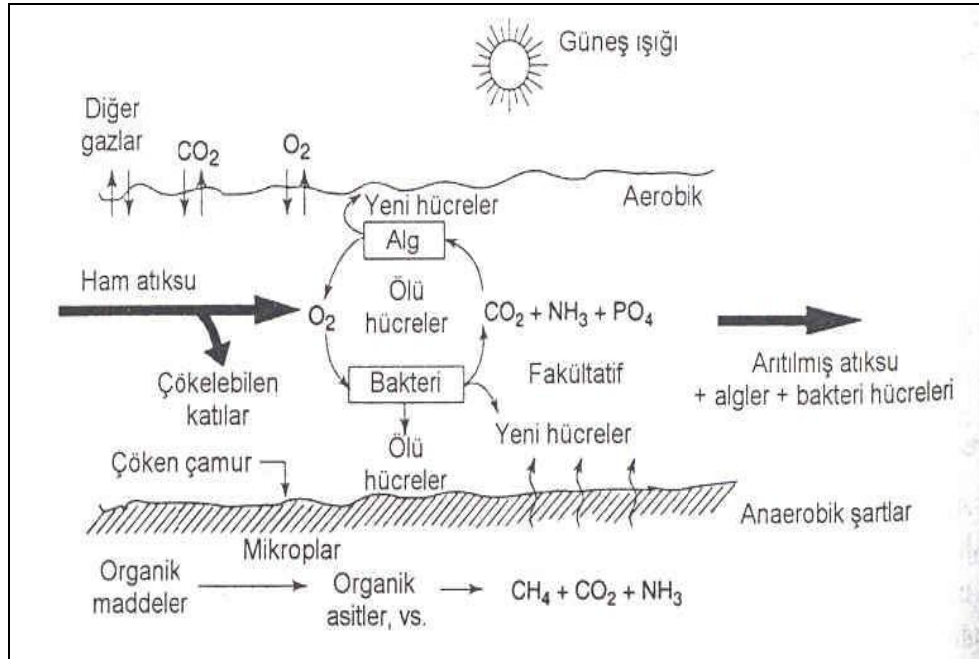
Alan gereksinimi: Seçilen tipine göre ve iklim koşullarına bağlı olarak kişi başına 2–4,5 m² alan gerekmektedir.

İşletme maliyeti: Giriş terfi merkezi ve yüzeysel havalandırıcı kullanılmıyorsa, sadece işletme personeli masrafı ve çok az miktarda bakım masrafı olacaktır (Toprak,2000).

Havuz Tipleri

- **Havali Stabilizasyon Havuzları:** Bu havuzlarda derinlik, ışık geçirimi ve fotosentezle alg oluşumunu en yüksek seviyede tutmak için yaklaşık 0,3 m veya daha az olmaktadır. Havali şartlar havuz derinliğinin tümünde her zaman korunur.

- **Havasız Stabilizasyon Havuzları:** Bu tip Stabilizasyon havuzlarında mikrobiyolojik aktivite havasız ortamda gerçekleşir. Anaerobik ve fakültatif mikroorganizmalar, nitratlar ve sülfatlardaki oksijeni kullanırlar. Bu tip havuzlar yüksek organik yükleri kabul edebilirler ve alg fotosentezi olmadan çalışabilirler. Işığın geçirimi bu havuzlarda önemli olmadığından, 3-4 m derinlikler kullanılır. Ancak günümüzde bu havuzlar yerine daha verimli oldukları için havasız çamur yataklı reaktörler (HÇYR) anaerobik çamur battaniyesi (AAÇB) sistemleri kullanılabilir.
- **Fakültatif Stabilizasyon Havuzları:** Bu tip havuzlar kısmen havalı, kısmen de havasız olarak çalışmaktadırlar. Bu nedenle hem alg hem de fakültatif mikroorganizma gelişimi olur. Derinlik genellikle 1-2 m'dir. Gündüz güneş ışığında havuz ağırlıklı olarak havalı karakterde iken, gece havuz tabanındaki su havasızdır karakterli olur. Tabanda biriken çamurun, çamur-su arakesit yüzeyinden itibaren birkaç mm'lik kısmı hariç, geri kalan tümü ise havasızdır. Dünyadaki mevcut havuzların çoğu fakültatif tiptedir. Bu havuzlardaki havalı ve havasızlık dereceleri değişkendir.



Şekil 2.5 Tipik bir fakültatif havuzda atık su arıtımı

Hiçbir arıtmadan geçmemiş atık suları kabul eden havuzlara ham veya birinci kademe stabilizasyon havuzları denir. Ön çökeltmeden geçmiş veya biyolojik olarak

arıtılmış atık suların geldiği havuzlara ise ikinci-kademe stabilizasyon havuzları adı verilir. İkinci kademe stabilizasyon havuzlarına örnek olarak olgunlaştırma havuzları sayılabilir. Stabilizasyon havuzlarında veya diğer konvansiyonel arıtma tesislerinde arıtılan atık sular, daha iyi hale getirilmek üzere (özellikle, bakteri sayısı azaltılmak üzere) belli bir süre (yaklaşık 5-7 gün) olgunlaştırma havuzlarında ilave arıtmaya tabi tutulurlar. Olgunlaştırma havuzları, organik yük yönünden oldukça hafif yüklenirler. Bu tip havuzların özellikle Güney Afrika'da çok kullanıldığı rapor edilmektedir. Sıcak iklimlerde olgunlaştırma havuzları, klorla dezenfeksiyona ekonomik yönden fizibil bir alternatif olmaktadır.

Farklı tipteki havuzların verimleri, aşağıda verilen faktörlere göre değerlendirilir:

- BOI giderimi,
- Mikroorganizma giderimi,
- Besi maddesi (N ve P) giderimi.

Çizelge 2.2. Havalı, havasız ve fakültatif stabilizasyon havuzları için parametreler (Şahinkaya, 2008)

Parametre	Havalı	Fakültatif	Havasız
Hidrolik Kalış süresi, gün	5-20	10-30	20-50
Su derinliği, m	03-1	1-2	2,5-5
BOI ₅ yükü, kg/ha.gün	40-120	15-120	200-500
Çözünmüş BOI ₅ giderimi, %	90-97	85-95	80-95
Toplam BOI ₅ giderimi, %	40-80 ¹	70-90	60-90
AKM giderimi, %	100-120	90	
Alg konsantrasyonu, mg/l	100-250	20-80	0-5
Çıkış AKM, mg/l	20-70	40-100	70-120
Çıkış BOI, mg/L		15-40	100-500
Sıcaklık Aralığı, °C		0-50	

¹çıkışta yüksek alg konsantrasyonundan dolayı toplam BOI₅ giderimi düşüktür.

Havuz Ekosistemini Etkileyen Faktörler

Havuz projelendirilmesini etkileyen çeşitli faktörler, aşağıda verilmektedir:

- Atık su özellikleri ve değişimi,
- Çevresel faktörler (radyasyon, ışık, sıcaklık ve bunların değişimleri),
- Alg büyüme modeli, bunun günlük ve mevsimsel değişimi,
- Bakteri büyüme modelleri ve ölme hızları,
- Akımın hidrolik rejimi,

- Buharlaşma ve sızma,
- Katı madde çökmesi, sıvılaşma, gazlaşma, aşağıdan yukarı difüzyon ve çamur birikimi,
- Ortak yüzeylerde gaz transferi.

Normal İşletme

Karıştırma

Lagünlerin yüksek verimde çalıştırılabilmesi için lagün alanının ve derinliğinin en iyi bir şekilde kullanılması gerekir. Bunun içinde giriş suyunun lagüne çok iyi bir şekilde dağıtılması gerekir.

Havalandırmasız lagünlerde en etkili karışım yüzeydeki rüzgâr etkisi, giriş ve çıkış düzenleri ile meydana gelir. Ayrıca, giriş suyu ile lagün muhtevası arasındaki sıcaklık farkı, giriş suyunun kinetik enerjisi, güneş enerjisi ve buharlaşma müşterek etkisi sonucu hasıl olan tabii sıcaklık gradyanı ve zemin ile hava arasında doğrudan konvektif ısı değişimi sebebi ile ilave karışımlar olur.

Çamurun Depolanması ve Parçalanması

Az yüklü aerobik veya fakültatif lagünlerde çamur birikmesi olmaz. Bununla beraber giriş yapısı etrafında özellikle soğuk havalarda, az miktarda çamur birikimi olabilir.

Aşırı yüklü aerobik veya fakültatif lagünlerde çamur birikimi önemli derecelere ulaşabilir. Anaerobik ve havalandırılan havuzlarda çamur birikimi ekseri çok fazladır.

Aerobik ve Fakültatif Lagünlerin İşletme Karakteristikleri

Sıcak aylarda uygun bir şekilde çalıştırılan lagünler, alglerden dolayı parlak yeşil renkte görülür. Soğuk aylarda biyolojik faaliyet yavaşladığı için havuz rengi önce kahverengi sonra griye döner.

Lagünlerin yüzeylerinin buz ile kaplandığı zamanlarda da alglerin fotosentetik faaliyetleri bir dereceye kadar devam eder. Şayet bu buz tabakasının üzeri kalın bir

kar tabakası ile kaplanırsa bu halde faaliyet durabilir. Bu sebepten dolayı soğuk aylar için bir miktar daha fazla hacime ihtiyaç vardır.

İlkbaharda lagün yüzeyi eriyince, yüzey suyunun sıcaklığı (-) dereceden +4 derecenin yüzeyine çıkarken, lagündeki sular altüst olur. Bütün kış boyunca depolanan materyal bu sırada bütün havuza dağılır. Yine bu alanda bakteri faaliyetleri hızla başlar. Bunun sonucu havuzda çözülmüş oksijen konsantrasyonu azalır ve hatta anaerobik şartların göstergesi olan kokular hissedilmeye başlar. Kokunun başladığı ve çıkış suyu kalitesinin çok kötüleştiği ilkbaharın bu periyodu lagün işletmesinin en kritik dönemini meydana getirir (Topacık, 1987).

İşletme Problemleri

Bu problemler üç grupta toplanır.

Verim ile İlgili İşletme Problemleri

Kötü giderilme ve kötü kalite çıkış suyu aşağıdaki sebeplerden meydana gelebilir;

- Aşırı yükleme,
- Düşük sıcaklıklar,
- Buz teşekkülü,
- Girişte toksik madde,
- Besi maddesince fakir endüstriyel atık sular,
- Sekonder akımlar,
- Çamur depolanması, sızma ve buharlaşma sonucu sıvı hacminde azalma,
- Havalandırma ekipmanında bozukluk,
- Karıştırma ekipmanında bozukluk,
- İşletme derinliğinin ışık penetrasyon derinliğinden çok fazla olması,
- Aşırı alg büyümesi ve yağmur sularının getirdiği sürüntü maddeleri sonucu ışık penetrasyonunun azalması,
- Havuzda büyük bitkilerin büyümesi sonucu ışığın engellenmesi.

Kötü Çevresel Etkiler

Bu etkiler şu sebeplerden meydana gelebilir.

• Kabaran sıvıda, köpükte veya çamurdaki anaerobik şartlardan ileri gelen kokular,

- Aeratörlerden çevreye saçılan köpükler ve kirlere,
- Böcek üremeleri,
- Sızma sonucu yeraltı suyunun kirlenmesi.

Zararlı Şartlar

İnsanlara veya tesise zararlı olabilen bu zararlı şartlar şu sebeplerden ileri gelebilir,

- Dalga tesiri ile lagünün iç yüzeylerinde meydana gelen oyulmalar,
- Farelerin ve diğer küçük yabani hayvanların yuvalarının sebep olduğu zararlar,
- Yeraltı sızmalarını ve suyun borulanmasına sebep olan iri ağaçların kökleri.

Bazı İşletme Problemlerinin Çözümleri

Aşırı Yükleme

Aşırı yükleme bir projelendirme hatasıdır. Bununla beraber bu problem kısa bir sürede azaltılabilir. Bu maksatla lagüne ağırlık olarak giriş suyundaki BOI yükünün %5-%15 nispetinde sodyum nitrat (oksijen kaynağı olarak) (Lagünün birim metrekaresine 11,2 gr) ilave edilir. Veya lagünün birim m³ hacmine ilk gün 24 gr. takip eden günlerde 2-12 gr. nispetinde sodyum nitrat ilave edilir. Bu şekilde hesap edilen sodyum nitrat küçük lagünlerde kıyıda büyük lagünlerde ise bot ile lagün dolaşarak bütün lagüne serpilir.

Kimyevi maddeler giriş bacalarına veya terfi merkezlerinin emme çukurlarına ilave edilebilir. Tecrübe bazında sulandırılmış hidrojen peroksit bu maksatla da denenebilir.

Başka bir yolda, havalandırıcıları part time çalıştırmaktır. Havalandırma ekipmanı tabanda çökmüş maddelerinde askıda madde haline getireceğinden koku

problemi oluşabilir. Bu koku kısa bir süre sonra kaybolabilir. Lagün 2 veya 3 gün sonra tekrar stabil işletme şartlarına döndüğü zaman koku kesilecektir.

Düşük Sıcaklık

Bu sıcaklıklar operatörün kontrolü dışındadır. Projelendirme sırasında dikkate alınmalıdır. Çok soğuk havlarda havuzlar paralel çalıştırılmalıdır. Ancak bu suretle çıkış suyu kalitesi bir dereceye kadar iyi kalitede tutulabilir. Anaerobik lagünler, sıcaklık değişmelerine karşı çok hassastır.

Buzlanma

Lagünlerin üzerinde buzlanma olursa bir dereceye kadar fotosentez olayı devam eder. Soğuk bölgelerde, yüzeysel havalandırıcıların bıçaklarının üzerinde buzlanma olması sonucu çalışmaz hale gelebilirler. Bu buzlanma rotorun dengesini de bozabilir.

Soğuk bölgelerde difüzyörlü havalandırıcıların kullanılması faydalıdır.

Toksik Maddeler

Endüstriyel atıklar özellikle ağır metaller lagünlerde toksik tesir yaparlar. Bu gibi atıklar lagünlere verilmeden evvel kaynaklarında kontrol edilmelidir. Pestisitler ve ilaç endüstrisinden verilen antibiyotikler gibi bazı organik maddeler toksik etki yaparlar. Bununla beraber lagünlerin mikroorganizmal yapısı bu maddeleri, belirli bir süreden sonra, parçalanma ve asimile etme kabiliyetine sahiptir.

Besi Maddesi Eksikliği

Besin endüstrisinden atılan karbonhidratlar, organik kimyevi madde imalathanelerinden verilen hidrokarbonlar ve kâğıt fabrikalarının bazı selülozik atıkları gibi bazı endüstriyel atıklar azot veya fosfor veya hem azot hemde fosforca fakir olabilir. Atıklarda normal biyolojik faaliyetin olabileceği miktarda besi maddesinin bulunup bulunmadığı veya ne tip besi maddesi eksikliği olduğu yapılacak laboratuvar analizleri ile belirlenebilir.

Lagünlerde tespit edilen besi maddesi eksikliği az miktarda ise az miktarda evsel atık sular lagüne verilmek suretiyle giderilebilir. Büyük miktarlardaki besi maddesi eksiklikleri kimyasal maddeler lagüne ilave edilmek suretiyle karşılanır.

Kısa Çevrimler

Lagünlerde bekleme süresini kısaltan kısa çevrimler geniş ölçüde bir projelendirme problemidir. Boru hatlarında küçük çapta yapılacak düzeltmeler yardımı ile bu problem bir dereceye kadar giderilebilir. Rüzgar tesiri ile meydana gelen kısa çevrimler rüzgar ızgaraları inşa ederek azaltılabilir. Bazı halde bu rüzgar ızgaralarını kullanmak en iyi çözüm olabilir.

Hacim Azalması

Lagünlerde çamurların birikmesi sonucu lagünlerin etkili hacmi ve dolayısıyla verimi azalabilir. Biriken çamurlar daha ziyade kum ve silit gibi organik maddelerden meydana geliyorsa bu durum şehir yol ve alanlarının iyi drenaj yapılmadığını ve bunun sonucu bu tip maddelerin atık su kanallarına girdiğini gösterir.

Aşırı buharlaşma veya zemine sızma sonucu lagünlerin su seviyeleri düşüyorsa, bu problem çevre yüzey drenaj suları veya çevredeki nehir suyu lagüne verilmek suretiyle kısa sürede düzeltilebilir.

Işık Penetrasyonu

Sıcak havalarda, fazla derin sularda, aşırı bulanıklık veya alg büyümesi veya lagünlerin üzerlerini kaplayan kir tabakası sebebiyle ışığın penetrasyonu azalır. Bunun sonucu alglerin fotosentetik faaliyetleri engellendiği için oksijen üretimi azalır. Neticede lagün çıkış suyu kalitesi bozulur.

Bu problemleri azaltmak için;

- Lagün derinliği azaltmak (0.9 – 1.5),
- Atık su kanalına yağmur suyunun girmesini önlemek,
- Lagün yüzeyindeki kir tabakasını sıyırıp almak gibi tedbirler düşünülmelidir.

Lagün seddelerinde aşırı bitki büyümesi ışık penetrasyonunu veya rüzgar etkisini azaltabilir (Topacık, 1987)

Koku

Lagündeki su kütlelerinde, çamur tabakasında veya kir tabakasında anaerobik şartlar meydana gelirse koku olayı ortaya çıkar. Yangın hortumları, uzun ahşap kürekler ve dıştan askılı motorlar kullanılarak bu septik çamurlar veya kirler ya uzaklaştırılır ya da tekrar askıda madde haline dönüştürülür.

Lagünler iyi işletilseler dahi bazı mevsimlerde özellikle ilkbaharda havalar ısınmaya başlayınca aerobik ve fakültatif havuzlarda genellikle birkaç gün koku meydana gelir. Bu belirli sürenin haricinde koku meydana gelir ve daha uzun süre devam ederse “koku kontrol faaliyet”lerine başlanmalıdır.

Aerobik ve fakültatif havuzlarda alg patlaması olduğu zamanda da koku meydana gelir. Bu alg “blooms”ları mavi yeşil alglerden meydana gelir. Bir miktar koku çıkaran bu alglerin ölmeleride ani olur. Bunun sonucu yani alglerin ani ölümü ile lagünler ani ve büyük bir BOI yükü ile yüklenir. Neticede lagün anaerobik duruma geçer ve koku neşreder. Alg “blooms”ları baskı sülfat veya bazı tipte ot öldürücü (harbicides) kimyasal maddeler kullanılarak durdurulabilir.

Koku anaerobik havuzlarda, aerobik lagünlerden daha fazla olur. Anaerobik havuzlarda parçalanma iki kademededir asidojenik ve metanojenik tarafından gerçekleştirilir. Metanojenik bakteriler ısıya ve pH ya karşı çok hassastır. Koku asidojenik ilk kademededir olur. İkinci kademededir olmaz. Birinci kademe ikinci kademedenden daha hızlı bir reaksiyondur. Bu sebepten aşırı yükleme anında metan bakterilerinin kullanabildiklerinden daha fazla uçucu asit ara ürünleri meydana geldiği için koku meydana gelir. pH da hasıl olan düşme metan reaksiyonunu durdurur. Metan teşekkülü ayrıca çok düşük sıcaklıklarda da durabilir.

Böcek Üremesi

Atık su arıtma tesisi lagünlerinde en fazla rastlanan böcekler sivrisinekler, ufak sinek, kınkanatlılar, yusufluk sayılabilir. Sivrisinekler malarya, ensafality ve diğer hastalıkların vektörünü taşıır.

Böcekler lagünlerin bitkilerle kaplanmış, durgun ve sakin bölgelerinde bilhassa ürerler. Lagünlerde bitki gelişmesini önlemek için yapılan ilaçlama ve alınan tedbirler böceklerin kontrolünde da etkili olur.

Lagünler sistemden izole edilir ve böcek ilaçları kullanılırsa böceklerin üremesi o derece etkili önlenabilir. Bu maksatla lagüne 1 – 2 gün boyunca atık giriş ve çıkışını kesmek yeterli olabilir. Daha uzun süre uygulama yapılacak ise daha düşük dozajlar kullanılabilir. Ayrıca bu durum alıcı ortamda daha az tesir bırakır. Başka lagün gözleri yoksa evvela lagündeki su seviyesi yavaş yavaş alçaltılmalıdır. Daha sonra giriş suyu depolanırken ilaçlama yapılır (Topacık, 1987)

Data Toplanması

Stabilizasyon havuzlarının işletilmesi sırasında bazı parametreler kontrol edilmesi gerekmektedir. Hem tesisin uygun bir şekilde çalıştırılıp çalıştırılmadığını anlamak, hemde tesis çıkış suyunun resmi dairelerin istediği deşarj standartlarını sağlayıp sağlamadığını tahkik etmek için bulanıklık, KOİ, AKM, Ç.O. parametrelerine bakılır.

2.1.4. Bardenpho (Beş Basamaklı)

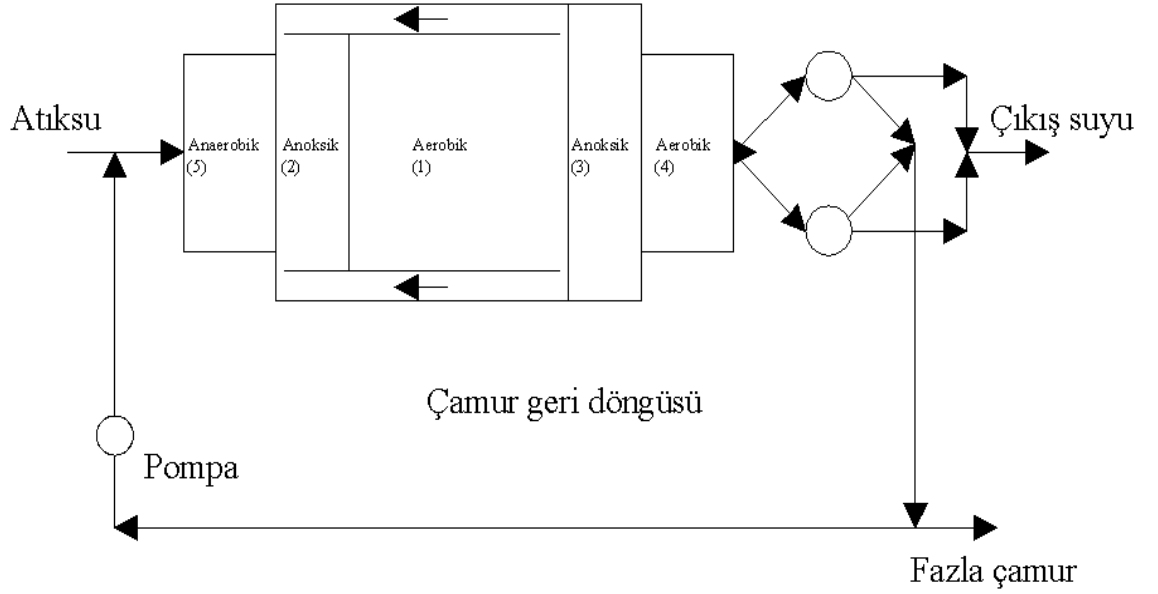
Bardenpho prosesi, Pretorio, "Güney Afrika'da "Su Araştırmaları İçin Ulusal Enstitü"de birleşik aktif çamur azot giderme sistemi üzerinde çalışma süresince geliştirildi.

Biyolojik fosfat giderme için anaerobik-aerobik dizi sistemi sağlamak üzere 4 evre Bardenpho azot giderim prosesi önüne bir anaerobik evre eklenir. Şekil 2.6.'da ilişkin ilk aerobik tankta, nitrifikasyon, karbon oksidasyonu ve fosfat emilimi oluşur. İlk aerobik tanktan gelen çıkış suyu 2:1 oranında ilk anoksik tanka çevrilir. İlk anoksik bölgede denitrifikasyon oluşur; iç geri çevrimden gelen nitrat azotu, azot

gazına indirgenir. İkinci anoksik tank denitrifikasyon için oksijen kullanır, yeterli zaman sağlar ve tekrar ÇO yerine nitrat son aerobik tank, çökeltme tankındaki istenmeyen anaerobik şartların minimize edilmesi için yapılır ki; bunun nedeni çökeltim tankında fosfor serbest bırakımı gerçekleşmemesi içindir. Çökeltim tankından alınan çamur bir kısmı sistemin başına geri döndürülür. Geri devir çamuru ve giriş suyu karıştırılarak anaerobik bölüme verilirler. Burada, fosfat serbest bırakımı ve BOİ giderimi gerçekleşir. Bakteriler tarafından emilen fosfat atık çamur içinde sistemden uzaklaştırılır.

Anoksik bölge için hacim eklemesi ve nitrifikasyon gerçekleşmesine izin verilmesi için sistemde kullanılan çamur bekletme süresi 18 gündür. Toplam hidrolik bekletme süresi 22 saat olup bunun 1,5 saati anaerobik kısımdadır. Atık biyokütleden fosfor gidermeyi kesinleştirmek için; anaerobik şartların başlamasından ve sıvı içine fosfor serbest bırakmasından önce, atık çamur çok hızlı bir şekilde susuzlaştırılmalıdır.

Bardenpho prosesi ile atıksudan hem fosfat ve azot, hem de BOİ(organik karbon) uzaklaştırılır. Prosesin akım şemasında verilmiştir. Bardenpho prosesinin arıtım safhaları şu şekilde ifade edilebilir. (1) nolu havalandırma tankında BOİ giderimi yanında nitrifikasyon ve polifosfat birikimi sağlanır. Bu biyoreaktörün çıkış suyu(2) nolu anoksik reaktöre yüksek bir geri döngü ile verilir. (2) nolu reaktörde denitrifikasyon ile nitrat azot gazına N_2 dönüştürülür. Bu reaktörün çıkış suyu da (3) nolu anoksik reaktöre verilir ve burada kalan nitrat denitrifiye edilir. Azotu giderilen atıksu (4) nolu aerobik reaktöre verilerek burada hem BOİ giderimi hem de polifosfat birikimi sağlanır.(4) nolu reaktörün çıkış suyu çökeltim tankına verilerek çökelen biyokütle geri döngü ile (5) nolu anaerobik reaktöre verilir. Burada polifosfat parçalanarak ortama fosfat olarak verilir.(5) nolu reaktörden (1) nolu reaktöre geçen atıksuda fosfat iyonları polifosfat olarak tutulur. Bu döngü böylece devam ederken azot ortamdan azot gazı N_2 olarak, fosfat ise fosfatça zengin çamur olarak uzaklaştırılmış olur. Karbon bileşikleri ise aerobik reaktörlerde oksitlenerek karbondioksite(CO_2) dönüşmektedir.



Şekil 2.6. Bardenpho Prosesi Akım Şeması. (İleri,2000)

Azot Giderimi

Son yıllara kadar, proseslerin kirlilik kontrollerinde vurgulanan prensip, atık sulardan gelen karbonlu organik maddelerin hızlı ve ekonomik giderimi için olmuştur. Azotlu bileşiklerinin öneminin kirletici olarak tanımlanmasından beri azot giderimi için yeni prosesler geliştirmek ve geleneksel atıksu arıtma tesislerinin modifikasyonu için, prosesler geliştirmeye yoğun çaba hazırlamıştır.

Azot giderimi için amonyak sıyırma, kırılma noktası klorlaması ve seçici iyon değişimi gibi sayısız fizikokimyasal metotlar bulunmuştur; ancak yüksek erişim maliyeti ve güvenilmezliği yüzünden bunlar popüler bulunmamıştır. Azot giderimi için en ucuz ve en başarılı teknik, atıksu arıtma tesislerindeki reaktörlerde oluşan biyolojik azot çevriminin ve mühendislik şartlarının içinde bulunduğu reaksiyonları içermektedir.

Atıksular karbon bileşiklerinin yanı sıra azot, fosfor, kükürt v.b. gibi bileşikler de içerirler. Atıksulardan azot giderimi genellikle biyolojik yöntemlerle olur. Organik azot bileşikleri (proteinler, amin ve amidler) organizmalar tarafından parçalanarak amonyum'a dönüştürülür. Amonyumun bir kısmı organizmalar tarafından asimile edilerek hücresel proteinlere dönüştürülür. Amonyumun büyük bir kısmı da "Nitrifikasyon bakterileri" tarafından önce nitrit ve sonrada nitrata

dönüştürülür. Bu prosese “Nitrifikasyon” denir. Oluşan nitrat iyonları “Denitrifikasyon Bakterileri” tarafından önce nitrit sonra da azot gazına dönüştürülür. Bu prosese de “Denitrifikasyon” denir. Azot, atmosferde %79 oranında bulunan ve doğa tarafından kabul edilebilir bir gazdır. Su ve toprakta bulunan azot bağlayıcı organizmalar da azot gazını, amonyum halinde tutarlar. Azot döngüsü bu şekilde devam eder.

Atıksulardan azot giderimi ardışık Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon safhaları ile sağlanır.

Nitrifikasyon

Nitrifikasyon atıksu da mevcut amonyum (NH_4) iyonlarının bakterilerle nitrat (NO_3) iyonlarına dönüştürülmesidir. Nitrifikasyon iki basamakta gerçekleşmektedir. İlk basamakta amonyum Nitrosomonas ile nitrite, ikinci basamakta ise nitrit, Nitrobacter ile nitrata dönüştürülür.

Nitrosomonas ve Nitrobacter; Karbon kaynağı olarak karbondioksit (CO_2)'i kullanan, enerjiyi NH_4 ve NO_2 'nin oksitlenmesinden sağlayan aerobik ve ototrofik organizmalardır. Nitrifikasyon bakterileri, aktif çamur sistemlerinde mevcut karma kültürün bir parçası olup genellikle nitrifikasyon, BOI giderme işlemlerine paralel olarak gerçekleştirilir. Ancak, daha etkili nitrifikasyon sağlayabilmek için bu işlem ayrı bir basamakta gerçekleştirilebilir.

Amonyumun nitrite oksitlenmesi, nitritin nitrata oksitlenmesinden daha yavaş olduğundan hız belirleyici bir basamaktır.

Nitrifikasyon biyoreaktörleri tasarım eşitlikleri, karbon gideriminde kullanılan aktif çamur ya da damlatmalı filtre tasarım eşitlikleri ile aynıdır. Tek farklılık, biyokinetik sabitlerdir.

Tasarım hesaplamaları için genellikle amonyağı nitrata oksitlenmesi için gereken oksijen, yaklaşık 4,57 mg/L dir ki; bu sık sık dizayn hesaplamaları için tavsiye edilir.

Nitrifikasyonu başarmak için nitrifikasyon organizmalarının büyümesi için uygun şartlar gerekir; 1972'de Reeves azot giderimini ele alan bir literatür çalışması yaptı ve nitrifikasyon için gerekli şartların literatürde çeşitli çelişkiler içerdiği sonucuna vardı. Bu çalışmaya göre nitrifikasyon için temel şartların taslağı çıkarılmıştır. Biyolojik arıtmada nitrifikasyon için en az 0,5 mg/L çözülmüş oksijen, aktif çamur ünitesinde en az 8 saat bekleme süresi ve düşük F/M oranına göre yükleme faktörünün gerektiğini bulmuşlardır. Diğer araştırmacılar, değerlerin bazı durumlarda bir öncekinden etkili derecede farklı olduğunu belirtmişlerdir. Örneğin, Bringman (1960) bekleme süresi için 3 saat gerektiğini belirtirken, Wuhrman bekleme süresi 0,48-2 saat olduğunda nitrifikasyonun kaybedilir olduğunu buldu. Bununla birlikte, şimdiye gelindiğinde aşağıdaki değerlerde daha çok kullanılmaktadır.

Bunlar;

ÇO>3,5 mg/L,

MLSS>3000 mg/L,

Hidrolik Bekleme Süresi>10 saat,

Katı Bekleme Süresi >3 gün,

Ve eğer sabit film reaktörler kullanılırsa derinlik >2,4 metredir.

Nitrifikasyon prosesleri, karbon oksidasyonu ve nitrifikasyon fonksiyonlarının ayrımının derecelerine göre sınıflandırılabilir. Karbon oksidasyonu ve nitrifikasyon tek kademeli olarak adlandırılan tek bir reaktörde gerçekleştirilebilir. Ayrık kademede, nitrifikasyon ve karbon oksidasyonu ayrı reaktörlerde olur. Süspanse ve bağlı büyüyen reaktörler, tek kademeli veya ayrık kademe sistemlerinde kullanılabilir.

Biyolojik Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon

Denitrifikasyon, nitrit ve nitratın; gaz azot bileşiklerine, azot gazı, nitrus ve nitrit oksitlerine indirgendiği ve düşük oksijenin bulunduğu şartlarda solunum mekanizmalarındaki oksijen ihtiyaçlarının karşılamak için nitrat kullanan mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen prosese verilen isimdir.

1940'larda denitrifikasyonun, birçok aktif çamur atıksu arıtma tesisinde olduğu bulunmuştur. Bu, biyolojik azot gideriminde önemli sayıda araştırmayı kısıtlamıştır. Sonuç olarak, denitrifikasyon evsel atıksu arıtımında en çok kullanılan azot giderme prosesi haline gelmiştir. Günümüzde de azot arıtımı gereken, birçok endüstriyel atık için proses seçeneğidir.

Azot gazına dönüşümle nitrat giderimi anoksik şartlar altında (çözünmüş O_2 yokluğunda) biyolojik olarak başarılabilir. NO_3-N indirgenmesinde asimilatör ve disimilatör olarak iki tip enzim sistemi mevcuttur. Asimilatör nitrat indirgeme prosesinde, biyosentez sürecinde hücreler tarafından kullanılmak üzere NO_3-N , amonyak azotuna dönüştürülür ve NO_3-N azotun kullanılabilir tek şeklidir. Disimilatör nitrat indirgeme prosesinde, NO_3-N azot gazı şeklini alır, bu proses atıksuların denitrifikasyonunda görülebilir. Çoğu biyolojik nitrifikasyon ve denitrifikasyon sisteminde bakteriler tarafından nitratın, azot gazına dönüşmesinde enerji kaynağı sağlamak için atıksu yeterli karbon içermelidir. Karbon gereksinimi, atıksu ve hücre maddesi gibi iç veya dış kaynaklar (örneğin metanol) tarafından sağlanabilir.

Atıksulardan azotun tamamen giderimi, hem nitrifikasyon hem de denitrifikasyonu gerektirir, çünkü denitrifikasyon nitrat bulunmaksızın gerçekleşemez. İki reaksiyon çevresel gereksinimlerin ana zıtlıklarını özellikle oksijen ile ortaya çıkarır, bu proseslerin tek reaktör içinde olması zordur. Ancak, havalandırıcıların kapalı olduğu reaktör içinde özel bölgeler sağlanması yani sadece karışımın olduğu şartlarda, hızla oluşur ve denitrifikasyon gerçekleşir. Bu olay kolaylıkla tapa-akışlı reaktörlerde, engelli akışlı tanklarda veya sonsuz kanallı oksidasyon hendeklerinde başarılabilir. Çıkış suyunda istenilen nitrat konsantrasyonlarını elde etmek için çamurun büyük bir bölümünün geri çevrimi ve gereksinim duyulan 1,5-2 oranında bir çamur geri devri gerekliliği bulunmuştur.

Tüm denitrifikasyon prosesi AWWA (1992) tarafından özetlenmektedir:



- Oksijen geri kazanımı 2,86 kg O_2 / kg NO_3-N
- Alkalinite geri kazanımı 3,0 kg $CaCO_3$ / kg NO_3-N

- Biyokütle üretimi 0,4 kg VSS / kg KOİ

Görüldüğü gibi denitrifikasyonun, oksijen ve alkaliniteyi geri kazandığı ve daha fazla VSS ürettiği görülür. Bu nedenle denitrifikasyonda nitrifikasyona ilerleme, oksijen tüketimine ilişkin ekonomik bir adımdır. Tipik olarak yaklaşık %25'den daha az oksijen nitratlaştırıcı/denitratlaştırıcı tesislerinde kullanılır. Çünkü denitrifikasyon, parçalanabilir karbon kaynaklarına gereksinim duyar, bu çoğunlukla, prosesin başındaki anoksik ortamlara büyük miktarda nitratlaştırılmış atığın geri çevrimi tarafından sağlanmaktadır.

Nitrifikasyonun, sadece amonyumu nitrate okside etmesinden dolayı, denitrifikasyon toplam azot azaltmasını başarmak için prosesin içine dahil edilmelidir.

Bu denitrifikasyon adımını başarmak nitrifikasyondan biraz daha zordur çünkü aynı ortamda parçalanabilir karbon kaynağı ve nitratın her ikisinin de bulunması gerekir.

Bu 3 genel yolla başarılabilir,

- Denitrifikasyon bölgesine veya reaktöre metanol veya asetat gibi ekzojenik karbon kaynağı sağlamak,
- Atıksudaki CBOI'in azaltılabilir karbon kaynağı olarak kullanımı ya (1) Nitratlaştırılmış atığın büyük bir miktarının akış planının başındaki anoksik ortama geri çevrimi ya da (2) ham atıksuyun veya ilk atıksuyun bir bölümünün nitrat içeren bölgeye çevrilmesiyle olur.
- Hücrede bulunan endojenik karbonun azaltılabilir karbon kaynağı olarak kullanımı.

Denitrifikasyon

Azot, alıcı ortamlarda oksijeni tüketir. Bu nedenle deşarjdan önce giderilmesi gerekir. Nitrifikasyon işleminde azot sadece form değiştirerek, nitrate dönüşür ve azot ancak denitrifikasyon yolu ile giderilir.

Nitrifikasyonda oluşan nitrat/nitrit konsantrasyonları belli seviyenin üzerinde toksik olduğu için denitrifikasyonla azot gazına dönüştürülür. Denitrifikasyon, oksijensiz ortamda nitratın (NO_3), azot gazına (N_2) dönüştürülmesidir. Burada, nitrat elektron alıcı olarak davranır. Bazı aerobik heterotrofik ve ototrofik organizmalar, oksijensiz ortamda nitratı elektron alıcı olarak kullanarak denitrifikasyon işlemini gerçekleştirirler.

Pseudomonas, *Bacillus*, *Spirillum*, *Acinetobacter*, *Rhizobium* ve *Agrobacterium* gibi birçok tür denitrifikasyon yapabilmektedir.

Oksijen ve organik madde yokluğunda, bazı ototrofik amonyak oksitleyiciler, amonyumu elektron verici, nitriti de elektron alıcı olarak kullanır ve denitrifikasyonu gerçekleştirir.

Denitrifikasyonu etkileyen şartlar;

Nitrat konsantrasyonu: Denitrifikasyonda nitrat elektron alıcı olarak kullanıldığından, konsantrasyon arttıkça denitrifikasyon hızı artacaktır.

Anoksik şartlar: Oksijen var ise, bakteriler elektron alıcı olarak oksijeni tercih eder. Çünkü daha fazla enerji üretebilirler. Örneğin aerobik glikoz oksidasyonunda 686 kcal/mol glikoz enerji üretilirken, anoksik şartlarda bu değer 570 kcal/mol glikozdur. Bu nedenle, denitrifikasyon sırasında oksijen mevcudiyeti verimi düşürecektir. Fakat yüksek oksijen konsantrasyonlarına sahip aktif çamur ünitelerinde bile denitrifikasyon gözlenebilir. Bunun nedeni ise, biyo-yumaklar içerisinde, derin noktalarda oksijen konsantrasyonu düşük olup bu noktalarda nitrat elektron alıcı olarak kullanılır.

Organik madde varlığı: Denitrifikasyon bakterileri için organik madde şarttır. Çünkü organik madde elektron verici olarak kullanılacaktır. Birçok madde elektron alıcı olarak kullanılabilir: asetat, metanol, sitrik asit gibi. Ayrıca, evsel ve endüstriyel atıksuların bünyesinde bulunan organiklerde bu amaçla kullanılır.

İz elementlerin etkisi: Bazı iz elementler denitrifikasyon bakterileri için gereklidir. Molibden nitrat redüktaz enziminin sentezi için gereklidir.

Toksik kimyasallar: Denitrifikasyon bakterileri toksik kimyasallara karşı çok hassastır.

Atıksu Arıtma Tesislerinde Fosfor Giderimi

Fosfor ham atıksularda 3 şekilde bulunur: ortofosfat (PO_4), polifosfatlar (P_2O_7) ve organik fosfor. Ortofosfor, mikroorganizmalar tarafından hızlıca sindirilebilir ve polifosfatlar ve organik fosfatlar genellikle orto şekle mikroorganizmalar tarafından hidroliz edilir. Polifosfatlar ve organik fosfor içeriği, atıksulardaki fosforun %40-70'i olarak açığa çıkar.

Atıksularda toplam fosfor konsantrasyonu 10-20 mg/L olup, genellikle ortofosfat (%50-70) ve organik fosfor şeklindedir. Biyolojik olarak arıtılmış sularda ortofosfat hakimdir.

Fosfor, alıcı ortamlarda ötröfikasyona sebep olup, deşarj edilmeden önce mutlaka giderilmesi gerekmektedir. Fosfor giderimi kimyasal ya da biyolojik yollarla gerçekleştirilebilir:

- Yüksek pH larda Ca, Fe ve Al ilavesi ile kimyasal çöktürme
- Mikroorganizmalar tarafından hücre içine alınması (asimilasyon)
- İleri biyolojik fosfor giderimi (enhanced biological phosphorus removal (EBPR))
- Mikroorganizmalarında kullanıldığı, kimyasal çökeltim
- Adsorpsiyon ve iyon değişimi.

Klasik atıksu arıtma tesislerinde sadece %10-25 fosfat arıtımı gerçekleştirilebilir. İlave fosfat giderimi, atıksuya demir, aliminyum tuzları ilavesi ile gerçekleştirilir. Kireç, aşırı çamur oluşumuna neden olduğundan pek tercih edilmez.

2.1.5. Damlatmalı Filtre

Damlatmalı filtreler 1900 yıllarında, İngiltere'nin Birmingham kentinde geliştirilmiştir, İngiltere'de 1893 ve ABD'de 1908 yılında uygulanmıştır. Bu ilk filtreler temas filtreleri olarak çalıştırılmıştır. Atıksu bu filtrelerde dolgu malzemesi

ile temas için 6 saat bekletildikten sonra boşaltılarak filtre 6 saat de boş tutulmuştur. Bu kadar uzun süre dinlendirme zamanının gerekliliği yanında tıkanma problemi ve diğer nedenlerle temas filtreleri uzun bir süre uygulama alanında kalamamış ve bunların yerini bugünkü damlatmalı filtreler almıştır.

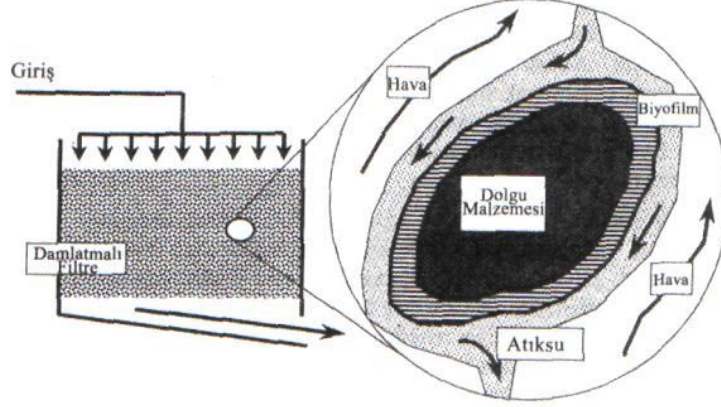
Buradaki arıtma genelde bir akarsuda kendi kendine arıtma dediğimiz ve akarsu tabanındaki taşlara tutunarak yaşayan bakterilerin sağladıkları arıtmaya benzerlik gösterir. Damlatmalı Filtre Sistemi doğal olayların suni olarak yaratıldığı bir arıtma sürecidir. Burada organizmalar atıksu içinde bulunan organik maddeleri, yeni hücrel caddelerin sentezi için bir enerji ve malzeme kaynağı olarak kullanır ve ayrıştırırlar. Bu şekilde kompleks bileşiklerden hareketle bir seri biyokimyasal reaksiyon oluşur ve zaman içinde daha basit bileşiklere ayrılarak sonuçta, dengeli son ürünler meydana gelir. Sabit yataklı sistem olarak da tanımlanan damlatmalı filtre sistemlerinde biyofilmde oluşan olay ve reaksiyonların arıtma verimine büyük etkisi vardır. Biyofilm sistemlerinin başarılı kullanımında dolgu malzemeli damlatmalı filtreler yanında biyodiskler de yaygın uygulama alanı bulmuşlardır. Özellikle 1973 - 1974 yıllarında meydan gelen petrol krizi nedeniyle enerji tüketimi düşük olan bu sistem ABD'de yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyodisklerin işletme ve bakım masrafları damlatmalı filtrelere ve özellikle aktif çamur sistemlerine göre oldukça düşüktür.

Genel Hususlar

Filtre aerobik mikroorganizmaların oluşumuna ve gelişmesine uygun olmalıdır. Aerobik bir çevre, yani serbest oksijen mevcut olmalıdır. Atıksu içinde yeterli miktarda organik madde bulunmalıdır.

Damlatmalı filtre sistemleri biyolojik arıtmayı sağlayan mikroorganizmaların dolgu malzemesi olarak kullanılan taş, seramik, plastik ve benzeri maddelerden oluşturulan yüzeylere tutunarak biyolojik arıtmayı gerçekleştirdikleri atıksu arıtma sistemleridir. Taş, seramik, plastik gibi maddelerin oluşturduğu dolgu malzemesi oksijen tüketen bakterilerle ve yüksek seviyedeki organizmalarla kaplıdır. Bu organizmalar ortamdaki havanın içinde bulunan oksijeni tüketerek aşağıya doğru

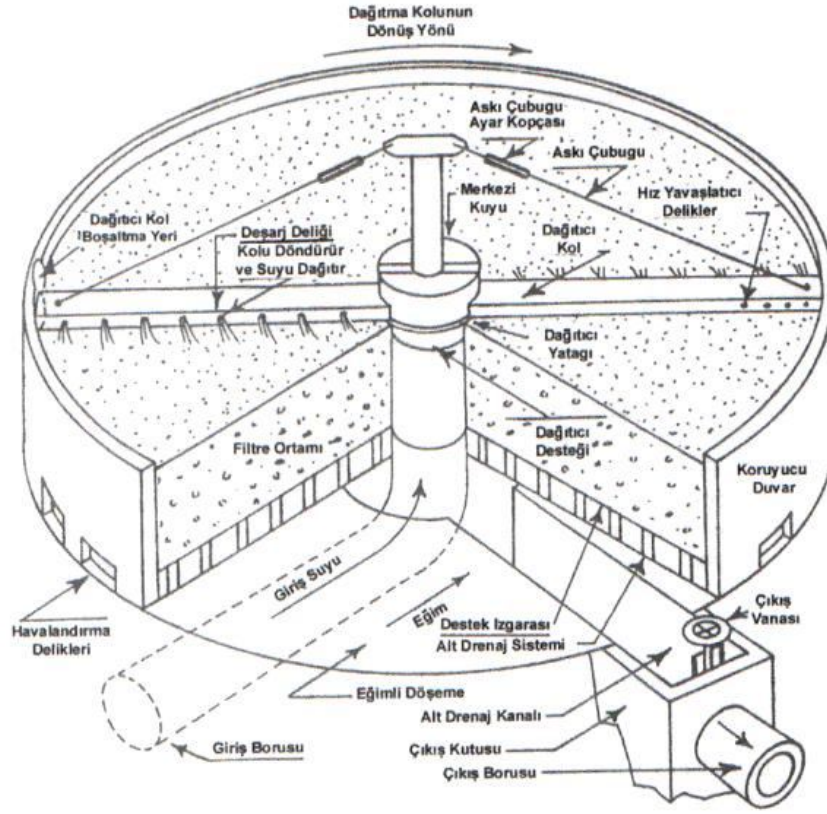
akan suyun içindeki organik maddeyi tüketirler. Tutunarak çoğalan prosesin şematik gösterimi Şekil 2.7.'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Damlatmalı Filtre Sisteminde Tutunarak Çoğalan Prosesin Şematik Görünüşü

Damlatmalı filtre sistemlerinin iç yapısı Şekil 2.8.'de görülmektedir. Damlatmalı filtre sistemlerinde atıksular bir döner dağıtıcı ile dolgu malzemesinin üzerine dağıtılır. Damlatmalı filtrelerde duvar yüksekliği dolgunun üst yüzey seviyesinden 1-1.5m yukarıda yapılır. Böylece atıksu zerreciklerinin rüzgar ile taşınmaları engellendiği gibi kış aylarında yüzey soğuktan nispeten korunur.

Klasik dolgu taş, plastik ve diğer dolgu malzemeli damlatmalı filtrelerde tıkanma tehlikesi vardır. Bu nedenle iyi bir ön arıtma gerekmektedir. Damlatmalı filtreye gelen çamur muhtevasının 0,3 mL/L den daha büyük olmaması gerekir. Damlatmalı filtrede oluşan biyokütle belirli bir büyüklüğe eriştiğinde süzülen atıksuyun yarattığı kesme kuvvetinin tesiri ile kendiliğinden kopar, aşağıya doğru akar ve son çökeltim havuzunda tutularak uzaklaştırılır.



Şekil 2.8. Damlatmalı Filtrenin Perspektif ve Kesit Görünüşü

Normal evsel atıksu arıtıldığında son çökeltim havuzundan çıkan suyun yine damlatmalı filtre girişine verilmesi yeterli hidrolik yükün temini bakımından yararlıdır. Bu suyun geri devir oranı o şekilde ayarlanmalıdır ki oluşan giriş suyunun BOI_5 değeri yaklaşık olarak 100-150 mg/L olur. Geri devir ettirilen su ile nitrat, oksijen ve belirli miktarda biyokütle, gelen atıksuya verilerek suyun tazelenmesi sağlanır. Böylece pH değeri yükselir ve koku etkisi azalır. Bu sayede damlatmalı filtrenin alt katmanlarının daha fazla arıtma işlemine katkısı da sağlanır. Damlatmalı filtrelerin temizleme kapasitesinin birim hacimdeki bakteri kütesine bağlı olduğu söylenebilir. Bu miktar belli bir filtre malzemesi için yaklaşık olarak sabittir. Atıksu yüküne bağlı olarak nitrifikasyon ve organik karbonun oksidasyonu ile tam arıtma veya sadece kısmi arıtma sağlanabilir.

Damlatmalı Filtrelerin Karakteristikleri, Sınıflandırılması Ve Boyutlandırılması

Damlatmalı filtreler basit ve en kolay biyolojik arıtmayı (oksidasyon) sağlarlar. Tesisin verimli çalıştırılması aktif çamur sistemlerinde olduğu gibi ihtisaslaşmış personele pek fazla ihtiyaç göstermez. Aktif çamur sisteminde damlatmalı filtre sistemine nazaran daha yüksek arıtma sağlanır. Bu bakımdan aktif çamur sisteminin damlatmalı filtre sistemine göre daha fazla uygulama sahası bulmaktadır.. Damlatmalı filtrelerin işletme maliyetleri oldukça düşüktür. Özel bir kontrol gerekmez, sıcak bölgelerde koku ve sinek, soğuk bölgelerde buzlanma tehlikesi vardır, ancak birkaç metrelik yük kaybı olduğu dikkate alınmalıdır. Aktif çamur sistemi daha az yer kaplar ve arıtma verimi daha fazladır. Bu faktörlerin geçerliliği koşullara bağlıdır.

Damlatmalı filtreler boyutlandırmada esas alınan yüzeysel hidrolik yük ve organik yük değerlerine göre üç gruba ayrılırlar.

- Düşük hızlı damlatmalı filtreler (fasıllı çalışanlar)
- Yüksek hızlı damlatmalı filtreler (devamlı çalışanlar)
- Süper hızlı damlatmalı filtreler (devamlı çalışanlar)

Plastik malzemenin kullanılmasıyla süper hızlı damlatmalı filtrelerin kullanılması mümkün olmuştur. Kule tipi damlatmalı filtre bunun bir örneğidir. Bunların dışında da sınıflandırmalara rastlanılmaktadır. Tüm damlatmalı filtreler paralel yada seri olarak işletilebilirler.

Düşük hızlı damlatmalı filtrelerin verimleri yüksek olup debi ve konsantrasyon değişikliklerine daha İyi uyum sağlarlar. Yüzey alanları büyüktür. Debinin düşük ve yeterli olmadığı durumlarda besleme dozlama sifonu vasıtasıyla yeterli su birikiminden sonra fasıllı olarak sabit yükleme yapılır. Özellikle küçük nüfuslu ve kanalizasyon şebekesi bulunmayan yerleşimlerin ve münferit bölgelerde oluşan atıksuların arıtılmasında kullanılabilirler.

Yüksek hızlı damlatmalı filtrelerin hacimleri küçük olduğundan biyofilm konsantrasyonu az, arıtma verimi düşük ve değişken, yüklere karşı hassasiyeti fazladır. Genelde sürekli çalışırlar ve yüzey alanları azdır.

Düşük hızlı sistemlerde parçalanmış biyofilmler yine kolayca yeni oluşan filmler tarafından tutulabilir. Yüksek hızlı filtrelerde bunlar hızlı akım tarafından taşınırlar ve son çökeltim havuzunda toplanırlar.

Damlatmalı Filtrelerin Dezavantajları

Çizelge 2.3. Düşük Hızlı ve Yüksek Hızlı Damlatmalı Filtrelerin Karşılaştırılması

DAMLATMALI FİLTRE SİSTEMLERİ DEZAVANTAJLARI		
Sistem	Avantajları	Dezavantajları
Düşük Hızlı	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek BOİ giderme verimi • Nitrifikasyona uyumlu (tropikal bölgelerde) • Nispeten düşük arazi ihtiyaçları • Aktif çamurdan daha basit <ul style="list-style-type: none"> • Nispeten düşük mekanizasyon seviyesi • Basit mekanik ekipmanlar • Filtrede kendiliğinden çamur stabilizasyonu 	<ul style="list-style-type: none"> • Aktif çamurdan daha düşük işletim esnekliği <ul style="list-style-type: none"> • Yüksek yatırım maliyetleri • Yüksek hızlı filtrelere nispeten daha fazla arazi ihtiyacı • Çevre sıcaklığına rölatif bakımlılık <ul style="list-style-type: none"> • Toksik yüklere rölatif olarak hassasiyet • Çamur arıtma ve uzaklaştırma ihtiyacı (sterilizasyon gerekmemesi) <ul style="list-style-type: none"> • Olası sinek problemi • Yüksek yük kayıpları
Yüksek Hızlı	<ul style="list-style-type: none"> • İyi BOİ giderme verimleri (düşük hızlı filtrelerden daha düşük) • Düşük arazi ihtiyacı • Aktif çamurdan daha basit • Düşük hızlı filtrelerden daha yüksek esneklik • Yük salınımlarına karşı düşük hızlı filtrelerden daha fazla dayanırlılık • Koku problemi olasılığı az 	<ul style="list-style-type: none"> • İşletme düşük hızlı filtrelerden daha karmaşık <ul style="list-style-type: none"> • Yüksek yatırım maliyetleri • Çevre sıcaklığına rölatif bağımlılık • Çamur arıtma ve uzaklaştırma ihtiyacı <ul style="list-style-type: none"> • Yüksek yük kayıpları

2.2. Kampüs Atıksu Arıtımı

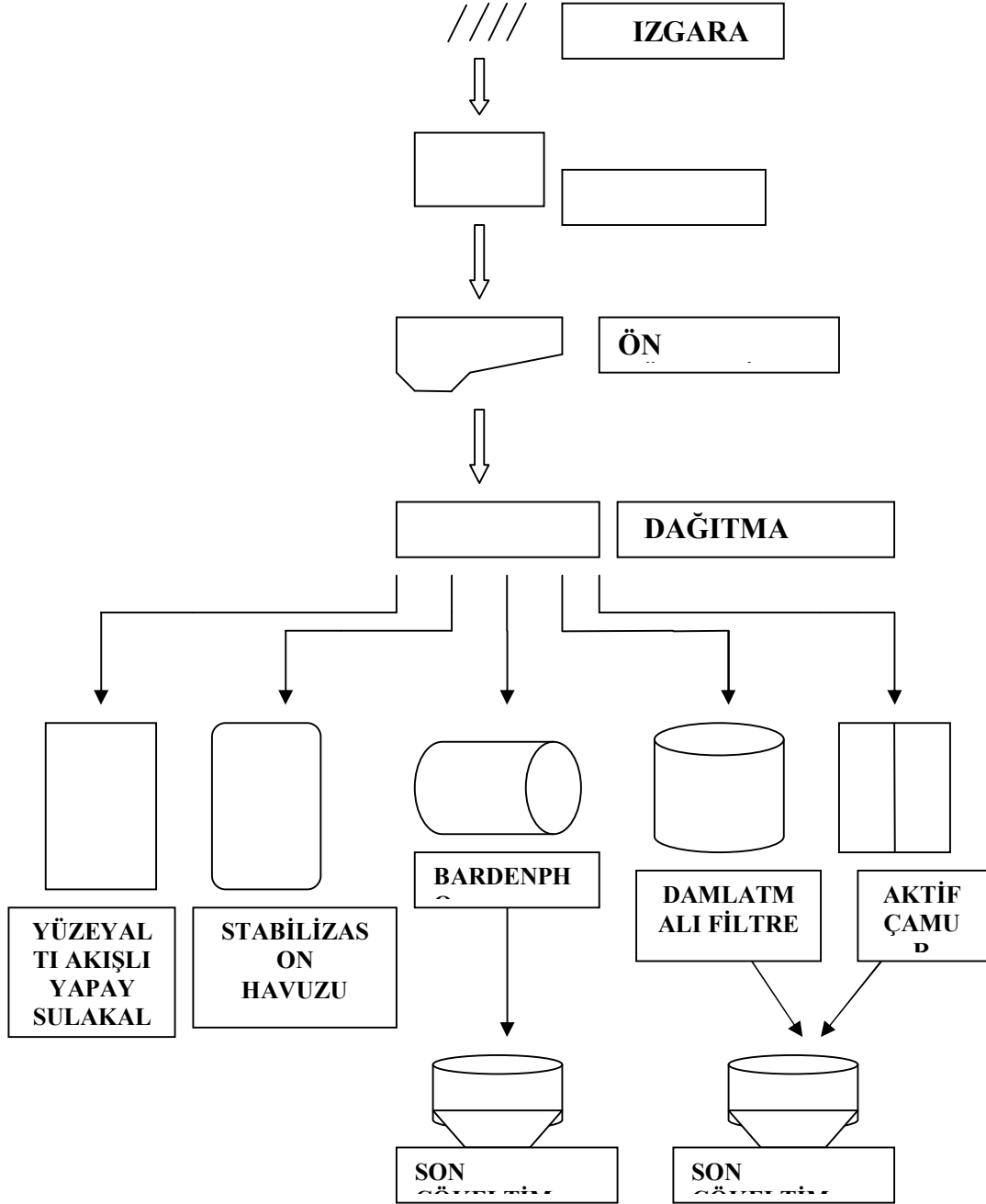
Harran Üniversitesi Osmanbey kampüsünde oluşan evsel nitelikli atıksuların arıtılması amacıyla DPT tarafından klasik ve modern arıtma alternatiflerinden 5 farklı arıtma yöntemini içeren bir entegre arıtma tesisi inşa edilmiştir. Tesiste bir çok noktada debi, pH, çözünmüş oksijen ve bulanıklık gibi verimi belirleyen önemli parametrelerin online olarak ölçülüp, tek bir noktadan görülen bir otomatik kontrol sistemi kurulmuştur. Tesis boyutlandırılmasında, Osmanbey kampüsünün 2010 yılında sahip olacağı nüfus (7150 kişi) esas alınarak yapılmıştır. Bunun yanı sıra, kampüste yaz ve güz nüfus miktarlarında farklılıklar olduğu için, yaz ve güz debileri ayrı ayrı belirlenmiştir. Toplamda proje debisi 250 m³/gün olarak alınmıştır. Atıksu arıtma tesisinde, atıksu içerisinde askıda ve çözünmüş halde bulunan organik maddelerin suda ayrılmasını temin etmek için, 5 farklı paralel biyolojik arıtma üniteleri vardır: Aktif çamur, Damlatmalı filtre, Yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan, Bardenpho prosesi'dir. Bununla birlikte girişte kaba ızgara, dengeleme havuzu, dikdörtgen ve dairesel kesitli ön çökeltim havuzları ve Bardenpho için bir adet, bir adet de Damlatmalı filtre ve Aktif çamur ünitelerine ait olmak üzere toplamda iki adet son çökeltme tankı inşa edilmiştir.

Güz debisi; sepet ızgara, dengeleme, dikdörtgen kesitli ön çökeltim havuzu, dağıtma yapısını takiben, aktif çamur, damlatmalı filtre, yüzeyaltı akışlı yapay sulakalan sistemi, stabilizasyon havuzu ve bardenpho sistemlerine eşit oranda dağıtılmaktadır. Buna karşın yaz debisinin küçük olması dolayısıyla gelen debi sepet ızgara, dengeleme, dairesel ön çökeltim ünitelerinden sonra aktif çamur ve yüzeyaltı akışlı yapay sulakalan sistemine verilmektedir.

3. MATERYAL ve METOT

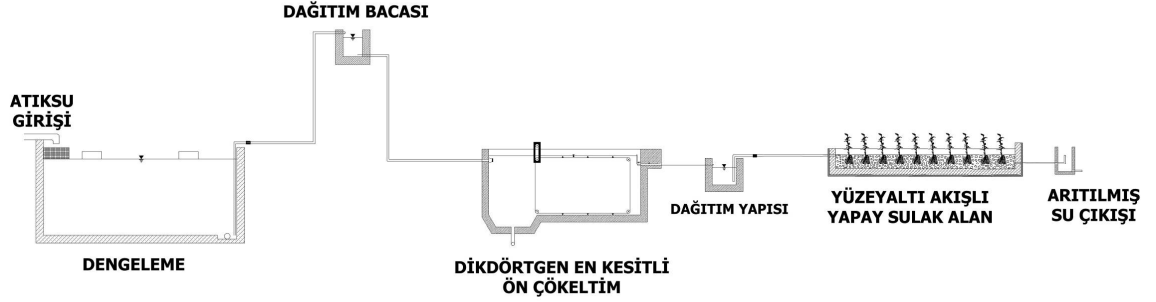
3.1. Tesis Akım Şeması

Genel tesis akım şeması Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.

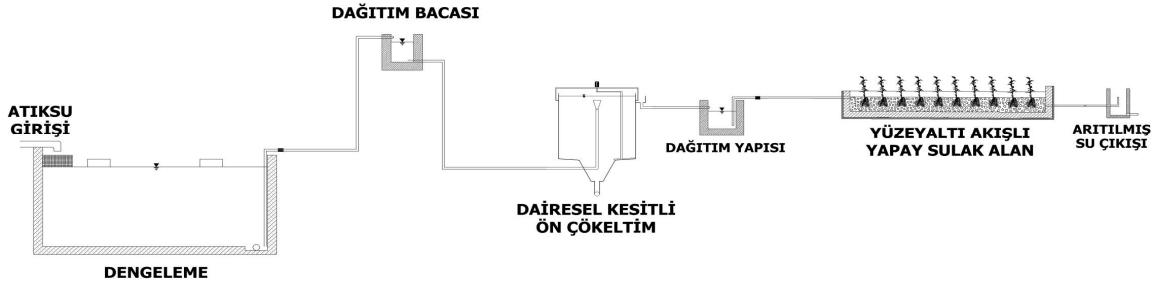


Şekil 3.1. Genel Tesis Akım Şeması

Aritma tesisinde, atıksu yedi farklı akım yolu izlemektedir. Farklı akım yolları, güz ve yaz debilerine bağlı olarak, ön çökeltim tankının dairesel veya dikdörtgen kesitli olmasına ve beş farklı biyolojik arıtma alternatifinin kullanılması neticesinde oluşmaktadır. Akım yollarına ait profiller aşağıda verilmiştir;



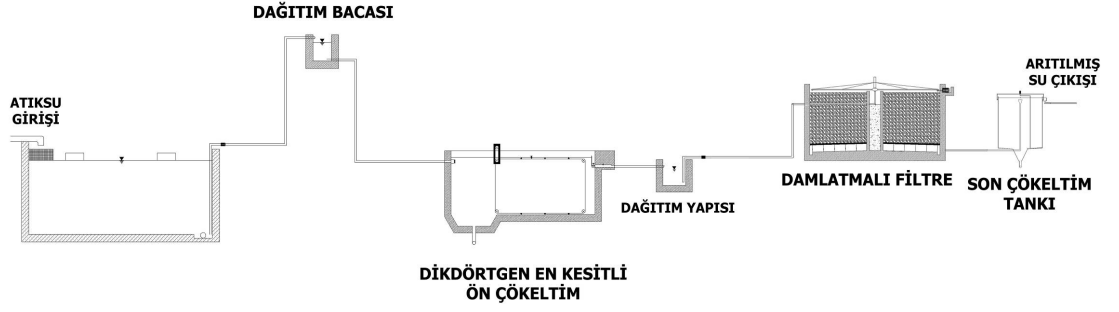
Şekil 3.2. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim ve yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan kullanılan akım hattı profili



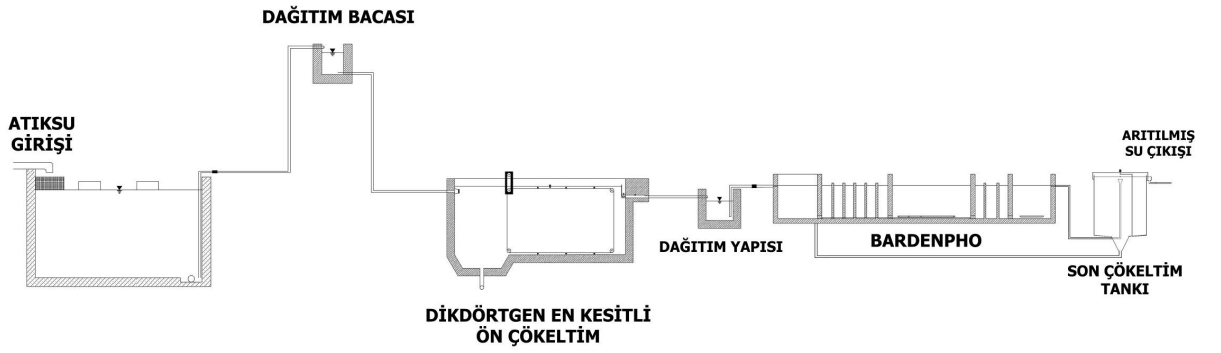
Şekil 3.3. Dairesel kesitli ön çökeltim ve yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan kullanılan akım hattı profili



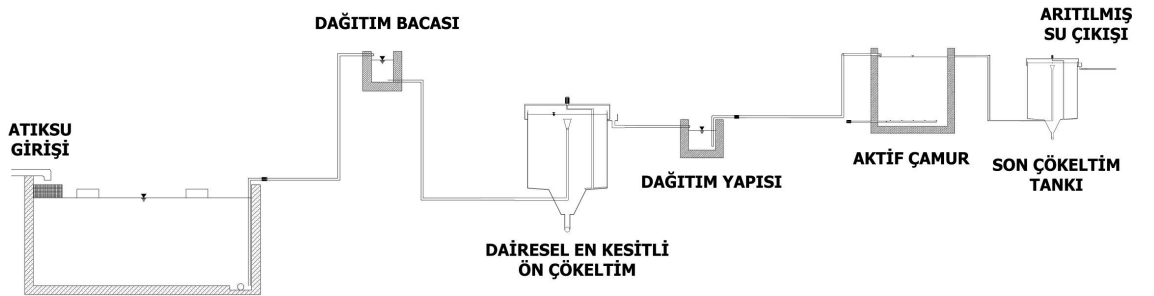
Şekil 3.4. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim ve damlatmalı filtre kullanılan akım hattı profili



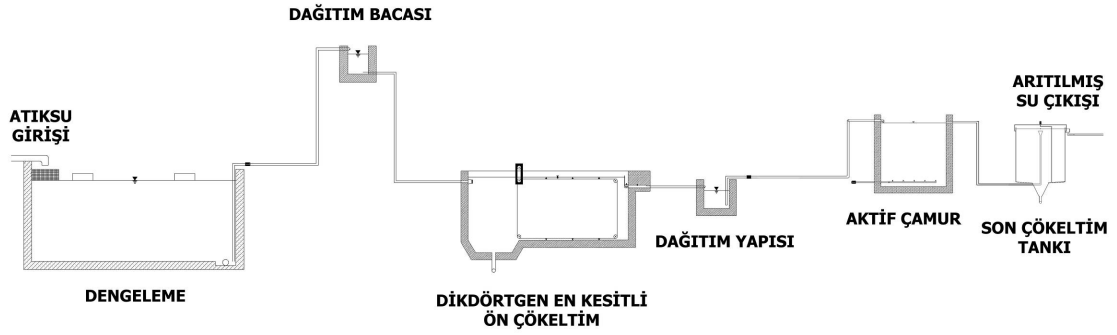
Şekil 3.5. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim ve damlatmalı filtre kullanılan akım hattı profili



Şekil 3.6. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim ve Bardenpho tesisi kullanılan akım hattı profili



Şekil 3.7. Dairesel kesitli ön çökeltim ve aktif çamur prosesi kullanılan akım hattı profili



Şekil 3. 8. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim ve aktif çamur prosesi kullanılan akım hattı profili

3.1.1. Tesis Hakkında Genel Bilgiler

Bu bölümde arıtma tesisinde bulunan ön arıtma elemanlarının işlevleri hakkında kısa bilgiler, dizayn parametreleri ve bulgular tablolar halinde özet şeklinde verilecektir.

Fiziksel Arıtım

- **Izgara**

Tasfiye tesislerinde ızgaralar su içinde bulunabilecek katı maddelerin pompa ve benzeri diğer tesislere zarar vermesini önlemek ve yüzücü katı maddeleri sudan ayırmak için teşkil edilir.

Izgara, dengeleme havuzunun giriş kısmında bulunmaktadır. Paslanmaz çelikten imal edilen ızgara, manuel olarak temizlenmektedir.

Çizelge 3.1.Tasarlanan ızgaranın özellikleri;

Proje Debisi (m ³ /gün)	Izgara Yüksekliği H (m)	Izgara Boyu L (m)	Izgara Eni W (m)	Gözenek Çapı D (mm)
175	0,30	0,65	0,5	5

- **Dengeleme**

Arıtma sistemlerinde dengelemenin amacı; atıksu karakteristiklerindeki değişiklikleri minimize ederek arıtım kademelerinde optimum şartları sağlamaktır.

Dengelemenin amacı; Biyolojik sisteme şok yüklemeyi önlemek amacıyla organik yük dalgalanmalarını yumuşatmak, yeterli pH kontrolü sağlamak veya nötralizasyon için gerekli kimyasal madde miktarını minimize etmek, atıksu girişi olmadığı zamanlarda biyolojik sisteme sürekli atıksu sağlamak ve biyolojik sisteme yüksek konsantrasyonda toksik maddelerin girişini önlemektir.

Dengeleme tankında çökmeleri engellemek ve homojen karışım için karıştırma işlemi uygulanmaktadır. Havuz hacmi 50 m³ olup, proje debisi 200 m³/gün'dür.

Çizelge 3.2. Dengeleme ünitesinin özellikleri

Proje Debisi (m ³ /gün)	Tank Hacmi (m ³)	Yükseklik H (m)	Uzunluk L (m)	Genişlik W (m)	Karıştırıcı Türü	Karıştırıcı Gücü (kW)
175	50	2	5	5	Düşey Milli Türbin	0,75

Dengeleme havuzunda biriken atıksular, dalgıç pompalar vasıtasıyla dengelemeyi takip eden ünitelere sabit debilerde aktarılmaktadır.

- **Ön çökeltim tankları öncesi su dağıtım bacası**

Güz döneminde $7,3 \frac{m^3}{saat}$, Yaz döneminde ise $2,1 \frac{m^3}{saat}$ kapasiteye sahip

dalgıç pompa vasıtasıyla atıksular, sabit debide ön çökeltim tanklarının önüne konulacak olan bir bacaya verilmektedir. Dikdörtgen ve dairesel kesitli ön çökeltim tanklarına su akışını sağlayacak baca detayları aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 3.3. Su akışını sağlayacak baca detayları

Proje Debisi (m ³ /gün)	Bekleme Süresi (dk)	Yükseklik H (m)	Uzunluk L (m)	Genişlik W (m)
175	1	0.7	0.5	0.5

- **Ön çöktürme**

Osmanbey kampüsü atıksu arıtma tesisinde, bir adet dikdörtgen ve bir adet de dairesel kesitli olmak üzere iki adet ön çökeltim tankı bulunmaktadır. Yaz ve güz debilerinde var olan farklılık, işletimin tek bir çökeltim tankında yapılmasını olanaksız kılmıştır. Hidrolik koşulların ve akım şartlarının tek bir çöktürme

havuzunda sağlanamayışı nedeniyle, iki adet ön çökeltim tankı tesise konulmuştur. Böylece, küçük olan yaz debileri dairesel kesitli ön çökeltim tankında, büyük olan güz debileri dikdörtgen kesitli tankta artılmaktadır.

Dikdörtgen kesitli ön çöktürme tankı

Ön çöktürme tankları, yüzey yüküne göre boyutlandırılırlar. İyi bir performans elde etmek için bunun dışında tank derinliği, kalma süresi, çamur sıyrıcı taşıma kapasitesi gibi parametrelerin de dikkate alınması gereklidir. Proje debisi 150 m³/gün olup, havuz hacmi 11 m³'tür.

Çizelge 3.4. Dikdörtgen kesitli ön çökeltim tankının özellikleri;

Proje Debisi (m ³ /saat)	Bekleme Süresi (saat)	YüzeyYükü S ₀ (m ³ /m ² *saat)	Yatay hız V _{yatay} (mm/sn)	Yükseklik H (m)	Uzunluk L (m)	Genişlik W (m)
7.291	1.47	1,196	0.8	1.75	4.4	1.4

Çökeltim tankına gelen atıksuyun, tank içindeki laminer koşulları bozmaması için iyi tasarlanmış bir giriş yapısından çökeltim havuzuna giriş yapması gerekir. Çökelebilen katılardan arındırılan atıksuların da, çıkış yapısından eşit koşullarda savaklarla toplanarak bir sonraki ünitelere gönderilmesi gerekmektedir. Çökelebilen katıların tank dibinde oluşturduğu çamurlarında giriş kısmının tabanında oluşturulan çamur toplama çukurlarında biriktirilerek, tanktan uzaklaştırılmaları yapılmalıdır. Bu nedenle tasarlanan giriş tertibatı, çamur toplama çukurunun özellikleri aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

Çizelge 3.5. Giriş yapısının teknik özellikleri;

Orifis Debisi (m ³ /sn)	Orifis Sayısı	Vorifis (m/sn)	A _{orifis} (m ²)	Orifis çapı (m)	Girişte oluşan yük kaybı Δz _{giriş} (m)
0,001	2	0,5	0,00196	0,05	0,0345

Çizelge 3.6. Çıkış tertibatı özellikleri;

Proje debisi (m ³ /sn)	S _s (l/m.sn)	L _{savak} (m)	Savak Adedi	Savak dış boyutları (b,h) (m)	Savak Dış Sayısı (adet)	q _s (l/sn)	h _{su} (m)
0,00203	1,4	1,4	1	(0,16),(0,08)	7	0,29	0,0336

Çizelge 3.7. Çamur çukurunun özellikleri;

Çamur miktarı (l/gün)	Çamur debisi (m ³ /dk)	Çamur çukuru eğimi	Çamurun çukurda kalma süresi(gün)	Çamur çukuru boyutları (H, L, W) (m)	Çamur uzaklaştırma boru çapı (m)
663	0,00046	1,7/1	0,75	(0,34),(1,4),(1,05)	0,10

Dairesel kesitli ön çöktürme tankı

Tesiste yaz dönemi için bu dairesele ön çöktürme tankı tasarlanmıştır. Havuz hacmi 3 m³ olup, proje debisi 50 m³/gün'dür.

Çizelge 3.8. Tasarlanan çöktürme tankı özellikleri;

Proje Debisi (m ³ /saat)	Bekleme Süresi (saat)	YüzeyYükü S ₀ (m ³ /m ² *saat)	Yatay hız V _{yatay} (mm/sn)	Yükseklik H (m)	Çap D (m)
2,08	1,449	1,034	0,76	1.5	1.6

Dairesel ön çöktürme tankı için boyutlandırılan giriş tertibatı, çıkış yapısını ve çamur toplama çukurunun özellikleri aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

Şekil 3.9. Giriş yapısı özellikleri;

Havuz su getiren borunun çapı(mm)	Havuz su getiren boruda hız(m/sn)	Giriş bölgesi çapı (cm)
50	0,3	16

Çizelge 3.10. Çıkış tertibatı özellikleri;

Proje debisi (m ³ /saat)	S _s (l/m.sn)	L _{savak} (m)	Savak Adedi	Savak Diş Boyutları(m) (b,h)	Savak Diş Sayısı (adet)	q _s (l/sn)	h _{su} (m)
2,08	0,115	5	1	(0,16),(0,08)	5	0,116	0,023

Çizelge 3.11. Çamur çukuru tertibatı özellikleri;

Çamur miktarı (l/gün)	Çamur debisi (m ³ /dk)	Çamur Çukuru eğimi	Çamurun çukurda kalma süresi(gün)	Çamur çukuru boyutları (H, L, W) (m)	Çamur uzaklaştırma boru çapı (m)
189	0,00013	2/1	0,56	(0,5),(0,75),(0,25)	0,10

- **Ön çöktürme tankları çamur toplama çukuru**

Kış döneminde dikdörtgen, yaz döneminde dairesel kesitli ön çökeltim tanklarından gelen çamurlar ana çamur çukurunda toplanıp, vidanjörle belirli zaman aralıklarında çekilip, araziye serilmektedir.

Çizelge 3.12. Ana çamur çukurunun detayları;

H (m)	L (m)	W (m)
2,20	1,0	1,0

- **Dağıtım yapısı**

Kış ve yaz dönemlerinde ön çökeltimden gelen atıksuların eşit miktarda dağıtımını sağlamak amacıyla teşkil edilmiştir. Birinci göze gelen sular düz savakla ikinci göze alınmıştır. İkinci gözün tabanına yerleştirilmiş olan eşit çaplı 5 boru ile dağıtım sağlanmıştır.

Çizelge 3.13. Dağıtım yapısı özellikleri;

Proje Debisi (m ³ /gün)	Yükseklik H (m)	Uzunluk L (m)	Genişlik W (m)	Giriş boru çapı (mm)	Çıkış boru çapları (mm)
175	0.8	1.0	0.7	50	50

Tasarımı yapılan bacanın üzerine yerleştirilecek olan 5 adet dalgıç pompa ile, atıksu biyolojik arıtımın yapıldığı 5 prosese dağıtılmaktadır.

Biyolojik Arıtım

Osmanbey kampüsü arıtma tesisinde, ön çökeltimden geçirilmiş atıksular, 5 farklı paralel arıtma ünitesine aynı amaç doğrultusunda verilmektedir. Bu kısımda amaç, atıksu içerisinde askıda ve çözünmüş halde bulunan organik maddelerin sudan ayrılmasını sağlamaktır. Arıtma sistemi içerisinde aşağıdaki arıtma yöntemleri vardır:

- Aktif çamur
- Damlatmalı filtre
- Stabilizasyon havuzu
- Yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan

- Bardenpho tesisi

- **Aktif çamur**

Aerobik askıda büyümeli bir sistem olup, organik maddeler, sentez ve oksidasyon ile bu proste giderilir. Sistemin oksijen ihtiyacı blowerla sağlanmaktadır. 1 körüklü 1,5 kW lık blower kullanılmaktadır. Havalandırma havuzundaki mikroorganizma miktarını sabit tutmak amacıyla son çökeltim çamurundan havalandırma tankına geri devir vardır. Aktif çamur geri devri için; %78 geri devri sağlayacak 0.44 kW gücünde çamur pompası kullanılmıştır.

Havalandırma havuzunun ardından oluşan biyolojik kütle için, son çökeltim tankı yer alır. Sisteme atıksu getiren ve havalandırmadan son çökeltim geçişte 50 mm çapında borular kullanılmaktadır. Proje debisi 40 m³/gün olup, havuz hacmi 8 m³'dür.

Çizelge 3.14. Tasarlanan aktif çamur ünitesinin özellikleri

Proje Debisi (m ³ /gün)	Yükseklik H (m)	Uzunluk L (m)	Genişlik W (m)	Körüğün Kapasitesi (m ³ hava/saat)	Körüğün Gücü (kW)	Delikli Boru Sayısı	Herbir Borunun Uzunluğu (m)
40	2	2	2	25	0,3	5	1

- **Damlatmalı filtre**

Aerobik bağlı büyümeli bir sistemdir. Damlatmalı filtreler, üzerinde mikroorganizmaların biyofilm halinde büyüdüğü, ortalama çapı 4 cm büyüklüğünde çakıl içeren, bir dolgulu sistemdir. Atıksu filtre dolgu malzemesinin üstünden süzülerek akmakta ve filtre yatağındaki boşlukların tamamı atıksu ile dolmadığından, aerobik şartlar devam etmektedir. Taşların üzerinde ince bir tabaka meydana getiren bakteriler, atıksudaki organik kirleticileri önce adsorbe etmekte ve daha sonrada parçalamaktadır. Proje debisi 40 m³/gün olup, havuz hacmi 35 m³'dür.

Çizelge 3.15. Tasarlanan Damlatmalı Filtre özellikleri

Proje Debisi (m ³ /gün)	Filtre Çapı (m)	Etkin Filtre Yüksekliği (m)	Dolgu Malzemesi Cinsi	Dolgu Malzemesi Özgül Yüzey Alanı (m ² /m ³)	Toplama Tertibatı Yüksekliği (m)	Çelik Hasır Yüksekliği (m)	Dağıtıcı Kol Sayısı (adet)
40	4,75	1,8	Küçük nehir çakılı	65	0,25	0,05	4

Damlatmalı fitlere üzerindeki 4 kollu rotary dağıtıcıyı döndürmek için 1 kW lık bir motor kullanılmıştır. Filtrenin dış cidarına 40cm aralıklarla hava delikleri vardır. Hava deliklerinin boyutları 20cm e 20cm'dir. Filtre tabanı merkezden toplama oluklarına doğru 0,025 eğim ile tertip edilmiştir.

- **Stabilizasyon havuzu**

Atıksu arıtma tesisinde inşa edilen stabilizasyon havuzu fakültatif havuzdur. Kirlilikler bakteri ve algler arasındaki ilişki kullanılarak bu havuzlarda giderilir. Atıksu içerisindeki organik maddeleri bakteriler kullanarak, CO₂ ye dönüştürürler. Oluşan CO₂, algler tarafından kullanılarak, O₂ açığa çıkarılır. O₂ de bakteriler tarafından organik maddeyi parçalamak için kullanılır. Proje debisi 40 m³/gün olup havuz hacmi 864 m³'dür. Yüksekliği 1 m olup, uzunluğu 48 m ve genişliği 18 m'dir. BOİ yükü 83,22 kg/ha.gün, bekleme süresi ise 19,8 gündür. Hidrolik ve biyolojik yükleme hızları sistem için de standartlarda verilen sınırlar dâhilindedir. Sistem BOİ, AKM, mikroorganizma giderimi için tasarlanmıştır.

Çizelge 3.16. Yan duvarları 1/1 eğim şevli olarak tasarlanan stabilizasyon havuzu özellikleri

Proje Debisi (m ³ /gün)	Yükseklik H (m)	Uzunluk L (m)	Genişlik W (m)	BOİ yükü (kg/ha-gün)	Çıkış yapısı yükseklik H (m)	Çıkış yapısı uzunluk L (m)
40	1	48	18	83,22	1,5	1

BOİ yükünün beklentilerin üzerinde olması durumunda; stabilizasyon havuzuna yüzey havalandırıcı dubalar konularak olası problemlerin önüne geçilebilir.

- **Yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan**

Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü atıksu arıtma tesisine yatay yüzey altı akışlı sulak alan inşa edilmiştir. İnşasından önce yapılan çalışmalar (Naz, 2008 ve Naz vd., 2009) ile hangi sulak alanın verimli olduğuna, dolgu malzemesinin ne olacağına, hangi bitki türünün kullanılacağına ve organik yükleme değerlerine karar verilmiştir. Bu nedenle inşa edilen yapay sulak alan, giderim verimi ve minimum tıkanma açısından en iyisi performansı gösterecek şekilde tasarlanmıştır. İnşa edilirken sistem, literatürde verilen parametrelere uygunluk içerisindedir. İşletilen yapay sulak alan ile mikroorganizma, BOİ, AKM, azot, fosfor giderimi için tasarlanmıştır. Sistem kış debisine göre boyutlandırılmıştır.

Proje debisi 40 m³/gün olup, havuz hacmi 532 m³'dür. Yüksekliği 0,8 m olup, uzunluğu 38 m ve genişliği 28 m, eğimi 0,005'dir. Dolgu malzemesi türü nehir çakılı olup, çapı 8-12 mm arasındadır. Bu bölgede en geniş yayılımı gösteren, kısa sürede yüzey alanı kaplama yeteneğine ve güçlü kök sistemine sahip olan *Phragmites Australis* bitkisi sisteme ekilmiştir. Kış ayında BOİ yükü 57.5 kg/ha-gün iken yaz aylarında 41.1 kg/ha.gün'dür. Yine benzer olarak, kış aylarında hidrolik yükleme 0.032 m³/m².gün iken yaz aylarında 0.023 m³/m².gün'dür. Hidrolik ve biyolojik yükleme hızları sistem için de standartlarda verilen sınırlar dâhilindedir. Ayrıca yaz debisinin ve kış debisinin farklı olmasından dolayı bazı sistemler yazın kullanılmazken yatay yüzeyaltı akışlı yapay sulakalan yıl boyu işletilir.

Çizelge 3.17. Sistem özellikleri;

Proje Debisi (m ³ /gün)	Yükseklik H (m)	Uzunluk L (m)	Genişlik W (m)	Dolgu malzemesi türü	Örtü malzemesi kalınlığı (m)	Kullanılacak bitki türü
40	0,8	38	28	Nehir çakılı	0,2	Phragmites Australis

Çizelge 3.18. Yükleme koşulları

	BOİ Yüğü (kg/ha-gün)	Hidrolik Yüğü (m ³ /m ² -gün)
Kış	57,5	0,032
Yaz	41,1	0,023

- **Bardenpho tesisi**

Tesiste azot, fosfor ve organik karbonu birlikte gidermek amacıyla 5 basamaklı modifiye bardenpho prosesi dizayn edilmiştir. Beş basamaklı sistemde bulunan aerobik, anaerobik ve anoksik bölümler karbon, fosfor ve azot giderilmesinde rol oynarlar. Aerobik bölüm; karbon giderimi ve nitrifikasyonu gerçekleştirir. Anoksik bölüm; havalı bölümde oluşan nitratı elektron alıcı, organik karbonu elektron verici olarak kullanıp, denitrifikasyonu sağlar. Anaerobik (havasız) bölüm; biyolojik fosforu gidermek için sisteme dahil edilmiştir. Son aerobik bölüm ise kalıntı azot gazını çözültüden sıyırmak ve son çöktürücüde fosfor açığa çıkmasını en aza indirmek için kullanılır. Sıvı karışım birinci havalı bölümden anoksik bölüme geri beslenir. Uzun çamur kalma yaşında çalıştırıldığından dolayı (10-40 gün) karbon oksidasyon kapasiteside yüksektir. Proje debisi 40 m³/gün'dür. Aerobik bölümlerde havalandırma blowerlarla sağlanır. 1. ve 2. Aerobik bölmeleri için birer adet 1.5 kW lık blower, içsel geri devir için 0.44 kW lık, çamur geri devri için yine 0.44 kW lık pompalar kullanılmaktadır.

Çizelge 3.19.Tasarlanan prosesin özellikleri

Proses	Proje Debisi (m ³ /gün)	Yükseklik H (m)	Uzunluk L (m)	Genişlik W (m)	Bekletme Süresi (saat)
Anaerobik	63	1,5	1,8	1,5	1,5
Anoksik 1	63	1,5	6	3	2,055
Aerobik 1	63	1,5	9	5	5
Anoksik 2	63	1,5	4,5	1,5	3,85
Aerobik 2	63	1,5	1,75	1	0,99

Çizelge 3.20.Pompaların teknik özellikleri

İçsel Geri Devir Pompa Gücü (kW)	Geri Devir Oranı (%)	Çamur Geri Devir Pompa Gücü kW
0,07	400	0,02

- **Son çöktürme tankları**

Biyolojik arıtım neticesinde oluşan biyokütlenin sudan ayrılması için bir adet Bardenpho ve bir adet de Damlatmalı filtre ve Aktif çamur ünitelerine ait olmak üzere iki adet son çöktürme tankı vardır.

Bardenpho tesisi için son çöktürme tankı

Son çökeltim tankındaki çamurlar bir emme çukuruna cazibeyle getirilmekte, buradan Bardenpho ünitesinin başına geri devir pompalarla sağlanmaktadır. Bardenpho ve aktif çamur+damlatmalı filtre için tasarlanan son çökeltim ünitelerinden arta kalan atık çamur yine pompa ile ana çamur çukuruna gönderilmekte ve buradan da günün belirli zaman aralıklarında vidanjörler ile çekilip arazi üzerine serilmektedir. Proje debisi 40 m³/gün olup, havuz hacmi 6.3 m³'tür.

Çizelge 3.21.Tasarlanan son çökeltim tankı özellikleri

Proje Debisi (m ³ /gün)	Bekletme süresi (saat)	V (m ³)	A _y (m ²)	S ₀ (m ³ /m ² saat)	Yükseklik H (m)	Çap D (m)
2,624	2,4	6,28	3,14	0,834	2	2

Aktif çamur ve Damlatmalı filtre için son çöktürme tankı

Aktif Çamur ve Damlatmalı Filtre için ortak bir son çökeltim tankı inşa edilmiştir. Havuz hacmi 10 m³ olup, proje debisi 80 m³/gündür. Son çökeltim tankındaki çamurlar daha sonra bir emme çukuruna cazibeyle getirilmekte, buradan aktif çamur ünitesinin başına geri devir pompalarla sağlanmaktadır. Bardenpho ve aktif çamur+damlatmalı filtre son çökeltim ünitelerinden arta kalan atık çamur yine pompa ile ana çamur çukuruna gönderilmekte ve buradan da günün belirli aralıklarında vidanjörler ile çekilip arazi üzerine serilmektedir.

Çizelge 3.22.Tasarlanan çökeltim tankı özellikleri

Proje Debisi (m ³ /gün)	Bekletme süresi (saat)	V (m ³)	A _y (m ²)	S ₀ (m ³ /m ² saat)	Yükseklik H (m)	Çap D (m)
4,054	2,5	9,925	3,97	1	2,5	2,25

Son çökeltim tankı çamur haznesinde biriken çamurun geri devir çamur çukuruna iletimi için 0.44 kW lık çamur pompası kullanılmaktadır.

3.2. Atıksu Özellikleri

3.2.1. Debi

Aktif çamur için projede öngörülen debi 40 m³/gün (1.67 m³/saat)'dür. Yıl boyunca aktif çamur sistemine gelen ortalama debi 1,5 m³/saat'tir.

Yapay sulak alan için projede öngörülen debi $40 \text{ m}^3/\text{gün}$ ($1.67 \text{ m}^3/\text{saat}$)'dür. Yıl boyunca yapay sulak alan sistemine gelen ortalama debi $3,22 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'tir.

Stabilizasyon havuzu için projede öngörülen debi $40 \text{ m}^3/\text{gün}$ ($1.67 \text{ m}^3/\text{saat}$)'dür. Yıl boyunca stabilizasyon havuzu sistemine gelen ortalama debi $2,1 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'tir.

Bardenpho sistemi için projede öngörülen debi $40 \text{ m}^3/\text{gün}$ ($1.67 \text{ m}^3/\text{saat}$)'dür. Yıl boyunca bardenpho sistemine gelen ortalama debi $1,94 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'tir.

3.2.2. Kirlilik konsantrasyonları

Kampus atıksu toplama şebekesinden alınan örneklerden yola çıkarak, Osmanbey kampüsündeki arıtma tesisine gelecek atıksuyun kirlilik parametreleri aşağıda tablolaştırılmıştır.

Çizelge 3.23. Arıtma tesisine gelecek atıksuyun kirlilik parametreleri (Uyanık, 2008)

Kirlilik parametresi	Değer
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) (mg/L)	250
Askıda Katı Madde (AKM) (mg/L)	260
Toplam Azot (TN) (mg/L)	40
Toplam Fosfor (P) (mg/L)	5
Ph	6-9

Çizelge 3.24.' te verilen ham evsel atıksu verileri temel alınır, Uyanık (2008)' a göre kampüs atıksuları orta dereceli evsel atıksu kompozisyonundadır.

Çizelge 3.24. Evsel atıksuyun tipik özellikleri (Metcalf&Eddy, 2000).

Kirleticiler	Birim	Konsantrasyon		
		Zayıf	Orta	Kuvvetli
BOİ ₅ (20 °C)	mg/L	110	220	400
Askıda Katı	mg/L	100	220	350
Toplam Azot (TN)	mg/L	20	40	85
Toplam Fosfor (P)	mg/L	4	8	15

3.3. İşletim Parametreleri

Biyolojik atık su arıtma tesislerinin optimum koşullarda işletilebilmesi ve istenilen dönüşüm veriminin elde edilmesi amacıyla tesislerde işletim parametrelerinin kontrolü yapılır. Ayrıca atıksuların deşarj standartlarına uygun

olması için de bazı parametreler deneysel ve online olarak kontrol edilir. Parametrelerin sürekli olarak kontrol edilmesi, atıksuyun ve arıtılmış suyun tam analizlerinin devamlı olarak yapılması, atıksuyun debisinin ölçülmesi, ekipmanların fiziksel kontrollerinin ve bakımlarının periyodik olarak yapılarak, bütün sonuçların kaydedilmesi ve grafiklerin oluşturulması sorunsuz bir işletme için gereklidir.

Bu kapsamda; bir aktif çamur sisteminin başarılı olarak işletilmesi için eskiden beri bilinen bazı kavramların sürekli olarak takip edilmesi yeterlidir. Bunlar; organik yükleme değeri (F/M), çamur yaşı (O_c), havalandırma havuzundaki organizma konsantrasyonu (UAKM), havalandırma havuzundaki çözülmüş oksijen konsantrasyonudur. Stabilizasyon havuzlarının işletilmesi sırasında bazı parametreler kontrol edilmesi gerekmektedir. Hem tesisin uygun bir şekilde çalıştırılıp çalıştırılmadığını anlamak, hemde tesis çıkış suyunun resmi dairelerin istediği deşarj standartlarını sağlayıp sağlamadığını tahkik etmek için bulanıklık, KOİ, AKM, Ç.O. parametrelerine bakılır (Topacık, 1987). Yapay Sulak alan için işletim parametreleri KOİ, AKM, Ç.O. ve organik yükleme hızıdır.

3.4. Analizler

Deneysel çalışmada, söz konusu tesisin girişinden, ön çökeltim tankından, bardenpho ünitelerinden, , aktif çamur havuzundan, yapay sulakalandan ve stabilizasyon havuzundan alınan örnekler kullanılmıştır. Ayrıca, tesisin mevcut verimini ortaya koymak içinde tesisin son çökeltim tanklarından da numuneler alınmıştır. Çıkış suyu kalite standartlarının saptanması KOİ, AKM için deneysel kontrol yapılmakla birlikte pH, bulanıklık, çözülmüş oksijende kontrol edilmiştir. Ayrıca, tesisin mevcut verimini ortaya koymak içinde tesisin son çökeltim tanklarından da numuneler alınacaktır. KOİ, pH, AKM analizleri haftada 2 (Pazartesi-Perşembe) yapılmıştır.

Alınan numunelerle aşağıdaki analizler yapılmıştır;

*** KOİ

*** AKM

*** UAKM

Ölçülen Parametreler

- *** pH
- *** Çözünmüş oksijen
- *** Bulanıklık

3.5. Analiz ve Ölçüm Metotları

3.5.1. pH

pH analizleri, Hanna Instruments pH 211 ve TW Multiline P4 marka cihazlarla paralel olarak yürütülmüştür.

3.5.2. KOİ

KOİ analizleri “Standard Methods–5220 “Titrimetric Method” yöntemine göre yürütülmüştür (Standard Methods, 1999).

3.5.3. AKM

AKM ölçümleri, Standart Metotlara uygun olarak yapılmıştır. Gravimetrik ölçümlerde ise Presica marka 205 A SCS model analitik terazi kullanılmıştır (Standard Methods, 1999).

3.6. Sisteminin İşletimi ve Bakımı

Tesisin uygun işletilmesi için atıksu üzerinde yapılması gereken tüm rutin kontrollerin yapılması gerekir. Makineler, tesisat ve ekipmanların rutin bakımlarının yapılması gereklidir.

Bu kapsamda Osmanbey Atıksu Arıtma tesisinde şu gibi işlemler yapılmıştır:

- Haftada iki gün dağıtım yapılarının denetlenmesi, savakların ve giriş yapılarının temizlenerek katıların uzaklaştırılması,
- Havalandırma havuzundaki çözünmüş O₂ ve sıcaklık, pH değerlerinin günlük olarak kaydedilmesi. Normalin üstü ve ya altı bir değerle karşılaşıldığında gerekli önlemlerin alınması,
- Haftada bir kez olarak düşey duvarların ve kanalların temizlenmesi,
- Atıksu döküntülerinin geciktirmeksizin hortum tutarak uzaklaştırılması,

- Haftalık temizlemelerde ızgaraların ve metal aksamların korozyona veya boya aşınmalarına maruz kalıp kalmadığının kontrolünün yapılması,
- Ön çökeltim dip sıyrıcılarının günde 15 dakika çalıştırıldıktan sonra ön çökeltim çamur çıkışları 10 saniye süre ile açılmasıdır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Giriş atıksuyu, ön çökeltim çıkış atıksuyu ve biyolojik sistemler (aktif çamur, yüzeyaltı akışlı yapay sulak alan, stabilizasyon havuzu, bardenpho) yaklaşık olarak 8 ay süresince işletilmiştir. Bu bölümde, sistemlerin askıda katı madde, uçucu askıda katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, çözülmüş oksijen konsantrasyonları ve pH, giderim verimleri incelenmiş ve yorumlanmıştır.

Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulak Alan ve Stabilizasyon Havuzunun geç işletilmeye alınmasının sebebi tesise fazla miktarda su gelmemesinden dolayı çalıştırılmaya gerek duyulmamıştır. Damlatmalı filtre sisteminin çalıştırılmamasının nedeni Aktif çamur sistemi ile ortak son çökeltim tankları olmasından dolayı, aktif çamur sisteminin verimini tam olarak anlamak istememizden dolayıdır.

4.1. Giriş Atıksuyu

Sekiz aylık ölçümler sonucunda giriş atıksuyundaki parametreleri ortalama konsantrasyonları Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

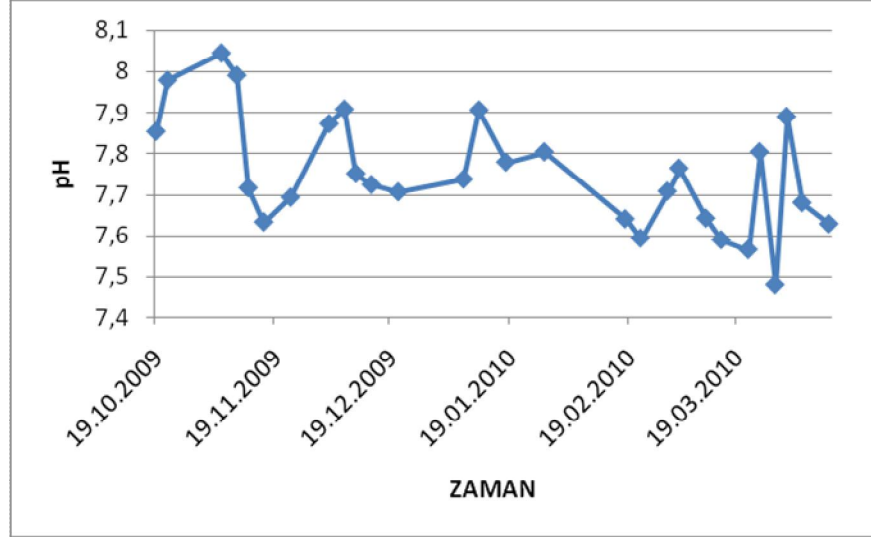
Çizelge 4.1. Giriş Atıksu Kirlilik konsantrasyonları

Giriş Atıksu Kirlilik Parametreleri	
AKM (g/L)	0.56
UAKM (g/L)	0.34
KOİ (mg/L)	211
pH	7-8

4.2.Ön Çökeltim Tankları

4.2.1.pH

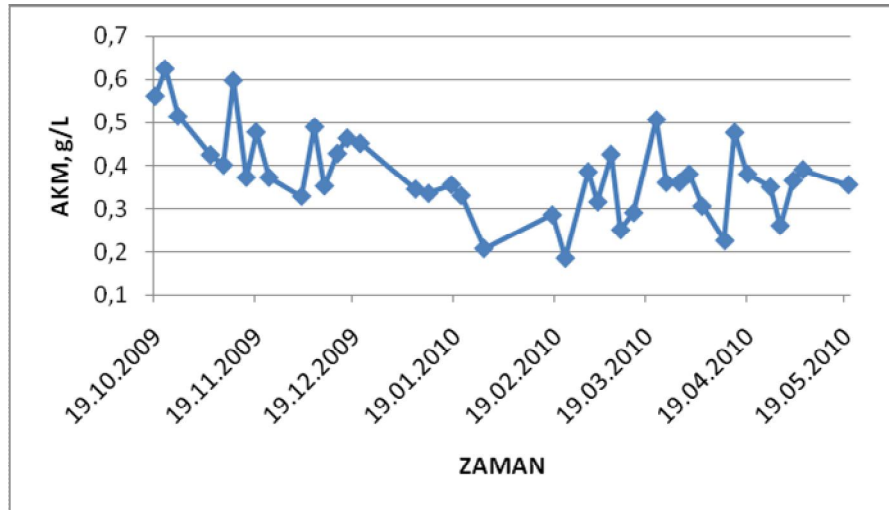
Ön çökeltim çıkış suları üzerinde yapılan pH analizlerinde, çok büyük mevsimsel değişimler gözlenmemiştir (Şekil 4.1). pH 7,56 ile 8,04 arasında salınımlar göstermiştir. 7,5'in altına düştüğü tarihte yanlış ölçümün olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.1. Ön çökeltim çıkışındaki pH

4.2.2. Askıda Katı Madde

Ön çökeltim tankında askıda katı madde konsantrasyonu salınımlar göstermiştir (Şekil 4.2.). Aralık ayında ızgaraların çalışmaması nedeniyle konsantrasyonda artış gözlenmiştir. Fakat daha sonraki aylarda ızgaranın değiştirilmesi ile AKM konsantrasyonu azalmıştır. Konsantrasyonlardaki ani çıkışlar çamur çekiminden önceki zamanlarda görülmüştür. Çamur çekimi ile birlikte düşüş görülmüştür.



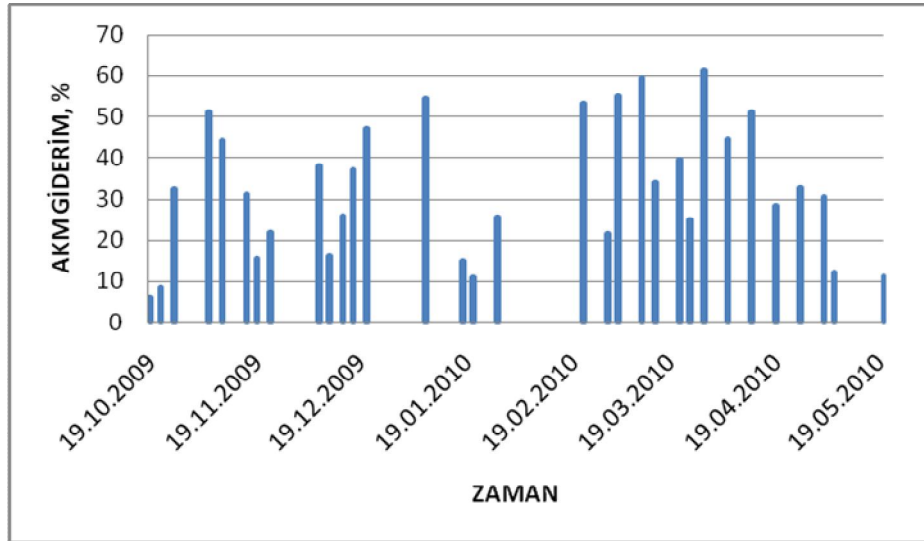
Şekil 4.2. Ön çökeltim çıkışındaki AKM konsantrasyonu

4.2.3. Askıda Katı Madde Giderim Verimi

Ön çökeltimde % AKM giderimi işletim süresi dahilinde % 6 ile 61 arasında değişim göstermiştir.

Ön çökeltim tankında toplam askıda katı madde giderimi %40-60'ı arasındadır (Topacık, 1987). Osmanbey kampusü atık su arıtma tesisin 2. kademesi olan ön çökeltim tankı yukarıdaki verim tablosunda da görüldüğü gibi sabit bir verim elde edilememiştir, inişli ve çıkışlıdır. Giderim veriminin düşük olması havuzun dibinde biriken çamurların periyodik olarak alınmamasından, sıyırıcıların her gün düzenli olarak çalıştırılmamasından kaynaklanmaktadır.

Sıcak sudaki taze atıksu katı maddeleri soğuk sudaki katı maddelerden daha hızlı çökeler (Topacık,1987). Şekil 4.3.'te de görüldüğü üzere havaların ısınmasıyla birlikte AKM giderim verimi artmıştır.



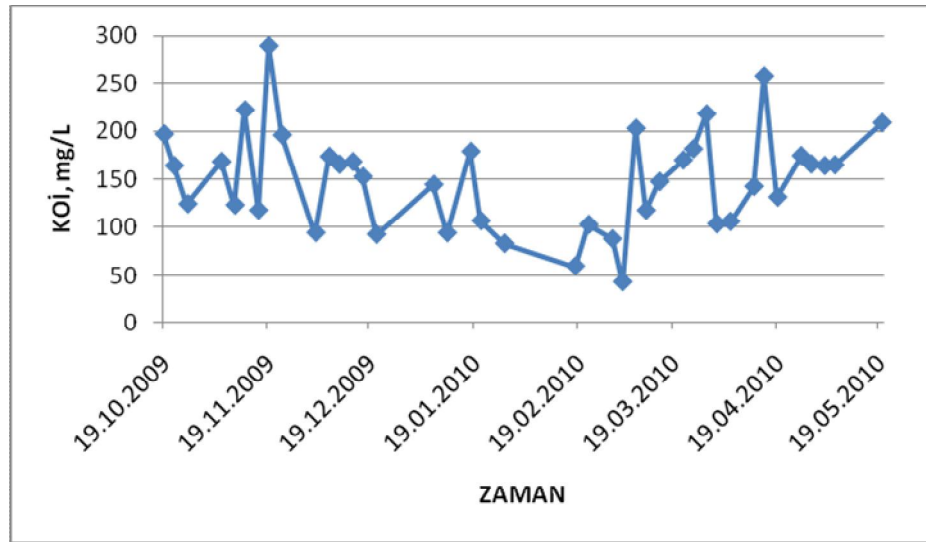
Şekil 4.3. AKM giderim verimi

4.2.4. Kimyasal Oksijen İhtiyacı ve Giderim Verimi

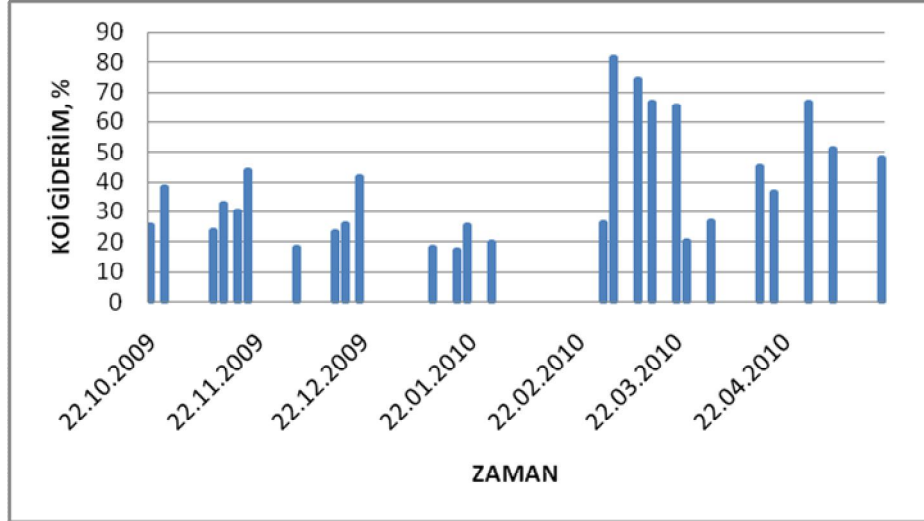
Şekil 4.5. 'te görüldüğü gibi ön çökeltimde % KOİ giderimi işletim süresi dahilinde 16,9 ile 81,5 arasında değişim göstermiştir.

Ön çökeltimden beklenen KOİ giderim verimi %25 ile % 35'i arasındadır (Topacık,1987). Grafikten de görüldüğü üzere, KOİ gideriminde istenen verim elde edilmiştir. Bazı zamanlarda verimin düşük olmasının sebebi sızıncının bozuk olması veya çamur çekiminin düzenli olmamasıdır.

Sıcak havalarda, biyolojik faaliyeti hızlandırır (Topacık,1987). Grafikten de görüldüğü üzere sıcak havalardaki KOİ giderimi kışa göre daha fazladır.



Şekil 4.4. Ön çökeltim çıkışındaki KOİ konsantrasyonu



Şekil 4.5. KOİ giderim verimi

4.2.5. Ön Çökeltim Tanklarında Karşılaşılan Problemler

Havuzda yıl boyunca belirli aralıklarla yüzen çamurla karşılaşılmıştır. Yüzücü çamur görüldüğünde sıyrıcı çalıştırılmakta ve çamur çekimi gerçekleştirilmiştir ve çamurların tamamı tanktan uzaklaştırılmıştır. Böylece problem bu şekilde belli bir süreliğine ortadan kaldırılmaktadır.

Sinek problemini, koku problemini azaltmak, tesisin daha bakımlı görünüşünü sağlamak ve daha sonraki ünitelerin daha verimli çalışmasını sağlamak için yüzen maddeler elle sıyrılmıştır.

Izgaraların normal çalıştırılmaları çökelti verimine tesir eder (Topacık, 1987). Ancak bir süre izgaralar bozuk olduğundan ön çökeltimden istenen verim alınamamıştır.

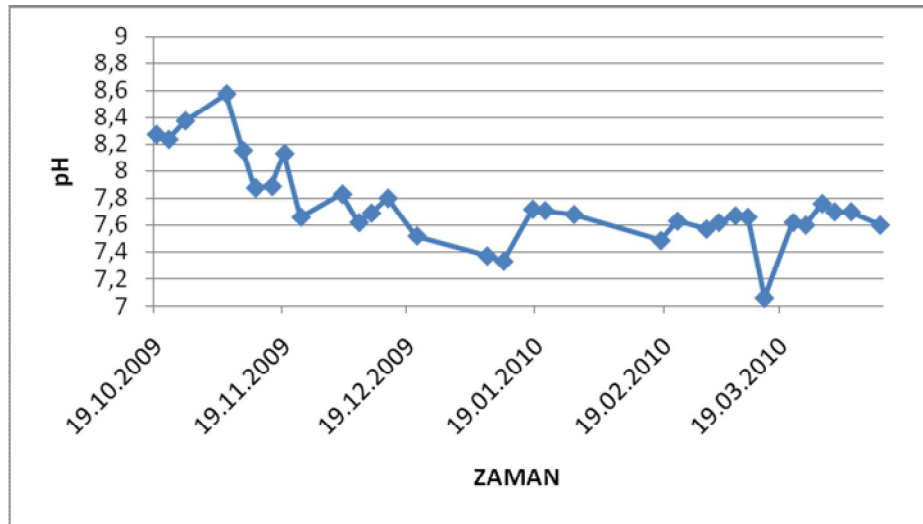
4.3. Aktif Çamur

Aktif çamur havuzundan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.3.1. Havalandırma Havuzundaki İşletim Parametreleri

4.3.1.1 pH

Mikroorganizmalar pH değişiminden etkilenirler. Aktif çamur süreçleri genelde 6.5 ile 8.5 arasında değişen pH değerlerinde işletilirler. Bu aralık içerisinde kalsa dahi ani pH değişimi mikroorganizmaların aktivitesini önemli ölçüde etkiler. Normal şartlarda aktif çamur tesisi için düşük pH değerlerinde mantarlar ürer ve iplikli çamur kabarması ortaya çıkar (Toprak, 2000). Şekil 4.6.'da da görüldüğü üzere pH 7 ile 8,54 arasında seyretmiştir ve sonuçlar istenilen aralıktadır.

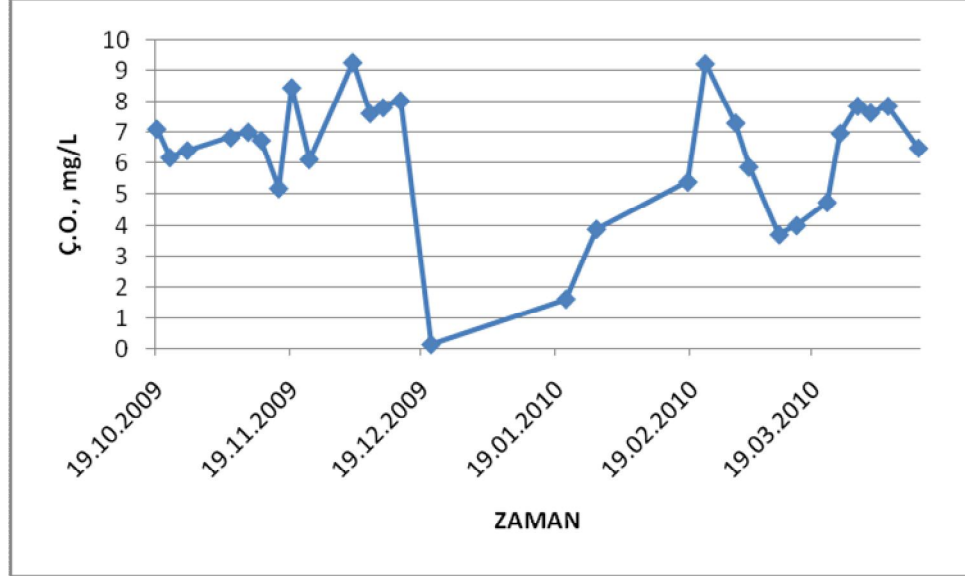


Şekil 4.6. Aktif çamur havuzunda pH

4.3.1.2 Çözünmüş Oksijen

Aktif çamur havuzunda istenen Çözünmüş oksijen konsantrasyonu ortalama 2 ila 4 mg/L arasında olmalıdır (Toprak, 2000). Şekil 4.7. 'de de görüldüğü üzere O₂ miktarı genel olarak 3 mg/L'nin üzerinde seyretmiştir. Ayrıca aşırı havalandırma aşırı enerji tüketimine neden olurken, yaratılan aşırı türbülans ile biyolojik yumakların parçalanmasına sebebiyet vermiş olabilir. Bu nedenle, çamurun çökmesi güçleşmiş ve çıkış suyu bol miktarda askıda katı madde içermektedir.

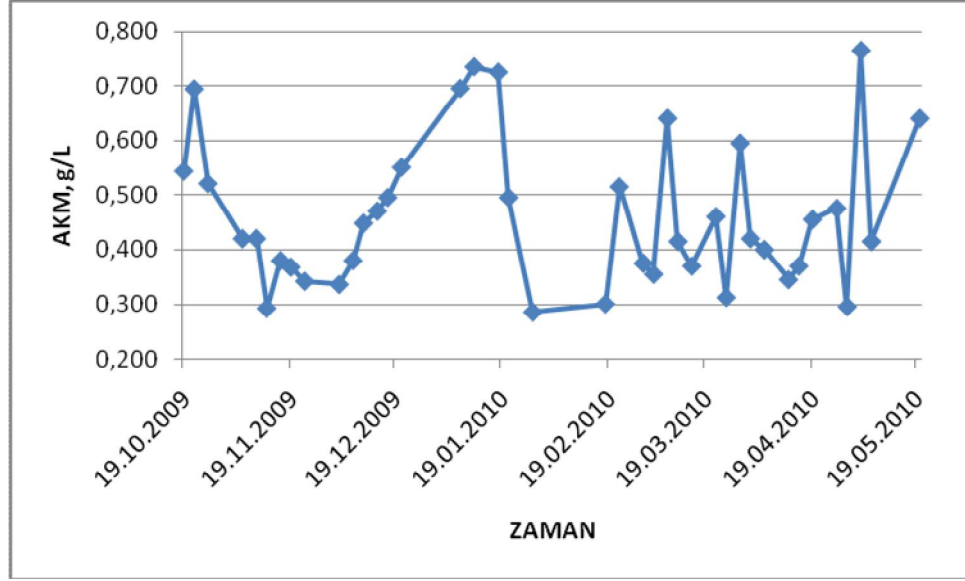
21.12.2009 tarihinde O₂ konsantrasyonundaki düşüşün sebebi ise, blowerın arızalanmasıdır. 7-11-18.01.2010 tarihlerinde blower çalışmamıştır. Daha sonraki günlerde blowerın arızası giderilmiştir.



Şekil 4.7. Aktif çamur havuzunda çözülmüş oksijen konsantrasyonu

4.3.1.3 Askıda Katı Madde

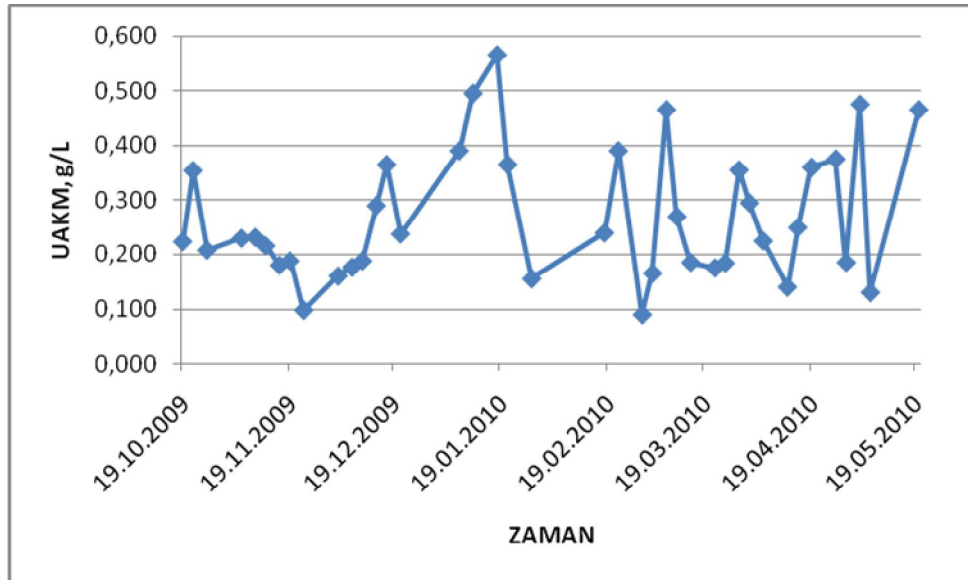
Aktif çamur havuzunda istenen AKM konsantrasyonu 2,5 ila 4 g/L arasındadır (Metcalf & Eddy, 2003). AKM konsantrasyonu 0,2 ile 0,8 arasında seyretmiştir. Şekil 4.8.'te de görüldüğü üzere beklenen askıda katı madde konsantrasyonuna ulaşamamıştır. Bunun sebebi, çamur geri devir pompası çamur haznesinden istenen seviyeden çamur çekememekte, yüzeyden su çekmektedir. Dolayısıyla geri devrettirilen çamurda bulanık su yerine berrak bir su geldiği gözlenmiştir. Dolayısıyla geri devir çamurunda da askıda katı miktarı çok azdır (Şekil 4.10. da görüldüğü gibi). Çamur geri devir pompasının ayarlanması gerekmektedir. 26.11.2009 tarihinde sistem, bakterilerin çoğalmasını sağlamak üzere kapatılmıştır.



Şekil 4.8. Aktif Çamur Havuzunda Askıda katı madde konsantrasyonu

4.3.1.4 Uçucu Askıda Katı Madde

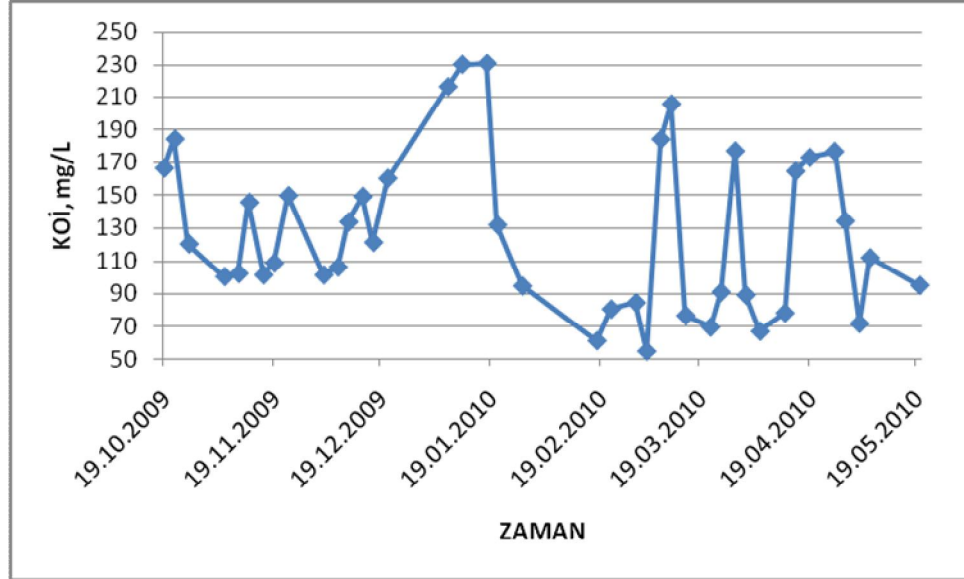
Uçucu Askıda Katı Madde havalandırma havuzlarında mikroorganizma kütlelerinin göstergesidir. Genelde 2 g/L nin üzerinde olması istenmesine rağmen, çalışmada bu değerlere ulaşamamıştır. Bunun nedeni geri devir sisteminin sağlıklı çalıştırılmamasıdır.



Şekil 4.9. Aktif çamur havuzunda uçucu askıda katı madde konsantrasyonu

4.3.1.5 Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Havalandırma havuzu KOI değerleri Şekil 4.10.'da görülmektedir. Toplam KOİ değerleri havalandırma havuzunda çok düşük değerlerde seyretmekte olup bunun nedeni sisteme giriş suyunun kirlilik derecesinin az olması ve geri devir suyunun az miktarda mikroorganizma içermesidir.



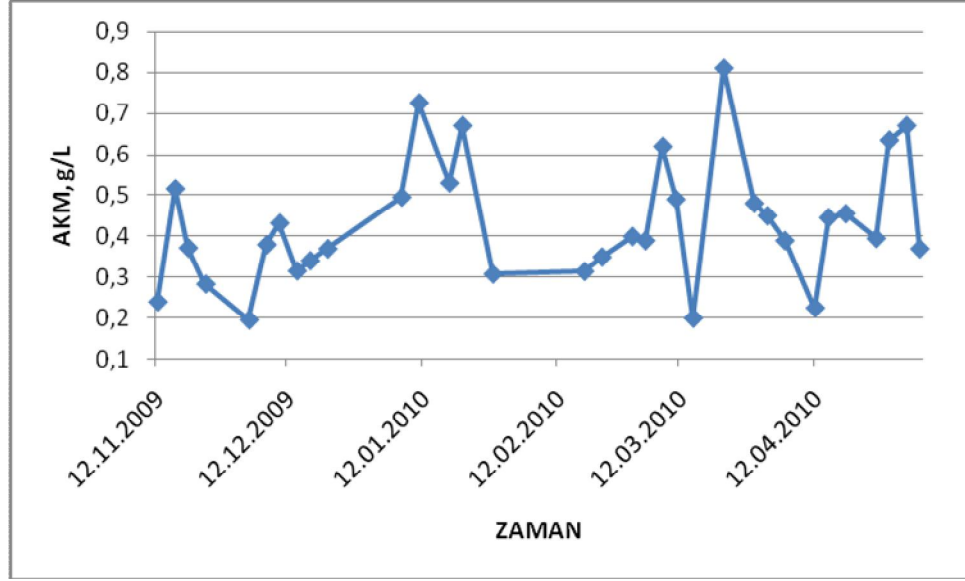
Şekil 4.10. Aktif çamur havuzunda toplam kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu

4.3.2. Aktif Çamur Sistemi Geri Devir Çamuru Değerleri

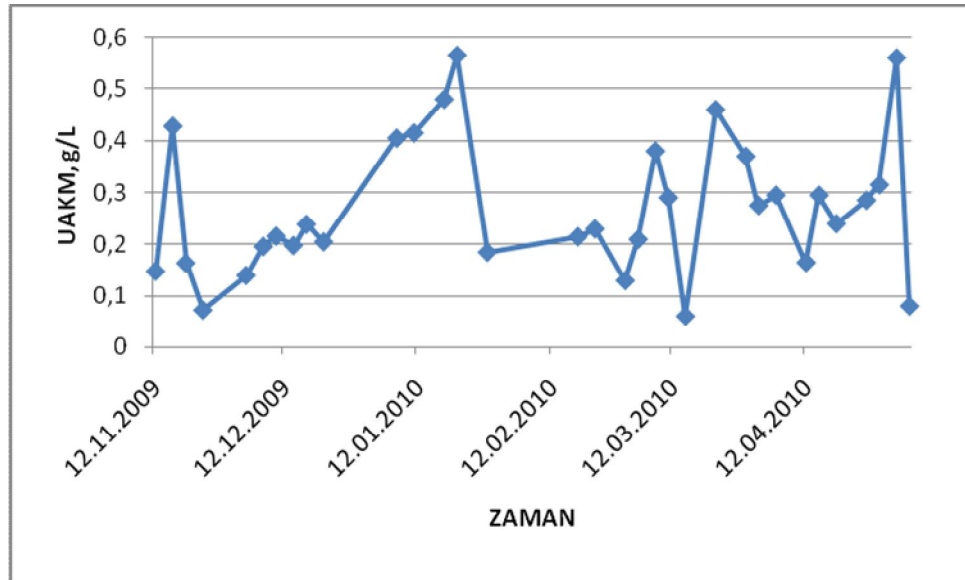
Son çökeltim tankından aktif çamur havuzuna, mikroorganizma miktarını sabit tutmak amacıyla geri devrettirilen çamurdur. Geri devir atıksuyunun katı madde ihtivaları aşağıdaki gibidir.

4.3.2.1 Askıda Katı Madde

Şekil 4.11.'de de görüldüğü üzere geri devir pompası istenen seviyeden (yüzeyden su çekmektedir) çamur çekemediğinden atıksu muhtevası yüksek AKM ve UAKM içermemektedir. Bu nedenle aktif çamur havuzuna gönderilen suda yeterli miktarda mikroorganizma konsantrasyonu yoktur. Buda arıtım veriminin düşük olmasına nedendir.



Şekil 4.11. Aktif çamur geri devir hattında AKM konsantrasyonu



Şekil 4.12. Aktif çamur geri devir hattında UAKM konsantrasyonu

4.3.3. Aktif Çamur Sistemi Çökeltim Havuzu Çıkışı Değerleri

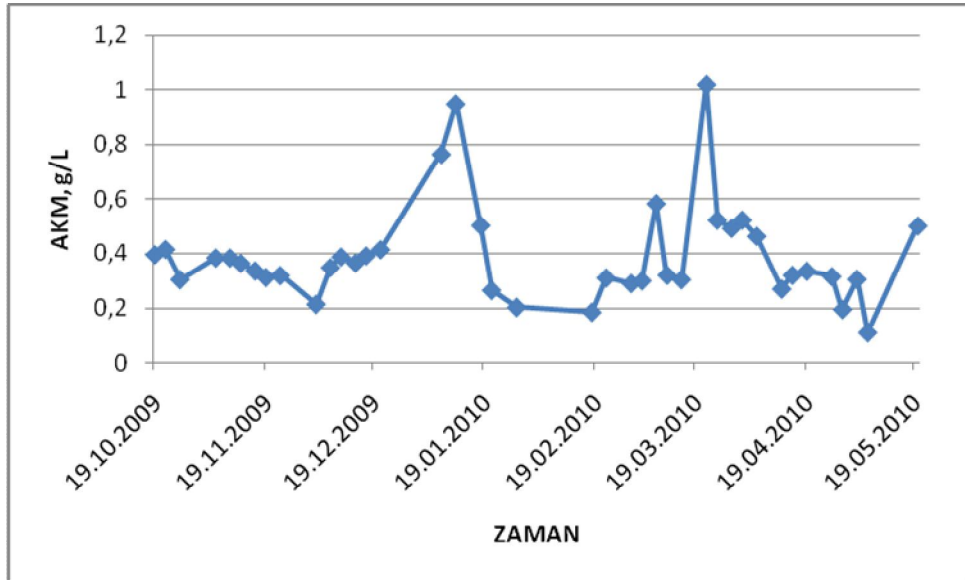
4.3.3.1 Askıda Katı Madde

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde çıkış sularındaki konsantrasyon limitleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Sektör: Evsel Nitelikli Atıksular (Sınıf 2: Kirlilik Yükü Ham BOİ Olarak 60-600 Kg/Gün, Nüfus = 1000-10000) (SKKY, 2004).

Parametre	Birim	Kompozit numune 2 saatlik	Kompozit numune 24 saatlik
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅)	(mg/l)	50	45
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	(mg/l)	160	110
Askıda katı madde (AKM)	(mg/l)	60	30
Ph	-	6-9	6-9

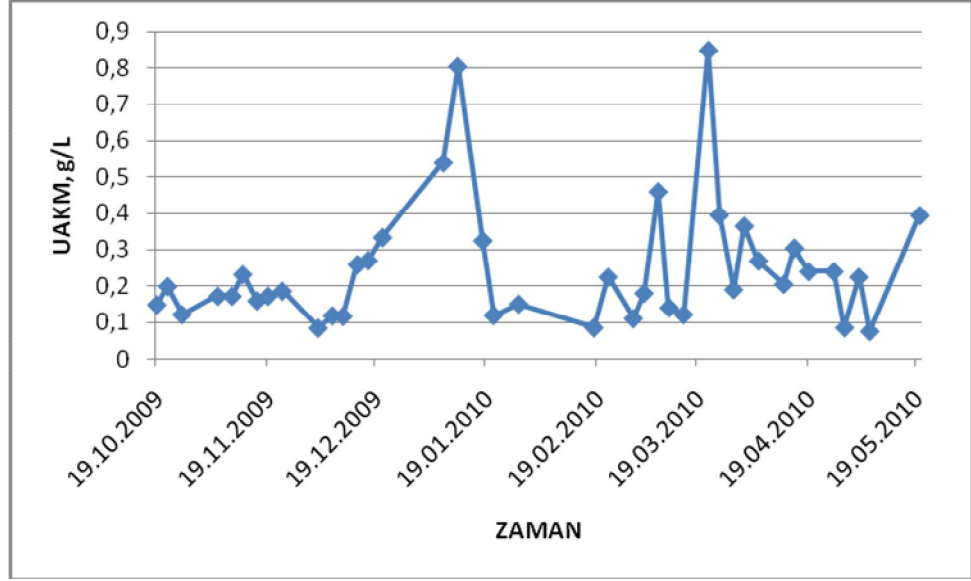
SKKY’de 2 saatlik kompozit numunede askıda katı madde konsantrasyonu için verilen üst limit 60 mg/L’dir. Şekil 4.13.’ de görüldüğü üzere çıkış suyundaki AKM konsantrasyonu verilen sınır değerin çok üzerindedir. Düzenli olarak her gün çamurun çekilememesi, oluşan mekanik sorunlar (karıştırıcının çalışmaması), çamur yaşının ayarlanamamasıdır. Ayrıca çok fazla hava verilmesi ile yaratılan aşırı turbülans ile biyolojik yumakların parçalanmasına sebebiyet vermiş olabilir. Bu durumda, çamurun çökmesi güçleşmiş ve çıkış suyu bol miktarda askıda katı madde içermiştir. Çökeltim tankının dibinde oluşan havasız ortam sebebiyle denitrifikasyon oluşumu gözlenmiştir. Çamur yüzmesi sorunu oluşmuştur. Bu nedenle çıkış suyunda AKM konsantrasyonu yüksektir.



Şekil 4.13. Aktif Çamur Son Çökeltimde AKM konsantrasyonu

4.3.3.2 Uçucu Askıda Katı Madde

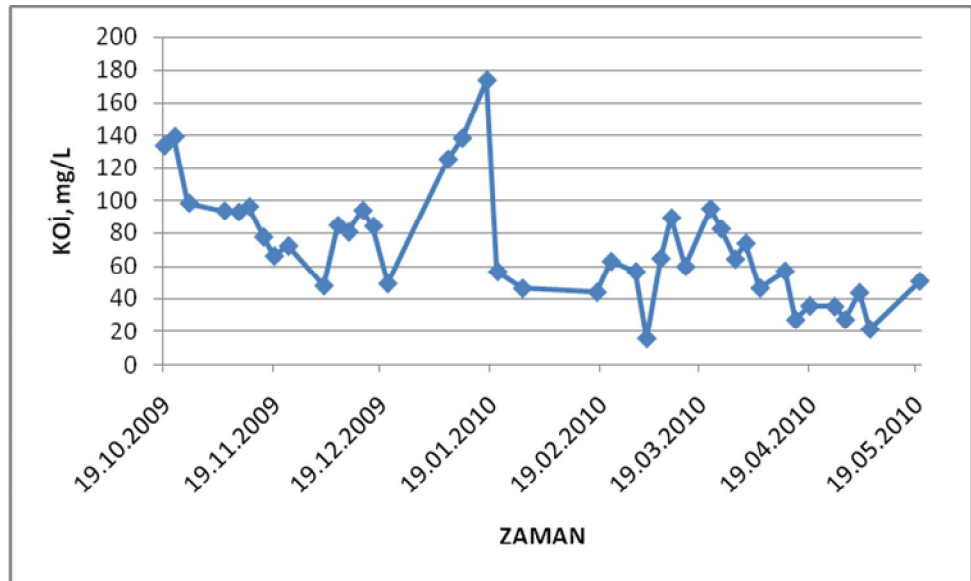
AKM’ye paralel olarak değişim göstermiştir.



Şekil 4.14. Aktif Çamur son çökeltimde UAKM konsantrasyonu

4.3.3.3 Kimyasal Oksijen İhtiyacı

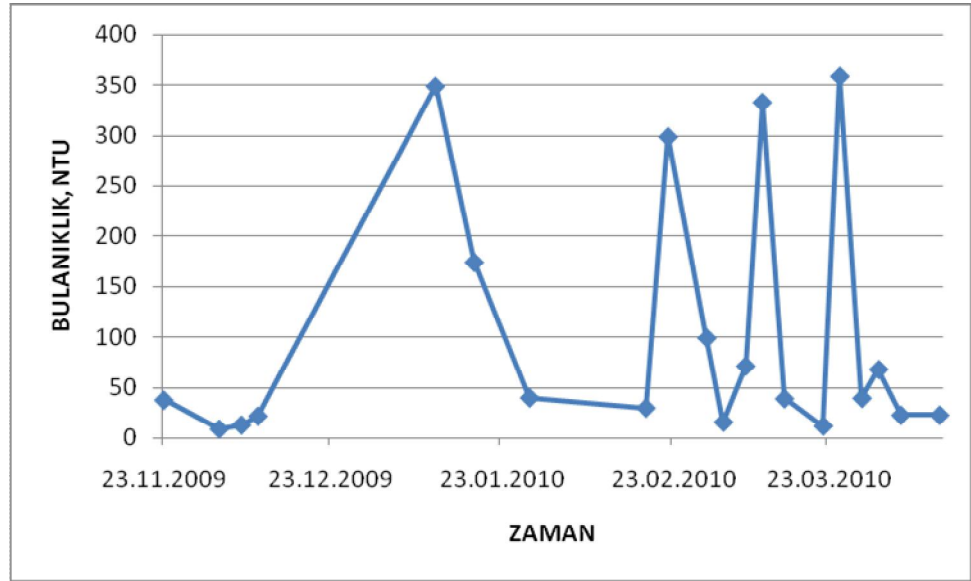
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde çıkış sularındaki kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu için verilen üst limit 160 mg/L'dir. Şekil 4.15.'de de görüldüğü üzere çıkış suyundaki KOİ konsantrasyon değerleri genel olarak verilen sınır değerinin altındadır. Ayrıca biyolojik faaliyet kısmı düşük olduğundan kısmi KOİ, çıkış suyunda daha fazla olduğu görülmektedir. Ocak ayında sızırcının çalışmamasından ve çamur çekilemediğinden KOİ konsantrasyonu artmıştır.



Şekil 4.15. Aktif çamur son çökeltimde KOİ konsantrasyonu

4.3.3.4 Bulanıklık

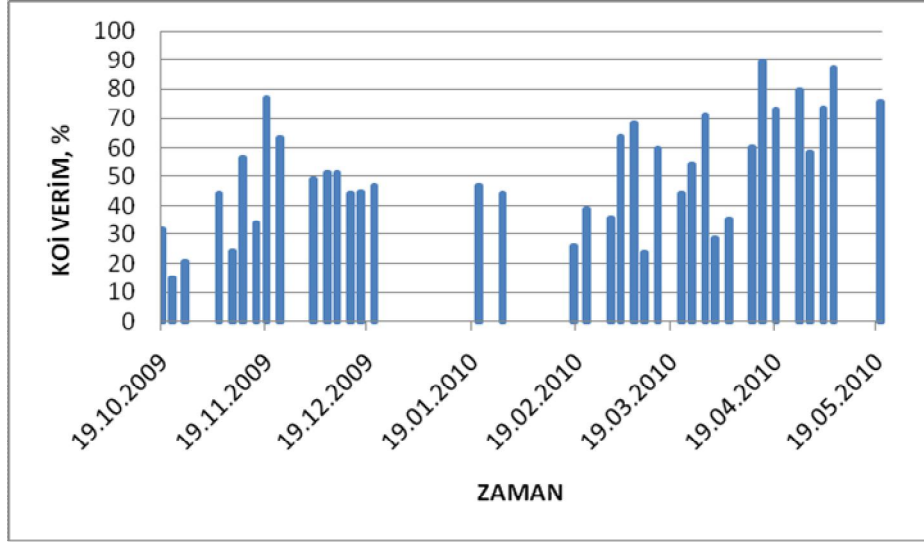
Son çökeltim tankında bulanıklık değişken bir yapı göstermiştir. Çıkış suyundaki AKM miktarı arttıkça bulanıklıkta doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Karıştırıcının çalışmadığı zamanlarda artışın çok fazla olduğu görülmüştür. Mart ayında çıkış sularındaki bulanıklığın ani artışlarına organik yüklemenin fazla olması etken olmuş olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.16. Bulanıklık

4.3.4.5 Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi

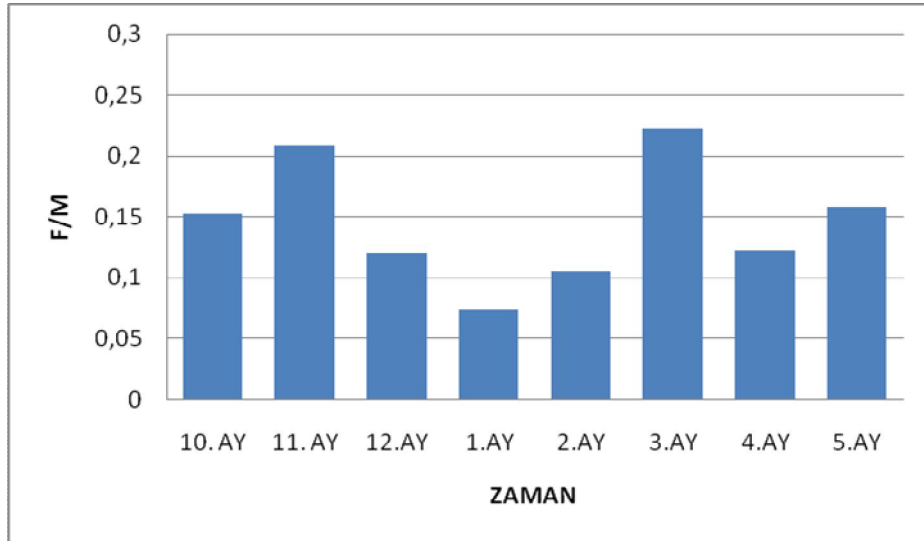
KOİ giderim verimi %80 ila 85 arasında olması gerekir (Samsunlu, 2006). Şekil 4.17’de de görüldüğü üzere yapılan çalışmada aktif çamur için öngörülen KOİ giderim veriminden oldukça düşüktür. Geri devirin iyi olmaması nedeniyle aktif çamur havuzunda UAKM (mikroorganizma) konsantrasyonu düşüktür, bu nedenle gelen kirlilik tüketilmemiştir. Aktif çamur tesisinin yeteri kadar başarılı olamamasının sebebi, sistemdeki aktif organizmaların kütlelerinin uygun miktarda olmamasından ileri gelmektedir.



Şekil 4.17. KOİ giderim verimi

4.3.5. Çamur Yüğü

Aktif çamur için F/M oranı 0,2 ila 1 arasında değişmektedir (Topacık,1987). Şekil 4.18.'te de görüldüğü üzere F/M oranı istenen aralıkta değildir. Gelen atıksuyun kirlilik yükünün düşük olması nedeniyle F/M oranında düşük çıkmıştır.

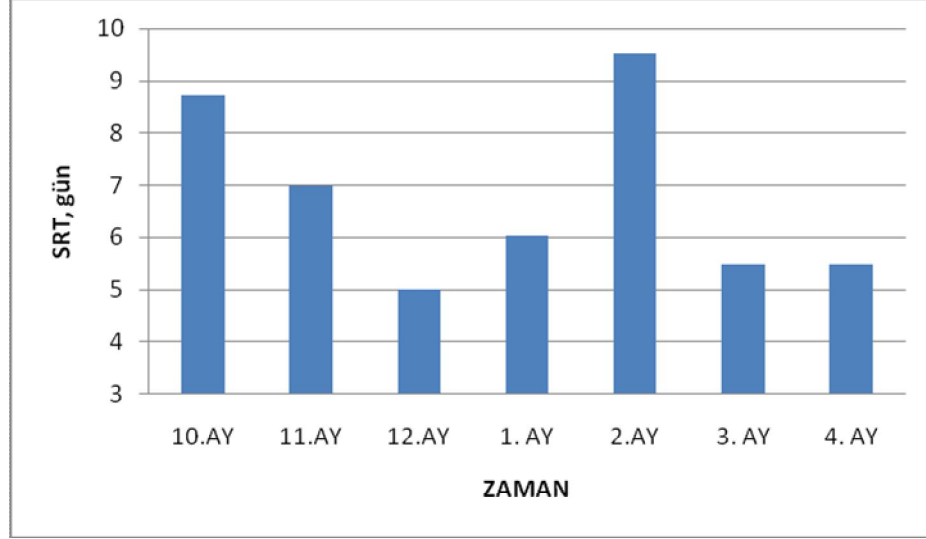


Şekil 4.18.Çamur Yüğü

4.3.6. Çamur Yaşı

Aktif Çamur sistemleri için Katı alıkonma süresi 5-15 gündür (Metcalf and Eddy, 2003). Şekil 4.19.'da da görüldüğü üzere çamur yaşı istenen aralıktadır. Çamur yaşı sıcaklık gibi çevresel faktörlerle değişir. Yaz aylarında yüksek sıcaklık nedeni ile sistemdeki aktif çamurun faaliyet hızı yüksektir. Gerekli işi yapabilmek

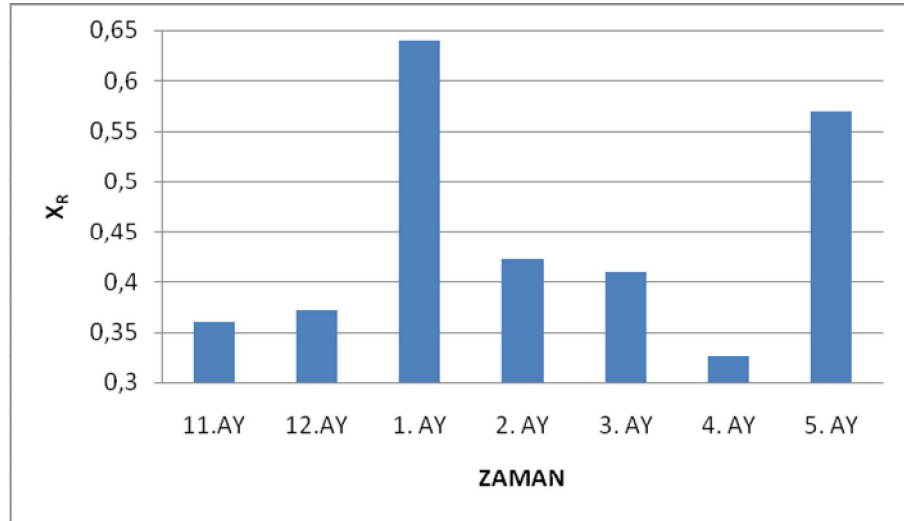
için daha az bakteriye ihtiyaç vardır. Dolayısıyla kış aylarında gerekenden daha az çamur yaşı olur. Sonuçlara göre de kışın çamur yaşı yazınkinden yüksektir. Her ne kadar SRT istenen aralıkta olsa da mikroorganizma (UAKM) miktarının azlığından dolayı aktif çamur sisteminde istenen verime ulaşamamıştır.



Şekil 4.19.Çamur Yaşı

4.3.7. Geri Devir Oranı (X_r)

Geri devir oranı evsel atıksularda %30 ila %100 arasındadır (Topacık,1987). Geri devir oranı genel olarak verilen aralıktadır. Yalnızca 4. ayda geri devirdeki ve havuzdaki UAKM konsantrasyonu düşük olduğundan geri devir oranı düşük çıkmıştır.



Şekil 4.20.Geri Devir oranı

4.3.8. Aktif Çamur Sisteminde Karşılaşılan Sorunlar

Analitik izleme kadar, havalandırma ve çökeltme havuzlarında görsel izleme de uygulanmalıdır. Bu parametreler; havalandırma modu, türbülans, köpük (miktar ve renk), renk (giriş suyu ve karışık sıvı), koku (giriş suyu ve karışık sıvı), çökeltme havuzu yüzeyi (yükselen çamur, küllenme, gres ve azot gazı kabarcıkları) ve çıkış suyunun berraklığıdır. Bu tür niteliksel gözlemler niceliksel ölçümlere kıyasla daha hızlı sonuç verir. Ayrıca, mekanik aksamın çıkardığı anormal seslerin dinlenilmesi ve ekipman sıcaklığının dokunma ile saptanması da çok önemlidir.

Son çökeltim tankında zaman zaman toplu iğne büyüklüğünde floklar ve yüzen çamur görülmüştür. Toplu iğne floklarının oluşma sebebi fazla havalandırma olabilir bu sebeple havalandırma aza indirilmelidir.

Çökeltme tankında denitrifikasyon nedeniyle yüzen çamur problemi oluşmuştur. Durultucunun yüzeyine çıkan koyu renkli, çürümüş çamur kütlelerinin sebebi sıyırıcıların düzenli çalışmaması ve çamur atma işleminin gerektiği gibi yapılamamasındandır. Çökeltme havuzlarında yüksek bekleme zamanlarında, oksijen konsantrasyonu aşırı derecede düşer ve denitrifikasyon için uygun koşullar meydana gelir. Denitrifikasyon sonucu oluşan azot gazı, çamuru çökeltme havuzunun üst tarafına kaldırır. Bu problem nedeniyle arıtma tesisi çıkışında su bulanıktır ve KOİ konsantrasyonu artmıştır. Bu problemi gidermek için çökeltme tankında bekletme zamanı düşürülebilir.

Havalandırma havuzunda karşılaşılan en büyük problem ise taze, beyaz renkte aşırı köpüklenmedir. Buda bize havalandırma havuzundaki mikroorganizma (MLVSS) miktarının çok düşük olduğunu ve çamurun çok genç olduğunu gösterir.

Verimin düşük olma sebeplerinden biri de mekanik arızaların (sıyırıcılar) çok fazla olmasıdır.

4.4. Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulak Alan

Yapay Sulak Alandan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. YAYSA'nın geç işletmeye alınmasının sebebi fazla atıksuyun tesise gelmemesindedir.

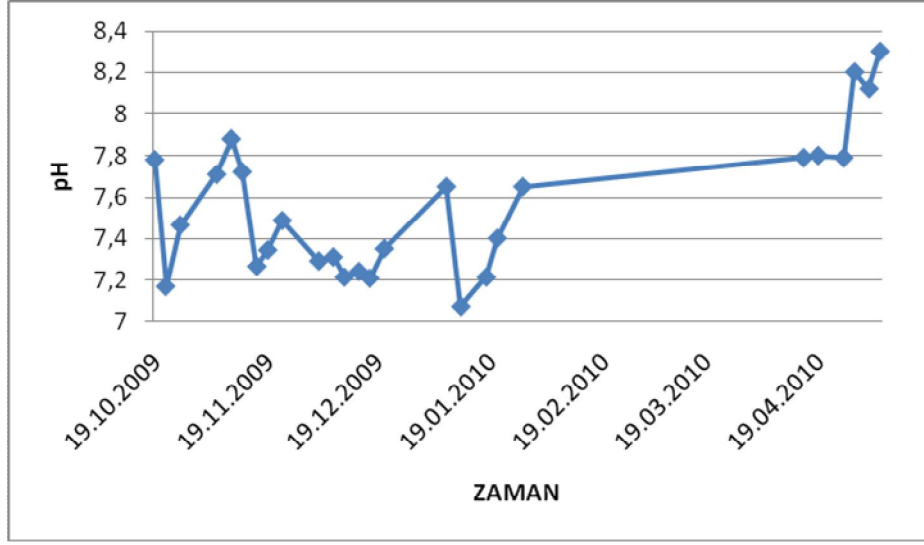
4.4.1. pH

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde çıkış sularındaki konsantrasyon limitleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Evsel nitelikli atıksular için deşarj standartları (eşdeğer nüfusun ne olduğuna bakılmaksızın doğal arıtma ve stabilizasyon havuzları sistemiyle biyolojik arıtma yapan kentsel atıksu arıtma tesisleri için) (SKKY, 2004).

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 SAATLİK	Kompozit Numune 24 SAATLİK
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅) (Çözünmüş)	(mg/L)	75	50
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	(mg/L)	150	100
Askıda katı madde (AKM)	(mg/L)	200	150
pH	-	6-9	6-9

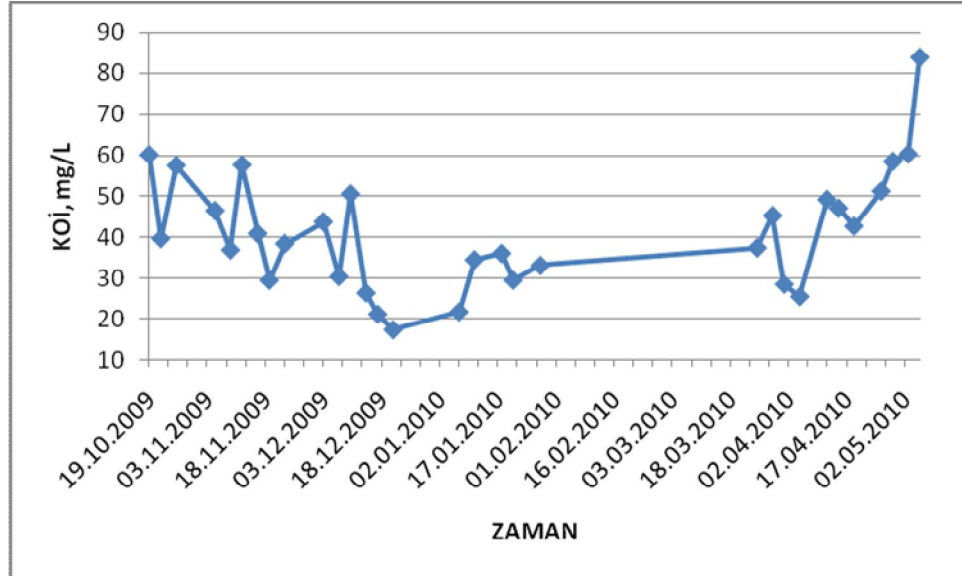
2 saatlik kompozit numunede pH için verilen limit 6 ile 9 arasındadır. Görüldüğü üzere YAYSA sistemi çıkış suları üzerinde yapılan pH analizlerinde, çok büyük mevsimsel değişimler gözlenmemiştir. İşletim süresi boyunca pH seviyesi 7.0 ile 8.4 arasında değişmektedir. Sistem pH sınırın genel itibariyle giriş suyu pH sına göre düşük olması; atmosfere kapalı olan su ortamı ve mikrobiyolojik parçalanmalar sonucu oluşan karbondioksitin etkin bir şekilde atmosfere verilememesiyle açıklanabilir. Şekil 4.21.'de de görüldüğü üzere sistemin çıkış suyunda, işletim süresi boyunca yapılan analizler sonucunda elde edilen pH değerlerinin, deşarj standartları dahilinde kaldığı saptanmıştır.



Şekil 4.21. pH

4.4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre çıkış suyunda istenen en üst KOİ limit değeri 180 mg/L'dir. Şekil 4.22.'de de görüldüğü üzere sonuçlar yönetmelikte verilen sınır değerinin altında çıkmıştır ve yapay sulak alanın KOİ gideriminde başarılı olduğu görülmektedir.



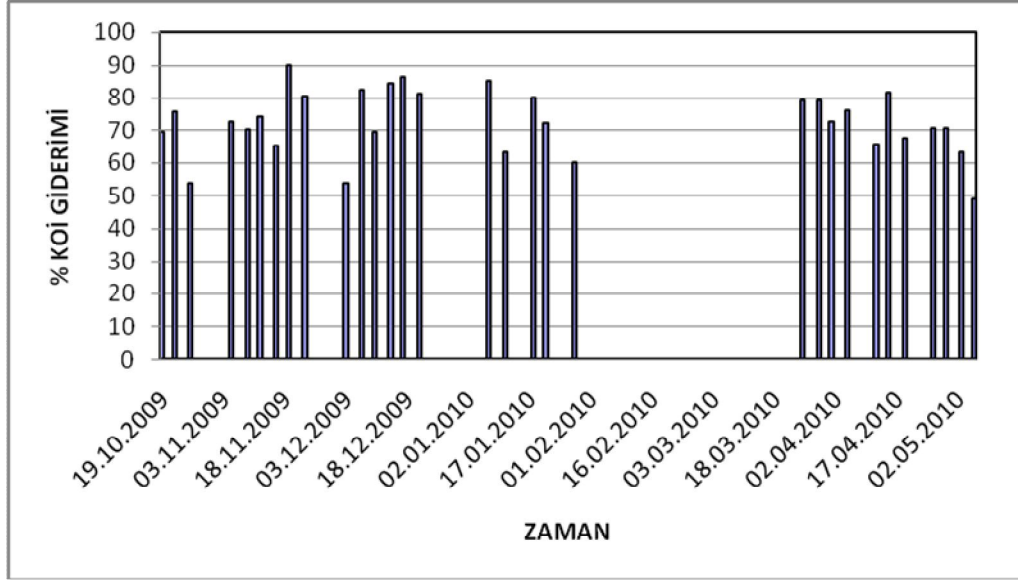
4.22. KOİ konsantrasyonu

4.4.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi

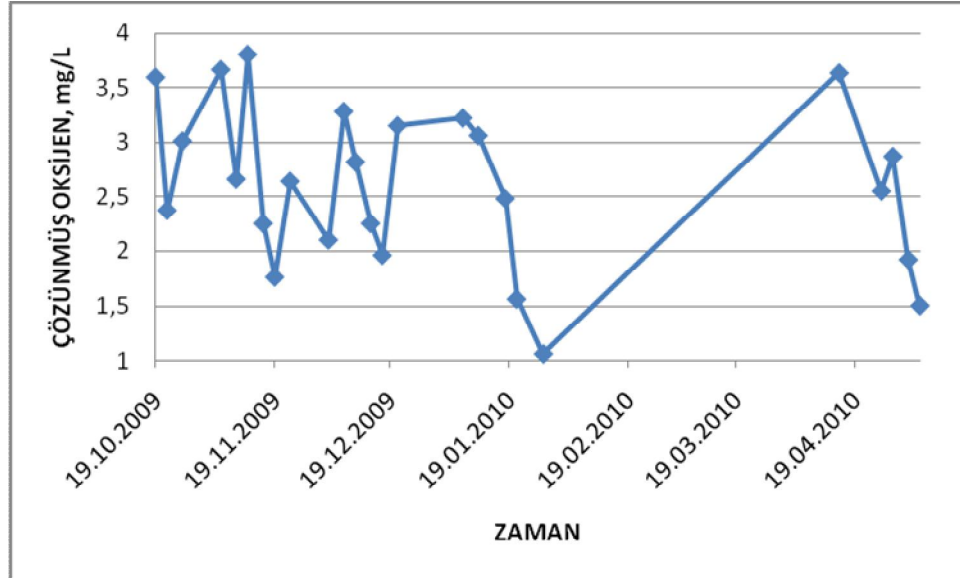
Sulakalanlarda, çökebilir maddeler çökme ve filtrasyon mekanizmalarıyla giderilebilirken, organik maddeler aerobik ve anaerobik heterotrof mikroorganizmalar tarafından giderilmektedirler.

KOİ giderimini etkileyen başlıca parametreler atıksuyun KOİ yükü, yatakların tasarımı, işletme koşulları, kullanılan dolgu malzemelerinin özellikleri, oksijen difüzyonu ve konveksiyonudur (Korkusuz, 2005).

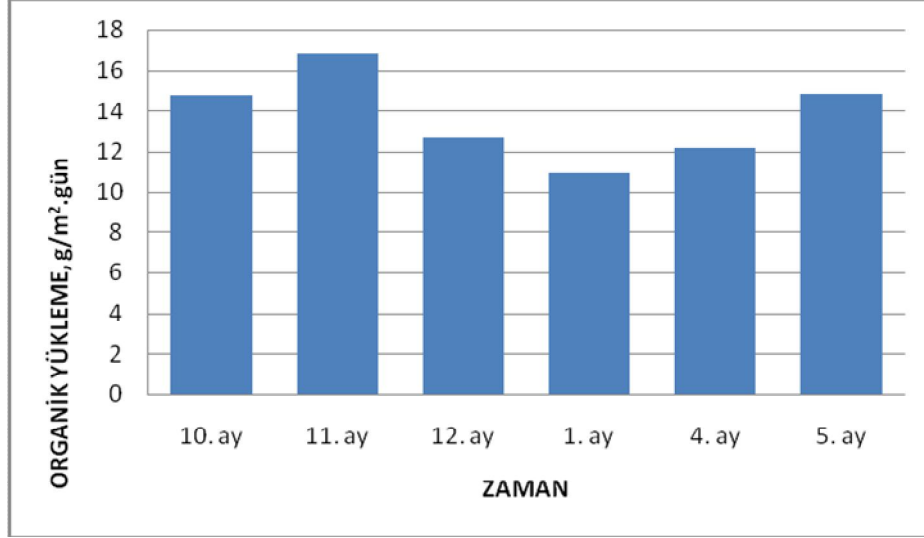
YAYSA sisteminde % KOİ giderimi işletim süresi dahilinde % 39,7 ile 90 arasında değişim göstermiştir. İlk aylarda gözlenen düşük giderim verimleri, sistemin atıksuya adaptasyon sağlamaya başlamasıyla Kasım ve Aralık aylarında yükselişe geçmiştir. Şubat ve Mart ayları arasında tıkanmadan dolayı, dolgu malzemelerinin üzerinden su taşması nedeniyle sistem kapatılmıştır. Hava sıcaklığının Nisan ayı itibariyle yükselmesi sistem performansını arttırmıştır. Giriş suyundaki KOİ konsantrasyonlarındaki farklılıklardan dolayı KOİ giderim verimleri, her ölçüm zamanında farklı salınımlar göstermiştir. KOİ yükünün artmasıyla (sisteme giriş debisinin artması nedeniyle) sistem performansında düşüşler görülmüştür. Ayrıca 4.23.'de görüldüğü üzere düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonları da sistem performansını etkilemiştir. Şekil 4.21.'de KOİ yükü Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Nisan, Mayıs ayında 14.79, 16.79, 12.72, 10.95, 12.20, 14.83 g/m².gün olarak grafiklendirilmiştir. Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulak Alanlarda organik yükleme hızı 13,4 g/m².gün'den küçük olmalıdır (Metcalf and Eddy, 1991).



Şekil 4.23. KOİ giderim verimi



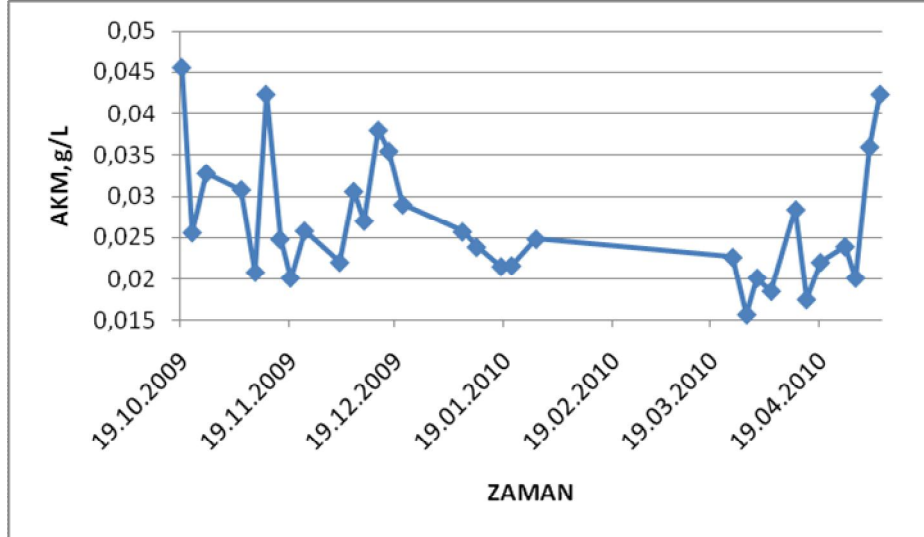
Şekil 4.24. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu



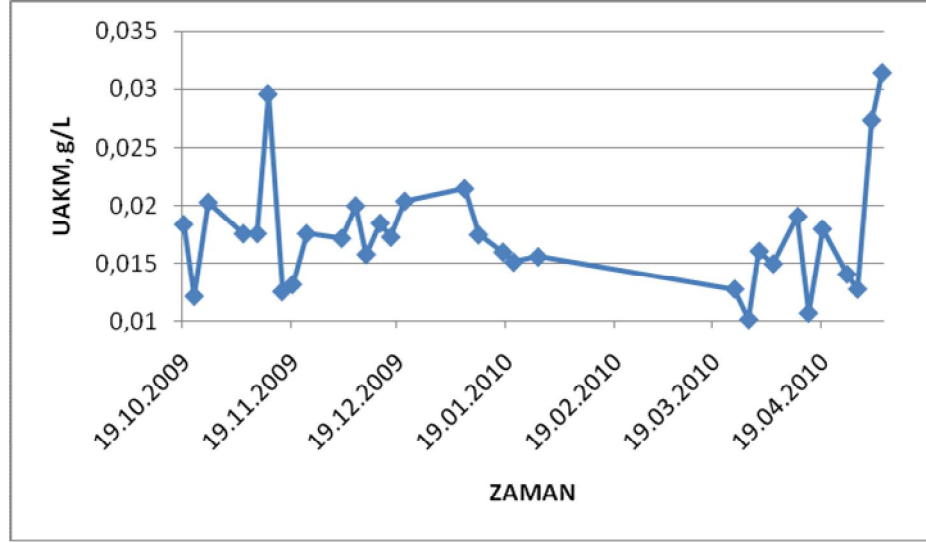
Şekil 4.25. KOİ yükü

4.4.4. Askıda Katı Madde

Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre çıkış suyunda istenen en üst AKM limit değeri 200 mg/L'dir. Şekil 4.26.'da da görüldüğü üzere Askıda Katı Madde konsantrasyonları verilen üst limitin altında seyretmiştir.



Şekil 4.26. YAYSA'da AKM konsantrasyonu



Şekil 4.27. YAYSA'da UAKM konsantrasyonu

4.4.5. Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulak Alan Sisteminde Karşılaşılan Problemler

Yapay sulakalanlarda kirleticilerin birikmesi nedeniyle çökelmelerle sediment ve ölü bitki katmanı oluşur (Topacık, 1987). Şubat ve Mart ayları arasında tıkanmadan dolayı, dolgu malzemelerinin üzerinden su taşması nedeniyle sistem kapatılmıştır.

4.5. Stabilizasyon Havuzu

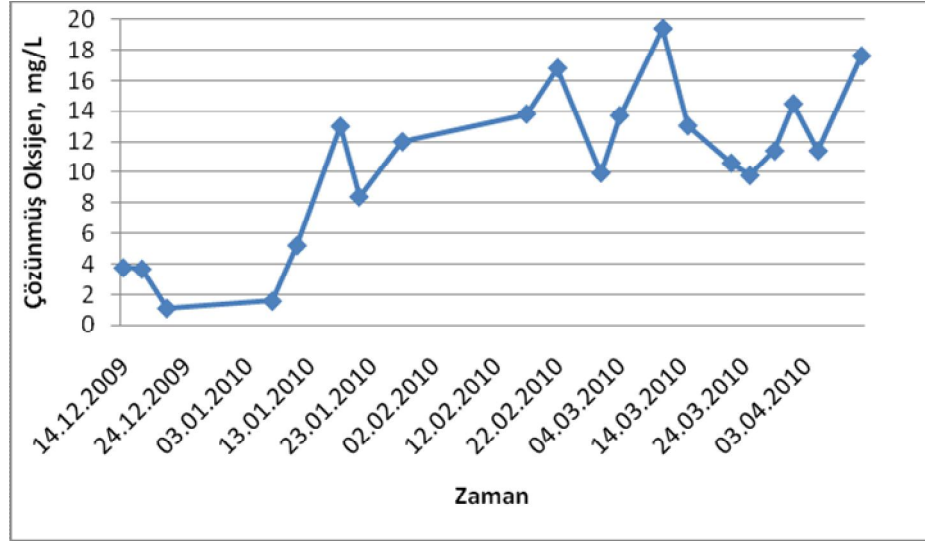
Stabilizasyon havuzunun çıkış suyundaki bulanıklık, çözülmüş oksijen, KOİ, AKM ve UAKM ölçümleri aşağıdaki gibidir. Stabilizasyon havuzlarının geç çalıştırılmasının sebebi atıksuyun fazla gelmemesindedir.

4.5.1. Çözülmüş Oksijen Konsantrasyonu

Sistem ilk çalıştırılmaya başlaması ile alg hücreleri az miktardadır. Dolayısıyla ilk zamanlarda çözülmüş oksijen konsantrasyonu azdır. Daha sonralarda alg üretiminin artmasıyla çözülmüş oksijen miktarında artmıştır. Sıcak ve güneşli havalarda fotosentetik faaliyet arttığından Ç.O. konsantrasyonu artar.

Bu havuzlarda güneşli zamanlarda ve akşamın ilk saatlerinde daha çok aerobik şartlar mevcuttur. Ayrıca gündüz saatlerinde genellikle aerobik, gece saatlerinde taban kısmı anaerobiktir. Taban çökeltisinde ise anaerobik şartlar mevcuttur. Fakültatif havuzlarda kış aylarında tabanda organik madde birikimi olur. Havanın

ısınmasıyla, biriken organik maddeler ayrışmaya başlar. Dipteki anaerobik ayrışmanın ürünleri havuz içindeki oksijeni tüketirler. Aerobik bölgede üretilen oksijen miktarı tüketilen oksijeni karşılamadığı durumlarda koku problemi oluşur. Mart ayında düşüş olmasının sebebi bundan ileri gelmektedir.



Şekil 4.28. Ç.O. konsantrasyonu

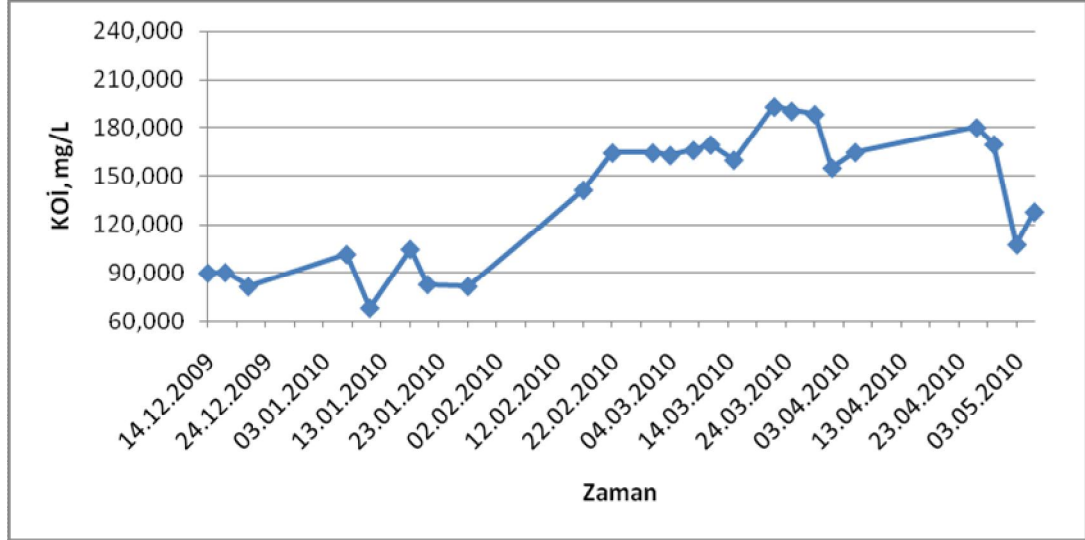
4.5.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Havuz suyu sıcaklığı uzun süre boyunca 15 °C'den daha düşük olduğu durumlarda, havuzun tabanında az miktarda anaerobik parçalanma meydana gelir. Bu durumda, havuzun tabanı çamur deposu olarak vazife görmektedir. Yaz aylarında ise, bu çamurlardan oluşan fermentasyon ürünlerinin havuzdaki suya salınması, havuzun oksijen kazanma (sağlama) kapasitesini aşabilir ve havuz anaerobik hale dönüşür. Bu tip havuzlardan çıkış KOİ'si mevsime göre artma ve azalma gösterir (Samsunlu, 2006). Görüldüğü üzere çıkış KOİ'si mevsimsel farklılıklar göstermiştir.

Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre, çıkış suyunda KOİ, 2 saatlik kompozit numune için sınır değer 180 mg/L verilmiştir. Çıkış sularındaki KOİ genel olarak sınır değerinin altındadır yalnız mart ayı içerisinde sınır değerinin üzerine çıkmıştır buda o zamanlarda havuzda yeterli oksijenin olmadığını gösterir.

İlkbaharda lagün yüzeyi eriyince, yüzey suyunun sıcaklığı (-) dereceden +4 derecenin yüzeyine çıkarken, lagündeki sular altüst olur. Bütün kış boyunca depolanan materyal bu sırada bütün havuza dağılır. Yine bu alanda bakteri

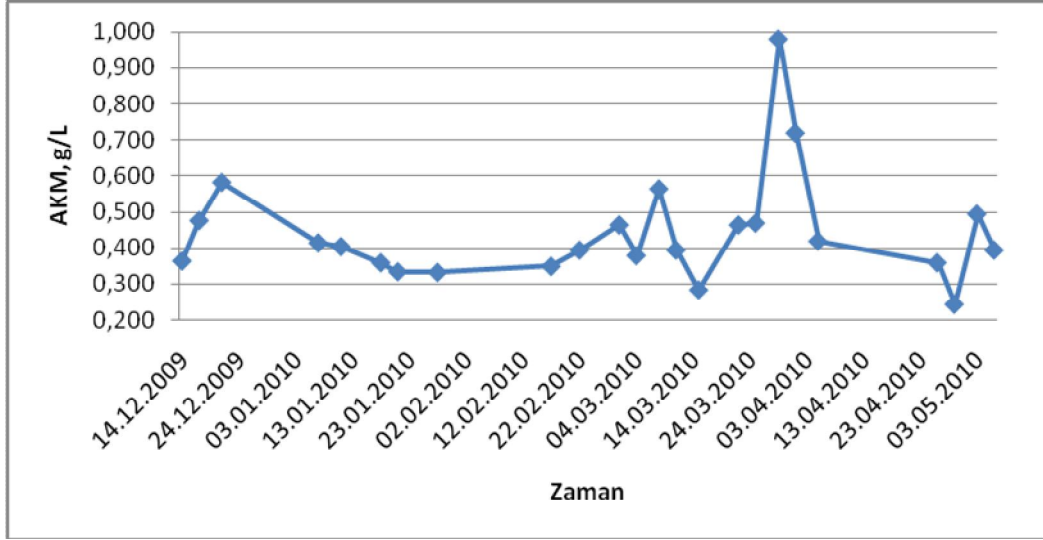
faaliyetleri hızla başlar. Bunun sonucu havuzda çözülmüş oksijen konsantrasyonu azalır ve hatta anaerobik şartların göstergesi olan kokular hissedilmeye başlar. Kokunun başladığı ve çıkış suyu kalitesinin çok kötüleştiği ilkbaharın bu periyodu lagün işletmesinin en kritik dönemini meydana getirir. Mart ayında çıkış suyundaki KOİ konsantrasyonundaki artışa sebebiyet vermiş olabilir (Şekil 4.29)



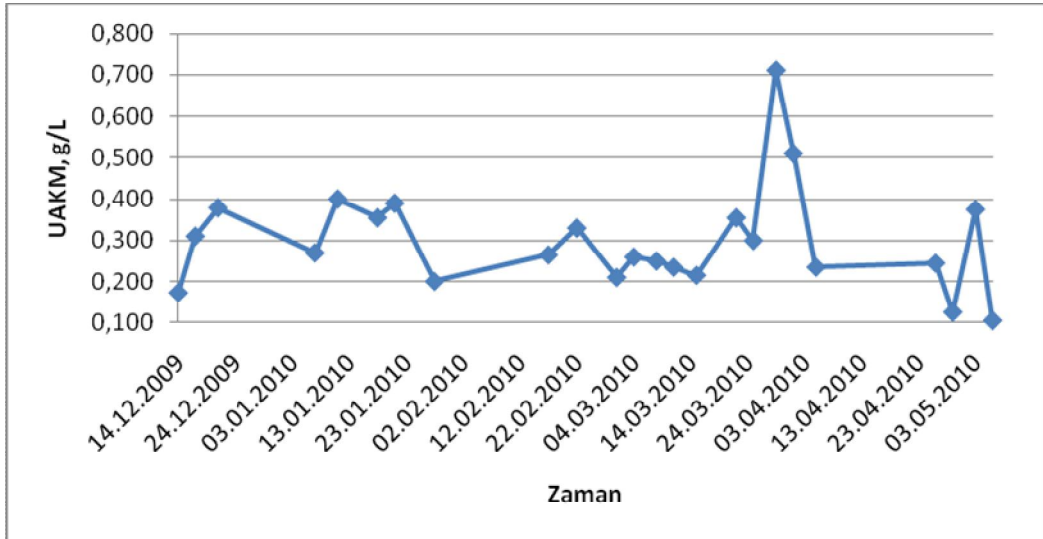
Şekil 4.29. Stabilizasyon havuzunda KOİ konsantrasyonu

4.5.3. Askıda Katı Madde

Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre, çıkış suyunda AKM, 2 saatlik kompozit numune için sınır değer 200 mg/L verilmiştir. Şekil 4.30.'da da görüldüğü gibi AKM konsantrasyonu 200 ile 1000 mg/L arasında seyretmiştir. Stabilizasyon havuzu çıkış sularındaki alg ve AKM konsantrasyonu oldukça yüksektir ve çıkış sularındaki AKM verilen sınır değeri aşmıştır. İstenilen artıma verimi sağlanamamıştır. Sebebi ise alg patlaması ile çıkış suyunda katı konsantrasyonunu arttırmasıdır.



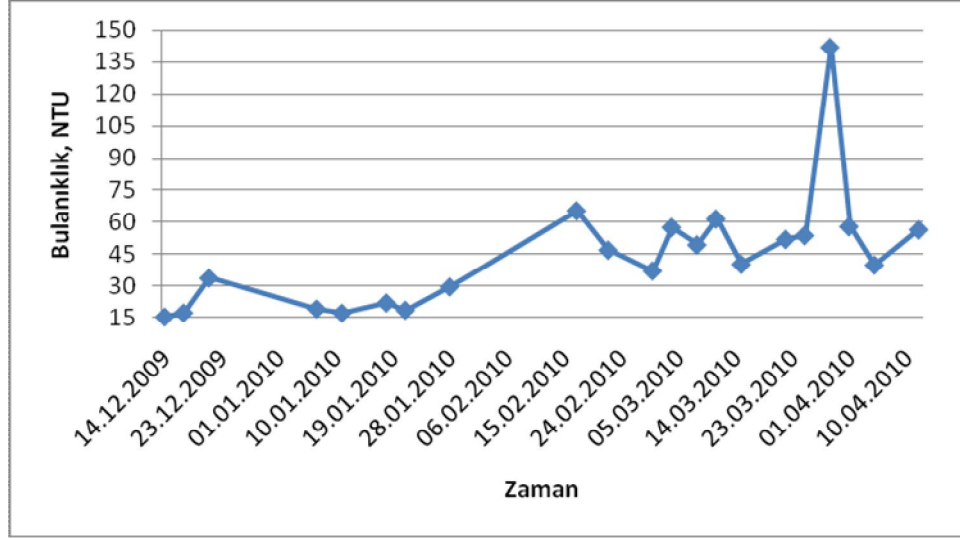
Şekil 4.30. Stabilizasyon Havuzunda AKM konsantrasyonu



Şekil 4.31. Stabilizasyon Havuzunda UAKM konsantrasyonu

4.5.4. Bulanıklık

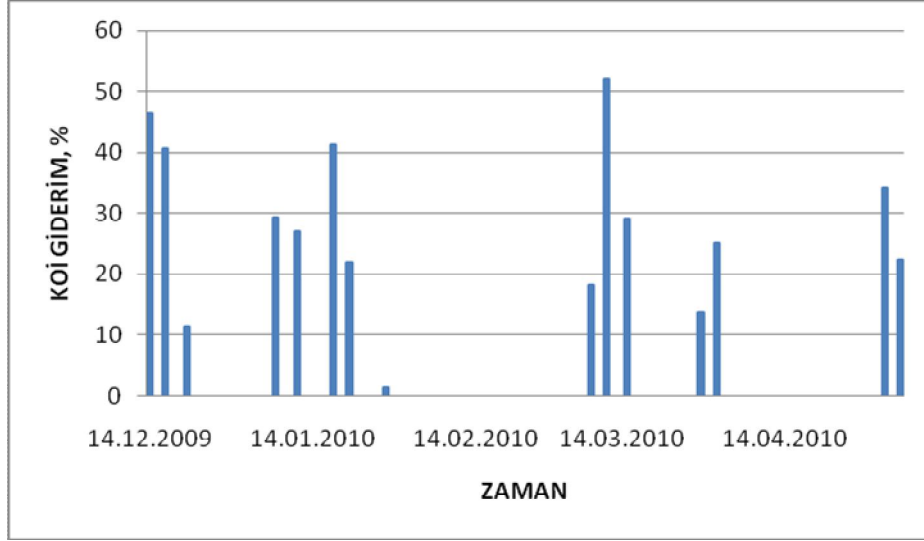
Bulanıklık çıkış suyundaki askıda katı madde konsantrasyonu ile genel olarak paralellik göstermiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, çıkış suyundaki askıda katı madde miktarı arttıkça bulanıklıkta artmaktadır ve havaların ısınmasıyla birlikte alg artınca bulanıklıkta artmaktadır.



Şekil 4.32. Bulanıklık

4.5.5. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi

Kış aylarında biyolojik faaliyetin yavaş olması ve az ışık olması sebebiyle fotosentezinde az olmasından dolayı çözülmüş oksijen konsantrasyonu azdır. Bu nedenle KOİ giderimi düşüktür. KOİ giderimini etkileyen başlıca parametre atıksuyun KOİ yüküdür. Fakültatif havuzlarda alg patlaması olduğu zamanda da koku meydana gelir. Bu alg “blooms”ları mavi yeşil alglerden meydana gelir. Bir miktar koku çıkaran bu alglerin ölmeleride ani olur. Bunun sonucu yani alglerin ani ölümü ile lagünler ani ve büyük bir BOİ yükü ile yüklenir (Topacık, 1987). Bu nedenle yaz aylarında aşırı alg patlamasından dolayı istenilen verim elde edilememiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.33. KOİ giderim Verimi

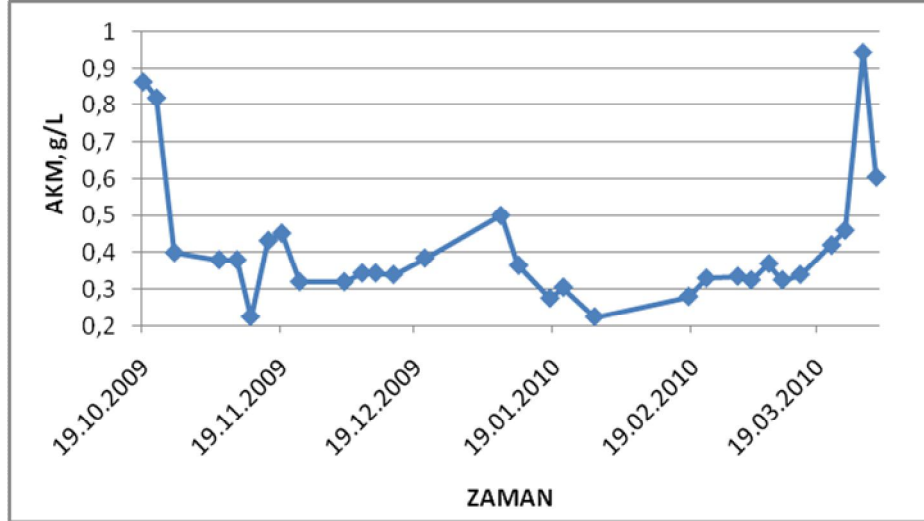
4.6. Bardenpho (Beş Basamaklı)

Bardenpho sisteminden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

4.6.1. Son Çökeltim Tankı

4.6.1.1 Askıda Katı Madde

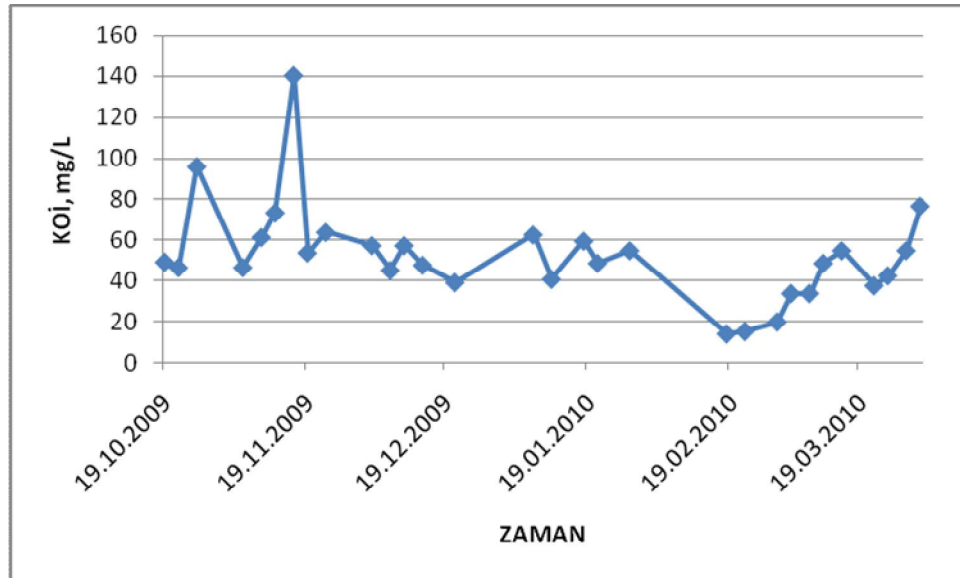
SKKY’de 2 saatlik kompozit numunede askıda katı madde konsantrasyonu için verilen üst limit 60 mg/L’dir. Şekil 4.34.’ de görüldüğü üzere çıkış suyundaki AKM konsantrasyonu verilen sınır değer çok üzerindedir. Son çökeltim tankının dip sıyrıcılarının çalışmaması nedeniyle tankın dibinde havasız ortam sebebiyle denitrifikasyon oluşumu gözlenmiştir. Çamur yüzmesi sorunu oluşmuştur. Bu nedenle çıkış suyunda AKM konsantrasyonu yüksektir. Ayrıca düzenli olarak her gün çamurun çekilememesi ve oluşan mekanik sorunlar (karıştırıcının çalışmaması) da verimin düşmesine sebeptir.



Şekil 4.34. Son Çökeltim tankında AKM

4.6.1.2 Kimyasal Oksijen İhtiyacı

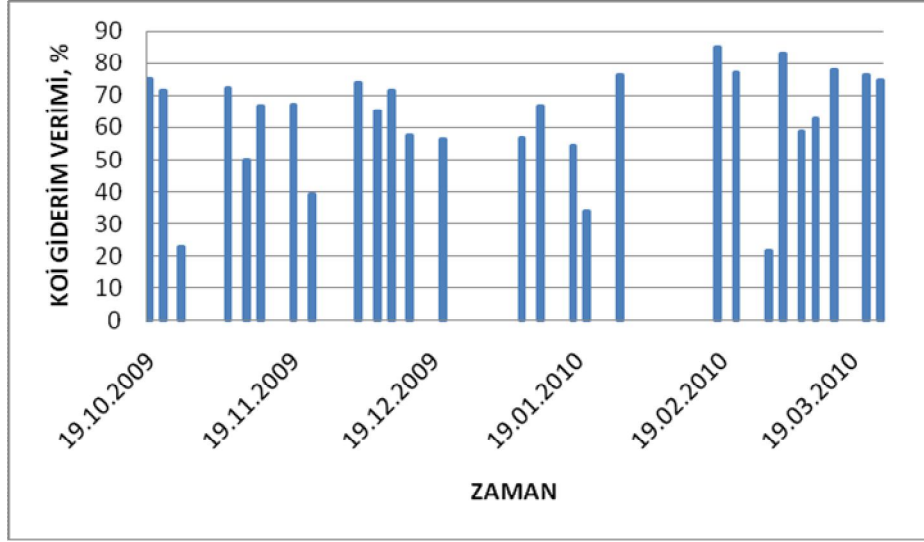
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde çıkış sularındaki kimyasal oksijen ihtiyacı konsantrasyonu için verilen üst limit 160 mg/L'dir. Şekil 4.15.'de de görüldüğü üzere çıkış suyundaki KOİ konsantrasyon değerleri, verilen sınır değerinin altındadır.



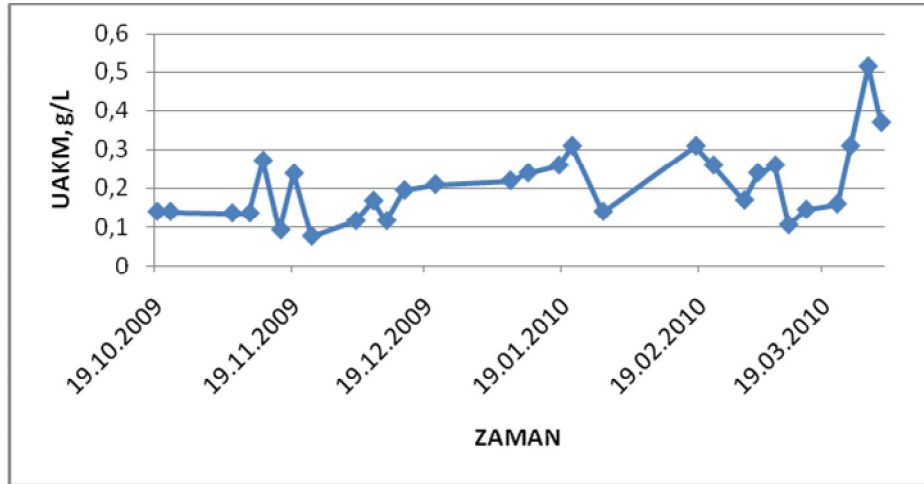
Şekil 4.35. Son Çökeltim tankında KOİ

4.6.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderim Verimi

KOİ giderim verimi, KOİ giderimi ve nitrifikasyon süreçlerinde %80 ila 85 arasındadır (Samsunlu, 2006). Şekil 4.36'da da görüldüğü üzere yapılan çalışmada bardenpho için öngörülen KOİ giderim verimi genel olarak düşüktür. Bardenpho birinci aerobik kısımda Şekil 4.37.'de görüldüğü üzere UAKM (mikroorganizma) konsantrasyonu düşüktür, bu nedenle gelen kirlilik çok fazla tüketilememiştir.



Şekil 4.36. KOİ giderim verim

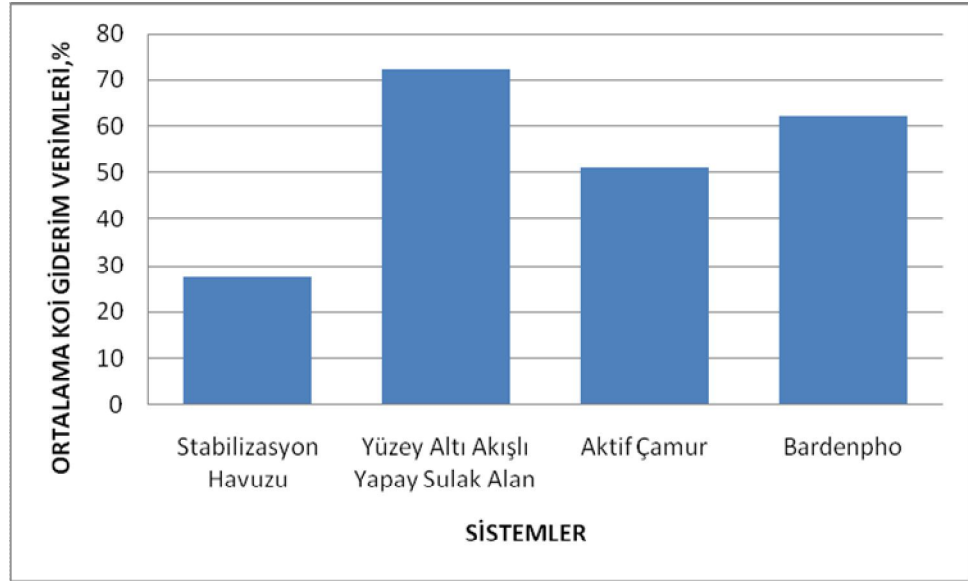


Şekil 4.37. Bardenpho Aerobik (1. Kısım) Bölümdeki UAKM konsantrasyonu

Bardenpho sisteminde karşılaşılan sorunlar Aktif Çamur sistemiyle aynı karakterdedir. Son çökeltim problemleri, sıyrıcı ve geri devir problemleri genel olarak aynıdır. Çözüm önerileride bu nedenle benzerdir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Şekil 5.1.'de, sistemlerin çalışma süresi boyunca ortalama giderim verimleri gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Biyolojik Sistemlerin Ortalama KOİ Giderim Verimleri

Şekilde de görüldüğü üzere, Aktif Çamur sisteminde tüm yıl boyunca ortalama % 51,16 KOİ giderimi sağlanmıştır. Yüzey altı akışlı yapay sulakalan sisteminde; % 72,41 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Stabilizasyon havuzunda ise % 27,54 KOİ giderimi sağlanmıştır. Bardenpho (5 basamaklı) sisteminde de KOİ giderim verimi %62,17'dir.

Sonuç olarak, Bardenpho ve Aktif Çamur sistemleri oluşan mekanik aksaklıklardan ve havalandırma havuzunda yeterli mikroorganizma olmamasından dolayı verimler düşük çıkmıştır. Bu gibi sorunların giderimiyle verimin artacağı düşünülmektedir.

Stabilizasyon Havuzları ise aşırı sıcak ve ışığın fazla olmasından dolayı yöreye uygun değildir.

Yüksek salınımlar göstermeyen ve ideal arıtım verimi sağlanan yüzeyaltı akışlı yapay sulakalan sisteminin, kampüs atıksularının arıtımı için daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Osmanbey Kampüsü Atıksu Arıtma Tesisinin en büyük sorunu bir operatörün bulunmamasıdır. Her tesiste periyodik işleri yapacak; ızgarayı temizleyecek, blowerların çalışmasını dinleyecek, havalandırma havuzundaki karışımı, çıkış suyunun durumunu gözetleyecek ve değişimleri işletme defterine kaydedecek biri mutlaka olmalıdır. Böylesi bilinçli işletmecilikle olası mekanik ve proses arızalarının önüne geçilir. Meydana gelen arıza kısa sürede giderilir ve tesisin verimi arttırılır. Ancak Osmanbey atıksu arıtma tesisinde günlük olarak bu gibi işleri yapacak bir operatör bulunmamaktadır.

Ön Çökeltim tankları için çözüm önerileri:

Ön çökeltme havuzlarında AKM ve KOİ giderimine ait performans verileri, bekleme zamanının ve konsantrasyonunun bir fonksiyonudur. Anaerobik koşulların oluşmaması için bekleme süresinin en fazla 3-4 saat olmalıdır. Ancak giriş debimetresi olmadığından ön çökeltme gelen atıksu debisi bilinemediğinden bekleme zamanı bilinmemektedir. Bu nedenle ön çökeltim tankının performansını iyi bir şekilde anlayabilmek için girişe bir debimetre koyulması verimin anlaşılabilmesi açısından sağlıklı olur.

Çamur günde en az bir defa çamur bölmesine sıyırılmalıdır. Ancak tesiste daimi bir operatör olmadığından çamur her gün çamur bölmesine sıyırılmamıştır. Bu nedenle tesiste daimi bir operatörün olması sistemin verimli şekilde çalışması bakımından gereklidir.

Aktif Çamur için çözüm önerileri:

Organik yükleme değeri (F/M), çamur yaşı (Oc), havalandırma havuzundaki organizma konsantrasyonu (UAKM), havalandırma havuzundaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu sürekli olarak kontrol edilmesi, atıksuyun ve arıtılmış suyun tam analizlerinin devamlı olarak yapılması, atıksuyun debisinin ölçülmesi, ekipmanların fiziksel kontrollerinin ve bakımlarının periyodik olarak yapılarak, bütün sonuçların

kaydedilmesi ve grafiklerin oluşturulması sorunsuz bir işletme için zorunludur. Bu nedenle gerekli laboratuvar ekipmanları ve personelin bulunması sağlanmalıdır. Motorlar çalışır ama işlev yapıp yapmadığını kontrol eden, anlayan bir işletmeci yoktur.

Artık çamurun atımı (kirlilik değerleri sabitse) en iyi sonucun alındığı AKM konsant-rasyonunun sabit tutulması ile sağlanır. Fakat havalandırma havuzunda istenen AKM değerine ulaşamadığından çamur atımı son çökeltme tanklarında çamurun yüzeye çıktığı zamanlarda yapılmıştır. Çamur atımı dolayısıyla yeterli ve düzenli yapılamamıştır. Buda arıtma veriminin düşmesine neden olmuştur.

Havalandırma havuzunda görülen beyaz aşırı köpük için alınabilecek önlem; UAKM konsantrasyonunu yükseltmek için geri devir pompasının yüksekliği ayarlanmalı ve çamur çekim zamanları ayarlanmalı, geri devir oranı tedrici olarak arttırılmalı ve F/M oranıyla AKM konsantrasyonları kontrol edilmelidir. Eğer mümkünse demir tuzları ve inert maddeler ilave edilmeli ve çamur gelişimi sağlanmalıdır.

Yüzen çamur çözümü sıyırıcıların çalışıp çalışmadığından emin olmak, düzenli çamur çekmek ve çökeltme tankında bekletme zamanını düşürmektir.

Son çökeltim tankında zaman zaman toplu iğne büyüklüğünde floklar ve yüzen çamur görülmüştür. Toplu iğne floklarının oluşma sebebi fazla havalandırma olabilir bu sebeple havalandırma aza indirilmelidir.

Aktif Çamur sisteminin en büyük problemleri, çamur geri devir pompası çamur haznesinden istenen seviyeden çamur çekememekte, yüzeyden su çekmektedir. Bu da havuzda istenen UAKM konsantrasyonu sağlanamamakta ve kirlilik yeterli derecede giderilememektedir.

Yüzealtı Akışlı Yapay Sulak için çözüm önerileri;

Tıkanmayı engellemek için organik yükleme azaltılmalı ve belirli zamanlarda bitki hasadı yapılmalıdır.

Ayrıca KOİ yüklemeleri verilen sınır değerin üzerinde olmaması gerekir böylece çıkış KOİ konsantrasyonları azaltılabilir.

Stabilizasyon Havuzu için çözüm önerileri:

Soğuktan sığağa geçiş sürecinde alg patlaması görülmüştür. Aşırı alg patlamasından dolayı verim azalmaktadır. Yüzeydeki algler havuzun yüzey tabakası temizlenerek azaltılabilir.

Fakültatif havuzlarda alg patlaması olduğu zamanda koku meydana gelir. Bu alg “blooms”ları mavi yeşil alglerden meydana gelir. Bir miktar koku çıkaran bu alglerin ölmeleride ani olur. Bunun sonucu yani alglerin ani ölümü ile lagünler ani ve büyük bir BOI yükü ile yüklenir. Neticede lagündeki su kütlelerinde, çamur tabakasında veya kir tabakasında şartlar meydana gelirse ve koku koku olayı ortaya çıkar. Alg “blooms”ları bakır sülfat veya bazı tipte ot öldürücü (harbicides) kimyasal maddeler kullanılarak durdurulabilir ya da yangın hortumları, uzun ahşap kürekler ve dıştan askılı motorlar kullanılarak bu septik çamurlar veya kirler ya uzaklaştırılır (Topacık, 1987).

Sivrisinekler için, lagünler sistemden izole edilir ve böcek ilaçları kullanılırsa böceklerin üremesi o derece etkili önlenir. Bu maksatla lagüne 1 – 2 gün boyunca atık giriş ve çıkışını kesmek yeterli olabilir. Daha uzun süre uygulama yapılacak ise daha düşük dozajlar kullanılabilir. Ayrıca bu durum alıcı ortamda daha az tesir bırakır. Başka lagün gözleri yoksa ilk önce lagündeki su seviyesi yavaş yavaş alçaltılmalıdır. Daha sonra giriş suyu depolanırken ilaçlama yapılır (Topacık, 1987).

KOİ yükünün beklentilerin üzerinde olması durumunda ise; stabilizasyon havuzuna yüzey havalandırıcı dubalar konularak olası problemlerin önüne geçilebilir.

KAYNAKLAR

- ATEŞ, N. , Özesmi, U., 2001. “Atıksu Arıtımında Sulakalan Kullanımı”, SKKD Cilt 11
- BÜYÜKGÜNGÖR, H. , 2003. Atıksuların Arıtılması, SAMSUN.
- DEMİRÖRS, B., 2006. Çukurova Bölgesinde Yapay Sulak Alan Teknolojisinin Kırsal Alanda Kullanımının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 76 s.
- EKMEKÇİ, F., 2007. Adana Sofulu Düzensiz Çöp Depolama Sahasından Alınan Çöp Sızıntı Sularının Laboratuvar Ölçekli Ortamda Bitkisel Yolla Azot-Fosfor ve Ağır Metal Gideriminin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 162 s.
- EPA, 2000. Guiding Principles for Constructed Wetlands. EPA 843-B-00-003, Washington. D. C.
- EROĞLU, V., 2008. Atıksuların tasfiyesi, SU VAKFI İSTANBUL ,2. Baskı.
- İLERİ,R., 2000. Çevre Biyoteknolojisi, Değişim Yayınları 1. Baskı, ADAPAZARI.
- İSPİRLİ GÖKMEN, Y., 2006. Tokat İlinde Yapay Sulakalanlar ile Bu Sistemde Kullanılan Typha Latifolia L. Bitkisinin Evsel Atıksu Arıtmada Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tokat, 94 s.
- KORKUSUZ, E.A., BEKLİOĞLU, M., DEMİRER, G.N., 2003. ODTÜ'deki Düşey Akışlı Yüzeyaltı Pilot-Ölçekli Ekilmiş Sulak Alanların Fosfor Arıtım Kapasitesi, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 1-4 Ekim, Ankara, s.83-99.
- METCALF&EDDY, 2003. Wastewater Engineering. 3rd ed., McGraw-Hill Publishing , New York.
- MUSLU, Y., 1994. Atıksuların Arıtılması. İTÜ Matbaası, İstanbul, 858s.
- ÖZTÜRK, M., 2006. Fakültatif Havuzlarda Evsel Atık Su Arıtımı, Ankara. <http://www.cevreorman.gov.tr/belgeler3/havuz.doc>.
- REED, C., CRİTES, W., 1984. Handbook of Land Treatment Systems for Industrial and Municipal Wastes. Park Ridge, , United States, 427p.
- SAHİNKAYA, E., 2008. Çevre Mikrobiyolojisi 2, Ders notları, H.Ü Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü.
- SU KİRLİLİĞİ KONTROL YÖNETMELİĞİ, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete, Ankara, Tablo : 20-4 ve 21-5.
- ŞAHİNKAYA, E., 2008. Atıksuların Arıtılması Ders Notları , H.Ü Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü.
- TOPACIK, D., 1987. Atık Su Arıtma Tesisleri İşletilmesi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü.
- TOPRAK, H., 1999. “Atıksu Arıtma Sistemlerinin Tasarım Esaları” , D.E.Ü Mühendislik Fakültesi Yayınları No:240, 3. Baskı, Cilt-1.
- TOPRAK, H., 2000. Aktif Çamur Sürecinin İşletilmesi, D.E.Ü.Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü.

- UYANIK, S., 1997. Nütrient Requirements for Biological Treatment of Wastewaters, Newcastle University.
- UYANIK, S., 2008. Osmanbey Kampüsü Atıksu Arıtım Araştırma Merkezi Projesi, DPT 2007K120960.
- YALÇUK, A., 2007. Katı Atık Depolama Alanlarından Oluşan Sızıntı Sularının Arıtımında Yapay Sulak Alanların Kullanımı. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 199 s.

ÖZGEÇMİŞ

İhsan Nur Akyüz, 1983 yılında İstanbul'da doğdu. Orta öğrenimini F.M.V. Işık Lisesi'nde tamamladı. 2002 yılında, Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans öğrenimini, 2007 yılında tamamladı. 2009 yılında, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başlayan Akyüz, halen bu anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.

ÖZET

Tesis, Ekim 2009 ile Mayıs 2010 arasında kalan 8 aylık süre zarfında işletilmiştir. Yapılan bu tez sürecinde Osmanbey kampüsünde atıksu arıtma tesisinde bulunan sistemlerin genel işletilmesi düzenli kontroller ve bakımlarla yapılmış olup, deneyler ile parametrelerin değerleri belirlenmiş ve hangi proseslerin kullanıldığı ve ne amaçla kullanıldığı belirtilmiştir.

Tesis işletmeye alımından bu güne kadar belirli gün aralıklarında numuneler alınarak KOI, AKM, AKM, UAKM, pH, Çözünmüş Oksijen uygun bir şekilde yapılmıştır.

Deney sonuçları ve verimleri ayrı bir şekilde verilen tablo ve grafiklerde belirtilmiştir. Deney sonuçlarının ve verimlerin yorumları nedenleri ile grafiklerin altına açıklamaları ile yazılmıştır.

Tesisten bazı teknik aksamalardan (sıyırıcıların çalışmaması, debimetrelerin çalışmaması, geri devirlerin istenen debide ayarlanamaması, düzenli olarak çamur çekilememesi gibi) dolayı düzenli verim alınamamıştır. Bu gibi aksaklıkların giderilmesi ile birlikte yüksek bir verim alınabileceği düşünülmektedir.

İşletim süresince, yüksek salınımlar göstermeyen ve ideal arıtım verimi sağlanan yüzeyaltı akışlı yapay sulakalan sisteminin, kampüs atıksularının arıtımı için daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma ile tesisin daha sonra işletimi için bir kaynak hazırlanmıştır.

SUMMARY

The systems were operated for a period of 8 months between October 2009 and May 2010. During the thesis work the biological reactors are controlled and the maintenance is done properly, parameters results are taken by doing experiments, usage of processes and their aims are reported.

For that purpose; pH, Dissolved oxygen, COD were performed at different days of weeks during the 8 month period.

Experiment results and efficiency are reported in the graphics. Explanation of the experiment results and efficiency is written below of the graphics.

Because of the technical malfunction of the equipments, steady efficiency can not be obtained. With the correction of the troubleness, good efficiency can be obtained from the treatment plant.

Subsurface flow constructed wetland system is concluded to be more suitable for treatment of campus wastewaters, because of it's behavior without high fluctuations and with high COD and BOD removal efficiencies during operational runs.

This work will be a source for the further operations.