

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

MAĞUSA İÇİN EN UYGUN
BİYOLOJİK ARITMA TEKNOLOJİSİNİN
SEÇİMİ VE TASARIMI

Halide Özlem UZMAN
YÜKKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

GEBZE
2006

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

MAĞUSA İÇİN EN UYGUN
BİYOLOJİK ARITMA TEKNOLOJİSİNİN
SEÇİMİ VE TASARIMI

Halide Özlem UZMAN
YÜKKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Prof.Dr. Mehmet KARPUZCU

GEBZE
2006

ÖZET

TEZ BAŞLIĞI : Mağusa İçin En Uygun Biyolojik Arıtma Teknolojisinin Seçimi Ve Tasarımı

YAZAR ADI: Halide Özlem UZMAN

Kıbrıs'ın 40000 nüfuslu mağusa şehri evsel ve endüstriyel atıksuyunun büyük çoğunluğunu foseptiğe vermektedir, bu yüzden de yer altı suyu kirlenmektedir. Yer altı sularının kirlenmesini önlemek için bölgenin toprak eğimini de göz önünde bulundurarak, bölgede iki adet arıtma tesisi yeri seçildi. Seçilen arıtma tesisi yerlerine uygun düşük maliyetli arıtma prosesi seçimi içinde öncelikle birim atıksu oluşumu ve özelliklerinin tespiti gerekir. Bu özelliklerin tespitinde, lefkoşa arıtma tesisine gelen atıksuyun özellikleri kullanılacaktır. Bölgedeki toplam atıksu debisinin tesbiti içinde toprak eğimlerine göre, seçilen arıtma tesisi yerlerine hangi mahallelerden atıksu geldiği saptanmıştır. Mahallelerdeki nüfusa göre her bir arıtma tesisine gelen toplam atıksu debisi tespit edilmiştir. Yapılacak olan tasarımlarda tespit edilen bu özellikler kullanılmıştır.

Bu çalışmada, mağusa bölgesi için en uygun arıtma prosesinin seçimi ve tasarımının yapılabilmesi için öncelikle, mağusa bölgesine uygulanabilecek arıtma proseslerinin yatırım ve işletme maliyetlerinin karşılaştırılması amacı ile bölge özelliklerine uygun aktif çamur prosesi ve oksidasyon (stabilizasyon) havuzlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Bu iki prosesin karşılaştırılması sonucu mağusa bölgesi için düşük yatırım ve işletme maliyetli prosesin oksidasyon havuzları olduğu sonucuna varıldı.

Bölgenin atıksuyunun arıtılmasında en uygun arıtma prosesinin seçimi için de üç adet arıtma prosesi tasarlandı ve bunlar daha önce araştırılması yapılan oksidasyon ve aktif çamur proseslerinden yararlanarak arazi gereksinimi, enerji ihtiyacı ve mekanik ekipman gereksinimi açısından tartışıldı. Bu prosesler; aktif çamur prosesi, kesintisiz akışlı aerobik lagun – fakültatif stabilizasyon havuzu ve aşağıdan yukarıya akışlı anaerobik çamur battaniyesi prosesi – fakültatif stabilizasyon havuzunun birlikte kullanıldığı sistemlerdir.

Mağusa bölgesindeki en uygun proses karşılaştırmalar sonucu, kesintisiz akışlı aerobik lagun-fakültatif stabilizasyon havuzunun birlikte kullanıldığı sistem olduğuna karar verildi. Bu birlikte kullanılan sistemin işletme ve yatırım maliyeti düşüktür. Ayrıca aerobik proses olduğu için işletme problemi de daha azdır. Fiziksel arıtma ihtiyacı en az olan proses dir.

SUMMARY

**TITLE OF THE THESIS: For Magusa bechojen and designed most suitable
biologic purification technology**

AUTHOR: Halide Özlem UZMAN

The city Famagusta(Mağusa) in North Cyprus which has a population of 40,000 gives most of its house and industrial wastewater into cesspool, therefore its underground water is getting polluted. In order to prevent polluting the underground water, considering Famagusta's landscape, two places were chosen for purification foundation. The chosen purification foundation should be economic in terms of project.

Firstly, the amount and speciality of waste water should be identified for each chosen place because each of the purification foundation should be economic. For the identification of waste water, the water of Nicosia which is now being purified, will be taken as an example.

In order to find out the amount of waste water which will be collected in each chosen place, the land scape slope will be considered. The land scape slope will help to determine from which streets, each purification foundation will get the waste water. According to the number of people living in each street, the amount of flow for each chosen purification foundation was determined. For the design, the information above was used.

In this study, in order to choose the most suitable project, and in order to determine the cost of these projects, the comparison of activated sludge process and stabilization pond was done. From this comparison, it was found out that, for Famagusta, the low cost stabilization pond is the most suitable process.

In order to choose the most suitable project, three purification foundation project were designed and considering the stabilization pond and activated sludge process comparison, the necessary area to build the foundation, the energy need and the necessary mechanical tools are discussed. These processes are, activated sludge

process, continuous flow aerobic lagoon, facultative stabilization pond combination and down under flow anaerobic sludge process and facultative stabilization pond combination. From the comparisons, it was found out that the most suitable combination was found to be the continuous flow aerobic lagoon- facultative stabilization pond combination for Famagusta region. The cost of management of this combination is low. Also, because it is aerobic process, its management will be lower. This is the process where the physical purification is the lowest.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam ve değerli bölüm başkanımız Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU'ya, vatanım Kıbrıs' daki Lefkoşa Belediyesi, Çevre Bakanlığı, Harita Dairesi, Tarım ve Ormancılık Dairesi, Nüfus Planlama Dairesi ve Mağusa Belediyesi'nde çalışan ve bana araştırmalarımnda yardımcı olan bütün memurlara ve çalışmalarım süresince bir çok fedakarlık göstererek beni destekleyen anneme ve babama en derin duygularla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	ix
SİMGELER DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİMİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	2
2.1. Biyolojik Arıtma	2
2.1.1.Havalı (Aerobik) Biyolojik Arıtma	3
2.1.1.1. Aktif Çamur Prosesi	4
2.1.1.2. Damlatmalı Filtreler	14
2.1.1.3.Biyodiskler	20
2.1.1.4. Stabilizasyon Havuzları	22
2.1.1.5 Mekanik Havalandırmalı Lagünler	27
2.1.1.6. Aşağıdan Yukarı Akışlı Anaerobik Çamur Battaniyesi	31
2.1.1.7. Oksidasyon Hendeği	33
2.1.2. Havasız (Anaerobik) Biyolojik Arıtma	37
2.2. Arıtma Sistemlerinde Verim, Enerji, Bakım ve İşletme	44
2.2.1. Maliyet Analizin Esasları	47
2.2.2 Farklı Arıtma Metotlarının Yaklaşık Maliyetleri	48
2.2.3 Arıtma Maliyetlerinin Karşılaştırılması	48
3- MATERYAL	50
3.1. Mağusa Hakkında Genel Bilgi	50
3.2. Mağusa Bölgesindeki Atıksuyun Durumu	50
3.2.1. Mağusa Bölgesindeki Sanayi Çeşitleri ve Arıtma Durumu	50
3.2.2. Mağusa Bölgesindeki Oteller ve Arıtma Durumu	55
3.2.3. Mağusa Bölgesindeki Doğu Akdeniz Üniversitesi' nin Nüfusu	56
ve Arıtma Durumu	

3.2.4. Mağusa Bölgesinde Evler’ den Gelen Atıksuyun Durumu	56
3.3. Mağusa Bölgesinde ki Tarım Çeşitleri	56
3.4..Mağusa Bölgesi için Nüfus Artış Modeli (İller Bankası	56
Yönetmeliğine Göre)	
3.5. Mağusa Bölgesinde Bölgelere Göre Nüfus Dağılımı	57
3.6. Mağusa daki Su İhtiyacı	58
3.7. Mağusa Bölgesinde ki Atıksuyun Biyolojik Özellikleri	58
3.8. Mağusa Bölgesi İçin Uygulanabilecek Arıtma Teknolojileri ve	58
Karşılaştırılması	
3.8.1. Aktif Çamur Prosesi ile Oksidasyon Havuzlarının Yatırım ve	58
İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması	
3.8.1.1 Yatırım Maliyetleri Karşılaştırılması	58
3.8.1.2 İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması	62
3.8.1.3. İleri Arıtma Gereksinimi	64
3.9. Mağusa Bölgesi İçin Uygun Arıtma Teknolojisinin Seçimi	65
4. YÖNTEM	66
4.1. Arıtma Tesislerinin Tasarımı ve İşletilmesi	66
4.1.1. Tesis Yerleşimi ve Hidrolik Profil	66
4.1.2. Pompa İstasyonları	67
4.1.3. Izgaralar	67
4.1.4. Kum Tutucu	67
4.1.5. Yağ ve Gres	68
4.1.6. Yüzdürme Üniteleri	68
4.1.7. Dengeleme Tankları	68
4.1.8 Ön Çöktürme	69
4.1.9 İkinci Kademe veya Son Çöktürme Havuzları	69
4.1.10 Biyolojik Arıtma	69
4.1.11. Çamurun Susuzlaştırılması ve Bertarafı	70
4.1.12. Arıtma Tesislerinde İşletme İçin Gereken Güç İhtiyacı	70
4.1.13. Personel	70
4.1.14. Yeni Bir Arıtma Tesisinin İşletmeye Alınması	71
4.1.15 .(Ortak) Atıksu Arıtma Tesisleri	71
4.2. Fiziksel Arıtma	72

4.2.1. Izgaralar ve Elekler	72
4.1.2. Kum Tutucular	77
4.1.3. Ön Çöktürme	81
4.3. Biyolojik Arıtma	84
4.3.1. Biyolojik arıtma sistemlerinin tasarımı	85
4.3.1.1. Aktif Çamur Prosesleri	86
4.3.1.2. Kesintisiz Akışlı Aerobik Lagunların Projelendirilmesi	99
4.3.1.3. Fakültatif Stabilizasyon Havuzlarının Projelendirilmesi	102
4.3.1.4. Aşağıdan Yukarıya Akışlı Anaerobik Çamur	109
Battaniyesi Prosesinin Projelendirilmesi	
5- BULGULAR	115
5.1. Mağusa Bölgesindeki İki Arıtma Tesisine Gelen Debi Hesabı	115
5.2. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Izgara Tasarımı	116
5.3 Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Kum Tutucu Tasarımı	117
5.4. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Ön Çökeltme Havuzu	118
Tasarımı	
5.5. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Aktif Çamur Havuz	119
Tasarımı	
5.6. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Kesintisiz Akışlı	122
Aerobik Lagün ve Fakültatif Stabilizasyon Havuzu Tasarımı	
5.7. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Aşağıdan Yukarıya	128
Akışlı Çamur Battaniyesi ve Fakültatif Stabilizasyon Havuzu tasarımı	
5.8. Mağusa Bölgesindeki İkinci Arıtma Tesisinin Izgara Tasarımı	135
5.9. Mağusa Bölgesindeki İkinci Arıtma Tesisinin Kum Tutucu Tasarımı	136
5.10. Mağusa Bölgesindeki İkinci Arıtma Tesisinin Ön Çökertme Havuzu	137
Tasarımı	
5.11. Mağusa Bölgesindeki İkinci Arıtma Tesisinin Aktif Çamur Havuzu	138
Tasarımı	
5.12. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Kesintisiz Akışlı	141
Aerobik Lagün ve Fakültatif Stabilizasyon Havuzu Tasarımı	
5.13. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Aşağıdan Yukarıya	147
Akışlı Çamur Battaniyesi ve Fakültatif Stabilizasyon Havuzu Tasarımı	
5.14. Mağusa Bölgesi İçin Tasarlanan Arıtma Tesislerinin Yatırım ve	154

İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması	
5.14.1 Yatırım Maliyetleri Karşılaştırılması	154
5.14.2. İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması	155
6-TARTIŞMA	157
KAYNAKLAR	160
ÖZGEÇMİŞ	162
EKLER	

SİMGELER DİZİNİ

AAÇB	Aşağıdan Yukarıya Akışlı Anaerobik Çamur Battaniyesi
AÇ	Aktif Çamur
AKM	Askıda Katı Madde
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
BOİ _u	Nihai BOİ
ÇO	Çözünmüş Oksijen
F / M	Besin / Mikroorganizma
HAS	Hidrolik Alıkoyma Süresi
HÇYR	Havasız Mezofilik Çamur Yataklı Reaktör
KAS	Katı Alıkoyma Süresi
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
OAE	Oksijen Aktarım Etkinliği
TSS	Toplam Katı Madde Miktarı
UAKM	Uçucu Askıda Katı Madde
VSS	Volatil Askıda Katı Madde

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Biyolojik Arıtma	3
2. 2 Aerobik Biyolojik Oksidasyonun Mekanizması	3
2.3 Klasik Bir Aktif Çamur Tesisinin Akım Şeması	5
2.4 Plan Açısından Aktif Çamur sistemi Modifikasyonları	8
2.5 Kademeli Beslenme ve Havalandırılmalı Aktif Çamur Ünitesi	9
2.6 Geri Döngüde Havalandırılmalı Aktif Çamur Ünitesi	10
2.7 Kontak Stabilizasyon Sistemi	10
2.8 Saf Oksijenli Çok Basamaklı Sistemler	11
2.9 Adsorptive Sistem	12
2.10 Absorpsiyon- Biyooksidasyon Prosesi	12
2.11 Damlatmalı Filtre Sisteminin Akım Diagramı	15
2.12 Damlatmalı Filtre Akım Şeması	16
2.13 Damlatmalı Filtre Arıtım Mekanizması	16
2.14 Damlatmalı Filtrelerin Değişik Konfigürasyonları	19
2.15 Tipik Biyodisk	21
2.16 İki Kademeli ve Geri Döngülü Biyodisk Ünitesi	21
2.17 Stabilizasyon Havuzlarında Bakteri ve Alg Etkileşimi	24
2.18 Anaerobik Stabilizasyon Havuzlarında Biyolojik Reaksiyonlar	25
2.19 Mekanik havalandırılmalı bir fakültatif lagün	30
2.20 Kesintisiz akışlı mekanik havalandırılmalı lagün	31
2.21 Oksidasyon Hendeği	34
2.22 Klasik Anaerobik Çürütücü	41
2.23 Havasız Aktif Çamur Biyoreaktörü	41
2.24 Havasız Filtre	42
2.25 Yukarı akışlı Havasız Çamur Yataklı Biyoreaktörler	43
3.1 Mağusa bölgesindeki sanayi çeşitleri	54
3.2 Aktif çamur tesisinde yatırım maliyetleri dağılımı	59
3.3 oksidasyon havuzlarında yatırım maliyetleri dağılımı	59
3.4 Aktif Çamur Prosesinde 85000 nüfus için Elektrik- Mekanik Maliyeti Dağılımı	61

3.5 Aktif Çamur Prosesinde 85000 nüfus için İşletme Maliyeti Dağılımı	62
3.6 Oksidasyon Havuzlarında 85000 nüfus için İşletme Maliyeti Dağılımı	63
4.1. Çamur geri dönüş kontrolü için tipik askıda katı kütle dengesi	96
Çöktürme tankında kütle dengesi ve Havalandırma tankında kütle dengesi	

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Aktif Çamur Arıtma Sistemleri İçin Projelendirme Kriterleri	7
2.2 Damlatmalı Filtrelerin Özellikleri	17
2.3 Damlatmalı Filtreler ve Aktif Çamur Sistemlerinin Karşılaştırılması	18
2.4 Biyodisk Özellikleri	22
2.5 Anaerobik, Fakültatif ve Aerobik Havuzlarının Özellikleri	24
2.6 Evsel atıksuları arıtan farklı tipteki lagünlerin tasarım kriterleri	29
2.7 Oksidasyon Havuzunun Özellikleri	34
2.8 Arıtma Teknolojilerinin Karşılaştırılması	36
2.9 Değişik proseslerin arazi ve enerji ihtiyaçları	45
2.10 Atıksu arıtımında yaklaşık ilk yatırım maliyetleri	49
3.1 Mağusa Bölgesindeki Turistik Tesislerin Mevcut Durumu	55
3.2 Bölgelere Göre Nüfus Dağılımı	57
3.3 Mağusa İçin Aktif Çamur Prosesi İle Oksidasyon Havuzları' nın Yatırım ve İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması	65
4.1 Kaba ızgaraların özellikleri	73
4.2 Elle ve mekanik temizlemeli çubuk ızgaralarda tasarım değerleri	74
4.3 Temiz çubuk ızgaralarda ızgara şekil katsayıları	75
4.4 Hareketli elek tipleri	76
4.5 Yatay akışlı kum tutucuların tasarım kriterleri	78
4.6 Havalandırmalı kum tutucularda tasarım kriterleri	79
4.7 Girdap tipli kum tutucular için tipik tasarım kriterleri	80
4.8 Ön çöktürme tanklarının diğer işlevleri	82
4.9 Ön çöktürme tanklarında tasarım bilgileri	83
4.10. Ön çöktürmede kullanılan dikdörtgen ve dairesel çöktürme tankı tasarım değerleri	84
4.11 F/M'e bağlı olarak hava ihtiyacı	91
4.12 Birçok organizma için gereken inorganik iyonlar	92
4.13 <i>E.coli</i> 'nin inorganik bileşimi	92
4.14 Aktif çamur prosesi için tipik kinetik katsayılar	98
4.15 Farklı Enlemlerdeki Ortalama Görülebilir Radyasyon	103

4.16 AAÇB ile Arıtılmış Atıksuların İleri- Arıtımı için Tipik Metodlar	114
5.1 Mahallelere Göre Nüfus Dağılımı ve Suyun Hangi Tesise Geldiği	115
5.2. Mağusa bölgesi için tasarlanan ,arıtma tesislerinin yatırım ve işletme maliyetlerinin karşılaştırılması	156
6.1. Mağusa bölgesi için tasarlanan ,arıtma tesislerinin yatırım ve işletme maliyetlerinin karşılaştırılması	159

1. GİRİŞ

Bu çalışmada, mağusa bölgesi için en uygun arıtma prosesinin yerinin ve çeşidinin seçimi için araştırmalar, tasarımlar ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Mağusa’da evsel ve endüstriyel atık suyun büyük bir çoğunluğu fosseptiğe verilmektedir (bazı oteller ve Doğu Akdeniz Üniversitesi atıksuyu arıtarak sulamakta kullanılmaktadırlar). Şehrin sanayi bölgesinde birkaç sanayi kuruluşu haricinde ön arıtma yoktur. Ön arıtma yapan kuruluşlarda arıtma yaptıkları suyu fosseptiğe vermektedir. Otellerin ise bir kısmında paket arıtma vardır ve arıtılan su sulamada kullanılmaktadır. Arıtma olmayan otellerde atıksularını fosseptiğe verirler. Mağusa’da atıksuların büyük bir kısmının arıtılmadan fosseptiğe verilmesi yer altı sularını kirletiyor. Oysa mağusa şehri ihtiyaç olan suyun en fazla %80’ ini Lefkoşa dan alan, gerisini de kendi kuyularından temin etmek zorunda olan ve su kıtlığı çeken bir şehirdir. Bu yüzden de şehrin mutlaka arıtmaya ihtiyacı vardır. Mağusa da zemin düz olduğu için ve tek bir arıtma da atıksuların toplanması mümkün olmadığı için atık suları yerinde arıtma sistemine gidilmesi gerekmektedir. Mağusa’da toprak eğimlerine bakılarak iki adet arıtma tesisi yapılacak yer seçilmiştir.

Çalışmadaki amaç, Mağusa bölgesinde kirlenmiş yer altı sularının daha fazla zarar görmesini önlemek için hem maliyet bakımından hem de deşarj standartlarını sağlayabilecek en uygun, uygulanabilecek arıtma prosesinin seçimi ve tasarımının yapılmasıdır.

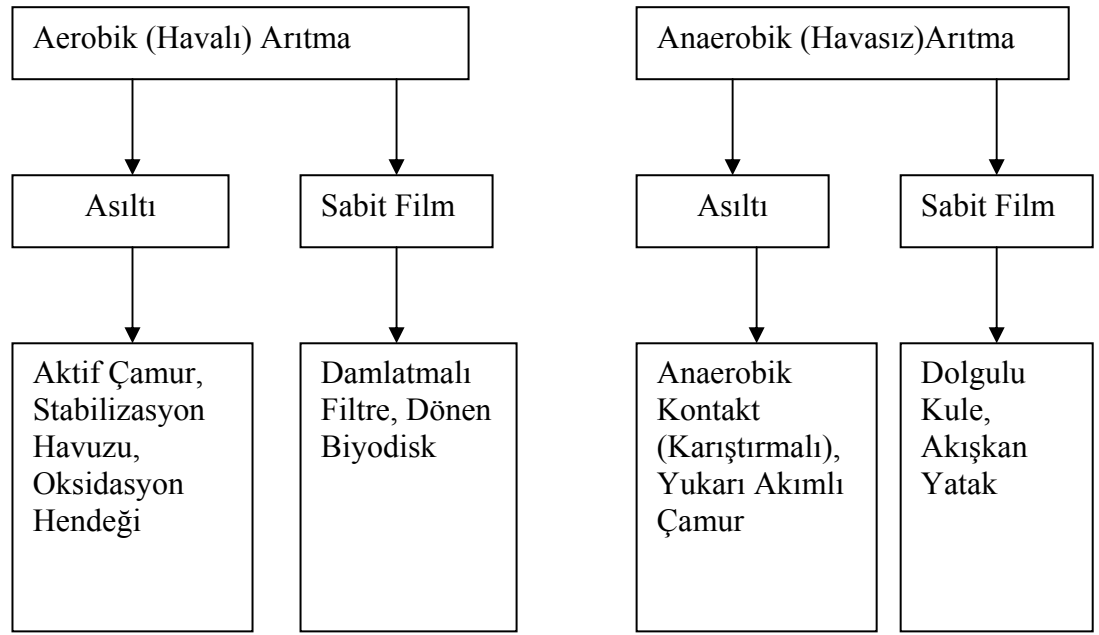
Kıbrıs ılıman iklimli bir ülke olduğundan mağusa bölgesi için tasarlanan arıtma tesisinde bu avantajdan yararlanılmıştır ve bu da yatırım ve işletme maliyeti daha düşük bir proses seçilmesine yardımcı olmuştur. Mağusa bölgesinin ve atıksuyunun özelliklerine uygun arıtma tesisinin seçimi ve tasarımı bu çalışmada yapılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Biyolojik Arıtma

Nüfusun hızlı artışı ve endüstriyelleşme sonucunda üretilen atıksular doğanın özümleyebileceği miktarı aşmış ve alıcı ortamları kirlenme tehlikesi ile karşı karşıya bırakmıştır. Doğadaki ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyebilecek ve diğer faydalı kullanımlarını engelleyecek bu durumu önlemek için atıksuları uzaklaştırmadan önce arıtma zorunluluğu doğmuştur. Atıksuların özellikleri kaynaklarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterir ve bu farklılıklara göre arıtma yöntemleri de değişir. Atıksuların genellikle %99' undan daha yüksek bir kısmı su ve yalnız geri kalan kısmı kirletici maddelerden oluşmaktadır. Kirleticiler suyun içinde çözülmüş halde olabilecekleri gibi, katı madde olarak askıda da bulunabilirler. Bu kirleticilerin şekli ve özelliklerine göre uzaklaştırılmaları için de kullanılacak arıtma yöntemi de değişir. Organik kirleticilerin uzaklaştırılması için en etkin yöntemin 'biyolojik arıtma' olduğu söylenebilir. Biyolojik arıtma atıksuyun içinde bulunan askıdaki kolloidal veya erimiş organik maddelerin bakterilerce parçalanması ve çökebilen biyolojik floklar ile sıvının içinde kalan veya gaz olarak atmosfere kaçan sabit inorganik bileşiklere dönüşmesidir. Biyolojik arıtma aslında organik kirleticilerin doğada yok edilmeleri için yeralan biyoflokülasyon ve minerilizasyon proseslerinin kontrollü bir çevrede ve optimum şartlarda tekrarlanmasından başka bir şey değildir. Böylece doğadaki reaksiyonların hızlandırılarak daha kısa bir sürede, emliyetli bir ortamda gerçekleştirilmeleri sağlanmaktadır.

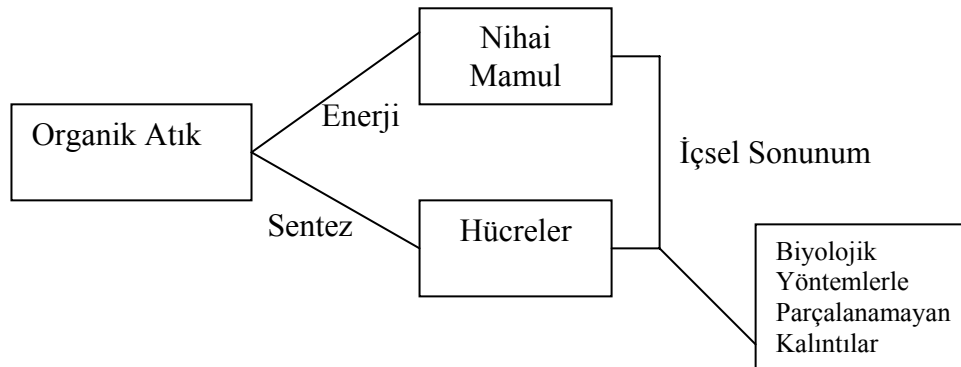
Biyolojik arıtma sistemleri değişik şekilde sınıflandırılabilirler. Ortamda oksijen varlığına göre aerobik ve anaerobik olarak sınıflandırılan bu sistemler, kullanılan organizmaların sistemdeki durumuna göre asıltı (süspansiyon) ve sabit film (fixed film) prosesleri olarakta sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırmaya göre biyolojik arıtma sistemleri Şekil 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.1 Biyolojik Arıtma Teknolojileri (İleri. R. , 2000)

2.1.1.Havalı (Aerobik) Biyolojik Arıtma

Bütün aerobik arıtma proseslerinde organik atıklar sentez ve oksidasyon yolu ile yok olurlar. Diğer bir deyimle organik maddelerin bir kısmı yeni hücrelere dönüşürken (sentez) geri kalan kısmı gerekli enerjiyi üretmek amacıyla oksidasyona tabi tutulurlar. Organik maddeler yok olmaya başlayınca biyolojik hücrelerin bir kısmı gerekli enerjiyi sağlamak amacıyla kendi kendini oksitler (içsel solunum) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Aerobik Biyolojik Oksidasyonun Mekanizması (İleri. R. , 2000)

Aerobik biyolojik oksidasyon reaksiyonlarının ifadesi:

Organik madde (BOİ, KOİ) + O₂ + N + P → Hücre + CO₂ + H₂O + Biyolojik yollarla parçalanamayan çözülebilir kalıntılar

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

Yukarıdaki reaksiyonlar tüm **aerobik biyolojik arıtma** yöntemlerinde yer almaktadır.

Aerobik biyolojik arıtma yöntemleri genelde iki büyük sınıfa ayrılabilirler:

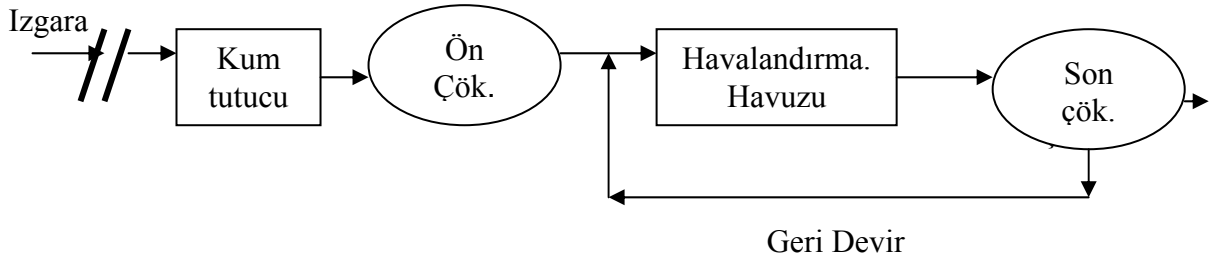
(a) Arıtmayı yapan bakterilerin askıda bulunan sistemleridir. Örnek olarak aktif çamur yöntemi ve modifikasyonları.

(b) Arıtmayı yapan bakterilerin sabit bir membran oluşturan sistemlerdir. Bunların başlıca örnekleri damlatmalı filtreler ve biyodisklerdir.

2.1.1.1 Aktif Çamur Prosesi

Aktif çamur prosesinde de amaç, damlatmalı filtrelerde olduğu gibi atık suyun içinde bulunan organik maddeleri karbondioksit,, su ve yeni bakterilere dönüştürmek olmasına rağmen, bu amacın gerçekleştirilmesi için kullanılan yöntem oldukça farklıdır. Klasik bir aktif çamur tesisinin akım şeması şekil 2.3’ de gösterilmiştir. Aktif çamur prosesi, kullanılmış sulardaki koloidal, çözünmüş formlarda bulunan ve çökelemeyen maddeleri, aerobik bakteriler tarafından parçalanarak çökelebilen biyolojik yumaklara dönüştürme işlemidir. Yumaklar havalandırma havuzunda meydana gelir ve son çökeltme havuzunda çökelti olarak sistemden ayrılır.

Havalandırma havuzlarında, kullanılmış sulardaki organik maddeler giderilirken aktif çamur miktarı yani mikroorganizma miktarı artar. Bu artan atık çamur son çökeltme havuzunda çökelti olarak sistemden atılır. Havalandırma havuzundaki aktif çamur miktarını belirli seviyede tutmak için ve daha iyi kalitede çökelebilen çamur elde etmek için son çökeltme havuzunda çökelen çamurun bir kısmı tekrar havalandırma havuzuna geri devir çamuru olarak verilir.



Şekil 2.3 Klasik Bir Aktif Çamur Tesisinin Akım Şeması (İleri. R. , 2000)

Aktif Çamur Sistemi;

- (1) Mikrobik bir süspansiyonun atıksu içerisinde havalandırılması,
- (2) Havalandırmayı izleyen katı-sıvı ayrımı işlemi,
- (3) Arıtılmış suyun uzaklaştırılması,
- (4) Çamur fazlasının sistemden uzaklaştırarak geri kalanların havalandırma havuzuna geri döndürülmesi safhalarını kapsar.

Arzu edilen kalitede çıkış suyu elde edebilmek için şu şartların sağlanması gerekmektedir;

- (1) Kullanılmış sularda askıda kolloidal ve erimiş halde bulunan organik maddelerin tamamen asimile edilmesini ve karbondioksit, su ve inört maddelere dönüştürülmesini sağlayacak miktarda aktif mikroorganizmalar sistemde tutulmalıdır.
- (2) Havalandırma havuzundaki ortam mikroorganizmaların gelişmesi için uygun olmalıdır. Yani hücre teşekkülü ve enerjisi için gerekli olan çözünmüş oksijen, organik madde ve inorganik bileşikler uygun oranda havalandırma havuzunda bulunmalıdır.
- (3) Aktif çamur son çökeltme havuzunda hemen tasfiye görmüş sudan ayrılmalıdır.

1- Havalandırma havuzları

Havalandırma havuzları aktif çamur sistemlerinin kalbidir. Burada biyolojik organizmalar yani bir kısım bakteriler orijinal kompleks maddeleri daha basit bileşiklerine dönüştürürler. Atık olarak verilen bu maddeler diğer bir kısım bakteriler tarafından da basit bileşiklerine dönüştürülür. Bu durum, atık maddelerin bakteriler tarafından besi maddesi olarak kullanılmayacak hale gelinceye kadar devam eder. Bakterilerin ihtiyacını sağlamak içinde havuza oksijen verilir. Oksijen havuza ya havuz tabanından difüzörler yardımı ile verilir. Yada mekanik havalandırıcılar yardımı ile oksijenin sıvıya geçmesi sağlanır.

Havuz hacmi arıtma tipine bağlı olarak seçilir. Konvansiyonel aktif çamur prosesinde havalandırma havuzundaki bekleme süresi 2-4 saat civarındadır. Uzun havalandırmalı aktif çamur modifikasyonunda ise bu süre 18-32 saat civarındadır. Sistemde mevcut mikroorganizmalar için uygun ortamın temin edilmesi ve etkili tasfiyenin gerçekleştirilebilmesi için, yeterli besi maddesi, yeterli oksijen, uygun su sıcaklığı ve zehirli atıkların eliminasyonu gerekmektedir.

Organizmalar aerobik ortam isterler, havalandırma havuzunun her yerinde en az 0,5 mg/lit çözünmüş oksijene ihtiyaç vardır. havalandırma havuz çıkışında en az 2 mg/lit oksijen seviyesini korumalıdır.

Son çökeltme tankı tabanında, geri devir çamurundaki denitrifikasyonu minimuma indirmek için az miktarda (0,2 mg/lit) oksijen seviyesini korumalıdır. Aksi halde denitrifikasyon başlar ve aerobik bakteriler oksijeni nitrattan alır ve son çöktürme havuzunda kötü çökeltme şartlarına sebebiyet verir.

Sıcaklık aktif çamurun çökmesine iyi yönde etki eder. Katı maddelerin çökmesi katı maddelerin yoğunluğuna ve ortamın viskozitesine bağlıdır. Sıcaklık düştükçe suyun hem viskozitesi hem de yoğunluğu artar. Bunun sonucu olarak sular soğudukça katı maddelerin çökmesi daha yavaş olur. Bu sırada bir kısım katı madde savaktan kaçabilir. Bunu önlemek için çökeltme tankına verilecek debi azaltılır veya flokulant maddeler kullanılarak çökeltme etkinliği artırılır.

Kurşun, çinko, krom, bakır, kadmiyum, civa,nikel,siyanid,yüksek alkalinite veya asid,tarım koruma ilaçları, fenoller ve organik bileşikler biyolojik faaliyetler üzerine

toksik etki yaparlar. Bu toksik maddelerin birikmesi tasfiye verimini azaltır. Bundan dolayı arıtma tesislerine bu maddelerin girişi ön arıtma yaparak önlenmeli.

Plastikler, yağlar, gresler, selülozlu bileşikler, ilaç sanayi atıkları ve kimya endüstrisi atık maddeleri toksik olmayabilir. Fakat aktif çamur sistemlerinde kolaylıkla organizmalar tarafından kullanılamaz ve havuzlarda köpük problemine sebep olurlar.

Uzun zincirli, suda çözülmeyen moleküller, deterjanlar ve polimezik maddeler kötü yumaklaşmaya, kötü çökelmeye ve uzaklaştırmada güçlükler sebep olurlar.

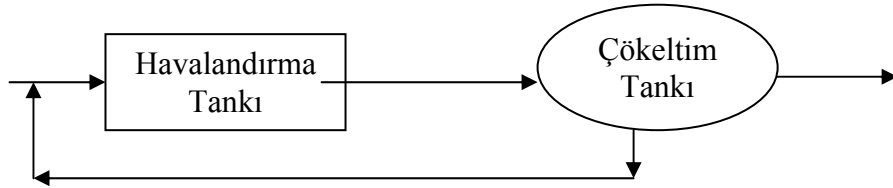
İyi bir işletme için toksik ve arzu edilmeyen maddelerin tesise girmesi ön arıtma yaparak önlenmeli veya bu başırlamıyorsa bunların etkisini minimuma indirmek için (UAKM) uçucu askıda katı madde konsantrasyonunu yüksek tutmalıdır. KOİ' si 2000 mg/l't' den büyük olan atık sular için aktif çamur sisteki uygulanamaz.

2- Aktif çamur proses ve sistem tipleri

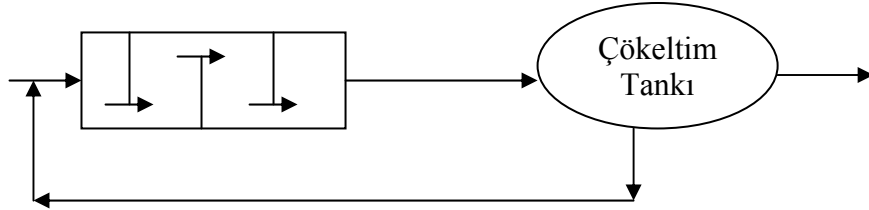
Bu modifikasyonlar klasik aktif çamur sistemlerinin bazı dezavantajlarını gidermek maksadı ile geliştirilmişlerdir.

Tablo 2.1 Aktif Çamur Arıtma Sistemleri İçin Projelendirme Kriterleri (İleri. R., 2000)

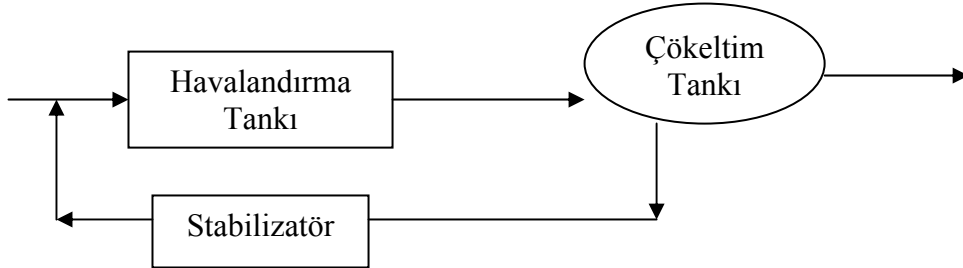
Proses Türü	Q_c (gün)	KgBOİ/kg UAKM-gün	AKM	Q (saat)	r	%E (BOİ)
Klasik	5-15	0.2-0.4	1500-3000	4-8	0.25-0.50	85-95
Tam Karışmalı ve Geri Devirli	5-15	0.2-0.6	3000-6000	3-5	0.25-0.10	85-95
Kademeli Havalandırma	5-15	0.2-0.4	2000-3500	3-5	0.25-0.75	85-95
Kontakt Stabilizasyon	5-15	0.2-0.6	4000-10000	3-6	0.25-1.0	80-90
Uzun Havalandırma	—	0.015-0.15	3000-6000	18-36	0.75-1.5	75-95



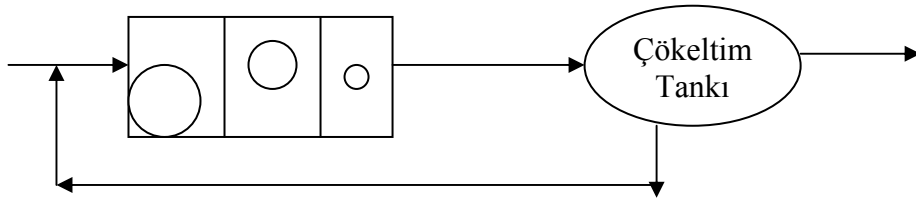
(a) Klasik – Tam Karıştırmalı Havalandırma Tankı



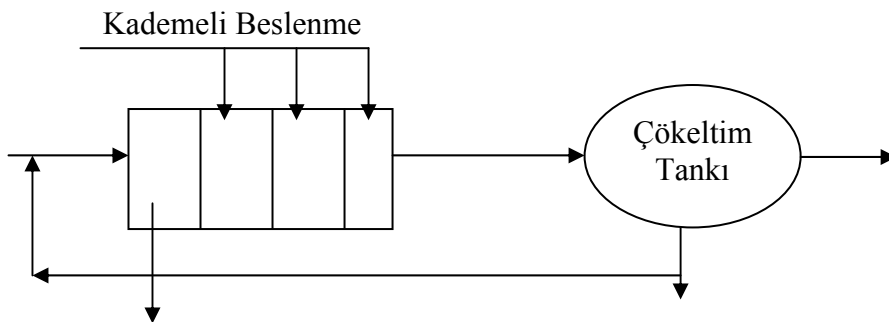
(b) Piston Akımlı



(c) Kontak Stabilizasyon



(d) Azalan Havalandırma Sistemi

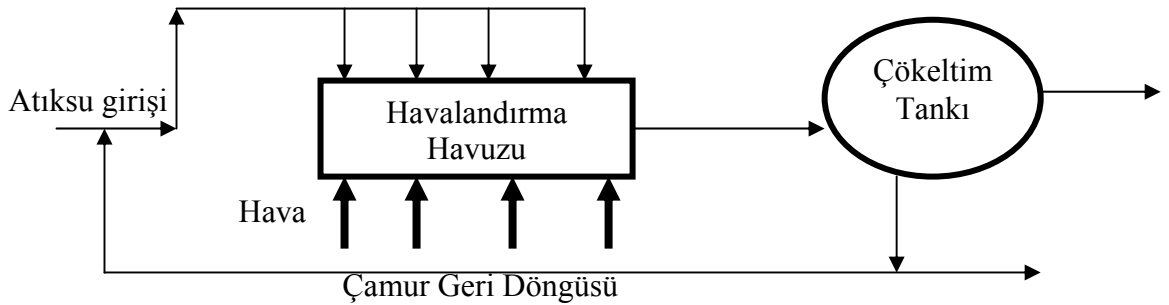


Çamur Havalandırma Bölümü
(e) Kademeli Havalandırma Sistemi

Şekil 2.4 Plan Açısından Aktif Çamur sistemi Modifikasyonları (İleri. R. , 2000)

1- Kademeli beslenme ve havalandırma

Uzun ($L/W > 10$, $t \geq 24$ saat) havalandırma havuzları içeren aktif çamur ünitelerinde şok yüklemeyi önlemek ve daha homojen karışma/havalandırmayı sağlamak amacıyla besleme ve havalandırma akımları havuz boyunca dağıtılabılır. Bu tür sistemlerde havalandırma tankı bölmelere ayrılarak her bölgeye ayrı bir beslenme ve havalandırma akımı verilebilir. Böylece sistem çok basamaklı seri bağlı bir reaktör sistemi halinde işletilebilir. Bu sistemler, piston akımlı reaktörlere yaklaştığı için daha düşük hacim gerektirir ve kontrolü daha kolay olur. Tasarım eşitliği açısından piston akımlı reaktör tasarım eşitlikleri kullanılabilir.



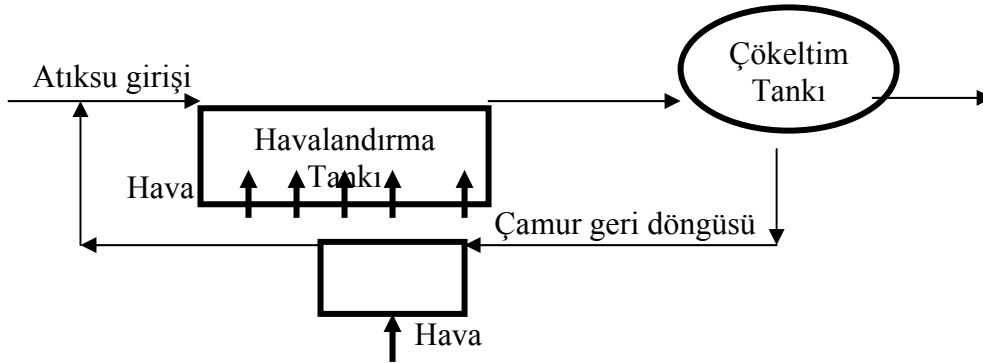
Şekil 2.5 Kademeli Beslenme ve Havalandırmalı Aktif Çamur Ünitesi (İleri. R., 2000)

Tek besleme akımlı, uzun havalandırma havuzlarında basamaklı giderek azalan havalandırma yapılabilir. Reaktör girişinde daha fazla hava verilerek ve havalandırma tank boyunca azaltılarak BOİ gereksinimini karşılayacak oksijen ihtiyacını sağlayabilir. Kademeli havalandırma havuzu klasik aktif çamur havalandırma havuzundan daha fazla katı madde bulundurur, şok yüklemelerden daha az etkilenir, son çökeltme havuzlarındaki katı madde depolanmasını azaltır.

2- Geri döngüde havalandırma

Geri devir çamuru havalandırma havuzuna verilmeden önce havalandırılarak, çamur içindeki mikroorganizmaların ölme ihtimali ortadan kaldırılır, BOİ giderimi sağlanır, ayrıca tesisten kısa sürede gelip geçen zehirli atıklar giderilir. Çözünmeyen

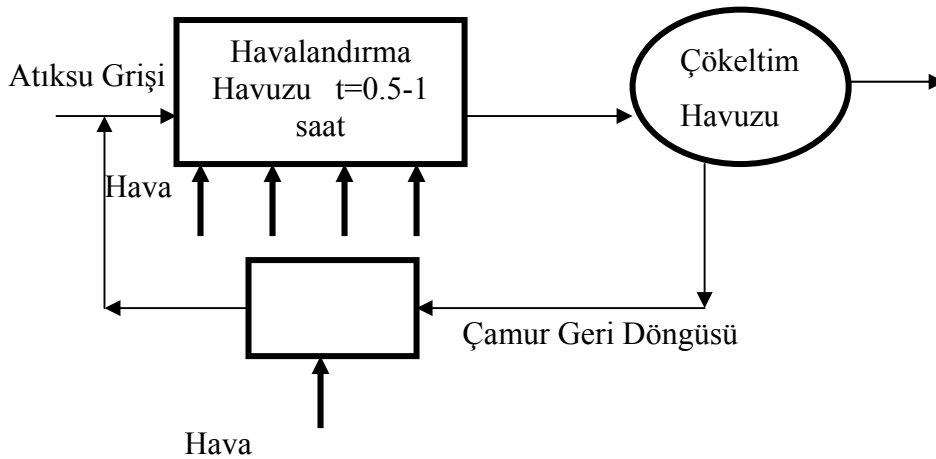
organik bileşiklerin bulunduğu atıksuların arıtılmasında geri döngüde havalandırma yaygın olarak kullanılır.



Şekil 2.6 Geri Döngüde Havalandırmalı Aktif Çamur Ünitesi (İleri. R. , 2000)

3-Kontak stabilizasyon sistemleri

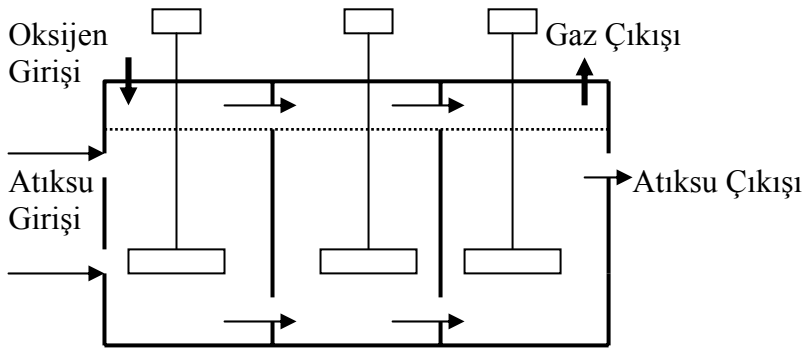
Kontak stabilizasyon sistemlerinde havalandırma tankında alıkonma süresi düşük olup (0.5-1 saat), bu süre içinde organik bileşiklerin organizmalar üzerine yada flokların içine tutunması sağlanır. Çökeltimden sonra geri döngüde yapılacak havalandırma ile absorbe edilmiş bileşikler oksitlenir. Kontak stabilizasyon sistemleri geri döngüde havalandırma sistemlerine benzemekle beraber havalandırma tankında alıkonma süresinin düşük olması nedeniyle bu tankta BOİ giderimi olmaz, BOİ giderimi geri döngüde havalandırma ile sağlanır. Yani, temas ve tutma birinci havuzda meydana gelirken ikinci havuzda stabilizasyon olur. Bu proses klasik aktif çamur sisteminden oldukça küçük havalandırma havuzu gerektirir. Bu yüzden klasik aktif çamur sisteminden ilk yatırım maliyeti düşüktür.



Şekil 2.7 Kontak Stabilizasyon Sistemi (İleri. R. , 2000)

4- Saf oksijenli ve çok basamaklı sistemler

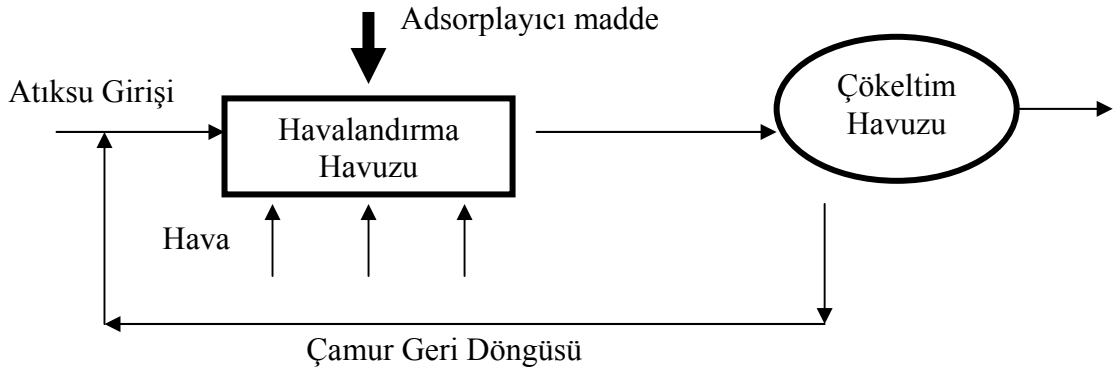
Yüksek BOİ içeren atıksulardan BOİ giderilmesinde oksijen sınırlamalarını önlemek için oksijen ile zenginleştirilmiş hava yada saf oksijen kullanılır. Ayrıca sistem çok basamaklı seri reaktörler sistemi halinde işletilerek hidrolik alı konma süresi düşürülebilir.



Şekil 2.8 Saf Oksijenli Çok Basamaklı Sistemler (İleri. R. , 2000)

5- Adsorptive sistemler

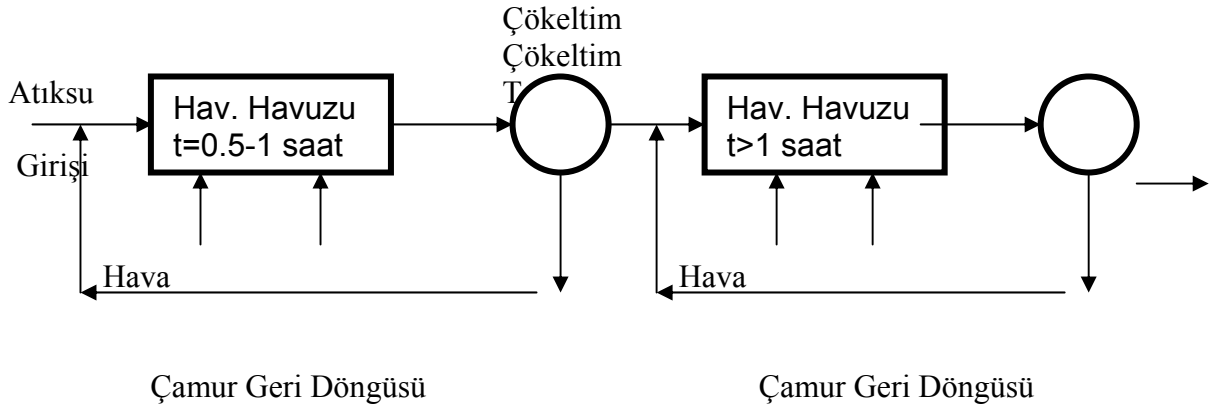
Bu sistemlerde, çözünmüş organik maddeleri adsorbe ederek biyolojik parçalanmaları sağlayabilmek için aktif çamur ünitelerine 20-50 mg/lt civarında aktif karbon ilave edilir. Aktif karbon parçacıkları yüksek alana ($1000 \text{ m}^2/\text{g}$) sahip olup biyolojik olarak parçalanabilirler ve parçalanamayan organik bileşikler yüzeyde tutularak atıksudan giderilmesi sağlanır. Böylece hem yüksek BOİ giderimi sağlanır, hem de çökeltim tankında çamurun daha kolay çökmesi sağlanır. Adsorptive sistemlerde BOİ giderim verimi normal sistemlere göre daha yüksektir. Aktif karbon dışında kil, bentonit, sepiyolit gibi adsorplayıcı minerallerde kullanılabilir. Adsorpsiyon işlemi daha çabuk gerçekleştiğinden (1-30 dakika), organik bileşiklerin giderimi daha ziyade aktif karbon yüzeyinde vebir miktarda sıvı fazda (adsorbe olmayanlar) gerçekleşir.



Şekil 2.9 Adsorptive Sistem (İleri. R. , 2000)

6- Absorpsiyon- biyooksidasyon prosesi

Bu proses iki basamaklı olup ilk basamakta alıkonma süresi düşüktür (0.5-1 saat) ve organik ve organik bileşiklerin organizma flokları içine absorbe olması sağlanır. İkinci basamakta ise daha yüksek alıkonma sürelerinde havalandırma ile organizmaların absorbe edilmiş organik bileşikleri oksitlemesi sağlanır. İki basamakta geri döngü vardır.



Şekil 2.10. Absorpsiyon- Biyooksidasyon Prosesi (İleri. R. , 2000)

7. Yüksek hızlı aktif çamur sistemleri

Bu sistemler ideal çoğalma eğrisinin log- çoğalma fazında çalıştırılırlar. Burada bakteriler hızla artar ve kullanılan oksijen ve besi maddesi bu artışla orantılıdır. Sistemde mevcut aktif kütlenin ihtiyacından daha fazla besi maddesi bulunur. Sonuç

olarak , çıkış suyundaki BOİ ve askıda madde miktarı diğer aktif çamur sistemleri ile karşılaştırılırsa daha fazladır.

Tüm tasfiye prosesi 2-3 saatlik bir zaman periodu içinde gerçekleşir. Bu proses yüksek çıkış suyu kalitesi istenmediği durumda kullanılabilir. Bu sistemin akış şeması klasik aktif çamur sistemi akış şeması ile aynıdır.

8. Uzun havalandırmalı sistem

Bu sistem klasik aktif çamur prosesi ile aynı akış şemasına sahiptir. Fakat kullanılmış su havalandırma havuzunda 18 saat veya daha fazla süre kalır. Sistemdeki bütün mikroorganizmaların ihtiyacına cevap verecek besin maddesi yoktur. Yani sistem 'endogeneus büyüme' fazında çalıştırılır. Bundan dolayı mikroorganizmalar ortanda mevcut besin maddesini tüketmek için yarış yaptıkları gibi ayrıca kendi hücrelerini de besin maddesi olarak kullanırlar. Bundan dolayı da, düşük çamurlu, yüksek arıtılmış çıkış suyu elde edilir. Bu sistemin dezavantajı, fazla oksijene ihtiyaç duyulması ve atıkları uzun havalandırma periyodunda tutmak için geniş tank hacmine ihtiyaç duyulması.

4- Havalandırma sistemleri

Aktif çamur ünitelerinde ya basınçlı hava üfleyicileri ya da yüzey havalandırıcılar kullanılır. Havalandırıcı seçiminde en önemli kriter, oksijen aktarım etkinliği (OAE) dir. Oksijen aktarım etkinliği, birim enerji başına aktarılan oksijen miktarını belirtir ($\text{kgO}_2/\text{kw.sa}$).

1-Hava üfleyicileri (Blower)

Seramik ya da plastikten oluşan gözenekli tepsiler küçük hava kabarcıkları oluşturdıkları için küçük havalandırma tanklarında kullanılmaları daha yaygındır. Gözenekleri kolayca tıkanabilen bu havalandırıcıların oksijen aktarım etkinliği $\text{OAE}=1-2 \text{ kgO}_2/\text{kw.sa}$ dir. Tıkanma problemine karşı her geçen gün araştırmalar ve teknolojiler geliştirilmektedir.

Delikli yuvarlak boru ya da tepsiler daha büyük kabarcıkları oluştururlar. Bu nedenle bir mekanik karıştırıcı ile kabarcıkların küçültülmesi gerekebilir. Bazen

mekanik karıştırıcılar ile beraber kullanılan bu havalandırıcılar kolayca tıkanmazlar ve $OAE=1-2\text{kgO}_2/\text{kw.sa}$ sağlarlar.

2- Yüzey havalandırıcılar

Yüzey havalandırıcılar, hava-sıvı yüzeyinde karışma sağlayarak yüzey yenileme ile oksijen aktarımı sağlarlar. Yüzey havalandırıcılar $OAE=1.5-2.5 \text{ kgO}_2/\text{kw.sa}$ olup enerji yönünden daha etkindirler. Bu tür havalandırıcıların başlıca iki önemli tipleri vardır: (1) düşey eksenli yüzey havalandırıcı (enerji gereksimi= $10-20 \text{ w/m}^3$) ve (2) yatay eksenli yüzey havalandırıcılar (enerji gereksimi düşük, oksidasyon hendekleri gibi yerlerde kullanılırlar).

Aktif çamur havalandırma tanklarında oksijen aktarımını artırmak için bazı stratejiler uygulanabilir:

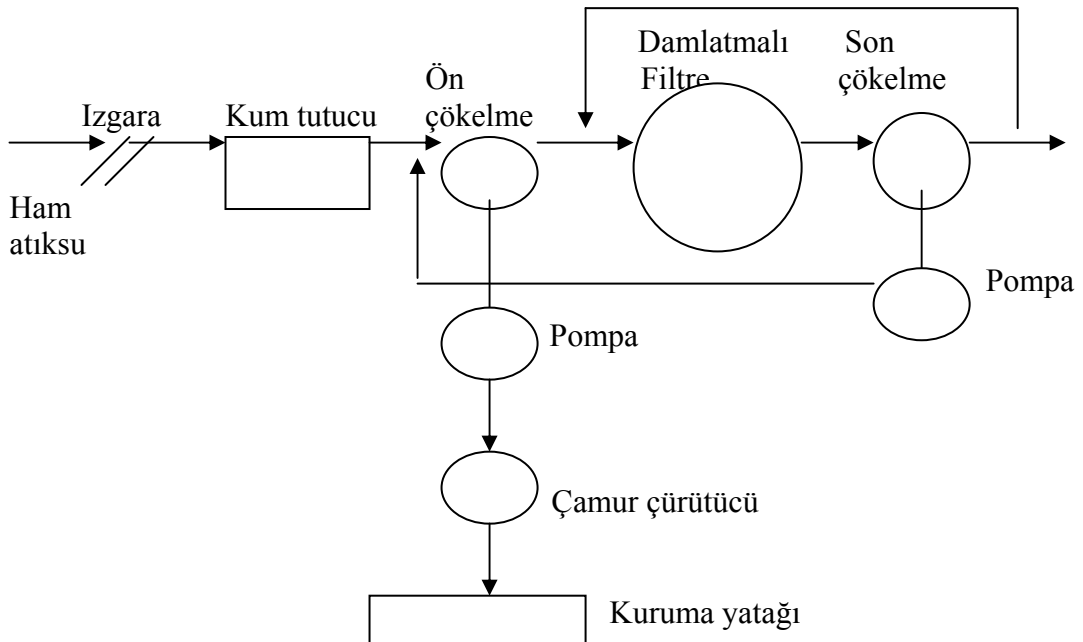
- (a) Karıştırma hızı artırılabilir
- (b) Hava kabarcıkları küçültülebilir
- (c) Saf oksijen yada oksijenle zenginleştirilmiş hava kullanılabilir
- (d) Sistem atmosferik basıncın üzerinde çalıştırılabilir.

2.1.1.2. Damlatmalı Filtreler

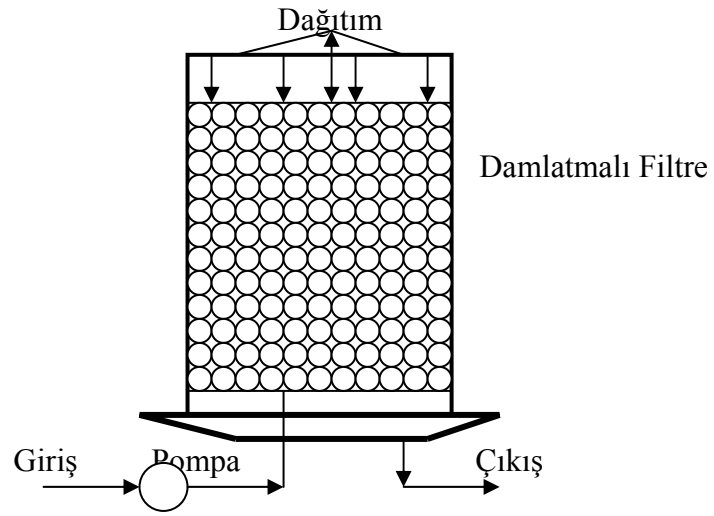
Damlatmalı filtreler aerobik ve bağlı sistemlerdir. Şok yüklemelere dayanıklıdır. Toksik maddelerden arınmış endüstriyel ve evsel atıksuların arıtımında kullanılır. (Aktif çamur sistemlerinden farklıdır). Bölgenin nüfus yoğunluğuna göre tek veya iki kademeli olarak dizayn edilirler.

Damlatmalı filtreler, üzerinde mikroorganizmaların biyofilm olarak büyüdüğü katı tanecikler içeren dolgu sistemlerden ibarettir. Damlatmalı filtreler, içinde 0.1-10 cm büyüklüğünde dolgu malzemesi (kırma taş, plastik, sert kömür, özel dolgu maddeleri vb.) bulunan yuvarlak bir tanktan meydana gelir. Filtrenin üzerine ilk arıtmaya tabi tutulmuş atıksu belirli bir debiyle verilir. Bu işlem genellikle tankın merkezi etrafında yavaşça hareket eden delikli bir borudan oluşan bir düzenekle (atıksu dağıtım sistemi) sağlanır. Bu şekilde, filtreye verilen atıksu filtre dolgu malzemesinin üstünden süzülerek akmakta, bu arada, filtre yatağındaki boşlukların

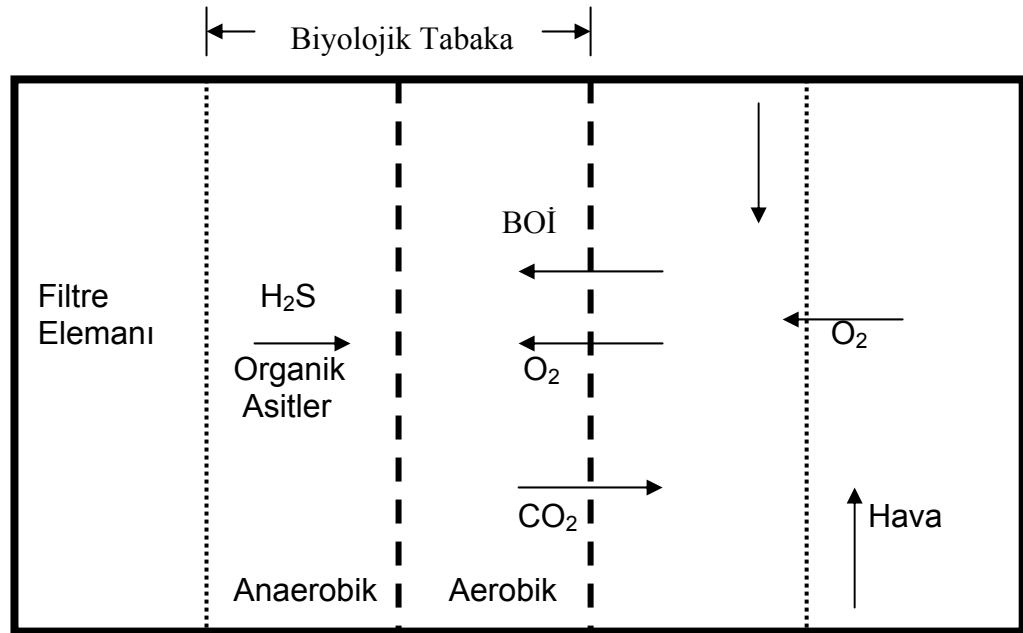
tamamı atıksu ile dolmadığından aerobik şartlar devam etmektedir. Bu işlem sonucunda, atıksuyun içinde bulunan ve organik maddeleri parçalayan bakteriler taşların üzerinde ince bir tabaka meydana getirmektedir. Bu bakteriyel tabaka yakınından geçmekte olan organik kirleticileri adsorplayıp metabolizmaları ve üremeleri için kullanarak karbondioksit ve suya dönüştürmektedir ve bu şekilde suyun arıtmasını sağlamaktadır. Mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu oksijen suya doğal yollarla geçmektedir. Yatakta veya atmosferdeki sıcaklık farkından dolayı damlatmalı filtrelerde, yazın aşağı doğru kışın yukarı doğru hava akımı olur bu da sirkülasyonu sağlar. Biyofilm üzerinden akan sıvı filmi tipik olarak 0.01mm ve biyofilm kalınlığı ise 0.25mm' dir. Ancak zamanla bakteriyel tabaka kalınlaşmakta ve oksijen ve organik maddeler tabakanın alt kesimlerine ulaşmamaktadır. Böylece tabakanın alt kesiminde anaerobik şartlar oluşmakta ve nihayet burada oluşan gazların yardımı ve oluşan kesme kuvveti ile yaşılanan bakteriyel tabaka taştan ayrılıp çıkış suyu ile birlikte dışarı akmaktadır. Temizlenmiş taşın üzerinde kısa bir zaman içinde yeniden ince bir tabaka oluşmakta ve proses devam etmektedir. Damlatmalı filtreden çıkan atıksu son çökeltme tankına verilir. Çökeltme tankındaki çamurun bir kısmı bazen damlatmalı filtreye, dolgu malzemesinin üzerinde bakteriyel tabakanın oluşmasında bir nevi maya vazifesi görmek üzere, geri gönderilir. Damlatmalı filtreler akış hızlarına göre yavaş, orta, yüksek ve süper hızlı filtreler olmak üzere dörde ayrılırlar.



Şekil 2.11 Damlatmalı Filtre Sisteminin Akım Diagramı (www.osbuk.org/Atıksu)



Şekil 2.12 Damlatmalı Filtre Akım Şeması (İleri .R. , 2000)



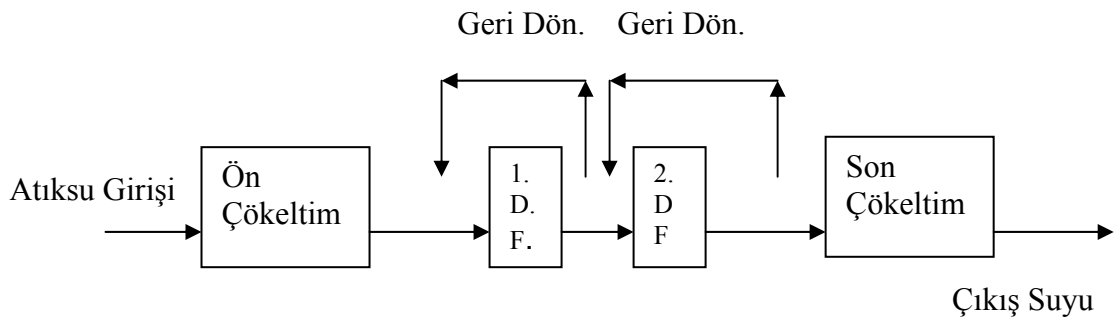
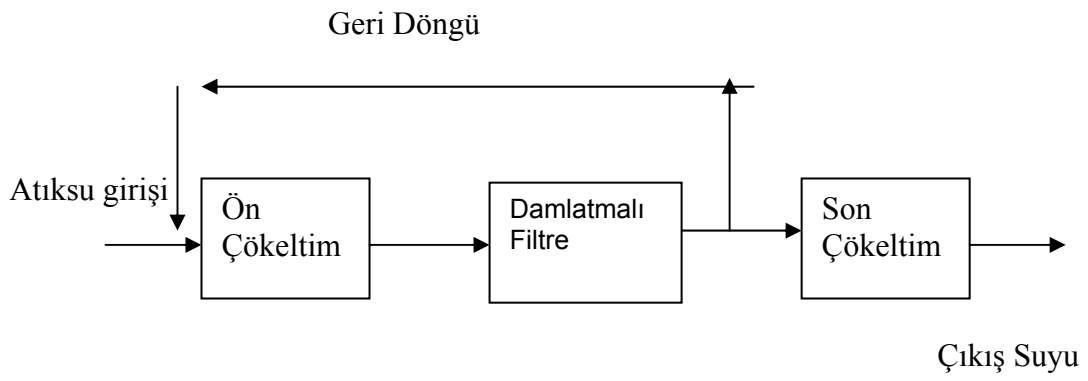
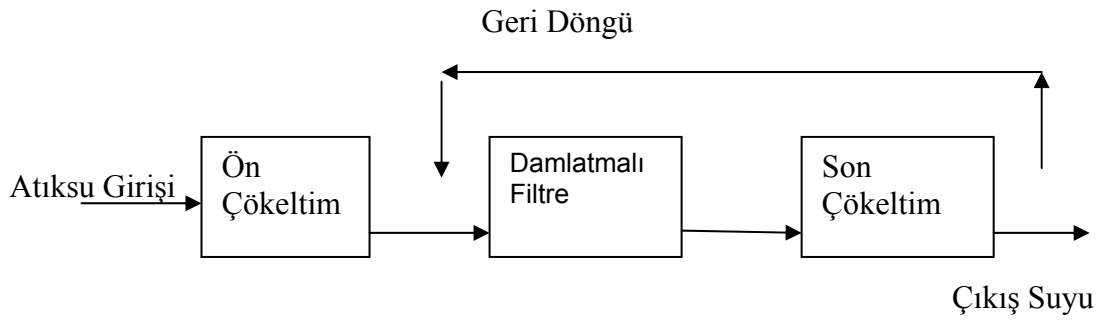
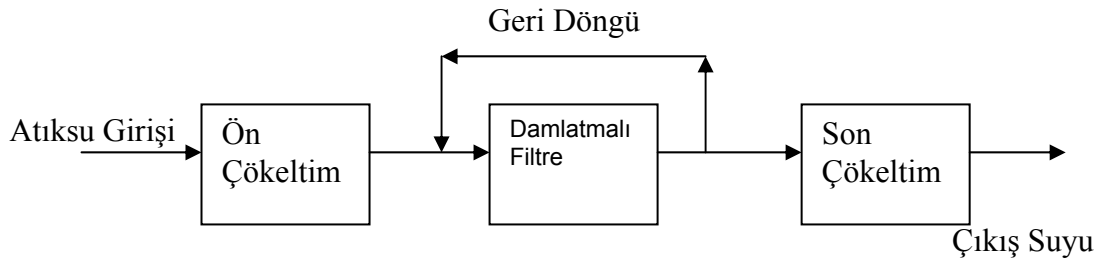
Şekil 2.13. Damlatmalı Filtre Arıtım Mekanizması (İleri.R, 2000)

Tablo 2. 2 Damlatmalı Filtrelerin Özellikleri (İleri. R. , 2000)

Özellik	Düşük Hızlı	Orta Hızlı	Yüksek Hızlı	Süper Hızlı
Hidrolik Yük (m ² /m ² .gün)	1-4	4-10	10-20	40-200
Organik Yük (kg/m ² .gün)	0.08-0.32	0.24-0.48	0.32-1	0.8-6
Derinlik (m)	1.5-3	1.25-2.5	1-2	4.5-12
Geri Devir Oranı (%)	0	0-100	0-100	0-100
Filtre Ortamı	Çakıl, plastik	Çakıl, plastik	Çakıl, plastik	Çakıl, plastik,tahta
Güç Gereksimi (kW/10 ³ m ³)	2-4	2-8	6-10	10-20
Atıksu Dozlama Aralığı	Kesikli (5 dakika aralıklı)	Sürekli (15-20 sn)	Sürekli	Sürekli
Çıkış Suyu Özelliği	Düşük BOI ve N	Düşük BOI ve N	Düşük BOI ve N	Düşük BOI ve N

Tablo 2.3 Damlatmalı Filtreler ve Aktif Çamur Sistemlerinin Karşılaştırılması(İleri. R. , 2000)

Parametre	Damlatmalı Filtre	Aktif Çamur
Yatırım Maliyeti	Yüksek	Düşük
İşletme Maliyeti	Düşük	Yüksek
Alan Gereksimi	Yüksek	Düşük
Havalandırma	Yeterli olmayabilir	Yeterli
Sıcaklık Kontrolü	Zor	Kolay
Şok Yüklemelelere Duyarlılık	Az Duyarlı	Çok Duyarlı
Çıkış Akımının Berraklığı	İyi	İyi değil
BOİ Giderimi	80-90	80-90
Hidrolik Alı konma Süresi		
Düşük Hız	6-40 saat	4-10 saat
Yüksek Hız	0.5-4 saat	
Koku	Fazla	Az

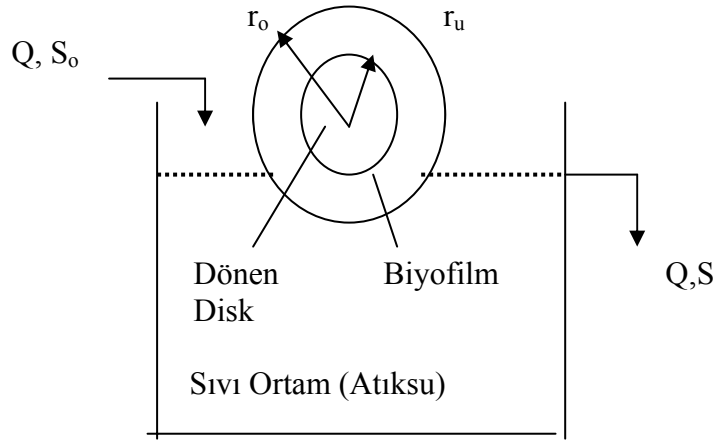


Şekil 2.14 Damlatmalı Filtrelerin Değişik Konfigürasyonları (İleri. R. , 2000)

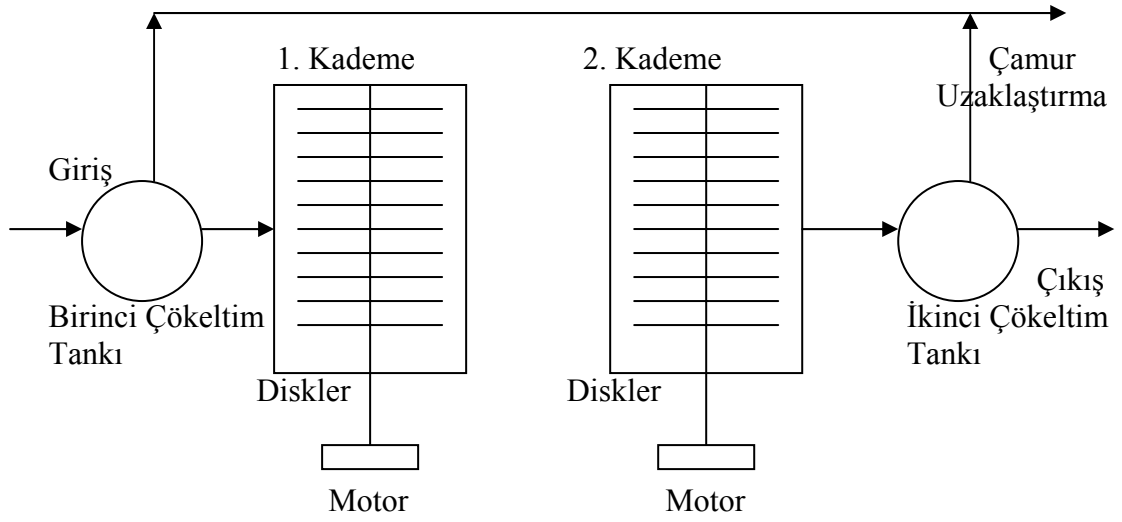
2.1.1.3.Biyodiskler

Dönen biyodisk üniteleri, daha ziyade küçük yerleşim merkezlerinin evsel atıksularının giderilmesinde kullanılmakla beraber, bazı durumlarda düşük hacimli endüstriyel atık sulardan BOİ giderimin de kullanılabilirler. Bu üniteler plastikten yapılan 2-3 metre çapında, 2-3 cm kalınlığında disklerden oluşur. Diskler bir şaf üzerini birbirine paralel olarak yerleştirilir ve şaft bir motor yardımı ile döndürülür. Atık su uzun ve sığ tankların içine konur ve diskler atık su içine %40-50 oranında batık şekilde döndürülür (2-10 devir/dak). Organizmalar disk yüzeyinde biyofilm şeklinde büyürler ve atıksudaki organik bileşikler biyofilm içine difüzenirken organizmalar tarafında CO₂ 'e oksitlenirler. Dönüş sırasında biyofilmler hava ile temas ederek oksijen gereksinimini sağlarlar. Biyofilm kalınlığı yaklaşık 3-4 mm olup, optimal kalınlık 2-3 mm civarındadır. Kalın biyofilmler difizyon limitlerine neden olduğu için; ince biyofilmler de daha az etkin olduğu için tercih edilmezler. Sistem optimal biyofilm kalınlığı civarında çalıştırılır (2-3 mm). Dönen sistemlerdeki biyofilm tabakası, aynen damlatmalı filtrelerde olduğu gibi, bir süre sonra belirli bir kalınlığa ulaşıncaya, disk atık su içinden geçerken kesme kuvveti tesiriyle diskten kopar ve tekrar atıksuya karışır. Kopan bu parçalar, çökeltim ile veya uygun bir şekilde uzaklaştırılmalıdır. Belli bir BOİ giderimi veya nitrifikasyon oranı için, dönen biyodiskler karşılaştırılacak diğer tüm sistemlerden daha az enerji gerektirir.

Yüzeyde biyofilm halinde büyüyen organizmalar dönüş sırasında yüzeyden kolayca kopabilirler. Bunu önlemek için gözenekli diskler kullanılabilir. Gözenekli diskler daha fazla organizma tuttukları için daha fazla performans gösterirler ve şok yüklemelere karşı daha dayanıklıdırlar. Diskleri çevirmek için gereken motor enerjisinden tasarruf etmek amacıyla atıksu, disklerin bıçak içeren ara yüzeylerine dik olarak verilebilir. Böylece diskler suyun şelale etkisiyle çarpmasından yararlanarak döndürülebilir. Biyodisk üniteleri birden fazla kademe içerebilirler. Tipik bir biyodisk Şekli 2.15' de gösterilmiştir. Şekil 2.16' da ise iki kademeli ve geri döngülü biyodisk ünitesi verilmiştir.



Şekil 2.15 Tıpkı Biyodisk (İleri. R. , 2000)



Şekil 2.16 İki Kademeli ve Geri Döngülü Biyodisk Ünitesi (İleri. R. , 2000)

Tablo 2.4 Biyodisk Özellikleri (Topacık. D. , 1987))

Parametre	Değerler
Hidrolik Yükleme	
BOİ giderimi	0,06-0,24 m ³ /m ² .gün
N giderimi	0,06-0,072 m ³ /m ² .gün
Organik Yükleme	
Çözünmüş BOİ	12,2-19,5 g/m ³ .gün
BOİ giderimi	%80-95
Çıkışta toplam BOİ	10-30 mg/l
Çıkışta çözünmüş BOİ	5-15mg/l
Çıkışta NH ₃ -N	1-10 mg/lt
Çıkışta NO ₂ -N	2-7 mg/lt
Bekleme Süresi	0,5-24 saat
Enerji gereksinimi	3 m' lik diskler için 75 W/m (30 adet*3m) 2m' lik diskler için 50 W/m (35 adet*3m)
Sıcaklığa duyarlılık	Sıcak iklimlerde kullanışlı değil.
İlk yatırım maliyeti	yüksek

2.1.1.4. Stabilizasyon havuzları

Bu arıtma sistemleri atıksuların ağırlıklı olarak doğal metodlarla arıtıma tabii tutulduğu, büyük hacimli, geniş alanlı, uzun bekleme süreli, basit, düşük yatırım ve işletme maliyetli arıtma üniteleridir. Stabilizasyon havuzları kısmen ve genelde tamamen toprağa gömülü inşa edilirler.

Uygun şekilde projelendirilen ve işletilen lagunlarda yüksek seviyede organik madde, katı madde ve bakteri giderimi sağlanabilir. Daha iyi verim elde etmek için gerekirse seri halde, ve/veya geri devirli ve/veya çöktürme havuzlu ve dezenfeksiyon uniteli inşa edilir.

Özellikle çok sıcak ve kurak bölgelerde bazı lagunlar gelen suyun tamamı buharlaştırılacak şekilde projelendirilir.

1- Stabilizasyon havuzu çeşitleri

Stabilizasyon Havuzları başlıca aşağıdaki guruplara ayrılır;

- 1- Anaerobik Stabilizasyon Havuzları
- 2-Fakültatif Stabilizasyon Havuzları
- 3-Aerobik Stabilizasyon Havuzları
- 4-Olgunlaştırma Havuzları

1- Anaerobik stabilizasyon havuzları

Fazla miktarda organik madde ve katı madde içeren atıksuların arıtımında kullanılırlar. Hacimsel organik madde yükü yüksek olan bu havuzlar, tipik olarak derin toprak yapıları olup, ısı kaybını önlemek ve anaerobik reaksiyon şartlarını sağlamak amacıyla 6 m derinliğe kadar inşa edilebilirler. Havuzlarda askıdaki maddeler dibe çökerek stabilize olurlar. Bu tür havuzların hacimsel kirlilik yükü $100-400 \text{ kg BOI}_5/\text{m}^3.\text{gün}$ mertebesinde dir. Anaerobik havuzlarda, atıksuların ortalama bekleme süresi 5 günden azdır. Genelde kirlilik yükü yüksek olan endüstriyel atık sularda kullanılır. Günümüzde, anaerobik stabilizasyon havuzları yerine, daha randımanlı oldukları için aşağıdan yukarı akışlı anaerobik çamur battaniyesi (AAÇB) sistemleri kullanılabilir. Anaerobik havuzlarda arıtılan atıksu, ilave bir arıtmaya girmeden deşarj edilmeye müsait değildir. Bu nedenle, anaerobik havuzlardan sonra genellikle fakültatif havuzlar yapılır.

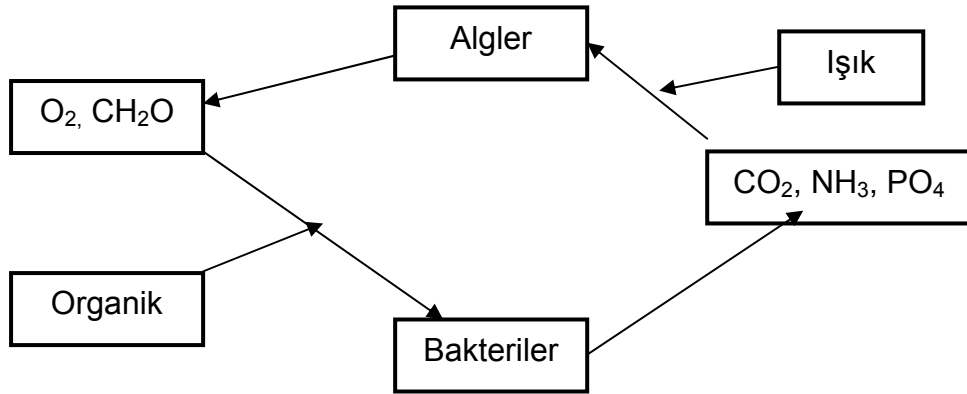
2- Fakültatif stabilizasyon havuzları

Fakültatif havuzlarda aerobik bakterilerin ve alglerin bulunduğu bir yüzey tabaka ile dip kısmında anaerobik bakterilerin faaliyet gösterdiği bir alt anaerobik tabaka vardır. Bu iki tabaka arasında ise kısmen anaerobik bir ortam ile her iki ortamda adaptasyon gösterebilen fakültatif bakteriler bulunur. Fakültatif stabilizasyon havuzlarının derinliği 1-2,5 m kadar, bekleme süresi ise 7-20 gün arasındadır. Bekleme süresi iklim şartlarına bağlı olarak 100 güne kadar çıkabilir. Alansal kirlilik yükü $50-280 \text{ kg/BOI}_5/\text{hektar.gün}$ mertebesinde dir.

3- Aerobik stabilizasyon havuzları

Aerobik stabilizasyon havuzuna gelen organik maddelerin ayrıştırılması bakteriler ve alglerin yardımı ile olur. Algler fotosentez sırasında, güneş enerjisini de kullanarak, inorganik besin maddeleri ve karbon dioksitle hücre sentezi yaparken oksijen açığa çıkarırlar. Açığa çıkan oksijen, heterotrof bakteriler tarafından kullanılır. Bakteriler atıksu da bulunan organik maddeyi enerji kaynağı olarak kullanırlar.

Aerobik stabilizasyon havuzları genellikle düşük hacimsel organik madde yüküne sahip, 1.5 m sığ havuzlardır. Böylece, havuzun tüm derinliği boyunca oksijen sağlanması mümkün olur. Bekleme süresi 10-40 gün olup, yüzeysel kirlilik yükü 40-120 kg BOİ₅/hektar.gün kadardır.



Şekil 2.17 Stabilizasyon Havuzlarında Bakteri ve Alg Etkileşimi(İleri. R. , 2000)

Tablo 2.5 Anaerobik, Fakültatif ve Aerobik Havuzlarının Özellikleri (Topacık. D. , 1987)

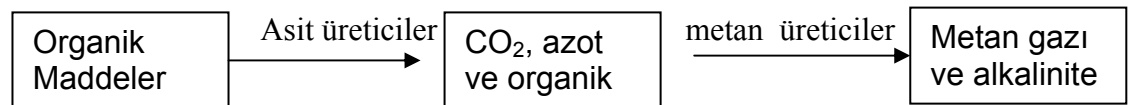
	Anaerobik	Fakültatif	Aerobik
Derinlik (m)	6	1-2,5	<1,5
Kirlilik Yüğü kg/BOİ ₅ /hektar.gün	100-400	50-280	40-120
Bekleme Süresi (gün)	<5	7-20	10-40

2- Arıtma proseslerinin açıklanması

Aerobik havuzlarda veya fakültatif havuzun aerobik tabakalarında atık suyun içerdiği organik maddeler ilk olarak karbondioksit ve amonyağa, daha sonra güneş ışığında alge dönüştürülür. Güneş ışığında sudaki CO₂ algler tarafından kullanılarak fotosentez yoluyla serbest oksijen üretilir. Bu serbest oksijen su içindeki aerobik bakteriler tarafından kullanılır. Alglerin üremesi için atık sudaki CO₂'e ve diğer besi maddelerine ihtiyaç vardır. Şekil 17' de gösterilmiştir.

Geceleri fotosentez için ışık olmadığında algler solunum yoluyla oksijeni tüketerek CO₂ üretirler. Bu kullanım sonucu O₂ ve CO₂ üretimi, hem pH hem de Çözünmüş oksijen miktarında değişime yol açar. Algler , gece CO₂ üreterek pH'ı azaltırken gündüz CO₂' i kullanarak pH' ı artırır.

Anaerobik havuzlarda yada fakültatif havuzun anaerobik kısmında organik maddeler, asit üreticiler olarak adlandırılan bir grup mikroorganizma tarafından CO₂, azot ve organik asitlere dönüştürülürler. Organik asit üretimi çok fazla olduğunda pH düşer ve sonuçta havuz hidrojen sülfür kokusuyla neticelenecek şekilde altüst olur. Havuzda aynı zamanda metan üretici olarak adlandırılan bir grup mikroorganizma tarafından asit ve diğer üretimler metan gazı ve alkaliniteye dönüştürülürler. Bu bakteriler için optimum pH 6.5-7.5' tur. Metan fermantasyonunun olması için organik maddenin bulunması ve bunun sürekli olarak organik aside çevrilmesi ve fazla miktarda metan üreten bakterinin olması gerekir. Fakültatif havuzlarda ise, anaerobik havuzun benzeri tabanda meydana gelir.



Şekil 2.18 Anaerobik Stabilizasyon Havuzlarında Biyolojik Reaksiyonlar (Topacık. D. , 1987)

3- Aerobik ve fakültatif havuzların işletme karakteristikleri

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

Lagunların 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 faaliyetler durabilir. Bu sebepten dolayı soğuk aylar için bir miktar daha fazla hacime ihtiyaç vardır.

İlkbaharda lagun yüzeyi eriyince, yüzey suyunun sıcaklığı (-) dereceden +4 derecenin üzerine çıkarken, lagundaki sular altüst olur. Bütün kış boyunca depolanan materyal bu sırada bütün havuza dağılır. Yine bu anda bakteri faaliyetleri hızla başlar. Bunun sonucu havuzda çözünmüş 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.

4- Anaerobik havuzların işletme karakteristikleri

Bu havuzlarda da kış süresince verim düşer. Bunun için projelendirmede bu azalma dikkate alınır ve havuzların işletilmesi genelde mevsimden mevsime değişiklik göstermez. Anaerobik havuzlarda mevsimsel koku ciddi bir şekilde hissedilir.

5- Havuz verimini etkileyen parametreler

1- Fiziksel faktörler

- Toprak Çeşidi
- Yüzey Alanı
- Derinlik
- Rüzgar Etkisi
- Güneş Işığı
- Sıcaklık
- Giriş Değişimleri

2- Kimyasal faktörler

- Organik Madde

- pH
- Katılar
- Atığın Tabiatı ve Konsantrasyonu

3- Biyolojik Faktörler

- Bakterinin Türü
- Alg Miktarı ve Türü
- Organizmanın Aktivitesi
- Besi Maddesi Eksikliği
- Toksik Madde Konsantrasyonu

Dizayına bağlı olarak beklenen BOİ giderimi %50-90 ve koliform bakteri giderimi %90-95 arasındadır. Bekleme süresi 180 gün olan kontrollü deşarj havuzlarında BOİ giderimi %85-99, toplam katı madde giderimi %85-95 ve fekal koli giderimi %99 oranında beklenir. Fiziksel sedimentasyon ile süspanse katıların %90'ının 3 gün içinde giderildiği gözlenmiştir. Çözünmüş katıların ise %80'e yakını biyolojik aktivite ile 10 günde giderilebilir.

2.1.1.5. Mekanik havalandırmalı lagünler

Havalandırmalı lagünler, 2,5-5 metre derinliğinde toprak yapılar olup, havalandırma, dubalar veya sabit kolonlar üzerine yerleştirilen mekanik havalandırıcılarla yapılır. Ham atıksu, ızgaradan geçirildikten sonra mekanik havalandırıcının bir tarafından verilir ve belli bir havalandırma süresinin ardından, diğer taraftan alınır. Mekanik havalandırmalı lagünler, Stabilizasyon havuzları ile kıyaslandığında %10-20 daha küçük hacimlere sahiptirler. Bunun nedeni, hem derinlikleri daha fazladır, hem de alıkoyma süreleri daha kısadır.

Bu arıtma sisteminin esas fonksiyonu atık dönüşümüdür. Diğer askıda katı madde sistemlerinde olduğu gibi havalandırma ile oluşturulan türbülans sistemin içeriğini askıda tutmada sağlar. Hidrolik kalış süresine bağlı olarak, havalandırmalı lagünden çıkan arıtılmış su giren BOİ'nin üçte biri ile yarısını hücre formundaki mikroorganizma oluşturur. Bu katıların çoğu deşarjdan önce çöktürülerek ortamdaki uzaklaştırılır. Bu havuzların tasarımında büyük esneklikler vardır. Bu tip lagünler bir

tarafından basit fakültatif tipte, diğer taraftan da çamur geri devrinin yapıldığı daha verimli ve yoğun üniteler olarak projelendirilebilirler. Her durumda da bunların inşaatları ve işletilmeleri çok kolaydır. Bu nedenle hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde yaygın kullanım alanına sahiptirler. Havalandırılmalı lagünlerin tasarımında gözönüne alınan faktörler;

- BOI giderimi
- Çıkış suyu özellikleri
- Oksijen ihtiyacı
- Sıcaklık etkisi
- Karıştırma için gerekli enerji
- Katı ayırma (çökeltme)

BOI Giderimi: Tam karışımli geri devirsiz havalandırılmalı lagün olarak kabul edildiğinde, tasarımın temelini çamur yaşı oluşturur. Ortalama çamur yaşının hesaplanmasında dikkat edilecek hususlar:

- Mikroorganizmaların çöktürme ile kolay giderilebilmesi için flok şeklinde olması ve
- Ortalama çamur yaşı ile kıyaslandığında uygun bir emniyet katsayısının seçilmesidir.

Evsel atıksuyun arıtımında kullanılan lagünlerde tipik çamur yaşı 3-6 gündür.

Tablo2. 6 Evsel atıksuları arıtan faklı tipteki lagünlerin tasarım kriterleri
(Arceivala. S. J. , 98)

Özellik	Fakültatif	Havalı Sürekli Akışlı	Havalı Geri Devirli
Katı madde kontrolü	Yoktur (bir kısmı çöker, diğer kısmı arıtılmış su ile çıkar)	Kısmen (katılar çökmez, arıtılmış su ile çıkar)	Tam kontrol (fazla çamur kontrollü olarak sistemden çekilir.)
Lagündeki AKM ¹ konsantrasyon, mg/lt	50-150	100-350	3000-5000
UAKM ² /AKM (%)	50-80	70-80	50-80
Çamur taşı Ø, gün	yüksek	genellikle 5	Sıcak iklim:10-20 Ilık iklim: 20-30 Soğuk iklim: >30 20-30
BOİ giderim hızı (20°C günlük, filtrelenmiş), kg/m ³ /gün	0.6-0.8	1-1.5	
Sıcaklık katsayısı, Ø	1.035	1.035	1.01-1.05
Hidrolik kalış süresi, gün	3-12	genellikle 5	0.5-2
BOİ giderim verimi (%)	70-90	50-60	95-98
Nitrifikasyon	yok	uyunsuz şartlar	az
Koliform giderimi (%)	60-99 ³	60-90	60-90
Lagün derinliği ⁴ , m	2.5-5	2.5-5	2.5-5
Arazi İhtiyacı, (m ² /kişi) Sıcak iklim Ilık iklim	0.3-0.4 0.45-0.9	0.3-0.4 0.35-0.7	0.15-0.25 ⁵ 0.25-0.55 ⁵
Güç ihtiyacı, kW/kişi-yıl hp/1000	12-15 ⁶ 2-2.5 ⁶	12-14 2-2.5	18-24 ⁷ 3-5
Min güç (Kw/10 ³ m ³ lagün hacmi)	0.75-1 (eşit O ₂ yaymak)	2.75-5 (bütün katıları askıda tutmak)	15-18 (bütün katıları askıda tutmak için)
Çamur	Birikir ve birkaç yıl sonra uzaklaştırılır.	Birikim olmaz. Katı maddeler arıtılmış su ile çıkar.	Fazla çamur günlük uzaklaştırılır.
Çıkış yapısı	Arıyılmış su savakla dışarı verilir.	Kısmi veya tanı boru kullanılır.	Savak veya boru

¹AKM: Askıda katı madde

²UAKM: Uçucu askıda katı madde

³İki veya daha fazla ünitenin seri bağlanması durumunda yüksek verim fizibil olabilir.

⁴Kullanılacak havalandırıcıya uygun seçilmelidir.

⁵Çamur kurutma dahil.

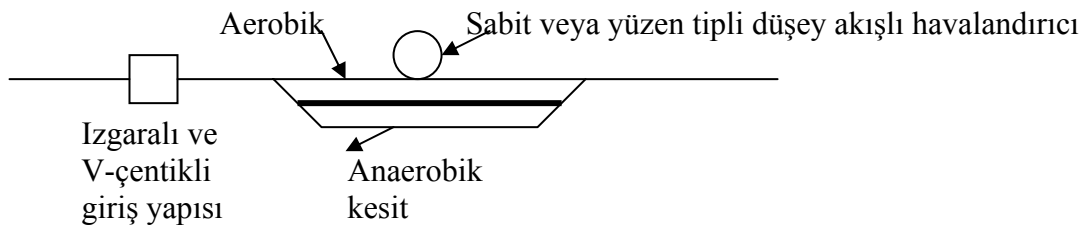
⁶Havasız gaz üretiminden yararlanılırsa enerji ihtiyacı düşebilir.

⁷Nitrifikasyona bağlı.

1- Mekanik havalandırmalı havuz çeşitleri

1- *Fakültatif havalandırmalı lagünler*

Fakültatif havalandırmalı lagünlerde birim hacme düşen enerji yoğunluğu, gerekli oksijen miktarının sıvıya verilmesi için yeterlidir. Fakat bu enerji girdisi, bütün katıları askıda tutmak için yeterli değildir. Bunun sonucunda, lagüne giren askıda katı maddelerin bir kısmı ve substrat giderimi sonucunda oluşan katı maddeler, tabana çökmeye çalışırlar ve tabanda havasız bozunma meydana getirirler. Lagündeki aktivite kısmen havalı, kısmen de havasız olduğundan bu tip lagünlere “fakültatif” denir. Ancak bazen kısaca havalandırmalı lagünler de denilmektedir. Evsel atıksular için %70-90 oranında BOI giderimi sağlarlar.

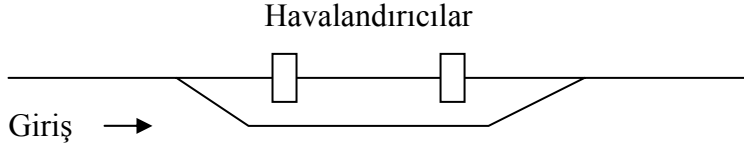


Şekil 2.19 Mekanik havalandırmalı bir fakültatif lagün (Arceivala. S. J. , 98)

2- *Sürekli akışlı havalı lagünler*

Bu lagünlerde enerji yoğunluğu, sadece istenilen miktarlardaki oksijeni sıvı içerisine verecek seviyede değil, aynı zamanda aktif çamur havalandırma tanklarında olduğu gibi bütün katı maddeleri askıda tutacak seviyede de olmalıdır. Bu nedenle, bu tip lagünlerde askıda katı çökmesi olmaz. Bu lagünlerde ki katı maddeler,

havalandırılmış olarak ve üniteyi terk eden atıksu ile birlikte sistemi terk eder. Bu tip lagünlerde BOİ giderim randımanı fazla yüksek değildir. Çıkış suyunda çok miktarda askıda katı madde bulunduğundan verim yaklaşık %50-60 seviyesindedir. Daha iyi BOİ ve katı madde giderim istenirse ilave arıtma gerekir. Genelde bu tip lagünlerden sonra fakültatif stabilizasyon havuzları veya çifte güçlendirilmiş lagünler kullanılır.



Şekil 2.20 Kesintisiz akışlı mekanik havalandırmalı lagün (Arceivala. S. J. , 98)

3- Çamur geri devirli havalı lagünler

Bu lagünler uzun havalandırmalı sistemlere benzerler. Enerji girdisi hem oksijen ihtiyacını karşılayacak, hem de bütün katıları askıda tutacak yeterlilikte olmalıdır. Bu lagünlerdeki çamur geri devrinden dolayı katı madde konsantrasyonu da oldukça yüksektir. İşletmeyi kolaylaştırmak için, lagün içerisinde bir çökeltme bölgesi oluşturulabilir veya alternatif kullanım amacıyla iki paralel bölüm yapılabilir. BOİ giderimi yüksek olup %95-98 aralığındadır. Sistemde aynı zamanda nitrifikasyon da gerçekleşmektedir.

2.1.1.6. Aşağıdan yukarı akışlı anaerobik çamur battaniyesi

Son 20 yıl içinde yüksek BOİ' li endüstriyel atıksuları arıtmak için, 150' den fazla aşağıdan yukarı akışlı anaerobik çamur battaniyeli (tabakalı) arıtma tesisi (AAÇB) yapılmıştır. Bu tesisler, aşağıda belirtilen endüstrilere hizmet etmektedirler:

- Rafineriler
- Mandıralar
- Kağıt hamur tesisleri
- İlaç fabrikaları
- Nişasta Fabrikaları
- Tekstil fabrikaları
- Sanayi siteleri
- Deri fabrikaları (kanalizasyon ile birlikte)

Bu tip tesisler, 1982 yılından itibaren BOİ' leri daha düşük olan (200-300 mg/lit) evsel atıksular için de kullanılmaya başlamıştır.

1- Tipik yerleştirme biçimleri

AAÇB sisteminin tipik yerleşiminde aşağıdaki üniteler kullanılmaktadır.

- 1- Pompaj
- 2- Izgaralar ve kum tutucular
- 3- Ana AAÇB reaktörü
- 4- Gaz toplama, gaz dönüşümü veya iletim (isteğe bağlı) üniteleri
- 5- Çamur kurutma yatakları
- 6- İlave arıtma üniteleri (arıtılan suyun deşarj standartlarına bağlı olarak, isteğe bağlı).

Diğer konvansiyonel arıtma tesislerinde olduğu gibi, bu sistemde de ham atıksu, önce ızgaralardan ve kum tutuculardan geçirilir. Buradan dağıtım yapısına alınan atıksu, çok sayıda düşey borularla taşınarak AAÇB reaktörüne verilir. Bu reaktörün derinliği 4.5-5 metredir. Atıksu, arzulanan hızla ünite çıkışına yükselmesi amacıyla, belirli bir basınçla reaktörün alt kısmından verilir. Çıkış yapısı, ünitenin üst kısmının çevresinde yer alır. Uygulanan basınç, ünitelerin uygun yerleşmesi veya pompajla sağlanabilir.

Bu proseste tüm atık (atıksu + çamur), anaerobik reaktörden aşağıdan yukarıya doğru geçer. Ortalama hidrolik alıkoyma süresi, ortalama akım için yaklaşık 8-10 saattir. Bu sistemde ön çökeltmeye ihtiyaç yoktur. Ayrıca, anaerobik ünitenin taş veya herhangi başka bir ortam malzemesiyle doldurulmasına da gerek yoktur. Yukarıya doğru yükselen atıksu, milyonlarca granül ve çamur zerresi oluşturur. Oluşan bu çamur zerreleri, askıda kalır ve geniş bir yüzey alanı oluştururlar. Organik maddeler, oluşan bu geniş yüzey alanına ve burada biyolojik bozunmaya uğrarlar. Ünite içinde yüksek bir alıkonma süresi (KAS) oluşur (30-50 gün, hatta bazen daha uzun). Bu sistemde hiçbir karıştırıcı veya havalandırıcıya gerek olmadığından, enerji ihtiyacı yoktur ve işletme giderleri çok düşüktür.

Üretilen gaz istenirse, toplanır ve kullanılır. Reaktör içindeki sıcaklık 18-20 C°'den yüksekse, anaerobik sistem yeterli şekilde çalışır. Soğuk iklime sahip ülkelerde reaktör ısıtılmalıdır. AAÇB sistemi genellikle BOİ değeri yüksek olan endüstriyel atıksular için kullanıldığından, elde edilen gaz miktarı ısıtma için gerekenden daha fazla olmaktadır.

Fazla çamur, belirli zamanlarda uzaklaştırılır ve ayrı bir boru kullanılarak kurutma amacıyla bir kum yatağına verilir. Bu prosesinde (azot ve fosfor) giderimi olmaz. Eğer arıtılan su sulamada kullanılacaksa, bu durum gübre yönünden suyu daha değerli kılacaktır.

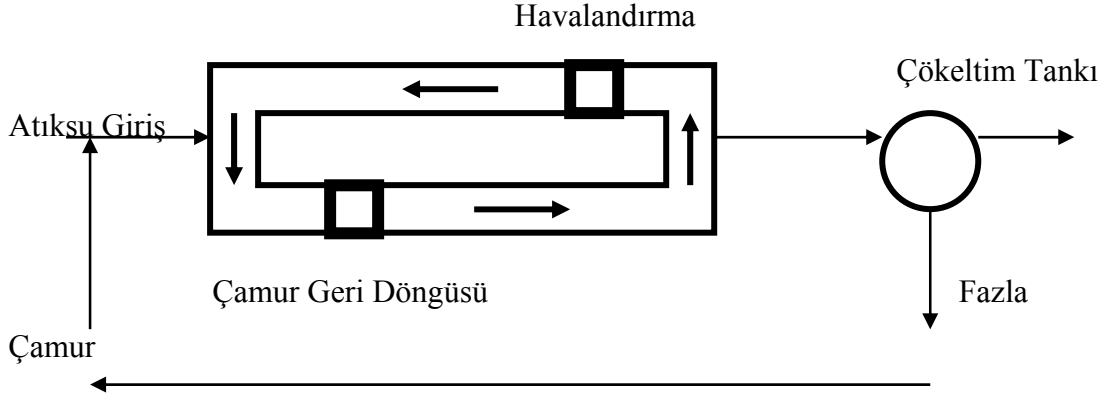
2.1.1.7. Oksidasyon hendeği

Oksidasyon havuzları aktif çamur prosesinin modifiye edilmiş hali olup, genellikle uzun havalandırmalı modunda işletilir. Atıksu, oval plakalı bir havuza verilir ve atıksu burada, daha önce üretilmiş olan aktif mikroorganizmalar ile temas ettirilir. Havalandırma genelde 'rotor' adı verilen fırça tip yüzeysel mekanik havalandırıcılarla ile gerçekleştirilir. Rotor, mikrobiyal reaksiyonlar için gerekli oksijeni suya kazandırır ve atıksuyun oksidasyon hendeği içinde karışarak hareketini temin eder. Günümüzdeki uygulamalarda 'jet' havalandırma sistemleri de kullanılmaktadır. Sonsuz bir akım yörüngesine sahip suyun yatay akım hızı, askıdaki taneciklerin çökmesini önlemek amacı ile 0.2-0.4 m/sn arasında tutulur. Bu süreçte, genelde sağlanan yüksek alıkonma süresi nedeni ile nitrifikasyon da gerçekleşmektedir. Mikroorganizmalarla karışmış haldeki atıksu oksidasyon hendeğinden çöktürme tankına geçer. Çöktürme tankının savaklarından toplanan atıksu da daha sonra klorlanarak bir alıcı ortama (nehire) veya sızdırma hendeklerine deşarj edilir. Çöktürme havuzunun yüzeyinde biriken köpük tabakası buradan sıyrılarak alınır ve ilave bir arıtma için oksidasyon havuzuna verilebilir veya gömülmek üzere uzaklaştırılır.

Oksidasyon havuzunda AKM konsantrasyonu 2000-6000 mg/l arasındadır. Dolayısıyla yüksek AKM (aktif çamur) konsantrasyonu sistemde mevcut olduğundan, şok yüklemelere daha dayanıklıdır. Sistemde çamur üretimi gerçekleştirildikten sonra, diğer aktif çamur tesislerinde gözlenen köpük problemine

rastlanmaz. Ayrıca daha verimlidir. Bunun sebebi de oksidasyon hendeği prosesinde mikroorganizma konsantrasyonunun yüksekliğinden kaynaklanmaktadır.

ABD’ de halen çalışmakta olan oksidasyon havuzu proseslerindeki BOİ giderme verimleri yaklaşık %90’ lara yaklaşmaktadır. Sıcak mevsimlerde BOİ giderme verimi artar.



Şekil 2.21 Oksidasyon Hendeği (İleri. R. , 2000)

Tablo 2.7 Oksidasyon Havuzunun Özellikleri (İleri. R. , 2000)

Tesis debisi (m ³ /gün)	75000 m ³ /gün' kadar çıkarılabilir.
BOİ yükü (kg/gün/m ³)	200-800
F/M oranı (kg BOİ /gün/AKM)	0,03-0.1
AKM (mg/lt)	2000-6000
Çamur yaşı (gün)	0-35
Hendekte bekleme süresi (saat)	3-24
Minimum hız (m/sn)	0,3
Ç.O konsantrasyonu (mg/lt)	0,5-3
Hendekteki atıksu derinliği (m)	1-2,0

1- Oksidasyon hendeğinin işletilmesi

Oksidasyon Hendeklerinin proses kontrolü ve işletilmesi klasik aktif çamur tesislerinin işletilmesine benzer. Maksimum verimin elde edilmesi için aşağıdaki kontrol metotlarının uygulanması gerekmektedir.

1- Mikroorganizmalar için uygun organik yükleme (BOİ veya KOİ olarak) ölçülebilmelidir.

2- Oksidasyon hendeğinde uygun Ç.O konsantrasyonu sağlanmalıdır.

3- Oksidasyon uygun çevre şartları (toksik madde olmamalı, atıkların arıtılması için mikroorganizma konsantrasyonu yeterli olmalı) sağlanmalıdır.

4- Oksidasyon hendeğindeki atıksuyun bekleme süresi yeterli olmalıdır. Bu da hendek çıkışındaki çıkış savağı ayarlanarak bekleme süresi değiştirilerek sağlanabilir.

5- Son çöktürme havuzunda iyi bir çökebilmenin sağlanması.

2- Oksidasyon hendeğinin avantajları

1. Oksidasyon Havuzlarının, uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinden farkı hidrolik alıkonma süresinin en az 18 saat olmasıdır. Süreç yüksek düşük F:M'de işletilir ve tüm mikroorganizmalar için yeterli substrat yoktur. Bunun sonucunda mikroorganizmalar birbirleriyle rekabet ederler ve substrat iç solunuma giderek kendi hücrelerini tüketirler. Bu durum çıkış suyu kalitesinin yükselmesine ve düşük çamur üretimine neden olur. Arıtma verimi % 90' dan fazladır.

2- Bu süreçlerde ön çökeltme havuzu genellikle uygulanmaz. Küçük yerleşim bölgelerinin ve tatil sitelerinin atıksularının arıtılmasında yaygın olarak kullanılır.

3- Oksidasyon hendeğinin dezavantajları

1- Yüksek oksijen gereksimine sahip olması.

2- Gerekli alıkonma süresinin sağlanması için büyük havuz hacmi gerekmesi.

Tablo 2.8 Arıtma Teknolojilerinin Karşılaştırılması

	Damlatmalı Filtre	Aktif Çamur	Biyodisk	Stabilizasyon Havuzu	Oksidasyon Hendeği
Yatırım maliyeti	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
İşletme maliyeti	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	Yüksek
Sıcaklık	Kontrol zor	Kontrol kolay(sıcaklık verimi artırır)	Kontrol zor (sıcak iklimlere uygun değil.)	Kontrol kolay (sıcaklık verimi artırır)	Sıcaklık verimi artırır.
Şok yüklemeye duyarlılık	Az duyarlı	Duyarlı	Az duyarlı	Az duyarlı	Az duyarlı
BOİ giderimi(%)	80-90	80-90	80-95	50-90	80-90
Çıkış suyu berraklığı	iyi	İyi değil	iyi	İyi değil (özellikle ilkbaharda)	iyi
Bekleme süresi	D.H. 6-40sa Y.H.0,5-4sa	4-10 saat	0,5-24 saat	Aerob <5 gün Fak. 7-20 gün Ana.10-40gün	3-24 saat
Kullanım	Evsel ve toksik madde içermeyen end.atıksular	Evsel ve ön arıtmadan geçirilmiş atıksular.	Küçük yerlerin evsel atıksuları ve düşük hacimli end. atıksular	Evsel ve endüstriyel atıksular.	Küçük yerleşim yerleri ve tatil yörelerinin atıksuları.

2.1.2. Havasız (Anaerobik) Biyolojik Arıtma

Atıksuyun anaerobik şekilde arıtılması organik maddelerin moleküler oksijeninin bulunmadığı bir ortamda anaerobik mikroorganizmalar tarafından çözümlenmesiyle gerçekleşir. Bu biyolojik işlem sırasında organik maddeler asit yapıcılar diye adlandırılan mikroorganizmalar tarafından organik asitlere dönüştürülür. Bundan sonra organik asitler metan yapıcı organizmalar tarafından metan, CO₂ ve H₂S gazlarına dönüştürülür. Anaerobik arıtmanın en çok uygulandığı birimler çamur çürütme tankları, anaerobik filtreler, anaerobik havuz ve lagünlerdir.

Anaerobik arıtmanın avantajları şu şekilde verilebilir:

- 1- Metan oluşumu ile enerji üretimi sağlar. Oysa aerobik prosesler enerji gerektirirler.
- 2- Çamuru stabilize ederek daha fazla bozulmasını önler.
- 3- Aerobik arıtmaya kıyasla daha az biyokütle ve çamur üretir.
- 4- Aerobik arıtmaya göre daha düşük teknoloji ve daha az işletme giderleri gerektirebilir.

Anaerobik arıtımın dezavantajları ise:

- 1- Uzun alıkonma süreleri gerektirir.
- 2- H₂S gazı oluşturduğundan koku problemi yaratır.
- 3- Daha fazla kontrol (T,pH) gerektirir.

Anaerobik arıtım teknolojisindeki gelişmeler vasıtasıyla (biyofilm reaktörler, yukarı akışlı reaktörler, akışkan yataklar) alıkonma süresi 10-20 saate dönüştürülebilmektedir. Hidrojen sülfür (H₂S) oluşumu giriş akımındaki sülfat (SO₄) konsantrasyonunu düşürerek giderilebildiği gibi H₂S, gaz fazından absorblanarak da giderilmesi mümkün olabilir. Bu nedenlerle özellikle son yıllarda anaerobik arıtma yöntemi (yüksek KOİ sahibi gıda enstitüleri gibi) giderek önem kazanmakta ve atıklar önce anaerobik arıtmadan geçirildikten sonra aerobik arıtmaya verilebilmektedir.

1- Anaerobik arıtım basamakları

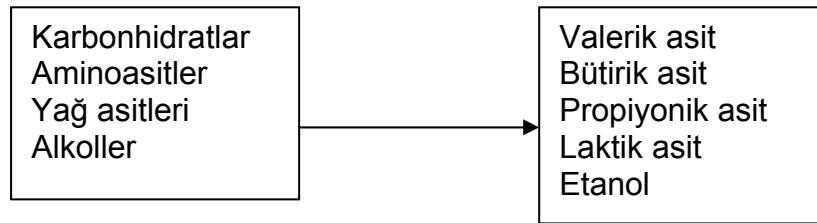
Polimerik maddeler (selüloz, nişasta, yağ vb) içeren atıkların anaerobik arıtımında başlıca dört basamak vardır.

1- Polimerik bileşiklerin hidrolizi

Bu basamakta proteinler, aminoasitlere; yağlar, yağ asidi ve gliserine; nişasta glükoz dekstroza; selüloz, glükoza hidroliz olurlar. Hidroliz organizmalar yardımı ile enzimatik olarak ya da asit (H_2SO_4 , HCl , H_3PO_4) ile gerçekleştirilebilir. Asit hidrolizi, daha ucuz ve daha hızlı (5-60 dakika) olduğundan ve düşük teknoloji gerektirdiğinden enzimatik hidrolize tercih edilir. Ancak, asit hidrolizi, yüksek sıcaklık ($100-250\text{ }^{\circ}C$) ve basınç (2-10 atm) gerektirir. Enzimatik hidroliz ise normal şartlarda ($25-30\text{ }^{\circ}C$, 1 atm) de oluşur ve daha özgül dönüşümler sağlar. Ancak daha yavaş ve pahalıdır.

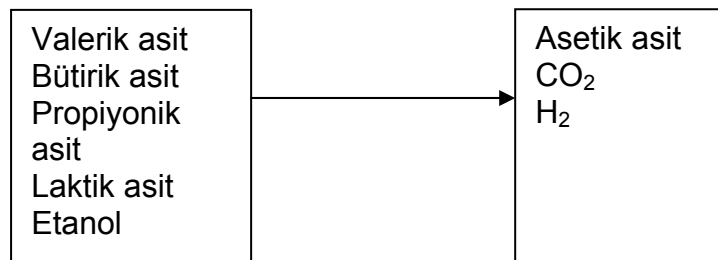
2- Hidrolizle oluşan bileşiklerin organik asitlere dönüşümü (asit oluşumu)

Hidrolize uğrayan polimerik bileşiklerden oluşan moleküller (glikoz,dekstroz, aminoasit, yağ asidi, alkol vb.) mikroorganizmalar vasıtası ile organik asitlere (valerik,bütirik,propiyonik) ve alkole dönüştürülürler.



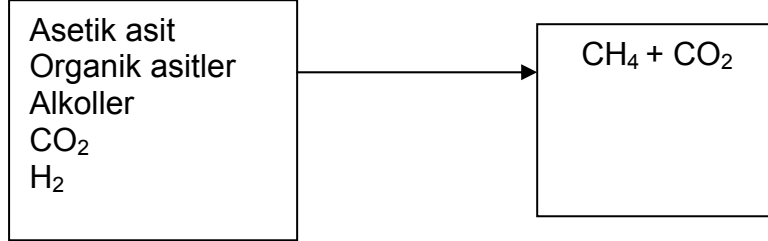
3- Asetik asit oluşumu

İkinci basamakta oluşan organik asitler bir grup anaerobik mikroorganizma tarafından asetik aside dönüştürülürler.



4- Metan oluşumu

Üçüncü basamakta oluşan asit, CO_2 ve H_2 , metan oluşturan mikroorganizmalar tarafından metana dönüştürülürler.



2- Anaerobik arıtmanın avantajları ve dezavantajları

Anaerobik (havasız) arıtmanın havalı arıtmaya göre avantajları ve dezavantajlarını şöyle sıralayabiliriz;

Avantajları;

- 1- Havalandırma için enerji ihtiyacı olmaması,
- 2- Çamur üretiminin düşük olması,
- 3- Meydana gelen çamurun oldukça stabil olması,
- 4- Stabil olan çamurun koku probleminin olmaması,
- 5- Çıkan çamurun miktarından dolayı uzaklaştırma probleminin az olması,
- 6- Besi maddesi ihtiyacının düşük olması,
- 7- Aktif havasız biyokütlenin uzun süre beslenmeden korunabilmesi,
- 8- Faydalı bir gaz olan metan gazının üretilmesi,
- 9- Prosesin çok yüksek organik yüklerde etkili olması,
- 10- Tesisin kapladığı alanın az olması,
- 11- Mekanik ekipman maliyetinin düşük olması.

Dezavantajları;

- 1- Havasız ortamdaki metan fermentasyon bakterilerinin çok hassas organizmalar olması,

- 2- Havasız bakterilerin düşük büyüme hızlarından dolayı prosesin uzun alıştırma devresi ihtiyacı,
- 3- Sisteme dışarıdan ısı girdisi olması,
- 4- Bu güne kadar yapılan uygulamaların sınırlı sayıda olması.

3- Anaerobik biyoreaktörler

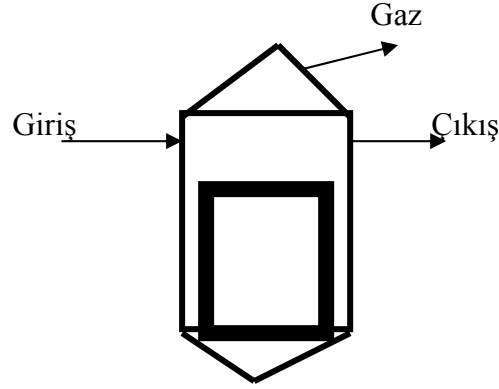
Anaerobik biyoreaktörler standart hızlı ve yüksek hızlı biyoreaktörler olmak üzere iki grupta toplanabilirler. Standart sistemlerde biyoreaktör; karışmasız, ısıtmasız ve sürekli olarak çalıştırılır. Şartlar optimum şartlardan uzak olduğu için bekleme süresi 30-60 gün civarında olabilir. Yüksek hızlı biyoreaktörler; karışmalı ve ısıtılmalı olup sıcaklık 35°C civarında kontrol edilir. Biyoreaktörler sürekli olarak ve bekleme süresi 10-15 gün olacak şekilde işletilir. Bazen iki biyoreaktör ardışık şekilde iki basamaklı bir sistem olarak çalıştırılır. İlk basamak sürekli çalışan karıştırmalı ve ısıtılmalı ($T=35^{\circ}\text{C}$) yüksek hızlı biyoreaktör olup, ikinci basamakta karıştırmamasız, ısıtmasız sürekli çalışan standart hızlı bir reaktördür.

Standart hızlı biyoreaktörde anaerobik parçalanmaya uğrayan katılar biyoreaktörün alt kısmında birikirler. Bu katı tabakasının üzerinde aktif olarak parçalanmaya uğrayan katılar biyoreaktörün alt kısmında birikirler. Bu katı tabakasının üzerinde aktif olarak parçalanmaya uğrayan kalın bir çamur tabakası yer alır. Bu çamur tabakasının üzerinde atık su tabakası, onunda üzerinde ince bir kabuk tabakası yer alır. Biyoreaktörün üzerindeki boş hacim CH_4 , CO_2 ve H_2S ’ ten oluşan gaz tabakası ile doludur. Atıklar biyoreaktörün ortasından verilip diğer taraftan uzaklaştırılabilirler.

Yüksek hızlı biyoreaktörler, karıştırılıp ısıtıldıkları için daha homojen bir yapıya sahip olup daha yüksek hızla dönüşüm sağlarlar. Karıştırma hızı, 20-50 devir dakika arasında olup, sıcaklık 35°C’ de kontrol edilir. Sürekli çalışan biyoreaktörlerde giriş akımı biyoreaktöre homojen olarak dağıtılarak verilir ve karıştırıcı uzun dikdörtgen şeklinde yavaş karışımı sağlayacak cinsten olabilir.

1- Klasik anaerobik çürütücü

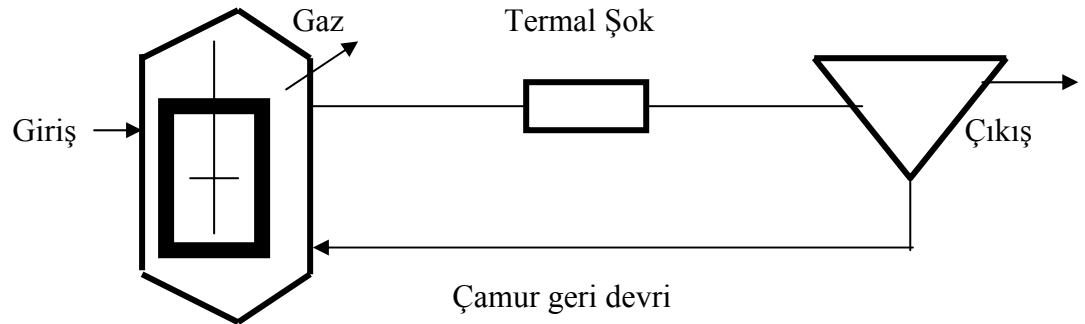
Tam karışım ve geri devirsiz bir reaktördür. Çamur bekleme süresi hidrolik bekleme süresine eşittir. Bu tip reaktörlerde atıklar hızlı bir şekilde ayrışmaktadır. Çamur yaşının 10 günden az olmaması gerekmektedir. Hacminin çok büyük olması ve çıkış katı madde konsantrasyonunun yüksek olması nedeni ile bu reaktör tipi atıksu arıtımından ziyade arıtma çamurlarının çürütülmesinde kullanılır.



Şekil 2.22 Klasik Anaerobik Çürütücü (İleri. R. , 2000)

2. Havasız aktif çamur biyoreaktörü

Bu sistemin klasik havasız çürütmeden tek farkı çöktürme ve geri devir sistemlerinin ilave edilmiş olmasıdır. Bu suretle çamur yaşı arttırılarak arıtma veriminde arttırılabilir. Bu sistemin en büyük dezavantajı ise çamurların çöktürülmesindeki zorluklardır. Çöktürme verimini arttırmak için; vakumla gaz tahliye, termal şok, plakalı çöktelticiler, santrifüjleme, yüzdürme gibi sistemler kullanılmaktadır.

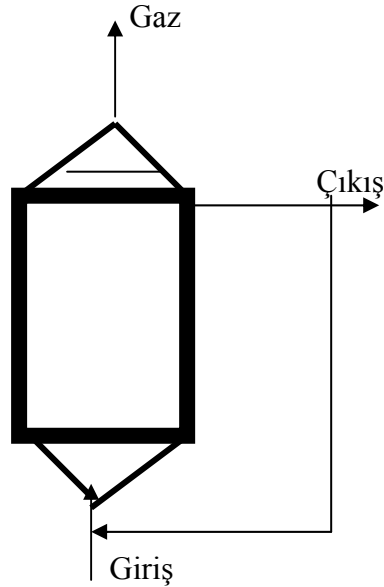


Şekil 2.23 Havasız Aktif Çamur Biyoreaktörü (İleri. R. , 2000)

3- Havasız filtre

Havasız ortamda dolgu malzemesinin üzerine bakteriyel tutunma ile arıtım sağlayan sistemlere havasız filtre denir. Bu sistemle yüksek çamur bekleme süreleri elde edilmiştir aynı zamanda askıda katı maddelerin filtre boşluklarında tutulmasıyla arıtma verimi de oldukça artabilir. Havasız filtrelerdeki mevcut biyokütlenin büyük bir kısmını filtre malzemesi boşluklarında biriken biyokütle oluşturmaktadır. Organik madde giderim inin büyük kısmı bu tür mikroorganizmalar tarafından gerçekleşmektedir. Buna karşılık filtrelerin sık tıkanması ve dolgu malzemesi olarak sentetik maddenin pahalı olması havasız filtrelerin dezavantajlarını oluşturur. Filtrelerin tıkanmasının sebebi ise;

- 1- Askıdaki katı maddeler,
- 2- Kalsiyum karbonat çöktürmesinin sebep olduğu kimyasal tıkanma,
- 3- Mikrobiyolojik tıkanım.



Şekil 2.24 Havasız Filtre (İleri. R. , 2000)

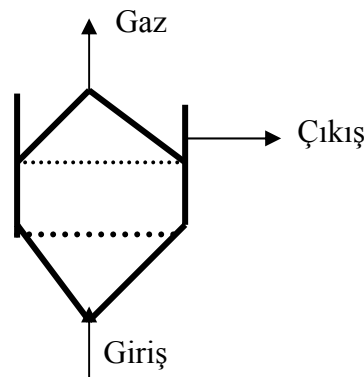
4- Yukarı akışlı havasız çamur yataklı biyoreaktör

Havasız filtredeki sentetik dolgu malzemesinin pahalılığı ve katı maddelerle tıkanma, kanallanma, büyük debilerdeki aşırı yük ve biyokütle kaybı gibi

olumsuzlukları taşımayan bir sistemdir. Reaktörde uygun işletme parametreleri kullanıldığında farklı tiplerdeki bakterilerin birleşimiyle küresel şekilli kütleler geliştirilebilmektedir. Bu kütleler iyi çökelmezdir.

Havasız arıtma teknolojisi bilhassa ziraat e dayalı endüstrilerde, atıksu arıtma alanında giderek yaygınlaşmaktadır. Bu sayede arıtma sistemi kirlilik yükünü düşürmesi ile birlikte adeta bir enerji jeneratörü görevi yapmaktadır biyogaz üretimi yanında havasız ön arıtma ile mevcut havalı arıtma tesislerinin geliştirilmesi ve biyolojik çamur miktarının büyük oranda azaltılması mümkün olmaktadır. Türkiye dede havasız arıtma ile ilgili çalışmalar başlamış, havasız arıtma sistemleri hızla yaygınlaşmaktadır.

Anaerobik biyoreaktörlerin performansını arttırabilmek için son zamanlarda yoğun çalışmalar yapılmakta olup, aktif çamur ünitesine benzer tipte ‘anaerobik kontakt proses’ tipi geliştirilmiştir. Bu biyoproseste, anaerobik biyoreaktör sürekli çalışan karıştırmalı bir reaktör olup, çıkış akımı gazı alındıktan sonra çökeltim tankına verilir. Çökelen biyoçamur, anaerobik biyoreaktöre belirli oranda geri döngü ile devrettirilir. Bu proses diğerlerine göre daha az bekletme süresi (1-5 gün) gerektirmektedir. Gerçekte anaerobik reaktörlerden önce polimerik maddelerin parçalanması için hidroliz basamağı vardır. Asit yada enzimatik hidroliz den çıkış akımı ayarlandıktan sonra anaerobik biyoreaktörlere verilir.



Şekil 2.25 Yukarı akışlı Havasız Çamur Yataklı Biyoreaktörler (İleri. R. , 2000)

2.2. Arıtma Sistemlerinde Verim, Enerji, Bakım ve İşletme

Arıtma yöntemi, projelendirme kriterleri ve ilgili diğer ihtiyaçlar başlıca aşağıdaki faktörlerce kontrol edilir.

- Atıksu debisi ve özellikleri,
- Arıtma seviyesi,
- Verimdeki değişim ve güvenilirlik,
- Diğer proses ihtiyaçları

Atıksu debisi ve özellikleri: Proses seçimi için gereken en önemli bilgiler bu başlık altında toplanır.

Arıtma seviyesi: Evsel atıksular söz konusu olduğunda, BOI, KOI, azot, fosfor, koliformlar, helminitler, vs. gibi belli başlı parametrelerin ne oranda giderileceği arıtma seviyesini belirler.

Arazide arıtma sistemleri için arıtma seviyesi, yüzey sularına deşarj sistemi için gerekli arıtma seviyesinden daha düşüktür. Arazide arıtma ayrı azot ve fosfor giderimi gerektirmediğinden, fizibil olduğu takdirde çoğu kez daha uygundur.

Arıtmada yalnızca BOI giderimine ağırlık vermek doğru bir yaklaşım değildir. Arıtma prosesi seçilirken, bütün önemli parametrelerin giderim verimleri belirlenip atıksuyun alıcı ortamlara deşarj limitleri göz önüne alınmalıdır.

Verimdeki değişim ve güvenilirlik: Atıksu debi ve kirletici özellikleri devamlı değişim gösterir. Bu yüzden deşarj standartlarının istatistiksel bazda sağlanması gerekir. Örneğin, İngiltere’de arıtma sisteminin, arzulanan BOI standardını, zamanın %95’inde karşılaması beklenmektedir. Farklı arıtma prosesleri farklı verim dalgalanmaları gösterir. Eğer arıtılmış su deşarj standardı BOI 30 mg/l ise, sürekli bu standardı sağlamak amacıyla bir prosesi 25 mg/l, diğer bir prosesi ise 20 mg/l artım yapacak şekilde emniyet payı bırakarak projelendirmek gerekebilir.

Diğer proses ihtiyaçları: Proses seçimini etkileyen diğer bazı faktörler aşağıda sıralanmaktadır.

- Gerekli alan ihtiyacı.
- Gerekli enerji: Enerji konusu iki yönden incelenebilir. Minimum enerji kullanımı ve enerji kesintilerinde tesisin çalışmaya devam etmesi.
- İşletme ve bakım için gerekli ekipman. Ekipmanın kolay ve ucuz temin edilebilirliği.
- Yetişmiş eleman ihtiyacı.
- Bakım problemleri (ekipman, makine ve diğer yapılar).
- Çamur üretimi ve bertarafı. Çamur arıtımı toplam arıtım maliyetinin çok büyük bir kısmını oluşturur.
- Mevcut hidrolik yük ve tesisteki hidrolik yük kaybı (amaç mümkün olduğu kadar terfiden kaçınmaktır).
- İleride ihtiyaç duyulması halinde tesisin tevsi imkanı.

Bazı arıtım proseslerinin enerji ve arazi ihtiyaçları Tablo 2.9’da verilmektedir

Tablo 2.9 Değişik proseslerin arazi ve enerji ihtiyaçları
(www.osbuk.org/Atiksu)

Proses	Sıcak iklimler için arazi ihtiyacı (m ² /kişi) ^a	Enerji ihtiyacı (kWsaat/kişi-yıl)
Klasik aktif çamur	0.2-0.25	12-15
Uzun havalandırmalı A.Ç	0.15-0.2	16-19
Damlatmalı filtre	0.2-0.3 ^b	7-11
HÇYR+kısa beklemeli lagün	0.2-0.3 ^c	Yok
Fakültatif havalandırmalı lagün	0.3-0.4 ^d	12-15
HÇYR+7 günlük lagün	0.3-0.4	Yok
Oksidasyon havuzu	1.0-2.8 ^e	Yok

^aKişi başına su kullanımı 160 litre

^bÇamurun susuzlaştırma sistemine bağlıdır (mekanik veya kurutma yatakları)

^cHavuz yerleşimi ve standartları karşılamak için gerekli alıkoyma süresine bağlıdır.

^d3 metre su derinliği.

^eDeneyisel

Enerji tasarrufu: Atıksu arıtma tesisleri projelendirilirken, enerjinin korunmasına ve enerji tasarrufuna büyük önem verilmelidir. Enerji konusunda iki kademeli bir yaklaşım uygulanabilir. Birinci yaklaşım, arıtma tesisinin maliyetini ve karmaşıklığını arttırmadan, enerji tasarrufu sağlayacak yapılabilir ve uygulanabilir metotlar seçmektir. Bunu yaparken teknolojiye aşırılığa kaçmamalı, proses ve ekipmanlar dikkatli seçilmeli ve iyi bir mühendislik ve mimarlık tasarımına gidilmelidir. İkinci yaklaşım, daha gelişmiş ekipman ve cihazları içeren proseslerde sadece fazla masraf analizine yoğunlaşmaktır. Bu ikinci yaklaşımın uygulanabilirliği sadece gelişmiş ülkelerle sınırlıdır. Birinci yaklaşımla ilgili metotlar aşağıda verilmektedir.

1. Arıtılmış atıksu kalite standartlarını sağlayabilecek en az enerji kullanan proses seçilmelidir. Tabloda görüldüğü gibi stabilizasyon havuzlarında hiç enerji ihtiyacı yoktur. HÇYR sisteminde çok az, fakültatif havalandırmalı lagünlerde fazla, mekanik havalandırmalı lagünlerde ise çok fazla enerji ihtiyacı vardır. Ayrıca havalı çamur çürütme sırasında havasız çürütmeye göre daha fazla enerji kullanılır. Fazla enerji kullanan bir proses seçilmiş ise, bu seçimin temelinde çok yüksek BOI giderimi, yüksek nitrifikasyon verimi, işletmenin daha güvenilir olması gibi sağlam gerekçeler olmalıdır. Basit bir stabilizasyon havuzu fizibil bulunmuş ise, herhangi bir başka enerji tasarrufuna ihtiyaç yoktur ve bu metot tercih edilmelidir. Çoğunlukla, farklı enerji ve arazi ihtiyaçları olan bu iki proses birleştirilerek toplam maliyet ve enerji ihtiyacı optimize edilebilir. Seçilmiş belli bir proseste enerji ihtiyacını azaltmanın çeşitli yolları vardır. Örneğin, aktif çamur prosesinde ve uzun havalandırmalı AÇ sistemlerinde enerji ihtiyacını azaltmanın bir yolu, denitrifikasyon esnasında açığa çıkan oksijenden yararlanmaktır. Benzer şekilde, mekanik havalandırmalı lagünler için sıcak iklimlerde üniteler daha derin yapılarak enerji ihtiyacı azaltılabilir. Bunun

yanı sıra karışım kinetiğine ve ısı kaybına karşı alınacak tedbirlere daha çok dikkat edilerek lagün hacmi ve enerji ihtiyacı küçültülebilir.

2. Proses seçme imkanımız yoksa, yani uygulanacak proses bize verilmiş ise, en az enerji tüketimi sağlayacak ekipman ve inşaat teknikleri kullanılmalıdır. Örneğin, vidalı (burgulu, salyangoz) pompalar ve dalgıç pompalar diğer pompalara göre daha az enerji tüketirler. Aynı şekilde, lagünlerdeki oksijen ihtiyacı için mekanik havalandırma sistemlerinde enerji ihtiyacı pnömatik olanlara göre daha azdır. Arıtma tesisi yerindeki topografik eğimlerden yararlanarak, pompaj ihtiyacını azaltacak şekilde tesis yerleşimi yapılmalıdır. Soğuk iklimlerde, uygun malzemeler ve inşaat teknikleri kullanılarak ısı tasarrufu sağlanabilir.

Diğer bazı enerji tasarrufu metotları aşağıda sıralanmıştır:

- Konvansiyonel enerji kaynakları, mümkünse rüzgar ve güneş enerjileri ile desteklenebilir. Arıtma sistemlerinde pompaların, havalandırma rotorlarının ve benzeri ekipmanın çalıştırılmasında bu tip alternatif enerji kaynaklarının kullanım imkanları araştırılmalıdır.
- Isı enerjisini geri kazanan gelişmiş cihazlar kullanılabilir. Bunlar arasında, çamur çürütücülerden ısı ve enerji üretmek amacıyla metan kazanımı önemlidir. Ancak bu sistem önemli ölçüde mekanik aksam gerektirdiğinden dolayı her zaman kullanılmamaktadır.

2.2.1. Maliyet Analizin Esasları

Optimum çözümü bulmak üzere düşünülen seçenekler için ilk yatırım ve işletme maliyetlerini içeren toplam maliyetler bulunur ve kıyaslanır. İlk yatırım maliyeti, tesis çalışmaya başlayana kadar yapılan bütün yatırım harcamaları içerir. Bunlar:

- Yasal ödemeler (vergiler) dahil arazi bedeli
- Mühendislik, projelendirme ve müşavirlik hizmetleri
- İnşaat, ekipman ve montaj maliyetleri
- İnşaat esnasında temin edilen paraya (kredi) ödenen faizler

İşletme maliyeti, tesis çalışmaya başladıktan sonra yapılacak işletme harcamaları ve amortismanları içermektedir. Bunlar:

- Personel
- Kimyasal maddeler
- Yakıt ve elektrik giderleri
- Nakliye masrafları
- Bakım ve tamir giderleri
- Sigorta masrafları
- Genel masraflar

2.2.2. Farklı Arıtma Metotlarının Yaklaşık Maliyetleri

Atıksu arıtma maliyeti atıksuyun özelliklerine, kullanılan arıtma prosesine ve arzulanan arıtma derecesine bağlıdır. Bazı atıksu arıtma prosesleri için belirlenen ortalama ilk yatırım maliyetleri Tablo 2.10'da verilmektedir.

2.2.3. Arıtma Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Farklı proseslerin ilk maliyet ve işletme masrafları da farklı olduğundan, aralarında karşılaştırma yapmak zordur. Anapara ile işletme masrafları birbirine eklenemez. Anapara bir kerelik harcanan bir para olup, işletme masrafları ise her yıl yapılan harcamaları kapsamaktadır. Bu nedenle ya işletme ve bakım masrafları ilk yatırım bazına getirilir, ya da yatırım değeri yıllık baza indirgenir. Bu konuda gerçekçi bir yaklaşım *bugünkü değer* metodudur. Birbirlerine alternatif olan farklı arıtma prosesleri bugünkü değer metoduyla mukayese edilebilirler.

Bugünkü değer metodu: Farklı arıtma alternatiflerini belli bir zaman aralığında kıyaslamak için kullanılan en yaygın metotlardan birisidir. Bunun için aşağıda maddeler halinde erişilen bilgilere ihtiyaç vardır.

- Toplam ilk maliyet bedeli (inşaat, elektrik, malzeme ve arazi bedeli)
- İlk yatırımın kaç yılda tamamlandığı ve her yıl ne kadar harcama yapıldığı

- Tesisin işletmeye açıldığı ilk yıldaki bakım ve işletme değerleri ve daha sonraki yıllarda tesisin ömrü boyunca enflasyon oranında artılmış yıllık bakım ve işletme değerleri
- Daha sonraki toplam bir parayı bugünkü net değere çevirmek için indirim oranı (veya faiz oranı)
- Tesisin hizmet süresi dolduğu zamanki değeri

Tablo 2.10. Atıksu arıtımında yaklaşık ilk yatırım maliyetleri
(www.osbuk.org/Atıksu)

Arıtma sistemi	Yaklaşık ilk yatırım maliyetleri	
	\$/kişi	\$ Milyon litre/gün
Klasik aktif çamur (AÇ)	12.3-14.4	0.68-0.8
Uzun havalandırmalı A.Ç	8.2-10.3	0.45-0.58
HÇYR	8.2-10.3	0.45-0.58
Havalandırmalı Lagün	6.2-8.2	0.35-0.45
Stabilizasyon havuzu	3.1-4.1	0.16-0.22

3. MATERİYAL

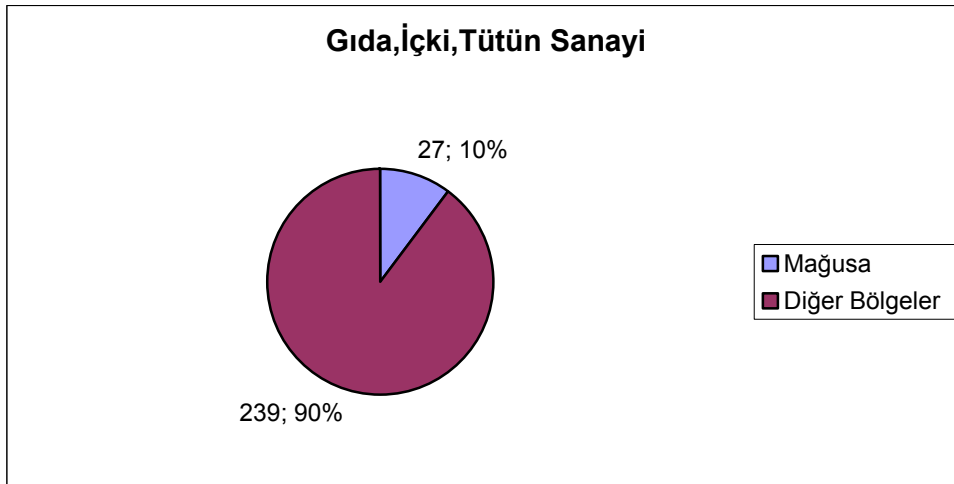
3.1. Mağusa Hakkında Genel Bilgi

Mağusa Kıbrıs'ın doğusunda bulunan, 2005 yaz nüfusu 32,000, kış nüfusu 40,000 olan bir şehirdir. Mağusa şehri, evsel ve endüstriyel atıksuyunun büyük bir bölümünü hiç arıtım yapmadan fosseptiğe vermektedir. Bundan dolayı yer altı suyu kirlenmektedir. Oysa mağusa su kıtlığı çeken bir bölgedir. İçme suyunun en fazla %80' nini lefkoşa dan almaktadır. Geriye kalanını kendi kuyularından temin etmektedir. Eğer atıksular arıtıma tabii tutulmadan fosseptiğe vermeye devam edilirse, bir süre sonra yer altı sularından faydalanamaz duruma gelinecek. Bu yüzden mağusa'ya mutlaka arıtma tesisi yapılmalıdır.

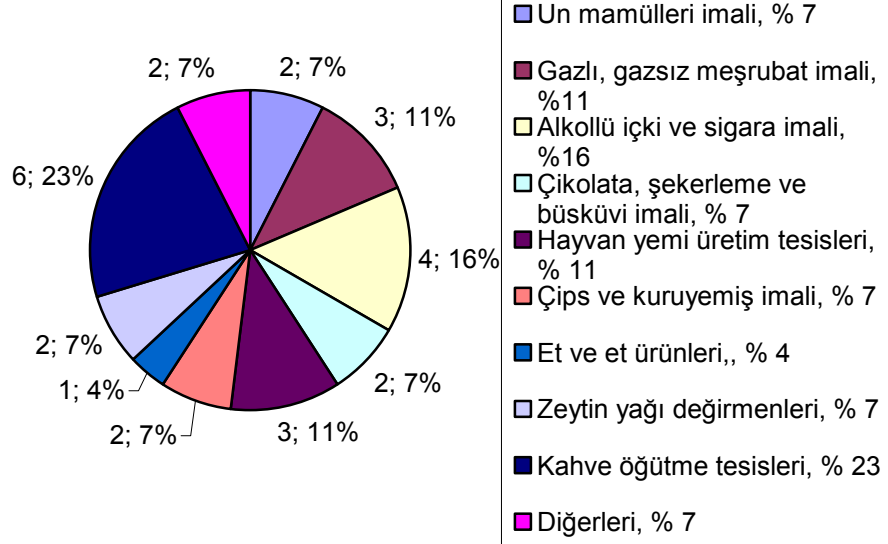
3.2. Mağusa Bölgesindeki Atıksuyun Durumu

3.2.1. Mağusa Bölgesindeki Sanayi Çeşitleri ve Arıtma Durumu

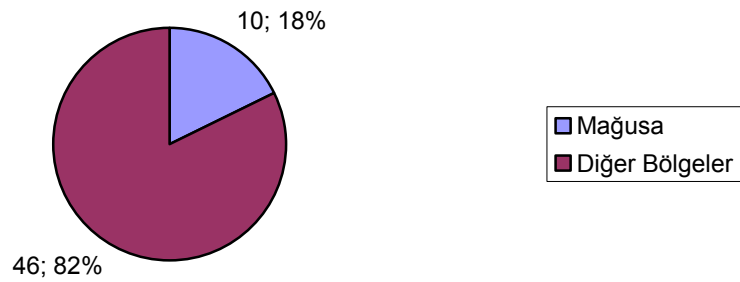
Mağusa da ki sanayi çeşitleri aşağıdaki diyagramlarda verilmiştir. Bölgede yalnızca bir süt fabrikasında ve iki deri fabrikasında arıtım vardır. Diğer sanayi kuruluşlarının hiçbirinde arıtım yoktur ve sular direk fosseptiğe verilmektedir.



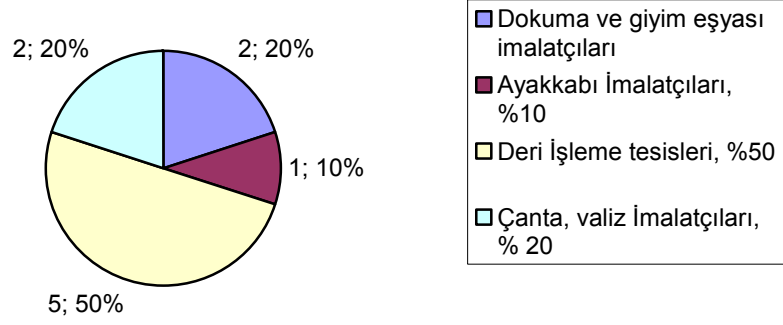
Mağusa Bölgesindeki Gıda, İçki ve Tütün Sanayi



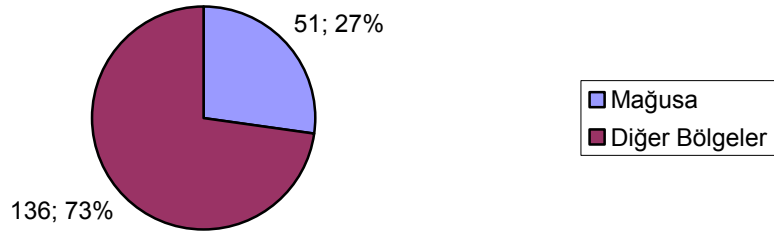
Dokuma, Giyim Eşyası ve Deri Sanayi



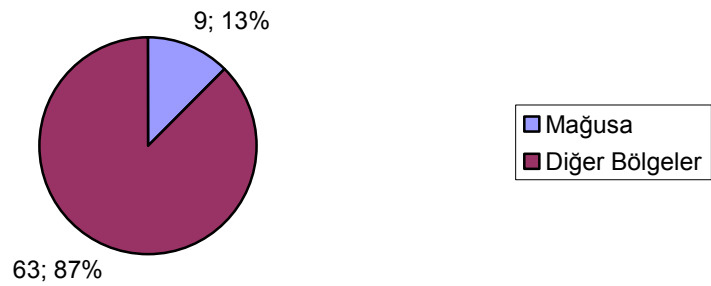
Mağusa Bölgesindeki Dokuma, Giyim Eşyası ve Deri Sanayi



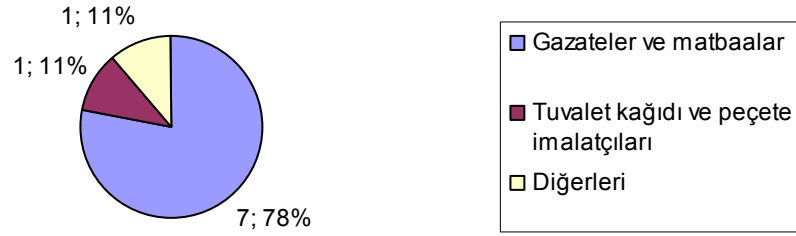
Orman Ürünleri ve Mobilya Sanayi



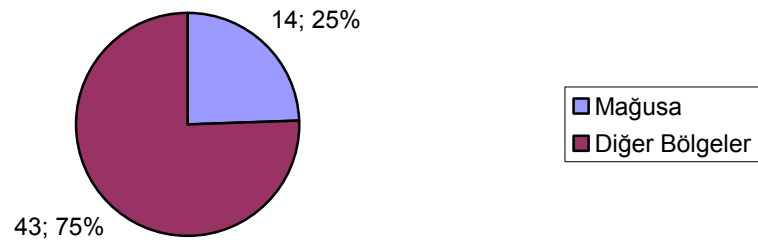
Kağıt, Kağıt Ürünleri ve Basın Sanayi



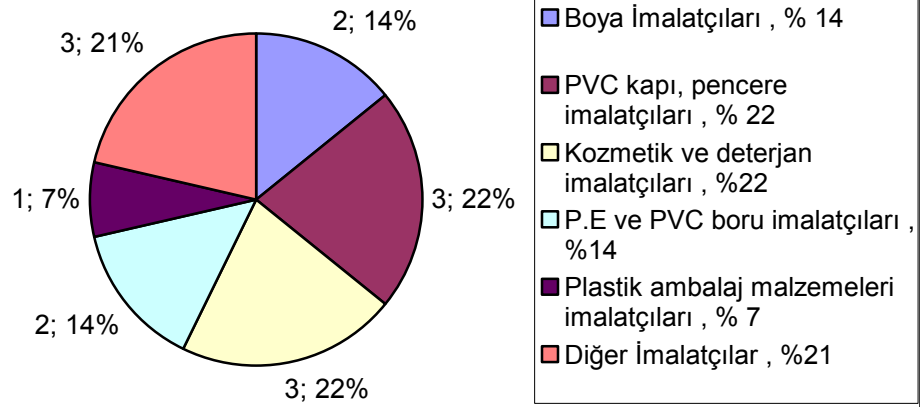
Mağusa Bölgesindeki Kağıt, Kağıt Ürünleri ve Basın Sanayi

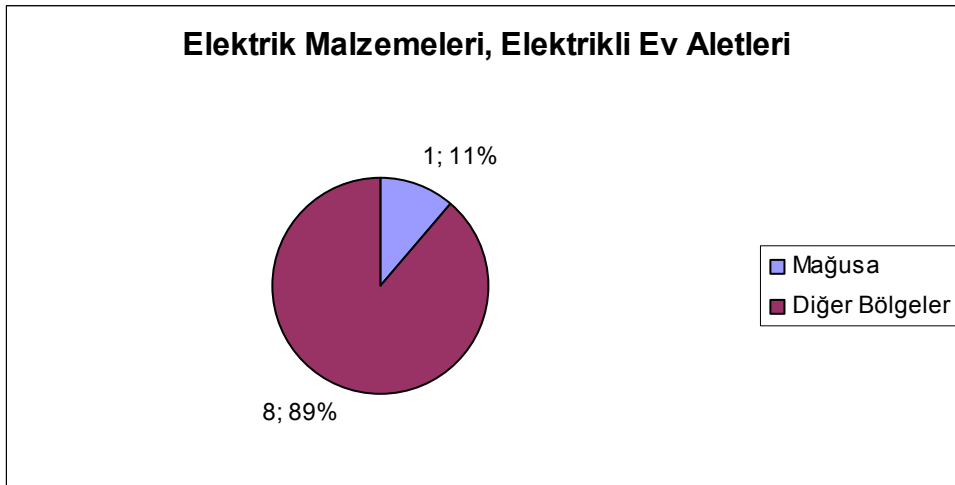
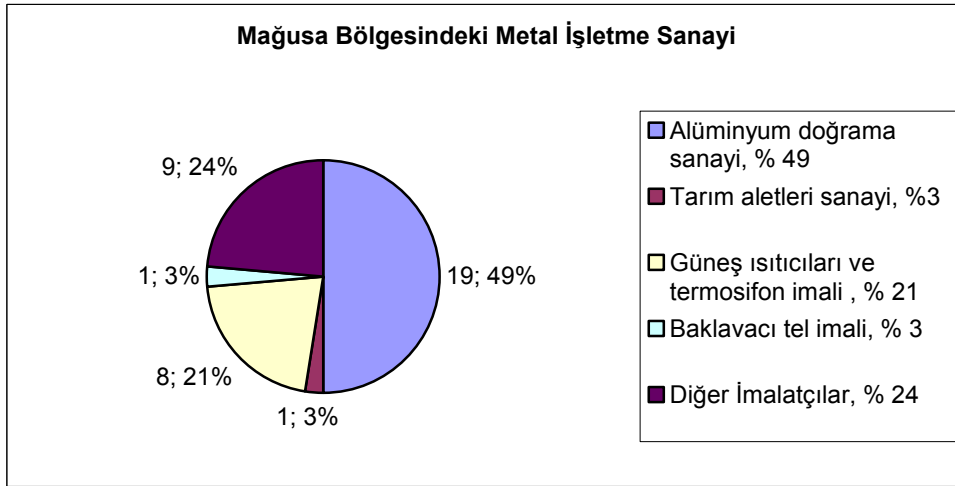
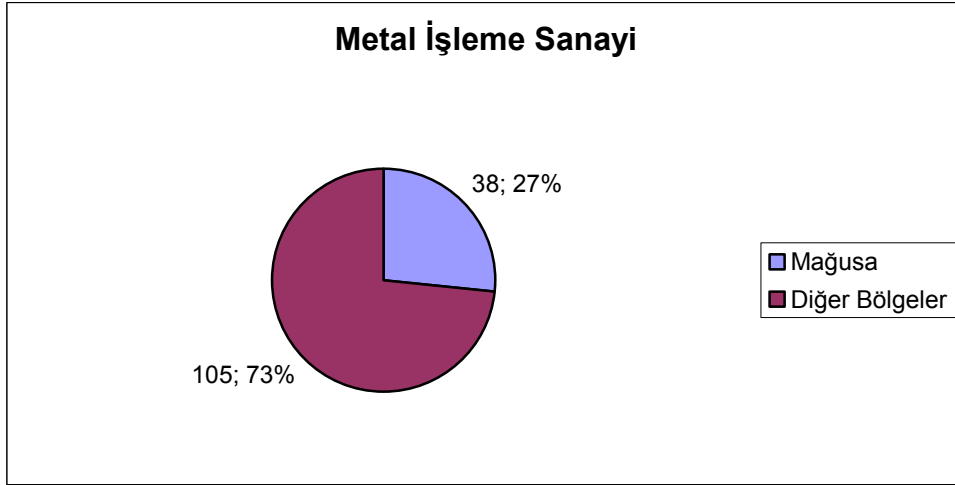


Kimya, Petrol, Kauçuk ve Plastik Sanayi



Mağusa Bölgesindeki Petrol, Kauçuk ve Plastik Sanayi





Şekil 3.1 Mağusa bölgesindeki sanayi çeşitleri (Kıbrıs Sanayi Bakanlığı, 2006)

3.2.2. Mağusa Bölgesindeki Oteller ve Arıtma Durumu

Mağusa bölgesindeki otellerin üçte biri atıksularını arıtım yapmadan foseptiğe vermektedir. Geri kalanı ise atıksularını arıttıktan sonra sulamada kullanmaktadır.

Tablo 3.1. Mağusa Bölgesindeki Turistik Tesislerin Mevcut Durumu (Kıbrıs Çevre Bakanlığı, 2006)

Sıra No	Tesis İsmi	Sınıfı	Yatak Sayısı	Bölge	Tesisin Altyapısı
1	Hotel View	**	116	Yeni İskele	Emici Kuyu
2	Dağlı Hotel Apt.	*	22	Salamis Yolu	“
3	Altun Tabya Hotel	*	32	Mağusa	“
4	Vazaro Hotel	*	90	Mağusa	“
5	Boğaz Hotel	***	80	Yeni İskele	“
6	Sema Hotel	***	44	Mağusa	“
7	Portofino Hotel	*	36	Mağusa	“
8	Mimosa Hotel	***	102	Salamis Yolu	“
9	Blue Sea Hotel	*	28	Dipkarpaz	“
10	Theresa Hotel	*	36	Yeni Erenköy	“
11	Long Beach Club	**	102	Yeni İskele	“
12	Exotic Hotel		44	Boğaztepe	Paket Arıtma
13	Merit Village	***	198	Yeni İskele	“
14	Salamis Bay Hotel	****	850	Salamis	“
15	Park Hotel	***	180	Salamis	“
16	Palm Beach Hotel	*****	216	Mağusa	“

3.2.3. Mağusa Bölgesindeki Doğu Akdeniz Üniversitesi' nin Nüfusu ve Arıtma Durumu

Doğu Akdeniz Üniversitesi'nin ortalama yılda 15000 nüfusu vardır ve 1000 ton/gün su tüketimi vardır. Doğu Akdeniz Üniversitesi atıksuyunu arıtmakta ve sulamada kullanmaktadır. (Mağusa Belediyesi, 2006)

3.2.4. Mağusa Bölgesinde Evler den Gelen Atıksuyun Durumu

Mağusa bölgesinde genel bir arıtma olmadığından evsel atık suyun tümü foseptiğe verilmektedir.

3.3. Mağusa Bölgesinde ki Tarım Çeşitleri

Mağusa bölgesinde de, sera da sebze, tahıl, tütün ve patates yetiştirilir. Bölgede yağışın düşük olmasından dolayı yer yıl kuraklık yaşanıyor.

3.4. Mağusa Bölgesi için Nüfus Artış Modeli (İller Bankası Yönetmeliğine Göre)

Yıl (t)	1985	1990	1995	2000	2005
Nüfus (Y _t)	22368	25360	27637	33852	40000

$\Delta t=5'$ er yıllık zaman aralıkları için

$$K(t)= \ln (1+ P(t)/100) = 1/ \Delta t \ln(Y_t/ Y_{t-\Delta t})$$

Yıllar	Y _t	Y _t / Y _{t-Δt}	K(t)	P(t)	ΔY/Δt
1985	22368	—	—	—	—
1990	25360	1.134	0.025	2.53	598
1995	27637	1.090	0.017	1.71	455
2000	33852	1.225	0.041	4.19	1243
2005	40000	1.182	0.033	3.36	1230
Ortalama			0.029	2.95	882

$$P = 100 \{ (40000/22368)^{1/20} - 1 \} = 2,95$$

$$P=2.95, t_0=2005, Y_0=40000$$

$$Y = Y_0(1 + P/100)^{t-t_0}$$

$$Y_{2010} = 40000(1 + 2.95/100)^{2010-2005}$$

$$Y_{2010} = 46259 \text{ kişi}$$

$$Y_{2015} = 53496 \text{ kişi}$$

$$Y_{2020} = 61866 \text{ kişi}$$

$$Y_{2025} = 71546 \text{ kişi}$$

$$Y_{2030} = 82740 \text{ kişi}$$

■ Maraş açılırsa bölgeye 30 ile 35 bin kişinin yerleşeceği hesaplanmaktadır.

3.5. Mağusa Bölgesinde Bölgelere Göre Nüfus Dağılımı

Tablo 3.2. Bölgelere Göre Nüfus Dağılımı (Kıbrıs Nüfus Dairesi, 2006)

Mahalle	Nüfus (kişi)
Sakarya	3157
Dumlupınar	2865
Yenişehir	947
Karakol	2096
Surlariři	5412
Bakal	4065
Namık Kemal	1995
Çanakkale	2069
Piyale Paşa	4833
Zafer	2412
Canbulat	3438
Pertev Paşa	2918
Anadolu	1050
Lala Mustafa Paşa	2622

3.6. Mağusa'daki Su İhtiyacı

Belediye' nin 2005 yılı günlük su dağılım miktarı: $6500 \text{ m}^3/\text{gün}$ (nüfus =40000)
 Kişi başı kullanım: 160 litre/gün
 Endüstri kuruluşlarının ortalama aylık 15000 m^3 ve günlük 500 m^3 su ihtiyacı vardır.
 2030 yılında nüfus 82740 olduğunda günlük su dağılımı $0.16 * 82740 = 13238.4 \text{ m}^3/\text{gün}$ olacaktır.

Maraş'ın eklenmesi durumunda $(82740 + 35000) * 0.16 = 18839 \text{ m}^3/\text{gün}$ su ihtiyacı olacaktır.

3.7. Mağusa Bölgesinde ki Atıksuyun Biyolojik Özellikleri

Mağusa bölgesindeki atıksu özellikleri ile ilgili ölçüm değerleri bulunmadığından Lefkoşa' ya ait atıksu özellikleri fikir edinme açısından aşağıda verilmiştir.

BOI_5 (Biyolojik Oksijen İhtiyacı) = 565 mg/l
 AKM (Askıda Katı Madde) = 650 mg/l
 Toplam Koliform Bakteri = $2,5 * 10^6 \text{ ad/100 ml}$
 $\text{SO}_4 = 115 \text{ mg/l}$

3.8. Mağusa Bölgesi İçin Uygulanabilecek Arıtma Teknolojileri ve Karşılaştırılması

Kıbrıs sıcak bir ülke olduğu için mağusa için uygun arıtma teknolojileri Aktif Çamur Prosesi veya Fakültatif Oksidasyon (Stabilizasyon) Havuzlarıdır.

3.8.1. Aktif Çamur Prosesi ile Fakültatif Oksidasyon Havuzlarının Yatırım ve İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması

3.8.1.1. Yatırım Maliyetleri Karşılaştırılması

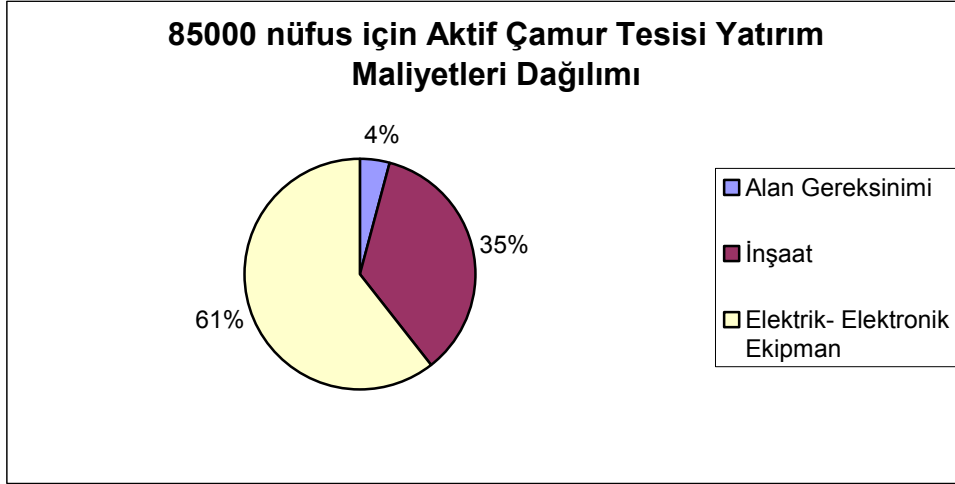
Söz konusu maliyetler (Erdoğan A. O. ,2004) çalışmasından yararlanılarak aşağıda açıklanmıştır.

Yatırım Maliyeti,

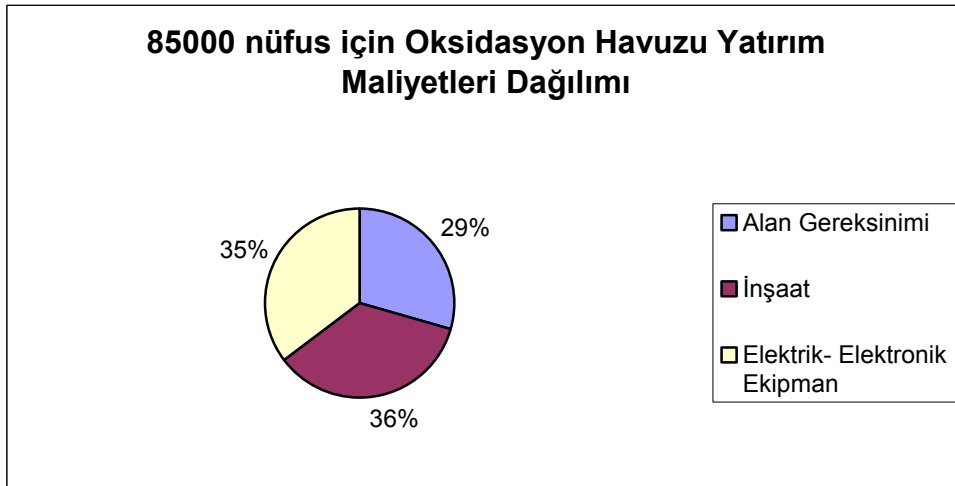
1- Arazi

2- İnşaat

3- Elektrik- Mekanik Ekipman olmak üzere üçe ayrılır.



Şekil 3.2 Aktif çamur tesisinde yatırım maliyetleri dağılımı



Şekil 3.3 oksidasyon havuzlarında yatırım maliyetleri dağılımı

1- Arazi Bedeli

Arazi gereksinimi Oksidasyon Havuzlarında, Aktif Çamur Prosesinden daha fazladır. Bu yüzden toprak hazine arsası değilse, alan gereksinimi oksidasyon havuzlarında yatırım maliyetini artırır.

Oksidasyon havuzlarında, 85000 nüfus için 15 hektar araziye ihtiyaç vardır. Mağusa' da ortalama bedeli 500,000 USD' dir. Aktif Çamur Tesisinde ise 2 hektar araziye ihtiyaç vardır Mağusa' da ortalama bedeli 70,000 USD' dir.

2- İnşaat Yatırım Bedeli

Yatırım maliyetine yansıyan inşaat kalemlerinin listesi;

- a- Makine ile kazı yapılması
- b- Betonarme
- c- Betonarme betonuna demir konulması
- d- Betonarme havuzlara sızdırmalık için katkıli şap yapılması
- e- Betonarme havuzların derzlerinde su tutucu bant kullanılması.

Aktif çamur prosesinde inşaat yatırım bedeli 85000 nüfus için ortalama 700,000 USD' dir. Oksidasyon Havuzlarında havuz tabanı toprak olduğu için betonarme masrafı yoktur. İnşaat maliyeti olarak sadece makine ile kazı yapılmasının masrafı vardır. Buda oksidasyon havuzlarında inşaat maliyetini oldukça düşürür. Oksidasyon Havuzlarının 85000 nüfus için inşaat yatırım bedeli ortalama 300,000 USD' dir.

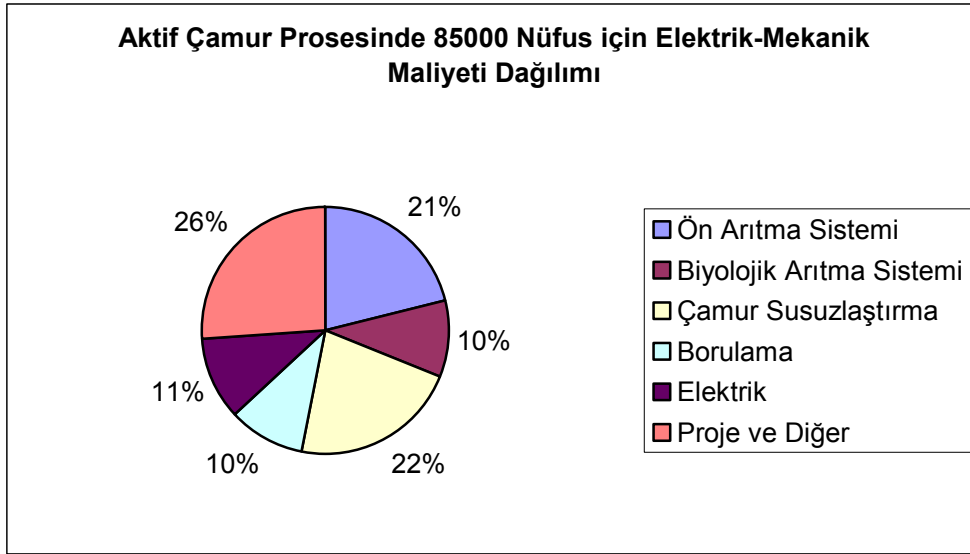
3- Elektrik-Ekipman Yatırım Bedeli

Yatırım maliyetine yansıyan Elektrik- Ekipman kalemlerinin listesi;

- 1- Ön Arıtma Sistemi
- 2- Biyolojik Arıtma
- 3- Çamur Susuzlaştırma Sistemi
- 4- Borulama
- 5- Elektrik
- 6- Proje ve diğerleri

Proje ve diğerleri kapsamına giren faktörler;

- Tesisteki tüm elektrik ve mekanik ekipmanlarının montaj maliyeti
- Arıtma tesisine ait laboratuvarların maliyeti
- Sigorta primleri
- İşletme süresince yapılacak tüm analizlerin bedeli
- Projelendirme ve mühendislik hizmetleri.



Şekil 3.4 Aktif Çamur Prosesinde 85000 nüfus için Elektrik- Mekanik Maliyeti Dağılımı

Aktif Çamur Tesislerin’ de, 85000 nüfuslu yerleşimlerde, Elektrik- Mekanik maliyeti 1,200,000 USD civarındadır. Fakültatif Oksidasyon Havuzların’ da ise havalandırma olmadığından ve havuzlar toprak tabanlı havuzlar olduğu için havuzlarda Elektrik- Mekanik yapı yoktur. Havalandırılmasız Oksidasyon havuzlarında sadece laboratuvar maliyeti ve proje, mühendislik Elektrik-Mekanik maliyete yansır. Bu yüzden Oksidasyon Havuzlarının Elektrik- Mekanik yatırım bedeli Aktif Çamur Tesislerine göre çok düşüktür. Ortalama bu bedel 300,000 USD’ dir.

Genel olarak söylenebilir ki yatırım maliyetleri Aktif Çamur Prosesinde Oksidasyon Havuzlarına göre çok yüksektir. Oksidasyon Havuzlarında, Aktif Çamur

Proseslerine göre sadece toprak yatırım bedeli yüksek çıkar ancak toprak hazine arsası ise bu yatırım maliyetini etkilemez. Toprağa bedel ödendiği durumda, inşaat ve elektrik- mekanik ekipmanlara ödenen farktan daha az ödenir.

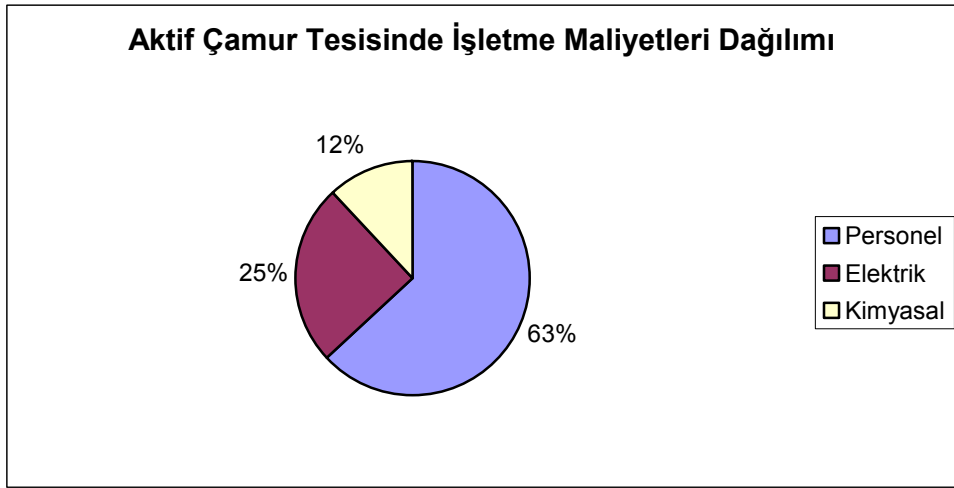
3.8.1.2. İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması

İşletme Maliyetleri;

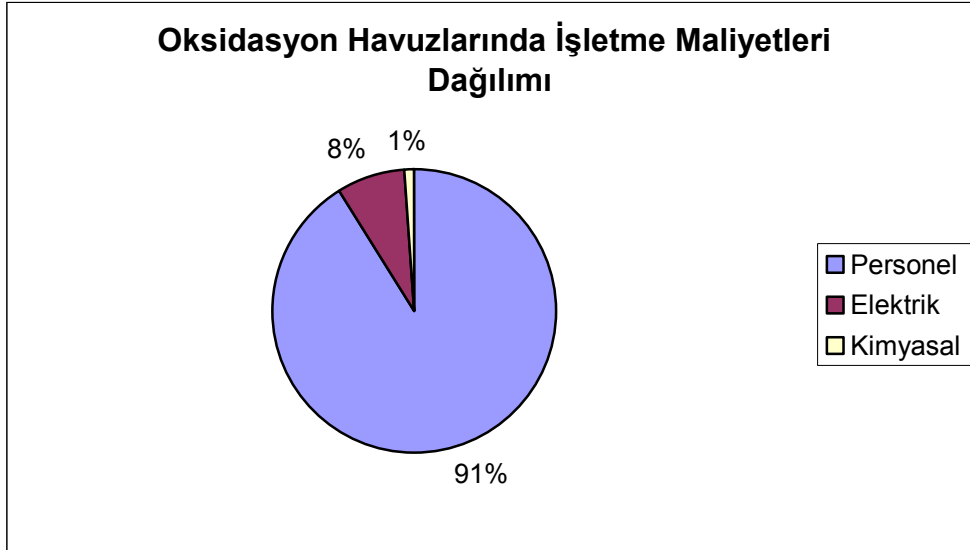
1- Personel

2- Enerji

3- Kimyasal Madde



Şekil 3.5. Aktif Çamur Prosesinde 85000 nüfus için İşletme Maliyeti Dağılımı



Şekil 3.6 Oksidasyon Havuzlarında 85000 nüfus için İşletme Maliyeti Dağılımı

1- Personel İhtiyacı

Arıtma tesisi için gerekli personel listesi;

- 1- Tesis Müdürü
- 2- Müdür Yardımcısı
- 3- Muhasebe ve idari işler müdürü
- 4- Laborant
- 5- Elektrik Teknisyeni
- 6- Mekanik Teknisyeni
- 7- Düz İşçi
- 8- Sekreter
- 9- Sağlık Görevlisi
- 10- Güvenlik Görevlisi
- 11- Şoför
- 12-Ofis Elemanı
- 13- Temizlik Elemanı

Personel ihtiyacı, elektrik- mekanik yapı az olduğu için oksidasyon Havuzu bulunan tesislerde daha düşüktür. Buda işletme maliyetini oksidasyon Havuzlarında düşürür. Aktif Çamur Tesisinde, 85000 nüfus da personel gideri işletme maliyetinin

% 63' üdür (ortalama 240,000 USD/yıl). Oksidasyon Havuzunda personel gideri işletme maliyetinin %91' ini kapsar (Ortalama 180,000 USD/yıl).

2- Enerji İhtiyacı

Aktif Çamur Prosesinde, 85000 nüfusta işletme maliyetinin ortalama %25' si elektriğe harcanır (ortalama 100,000 USD/yıl) . Oksidasyon havuzlarında ise elektrik- mekanik yapı olmadığı için tesiste kullanılan enerji çok düşüktür. Buda işletme maliyetini Oksidasyon havuzlarında düşürür. Oksidasyon Havuzlarında Maliyetin %8 enerjiye harcanır (Ortalama 15,000 USD/yıl).

3- Kimyasal Madde İhtiyacı

Aktif Çamur Prosesinde, 85000 nüfusta işletme maliyetinin %12' u kimyasal maddeye harcanır (ortalama 40,000 USD/yıl). Aktif Çamur Prosesinde flokleştirici kimyasal maddeler kullanılır. Oksidasyon havuzlarında ise laboratuarda analizler için kullanılan maddeler haricinde kimyasal madde kullanılmaz. Buda yine oksidasyon havuzlarında işletme maliyetini düşürür. Oksidasyon havuzlarında işletme maliyetinin %2' si kimyasal maddeye harcanır (Ortalama 2000 USD).

Genel olarak söylenebilir ki Aktif Çamur Prosesinde işletme maliyeti oksidasyon havuzlarından daha yüksektir.

3.8.1.3. İleri Arıtma Gereksinimi

Mağusa bölgesinde ki yer altı sularının korunması için arıtılmış suda ki azot ve fosfor konsantrasyonunun azaltılması gerekmektedir. Eğer aktif çamur prosesi kullanılırsa mutlaka prosese ileri arıtma eklemek gerekir. Buda yatırım ve işletme maliyetini artırır. Eğer Oksidasyon Havuzları kullanılırsa ileri arıtmaya gerek yoktur çünkü havuzlarında azot ve fosfor giderimi yüksektir. Bu da oksidasyon havuzlarının işletme ve yatırım maliyetini etkilemez.

Tablo 3.3. Mağusa İçin Aktif Çamur Prosesi İle Oksidasyon Havuzları' nın Yatırım ve İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Yatırım Maliyetleri	Aktif Çamur Prosesi (USD)	Fakültatif Oksidasyon Havuzları (USD)
Arazi	70,000	500,000
İnşaat	700,000	300,000
Elektrik-Mekanik Ekipman	1,200,000	300,000
Toplam Yatırım Maliyeti	1,970,000 USD	1,100,000 USD
İşletme Maliyetleri		
Personel	240,000	180,000
Kimyasal Madde	40,000	2,000
Enerji	100,000	15,000
Toplam İşletme Maliyeti	380,000 USD/yıl	197,000 USD/yıl
İleri Arıtma	Var	Yok

3.9. Mağusa Bölgesi İçin Uygun Arıtma Teknolojisinin Seçimi

Mağusa bölgesi için yatırım ve işletme maliyetlerini karşılaştırdığımızda en uygun arıtma teknolojisinin oksidasyon havuzlarının olduğu sonucuna varılır. Fakültatif oksidasyon havuzlarının havalandırmaz havuzlar olması işletme ve yatırım maliyetlerini büyük oranda düşürmüştür. Bu da Aktif Çamur Prosesi ile büyük oranda maliyet farkı meydana getirmiştir.

Mağusa bölgesinin eğiminin yetersiz olmasından dolayı atıksuları bir tesiste toplamak hem maliyet açısından hem de pompa kullanılması durumunda meydana gelecek kokudan dolayı çok zordur. Bu yüzden şehrin birden fazla yerinde tesis kurularak suları yerinde arıtma sistemine gidilmesi gerekir. Arıtılan sular da mağusa da ki tarım alanlarına verilerek sulamada kullanılabilir.

4.YÖNTEM

4.1. Arıtma Tesislerinin Tasarımı ve İşletilmesi

4.1.1. Tesis Yerleşimi ve Hidrolik Profil

Arıtma Tesis Bileşenleri: Bir arıtma tesisi, başlıca aşağıdaki belirlenen ana ve yardımcı

birimlerden oluşur:

- İlk ve ara pompa istasyonları
- Izgaralar, kum tutucu (gerekirse yağ kapanı) ve akım ölçerler
- Dengeleme ve ön çöktürme
- Biyolojik arıtım birimleri
- İkinci çöktürme ve geri devir sistemi
- Gerekliyse ileri arıtım (suyun yeniden kullanımı için dezenfeksiyon, ters ozmoz, vs.)
- Çamur yoğunlaştırma, şartlandırma ve çürütme
- Çamur susuzlaştırma/kurutma ve bertarafı
- Dağıtma yapıları, borular ve kanallar
- Kontrol laboratuvarı ve hizmet binaları

Yerleşim: Bir arıtma tesisindeki üniteler, arazi ihtiyacı optimum, boru boyları ve terfi yükleri minimum olacak şekilde yerleştirilmelidir. Tesis yerleşimi yapılırken çamur ve kimyasal maddelere kolay ulaşım, araç trafiği, elektrik kablolarının yerleşimi, bakım ve tamir esasları göz önünde bulundurulmalıdır.

Hidrolik Kapasite: Arıtma birimlerinin hidrolik kapasiteleri maksimum saatlik ve günlük debilere göre belirlenmelidir. Bağlantı kanalları ve borular, maksimum debilerde taşmamalar için, pik debilere göre boyutlandırılmalıdır. Izgara ve kum tutucuların bütün debilerde sabit hızla çalışmaları sağlanmalı; hız kontrolü için savaklar ve diğer uygun hidrolik kontrol yapıları kullanılmalıdır. Biyolojik arıtma birimleri, genellikle beklenen ortalama organik yüklere göre boyutlandırılır. Bu yapılarda yüksek debilerde taşma olmaması için, yeterli hava payı

bırakılmalıdır. Tesisteki yük kaybı, ünitelerin sayısı, yerleşim planı ve ara pompa istasyonlarına bağlı olarak değişir. Bir ünitedeki yük kaybı iki faktöre bağlıdır:

- Ünite, boru ve vanalardaki akım hızı
- Ünite sonunda “serbest düşü” istenip istenmediğine (örneğin çöktürme havuzunda) veya ünite içerisinde akım olup olmadığına (damlatmalı filtre gibi).

4.1.2. Pompa İstasyonları

Atıksu pompa istasyonları, kanalizasyon şebekelerinde, arıtma tesisi girişinde ve tesis içerisinde atıksuyu yükseltmek yada geri devir amacıyla kullanılmaktadır. Pompa istasyonunun projelendirilmesi, kullanılacak pompa tipine (örneğin, kuru tip, ıslak tip, santrifüjlü ve vidalı pompalar) bağlıdır.

4.1.3. Izgaralar

Bütün atıksu arıtma tesislerinde sonraki ünitelerdeki ekipmanları korumak amacıyla ızgaralar kullanılır. Izgaralar kaba, orta ve ince olmak üzere üç tipte ele alınır. Kaba ızgaralar, 400 m³/saat’ten küçük debiler için kullanılır ve elle temizlenirler. Orta ve ince ızgaralar, daha büyük tesislerde kullanılırlar ve mekanik olarak temizlenirler. Izgara kanalının genişliği, minimum 0.6 metre seçilir. Bu kanallardaki hızın maksimum debide 1.0 m/s değerini geçmemesi, minimum debide ise 0.3 m/s’den az olmaması istenir. Belirlenen bu hızlar, kanalda birikim (çökerme) olmaması ve ızgaralarda tutulan maddelerin geçmemesi için belirlenen değerdedir. Izgaralardaki yük kaybı, normalde 0.15-0.30 metredir. Izgaralar düzenli olarak temizlenmezse, yük kaybı artar. Izgaralarda tutulan madde miktarı, atıksuyun özelliğine ve ızgara çubuk aralıklarına bağlıdır.

4.1.4. Kum Tutucu

Diğer arıtma ünitelerinden önce bir kum tutucu kullanılması gereklidir. Debisi 400 m³/saat’ten az olan küçük arıtma tesisleri için, elle temizlenen basit kum tutucular yapılır. Daha büyük tesislerde ise otomatik kum temizleme düzenekleri bulunan daha karmaşık kum tutucular vardır.

4.1.5. Yağ ve Gres

Evsel atıksu arıtma tesislerinde yağlar, normal olarak birincil çökeltme havuzunda su üzerinde yüzerler. Bu nedenle, ön çökeltme havuzunda bir köpük ve yağ toplayıcı sistem bulunur. Endüstri tesisleri prosesleri gereği yağlı ve petrolü atıklar ürettiyse yağların yağ kapanlarıyla kaynakta tutulması sağlanmalıdır. Yağ kapanları, mümkün mertebe ana proses ünitelerine yakın yapılmalı ve yağların diğer atıklara karışması önlenmelidir. Kayda değer oranda yağ ve gres üreten endüstrilerin (gıda ve sabun endüstrileri, rafineriler) kendi atıksu arıtma tesislerinde genellikle bir yağ ayırıcı bulunur.

4.1.6. Yüzdürme Üniteleri

Daha hafif maddeleri gidermek için, bazen standart graviteli yağ yerine havalandırılmalı yüzdürme birimleri kullanılmaktadır. Böylece, deterjan ve benzeri atıkların da giderimi sağlanmış olur. Üç tip yüzdürme sistemi mevcuttur. Bunlar:

- *Havalı yüzdürme:* Bu sistemde atmosfer basıncında basit havalandırma yapılarak, hafif taneciklerin ve yağ damlacıklarının yüzmesi sağlanır. Bu sisten daha çok köpük üreten atıksularda tercih edilir(ilaç ve gıda sanayi gibi).
- *Çözünmüş havalı yüzdürme:* Bu sistemde hava, kimyasal maddelerle birlikte enjekte edilir. Kağıt ve yemeklik yağ endüstrisi gibi bazı endüstrilerde iyi sonuç vermekle beraber; evsel atıksu arıtımında fazla kullanılmamaktadır. Kimyasal maddelerin yüksek maliyeti ve gerekli özel mekanik aksam da dikkate alınmalıdır. Bu sistemin uygulamaları, bazı endüstrilerle sınırlıdır.
- *Vakumlu yüzdürme:* Bu sistemde sıvı, atmosfer basıncında hava ile doyurulur ve vakum altında reaktörden boşaltılır.

4.1.7. Dengeleme Tankları

Atıksu arıtma tesisine endüstriyel atıklar da geliyorsa, genellikle bir dengeleme tankı gerekir.

Bu tankın işlevleri aşağıda belirtilmektedir :

- Değişen debileri ve konsantrasyonları dengelemek
- Kendi kendine nötralizasyona yardımcı olmak
- Bazı proseslerde ani atık boşaltımlarının etkisinden korunmak

4.1.8. Ön Çöktürme

Evsel atıksuların arıtımda ön çöktürme, kimyasal madde kullanılmayan basit çöktürme şeklindedir. Ancak, bazı endüstriyel atıksuların arıtımında çökeltme sırasında kimyasal madde de eklenebilir. Her iki durumda da yumaklı çökeltme olur.

4.1.9. İkinci Kademe veya Son Çöktürme Havuzları

İkinci veya son çöktürme tanklarındaki çökeltme, tabakalı ve engelli (sıkışmalı) olmaktadır. Çökeltme tankları, bu hususlar dikkate alınarak projelendirilmelidir. Belli bir konsantrasyondan sonra tabakalı çökeltme olur. Partikülleri partiküller arası bir kuvvet bir arada tutar ve tüm kütle, bir çamur “battaniyesi” halinde çökeltir. Bütün kütle, en hızlı partiküllerden oluşmuşçasına hızla çöker. Bu kütlenin çökeltme hızı, bir çökeltme kolonu yardımıyla deneysel olarak bulunur. Partiküller belli bir konsantrasyona gelmişlerse ve birbirlerine fiziksel temas sağlıyorsa, altta sıkışmalı çökeltme olur. Derinlik arttıkça, partiküllerin üzerindeki sıkışma etkisi artar ve çamur kısmen yoğunlaşır. Aktif çamur prosesinde karşılaşılan bazı işletme problemleri, biyolojik faktörlerden ziyade kötü çökeltmeden kaynaklanmaktadır. Son çökeltme tankları, hem durulama, hem de çamuru yoğunlaştırma fonksiyonları dikkate alınarak projelendirilmelidir. Bunun için bir maliyet optimizasyonu yaklaşımı yapılabilir. Geri devir miktarı artırılarak, aktif çamur havalandırma havuzu hacmi azaltılabilir. Fakat, bu durumda son çökeltme havuzundaki katı madden yüklemesi artacağından, boyutlar ve maliyet yükselecektir. Bu nedenle konuya bir bütün olarak yaklaşmak gerekir.

4.1.10. Biyolojik Arıtma

Biyolojik arıtma ilgili konular Bölüm 4.3’te detaylı olarak verilmiştir.

4.1.11. Çamurun Susuzlaştırılması ve Bertarafı

Bütün biyolojik atıksu arıtma proseslerinde bir miktar fazla çamur oluşur. Çamur bertarafı, bazı durumlarda hijyen ve maliyet yönünden sorunlar doğurur. Fakültatif havalandırmalı lagünlerde ve alg (stabilizasyon) havuzlarında fazla çamur, üniteye çökelir ve birkaç yılda bir ünite boşaltılarak uzaklaştırılır. Üniteden alınan çamur, genellikle doğal kurumaya bırakılır ve kuruduktan sonra gübre yada arazi dolgusu olarak kullanılır. Uzun havalandırmalı proseslerden elde edilen fazla çamuru yeterince stabilize olduğundan, doğrudan çamur yoğunlaştırıcıya alınır ve sonra bertaraf edilir. Aktif çamur ve damlatmalı filtre çamurları çamur çürütücüye verilir ve daha fazla stabilize olması sağlanır. Çamur ancak bu işlemten sonra susuzlaştırılır.

4.1.12. Arıtma Tesislerinde İşletme için Gereken Güç İhtiyacı

Bir atıksu arıtma tesisinin güç ihtiyacı, iki şekilde hesaplanabilir:

- Kurulu güç (beygir gücü veya kW cinsinden)
- Kullanılan güç (kW-saat cinsinden)

Kurulu güç, tesisteki her bir ünitenin güç ihtiyaçlarının toplanmasıyla bulunur. İşletme için gereken güç ise, kurulu güçle her bir ünitenin günlük çalışma süreleri (saat) çarpımıyla bulunur.

4.1.13. Personel

Bir arıtma tesisi için gerekli personel sayısı, tesisin tipine ve büyüklüğüne bağlıdır. İşletme sorumlusu bir çevre mühendisi olabilir. Başarılı bir işletme için, farklı disiplinlerden (çevre makine) elemanlara ihtiyaç vardır. Operatörlerin genellikle makine veya elektrik konularında uzman olması gerekir. Ayrıca yeter sayıda yardımcı elemanlar da gerekir. Bütün personel, gün boyunca vardiyalı çalışır. Arıtma tesislerinin özel sektör eliyle çalıştırılması, daha ekonomik olabilir ve genellikle bu yola gidilir. Ancak, işletmeyi yapan özel sektörün de çevre ve deşarj şartlarını sağlayıp sağlamadığını denetleyecek bir üst kontrol kurumu bulunmalıdır.

4.1.14. Yeni Bir Arıtma Tesisinin İşletmeye Alınması

Yeni inşa edilmiş bir arıtma tesisi, adım adım işletmeye alınır. Bu adımlar:

- Kuru çalıştırma
- Yaş çalıştırma
- Tam olarak devreye alma
- Performans deneyleri

Tüm mekanik aksam, öncelikle teker teker kuru olarak çalıştırılır. Bunun amacı, bütün mekanik aksamın çalıştığından emin olmaktır. Daha sonra girişler, çıkışlar ve diğer üniteler sızdırma kontrolü için, su ile doldurularak kontrol edilir. En sonunda, atıksu verilecek tesis normal işletmeye alınır (başlangıçta seyreltilmiş atıksu verilebilir). Bu esnada pompalar, havalandırıcılar ve geri devir ekipmanları (kısaca tüm ekipman) devreye sokulur. Proses için gerekirse, kimyasal maddeler eklenir. Biyolojik havalandırma sistemlerinde, gerek aktif çamurda yeterli askıda katı madde (AKM) oluşumu için, gerek damlatmalı filtrede taş veya plastik ortamı üzerinde biyolojik film oluşumu için, 6- 8 hafta (bazen daha fazla) zaman gerekir. Soğuk iklimlerde sürüyorsa, bu süre havasız çamur yataklı reaktörlerde daha da fazla olur. Alg (stabilizasyon) havuzlarında mahalli alg türleri ürer. Başka bir yerden alg taşınmasına gerek yoktur. Mahalli türler, her zaman daha iyi sonuç verir. Tesise bazen hidrolik, organik ve hatta toksik şok yükler geldiğinde problemler görülür. Bu durum, ya kaynakta kontrol edilir, yada dengeleme/nötralizasyon işlemleri uygulanır. 0.5-2 saat süreyle normalin üç katından fazla hidrolik ve organik yük (BOİ), genellikle “şok yük” olarak adlandırılır. Tesis devreye alındıktan sonra, performans deneylerine geçilir. Bu aşamada çeşitli numuneler alınır ve analizler yapılır.

4.1.15. (Ortak) Atıksu Arıtma Tesisleri

Birçok küçük sanayi tesisine ayrı ayrı arıtma tesisi yapılması yerine, bu tesislerin hepsini kapsayacak bir ortak atıksu arıtma tesis, (OAT) yapılabilir. Ortak atıksu arıtma tesisinde çevrede bulunan evlerin ve tesiste çalışanların atıksuları da arıtılabilir. Endüstriyel olmayan atıksular, biyolojik arıtma için aşı ve nütriyent

sağlayacağından faydalı olabilir. Küçük ölçekli endüstri arıtma tesislerine ayrı ayrı arıtma yapmak yerine, ekonomik ölçekli merkezi bir arıtma tesisi yapmak daha iyidir. Bu şekilde, gelen atıksuların dengelenmesi ve kendi kendine nötralizasyonu sağlanır. Böylece, çok sayıda işletme personeline de gerek kalmaz. Ayrıca, tesislerin projelendirilmesi, inşaatı ve işletilmesi yap-işlet veya yap-işlet devret modeliyle de yapılabilir. Bu tesislerde de, diğer tesislerde olduğu gibi bazı işletme problemleri vardır. Bazı endüstriler, OAT kapsamında olmak istemeyebilir. Yine bazıları, üzerlerine düşen giderlere itiraz edebilirler. Bu tip tesislerden faydalananların paylarına düşen ödeme miktarları, gerçekçi işletme esaslarına göre belirlenmeli ve aşırı olmamalıdır. Ödeme miktarları belirlenirken, her ortağın arıtmaya gönderdiği KOİ, BOİ ve askıda katı madde miktarı bilinmelidir. Bunun bilinmesi için, gelen atıksuların devamlı ölçülmesi ve analiz edilmesi gerekir. OAT tesislerinde uygulanan bir diğer yöntem de, küçük endüstrilerden gelen atıksuları tankerlerle tesise ulaştırmaktır. Bazı durumlarda atıksuyun tankerlerle taşınması, kanalizasyon sisteminden daha ucuza gelebilir. Böylece, daha iyi bir kontrol de sağlanmış olur.

4.2. Fiziksel Arıtma

Atıksu arıtma tesisindeki arıtma üniteleri: birinci kademe (fiziksel) arıtma, ikinci kademe (biyolojik) arıtma ve ileri kademe arıtma olmak üzere üç ana grupta toplanabilir. Her bir grupta kullanılan elektro mekanik ekipman genellikle farklıdır.

Birinci kademe arıtmada atıksudaki kağıt, paçavra, plastik, metal gibi iri katı maddeler ile kum ve yağ, gres gibi maddelerin ayrılması işlemi uygulanmaktadır. Bu maddeler bu aşamada uzaklaştırılmadığı takdirde pompalar ve çamur giderme ekipmanına, vanalara, borulara zarar vererek arıtmada problemlere yol açabilir. Askıda katıları gidermek için de bazen ince ızgaralar ve elekler kullanılır.

4.2.1. Izgaralar ve Elekler

Kaba Izgaralar: Kaba ızgaralar koruyucu ekipman olduklarından ilk ünite olarak kullanılırlar. En yaygın olarak kullanılan kaba ızgaralar: çubuk ızgaralar, elekler ve öğütücülerdir. Çubuk ızgaralar, elekler ve öğütücülerle ilgili özet bilgi Tablo 4.1 de verilmiştir. Endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde kaba ızgaralara gerek olmayabilir.

Çubuk ızgaralar: Izgara aralığı 20-40 mm mertebesinde olup evsel atıksu ile gelebilecek 40 mm'den iri maddeler (çöp, naylon, ahşap malzeme v.b) ızgarada tutulur ve zaman ayarlı temizleme mekanizması ile taranarak atıksudan uzaklaştırılır. Bu maddelerin arıtma tesisinde mevcut mekanik ekipmanlara zarar vermemesi ve boru hatlarında tıkanıklık yaratmaması için mutlaka uzaklaştırılması gereklidir. Çubuk ızgaralar için tasarım değerleri Tablo 4.2 de verilmektedir.

Çubuk ızgaraların tasarımında aşağıdaki formül kullanılır:

$$A = Q/V \quad (4.1)$$

Burada:

A : gerekli ızgara alanı, (m²),

Q : maksimum debi, (m³/s),

V : akış hızı, m/s, (genellikle 1,0 m/s seçilir),

Çubuk ızgaralarda elek bölümü dikdörtgen bir kanal içine kurulur. Kanalın zemini genellikle giriş atıksu borusundan 7-15 cm aşağıdadır. Kanal zemini yatay olarak düz veya eğimli olabilir. Izgara kanalları, kum ve diğer ağır parçacıkların burada birikmesini önlemek üzere tasarlanırlar. Izgara yaklaşım kanalı, ızgaraya dik ve tüm ızgara yüzeyine üniform atıksu dağılımı sağlayacak şekildedir. Arıtma tesislerinde ızgara bölümünün herhangi bir nedenle devre dışı kalma durumunda pik debiye göre tasarımı yapılmış en az bir yedek ızgara daha olmalıdır.

Tablo 4.1. Kaba ızgaraların özellikleri (www.osbuk.org/Atıksu)

Tip	Yerleşim	Açıklama
Çubuk Izgaralar	Pompaların ve kum tutucuların önüne	Elle temizlemeli veya mekanik temizlemeli olabilirler. Küçük arıtma tesislerinde elle temizlemeli olanlar kullanılırlar.
Elekler	Çubuk ızgaranın önüne veya damlatmalı filtrenin arkasına	Çubuk ızgaraya göre daha küçük parçacıkların uzaklaştırılmalarında kullanılırlar
Öğütücüler	Kaba eleklerle birlikte kullanılırlar	Öğütücüler ızgaralarda tutunan katı maddeleri öğütür.

Tablo 4.2. Elle ve mekanik temizlemeli çubuk ızgaralarda tasarım değerleri
(www.osbuk.org/Atiksu)

Tasarım Faktörü	Elle temizlemeli	Mekanik
Izgara hızı, (m/sn)	0.3-0.6	0.6-1.0
Izgara boyutu		
Genişlik, (mm)	4-8	8-10
Derinlik, (mm)	25-50	50-75
Izgara çubukları arası net açıklık, (mm)	25-75	10-50
Izgaraların yatayla yaptığı açı, (derece)	45-60	75-85
Müsaade edilen yük kaybı, kirli, (kısmen tıkalı ızgara), (mm)	150	150
Maksimum yük kaybı, kirli ızgara, (mm)	800	800

Çubuk ızgaralarda yük kaybı: Kaba ızgaralarda yük kaybı hesaplarında, ızgaraların temizliğine bağlı olarak üç değişik formül kullanılmaktadır. Temiz veya kısmen tıkanmış ızgaralarda (4.2), temiz ızgaralarda ise (4.3) formülü kullanılmaktadır. (4.4) ise genel orifis formülü olup ince ızgaralarda yük kaybı hesaplarında kullanılır.

$$h_L = ((V^2 - v^2) / 2g) * (1/0.7) \quad (4.2)$$

$$h_L = \beta(W/b)^{4/3} * h_v * \sin\theta \quad (4.3)$$

h_L : ızgara boyunca yük kaybı, (m),

V, v : ızgara boyunca ve ızgara öncesi kanalda hız ($V > v$), (m/sn),

g : yerçekimi ivmesi, 9,81 (m/sn²),

W : ızgara çubuğunun akıntıya dik istikametteki en büyük kalınlığı, (m),

b : ızgara çubukları arası en küçük mesafe, (mm)

h_v : ızgara yaklaşım kanalındaki hız yüksekliği, (m),

θ : ızgara çubuklarının yatay düzlemle yaptığı açı,

β : ızgara şekil katsayısı, temiz ızgaralarda ızgara şekil katsayıları Tablo 4.3 de verilmiştir.

Tablo 4.3. Temiz çubuk ızgaralarda ızgara şekil katsayıları
(www.osbuk.org/Atiksu)

Izgara çeşidi	β
Keskin kenarlı dikdörtgen	2.42
Yarı dairesel yüzü yukarı bakan dikdörtgen	1.83
Dairesel	1.79
Yarı dairesel yüzü yukarı ve aşağı bakan dikdörtgen	1.83
İki ucu inceltilmiş çubuk şeklinde	0.76

İnce Iızgaralar ve Elekler: Çubuk aralığı genellikle 2,3-6mm mertebesindedir. Bu tip ızgaralar mekanik temizleme mekanizmalarına haiz olup ızgarada tutulan katı maddeler zaman zaman otomatik olarak temizlenerek katı madde konteynerlerinde depolanır ve daha sonra uygun alanlara dökülür. İnce ızgaraların amacı ön arıtmadır. Son yıllarda ikinci kademe arıtım çıkış suyunu iyileştirmek amacıyla mikro elekler de üretilmiştir. İnce ızgaralar, hareketli ve hareketsiz eleklerden oluşmuştur. Hareketsiz veya statik elekler dik, eğik veya yatay olarak monte edilirler. Bunlar tırmık, diş veya fırça ile temizlenirler. Hareketli elekler ise çalışma sırasında sürekli olarak temizlenirler. Her iki tip ince elekte de % 20-25 askıda katı madde ve BOİs giderimi sağlanır. Ayrıca bu sistemlerde yağ giderimi ve çözünmüş oksijen değerlerinde yükselme sağlanır. Hareketli eleklerde hareketsiz eleklere kıyasla yük kaybı daha düşük fakat enerji gereksinimi daha yüksektir. Mekanik düzeneklere haiz ince eleklerde ortaya çıkabilecek arızalara karşı sistemde elle (manüel) temizlemeli ızgara da düşünülmesi acil durumlar için mutlaka gereklidir. Tablo 4.4'te farklı tipte hareketli elek özellikleri verilmiştir.

İnce ızgaralarda yük kaybı: İnce ızgaralarda yük kaybı hesaplamalarında (4.4) bağıntısı kullanılır.

$$h_L = (1/2g)*(Q/CA)^2 \quad (4.4)$$

Burada:

Q : ince ızgara boyunca debi, (m³/sn),

A : suya dalmış etkili alan, (m^2),

C : debi katsayısı (temiz çubuk için $C=0,60$ alınır)

Izgaralarda tıkanmalardan dolayı yük kayıpları önemli mertebelere ulaşır. Bu nedenle ızgaraların periyodik olarak temizlenmesi gerekmektedir. Mekanik temizlemeli ızgaralarda ızgara yüzeyinin zaman ayarlı otomatik çalışan temizleme mekanizmaları ile temizlenmesi yük kayıplarının istenilen düzeyde tutulmasını sağlayacaktır.

Tablo 4.4. Hareketli elek tipleri (www.osbuk.org/Atiksu)

Tip	Açıklama
Bant elekler	İki silindir üstünden geçen sonsuz delikli bir banttan oluşmuştur.
Kanat veya kelepçe elekler	Yatay düzlemde yavaşça dönen, dairesel olarak Dizilmiş delikli kelepçelerden oluşmuştur.
Kevgir veya merdane elek	Üstü elek kaplı dönen bir silindirden oluşur. Su Silindirin içine girer ve merkezden dışarı doğru hareket eder.

Öğütücüler: Kaba ızgaraların alternatifi atıksudaki büyük boyutlu katıların sudan ayrılmadan ufalanmasıdır. Öğütücülerin fonksiyonu, kaba taneli katıları parçalayarak sonraki arıtma işlemlerinde ve proseslerinde problem oluşturmalarını önlemektir. Küçülen katı parçacıkları arıtma tesisinde arıtılırlar. Öğütücülerin kullanımı özellikle pompa istasyonlarında, pompaların korunması açısından bir avantajdır. Ayrıca bir kısım katı maddelerin ızgara ile toplanması arıtma tesisine giren katı madde yükünü de azaltır. Soğuk iklimlerde öğütücülerin kullanımı donma tehlikesini önler. Arıtma konusunda iki farklı temel görüş vardır. Bir görüşe göre atıksudan ayrılan bir madde ne şekilde olursa olsun tekrar atıksuya verilmemelidir. Diğer görüş ise katıların boyutları küçüldükten sonra arıtma tesisinin ilgili kademelerinde arıtılmalarının kolay olduğunu savunmaktadır. Paçavraların çalkalanma hareketinde (kum tutucu ve havalandırmada) ipliksi maddelerle tekrar birleşerek pompa pervanelerinde, çamur borularında, ısı değiştiricilerde ve difüzörlerde probleme neden olmaları, öğütücüler için bir dezavantajdır.

Öğütücü, üstü bıçaklı dönen bir merdaneden (küçüklerde 6mm, büyüklerde 10mm aralıklı) oluşmuştur. Kaba tanecikler merdane üstündeki bıçakla parçalanır, alt kısma geçer buradan sifonla çıkış borusuna geçer.

4.1.2. Kum Tutucular

Burada kum olarak tanımlanan maddeler, kum, taş, cüruf gibi yoğunluğu veya çökme hızı, biyolojik arıtmada parçalanabilen organik maddelere kıyasla daha yüksek olan maddelerdir. Yumurta kabukları, kemik parçacıkları, tohumlar, kahve parçacıkları ve yemek artıkları gibi organik parçacıklar da bu kapsama girmektedir. Kum olarak giderilen maddeler çoğunlukla inert ve oldukça kurudur. Kum kompozisyonu çok farklı olabilir. Örneğin rutubet %13-65 arasında, uçucu kısım %1-56 arasında değişir. Yoğunluğu genellikle 1600kg/m³ dür. Bir miktar organik madde içerdiğinden atıksudan ayrıldıktan sonra uygun şekilde bertaraf edilmezse kolaylıkla çürür. 0,2 mm den daha büyük kum parçacıklarının arıtma tesisinin ileriki kademelerinde problem yarattığı bilinmektedir. Bazı durumlarda 0,15 mm çaplı kumların kum tutucularda % 100 giderimi sağlanmakla birlikte, bazen kum boyutu çok daha küçük olabilmekte, 0,15 mm'nin altındaki kumların kum tutucuda sadece %60 giderimi sağlanmaktadır. Hareketli mekanik ekipmanın aşınmasını önlemek, boru ve kanallarda birikintileri engellemek ve kum birikiminden dolayı çamur çürütücünün temizlenme periyodunu azaltmak için santrifüj, ısı değiştirici ve yüksek basınçlı diyafram pompalardan önce kum tutucuların (kum ayırıcı) kullanılması şarttır. Kum tutucular genellikle kaba ızgaradan sonra ilk çöktürmeden önce kullanılırlar. Kum tutucuların ızgara ve eleklerden sonra olması, toplanan kumun temizlik ve bertarafını kolaylaştırır.

Üç tip kum tutucu vardır:

- Yatay akışlı, dikdörtgen veya kare planlı
- Havalandırılmalı,
- Vorteks akımlı.

Yatay akışlı kum tutucularda atıksu kum tutucuyu yatay doğrultuda geçer, çizgisel hız, kum tutucunun boyutu, girişte dağıtım mekanizması ve çıkışta çeşitli

savaklarla kontrol edilir. Havalandırmalı kum tutucular spiral akışlı havalandırma tankından oluşur. Spiral hız, tank boyutu ve verilen hava miktarı ile kontrol edilir. Vorteks akımlı kum tutucular ise silindir bir tanktan oluşur. Atıksu girişi teğetsel olarak giriş yaparak girdap oluşturur. Santrifüj ve yerçekimi kuvvetleri kumun çökmesine neden olur.

Kum tutucuların tasarımı, özgül ağırlığı 1,3-2,7 olan kum partikülleri içeren 15,5°C sıcaklıktaki atıksular için yapılır. Yatay akışlı havalandırmalı kum tutucular için tipik tasarım bilgileri Tablo 4.5 de, havalandırmalı kum tutucular için tasarım değerleri ise Tablo 4.6. da verilmiştir. Kum tutucularda toplanan kumu uzaklaştırmak için kullanılan ekipmanlarının pahalı olması ve yatay akışlı kum tutucuların birçoğunda kum yıkama ekipmanı gerekmesi, havalandırmalı kum tutucuların popülerliğini arttırmıştır. Havalandırmalı kum tutucular, saatlik pik debilerde, 0,2 mm boyutunda partikülleri, 2-5 dakikalık kalma süresinde gidermek üzere tasarlanmışlardır. Havalandırma difüzörleri tabanın 0,45-0,60 m yukarısına oturtulur. Endüstriyel atıksuların da söz konusu olduğu havalandırmalı kum tutucularda havalandırmadan dolayı UOK (Uçucu Organik Karbon-VOC) oluşumu dikkate alınmalıdır. UOK oluşumu, arıtma tesisi işletmecileri açısından sağlık riski teşkil eder. UOK oluşumu önemli miktarlarda ise kum tutucu üzerine kapak yapılmalı veya havalandırmalı kum tutucular tercih edilmelidir.

Tablo 4.5. Yatay akışlı kum tutucuların tasarım kriterleri
(www.osbuk.org/Atıksu)

	Değer	
	Aralık	Tipik
Hidrolik kalış süresi, (sn)	45-90	60
Yatay hız, (m/sn)	0.24-0.40	0.31
Çökelme hızı:		
65 nolu elekten geçen madde, (m/dak)	0.98-1.28	1.16
100 nolu elekten geçen madde, (m/dak)	0.61-0.91	0.76
Kontrol bölümünde yük kaybı (kanaldaki % derinlik)	30-40	36
Giriş ve çıkışta izin verilen türbilans	$2D_m-0.5L$	

D_m = kum tutucuda maksimum derinlik

L = Komt hücresinin teorik uzunluğu

Tablo 4.6 Havalandırılmalı kum tutucularda tasarım kriterleri
(www.osbuk.org/Atiksu)

	Değer	
	Aralık	Tipik
Pik debide kalış süresi,(dak)	2-5	3
Boyutlar		
Derinlik, (m)	2.1-4.8	
Uzunluk, (m)	7.5-19.5	
Genişlik,(m)	2.4-6.9	
Genişlik – derinlik oranı	1:1-5:1	1.5:1
Uzunluk – genişlik oranı	3:1-5:1	4:1
Verilecek hava, (m^3 /dak..m uzunluk)	0.2-0.5	
Tutulan kum miktarı, ($m^3/10^3m^3$)	0.004-0.2	

Vorteks akımlı kum tutucular iki tiptir. Birinci tipte atıksu girişi ve çıkışı teğetsel olarak gerçekleşir. Dönen bir türbin sabit akış hızı sağlar. Ayarlanabilir bıçaklar ise organiklerin kumdan ayrılmasını sağlar. Dönen türbin kum parçacıkları için silindirik akış sağlar. Kum yerçekimi ile oluğun içine çöker. Olukta biriken kum, kum pompası veya havalı kaldırmalı (mamut) pompa ile uzaklaştırılır. İkinci tip Vorteks akımlı kum tutucular ise giriş akımının ünitenin üst kısmından teğetsel girişi ile serbest girdap sağlanır. Atıksu tepeden dönen silindirin merkezinden çıkış yapar. Silindirin içinde yerçekimi kuvveti yoğunluğu 1 den büyük parçacıkların çökmesini önler. Kum tutucunun dibine yerçekimi ile çökerken, santrifüj kuvveti ile kumdan ayrılan organikler de dahil olmak üzere tüm organikler atıksu ile birlikte sistemi terk ederler. Sistemde yük kaybı giderilen partiküllerin boyutuna bağlı olup çok ince parçacıklar söz konusu olduğunda yük kaybı miktarı yükselir. Bu kum giderme üniteleri oldukça yeni olup her biri 0,3 m^3 /sn debiyi kaldırabilir. Bu sistemler çok ağır olduğundan ya derin temelli olmalı veya toprak seviyesinin üstünde olaksa terfi istasyonu yapılmalıdır. Vorteks akımlı kum tutucuların tasarım kriterleri Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7. Girdap tipli kum tutucular için tipik tasarım kriterleri
(www.osbuk.org/Atiksu)

	Aralık	Değer Tipik
Pik debide hidrolik kalış süresi, (sn)		30
Boyutlar:		
Çap		
Üst hücre, (m)	1.22-7.32	
Alt hücre, (m)	0.91-1.83	
Yükseklik	2.74-4.88	
Giderim hızı, %		
50 nolu elekten geçen (0.30 mm)		95
70 nolu elekten geçen (0.24 mm)		85
100 nolu elekten geçen (0.15 mm)		65

Kum miktarı: Tutulan kum miktarı kanalizasyon sisteminin yerine, durumuna, yolların buzlanmaya karşı ne sıklıkta kumlandığına, endüstriyel atıksu türüne, lavabo öğütücüsü kullanım oranına, yöredeki kumlu toprak miktarı gibi faktörlere bağlı olarak değişir. Tutulan kum miktarı $0,004-0,21 \text{ m}^3/10^3 \text{ m}^3$ aralığında değişir. Kum tutucu sisteminin performansı, gerçek datalar kullanılarak yeni bir kum tutucu sistemi tasarımı yapıldığında yükseltilebilir. Tablo 4.8’de muhtelif atıksu arıtma tesislerinde elek üstü ve kum miktarları verilmektedir. Atıksu karakterindeki ve ekipman verimliliğindeki farklılıklar, akış hızı ve toplanan ızgara/elek üstü maddeler ile kum arasında korelasyon yapılmasını imkansız kılmaktadır.

Kum uzaklaştırılması: Bazı büyük sistemlerde kum çamurla birlikte yakılır. Yürürlükteki yönetmeliklere de bağlı olarak kireçle stabilize edilip düzenli çöp depolama alanlarında bertaraf edilebilir. Bazı arıtma sistemlerinde kum tutucular kullanılmaz, kum ön çöktürme tankında çöktürülür. Kum giderimi, seyreltik birincil çamurun siklon tip kum tutucuya pompalanması ile sağlanır. Siklon kum tutucu santrifüj ayırıcısı olarak görev yapar. Yani ağır kum ve katı parçacıklar girdap hareketi ile küçük parçacıklardan ve sıvı kısımdan ayrılır. Bu sistemlerin faydası, kum tutucuların maliyetinden kurtulmaktır.

Mahzurları ise şunlardır:

- Seyreltik çamurun pompalanması çamur yoğunlaştırıcı gerektirebilir.
- Kumun birincil çamur ile pompalanması, çamur kolektörlerinin ve çamur pompalarının bakım gereksinimini ve çamur terfi maliyetini artırır.

4.1.3. Ön Çöktürme

Ön çöktürme, hareketsiz şartlarda özel tasarımı yapılmış çöktürme tanklarında çökebilen ve yüzebilen katıların ayrılmasıdır. Ön çöktürme tanklarının üç ana fonksiyonu vardır:

- Çökeltme ile sıvıdan katıları (çamur) ayırma,
- Yüzdürme ile sıvıdan katıları (köpük, yağ, yüzen birikintiler) ayırma,
- Katıları yoğunlaştırma.

Ham atıksudan katıların giderilmesi ile bir miktar askıda katı ve BOI_5 de giderilmiş olur. Böylece biyolojik arıtma ünitesinde arıtılacak organik yük azaltılmış olur. Organik yükteki azalma biyolojik arıtma ünitesinde sisteme verilmesi gerekli oksijen miktarının azalmasına, dolayısı ile enerji gereksiniminin ve oluşan fazla aktif çamur miktarının azalmasına neden olur. Ham atıksudaki köpüğün giderilmesi ile de havalandırma tankı ve çöktürme tanklarında köpük oluşumu azalmış olur. Ön çöktürme tanklarının bunların dışındaki yararları Tablo 4.8 da verilmiştir.

Ön çöktürme tankları Tablo 4.8 da belirtilen işlevlerin de sağlanması için genellikle büyük kapasiteli ($>3800 \text{ m}^3/\text{gün}$) atıksu arıtma tesislerinde kurulur. Daha küçük tesislerde eğer ikinci kademe arıtma ünitesi tüm yükü kaldırabilecekse ve köpük, yağ ve yüzen kalıntılar işletme problemi yaratmayacaksa ön çöktürme ünitesi kurulmaz. Damlatmalı filtre, döner biyolojik disk ve batmış biyolojik reaktör gibi ikinci kademe arıtma üniteleri mevcutsa ekipmanın zarar görmemesi için mutlaka sistemin önüne ön çöktürme tankı konulmalıdır. Çöktürme tankları ya dairesel veya dikdörtgen şeklindedirler. Seçim, tesisin büyüklüğü, yerel arazi şartları, mevcut birincil arıtma ekipmanı, ilgili mühendisin kararı, mal sahibinin tercihi, yatırım ve işletme maliyeti gibi faktörlere bağlıdır.

Dairesel ön çöktürme tankları: Dairesel ön çöktürme tanklarında besleme merkezden yapılır. Atıksu merkezden dış duvarlara doğru hareket eder ve dış çevre

boyunca uzanan savaktan çıkış yapar. Çöken çamur sıyrıcılarla merkeze doğru itilir. Üstte toplanan yüzer maddeler döner bir sıyrıcı ile toplanarak bir haznede birikir.

Tablo 4.8 Ön çöktürme tanklarının diğer işlevleri (www.osbuk.org/Atıksu)

İşlev	Etki
Ham atıksu kalite ve debisinin dengelenmesi	Sabit debi sağlayarak ikinci kademe arıtma ünitelerinin performansında iyileşme sağlanır.
Kum tutucu	Ayrı bir ünite yoksa, çamur ve kum giderimini bir yerde toplar.
Atıksuyun BOİ ₅ ve Askıda Katı Madde giderimini artırmak ve besin elementi giderimi için ham atık suyun kimyasal arıtımı	Ön çöktürme tankına kimyasal madde ilavesi ile BOİ ₅ ve Askıda Katı Madde giderimi artırılır ve besin elementi giderimi (genellikle fosfor giderimi sağlanır.)

Dikdörtgen ön çöktürme tankları: Dikdörtgen ön çöktürme tanklarında atıksu beslemesi bir uçtan yapılır, atıksu uzun kenar boyunca hareket ederek öbür uçtan tankı terk eder. Çöken çamur dip kısımda atık suyun ters yönünde hareket eden sıyrıcılar vasıtasıyla toplama bölümüne itilir. Tüm su yüzeyinde dolaşan köpük toplayıcılar yüzeydeki köpüğü toplayarak atıksu çıkışı tarafındaki köpük toplayıcı hazneye iter. 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. Yüzeysel taşma hızı, tüm geri devir akımları da dahil, çöktürme tankına giriş debisinin toplam tank alanına (çıkış akımı toplama olukları da dahil) oranıdır. Ön çöktürme tanklarında yüzeysel taşma hızı değerleri Tablo 4.9 da verilmiştir.

Bu yükleme hızlarında iyi tasarımı yapılmış ve düzgün işletilen bir ön çöktürme tankında ham evsel atıksuda %30-35 BOİ₅ , % 50-60 askıda katı madde giderimi sağlanır. Endüstriyel atıksu durumunda ise atıksudaki çözünmüş BOİ₅ miktarı farklı olduğundan bu oranlar değişir. Ön çöktürme tankına kimyasal ilavesi yapılırsa arıtım oranları yükselir. Çöktürme tankında hidrolik kısa devre, atıksu debisindeki aşırı değişiklikler, çok yüksek ya da düşük atıksu sıcaklıkları, yüksek geri devir oranları BOİ₅ ve Askıda Katı giderimlerinin tipik değerlerin altına düşmesine neden olur.

Ön çöktürme tankının iyi çalışmaması veya aşırı yüklenmesi durumunda ön çöktürme tankı yüklemesi de artmış olacaktır. Ancak son çöktürme tankı daha yüksek yüklemeleri kaldıracak şekilde tasarlanmışsa bu durum bir problem oluşturmaz. Aynı şekilde ön çöktürme tankı yüzeysel taşma hızının önerilenin üstünde olması durumunda, aktif çamur sistemi daha yüksek organik yükü kaldıracak şekilde tasarlanmışsa problem olmayacaktır.

Tablo 4.9 Ön çöktürme tanklarında tasarım bilgileri (www.osbuk.org/Atiksu)

	Aralık	Tipik
Ön çöktürme (son çöktürme var)		
Kalma süresi, (saat)	1.5-2.5	2
Taşma süresi, ($m^3/m^2/gün$)		
Ortalama akış	33-49	
Pik saatlik debi	81-122	102
Savak yükü, ($m^3/m/gün$)	124-496	248
Aktif çamur geri dönüşlü ön çökeltme		
Kalma süresi, saat	1.5-2.5	2.0
Taşma hızı, ($m^3/m^2/gün$)		
Ortalama akış	24-33	
Pik saatlik debi	49-69	61
Savak yükü, ($m^3/m/gün$)	124-496	248

Savak yükünün ön çöktürme tankı performansına etkisi çok azdır. Savak yükleme hızının 124-496 $m^3/m/gün$ aralığında olması önerilmektedir. Aşırı su hızını önlemek üzere yeterli tank derinliği ve çıkış suyu olukları arasında yeterli mesafe olması önerilmektedir. Böylece dipte toplanan çamurun hareketlenip çıkış suyu ile sürüklenmesi önlenmiş olur. Ortalama tasarım debisinde bekleme süresi 2,5 saati geçmemelidir. Uzun kalma sürelerinde septik şartlar oluşur ki bu da çöktürme tankı performansının düşmesine (havasız çürüme şartlarında oluşan gazlar çamurun çökmesini engeller) ve koku oluşmasına sebep olur (havasız çürüme sırasında çıkan gazlar). Uzun çamur yaşı ise çöken organik katıların çözünmesine neden olur bu da takip eden arıtma üniteleri için daha yüksek organik yükleme demektir. Düzgün tasarlanmış çamur toplama üniteleri, toplanan çamurun uygun sürede nakli ile tankın dibinde çamur birikimini önleyecektir. Çamur kalınlığı, septik şartların oluşumunu ve uzun çamur kalma yaşını önlemek üzere minimize edilmelidir.

Yüzeysel hidrolik yükün ve alıkonma süresinin askıda katı madde giderme verimi üzerindeki etkisi; atıksuyun özelliklerine, çökebilir katı madde oranına, katı konsantrasyonuna ve diğer faktörlere bağlıdır. Dikkat edilmesi gereken husus, tesise pik debi geldiğinde oluşacak yüzeysel hidrolik yükün istenen katı giderimini sağlayacak kadar düşük olabilmesidir. Pik debi : ortalama debi oranı, küçük tesislerde 3, büyük tesislerde ise 2 mertebesinde dir.

Boyutlandırma: Dikdörtgen ve dairesel ön çöktürme tanklarının tipik boyutları Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.10 Ön çöktürmede kullanılan dikdörtgen ve dairesel çöktürme tankı tasarım değerleri (www.osbuk.org/Atiksu)

	Aralık	Tipik
Dikdörtgen		
Derinlik, (m)	3-4.5	3.7
Uzunluk, (m)	15-90	24-90
Genişlik, (m)	3-24	5-10
Sıyırıcı hızı, (m/dak)	0.6-1.2	0.9
Dairesel		
Derinlik, (m)	3-4.5	3.7
Çap, (m)	3-60	12-45
Taban eğimi, (mm/m)	62-167	83
Sıyırıcı devir sayısı, (dev/dak)	0.02-0.05	0.03

4.3. Biyolojik Arıtma

Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme sonucunda oluşan atıksular doğanın özümleyebileceği miktarı aşmış ve alıcı ortamları kirlenme tehlikesi ile karşı karşıya bırakmıştır. Doğadaki ekolojik dengeyi olumsuz yönde etkileyebilecek ve diğer faydalı kullanımlarını engelleyecek bu durumun önüne geçebilmek için atıksuları uzaklaştırmadan önce arıtma zorunluluğu doğmuştur. Atıksuların özellikleri kaynaklarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterir ve bu farklılıklara göre arıtma yöntemleri de değişir. Atıksuların genellikle %99’undan daha yüksek bir kısmı su ve yalnız geri kalan kısmı kirletici maddelerden oluşmaktadır. Kirleticiler suyun içinde

çözünmüş halde bulunabilecekleri gibi, katı madde olarak askıda da bulunabilirler. Bu maddelerin özelliklerine göre uzaklaştırılmaları için kullanılabilecek arıtma yöntemi de değişir. Örnek olarak organik kirleticilerin uzaklaştırılması için en etkin yöntemin “biyolojik arıtma” olduğu söylenebilir. Biyolojik arıtma atıksuyun içinde bulunan askıda veya çözünmüş organik maddelerin bakterilerce parçalanması ve çökebilen biyolojik floklarla sıvının içinde kalan veya gaz olarak atmosfere kaçan sabit inorganik bileşiklere dönüşmesidir. Biyolojik arıtmanın esası organik kirleticilerin doğada yok edilmeleri için yer alan biyoflokülasyon ve mineralizasyon proseslerinin kontrolü ile çevrede ve optimum şartlarda tekrarlanmasıdır. Böylece doğadaki reaksiyonların hızlandırılarak daha kısa bir sürede, emniyetli ortamda gerçekleştirilmeleri sağlanmaktadır.

4.3.1. Biyolojik Arıtma Sistemlerinin Tasarımı

Biyolojik prosesler, atıksudaki biyolojik olarak parçalanmış ve çözünmüş organik maddeleri çöktürme havuzunda çöktürerek gidermek üzere, çökebilen biyolojik ve inorganik floklara dönüştürmek amacıyla kullanılırlar. Bir çok durumda ikinci kademe prosesler olarak tanımlanan biyolojik prosesler, fiziksel ve kimyasal proseslerle birlikte çalıştırılır. Birinci kademe arıtma (ön çöktürme), çökebilen katıları ayırmada etkin olmasına karşılık, biyolojik prosesler koloidal veya çözünmüş haldeki organik bileşikleri gidermede etkindirler. Bu proseslerden, havalandırmalı lagünler, stabilizasyon havuzları ve uzun havalandırmalı sistemler ön çöktürmeye tasarlanırlar.

Çok sık kullanılan biyolojik prosesler;

- Aktif çamur prosesleri,
- Havalandırmalı lagünler,
- Damlatmalı filtreler,
- Döner biyodiskler ve
- Stabilizasyon havuzlarıdır.

Aktif çamur prosesleri veya onun modifikasyonları daha çok büyük tesislerde, stabilizasyon havuzları ise küçük tesislerde kullanılmaktadır.

4.3.1.1. Aktif Çamur Prosesleri

Aktif çamur prosesleri orjinal ve değiştirilmiş formlarında yaygın olarak kullanılan proseslerdir. Bu prosesin özellikleri önceki bölümlerde anlatılmıştır. Bu proseslerin pratik uygulamalarına bu bölümde yer verilecektir.

1- Proses tasarımı yaklaşımları

Aktif çamur prosesi tasarımında göz önünde bulundurulması gereken kriterler:

- Reaktör tipinin seçimi,
- Yükleme kriterleri,
- Çamur üretimi,
- Oksijen ihtiyacı ve transferi,
- Besi maddesi ihtiyacı,
- Filament (ipliksi) organizmaların kontrolü,
- Çıkış suyu özellikleri (deşarj standartları).

Reaktör Tipinin seçimi: Herhangi bir biyolojik prosesin tasarımında en önemli adımlardan biri kullanılacak reaktör veya reaktörlerin seçimidir. İşletme faktörleri;

- Arıtım prosesine hakim olan reaksiyon kinetiği,
- Oksijen transfer ihtiyacı,
- Arıtılacak atıksuyun özellikleri,
- Yerel çevresel koşullar,
- İnşaat, işletme ve bakım maliyetlerini içerir.

Bu faktörlerin önemi her uygulama için değişecektir.

Bunların aktif çamur prosesi için önemi kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir:

Birinci faktör; reaksiyon kinetiğinin reaktör seçimi üzerine etkisidir. Çok sık kullanılan iki reaktör tipi vardır. Bunlar tam karışım ve piston akımlı reaktörlerdir. Her iki tip reaktör için de pratik açıdan bakıldığında hidrolik kalış süreleri hemen hemen aynıdır.

İkinci önemli faktör ise oksijen transfer ihtiyacıdır. Konvansiyonel piston akımlı arıtma sistemlerinde, reaktör sonunda ihtiyacı karşılayacak oksijen konsantrasyonlarına ulaşmanın imkansız olduğu bulunmuştur. Bu nedenle aktif çamur proseslerinde çeşitli modifikasyonlara gidilmiştir. Bunlar; kademeli havalandırma, kademeli beslemeli prosesler, atıksuyun reaktör boyunca dağıtıldığı prosesler ve tam karışimli proseslerdir. Havalandırma reaktörün her yerinde aynıdır ve gerekli oksijen ihtiyacı veya fazlası sağlanır.

Üçüncü faktör, atıksuyun yapısıdır. Örneğin, gelen atıksu az veya çok tam karışimli reaktörde takriben eşit olarak dağılır. Piston akışlı reaktöre kıyasla mikroorganizmalar şok yüklemelere daha kolay karşı koyabileceğinden alıcı ortama organik ve toksik madde deşarjı bu sistemlerde söz konusu olmayacaktır. Bu nedenle tam karışimli reaktörler daha sık kullanılırlar.

Dördüncü faktör, yerel çevresel koşullardır. Bunların arasında sıcaklık, pH ve alkalinite belki de en önemlileridir. Atıksudaki sıcaklık değişimi doğrudan biyolojik reaksiyon hızını etkilemektedir. Örneğin sıcaklıktaki 10°C'lik düşme reaksiyon hızını yarı yarıya düşürür. Atıksu sıcaklığında önemli bir değişim bekleniyor ise, seri halinde tam karışimli veya piston akışlı reaktörler kullanmak etkili olacaktır. Alkalinite ve pH özellikle nitrifikasyon proseslerinde oldukça önemlidir. Düşük pH nitrifikasyon bakterilerinin büyümesini engeller (ipliksi organizmaların büyümesine neden olabilir). Düşük alkaliniteli atıksular azda olsa bir tampon kapasitesine sahiptirler ve karışım pH'sı, bakteri solunumu sonucu ortama verilen CO₂ nedeniyle düşer.

Beşinci faktör, ilk yatırım, işletme ve bakım maliyetleri reaktör tipi ve büyüklüğü seçimi açısından son derece önemlidir.

Yükleme Kriteri: Aktif çamur prosesinin kontrolü ve tasarımında uzun zamandır deneysel ve rasyonel parametreler kullanılmıştır.

En çok kullanılan iki parametre,

mikroorganizma oranı (F/M) ve
çamur yaşıdır (θ_c).

mikroorganizma oranı aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$F/M = S_o / (\theta * X) \quad (4.5)$$

F/M = mikroorganizma oranı (çamur yükü), (gün^{-1})

S_o = Giriş atıksudaki BOI veya KOI konsantrasyonu, (mg/l)

θ = havalandırma havuzunun hidrolik kalış süresi = V/Q , (gün)

V = havalandırma havuzu hacmi, (m^3)

Q = atıksu akış debisi, ($\text{m}^3/\text{gün}$)

X = havuzdaki uçucu askıda katı madde (UAKM) konsantrasyonu, (mg/l)

Özgül substrat (besin maddesi) kullanım hızı U aşağıdaki gibi ifade edilir

$$U = (F/M) * E / 100 \quad (4.6)$$

Verim yerine $((S_o - S/S_o) * 100$ ve F/M yerine 1. denklemi konulursa yukarıdaki eşitlikteki U aşağıdaki gibi ifade edilir,

$$U = (S_o - S) \theta / X \quad (4.7)$$

S = Çıkış atıksuyu BOI veya KOI konsantrasyonu, (mg/l)

Çamur yaşı aşağıda verilen her iki denklemle de ifade edilebilir.

Havalandırma tankı hacmine göre tanımlama:

$$\theta_c = V_r X / (Q_w X_w + Q_e X_e) \quad (4.8)$$

θ_c = çamur yaşı, gün

V_r = havalandırma havuzu hacmi, (m^3)

X = havalandırma havuzundaki uçucu askıda katı konsantrasyonu, (mg/l)

Q_w = atılan atık çamur debisi, ($\text{m}^3/\text{gün}$)

X_w = atık çamurdaki uçucu askıda katı konsantrasyonu, (mg/l)

Q_e = çıkış suyu debisi, ($\text{m}^3/\text{gün}$)

X_e = Çıkış atıksuyunda uçucu askıda katı konsantrasyonu, (mg/l)

Toplam sistem hacmine göre tanımlama:

$$\theta_{ct} = X_t / (Q_w X_w + Q_e X_e) \quad (4.9)$$

θ_{ct} = toplam sisteme bağlı olarak hesaplanması çamur yaşı

X_t = sistemde toplam uçucu askıda katı kütlesi, havalandırma havuzu, son çöktürme havuzu ve geri dönüş hattındaki çamuru içerir.

Tasarım çalışmasında 4 eşitliği esas alınır, buna göre bütün substratın havalandırma havuzunda arıtıldığı kabul edilir. Sistemdeki toplam çamurun büyük bir kısmı çöktürme tankı ve geri dönüş hattında bulunur. 5 eşitliği atılacak çamur miktarının hesaplanmasında kullanılır. Çöktürme tankındaki çamur miktarı, çamur kütlesinin % KM oranı ve geri dönüş hattındaki çamur konsantrasyonu kullanılarak hesaplanabilir. Çamur yaşı θ_c , besi-mikroorganizma oranı F/M ve özgül substrat kullanım hızı U arasındaki bağıntı aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$1/\theta_c = Y(F/M)(E/100) - k_d = YU - k_d \quad (4.10)$$

Y = verim katsayısı, (kütle/kütle)

E = proses verimi, (%)

k_d = içsel bozunma katsayısı, (zaman⁻¹)

F/M in tipik literatür değeri 0,05- 1 arasında değişir. İyi kalite çıkış suyu, iyi çökme özelliğine sahip çamur ve kararlı bir sistem için 3-15 gün çamur yaşı uygulanır. Havalandırma tankında tipik hidrolik kalış süresi 4-8 saat arasında değişir. Günlük BOI yükleme hızı da 0,3 –3 kg/m³.gündür.

Çamur Üretimi: Atılacak çamuru belirlemek ve çamur yoğunlaştırıcı tasarımını yapabilmek için günde üreyen çamur miktarını bilmek önemlidir. Üreyen çamur miktarı aşağıdaki eşitlikte verilmektedir.

$$P_x = Y_{göz} Q(S_o - S)(10^3 \text{ g/kg})^{-1} \quad (4.11)$$

P_x = atılan fazla aktif çamur, (kg/gün)

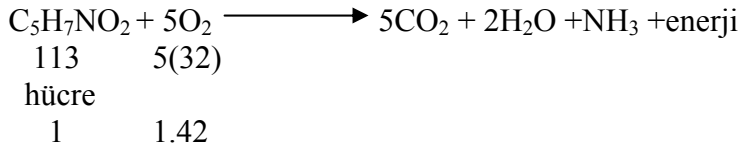
$Y_{göz} = \text{gözlenen verim, (g/g)}$

$Y_{göz}$ aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Y_{göz} = Y / (1 + k_d(\theta_c \text{ veya } \theta_{ct})) \quad (4.12)$$

θ_c veya θ_{ct} nin kullanılacağı, havalandırma tankındaki veya sistemin tamamındaki çamur konsantrasyonuna bağlıdır. Yüksek konsantrasyonda çamur, çöktürme tankı ve geri dönüş hattında kalıyor ise θ_{ct} 'nin kullanımı uygundur. Bu durumda havalı (veya havasız) ortamda içsel solunum ihmal edilmiş olur.

Oksijen İhtiyacı ve Transferi: Teorik oksijen ihtiyacı, atığın BOI'si ve sistemden günde atılan çamur miktarından belirlenir. Bütün BOI son ürüne dönüşüyorsa toplam oksijen ihtiyacı, uygun dönüşüm faktörü kullanarak BOI_U ye dönüşen BOI_S den hesaplanabilir. Atığın bir kısmının sistemden atılacak yeni organizmalara dönüştüğü bilinmektedir. Bu nedenle, atılan çamurun BOI_L'i toplamdan çıkarılır ise kalan miktar sisteme verilmesi gereken oksijen miktarını gösterir. Aşağıdaki eşitlikte de görüleceği gibi çamurun (hücrenin) 1 molünün BOI_U'si ($\approx$ KOI) hücre konsantrasyonunun 1,42 sine eşittir.



Bu nedenle, aktif çamur sistemi için atıksudaki organik maddenin giderimi için gereken teorik oksijen ihtiyacı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.;

$\text{kg O}_2/\text{gün} = (\text{kullanılan BOI}_L \text{ nin top.kütlesi, kg/gün}) - 1,42 (\text{atılan çamur miktarı, kg/gün})$

$$\text{kg O}_2/\text{gün} = (Q(S_0 - S)(10^3 \text{ g/kg})^{-1}/f) - (1.42P_x) \quad (4.13)$$

$f = \text{BOI}_S$ 'den BOI_L 'ye dönüşüm faktörü

Nitrifikasyon reaksiyonunun da sistemde gerçekleşmesi durumunda , toplam oksijen ihtiyacı aşağıda gösterildiği gibi karbon giderimin de kullanılan oksijen ile azot dönüşümü (amonyaktan nitrata) için gereken oksijen ihtiyacının toplamıdır.

N_o = Giriş atıksuyundaki TKN, mg/l

N = çıkış suyundaki TKN, mg/l

4,57 = TKN'nin tam oksidasyonunda gereken oksijen ihtiyacı için dönüşüm faktörü.

Sistemin oksijen transfer verimi biliniyorsa verilmesi gereken hava miktarı da belirlenir.

Verilen hava;

- atıktaki BOI arıtımını,
- çamurun içsel solunumunu,
- ortam için gerekli karışımı,
- havalandırma tankında minimum çözünmüş oksijen konsantrasyonunun 1-2 mg/l olmasını sağlayabilmelidir.

F/M oranı $>0,3$ ise, hava gereksinimi iri kabarcıklı difüzör kullanıldığında 30-55 m³/kg giderilen BOI, ince kabarcıklı difüzör kullanıldığında 24-36 m³/kg giderilen BOI'dir.

Düşük F/M oranlarında içsel solunum, nitrifikasyon ve uzun havalandırma süresinden dolayı hava ihtiyacı arttığından önerilen değer 75-115 m³/kg giderilen BOI'dir. Aktif çamur proseslerinde, hava ihtiyacı 93,5 m³/kg BOI₅; uzun havalandırmalı sistemlerde ise 125 m³/kg BOI₅'dir.

Tablo 4.11 F/M'e bağlı olarak hava ihtiyacı (www.osbuk.org/Atiksu)

	Gerekli hava, (m ³ /kgBOI ₅)
F/M $>0,3$	
İri kabarcıklı (gözeneksiz)	30-55
İnce kabarcıklı (gözeneksiz)	24-36
F/M $<0,3$	75-115
Aktif çamur	93.5
Uzun havalandırma	125

Besi maddesi ihtiyacı: Azot ve fosfor bileşikleri besi maddeleri olup atıksuda yüksek konsantrasyonda bulunmaları biyolojik reaksiyon için inhibisyon, düşük konsantrasyonda bulunmaları ise sınırlama yapar.

Organizma hücresinin bileşimi $C_5H_7NO_2$ olarak alınırsa, ağırlığının %12,4'ü kadar azot gerekecektir. Bu değer tipik olup sabit değildir. Çevre şartları ve organizma (çamur) yaşına bağlı olarak hücredeki azot ve fosfor dağılımı değişebilmektedir. Birçok biyolojik sistem için gerekli diğer besi maddeleri Tablo 4.12'de verilmektedir.

Tablo 4.12. Birçok organizma için gereken inorganik iyonlar (www.osbuk.org/Atıksu)

Fazla miktarlar	Eser miktarlar
Sodyum	Demir
Potasyum	Bakır
Kalsiyum	Manganez
Fosfat	Bor
Klorür	Molibden
Sülfat	Vanadyum
Biyokarbonat	Kobalt
	İyot
	Selenyum

Tablo 4.13'de *E. Coli*'nin inorganik kompozisyonu verilmektedir. Biyolojik büyüme için gerekli eser elementler yaklaşık olarak buradan hesaplanabilir. Toplam besi miktarı üreyen net mikroorganizma miktarı ile ilgilidir ve besi maddesi gereksinimi çamur yaşının uzun olması ile azalacaktır. Örneğin, iki sistem aynı olmasına rağmen farklı çamur yaşlarında çalıştırıldığında farklı karakterde atıksu çıkacak olmasının nedeni bundan kaynaklanmaktadır.

Tablo 4.13 *E.coli* 'nin inorganik bileşimi (www.osbuk.org/Atıksu)

Elementler	% Kuru hücre ağırlığı
Potasyum	1.5
Kalsiyum	1.4
Sodyum	1.3
Magnezyum	0.54
Klorür	0.41
Demir	0.2
Manganez	0.01
Bakır	0.01
Alüminyum	0.01
Çinko	0.01

İpliksi (filament) Organizmaların Kontrolü: Aktif çamur proseslerinde ipliksi organizmaların büyümesi çok sık rastlanan bir işletme problemidir. Sistemde ipliksi organizmaların bulunması çamurun çökelme özelliğini zayıflatır ve bulking (kabarma) olayı meydana gelir. Tek basamaklı tam karışımli reaktörler düşük substrat seviyelerinden dolayı ipliksi organizmaların büyümelerine çok uygundur. Bazı piston akışlı reaktörlerde de benzer olayla karşılaşmaktadır. Son araştırmalar, ipliksi organizmaların büyümesini engelleyen faktörleri bulmak ve pratik kontrol metotları geliştirilmek üzerine yoğunlaşmıştır. İpliksi organizmaların kontrol ve önlenmesi için bir yaklaşım, ham su ile aktif çamur geri dönüşünün karıştığı ilk temas bölgesi için ayrı bölüm veya selektör kullanmaktır. Selektör, tam karışım veya piston akışlı reaktörlerde, ayrı bir tank veya portatif bir bölme olabilir. Selektör kavramı biyolojik prosesin yüksek F/M oranının bulunduğu ilk safhasında çözünmüş oksijen konsantrasyonunu kontrol ederek flok formundaki organizmaların büyümesini sağlamaktır. Yüksek substrat oranı nedeniyle çözünmüş organik madde hızlı bir şekilde flok formundaki organizma tarafından adsorplanır. Çözünmüş organiklerin ortamdaki hızlı adsorplanması sayesinde, ortamdaki ipliksi organizmalar için daha az kullanılabilir substrat kalmış olur. Bu metodun iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Yeterli bir karışım için havalandırma sağlanmalı veya mekanik karıştırıcılar kullanılmalıdır. Selektördeki temas süresi oldukça az olup, genellikle 10 ile 30 dakika arasındadır. Tasarım parametrelerinin tespiti için pilot çalışmaların yapılması tavsiye edilmektedir. Selektörün çok küçük olması durumunda, önemli miktarda çözünmüş substrat havalandırma tankına geçebileceği gibi, çok büyük olması durumunda da seyrelemeyle düşük F/M oranı oluşumu söz konusudur.

Çıkış Atıksuyu Karakteri: Çıkış atıksuyu kalitesinin en önemli parametresi organik madde içeriğidir. Biyolojik arıtma proses çıkışının organik madde içeriği aşağıdaki üç bileşenden oluşmaktadır:

- Çözünmüş organikler
 - o Biyolojik arıtmadan kaçan organikler.
 - o Atığın biyolojik parçalanmasında oluşan ara ürünler.
 - o Hücresel bileşimler (mikroorganizma ölümü sonucu).

- Askıda organik maddeler
 - o Arıtım sırasında oluşan ve son çöktürme tankından kaçan biyolojik katılar.
 - o Arıtmıdan ve çöktürmeden kaçan giriş atıksuyundaki koloidal organik katılar.
- Biyolojik olarak parçalanamayan organikler.
 - o Bunlar orijinal olarak ham atıksuda bulunurlar.
 - o Biyolojik parçalanmanın ürünleridirler.

Daha önceki bölümde bahsedilmiş olan çıkış atıksuyu kalitesi için geliştirilmiş kinetik eşitlikler teorik olarak biyolojik arıtmadan kaçan çözünmüş organik atıklara uygulanır.

Proses kontrolü

Aktif çamur proseslerinin kontrolü yaygın işletme şartları altında yüksek arıtım verimine ulaşmak için önemlidir.

Proses kontrolünde kullanılan temel faktörler;

- Havalandırma tankında istenen çözünmüş oksijen seviyesini sağlamak,
- Aktif çamur geri dönüşünü (AÇG) düzenlemek,
- Atık aktif çamuru kontrol etmektir.

Daha önce yükleme kriterleri konusunda da bahsedildiği gibi aktif çamur prosesinde kullanılan en önemli parametreler F/M oranı ve ortalama çamur yaşı, Θ_c 'dir. Havalandırma havuzundaki askıda katı madde (biyokütle) konsantrasyonu da kontrol parametresi olarak kullanılmaktadır. Belli bir askıda katı konsantrasyonunu sağlamak için çamur geri dönüşü, atılacak çamur için de Θ_c 'yi kontrol etmek önemlidir. Oksijen tüketim hızının (OTH) kullanımı, aktif çamur sisteminin kontrolü ve izlenmesinde önemli parametrelerden biridir.

Çözünmüş Oksijen Kontrolü: Aktif çamur sistemi havalandırma tankındaki teorik oksijen miktarı; mikroorganizma faaliyetleri, organik maddenin oksidasyonu ve sistemi belli bir çözünmüş oksijen konsantrasyonunda tutmak için gerekli olan miktarların toplamına eşittir. Oksijenin mikroorganizma büyümesini sınırladığı

durumda, ipliksi (filament) mikroorganizmalar baskın duruma geçerek aktif çamurun kalitesini ve çökebilme özelliğini zayıflatırlar. Pratikte, havalandırma tankında çözülmüş oksijen konsantrasyonu 1,5-4 mg/l aralığında tutulmalıdır ancak genel olarak 2 mg/l yeterlidir. 4 mg/l'nin üzerindeki değerler işletme şartlarını önemli ölçüde iyileştirmez, yalnız havalandırma maliyetini önemli miktarda artırır.

Aktif Çamur Geri Devri Kontrolü: Sistemde çamur geri dönüşünün nedeni, istenen arıtım derecesine ulaşabilmek için havalandırma tankında yeterli çamur konsantrasyonunu tutabilmektir. Burada çıkış suyunda çamur kaçışını önlemek önemlidir. Katılar çöktürücünün tabanında çamur örtüsü oluştururlar. Çamur örtüsünün kalınlığı zamana göre değişir, çamur pompalama kapasitesinin yetersiz olması durumunda pik akışlarda çöktürücünün derinliği kadar kalınlığa ulaşabilir. Büyük sistemler için çamur pompalama kapasitesi atıksu debisinin %50 ile 100'si, küçük sistemlerde ise %150'sidir. İstenen çamur geri dönüş hızını hesaplamada birkaç teknik kullanılmaktadır. Buna göre, kontrol stratejisi ya havalandırma sisteminde belli bir askıda katı konsantrasyonu sağlamayı ya da son çöktürme tankında çamur örtüsü derinliğini belirtilen düzeyde tutmayı esas almalıdır.

En çok kullanılan teknikler;

- Çökebilirlik,
- Çamur örtüsü seviye kontrolü,
- İkinci çöktürme tankında kütle dengesi,
- Havalandırma tankında kütle dengesi,
- Çamur kalitesidir.

İki kütle dengesi için uygun limitler Şekilde gösterilmiştir. Çöktürme tankındaki çamur battaniyesi örtüsü sabit kaldığı farz edilir ve çöktürme tankı çıkış suyundaki katı konsantrasyonu ihmal edilirse, çöktürme tankı çevresindeki kütle dengesi aşağıdaki gibi yazılabilir:

Birikim = Giriş akım – Çıkış akım

$$0 = X(Q+Q_r) - X_r Q_r + X_r Q_{wl} \quad (4.14)$$

Burada;

X = Havalandırma havuzundaki askıda katı konsantrasyonu, mg/l

Q = Giriş debisi, m³/gün

Q_r = Çamur geri dönüş debisi, m³/gün

X_r = Geri dönüşteki askıda katı konsantrasyonu, mg/l

Q_{w1} = Atık çamur debisi, m³/gün

Çamur geri dönüş debisi aşağıdaki formülden elde edilir.

$$Q_r = (XQ - X_r Q_{w1}) / (X_r - X) \quad (4.15)$$

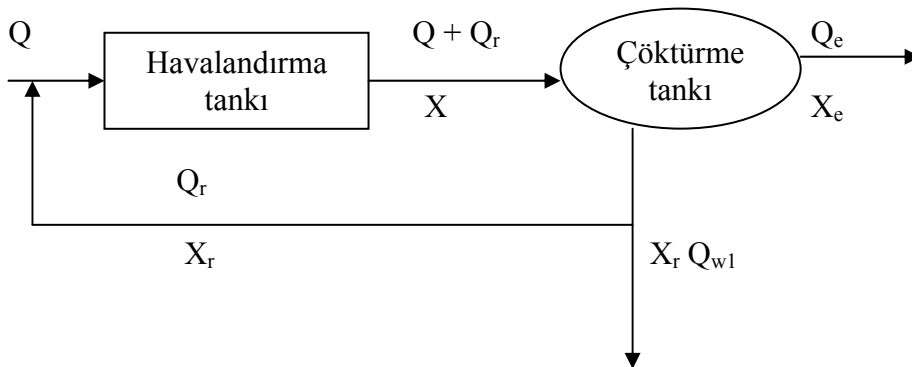
Yüksek organik yüklemelerde bu yaklaşım yanlış olabilir. Havalandırma tankına katı, çamur geri dönüşü ve ham atıksu beslemesi ile girer. Ancak girişteki katı konsantrasyonu ihmal edilirse, havalandırma tankı çevresinde kütle dengesi aşağıdaki gibi yazılabilir:

Birikim = Giriş akımı – çıkış akımı

$$0 = X_r Q_r - X(Q + Q_r) \quad (4.16)$$

Q_r için eşitlik çözülürse,

$$Q_r = Q(X / (X_r - X)) \quad (4.17)$$



Şekil 4.1 Çamur geri dönüş kontrolü için tipik askıda katı kütle dengesi: Çöktürme tankında kütle dengesi ve Havalandırma tankında kütle dengesi (www.osbuk.org/Atiksu)

Çamur Atma: Sistem içinde belli F/M oranını veya çamur yaşını sürdürebilmek için üreyen fazla çamurun sistemden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bilinen en pratik yol, daha konsantre olduğu ve küçük hacimde çamur atmak gerektirdiği için çamur dönüş hattından çamurun uzaklaştırılmasıdır. Atık çamur ön çöktürme havuzuna yoğunlaştırıcıya veya çürütücüye deşarj edilir. Proses kontrolünde çamur yaşı esas alınır, geri dönüş hattından çamur atılır ve atma hızı aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\theta_c = V_r X / (Q_{w1} X_r + Q_e X_e) \quad (4.18)$$

Burada;

Q_{w1} = Geri dönüş hattından çamur atma hızı, (m³/gün)

X_r = Geri dönüş hattındaki çamur konsantrasyonu, (mg/l)

Çöktürme tankı çıkışında katı madde konsantrasyonu çok düşükse eşitlik kısaltılarak aşağıdaki gibi yazılır;

$$\theta_c \approx V_r X / (Q_{w1} X_r) \quad (4.19)$$

ve

$$Q_{w1} \approx V_r X / (\theta_c X_r) \quad (4.20)$$

Çamur atma hızını belirlemek için havalandırma tankı ve geri dönüş hattındaki katı konsantrasyonunun bilinmesi gerekmektedir.

Çamur yaşı proses kontrolünde kullanılıyorsa havalandırma tankından atılacak çamur debisi çıkıştaki AKM ihmal edilerek;

$$\theta_c = V_r / Q_w \quad (4.21)$$

veya

$$Q_w = V_r / \theta_c \quad (4.22)$$

ifadesinden hesaplanabilir.

Burada:

$$Q_w = \text{havalandırma tankından atılan çamur debisi, (m}^3\text{/gün)}$$

F/M oranı proses kontrolünde esas alınmış ise, geri dönüş hattından çamur uzaklaştırma hızı aşağıdaki eşitlikle verilir;

$$P_x = Q_w X_r \quad (4.23)$$

Burada:

$$P_x = \text{Atık aktif çamur, (kg/gün)}$$

$$Q_w = \text{Atık çamur debisi, (m}^3\text{/gün)}$$

$$X_r = \text{Geri dönüş hattındaki katı konsantrasyonu, (mg/l)}$$

Bu durumda, çamur geri dönüş hattındaki katı madde konsantrasyonunun (X_r) bilinmesi gerekmektedir.

Tablo 4.14 Aktif çamur prosesi için tipik kinetik katsayılar
(www.osbuk.org/Atiksu)

Katsayılar	Birim	Aralık değerler	Tipik değerler
k	gün ⁻¹	2-10	5
K _s	mg/lt BOI ₅	25-100	60
	mg/lt KOI	15-70	40
Y	mgVSS/mgBOI ₅	0.4-0.8	0.6
	mgVSS/mgKOI	0.25-0.4	0.4
K _d	gün ⁻¹	0.04-0.075	0.06

Aktif Çamur Prosesi Modifikasyonları: Aktif çamur prosesi, havalı biyolojik arıtma metotları arasında geniş uygulama alanı bulmaktadır. Bu metot 1912-1914 yıllarında geliştirilmiş ve karmaşık biyolojik mekanizması nedeni ile araştırmacıların diğer proseslere kıyasla daha fazla ilgisini çekmiştir. Bu sebeple aktif çamur prosesinin yıllar içerisinde birçok çeşidi (modifikasyonu) geliştirilmiştir. Klasik aktif çamur sistemi ve farklı tiplerinin akım şemaları şekil 5.8 de gösterilmektedir. Sistem birinci kademe arıtma, ızgara, kum tutma ve çökeltme işlemlerinden oluşmaktadır. Evsel atıksularda birinci kademe arıtma ile atıksudaki BOI'nin %30-35'i giderilmektedir. Ön çökeltmeden sonraki arıtmaya ikinci kademe arıtma denir. İkinci kademe arıtma, biyolojik havalandırma işleminin safhasıdır. Bu işlem sırasında çözünmüş organik madde, çökelebilen biyokütle haline dönüştürülür ve son çökeltme tankında çamur olarak tutulur. Daha önceden havalandırılmış olan bu çamura “aktif çamur” denir. Aktif çamurun bir bölümü havalandırma tankına geri döndürülür. Geride kalan kısım ise çoğalan çamura karşı gelen çamur olup sistemden dışarı alınarak birinci kademe arıtma sırasında çıkan çamurla karıştırılır. Karışık çamur daha sonra yoğunlaştırılır ve en sonunda daha ileri stabilizasyon sağlamak amacıyla çamur çürütücülere gönderilir. Aktif çamur prosesi ile %90'ın üzerinde BOI giderimi sağlanır.

4.3.1.2.Kesintisiz Akışlı Aerobik Lagunların Projelendirilmesi

Kesintisiz akışlı aerobik lagunlar, aktif çamur tesislerinde bulunan havalandırma tanklarına benzetilmektedir. Ancak bu lagunlarda aktif çamurdaki gibi çamur geri döndürmesi yoktur.

Kesintisiz akışlı aerobik lagunlar geri döndürme olmadığından ve akım kesintisiz olduğundan, hidrolik alıkoyma süresi (t) ortalama hücre barınma süresine (θ_c) eşittir.

Bu lagunlarda iyi karışım olduğu söylenebilir ve projelendirme ideal tam karışımli modele göre yapılabilir.

1-Substrat giderimi ve katı madde konsantrasyonu

Eğer tam karışımli model kullanılıyorsa, denge şartlarında ve geri döndürme yapılmayan durumlarda. Aşağıdaki bağıntı kullanılır:

$$X = Y(S_0 - S) / (1 + K_d \theta_c) \quad (4.24)$$

X = Sistemdeki askıda katı madde konsantrasyonu, (mg/l).

S_0 = Başlangıçta ki substrat konsantrasyonu, (mg/l)

S = Substrat konsantrasyonu, (mg/l)

K_d = Birim zamanda endojen bozunma hızı katsayısı, (gün⁻¹).

θ_c = çamur yaşı, (gün).

Benzer şekilde, tam karışımli model uygulandığında. Aşağıdaki bağıntı kullanılır;

$$S = S_0 / (1 + k' \theta_t) \quad (4.25)$$

k' = Özgül substrat kullanım hızı, (mg/l)⁻¹(gün)⁻¹

Bağıntı 1 ve 2 birleştirilirse;

$$S = (1 + K_d \theta_t) / Y k' \theta_t \quad (4.26)$$

Y = Verim katsayısı, (kütle/kütle)

Bu bağıntıdan da görüleceği gibi, arıtılmış atıksudaki BOİ, gelen atıksudaki BOİ'den (S_0 ' dan) bağımsızdır. Çünkü eğer S_0 büyürse, x değeri dolayısıyla $k'x$ değeri de büyür. Böylece arıtılmış atıksudaki konsantrasyon aynı kalır. Belli bir atık cinsi ve belli bir alıkoyma süresinde S değeri Sadece Y , K_d ve k' değerine bağlıdır.

20 C⁰ sıcaklıkta evsel atıksular için k' değerleri, 0.01-0.03 (mg/l)⁻¹.(gün)⁻¹ aralığında kalır. Diğer sıcaklıklara çevirme katsayısı $\theta = 1.035$ alınabilir.

2- Alıkoyma süresi

Projelendirmede kullanılan katsayıların lagunun boyutları üzerinde kayda değer etkileri vardır. bu nedenle, kullanılacak katsayılar dikkatle seçilmeli, tercihen laboratuvar ve arazi donelerine dayandırılmalıdır. Evsel atıksu arıtılan bir tesiste %50 BOİ giderimi elde etmek için uygun iklimlerde 2-3 gün, soğuk iklimlerde ise 5 güne kadar alıkoyma süreleri gerekir.

3- Katı madde konsantrasyonu

Aerobik bir lagundaki toplam VSS (votalatıl askıdaki katı madde), o lagundaki TSS'nin (toplam katı madde miktarı) %60-80'i kadardır. Bu tip lagunlardaki katı madde konsantrasyonu, atığın özelliklerine, lagundaki yüklemeye, randımana ve birim hacim için uygulanan güç miktarına bağlı olarak genellikle 100-300 mg/Lt arasında değişir. Buradan anlaşılacağı gibi, kesintisiz akışlı aerobik lagunlardaki katı madde konsantrasyonu x , fakültatif havalandırılmalı lagunlardakinden daha yüksektir. Bu nedenle, verilen bir atıksu arıtılabilirlik katsayısı k' için, toplam giderim hızı $k'x$ aerobik havuzlarda daha yüksektir.

4- Arıtılmış atıksuyun BOİ değeri

Arıtılmış atıksuyla beraber bir hayli katı madde de dışarı çıkmaktadır. Bu katı maddeler sebebiyle arıtılmış atıksudaki toplam BOİ giderimi, fazla yüksek olmayacaktır.

$$BOİ_5 = (S) + (0.5-0.8(SS)) \quad (4.27)$$

S = Katı madde konsantrasyonu, mg/Lt

SS = Askıda katı madde konsantrasyonu, mg/Lt

5- Oksijen ihtiyacı

Sağlanan oksijen, karbon orijinli maddelerin biyokimyasal oksijen ihtiyaçlarını karşılamaya yeterli olmalıdır. Çünkü, aerobik lagunlarda nitrifikasyon olmaz.

$$\text{Oksijen talebi/gün} = (\text{Giderilen çözünebilir BOI}_{\text{u}}/\text{gün}) - (\text{Sistemi terk eden katı maddelere ait BOI}_{\text{u}}/\text{gün}) \quad (4.28)$$

6- Havalandırma gücü ve güç seviyesi

Aerobik lagunların güç ihtiyaçları, bütün katı maddeleri karıştırmak ve askıda tutmak için 2.75-5kW/1000 m³ lagun hacmidir. Bu husus çok önemlidir. Aksi durumlarda, lagun kesintisiz akışlı aerobik yapıda değil, fakültatif havalandırılmalı şekilde çalışır.

Minimum güç seviyesi’ ve ‘ekonomik alıkoyma süresi’ terimleri, birbirleriyle çelişmektedir. Güç kullanımında ekonomi sağlamak için maksimum alıkoyma süresi öyle bir seçilmelidir ki, arzulanan BOİ giderimini sağlayacak güç ihtiyacı ile karışım şartlarını sağlayacak güç ihtiyacı mümkün olduğunca çakışmalıdır.

4.3.1.3. Fakültatif Stabilizasyon Havuzlarının Projelendirilmesi

1- Alg büyümesi ve oksijen üretimi

Algler güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürürler. Ampirik çalışmalar sonucunda, görülebilen ışık enerjisinin yaklaşık %6’sının alg enerjisine dönüştüğü görülmüştür. (www.osbuk.org/Atiksu)

Alg hücrelerinde bulunan kimyasal enerjinin her 1 gram alg için ortalama 6000 kalori olduğu tespit edilmiştir. Bir yüzeye gelen ışık enerjisi, gr-kalori/cm²- gün (langley/gün) cinsinden ifade edilir. (www.osbuk.org/Atiksu)

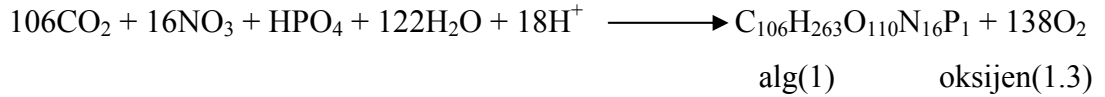
Su yüzeyinden geçebilecek görülen radyasyon, 4000-7000°A ile sınırlıdır. Tablo 28 ‘ de 10° ile 50° kuzey enlemleri arasındaki tipik değerler verilmektedir. Maksimum değer açık havalarda, minimum değer ise bulutlu havalarda elde edilir. Bir bölgedeki ‘gökyüzü açıklık faktörüne ‘ dayanılarak elde edilen ortalama görülebilen radyasyon aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$\text{Ortalama radyasyon} = \text{Minimum radyasyon} + ((\text{Maks. rad.} + \text{Min. rad.}) * \text{Gökyüzü açıklık faktörü}) \quad (4.29)$$

Tablo 4.15 Farklı Enlemlerdeki Ortalama Görülebilir Radyasyon (Arceivala. S. J. , 1998)

Enlem (kuzey,derece)	Görülebilir Radyasyon	
	Maksimum	Minimum
50	26	7
40	66	24
30	126	70
20	182	120
10	225	162

Alg üretimine bağlı olarak, oksijen üretimi aşağıda verilen bağıntı yardımı ile hesaplanabilir:



Oksijen üretimi, ağırlık yönünden alg üretiminin 1.3 katıdır. Üretilen oksijen, atıksuyun BOİ'sinin karşılanması açısından değerlidir. Bu nedenle, ortalama aerobik şartlar sağlanması için, arıtılmış atıksuyun BOİ değeri (BOİ_u) alglerin fotosentezle ürettiği oksijen miktarını geçmemelidir. Arıtılmış atıksuda her zaman bir miktar çözünmüş oksijen üretimi-tüketimi dengelenmelidir.

2- Substrat giderim hızı

Birim zamanda substrat (BOİ) giderim hızı K_p, mevcut havuzlara veya laboratuvar ölçeğinde yapılmış ünitelere gelen ve çıkan konsantrasyonlar (S₀ ve S), debi (Q), havuz hacmi (V) ve sıcaklıklar ölçülerek bulunur. (Alıkoyma süresi t = V/Q)

Bu şekilde elde edilen done, iki ideal akım modelinden birisine uydurulur;

1- Piston Akım

$$S = S_0 \cdot e^{-K} \quad (4.30)$$

2- Tam Karışım Akım

$$S = S_0 / (1 + K \cdot t) \quad (4.31)$$

K = Birim zamandaki reaksiyon hızı katsayısı

3- Dağınık (dispersed) akım

$$S = S_0 \left((4a \cdot e^{1/2d}) / (1+a)^2 \cdot e^{a/2d} - (1+a)^2 \cdot e^{a/2d} \right) \quad (4.32)$$

Burada;

$$a = \sqrt{1 + 4K_p \cdot t \cdot d}$$

$$d = D/UL$$

D = Dispersiyon katsayısı, (m²/saat)

U = Akım hızı, (m/saat)

L = Akım boyu, (m)

Bu metot, ideal akım modeli yerine gerçek akım modelini dikkate aldığından, gerçek K_p değerini verir. K_p değeri, havuz alıkoyma sürelerinin belirlenmesinde faydalıdır.

3- Havuzlarda alıkoyma süresi

Havuzlarda istenen derecede BOİ veya koliform giderimi elde etmek için gereken alıkoyma süresi, son derece önemlidir.

$$K_p (20^\circ \text{C'de}) = 0.132 \log (L) - 0.169 \quad (4.33)$$

Pratikte 20 C°' deki K_p değeri, havuz yüklemesine bağlı olarak, 0.10-0.15 arasında değişir.

BOİ yükü, (kg/ha-gün)	K _p /gün (20 C°'de)
100	0.10
200	0.13
300	0.15

Eğer havuzdaki ortalama kış sıcaklığının 20 C°' den az olacağı tahmin ediliyorsa, belli bir havuz yüklemesine ait bilinen K_p değeri, beklenen kış sıcaklığına (T) göre aşağıdaki bağıntı ile düzenlenir.

$$K_p (T \text{ C}^\circ \text{ de}) = K_p (20 \text{ C}^\circ \text{ de}) * 1.035^{T-20} \quad (4.34)$$

4- Havuz derinliği

Havuz derinliği, genellikle 1-2 metre arasındadır. Derinlik öyle seçilmelidir ki, minimum havuz yüzey alanında (istenen alg üretimini sağlamak için) minimum alıkoyma süresi kriterleri de sağlanmalıdır).

5- Havuzlarda anaerobik aktivite

Alt tabakalarda çökelen organik maddeler, önce sıvılaşır, sonra da gaz haline geçerler. Sıvılaşmaya fakültatif bakteriler (asit yapıcılar) neden olur ve bu işlem esnasında BOİ' de bir azalma olmaz. Eğer şartlar gaz oluşmasına elverişli değilse, sıvılaşan maddeler yukarı doğru yayılır.

Gaz oluşumunda tam anlamıyla anaerobik olan metan bakterileri etkili olur. Bu bakteriler organik karbonun, karbondioksit ve metana dönüştürürler. Metan oluşumu BOİ giderimini gösterir. Metan bakterileri sadece sıcaklığın 15-18 C°'nin üzerinde olması ve hiç ÇO (çözünmüş oksijen bulunmaması durumunda) çalışırlar. Böylece, sıcak ve ılık bölgelerdeki yüksek BOİ yüklemeli derin havuzlar, devamlı gaz oluşturur ve anaerobik olarak %30-50 civarında BOİ giderimi sağlarlar.

Bu durumun aksine, soğuk iklimlerde organik maddeler sıvılaşır, ama gaz haline geçemezler. Çok soğuk iklimlerde sıvılaşma bile olmayabilir. Bu şartlarda kış aylarında havuz içeriği ‘soğuk depolama’ daki gibi kalır. Daha sonra, ilkbaharın sonlarında sıcaklıklar yükselince bakteri faaliyeti ve oksijen talebi oldukça yükselir ve çok kötü kaliteli arıtılmış atık su elde edilir.

6- Havuzlarda sülfür oluşumu

Fakültatif havuzlarda genellikle bir miktar sülfür oluşur. Oluşan sülfürün çok olması durumunda çevreye kötü koku yayılır ve hatta alg aktivitesi azalarak durur. Sülfür oluşumu, genellikle havuzların anaerobik alt tabakalarında sınırlandırılır ve alttan üste doğru yayılırken aerobik tabakalarda kimyasal ve biyokimyasal olarak oksitlenir. Fakat, eğer sülfür oluşumu çok fazlaysa veya üst tabakalarda yeterli derecede oksijen sağlanamıyorsa, kötü koku oluşur.

Gloyna ve Espino, laboratuvar ölçekli muhtelif yükleme şartlarına sahip stabilizasyon havuzlarında sülfür üretimini çalışmışlar ve 25C⁰ için aşağıdaki ampirik bağıntıyı geliştirmişlerdir:

$$S^{-2} \text{ (mg/l)} = (0.0001058 \text{ (kg BOI}_5 \text{ / ha-gün)} - 0.001655 \text{ (alıkoyma süresi, gün)} + 0.0553) * SO_4^{-2} \text{ (mg/l)} \quad (4.35)$$

Eğer BOİ yüklemesi, havuzdaki alıkoyma süresi ve gelen atıksudaki SO₄⁻² konsantrasyonu biliniyorsa, yukarda ki bağıntı kullanılarak bir fakültatif havuzda yaklaşık 25C⁰, de 24 saatlik sülfür iyonu (S⁻²) konsantrasyonu bulunabilir.

Eğer ortalama sülfür iyonu konsantrasyonu 4mg/l değerinin üzerine çıkarsa, alg aktivitesi engellenir. Gloyna, Espino ve diğer bazı araştırmacılar, sülfür iyonu konsantrasyonunun yaklaşık 6.5-8.4 mg/l civarında olması durumunda, alglerin yok olduklarını gözlemlemişlerdir.

Özellikle sıcak iklimlerde, yüksek BOİ yüklemeli ve kısa alıkonma süreli havuzlarda sülfür oluşumu ciddi bir problemdir.

Havuzlardaki erken sülfür oluşumunu tayin etmek için, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP) ölçümleri kullanılmaktadır. Sülfür iyonu konsantrasyonundaki küçük bir artış, ORP’de büyük düşmelere sebep olmaktadır. Havuzlardaki sülfür iyonu konsantrasyonu, gün içinde değişiklikler gösterir. Konsantrasyon değeri, genellikle güneş doğmadan önce maksimum, fotosentetik oksitlenmeden sonra ise minimumdur.

7- Havuzlarda mikroorganizma giderimi

BOİ gideriminde olduğu gibi, havuzlardaki bakteri giderimi de sıcaklık ve karışım şartlarına bağlıdır. Farklı görüşlere rağmen, alg varlığı bakterilerin ölmesini hızlandırmaz.

Bakterilerin ölme hızı, birinci-derece kinetikle aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$dN/dt = K_b * N \quad (4.36)$$

Burada;

N : Verilen herhangi bir zamanda (t) mikroorganizma sayısı.

K_b : Birim zamanda ölme hızı.

Marais, bakteri ölüm hızları ile ilgili çok faydalı bilgiler yayınlamıştır. Bu hızları benimseyen Arceivalla, dağınık akım şartlarında aşağıdaki değerleri tavsiye etmektedir:

$$K_b = 1.0-1.2 \text{ gün}^{-1} \text{ (20 C}^\circ\text{’de)}$$

Marais’in verdiği havuzdaki koliform, E.Coli ve fecal streptocci için uygulanabilir olduğu görülmüştür. 20 C°’den farklı sıcaklıklarda, özellikle 5-21 C° arasındaki sıcaklıklarda, bu hız aşağıdaki bağıntı ile ayarlanabilir:

$$K_b (T \text{ C}^\circ\text{’de}) = K_b (20 \text{ C}^\circ\text{’de}) * (1.19)^{T-20} \quad (4.37)$$

Yüksek bir katsayı olan (1.19) değeri, sıcaklığın bakterilerin ölme hızında kayda değer derecede etkili olduğunu göstermektedir.

Ham atıksudaki koliform konsantrasyonu, 10^6 - 10^7 koliform /100 ml'dir. Sulamada kullanılabilecek arıtılmış atıksuda bu konsantrasyonun 1000 koliform/100 ml'den az olması istenir. Bu nedenle giderim oranının %99.9-99.99 veya daha yukarı olması gerekir. İyi karışımli havuzlar bu yüksek randımanı nadiren sağlayabilirler. sadece piston akıma yaklaşan şartlarda bu randıman elde edilebilir.

Eğer projeci yüksek giderim istiyorsa, aşağıdaki alternatif stratejiler kullanılabilir:

- 1- Havuz geometrisi çok düşük D/UL değeri verecek uygunlukta olmalıdır.
- 2- Seri haldeki hücreler sağlanmalıdır (en az üç hücre)
- 3- Alıkoyma süresi yükseltilmelidir (derinlik yükseltilmeli)
- 4- İlave havuzlar sağlanmalıdır (örneğin, 5-7 gün alıkoyma süreli olgunlaştırma havuzları)
- 5- Klorlama sağlanmalıdır.

Son alternatif (klorlama), soğuk iklimlerde fizibil olabilir. Fakat, sıcak ülkelerde önce diğer alternatifler uygulanmalıdır. Arıtılmış atıksularda trihalometanların (THM) oluşumundan korktuğu için, klorlama tercih edilmemektedir.

Seri halde üç hücreli havuzlarda diğer organizmaların yanında helmitler de tamamen giderilir. Arazide yapılan deneylerde virüs gideriminin de %85'in üzerinde olduğu görülmüştür.

8- Çamur birikimi

Gloyna, çamur birikimini 0.03 - 0.05 m³/kişi-yıl olarak vermektedir. Hindistan'da dört adet havuzda dört yıl süreyle yapılan çalışmalar sonucunda bulunan ortalama değer 0.08 m³/kişi-yıl'dır.

Kum (grit), biriken çamur hacminin sadece %5-10'luk bir kısmını teşkil eder. Fakat, ilk bölmede direkt olarak giriş noktasına yakın yerlerde çökerek problem çıkarır. Bu probleme rağmen, havuzlarda önceden bir kum tutucuya gerek yoktur.

Çamur temizleme işlemi, en az 5-10 yılda bir yapılmaktadır. Kurutulan çamur, çiftçiler tarafından toprak iyileştirici olarak tercih edilebilir.

4.3.1.4. Aşağıdan Yukarıya Akışlı Anaerobik Çamur Battaniyesi Prosesinin Projelendirilmesi

1- Projelendirmede ana yaklaşım

AAÇB tipi arıtma tesislerinde projelendirme, BOİ, KOİ, pH, alkalinite, VSS, TSS ve diğer parametreler dikkate alınarak, her durum için özel olarak yapılır. Ayrıca, muhtemel toksik etkileri sebebiyle sülfatlar, sülfidler, amonyak ve ağır metaller de göz önünde bulundurulmalıdır. Bütün bunlarla beraber, iki önemli atıksu özelliği bilinmelidir. Bunlar, sıcaklık değişimleri (katı madde alıkoyma süresini etkiler) ve debi değişimleridir (aşağıdan yukarıya hızı etkiler).

Reaktörün boyutlandırılması: AAÇB tipi arıtma sistemleri, genellikle sıcaklığın 20 C° ve üstü olduğu iklim koşullarında tercih edilir. 20-26 C° arasındaki sıcaklıklarda 30-38 günlük katı alıkoyma sürelerinde, stabilize olmuş bir çamur kalitesi sağlanmaktadır. Bu çamur, doğrudan doğruya kurutma yataklarına verilebilmektedir. Denge şartlarında tesis den çekilecek günlük çamur miktarı, ham atıksuyun özelliklerine bağlıdır. Çünkü, bu çamur miktarı aşağıdakilerin toplamına eşittir:

- (i) BOİ giderimi neticesinde oluşan yeni VSS. (Verim (yield) katsayısı, giderilen her gram BOİ için 0.1 gram VSS kabul edilecektir.)
- (ii) Gelen atıksudaki VSS'nin %40'ının bozunabilir olduğu ve %60'ının kaldığı kabul edilecektir.
- (iii) Gelen sudaki kül (TSS – VSS olarak, mg/l)

Yukarıdaki üç bileşke, günlük çamur miktarını oluşturur. Bu miktar, denge şartlarında tesisten çekilecek çamur miktarına eşittir.

Zamanla-değişmez durumda (steady-state) katı alıkoyma süresi (KAS), aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir:

KAS = Reaktördeki toplam katı madde, (kg/ Her gün uzaklaştırılan çamur), (kg/gün)

= 30-50 gün (veya sıcaklığa bağlı olarak daha fazla)

Hidrolik Alıkoyma Süresi (HAS);

$HAS = \text{Reaktör hacmi, (m}^3 / \text{Debi), (m}^3 / \text{saat)}$

= 8-10 saat veya daha fazla (ortalama debide)

Arzulanan KAS değerinin sağlanması için, uygun bir reaktör hacmi seçilmelidir. Bu seçimden sonra KAS kullanılarak HAS hesaplanabilir. HAS' i bulmak için aşağıdaki parametreler için uygun kabuller yapılmalıdır:

- (i) Reaktör derinliği
- (ii) Çamur tabakasının etkin derinliği
- (iii) Çamur tabakasının ortalama çamur konsantrasyonu (genellikle 70 kg/m³)

Düşük BOİ' li evsel atıksuları arıtan reaktörlerde toplam derinlik 4.5-5.0 metredir. Bu derinliğin 2.0-2.5 metrelik kısmı çamur tabakasının derinliğidir. Eğer yüksek BOİ'li atıksu arıtılacaksa, tavsiye edilen organik katı madde yükleme değerini elde etmek için, reaktör derinliği artırılmalıdır.

Reaktör derinliği belirlendikten sonra, aşağıdan yukarıya akım hızı bulunur:

Aşağıdan yukarıya akım hızı, (m/saat) = Reaktör yüksekliği/ HAS, saat

Ortalama debi kullanılarak ortalama HAS elde edilir. Pik debi kullanıldığında ise, minimum temas süresi ve minimum HAS elde edilir. Deneyler göstermektedir ki, reaktörde flok halinde çamur oluşturmak ve muhavaza etmek için, ortalama debide aşağıdan yukarıya hız 0.5 m/saati ve pik debide 1.2 m/saati geçmemelidir. Daha yüksek hızlarda katı madde taşınması olacağından, arıtılmış atıksu kalitesi düşecektir. Daha sonra besleme giriş sistemi tasarlanır. Böylece, AAÇB reaktörünün arzulanan ebatları belirlenir.

2- Fiziksel parametreler

Tek bir modülün atıksu kapasitesi 10000-15000 m³/gündür. Büyük debilerde gereken sayıda modül seçilmelidir. Modüllerden biri devre dışındayken, geri kalan modüllerdeki fazla yükün toplam debide %10'dan fazla olmamasına dikkat edilmelidir. AAÇB reaktörleriyle ilgili fiziksel detaylardan bazıları :

Planda reaktör yerleşimi: Dikdörtgen veya dairesel. Büyük tesisler için üsteki gaz toplama kapakları daha kolay yerleştirilebileceğinden, dikdörtgen olanlar tercih edilir. Dairesel olanların inşaatı ise daha ekonomik olmaktadır.

Derinlik: Evsel atıksular için 4.5-5.0 m. Daha yoğun atıksular için daha derin

Genişlik veya Çap: Üniform akım dağılımı ve çamur çekişi sağlamak için, giriş manifoldlarının boyu yaklaşık 10-12 m olarak sınırlandırılır. Bu sınırlandırma, metodun toplam büyüklüğünü etkiler.

Boy: Gerektiği kadar (dikdörtgen ünitelerde).

Giriş Besleme: Topografyaya bağlı olarak,

1. Üstte cazibeyle verilir (evsel atıksular için tercih edilir).
2. Alttan manifold ve dağıtıcılardan pompalarla verilir (yoğun endüstriyel atıklar için tercih edilir.)

Çamur Tabakası Derinliği: Evsel atıklar için 2.0-2.5 m. Daha yoğun atıksular ve endüstriyel atıksular için, istenen organik yüklemeyi sağlamak üzere daha büyük derinlikler gerekir.

Deflektör / GSKA (gaz-sıvı-katı ayırıcı) : Bu yönlendirici kirişin eğimi 60°' dir. Gazın, çökelmiş sıvının ve çamurun gerekli yerlere yönlendirilmesini sağlar. Reaksiyon bölgesi ile çökeltme kompartmanı arasındaki boşlukta hız genellikle pik akımda 5 m/sn ile sınırlandırılmıştır.

Çökeltme Bölmesi: Derinlik 2.0-2.5 metredir. Pik akımda yüzey yükleme (taşma) değeri $20-28 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-gündür}$.

Ünite Yük Kaybı: Üsten beslemeli olmalı durumunda 2-3 m.

3-Proses tasarım parametreleri

Sıcaklığın 20 C° ’ den büyük olduğu ortamlarda ve BOİ değerinin 200-300 mg/lit civarında olduğu atıksular için, bazı önemli tasarım parametreleri aşağıda verilmektedir.

Hidrolik Alıkoyma Süresi (HAS): Ortalama akımda 8-10 saat (Pik akımda minimum 4 saat)

Katı Madde Alıkoyma Süresi (KAS): 30-50 gün veya daha fazla.

Çamur Tabakası Konsantrasyonu : $15-30 \text{ kg VSS /m}^3$. Yaklaşık 70 kg toplam katı madde (TKM)/ m^3

Çamur Tabakası Üzerindeki Organik Yükleme: $0.1-1.0 \text{ kg KOİ /kg VSS-gün}$

Volumetrik Organik Yükleme: Evsel atıksular için $1-3 \text{ kg KOİ/m}^3\text{-gün}$ (Endüstriyel atıksularda $10-15 \text{ kg KOİ/m}^3\text{-gün}$ kadar çıkar)

BOİ / KOİ Giderim Randımanı: Evsel atıksularda: BOİ için: %75-85, KOİ için: %74-78

Endüstriyel atıksularda: BOİ ve KOİ için: %85-95

Giriş Noktaları: Minimum bir nokta (Her $3.7-4.0 \text{ m}^2$ taban alanı için).

Akım Rejimi: Akım üniteye pompajla veriliyorsa sabittir. Cazibeli sistemde akım rejimi değişiktir. Cazibeli durumda pik ve ortalama debiler bilinmelidir.

Aşağıdan Yukarıya Akış Hızı: Ortalama akımda yaklaşık 0.5 m/saat, pik akımda yaklaşık 1.2 m/saat. Düşük olan seçilir.

Çamur Oluşumu: Her m³ atıksu akımı için 0.15-0.25 kg toplam katı madde.

Çamur Kurutma Süresi: Hindistan'da 7 gün. Normal olarak AAÇB çamurunun kurutulması, konvansiyonel atıksu arıtma tesislerindeki göre daha kolaydır.

Gaz Üretimi: Teorik olarak giderilen her kg KOİ için 0.38 m³. Gerçekte giderilen her kg KOİ için 0.1-0.3 m³.

Gaz Kullanımı: Kullanım yeri ve şekli isteğe bağlıdır. %75 metan içeren 1 m³ gazdan 1.4 kW-saat elektrik üretilir.

Azot ve Fosfor Giderimi: Sadece %5-10

4- İleri arıtma gereksinimi

AAÇB ile atıksu arıtımından sonra ileri arıtma gerekebilir. Eğer deşarj standartlarına % 75-85 BOİ giderimi yeterliyse, sadece arıtılmış atıksuda ki anaerobik durumu yok etmek için az miktarda havalandırma gerekir. Bu durum da basit bir kaskad havalandırıcı yeterli olabilir. Sulama alanına giden suyun açık bir kanalda akıtılması veya alan yeterliyse, kısa alıkoyma süreli bir havuz yapılması da aynı görevi yapacaktır. Hindistan'da sulama suyu standartları (BOİ < 100 mg/l) uygun olduğundan, AAÇB ile arıtılmış atıksular sonradan sadece havalandırılmaktadır. Bu şekilde havalandırılan su, aynı zamanda derelere deşarj şartlarındaki sağlayabilmektedir.

Eğer nehirlerle deşarjda olduğu gibi daha yüksek standartlar istenirse, daha iyi bir ileri arıtma gerekir. Uygun bir ileri-arıtma tasarımı yapılması, içinde anaerobik basamakların olduğu bir projenin başarısı açısından önemlidir. Deşarj standartlarını sağlamak için, çeşitli şekillerde ileri arıtma yapılabilir.

Tablo 4.16 AAÇB ile Arıtılmış Atıksuların İleri- Arıtımı için Tipik Metodlar
(Arceivala. S. J. , 1998)

İleri-arıtma metodu	Amaçlar
Kaskadlarla havalandırma yapılarak (veya yapılmayarak) atıksuyu bir havuzda bekletmek.	Koku veren rahatsız edici gazları gidermek (kükürtlü gazlar), anaerobik yapıyı bozmak ve sudaki herhangi bir katı maddeyi tutmak.
Aerobik biyolojik arıtma (havalandırılmalı lagunlar, aktif çamur, uzun havalandırma).	Sülfürleri, askıda katı maddeleri, BOİ, nütrientleri (azot ve fosfor), BOİ ve KOİ'yi azaltmak.
Kimyasal arıtma	Sülfürlerin giderilmesi, pH ayarlanması, askıda katı maddelerin, nütrientlerin (azot ve fosfor), BOİ ve KOİ'nişn azaltılması.
Oksidasyon Havuzları	Helmitleri yok etmek ve patojenleri azaltmak.
Su mercimeği Havuzları	Askıdaki katı maddeleri, BOİ ve KOİ değerini azaltmak, balık üreterek biyolojik kütleyi geri kazanmak.

5- BULGULAR

5.1. Mağusa Bölgesindeki İki Arıtma Tesisine Gelen Debilerin Hesabı

Mağusa bölgesine iki arıtma tesisi yapılacaktır. Mağusa bölgesi nin mahalleri gösteren haritasının üzerinde, arıtma tesislerinin yerleri ve hangi arıtma tesisine hangi mahallelerden atıksu geleceği oklarla gösterilmiştir. Arıtma tesislerinin yerleri ve mahallelerden tesislere gelen atıksular toprak eğimine göre düzenlenmiştir (Ek 1).

Tablo 5.1 Mahallelere Göre Nüfus Dağılımı ve Suyun Hangi Tesise Geldiği

Mahalle	Nüfus (kişi)	Hangi arıtma tesisi
Sakarya	3157	2
Dumlupınar	2865	2
Yenişehir	947	2
Karakol	2096	2
Surlariçi	5412	2
Bakal	4065	2
Namık Kemal	1995	2
Çanakkale	2069	1
Piyale Paşa	4833	1
Zafer	2412	1
Canbulat	3438	1
Pertev Paşa	2918	1
Anadolu	1050	1
Lala Mustafa Paşa	2622	1

Birinci arıtmaya gelen debi = $19342 \text{ kişi} \times 0.16 \text{ m}^3/\text{kişi-gün} = 3094.72 \text{ m}^3/\text{gün}$

İkinci arıtmaya gelen debi = $20537 \text{ kişi} \times 0.16 \text{ m}^3/\text{kişi-gün} = 3285.92 \text{ m}^3/\text{gün}$

2030 Nüfus Artışından Sonra:

Birinci arıtmaya gelen debi = $40130 \text{ kişi} * 0.16 \text{ m}^3/\text{kişi-gün} = 6420.8 \text{ m}^3/\text{gün}$

İkinci arıtmaya gelen debi = $42610 \text{ kişi} * 0.16 \text{ m}^3/\text{kişi-gün} = 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün}$

5.2. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Izgara Tasarımı

Tesisde debi $400 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'den küçük olduğu için elle temizlenen çubuk ızgaralar tasarlandı.

$$Q = 6420.8 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.0743 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Pik debi küçük tesislerde ortalama debinin üç katı alınır.

$$\text{Pik debi} = 0.2229 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Izgara alanının hesaplanması;

$$A = Q/V = 0.2229/0.9 = 0.248 \text{ m}^2$$

Çubuklar arası akım hızı $V = 0.9 \text{ m/sn}$ kabul edilir.

$$\text{Boşluk Genişliği} = A/d = 0.248/0.66 = 0.375 \text{ m} = 375 \text{ mm}$$

$d = \text{su derinliği} = 0.66 \text{ m}$ kabul edilir.

Izgara çubukları arası net açıklık = 25mm (Tablo 4.2)

$$\text{Çubuk Sayısı} = 375/25 - 1 = 14 \text{ adet}$$

Izgara çubuk genişliği = 8 mm (Tablo 4.2)

$$\text{Toplam Çubukların genişliği} = 14 * 8 = 112 \text{ mm}$$

$$\text{Toplam Izgara genişliği} = 375 + 112 = 478\text{mm} = 0.478\text{m}$$

Temiz ve kısmen tıkanmış ızgaralarda yük kaybı;

$$h_L = ((V^2 - v^2)/2g) * (1/0.7) = ((0.9 - 0.6)/2 * 9.81) * (1/0.7) = 0.0328 \text{ m} = 32.8 \text{ mm}$$

v = Izgara öncesi kanaldaki hız. (m/sn)

5.3 Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Kum Tutucu Tasarımı

Tesise havalandırılmalı kum tutucu tasarımı yapılmıştır.

$$\text{Pik debi} = Q = 0.2229 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$4 \text{ dakikalık alıkonma süresi için gerekli hacim} = Q * t = 0.2229 \text{ m}^3/\text{sn} * 4 \text{ dak} * 60\text{sn/dak} = 53.50 \text{ m}^3$$

Orta kısımdaki su derinliği = $d = 3.65 \text{ m}$ kabul edilir.

Hava payı = 0.8 m

Kum tutucunun toplam derinliği = 4.45 m kabul edilir.

$$\text{Yüzey Alan} = V/d = 53.50 \text{ m}^3 / 3.65\text{m} = 14.66 \text{ m}^2$$

Uzunluk: genişlik = 4:1 (tablo 4.6)

$$\text{Alan} = 4w * w = 4w^2 = 14.66 \text{ m}^2$$

Genişlik = $w = 1.91 \text{ m}$

Uzunluk = $L = 7.66 \text{ m}$

$$\text{Pik debide alıkonma süresi} = (d * L * w) / (Q * 60 \text{ sn/dak}) = (3.65 * 1.91 * 7.66) / (0.2229 * 60 \text{ sn/dak}) = 3.99 \text{ dak}$$

Kum tutucu boyunca hava gereksinimi = 7.8 lt/sn.m

Hava gereksinimi = $7.8 \text{ lt/sn.m} * 7.66\text{m} = 59.75 \text{ lt/sn}$

$$\text{Yüzeysel hidrolik yük} = (Q * 86400\text{sn/gün}) / A = (0.2229 * 86400) / 14.66 = 1313.7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{gün}$$

5.4. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Ön Çökeltme Havuzu Tasarımı.

Tesise dikdörtgen ön çökeltme havuzu tasarımı yapılmıştır.

$$\text{Ortalama debi} = Q = 6420.8 \text{ m}^3 / \text{gün} = 0.0743 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

$$\text{Ortalama debide alıkonma süresi} = 1.5 - 2.5 \text{ saat}$$

$$\text{Ortalama debide yüzeysel hidrolik yük} 36 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{ den daha küçük olmalı.}$$

$$\text{Kanaldaki su hızı pik debide } 0.35 \text{ m/sn 'den küçük olmalı.}$$

$$\text{Yüzey Alan} = A = 0.0743 * 86400 (\text{sn/gün}) / 36 (\text{m}^3 / \text{m}^2) = 179 \text{ m}^2$$

$$\text{Uzunluk: genişlik} = 4:1$$

$$4w^2 = 179 \text{ m}^2$$

$$w = 6.69 \text{ m}$$

$$L = 26.76 \text{ m}$$

$$\text{Derinlik} = d = 3.1 \text{ m kabul edilir.}$$

$$\text{Uzunluk: derinlik} = 26.76 / 3.1 = 8.63$$

$$\text{Yüzeysel yük kontrolü;}$$

$$\text{Ortalama debide yüzeysel hidrolik yük:}$$

$$(Q * 86400 \text{ sn/gün}) / (w * L) = (0.0743 * 86400) / (6.69 * 26.76) = 35.86 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{gün}$$

$$\text{Pik debide yüzeysel hidrolik yük:}$$

$$(Q_p * 86400 \text{ sn/gün}) / (w * L) = (0.2229 * 86400) / (6.69 * 26.76) = 107.58 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{gün}$$

$$\text{Alıkonma süresinin kontrolü;}$$

$$\text{Ortalama havuz hacmi } V = d * w * L = 3.1 * 6.69 * 26.76 = 554.98 \text{ m}^3$$

$$\text{Ortalama debide alıkonma süresi} = V / (Q * 3600 \text{ sn/saat}) = 554.98 / (0.0743 * 3600) = 2.07 \text{ saat}$$

Pik debide alıkonma süresi = $V / (Q \cdot 3600 \text{ sn/saat}) = 554.98 / (0.2229 \cdot 3600) = 0.69$ saat

Atıksu kanalındaki akım = $Q_p/2 = 0.2229/2 = 0.1115 \text{ m}^3/\text{sn}$

Atıksu kanalının girişindeki suderinliği 1 m kabul edilir

Atıksu kanalının genişliği 1 m kabul edilir.

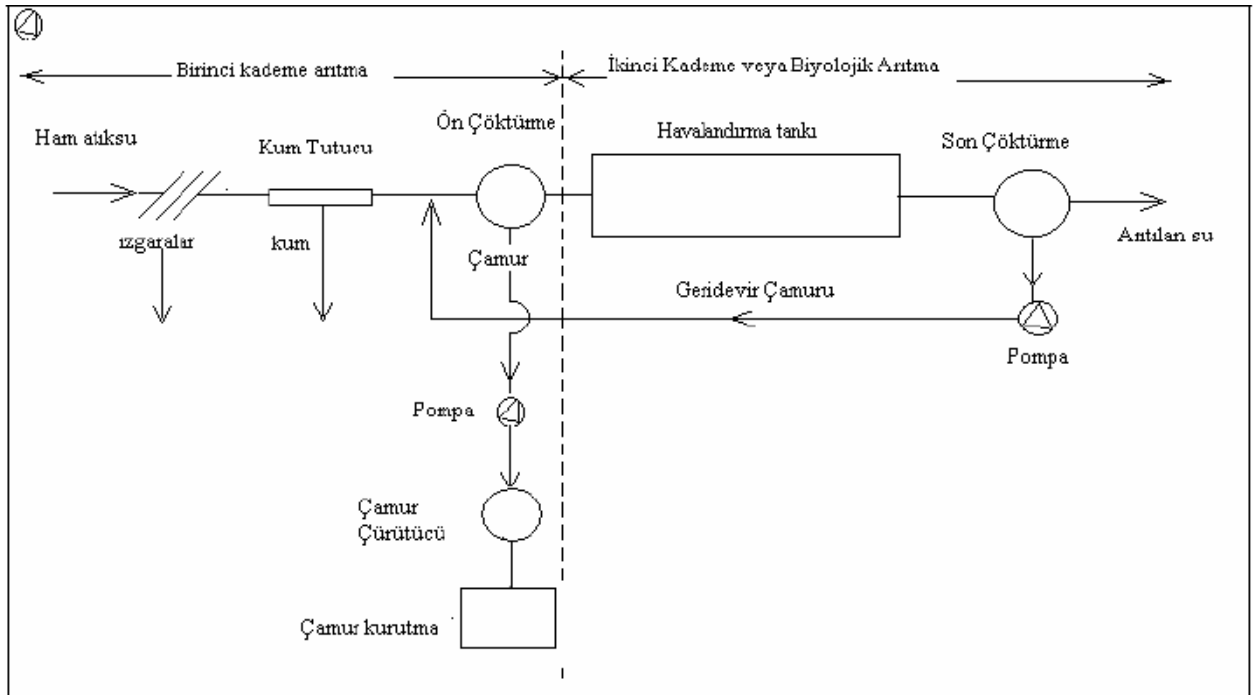
Pik debide kanaldaki su hızı = $0.1115 \text{ m}^3/\text{sn} / (1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}) = 0.1115 \text{ m/sn}$

Savak Uzunluğunun hesabı;

Savak yükü ortalama debide en az $186 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ olmalı.

Savak uzunluğu = $Q/\text{savak yükü} = 6420.8 \text{ m}^3/\text{gün} / 186 = 34.52 \text{ m}$

5.5. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Aktif Çamur Havuzu Tasarımı



$Q = 6420.8 \text{ m}^3/\text{sn}$

$\text{BOI}_5 = 565 \text{ mg/l}$ (% 30' u fiziksel (1. kademe) arıtmada gideriliyor.)

$\text{BOI}_5 = 396 \text{ mg/l}$

Çıkış $BOI_5 = 20 \text{ mg/l}$ 'den az olacak.

$$T = 20C^0$$

* Girişteki UAKM ihmal edilebilir.

* Geri dönüş çamur konsantrasyonu = 10000 mg/l AKM = 8000 mg/l UAKM

* Tam karışımdaki UAKM (uçucu askıda katı madde) = $3500 \text{ mg/l} = 0.8 * \text{AKM}$

* Çamur yaşı = $\theta_c = 10 \text{ gün}$

* Reaktörün hidrolik rejimi tam karışım.

* Kinetik katsayılar, $Y=0.65$, $k_d = 0.06 \text{ gün}^{-1}$, sıcaklık $20C^0$

* Kabuller, çıkış suyu 20 mg/l biyokütle içerecek, bunun %80' i uçucu, %65'i biyolojik parçalanabilen yapıdadır. Nihai BOI 'den BOI_5 ' e dönüşüm 0.68 alınacak, $K = 0.1 \text{ gün}^{-1}$

* Atıksu mikroorganizma büyümesi için gereken miktarda azot, fosfor ve diğer eser besin maddelerini içermektedir.

1- Çıkışta çözünmüş BOI değeri = Çözünmüş BOI + Çıkıştaki biyokütlenin BOI değeri

$$20 = S + (20 * 0.65 * 1.42 * 0.68)$$

$$S = 7.4 \text{ mg/l çözünmüş } BOI$$

Biyolojik arıtma verimi;

$$E = (S_o - S) / S = (396 - 7.4) / 396 = 0.981$$

Sistemin toplam verimi;

$$E = (396 - 20) / 396 = 0.95$$

2- Reaktör (havalandırma havuzu) hacminin hesabı;

$$X * V = Y * Q * \theta_c * (S_o - S) / (1 + k_d * \theta_c)$$

$$V * 3500 = 0.65 * 6420.8 * 10 * (396 - 7.4) / (1 + 0.06 * 10)$$

$$V = 2896 \text{ m}^3$$

Uzunluk:genişlik = 2:1

*Derinlik = d = 4.5 m kabul ediliyor

genişlik = w = 17.94

Uzunluk = 35.88

3- Mikroorganizma çoğalma hızının hesaplanması;

a- Gözlemlenen biyokütle dönüşüm verimi;

$$Y_{göz} = Y / (1 + k_d * \theta_c) = 0.65 / (1 + 0.06 * 10) = 0.41$$

b- Biyokütle çoğalma hızı;

$$Y_g * Q * (S_o - S) = 0.41 * 6420.8 * (396 - 7.4) * 10^{-3} = 1023 \text{ kg UAKM/ gün}$$

4- Reaktörden biyokütle uzaklaştırma hızının hesaplanması;

$$X_e = Q * \text{çıkış UAKM} = 20 * 0.8 = 16 \text{ mg/l}$$

a-Havalandırma havuzundan atılan (çekilen) çamur debisinin hesabı;

$$\theta_c = V * X / (Q_w * X + Q_e * X_e)$$

$$10 = 2896 * 3500 / (Q_w * 3500 + 6420.8 * 16)$$

$$Q_w = 260.25 \text{ m}^3/\text{gün}$$

b- Geri dönüş hattından uzaklaştırma (çekilme) hızının hesaplanması;

$$\theta_c = V * X / (Q'_w * X + Q_e * X_e)$$

$$10 = 2896 * 3500 / (Q'_w * 3500 + 6420.8 * 16)$$

$$Q'_w = 113.86 \text{ m}^3/\text{gün}$$

5- Girişteki askıda katı konsantrasyonunu ihmal ederek kütle dengesi hesabından geri devir oranının hesaplanması;

$$X*(Q+Q_r) = X_r*Q_r$$

$$3500*(6420.8+Q_r) = 8000*Q_r$$

$$Q_r = 4994 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$R = Q_r/Q = 4994 / 6420.8 = \%78$$

6- Reaktör havuzundaki hidrolik bekleme süresinin hesaplanması,

$$\emptyset = V/Q = 2896/6420.8 = 0.45 \text{ gün} = 10.82 \text{ saat}$$

7- Substrat kullanım hızı, F/M oranı ve hacimsel yük kontrolü;

a- Özgül substrat kullanım (BOİ giderim) hızı;

$$U = (S_o - S) / \emptyset * X = (396 - 7.4) / 0.45 * 3500 = 0.247 \text{ gün}^{-1}$$

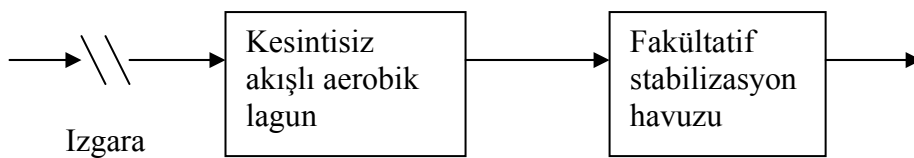
b-F/M oranının hesaplanması;

$$F/M = S_o / \emptyset * X = 396 / 0.45 * 3500 = 0.251$$

c- Hacimsel yükün (L_v) hesaplanması;

$$L_v = Q * S_o * 10^{-3} / V = 6420.8 * 396 * 10^{-3} / 2896 = 0.88 \text{ kg BOİ}_5/\text{m}^3 \text{ gün}$$

5.6. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Kesintisiz Akışlı Aerobik Lagün ve Fakültatif Stabilizasyon Havuzu Tasarımı



1- Kesintisiz Akışlı Aerobik Lagün Tasarımı

$$Q = 6420,8 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{BOI}_5 = 565 \text{ mg/l} \text{ (%5 ızgarada BOI giderimi gerçekleşiyor)}$$

$$\text{BOI}_5 = 536 \text{ mg/l}$$

$$\text{Nüfus} = 40130 \text{ kişi}$$

*Bu lagünün ardından başka bir arıtma ünitesi olacağından, lagünün ebatları 3 günlük bir alıkonma süresi sağlayacak biçimde sınırlandırılacaktır.

$$t = 3 \text{ gün}$$

$$k' = 0,015 \text{ gün}^{-1}$$

$$\text{sıcaklık} = 20 \text{ C}^0$$

$$Y = 0.5$$

$$k_d = 0.07 \text{ gün}^{-1}$$

a- Lagünün büyüklüğü

$$\text{Lagünün hacmi} = V = Q \cdot t = 6420.8 \cdot 3 = 19263 \text{ m}^3$$

$$\text{Lagünün derinliği} = d = 4 \text{ m}$$

$$\text{Lagünün alanı} = V/d = 19263/4 = 4816 \text{ m}^2 \text{ (4830 m}^2 \text{ tasarlanacaktır)}$$

*Tam karışım şartlarını sağlamak için, lagünün şekli kareye yakın olmalıdır. Bu durumda;

$$\text{Genişlik} = w = 69 \text{ m}$$

$$\text{Boy} = L = 70 \text{ m}$$

b- Lagünün kış sıcaklığı:

$$t/h = (T_i - T_w) / f \cdot (T_w - T_a)$$

$$3/4 = (20 - T_w) / 0.49 \cdot (T_w - 10)$$

$$T_w = 17 \text{ C}^0$$

$$T_i = \text{Gelen suyun sıcaklığı}$$

$$T_a = \text{hava sıcaklığı}$$

T_w = Reaktördeki atık suyun sıcaklığı

Havalandırılmalı lagünler için $f = 0.49$ m/gün

c- Kış aylarında BOİ giderim hızı;

$$k' (17 C^0) = k' (20 C^0) * \theta^{17-20}$$

$$k' (17 C^0) = 0.015 (20 C^0) * 1.035^{17-20}$$

$$k' (17 C^0) = 0.0135 \text{ gün}^{-1}$$

d- Kış aylarında arıtılmış atıksu BOİ'si:

$$S = (1 + k_d * t) / Y * k' * t = (1 + 0.07 * 3) / 0.5 * 0.0135 * 3 = 60 \text{ mg/lit çözünebilir BOİ}_5$$

$$\text{Lagündeki VSS, } x = Y(S_o - S) / (1 + k_d * t) = 0.5(536 - 60) / (1 + 0.07 * 3) = 197 \text{ mg/lit}$$

Arıtılmış atıksudaki VSS (volatil askıdaki katı madde)' nin BOİ₅ değeri 0.77 mg/mg VSS olarak kabuledilecek.

Arıtılmış atıksuyun BOİ₅ değeri = çözülebilir + katı madde BOİ₅'si

$$= 60 + (0.77 * 197) = 212 \text{ mg/lit (daha fazla arıtma gerekiyor)}$$

$$\text{Toplam randıman} = (S_o - S) / S_o = (536 - 212) / 536 = \%60 \text{ (kış aylarında)}$$

e- Lagunun yaz sıcaklığı:

$$t/h = (T_i - T_w) / f * (T_w - T_a)$$

$$3/4 = (20 - T_w) / 0.49 * (T_w - 35)$$

$$T_w = 24 C^0$$

T_i = Gelen suyun sıcaklığı

T_a = hava sıcaklığı

T_w = Reaktördeki atık suyun sıcaklığı

Havalandırılmalı lagünler için $f = 0.49$ m/gün

f- Yaz aylarında BOİ giderim hızı;

$$k' (24 C^0) = k' (20 C^0) * \theta^{17-20}$$

$$k' (24 C^{\circ}) = 0.015 (20 C^{\circ}) * 1.035^{24-20}$$

$$k' (24 C^{\circ}) = 0.0172 \text{ gün}^{-1}$$

g- Yaz aylarında arıtılmış atıksu BOI'si:

$$S = (1 + k_d * t) / Y * k' * t = (1 + 0.07 * 3) / 0.5 * 0.0172 * 3 = 47 \text{ mg/lt çözünebilir BOI}_5$$

$$\text{Lagündeki VSS, } x = Y(S_o - S) / (1 + k_d * t) = 0.5(536 - 47) / (1 + 0.07 * 3) = 202 \text{ mg/lt}$$

Arıtılmış atıksudaki VSS (volatil askıdaki katı madde)' nin BOI₅ değeri 0.77 mg/mg VSS olarak kabuledilecek.

Arıtılmış atıksuyun BOI₅ değeri = çözülebilir + katı madde BOI₅'si

$$= 47 + (0.77 * 202) = 203 \text{ mg/lt (daha fazla arıtma gerekiyor)}$$

$$\text{Toplam randıman} = (S_o - S) / S_o = (536 - 203) / 536 = \%62 \text{ (yaz aylarında)}$$

$$\begin{aligned} \text{Oksijen İhtiyacı} &= 0.62 * 1.4 * S_o * Q * 10^{-3} = 0.62 * 1.4 * 536 * 6420.8 * 10^{-3} = 2987 \text{ kg/gün} \\ &= 124.5 \text{ kg/saat} \end{aligned}$$

h- Güç ihtiyacı

* Standart şartlarda havalandırıcıların 2 kg/ kw-saat oksijen vereceği ve yazın arazi şartlarında oksijen iletimi randımanının sadece %80 olacağı esaslarına dayanarak;

$$\text{Güç ihtiyacı} = 124.5 / (0.8 * 2) = 78 \text{ kw}$$

ı- Güç seviyesi

$$\text{Birim lagün hacmi için güç girdisi} = 78 \text{ kw} / 19263 \text{ m}^3 = 4 \text{ kw/1000m}^3$$

* Bir laguna minimum 2.75kw/1000m³ veya 102kw güç sağlanmalıdır.

i- Güç tüketimi:

$$\text{Güç tüketimi} = 102 \text{ kw} * 24 * 365 / 40130 \text{ kişi} = 22.26 \text{ kw/kişi-yıl}$$

2- Fakültatif Stabilizasyon Havuzu Tasarımı

$$Q = 6420.8 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{BOI}_5 = 212 \text{ mg/l} = 1361 \text{ kg/gün}$$

$$\text{BOI}_u = 1.4(\text{BOI}_5)$$

$$\text{SO}_4 \text{ konsantrasyonu} = 115 \text{ mg/l}$$

$$\text{pH} = 7.8 - 8$$

$$\text{Koliform konsantrasyonu} = 2.5 \cdot 10^6 \text{ ad/100ml}$$

$$\text{Arıtılmış atıksuyun BOI'si} = 20 \text{ mg/l}$$

$$\text{Konum} = 30^\circ \text{ kuzey enlemi}$$

$$\text{Ocak ayında ortalama radyasyon} = 100 \text{ kal/cm}^2\text{-gün}$$

$$\text{Ocak ayında ortalama sıcaklık} = 10^\circ\text{C}$$

$$\text{Yaz ayında ortalama sıcaklık} = 35^\circ\text{C}$$

$$\text{Atıksu sıcaklığı} = 20^\circ\text{C}$$

a- Oksijen Üretimi

$$= 1.3(100 \cdot 10^8 \cdot 0.06) / (6000 \cdot 10^3) = 130 \text{ kg/ha-gün}$$

b- K_p değerinin tahmini

$$K_p (20^\circ\text{C de}) = 0.132 \text{ Log}(L) - 0.169$$

$$L = \text{akım boyu} = 130 \text{ kg BOI}_U / \text{ha-gün kabul edilecektir (emniyet yönünden)}.$$

$$K_p (20^\circ\text{C de}) = 0.11 \text{ gün}^{-1}$$

Deneme olarak ocak ayındaki sıcaklık 12°C kabul edilecektir (sonra kontrol edilecektir).

$$K_p (12^\circ\text{C de}) = 0.11 \cdot 1.035^{12-20} = 0.08 \text{ gün}^{-1}$$

c- Dispersiyon sayısı

* Sıradan evsel atıksu için; piston akım arzu edilir.

* $D/UL = 0.5$ kabul edilecektir. (havuz geometrisi buna göre belirlenecektir).

$$D = \text{Dispersiyon katsayısı, m}^2/\text{saat}$$

$$U = \text{Akım hızı, m/saat}$$

d- Alıkonma süresinin tayini

$$S / S_0 = 20 / 212 = \%0.094$$

$$D/UL = 0.2 \text{ için } k.t = 3 \text{ veya } t = 3/0.08 = 37.5 \text{ gün}$$

Havuz hacmi;

$$V = 37.5 \text{ gün} * 6420,8 \text{ m}^3/\text{gün} = 240780 \text{ m}^3$$

e- Havuz derinliğinin seçimi;

Oksijen üretimini ve tüketimini dengelemek için,

Havuzdaki BOI_u giderimi $\geq 130 \text{ kg/ha-gün}$ olmalıdır.

BOI giderim randımanı = $(1 - 0.094) = \%91$ olduğundan dolayı;

Havuzdaki maksimum BOI_u yükü = $130 / 0.9 = 144.4 \text{ kg/ha-gün}$

Gelen ham atıksudaki $BOI_u = 1.4 * 1361 = 1905 \text{ kg/gün}$

Gerekli minimum havuz alanı = $1905 / 144.4 = 13.19 \text{ ha} = 131900 \text{ m}^2$

Minimum havuz derinliği = $240780 \text{ m}^3 / 131900 \text{ m}^2 = 1.83 \text{ m}$

f- Havuz sıcaklığı;

$$t/h = (T_i - T_w) / F * (T_w - T_a)$$

$$37.5 / 1.83 = (20 - T_w) / 0.4 * (T_w - 10)$$

$$T_w = 10.89 \text{ C}^\circ$$

g- Havuzdaki sülfat konsantrasyonu;

$$((0.0001058 * 112) - (0.001655 * 37.5) + 0.0553) * 115$$

$$= 0.58 \text{ mg/lt}$$

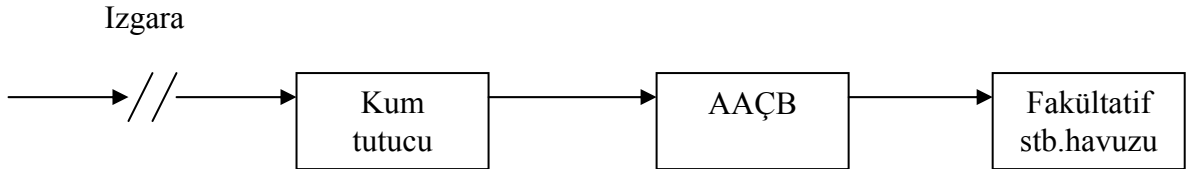
h- Çamur birikimi;

$$* \text{ Çamur üretimi} = 0.03 \text{ m}^3 / \text{kişi-yıl}$$

$$* \text{ Çamur temizleme aralığı} = 10 \text{ yıl}$$

$$\text{Çamur hacmi} = 40130 \text{ kişi} * 0.03 \text{ m}^3 / \text{kişi-yıl} * 10 \text{ yıl} = 12039 \text{ m}^3$$

5.7. Mağusa Bölgesindeki Birinci Arıtma Tesisinin Aşağıdan Yukarıya Akışlı Çamur Bataniyesi ve Fakültatif Stabilizasyon Havuzu Tasarımı



1- Aşağıdan Yukarıya Akışlı Çamur Bataniyesi Tasarımı

$$Q = 6420.8 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{pH} = 7.8-8$$

$$\text{BOİ} = 510 \text{ mg/l} (565 \cdot 0.9 = 510 \text{ mg/l } \%10' \text{ u fiziksel arıtmada giderilir}).$$

$$\text{KOİ} = 820 \text{ mg/l}$$

$$\text{SO}_4 = 115 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS (Toplam katı madde miktarı)} = 395 \text{ mg/l}$$

$$\text{VSS (Volatil askıda katı madde)} = 270 \text{ mg/l}$$

$$\text{Sıcaklık} = 22 - 30 \text{ C}^\circ$$

$$\text{Pik akım} = 2 \cdot \text{ortalama akım}.$$

1- Çamur Üretimi:

BOİ giderim randımanı %82 kabul edilecektir. (Diğer bir deyişle, AAÇB' den çıkan su BOİ = 92 mg/l'tir.)

BOİ giderim neticesinde oluşan VSS;

$$\text{Yeni VSS} = 0.1(0.82 \cdot \text{BOİ}) = 0.1(0.82 \cdot 510) = 41.82 \text{ mg/l}$$

$$\text{Bozunmayan katılar} = \text{VSS} (1-0.4) = 270 (1-0.4) = 162 \text{ mg/l}$$

$$\text{Gelen sudaki kül} = \text{TSS} - \text{VSS} = 395 - 270 = 125 \text{ mg/lit}$$

$$\text{Üretilen toplam katı çamur} = 41.82 + 163 + 125 = 329 \text{ mg/lit} = 2112 \text{ kg/gün}$$

2- KAS ve HAS değerleri:

Aşağıdaki kabuller yapılacaktır,

- (i) Verilen sıcaklıkta arzu edilen KAS değeri = 30 gün
- (ii) Çamur tabakası derinliği = 2.2 m
- (iii) Etkinlik katsayısı = 0.85
- (iv) Çamur tabakasında ortalama çamur konsantrasyonu = 70 kg/m³
- (v) Reaktörün toplam derinliği (çökeltici dahil) = 5m

Buradan;

$$\text{KAS} = 30 \text{ gün} = ((70 \text{ kg/m}^3)(2.2 \text{ m/5 m})(0.85) (\text{Debi, m}^3/\text{gün})(\text{HAS, saat/24})) / ((329 \text{ kg/m}^3)(\text{Debi, m}^3/\text{gün}))$$

$$\begin{aligned} \text{HAS} &= (30 \cdot 329) / (70 \cdot (2.2/5) \cdot 0.85 \cdot (1000/24)) = 9.05 \text{ saat} \\ &= 4.53 \text{ saat (pik debi için)} \end{aligned}$$

3- Aşağıdan yukarıya hız:

$$\text{Ortalama akımda aşağıdan yukarıya hız} = 5 \text{ m} / 9.05 \text{ saat} = 0.552 \text{ m/saat}$$

Fakat AAÇB içindeki yumaklaşmış çamuru bile her zaman tutabilmek için hız 0.5 m/saat kabul edilecektir. Böylece, pik debide aşağıdan yukarıya hız, $2 \cdot 0.5 = 1 \text{ m/saat}$ olacaktır.

4- Reaktör boyutları:

$$\begin{aligned} \text{Gerekli reaktör alanı} &= (\text{Toplam akım, m}^3/\text{gün}) / (\text{Aşağıdan yukarıya hız, m/saat}(24)) \\ &= 6420.8 / (0.5 \cdot 24) = 535 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Bu durumda, 20 m genişliğinde, 27 m uzunluğunda, 5 m su derinliğinde ve 0 5 m hava paylı bir reaktör seçilecektir.

5- Organik yükleme için kontrol:

Volimetrik organik yükleme = KOİ yükü / reaktör hacmi

$$= 820 \text{ g/m}^3 * 6420.8 \text{ m}^3/\text{gün} / (1000 * 20 * 27 * 5) = 1.95 \text{ kg KOİ} / \text{m}^3.\text{gün}$$

(makul değer)

Çamur tabakasında organik yükleme =

$$= 820 \text{ g/m}^3 * 6420.8 \text{ m}^3/\text{gün} / (0.4 * 1000 * 20 * 27 * 5 * (70 \text{ kg/m}^3))$$

$$= 0.158 \text{ kg KOİ} / \text{kg VSS.gün}$$

(makul değer)

6- KOİ giderimi ve metan üretimi:

(i) Toplam KOİ giderimi = Gelen yükün %80'i

$$= 0.8 * ((820/1000 \text{ g/m}^3) * 6420.8) = 4212 \text{ kg/gün}$$

(ii) Sülfat indirgenmesi için harcanan KOİ:

Gelen sülfat = 115 mg/l

Kabul edilen sülfat giderimi = %80 = $0.8 * 115 = 92 \text{ mg/l} = 92 * 6420.8 / 1000 = 591 \text{ kg/gün}$

Sülfat indirgenmesine isabet eden KOİ tüketimi = $591 \text{ kg/gün} * 0.67 = 369 \text{ kg/gün}$

(iii) Metan üretimi için mevcut KOİ = $4212 - 369 = 3816 \text{ kg/gün}$

- 27 C° de oluşan metan miktarı = 350 lt/kg giderilen KOİ

Günlük toplam metan üretimi = $3816 \text{ kg/gün} * 0.350 \text{ m}^3/\text{kg} = 1336 \text{ m}^3/\text{gün}$

(iv) Arıtılmış atıksuda çözünmüş olarak sistemi terk eden metan:

$$= 0.028 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ arıtılmış su hacmi/gün}$$

$$= 0.028 * 6420.8 \text{ m}^3/\text{gün} = 180 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$(v) \text{ Kullanılabilir metan} = 1336 - 180 = 1156 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$= 1156 \text{ m}^3/\text{gün} / 4212 \text{ kg/gün} = 0.274 \text{ m}^3/\text{kg KOİ}$$

Enerji yönünden ifade edilirse, %75 metan içeren 1 m³ biyogaz, 1.4 kW-saat elektrik enerjisine eşdeğerdir. Dolayısıyla 1156 m³/gün biyogaz, 1618.4 kW-saat elektriğe eşdeğerdir.

7- Sülfatlar- Sülfürler:

Gelen atıksudaki sülfatlar, sülfüre indirgenecektir. Sülfatın %85'inin giderildiği ve sülfürlere indirgendiği kabul edilirse:

$$S^{-2} = (0.85 * 115 \text{ mg/l}) * (1/3) = 32.58 \text{ mg/l}$$

$$\text{KOİ} / \text{SO}_4 = 820 \text{ mg/l} / 115 \text{ mg/l} = 7.13 \text{ (mukul değer)}$$

8- Gaz kolektörü tasarımı:

Gaz kolektöründe 4 metre genişlik sağlanmalıdır (iki deflektör kirişi arasındaki mesafe).

Dolayısıyla:

$$\text{Gaz kolektörü sayısı} = 20\text{m}/4\text{m} = 5 \text{ adet (her biri 27 m uzunluğunda.)}$$

9- Merfez genişliği:

Pik akımda menfezden yukarıya akış hızı 5 m/saat ile sınırlandırılmalıdır.

$$\text{Gerekli menfez alanı} = (\text{Pik akım, m}^3/\text{saat}) / (\text{İzin verilen menfez hızı, m/saat})$$

$$= 6420.8 \text{ m}^3 / \text{gün} * 2 / (5 \text{ m} / \text{saat} * 24) = 107 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Menfez genişliği} &= (\text{Menfez alanı}) / (\text{Menfez boyu} * \text{Menfez sayısı}) \\ &= 107 \text{ m}^2 / (27 * 5) = 0.793 \text{ m} \text{ (0.8 seçilecek)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_H &= \text{Plakanın yatay genişliği} = (\text{Toplam gaz toplama genişliği} - \text{menfez genişliği} - \\ &\text{kapak genişliği} + \text{kapak et kalınlığı}) \\ &= (4 - 0.8 - 0.5 + 0.05) / 2 = 1.375 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_v &= \text{Kolektör plakasının düşey yüksekliği} = P_H * \tan(50^\circ) = 1.375 * \tan(50^\circ) = 1.639 \\ &\text{m (1.64 m seçilir).} \end{aligned}$$

10- Deflektör krişi (Yönlendirici kriş):

$$\begin{aligned} \text{Yönlendirici krişin genişliği} &= \text{Menfez genişliği} + 2 * (\text{kenar fazlalığı}) \\ &= 0.8 + 2(0.1) = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Yönlendirici krişin genişliği} \approx 0.5 \text{ m}$$

5 m'lik toplam su derinliği için kontrol edilir,

Yönlendirici kriş altına kadar olan çamur yatağı yüksekliği	= 2.20 m
Deflektör krişi + eğik plakaya kadar olan boşluk	= 0.75 m
Kolektör plakası yüksekliği, P_v	= 1.64 m
Çökelticide düşey su derinliği	= 0.40 m
	= 4.99 m
Üsteki hava payı	
	= 0.50 m
Toplam reaktör yüksekliği	= 5.5 m

11- Çökeltme Bölgesi için kontrol:

$$\text{Çökelticinin kesit alanı} = (0.8 * 1.64) + (0.4 * 3.2) + (1.64 * 1.2) = 4.65 \text{ m}^2$$

$$\text{Hacim} = \text{Alan} * \text{Uzunluk} * \text{Adet} = 4.65 \text{ m}^2 * 27 \text{ m} * 5 = 615.6 \text{ m}^3$$

$$\text{Hidrolik alıkoyma süresi, HAS} = \text{Hacim} / \text{Debi} = 615.6 \text{ m}^3 / (6420.8 \text{ m}^3/\text{gün} * (1/24 \text{ saat}))$$

$$= 2.3 \text{ saat (makul değer)}$$

$$\begin{aligned} \text{Yüzey yükleme} &= 6420.8 \text{ m}^3/\text{gün} / (\text{Çökeltici genişliği} * \text{boy} * \text{adet}) \\ &= 6420.8 / (3.2 * 27 * 5) = 14.86 \text{ m}^3 / \text{m}^2 - \text{gün} \end{aligned}$$

12- Çamur çekimi ve susuzlaştırma

Günlük çamur çekimi = 2112 kg/gün olarak hesaplanmıştır.

$$= 2112 \text{ kg/gün} / 6420.8 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.33 \text{ kg/m}^3 \text{ akım}$$

$$\% 7 \text{ katı madde içeren çamurun hacmi} = 2112 \text{ kg/gün} / 0.07 = 0.33 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

Not: Çamur çekme boruları, üç farklı seviyede olabilir: (i) tabanda (ii) tabandan 1.0 - 1.5 metre yukarıda ve (iii) çökelticinin alt seviyesinde.

2- Fakültatif Stabilizasyon Havuzu Tasarımı

$$Q = 6420.8 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{BOI}_5 = 92 \text{ mg/Lt} = 591 \text{ kg/gün}$$

$$\text{BOI}_u = 1.4(\text{BOI}_5)$$

SO₄ konsantrasyonu = 23 mg/Lt (SO₄ konsantrasyonu 115*0.2 = 23 mg/ Lt kalır geri kalanı AAÇB prosesinde giderilir).

$$\text{pH} = 7.8 - 8$$

$$\text{Koliform konsantrasyonu} = 2.5 * 10^6 \text{ ad/100ml}$$

$$\text{Arıtılmış atıksuyun BOI'si} = 20 \text{ mg/Lt}$$

$$\text{Konum} = 30^\circ \text{ kuzey enlemi}$$

$$\text{Ocak ayında ortalama radyasyon} = 100 \text{ kal/cm}^2\text{-gün}$$

$$\text{Ocak ayında ortalama sıcaklık} = 10^\circ\text{C}$$

$$\text{Yaz ayında ortalama sıcaklık} = 35^\circ\text{C}$$

$$\text{Atıksu sıcaklığı} = 20^\circ\text{C}$$

a- Oksijen Üretimi

$$= 1.3(100 \cdot 10^8 \cdot 0.06) / (6000 \cdot 10^3) = 130 \text{ kg/ha-gün}$$

b- K_p değerinin tahmini

$$K_p (20 \text{ C}^\circ \text{ de}) = 0.132 \text{ Log}(L) - 0.169$$

L = akım boyu = 130 kg BOI_U /ha-gün kabul edilecektir (emniyet yönünden).

$$K_p (20 \text{ C}^\circ \text{ de}) = 0.11 \text{ gün}^{-1}$$

Deneme olarak ocak ayındaki sıcaklık 12C° kabul edilecektir (sonra kontrol edilecektir).

$$K_p (12 \text{ C}^\circ \text{ de}) = 0.11 * 1.035^{12-20} = 0.08 \text{ gün}^{-1}$$

c- Dispersiyon sayısı

* Sıradan evsel atıksu için; piston akım arzu edilir.

* $D/UL = 0.5$ kabul edilecektir. (havuz geometrisi buna göre belirlenecektir).

D = Dispersiyon katsayısı, m^2/saat

U = Akım hızı , m/saat

d- Alıkonma süresinin tayini

$$S / S_0 = 20 / 92 = \%0.22$$

$$D/UL = 0.2 \text{ için } k.t = 1.65 \text{ veya } t = 1.65 / 0.08 = 20.6 \text{ gün}$$

Havuz hacmi;

$$V = 20.6 \text{ gün} * 6420,8 \text{ m}^3/\text{gün} = 132269 \text{ m}^3$$

e- Havuz derinliğinin seçimi;

Oksijen üretimini ve tüketimini dengelemek için,

Havuzdaki BOI_u giderimi $\geq 130 \text{ kg/ha-gün}$ olmalıdır.

BOI giderim randımanı = $(1 - 0.22) = \%78$ olduğundan dolayı;

Havuzdaki maksimum BOI_u yükü = $130 / 0.78 = 167 \text{ kg/ha-gün}$

Gelen ham atıksudaki $BOI_u = 1.4 * 591 = 827.4 \text{ kg/gün}$

Gerekli minimum havuz alanı = $827.4 / 167 = 4.95 \text{ ha} = 49500 \text{ m}^2$

Minimum havuz derinliği = $132269 \text{ m}^3 / 49500 \text{ m}^2 = 2.67 \text{ m}$

f- Havuz sıcaklığı;

$$t/h = (T_i - T_w) / F * (T_w - T_a)$$

$$20.6 / 2.67 = (20 - T_w) / 0.4 * (T_w - 10)$$

$$T_w = 12.45 \text{ C}^\circ$$

g- Havuzdaki sülfat konsantrasyonu;

$$((0.0001058 * 112) - (0.001655 * 20.6) + 0.0553) * 23$$

$$= 0.76 \text{ mg/l}$$

h- Çamur birikimi;

$$* \text{Çamur üretimi} = 0.03 \text{ m}^3 / \text{kişi-yıl}$$

$$* \text{Çamur temizleme aralığı} = 10 \text{ yıl}$$

$$\text{Çamur hacmi} = 40130 \text{ kişi} * 0.03 \text{ m}^3 / \text{kişi-yıl} * 10 \text{ yıl} = 12039 \text{ m}^3$$

5.8. Mağusa Bölgesindeki İkinci Arıtma Tesisinin Izgara Tasarımı

Tesisde debi $400 \text{ m}^3/\text{saat}$ 'den küçük olduğu için elle temizlenen çubuk ızgaralar tasarlandı.

$$Q = 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.0789 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Pik debi küçük tesislerde ortalama debinin üç katı alınır.

$$\text{Pik debi} = 0.2367 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Izgara alanının hesaplanması;

$$A = Q/V = 0.2367 / 0.9 = 0.263 \text{ m}^2$$

Çubuklar arası akım hızı $V = 0.9$ m/sn kabul edilir.

Boşluk Genişliği = $A/d = 0.263/0.66 = 0.4$ m = 400mm

d = su derinliği = 0.66 m kabul edilir.

Izgara çubukları arası net açıklık = 25mm (Tablo 4.2)

Çubuk Sayısı = $400/25 - 1 = 15$ adet

Izgara çubuk genişliği = 8 mm (Tablo 4.2)

Toplam Çubukların genişliği = $15 \times 8 = 120$ mm

Toplam Izgara genişliği = $400 + 120 = 520$ mm = 0.520m

Temiz ve kısmen tıkanmış ızgaralarda yük kaybı;

$$h_L = ((V^2 - v^2)/2g) * (1/0.7) = ((0.9 - 0.6)/2 * 9.81) * (1/0.7) = 0.0328 \text{ m} = 32.8 \text{ mm}$$

v = Izgara öncesi kanaldaki hız. (m/sn)

5.9. Mağusa Bölgesindeki İkinci Arıtma Tesisinin Kum Tutucu Tasarımı

Tesise havalandırılmalı kum tutucu tasarımı yapılmıştır.

$$\text{Pik debi} = Q = 0.2367 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$4 \text{ dakikalık alıkonma süresi için gerekli hacim} = Q * t = 0.2367 \text{ m}^3/\text{sn} * 4 \text{ dak} * 60 \text{ sn/dak} = 56.81 \text{ m}^3$$

Orta kısımdaki su derinliği = $d = 3.65$ m kabul edilir.

Hava payı = 0.8 m

Kum tutucunun toplam derinliği = 4.45 m kabul edilir.

$$\text{Yüzey Alan} = V/d = 56.81 \text{ m}^3 / 3.65 \text{ m} = 15.56 \text{ m}^2$$

Uzunluk: genişlik = 4:1 (tablo 4.6)

$$\text{Alan} = 4w*w = 4w^2 = 15.56 \text{ m}^2$$

$$\text{Genişlik} = w = 1.97 \text{ m}$$

$$\text{Uzunluk} = L = 7.88 \text{ m}$$

$$\text{Pik debide alıkonma süresi} = (d*w*L) / (Q * 60 \text{ sn/dak}) = (3.65*1.97*7.88) / (0.2367*60 \text{ sn/dak}) = 3.99 \text{ dak}$$

$$\text{Kum tutucu boyunca hava gereksinimi} = 7.8 \text{ lt/sn.m}$$

$$\text{Hava gereksinimi} = 7.8 \text{ lt/sn.m} * 7.88 \text{ m} = 61.46 \text{ lt/sn}$$

$$\text{Yüzeysel hidrolik yük} = (Q*86400 \text{ sn/gün})/A = (0.2367 * 86400) / 15.56 = 1314.3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{gün}$$

5.10. Mağusa Bölgesindeki İkinci Arıtma Tesisinin Ön Çökeltme Havuzu Tasarımı

Tesisde dikdörtgen ön çökeltme havuzu tasarımı yapılmıştır.

$$\text{Ortalama debi} = Q = 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.0789 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$\text{Ortalama debide alıkonma süresi} = 1.5 - 2.5 \text{ saat}$$

$$\text{Ortalama debide yüzeysel hidrolik yük} 36 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ den daha küçük olmalı.}$$

$$\text{Kanaldaki su hızı pik debide } 0.35 \text{ m/sn 'den küçük olmalı.}$$

$$\text{Yüzey Alan} = A = 0.0789 * 86400 (\text{sn/gün}) / 36 (\text{m}^3/\text{m}^2) = 189.4 \text{ m}^2$$

$$\text{Uzunluk: genişlik} = 4:1$$

$$4w^2 = 189.4 \text{ m}^2$$

$$w = 6.88 \text{ m}$$

$$L = 27.52 \text{ m}$$

Derinlik = $d = 3.1$ m kabul edilir.

Uzunluk: derinlik = $27.52/3.1 = 8.88$

Yüzeysel yük kontrolü;

Ortalama debide yüzeysel hidrolik yük:

$$(Q \cdot 86400 \text{ sn/gün}) / (w \cdot L) = (0.0789 \cdot 86400) / (6.88 \cdot 27.52) = 36.00 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$$

Pik debide yüzeysel hidrolik yük:

$$(Q_p \cdot 86400 \text{ sn/gün}) / (w \cdot L) = (0.2367 \cdot 86400) / (6.88 \cdot 27.52) = 108.01 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$$

Alıkonma süresinin kontrolü;

$$\text{Ortalama havuz hacmi } V = d \cdot w \cdot L = 3.1 \cdot 6.88 \cdot 27.52 = 586.95 \text{ m}^3$$

$$\text{Ortalama debide alıkonma süresi} = V / (Q \cdot 3600 \text{ sn/saat}) = 586.95 / (0.0789 \cdot 3600) = 2.07 \text{ saat}$$

$$\text{Pik debide alıkonma süresi} = V / (Q_p \cdot 3600 \text{ sn/saat}) = 586.95 / (0.2367 \cdot 3600) = 0.69 \text{ saat}$$

$$\text{Atıksu kanalındaki akım} = Q_p / 2 = 0.2367 / 2 = 0.1184 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Atıksu kanalının girişindeki su derinliği 1 m kabul edilir

Atıksu kanalının genişliği 1 m kabul edilir.

$$\text{Pik debide kanaldaki su hızı} = 0.1184 \text{ m}^3/\text{sn} / (1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}) = 0.1184 \text{ m/sn}$$

Savak Uzunluğunun hesabı;

Savak yükü ortalama debide en az $186 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ olmalı.

$$\text{Savak uzunluğu} = Q / \text{savak yükü} = 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} / 186 = 36.65 \text{ m}$$

5.11. Mağusa Bölgesindeki İkinci Arıtma Tesisinin Aktif Çamur Havuzu Tasarımı

$$Q = 6817.6 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$\text{BOI}_5 = 565 \text{ mg/l}$ (% 30' u fiziksel (1. kademe) arıtmada gideriliyor.)

$$BOI_5 = 396 \text{ mg/l}$$

Çıkış $BOI_5 = 20 \text{ mg/l}$ 'den az olacak.

$$T = 20C^0$$

* Girişteki UAKM ihmal edilebilir.

* Geri dönüş çamur konsantrasyonu = 10000 mg/l AKM = 8000 mg/l UAKM

* Tam karışımındaki UAKM (uçucu askıda katı madde) = 3500 mg/l = 0.8* AKM

* Çamur yaşı = $\theta_c = 10 \text{ gün}$

* Reaktörün hidrolik rejimi tam karışım.

* Kinetik katsayılar, $Y=0.65$, $k_d = 0.06 \text{ gün}^{-1}$, sıcaklık $20C^0$

* Kabuller, çıkış suyu 20 mg/l biyokütle içerecek, bunun %80' i uçucu, %65'i biyolojik parçalanabilen yapıdadır. Nihai BOI 'den BOI_5 ' e dönüşüm 0.68 alınacak, $K = 0.1 \text{ gün}^{-1}$

* Atıksu mikroorganizma büyümesi için gereken miktarda azot, fosfor ve diğer eser besin maddelerini içermektedir.

1- Çıkışta çözünmüş BOI değeri = Çözünmüş BOI + Çıkıştaki biyokütlenin BOI değeri

$$20 = S + (20 \cdot 0.65 \cdot 1.42 \cdot 0.68)$$

$$S = 7.4 \text{ mg/l çözünmüş } BOI$$

Biyolojik arıtma verimi;

$$E = (S_o - S) / S = (396 - 7.4) / 396 = 0.981$$

Sistemin toplam verimi;

$$E = (396 - 20) / 396 = 0.95$$

2- Reaktör (havalandırma havuzu) hacminin hesabı;

$$X \cdot V = Y \cdot Q \cdot \theta_c \cdot (S_o - S) / (1 + k_d \cdot \theta_c)$$

$$V \cdot 3500 = 0.65 \cdot 6817.6 \cdot 10 \cdot (396 - 7.4) / (1 + 0.06 \cdot 10)$$

$$V = 3075 \text{ m}^3$$

Uzunluk:genişlik = 2:1

*Derinlik = d = 4.5 m kabul ediliyor

genişlik = w = 18.49

Uzunluk = 36.98

3- Mikroorganizma çoğalma hızının hesaplanması;

a- Gözlemlenen biyokütle dönüşüm verimi;

$$Y_{göz} = Y / (1 + k_d * \theta_c) = 0.65 / (1 + 0.06 * 10) = 0.41$$

b- Biyokütle çoğalma hızı;

$$Y_g * Q * (S_o - S) = 0.41 * 6817.6 * (396 - 7.4) * 10^{-3} = 1086 \text{ kg UAKM/ gün}$$

4- Reaktörden biyokütle uzaklaştırma hızının hesaplanması;

$$X_e = Q * \text{çıkış UAKM} = 20 * 0.8 = 16 \text{ mg/l}$$

a-Havalandırma havuzundan atılan (çekilen) çamur debisinin hesabı;

$$\theta_c = V * X / (Q_w * X + Q_e * X_e)$$

$$10 = 3075 * 3500 / (Q_w * 3500 + 6817.6 * 16)$$

$$Q_w = 276.33 \text{ m}^3/\text{gün}$$

b- Geri dönüş hattından uzaklaştırma (çekilme) hızının hesaplanması;

$$\theta_c = V * X / (Q'_w * X_r + Q_e * X_e)$$

$$10 = 3075 * 3500 / (Q'_w * 8000 + 6817.6 * 16)$$

$$Q'_w = 120.89 \text{ m}^3/\text{gün}$$

5- Girişteki askıda katı konsantrasyonunu ihmal ederek kütle dengesi hesabından geri devir oranının hesaplanması;

$$X * (Q + Q_r) = X_r * Q_r$$

$$3500 * (6817.6 + Q_r) = 8000 * Q_r$$

$$Q_r = 5302.6 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$R = Q_r / Q = 5302.6 / 6817.6 = \%78$$

6- Reaktör havuzundaki hidrolik bekleme süresinin hesaplanması,

$$\theta = V/Q = 3075 / 6817.6 = 0.45 \text{ gün} = 10.82 \text{ saat}$$

7- Substrat kullanım hızı, F/M oranı ve hacimsel yük kontrolü;

a- Özgül substrat kullanım (BOİ giderim) hızı;

$$U = (S_o - S) / \theta * X = (396 - 7.4) / 0.45 * 3500 = 0.247 \text{ gün}^{-1}$$

b-F/M oranının hesaplanması;

$$F/M = S_o / \theta * X = 396 / 0.45 * 3500 = 0.251$$

c- Hacimsel yükün (L_v) hesaplanması;

$$L_v = Q * S_o * 10^{-3} / V = 6817.6 * 396 * 10^{-3} / 3075 = 0.88 \text{ kg BOİ}_5/\text{m}^3 \text{ gün}$$

5.12. Mağusa Bölgesindeki İkinci Arıtma Tesisinin Kesintisiz Akışlı Aerobik Lagün ve Fakültatif Stabilizasyon Havuzu Tasarımı

1- Kesintisiz Akışlı Aerobik Lagün Tasarımı

$$Q = 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{BOİ}_5 = 565 \text{ mg/l} \text{ (%5 ızgarada BOİ giderimi gerçekleşiyor)}$$

$$\text{BOİ}_5 = 536 \text{ mg/l}$$

$$\text{Nüfus} = 42610 \text{ kişi}$$

*Bu lagünün ardından başka bir arıtma ünitesi olacağından, lagünün ebatları 3 günlük bir alıkonma süresi sağlayacak biçimde sınırlandırılacaktır.

$$t = 3 \text{ gün}$$

$$k' = 0,015 \text{ gün}^{-1}$$

$$\text{sıcaklık} = 20 \text{ C}^0$$

$$Y = 0.5$$

$$k_d = 0.07 \text{ gün}^{-1}$$

a- Lagünün büyüklüğü

$$\text{Lagünün hacmi} = V = Q \cdot t = 6817.6 \cdot 3 = 20453 \text{ m}^3$$

$$\text{Lagünün derinliği} = d = 4 \text{ m}$$

$$\text{Lagünün alanı} = V/d = 20453/4 = 5113 \text{ m}^2$$

*Tam karışım şartlarını sağlamak için, lagünün şekli kareye yakın olmalıdır. Bu durumda;

$$\text{Genişlik} = w = 71 \text{ m}$$

$$\text{Boy} = L = 72 \text{ m}$$

b- Lagünün kış sıcaklığı:

$$t/h = (T_i - T_w) / f \cdot (T_w - T_a)$$

$$3/4 = (20 - T_w) / 0.49 \cdot (T_w - 10)$$

$$T_w = 17 \text{ C}^0$$

$$T_i = \text{Gelen suyun sıcaklığı}$$

$$T_a = \text{hava sıcaklığı}$$

$$T_w = \text{Reaktördeki atık suyun sıcaklığı}$$

$$\text{Havalandırılmalı lagünler için } f = 0.49 \text{ m/gün}$$

c- Kış aylarında BOİ giderim hızı;

$$k' (17 \text{ C}^0) = k' (20 \text{ C}^0) \cdot \theta^{17-20}$$

$$k' (17 \text{ C}^0) = 0.015 (20 \text{ C}^0) \cdot 1.035^{17-20}$$

$$k' (17 \text{ C}^0) = 0.0135 \text{ gün}^{-1}$$

d- Kış aylarında arıtılmış atıksu BOİ₅'si:

$$S = (1 + k_d \cdot t) / Y \cdot k' \cdot t = (1 + 0.07 \cdot 3) / 0.5 \cdot 0.0135 \cdot 3 = 60 \text{ mg/lt çözünebilir BOİ}_5$$

$$\text{Lagündeki VSS, } x = Y(S_0 - S) / (1 + k_d \cdot t) = 0.5(536 - 60) / (1 + 0.07 \cdot 3) = 197 \text{ mg/lt}$$

Arıtılmış atıksudaki VSS (volatil askıdaki katı madde)' nin BOİ₅ değeri 0.77 mg/mg VSS olarak kabuledilecek.

$$\begin{aligned} \text{Arıtılmış atıksuyun BOİ}_5 \text{ değeri} &= \text{çözülebilir} + \text{katı madde BOİ}_5 \text{'si} \\ &= 60 + (0.77 \cdot 197) = 212 \text{ mg/lt (daha fazla arıtma gerekiyor)} \end{aligned}$$

$$\text{Toplam randıman} = (S_0 - S) / S_0 = (536 - 212) / 536 = \%60 \text{ (kış aylarında)}$$

e- Lagunun yaz sıcaklığı:

$$t/h = (T_i - T_w) / f \cdot (T_w - T_a)$$

$$3/4 = (20 - T_w) / 0.49 \cdot (T_w - 35)$$

$$T_w = 24^\circ\text{C}$$

T_i = Gelen suyun sıcaklığı

T_a = hava sıcaklığı

T_w = Reaktördeki atık suyun sıcaklığı

Havalandırılmalı lagünler için $f = 0.49 \text{ m/gün}$

f- Yaz aylarında BOİ giderim hızı;

$$k' (24^\circ\text{C}) = k' (20^\circ\text{C}) \cdot \theta^{17-20}$$

$$k' (24^\circ\text{C}) = 0.015 (20^\circ\text{C}) \cdot 1.035^{24-20}$$

$$k' (24^\circ\text{C}) = 0.0172 \text{ gün}^{-1}$$

g- Yaz aylarında arıtılmış atıksu BOI'si:

$$S = (1 + k_d \cdot t) / Y \cdot k' \cdot t = (1 + 0.07 \cdot 3) / 0.5 \cdot 0.0172 \cdot 3 = 47 \text{ mg/lit } \text{çözünebilir BOI}_5$$

$$\text{Lagündeki VSS, } x = Y(S_o - S) / (1 + k_d \cdot t) = 0.5(536 - 47) / (1 + 0.07 \cdot 3) = 202 \text{ mg/lit}$$

Arıtılmış atıksudaki VSS (volatil askıdaki katı madde)' nin BOI₅ değeri 0.77 mg/mg VSS olarak kabuledilecek.

Arıtılmış atıksuyun BOI₅ değeri = çözülebilir + katı madde BOI₅'si

$$= 47 + (0.77 \cdot 202) = 203 \text{ mg/lit (daha fazla arıtma gerekiyor)}$$

$$\text{Toplam randıman} = (S_o - S) / S_o = (536 - 203) / 536 = \%62 \text{ (yaz aylarında)}$$

$$\text{Oksijen İhtiyacı} = 0.62 \cdot 1.4 \cdot S_o \cdot Q \cdot 10^{-3} = 0.62 \cdot 1.4 \cdot 536 \cdot 6817.6 \cdot 10^{-3} = 3171.9$$

$$\text{kg/gün} = 132.2 \text{ kg/saat}$$

h- Güç ihtiyacı

* Standart şartlarda havalandırıcıların 2 kg/ kw-saat oksijen vereceği ve yazın arazi şartlarında oksijen iletimi randımanının sadece %80 olacağı esaslarına dayanarak;

$$\text{Güç ihtiyacı} = 132.2 / (0.8 \cdot 2) = 82.6 \text{ kw}$$

ı- Güç seviyesi

$$\text{Birim lagün hacmi için güç girdisi} = 82.6 \text{ kw} / 20453 \text{ m}^3 = 4.1 \text{ kw/1000m}^3$$

* Bir laguna minimum 2.75kw/1000m³ veya 102kw güç sağlanmalıdır.

i- Güç tüketimi:

$$\text{Güç tüketimi} = 102 \text{ kw} \cdot 24 \cdot 365 / 42610 \text{ kişi} = 20.97 \text{ kw/kişi-yıl}$$

2- Fakültatif Stabilizasyon Havuzu Tasarımı

$$Q = 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{BOI}_5 = 212 \text{ mg/l} = 1445 \text{ kg/gün}$$

$$\text{BOI}_u = 1.4(\text{BOI}_5)$$

$$\text{SO}_4 \text{ konsantrasyonu} = 115 \text{ mg/l}$$

$$\text{pH} = 7.8 - 8$$

$$\text{Koliform konsantrasyonu} = 2.5 \cdot 10^6 \text{ ad/100ml}$$

$$\text{Arıtılmış atıksuyun BOI'si} = 20 \text{ mg/l}$$

$$\text{Konum} = 30^\circ \text{ kuzey enlemi}$$

$$\text{Ocak ayında ortalama radyasyon} = 100 \text{ kal/cm}^2\text{-gün}$$

$$\text{Ocak ayında ortalama sıcaklık} = 10^\circ\text{C}$$

$$\text{Yaz ayında ortalama sıcaklık} = 35^\circ\text{C}$$

$$\text{Atıksu sıcaklığı} = 20^\circ\text{C}$$

a-Oksijen Üretimi

$$= 1.3(100 \cdot 10^8 \cdot 0.06) / (6000 \cdot 10^3) = 130 \text{ kg/ha-gün}$$

b- K_p değerinin tahmini

$$K_p (20^\circ\text{C de}) = 0.132 \text{ Log}(L) - 0.169$$

$$L = \text{akım boyu} = 130 \text{ kg BOI}_U / \text{ha-gün kabul edilecektir (emniyet yönünden)}.$$

$$K_p (20^\circ\text{C de}) = 0.11 \text{ gün}^{-1}$$

Deneme olarak ocak ayındaki sıcaklık 12°C kabul edilecektir (sonra kontrol edilecektir).

$$K_p (12^\circ\text{C de}) = 0.11 \cdot 1.035^{12-20} = 0.08 \text{ gün}^{-1}$$

c- Dispersiyon sayısı

* Sıradan evsel atıksu için; piston akım arzu edilir.

* $D/UL = 0.5$ kabul edilecektir. (havuz geometrisi buna göre belirlenecektir).

$$D = \text{Dispersiyon katsayısı, m}^2/\text{saat}$$

$$U = \text{Akım hızı, m/saat}$$

d- Alıkonma süresinin tayini

$$S / S_0 = 20 / 212 = \%0.094$$

$$D/UL = 0.2 \text{ için } k.t = 3 \text{ veya } t = 3/0.08 = 37.5 \text{ gün}$$

Havuz hacmi;

$$V = 37.5 \text{ gün} * 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} = 255660 \text{ m}^3$$

e- Havuz derinliğinin seçimi;

Oksijen üretimini ve tüketimini dengelemek için,

Havuzdaki BOI_u giderimi $\geq 130 \text{ kg/ha-gün}$ olmalıdır.

BOI giderim randımanı = $(1 - 0.094) = \%91$ olduğundan dolayı;

Havuzdaki maksimum BOI_u yükü = $130 / 0.9 = 144.4 \text{ kg/ha-gün}$

Gelen ham atıksudaki $BOI_u = 1.4 * 1445 = 2023 \text{ kg/gün}$

Gerekli minimum havuz alanı = $2023 / 144.4 = 14 \text{ ha} = 140000 \text{ m}^2$

Minimum havuz derinliği = $255660 \text{ m}^3 / 140000 \text{ m}^2 = 1.83 \text{ m}$

f- Havuz sıcaklığı;

$$t/h = (T_i - T_w) / F * (T_w - T_a)$$

$$37.5/1.83 = (20 - T_w) / 0.4 * (T_w - 10)$$

$$T_w = 10.89 \text{ C}^\circ$$

g- Havuzdaki sülfat konsantrasyonu;

$$((0.0001058 * 112) - (0.001655 * 37.5) + 0.0553) * 115$$

$$= 0.58 \text{ mg/l}$$

h- Çamur birikimi;

$$* \text{ Çamur üretimi} = 0.03 \text{ m}^3 / \text{kişi-yıl}$$

$$* \text{ Çamur temizleme aralığı} = 10 \text{ yıl}$$

$$\text{Çamur hacmi} = 42610 \text{ kişi} * 0.03 \text{ m}^3 / \text{kişi-yıl} * 10 \text{ yıl} = 12783 \text{ m}^3$$

5.13. Mağusa Bölgesindeki İkinci Arıtma Tesisinin Aşağıdan Yukarıya Akışlı Çamur Bataniyesi ve Fakültatif Stabilizasyon Havuzu Tasarımı

1- Aşağıdan Yukarıya Akışlı Çamur Bataniyesi Tasarımı

$$Q = 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{pH} = 7.8-8$$

$$\text{BOİ} = 510 \text{ mg/l} \text{ (} 565 \cdot 0.9 = 510 \text{ mg/l \%10' u fiziksel arıtmada giderilir).}$$

$$\text{KOİ} = 820 \text{ mg/l}$$

$$\text{SO}_4 = 115 \text{ mg/l}$$

$$\text{TSS (Toplam katı madde miktarı)} = 395 \text{ mg/l}$$

$$\text{VSS (Volatil askıda katı madde)} = 270 \text{ mg/l}$$

$$\text{Sıcaklık} = 22 - 30 \text{ C}^\circ$$

$$\text{Pik akım} = 2 \cdot \text{ortalama akım.}$$

1- Çamur Üretimi:

BOİ giderim randımanı %82 kabul edilecektir.(Diğer bir deyişle, AAÇB' den çıkan su BOİ = 92 mg/l'tir.)

BOİ giderim neticesinde oluşan VSS;

$$\text{Yeni VSS} = 0.1(0.82 \cdot \text{BOİ}) = 0.1(0.82 \cdot 510) = 41.82 \text{ mg/l}$$

$$\text{Bozunmayan katılar} = \text{VSS} (1-0.4) = 270 (1-0.4) = 162 \text{ mg/l}$$

$$\text{Gelen sudaki kül} = \text{TSS} - \text{VSS} = 395 - 270 = 125 \text{ mg/l}$$

$$\text{Üretilen toplam katı çamur} = 41.82 + 162 + 125 = 329 \text{ mg/l} = 2112 \text{ kg/gün}$$

2- KAS ve HAS değerleri:

Aşağıdaki kabuller yapılacaktır,

- (vi) Verilen sıcaklıkta arzu edilen KAS değeri = 30 gün
- (vii) Çamur tabakası derinliği = 2.2 m
- (viii) Etkinlik katsayısı = 0.85
- (ix) Çamur tabakasında ortalama çamur konsantrasyonu = 70 kg/m³
- (x) Reaktörün toplam derinliği (çökeltici dahil) = 5m

Buradan;

$$KAS = 30 \text{ gün} = ((70 \text{ kg/m}^3)(2.2 \text{ m}/5 \text{ m})(0.85) (\text{Debi, m}^3/\text{gün})(HAS, \text{ saat}/24)) / ((329 \text{ kg/m}^3)(\text{Debi, m}^3/\text{gün}))$$

$$HAS = (30*329) / (70*(2.2/5)*0.85*(1000/24)) = 9.05 \text{ saat} \\ = 4.53 \text{ saat (pik debi için)}$$

3- Aşağıdan yukarıya hız:

$$\text{Ortalama akımda aşağıdan yukarıya hız} = 5\text{m} / 9.05 \text{ saat} = 0.552 \text{ m/saat}$$

Fakat AAÇB içindeki yumaklaşmış çamuru bile her zaman tutabilmek için hız 0.5 m/saat kabul edilecektir. Böylece, pik debide aşağıdan yukarıya hız, $2*0.5 = 1 \text{ m/saat}$ olacaktır.

4- Reaktör boyutları:

$$\text{Gerekli reaktör alanı} = (\text{Toplam akım, m}^3/\text{gün}) / (\text{Aşağıdan yukarıya hız, m/saat}(24)) \\ = 6817.6 / (0.5*24) = 568 \text{ m}^2$$

Bu durumda, 21 m genişliğinde, 27 m uzunluğunda, 5 m su derinliğinde ve 0 5 m hava paylı bir reaktör seçilecektir.

5- Organik yükleme için kontrol:

$$\text{Volimetrik organik yükleme} = \text{KOİ yükü} / \text{reaktör hacmi}$$

$$= 820 \text{ g/m}^3 * 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} / (1000 * 21 * 27 * 5) = 1.97 \text{ kg KOİ} / \text{m}^3.\text{gün}$$

(makul değer)

Çamur tabakasında organik yükleme =

$$= 820 \text{ g/m}^3 * 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} / (0.4 * 1000 * 21 * 27 * 2.2 * (70 \text{ kg/m}^3))$$

$$= 0.16 \text{ kg KOİ} / \text{kg VSS.gün}$$

(makul değer)

6- KOİ giderimi ve metan üretimi:

(i) Toplam KOİ giderimi = Gelen yükün %80'i

$$= 0.8((820/1000 \text{ g/m}^3) * 6817.6) = 4472.3 \text{ kg/gün}$$

(ii) Sülfat indirgenmesi için harcanan KOİ:

Gelen sülfat = 115 mg/lt

$$\text{Kabul edilen sülfat giderimi} = \%80 = 0.8 * 115 = 92 \text{ mg/lt} = 92 * 6817.6 / 1000 = 627 \text{ kg/gün}$$

$$\text{Sülfat indirgenmesine isabet eden KOİ tüketimi} = 6271 \text{ kg/gün} * 0.67 = 420 \text{ kg/gün}$$

(iii) Metan üretimi için mevcut KOİ = $4472.3 - 420 = 4052.3 \text{ kg/gün}$

- 27 C°' de oluşan metan miktarı = 350 lt/kg giderilen KOİ

$$\text{Günlük toplam metan üretimi} = 4052.3 \text{ kg/gün} * 0.350 \text{ m}^3/\text{kg} = 1418 \text{ m}^3/\text{gün}$$

(iv) Arıtılmış atıksuda çözünmüş olarak sistemi terk eden metan:

$$= 0.028 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ arıtılmış su hacmi/gün}$$

$$= 0.028 * 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} = 191 \text{ m}^3/\text{gün}$$

(v) Kullanılabilir metan = $1418 - 191 = 1227 \text{ m}^3/\text{gün}$

$$= 1227 \text{ m}^3/\text{gün} / 4472.3 \text{ kg/gün} = 0.274 \text{ m}^3/\text{kg KOİ}$$

Enerji yönünden ifade edilirse, %75 metan içeren 1 m³ biyogaz, 1.4 kW-saat elektrik enerjisine eşdeğerdir. Dolayısıyla 1227 m³/gün biyogaz, 1717.4 kW-saat elektriğe eşdeğerdir.

7- Sülfatlar- Sülfürler:

Gelen atıksudaki sülfatlar, sülfüre indirgenecektir. Sülfatın %85'inin giderildiği ve sülfürlere indirgendiği kabul edilirse:

$$S^{-2} = (0.85 * 115 \text{ mg/l}) * (1/3) = 32.58 \text{ mg/l}$$

$$\text{KOİ} / \text{SO}_4 = 820 \text{ mg/l} / 115 \text{ mg/l} = 7.13 \text{ (mukul değer)}$$

8- Gaz kolektörü tasarımı:

Gaz kolektöründe 4 metre genişlik sağlanmalıdır (iki deflektör kirişi arasındaki mesafe).

Dolayısıyla:

$$\text{Gaz kolektörü sayısı} = 21 \text{ m} / 4 \text{ m} = 5 \text{ adet (her biri 27 m uzunluğunda.)}$$

9- Merfez genişliği:

Pik akımda menfezden yukarıya akış hızı 5 m/saat ile sınırlandırılmalıdır.

$$\begin{aligned} \text{Gerekli menfez alanı} &= (\text{Pik akım, m}^3/\text{saat}) / (\text{İzin verilen menfez hızı, m/saat}) \\ &= 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} * 2 / (5 \text{ m} / \text{saat} * 24) = 114 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Menfez genişliği} &= (\text{Menfez alanı}) / (\text{Menfez boyu} * \text{Menfez sayısı}) \\ &= 114 \text{ m}^2 / (27 * 5) = 0.84 \text{ m (0.8 seçilecek)} \end{aligned}$$

$$P_H = \text{Plakanın yatay genişliği} = (\text{Toplam gaz toplama genişliği} - \text{menfez genişliği} - \text{kapak genişliği} + \text{kapak et kalınlığı})$$

$$= (4 - 0.8 - 0.5 + 0.05) / 2 = 1.375 \text{ m}$$

P_v = Kolektör plakasının düşey yüksekliği = $P_H * \tan(50^\circ) = 1.375 * \tan(50^\circ) = 1.639$ m (1.64 m seçilir).

10- Deflektör kırı (Yönlendirici kırı):

$$\begin{aligned} \text{Yönlendirici kırı genişliği} &= \text{Menfez genişliği} + 2 * (\text{kenar fazlalığı}) \\ &= 0.8 + 2(0.1) = 1 \text{ m} \end{aligned}$$

Yönlendirici kırı genişliği ≈ 0.5 m

5 m'lik toplam su derinliği için kontrol edilir,

Yönlendirici kırı altına kadar olan çamur yatağı yüksekliği	= 2.20m
Deflektör kırı + eğik plakaya kadar olan boşluk	= 0.75 m
Kolektör plakası yüksekliği, P_v	= 1.64 m
Çökelticide düşey su derinliği	= 0.40 m
	= 4.99 m
Üsteki hava payı	
	= 0.50 m
Toplam reaktör yüksekliği	= 5.5 m

11- Çökeltme Bölgesi için kontrol:

$$\text{Çökelticinin kesit alanı} = (0.8 * 1.64) + (0.4 * 3.2) + (1.64 * 1.2) = 4.65 \text{ m}^2$$

$$\text{Hacim} = \text{Alan} * \text{Uzunluk} * \text{Adet} = 4.65 \text{ m}^2 * 27 \text{ m} * 5 = 615.6 \text{ m}^3$$

$$\text{Hidrolik alıkoyma süresi, HAS} = \text{Hacim} / \text{Debi} = 615.6 \text{ m}^3 / (6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} * (1/24 \text{ saat}))$$

$$= 2.2 \text{ saat (makul değer)}$$

$$\text{Yüzey yükleme} = 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} / (\text{Çökeltici genişliği} * \text{boy} * \text{adet})$$

$$= 6817.6 / (3.2 \cdot 27 \cdot 5) = 15.78 \text{ m}^3 / \text{m}^2 - \text{gün}$$

12- Çamur çekimi ve susuzlaştırma

Günlük çamur çekimi = 2112 kg/gün olarak hesaplanmıştır.

$$= 2112 \text{ kg/gün} / 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.31 \text{ kg/m}^3 \text{ akım}$$

$$\% 7 \text{ katı madde içeren çamurun hacmi} = 2112 \text{ kg/gün} / 0.07 = 30.2 \text{ m}^3 / \text{gün}$$

Not: Çamur çekme boruları, üç farklı seviyede olabilir: (i) tabanda (ii) tabandan 1.0 - 1.5 metre yukarıda ve (iii) çökelticinin alt seviyesinde.

2- Fakültatif Stabilizasyon Havuzu Tasarımı

$$Q = 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{BOI}_5 = 92 \text{ mg/l} = 627 \text{ kg/gün}$$

$$\text{BOI}_u = 1.4(\text{BOI}_5)$$

SO₄ konsantrasyonu = 23 mg/l (SO₄ konsantrasyonu 115*0.2 = 23 mg/ lt kalır geri kalanı AAÇB prosesinde giderilir).

$$\text{pH} = 7.8 - 8$$

$$\text{Koliform konsantrasyonu} = 2.5 \cdot 10^6 \text{ ad/100ml}$$

$$\text{Arıtılmış atıksuyun BOI'si} = 20 \text{ mg/l}$$

$$\text{Konum} = 30^\circ \text{ kuzey enlemi}$$

$$\text{Ocak ayında ortalama radyasyon} = 100 \text{ kal/cm}^2\text{-gün}$$

$$\text{Ocak ayında ortalama sıcaklık} = 10^\circ\text{C}$$

$$\text{Yaz ayında ortalama sıcaklık} = 35^\circ\text{C}$$

$$\text{Atıksu sıcaklığı} = 20^\circ\text{C}$$

a- Oksijen Üretimi

$$= 1.3(100 \cdot 10^8 \cdot 0.06) / (6000 \cdot 10^3) = 130 \text{ kg/ha-gün}$$

b- K_p değerinin tahmini

$$K_p (20\text{ C}^\circ \text{ de}) = 0.132 \text{ Log}(L) - 0.169$$

L = akım boyu = 130 kg BOİ_U /ha-gün kabul edilecektir (emniyet yönünden).

$$K_p (20\text{ C}^\circ \text{ de}) = 0.11 \text{ gün}^{-1}$$

Deneme olarak ocak ayındaki sıcaklık 12C° kabul edilecektir (sonra kontrol edilecektir).

$$K_p (12\text{ C}^\circ \text{ de}) = 0.11 * 1.035^{12-20} = 0.08 \text{ gün}^{-1}$$

c- Dispersiyon sayısı

* Sıradan evsel atıksu için; piston akım arzu edilir.

* $D/UL = 0.5$ kabul edilecektir. (havuz geometrisi buna göre belirlenecektir).

D = Dispersiyon katsayısı, m²/saat

U = Akım hızı ,m/saat

d- Alıkonma süresinin tayini

$$S / S_0 = 20 / 92 = \%0.22$$

$$D/UL = 0.2 \text{ için } k.t = 1.65 \text{ veya } t = 1.65 / 0.08 = 20.6 \text{ gün}$$

Havuz hacmi;

$$V = 20.6 \text{ gün} * 6817.6 \text{ m}^3/\text{gün} = 140443 \text{ m}^3$$

e- Havuz derinliğinin seçimi;

Oksijen üretimini ve tüketimini dengelemek için,

Havuzdaki BOİ_u giderimi ≥ 130 kg/ha-gün olmalıdır.

BOİ giderim randımanı = $(1 - 0.22) = \%78$ olduğundan dolayı;

Havuzdaki maksimum BOİ_u yükü = $130 / 0.78 = 167$ kg/ha-gün

Gelen ham atıksudaki BOİ_u = $1.4 * 627 = 878$ kg/gün

Gerekli minimum havuz alanı = $878 / 167 = 5.26 \text{ ha} = 52600 \text{ m}^2$

Minimum havuz derinliği = $140443 \text{ m}^3 / 52600 \text{ m}^2 = 2.67 \text{ m}$

f- Havuz sıcaklığı;

$$t/h = (T_i - T_w) / F * (T_w - T_a)$$

$$20.6/2.67 = (20 - T_w) / 0.4 * (T_w - 10)$$

$$T_w = 12.45 \text{ C}^\circ$$

g- Havuzdaki sülfat konsantrasyonu;

$$((0.0001058*112)-(0.001655*20.6)+ 0.0553)*23$$

$$=0.76 \text{ mg/lt}$$

h- Çamur birikimi;

$$* \text{ Çamur üretimi} = 0.03 \text{ m}^3 / \text{kişi-yıl}$$

$$* \text{ Çamur temizleme aralığı} = 10 \text{ yıl}$$

$$\text{Çamur hacmi} = 42610 \text{ kişi} * 0.03 \text{ m}^3 / \text{kişi-yıl} * 10 \text{ yıl} = 12783 \text{ m}^3$$

5.14. Mağusa Bölgesi İçin Tasarlanan Arıtma Tesislerinin Yatırım ve İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması

5.14.1 Yatırım Maliyetleri Karşılaştırılması

1- Toprak Yatırım Bedeli

Kesintiz akışlı aerobik lagün - Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sistemi 16 hektar, Aktif Çamur Tesisinde 2 hektar ve AAÇB – Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sisteminde 7 hektar araziye ihtiyaç vardır (binalar ve boş araziler dahil). Mağusa bölgesinde sıra ile bedeli 550 000 USD, 70 000 USD ve 250 000 USD’ dir.

2- İnşaat Yatırım Bedeli

Yatırım maliyetine yansıyan inşaat kalemlerinin listesi bölüm 3.8.1’ de verilmiştir.

Aktif çamur prosesinde inşaat yatırım bedeli ortalama 700 000 USD’ dir. Kesintiz akışlı aerobik lagün - Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sisteminde

havuz tabanı toprak olduğu için betonarme masrafı yoktur. İnşaat maliyeti olarak sadece makine ile kazı yapılmasının masrafı vardır. Buda inşaat maliyetini oldukça düşürür. Kesintiz akışlı aerobik lagün - Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sisteminde inşaat yatırım bedeli ortalama 300 000 USD'dir. AAÇB – Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sisteminde ise AAÇB prosesi anaerobik proses olduğu için korozyon potansiyeli, negatif özellikler içerisinde en önemlisidir ve buyüzden inşaat malzemelerinin seçimine dikkat edilmelidir. Buda inşaat maliyetini artırır. Bu ikili sistemin yatırım maliyeti 750 000 USD' dir.

3- Elektrik-Ekipman Yatırım Bedeli

Yatırım maliyetine yansıyan Elektrik- Ekipman kalemlerinin listesi bölüm 3.8.1' de verilmiştir.

Aktif çamur tesislerin' de Mağusa bölgesi için, Elektrik- Mekanik maliyeti 1 200 000 USD civarındadır. Kesintiz akışlı aerobik lagün - Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sistemi toprak tabanlı havuzlar olduğu için elektrik – mekanik maliyeti düşüktür (400 000 USD). AAÇB – Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sisteminde ise AAÇB prosesi için kullanılan korozyondan etkilenmeyen borular ve diğer mekanik ekipmanlardan dolayı elektrik- mekanik ekipman maliyeti yüksektir (1 000 000 USD).

5.14.2. İşletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması

1- Personel İhtiyacı

Arıtma tesisi için gerekli personel listesi bölüm 3.8.1' de verilmiştir.

Personel ihtiyacı, Kesintiz akışlı aerobik lagün - Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sistemi ve AAÇB – Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sisteminde 180 000 USD/yıl. Aktif çamur prosesinde ise 240 000 USD/yıl' dir.

2- Enerji İhtiyacı

Aktif Çamur Prosesinde, enerji için gerekli işletme maliyeti 100 000 USD/yıl'dır. Kesintiz akışlı aerobik lagün - Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili

sisteminde aerobik lagünde buluna havalandırıcılar ve tesis için yıllık 50 000 USD/yıl enerji maliyeti vardır. AAÇB – Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sisteminde havuzlarda havalandırıcı bulunmadığı için tesise gerekli enerji ihtiyacı düşüktür (15 000 USD/yıl).

3- Kimyasal Madde İhtiyacı

Aktif Çamur Prosesinde havuzlarda flokleştirici kimyasal maddeler kullanıldığı için yılda ortalama 40 000 USD kimyasal madde ihtiyacı vardır. Kesintisiz akışlı aerobik lagün - Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sistemi ve AAÇB – Fakültatif stabilizasyon havuzu ikili sisteminde sadece laboratuarda kimyasal madde kullanımı vardır (ortalama 2 000 USD/yıl).

Tablo 5.2. Mağusa bölgesi için tasarlanan ,arıtma tesislerinin yatırım ve işletme maliyetlerinin karşılaştırılması

Yatırım maliyetleri	Aktif çamur prosesi (USD)	Kesintisiz akışlı aerobik lagün-fakültatif stabilizasyon havuzu (USD)	AAÇB – fakültatif stabilizasyon havuzu (USD)
Arazi Maliyeti	70 000	550 000	250 000
İnşaat Maliyeti	700 000	300 000	750 000
Elektrik- Mekanik Ekipman Maliyeti	1 200 000	400 000	1 000 000
Toplam yatırım maliyeti	1 970 000 USD	1 250 000 USD	2 000 000 USD
Yıllık İşletme maliyetleri			
Personel Maliyeti	240 000	180 000	180 000
Kimyasal Madde Maliyeti	40 000	2 000	2 000
Enerji Maliyeti	100 000	50 000	15 000
Toplam işletme maliyeti	380 000 USD/yıl	232 000 USD/yıl	197 000 USD/yıl

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Mağusa şehri için üç adet örnek arıtma tesisi tasarlanmıştır. Bunlar, aktif çamur tesisi, kesintisiz akışlı aerobik lagun-fakültatif stabilizasyon havuzunun birlikte kullanıldığı sistem ve aşağıdan yukarıya akışlı anaerobik çamur battaniyesi prosesi-fakültatif stabilizasyon havuzunun birlikte kullanıldığı sistem. Bu uygulamaların işletme ve yatırım maliyetlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Aktif çamur prosesi ile oksidasyon havuzlarının karşılaştırılması neticesinde, oksidasyon havuzlarının hem yatırım hem işletme maliyeti aktif çamur prosesinden daha düşük olduğu görülmüştür. Oksidasyon havuzunun yatırım ve işletme maliyetinin düşük çıkmasının nedeni büyük arazi gereksinimi olduğu halde Mağusa bölgesinde arazi maliyetlerinin düşük olması, elektrik, ekipman ve personel ihtiyacının az olmasıdır.

Aktif çamur tesisleri, küçük arazi gereksinimi olan ancak mekanik aksam ihtiyacından dolayı yatırım maliyeti yüksek olan teknolojidir. İşletme sırasında enerji ihtiyacı fazla olduğundan işletme maliyeti de yüksektir. Arazi fiyatlarının pahalı ve az olduğu ayrıca enerji problemi olmayan bölgelerde uygulanması daha uygundur.

Kesintisiz akışlı aerobik lagun-fakültatif stabilizasyon havuzunun birlikte kullanıldığı sistem, Kesintisiz akışlı aerobik lagunun, stabilizasyon havuzuna göre arazi ihtiyacı daha az olmasına rağmen, iki proses birlikte kullanıldığında toplam arazi ihtiyaçları yüksektir. Ancak mağusa bölgesinde arazinin çok ve ucuz olduğunu düşünürsek bu prosesin uygulanmasında sorun çıkmayacaktır. Bu proseslerin birlikte uygulanmasının nedeni kesintisiz akışlı aerobik lagunun BOİ gideriminin düşük olması deşarj standartlarını sağlamaması. Bu ikili sistemde gereken tek ekipman aerobik lagunun havalandırıcılarıdır. Bu yüzden yatırım maliyeti düşüktür. İşletme maliyeti' de havalandırıcılar dışında mekanik aksam olmadığı için çok yüksek değildir. Sadece havalandırıcılar için gerekli olan enerji işletme maliyetini etkiler.

Aşağıdan yukarıya akışlı anaerobik çamur battaniyesi prosesi- fakültatif stabilizasyon havuzunun birlikte kullanıldığı sistem, bu ikili sistemin arazi ihtiyacı

aktif çamur prosesinden fazla aerobik lagun- fakültatif stabilizasyon havuzunun birlikte kullanıldığı sistemden düşüktür. Ancak AAÇB prosesi' nin ilk yatırım maliyeti yaklaşık aktif çamur prosesiyle aynıdır. Ayrıca BOİ giderim randımanı da düşüktür. Bu yüzden fakültatif stabilizasyon havuzları ilave arıtma olarak tasarlanmıştır. Ancak bu ikili sistemin işletme maliyeti enerji ihtiyacı az olduğundan çok düşüktür. Özellikle elektrik enerjisinin pahalı olduğu ve kesintili bölgelere uygulanabilir.

AAÇB prosesi, yüksek BOİ giderimi istenmediği durumlarda ilave bir arıtma gerekmeden kullanılabilir. Bu durumda düşük arazi gereksinimi , enerji ihtiyacının sıfıra yakın olması ve kullanılan az ekipmanın bakım ve tamiratının kolay olmasından dolayı avantajlı bir prosestir.

Mağusa bölgesindeki en uygun proses, kesintisiz akışlı aerobik lagun-fakültatif stabilizasyon havuzunun birlikte kullanıldığı sistemdir. Hem işletme hem yatırım maliyeti düşüktür. Ayrıca aerobik proses olduğu için işletme problemi daha azdır. Fiziksel arıtma ihtiyacı en az olan proses olup sadece ızgara bu proses için yeterli fiziksel arıtmadır. Bu sistemlerin değişik faktörlere göre karşılaştırılması aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

Tablo 6.1. Mağusa bölgesi için tasarlanan ,arıtma tesislerinin yatırım ve işletme maliyetlerinin karşılaştırılması

Yatırım maliyetleri	Aktif çamur prosesi (USD)	Kesintisiz akışlı aerobik lagün-fakültatif stabilizasyon havuzu (USD)	AAÇB – fakültatif stabilizasyon havuzu (USD)
Arazi Maliyeti	70 000	550 000	250 000
İnşaat Maliyeti	700 000	300 000	750 000
Elektrik- Mekanik Ekipman Maliyeti	1 200 000	400 000	1 000 000
Toplam yatırım maliyeti	1 970 000 USD	1 250 000 USD	2 000 000 USD
Yıllık İşletme maliyetleri			
Personel Maliyeti	240 000	180 000	180 000
Kimyasal Madde Maliyeti	40 000	2 000	2 000
Enerji Maliyeti	100 000	50 000	15 000
Toplam işletme maliyeti	380 000 USD/yıl	232 000 USD/yıl	197 000 USD/yıl

KAYNAKLAR

- Arceivala. S. J. , 1998**, Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı, Tata McGraw – Hill Publishing company limited,193-311
- Biwater Industries & Services, 1993**, Water Industries Manual. Walker & Connell Ltd
- Derin. O. and Artan N. , 1994** Modelling of Activated Sludge Systems, Technomic Publishing Company
- Environmental Protection Agency, EPA, 2003**, Wastewater Technology Fact Sheet, Screening and Grit Removal, 832-F-03-011.
- Environmental Dynamics inc., 2003**, Energy Consumption and Typical Performance of Various Types of Aeration Equipment
- Grady. L. , Daigger. G. T. and Lim H. C., 1999**, Biological Wastewater Treatment, Marcel Dekker Inc.
- İleri. R. , 2000**, Çevre Biyoteknolojisi, Değişim yayınları, Adapazarı, 268-351
- Muslu. Y. , 1996**, Atıksuların Arıtılması, 1. Baskı, İstanbul İTÜ.
- Muslu. Y. , 1998**, Çevre Mühendisliğinin Esasları, 1. Baskı, İstanbul İTÜ.
- Metcalf & Eddy, 2000**, Wastewater Engineering, Treatment Disposal Reuse,. McGraw- Hill International Editions.
- Metcalf & Eddy, 1991**, Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse, McGraw-Hill international Editions, Third Edition.
- Pont-a-Mousson, 1992**, A Comprehensive Ductile Iron Pipeline System.
- Syed. R. Qasım, 1985**, Wastewater Treatment Plants, Planning, Design, and Operation, CBS Publishing Japan Ltd.
- Syed. R.Qasım, 1999**, Wastewater Treatment Plants, Planning, Design, and Operation, Technomic publication.
- Topacık. D. , 1987**, Atıksu Arıtma Tesisleri İşletilmesi, İstanbul
- USPA., 1989**, Design Manual- Fine Pore Aeration Systems, Center for Environmental Research, Cincinnati, Ohio.
- W.Wesley Eckenfelder,Jr., 1989**, Industrial Water Pollution Control, ,McGraw-Hill International Editions.

Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers, 1991,
Design of Municipal Wastewater Treatment Plants. Manual of Practice No.8,
Chapter 10.

Water Environment Federation, 1996, Operation of Municipal Wastewater
Treatment Plants, Manual of Practice No. 11, Chapter 19.

Erdoğan. A. O. , Doktora Tezi, 2004, İstanbul

www.osbuk.org/Atiksu

ÖZGEMİŞ

Halide Özlem Uzman 1982 yılında Lefkoşa’da doğdu. 1999 yılında Türk Marif Kollejin’den mezun oldu. Aynı yıl Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladı ve 2003 yılında mezun oldu. Mezuniyetini takiben Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü’nde Yüksek Lisans programına başladı.