

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**KENTSEL ATIK SU ARITMA TESİSLERİNDE ARITMA
YÖNTEMLERİ VE İŞLETME PERFORMANSLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ:
KAVAK ATIK SU ARITMA TESİSİ ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ayşenur AYAN

Danışman

Prof. Dr. Yüksel ARDALI

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Ayşenur AYAN tarafından, Prof. Dr. Yüksel ARDALI danışmanlığında hazırlanan “KENTSEL ATIK SU ARITMA TESİSLERİNDE ARITMA YÖNTEMLERİ VE İŞLETME PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: KAVAK ATIK SU ARITMA TESİSİ ÖRNEĞİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 18.7.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Doç. Dr. Nevzat BEYAZIT Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Yüksel ARDALI Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Öznur Begüm GÖKÇEK Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY
... / ... / ...
Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

15 / 06 / 2022
Ayşenur AYAN

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : KENTSEL ATIK SU ARITMA TESİSLERİNDE ARITMA YÖNTEMLERİ VE İŞLETME PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: KAVAK ATIK SU ARITMA TESİSİ ÖRNEĞİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 15.06.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 28

Tek kaynak oranı : % 5 çıkmıştır.

15 / 06 / 2022
Prof. Dr. Yüksel ARDALI

ÖZET

KENTSEL ATIK SU ARITMA TESİSLERİNDE ARITMA YÖNTEMLERİ VE İŞLETME PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ: KAVAK ATIK SU ARITMA TESİSİ ÖRNEĞİ

Ayşenur AYAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans, Haziran/2022
Danışman: Prof. Dr. Yüksel ARDALI

Kentsel yerleşimlerin en büyük problemleri arasında atık su arıtma proseslerinin dizaynı ve işletilmesidir. Ülkemizde daha çok tercih edilen biyolojik yöntem aktif çamur prosesidir. Projelendirme ile işletme arasında olumsuzluklar arıtma prosesinin istenilen etkinlikte çalıştırılmaması söz konusu olmaktadır. Bu çalışmada, SASKİ (Samsun Su ve Kanalizasyon İdaresi Müdürlüğü) bünyesinde işletilen, Kavak Atık su arıtma tesisinden alınan veriler proje verileri ile karşılaştırılarak işletme koşulları belirlenmiş ve verimlilik değerlendirilmiştir. Çalışmamızda veriler 2021 - 2022 döneminde alınan atık su giriş ve çıkış konsantrasyonlarının ölçülmesine dayandırılmıştır ve işletme sürecinde KOİ, BOİ, AKM, TN, TP analizleri yapılarak bu parametrelerin her fazdaki değişimleri incelenmiştir. Elde edilen verimlilik verileri projelendirilmiş Kavak Atık su arıtma tesisinde atık sulardan biyolojik nütrient giderimi projenin verimli bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca biyolojik arıtım için çamur hacim indeksi ve sistemin çökeltme performansının değerlendirilmiştir. Takács Modeli atık su arıtım işletme şartlarında belirlenen analiz sonuçlarına uygulanmıştır ve biyokütle testleri yapılarak verimlilik değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Aktif çamur, Kavak atık su arıtma tesisi, Çamur hacim indeksi, Takacs modeli, Biyokütle

ABSTRACT

EVALUATION OF TREATMENT METHODS AND OPERATING PERFORMANCE IN URBAN WASTEWATER TREATMENT PLANTS: KAVAK EXAMPLE OF WASTEWATER TREATMENT PLANT

Ayşenur AYAN
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Environmental Engineering Master
Master, June/2022
Supervisor: Prof. Dr. Yüksel ARDALI

One of the biggest problems of urban settlements is the design and operation of wastewater treatment processes. The most preferred biological method in our country is the activated sludge process. The negativities between the project and the operation are that the treatment process cannot be operated with the desired efficiency. In this study, operating conditions were determined and efficiency was evaluated by comparing the data obtained from the Kavak Wastewater Treatment Plant, which is operated within the body of SASKİ (Samsun Water and Sewerage Administration Directorate), with the project data. In our study, the data was based on the measurement of wastewater inlet and outlet concentrations taken in the 2021 - 2022 period, and the changes in these parameters in each phase were examined by making COD, BOD, SS, TN, TP analyzes during the operation process. The efficiency data obtained showed that the biological nutrient removal from wastewater in the projected Kavak Wastewater Treatment Plant can be used efficiently. In addition, the sludge volume index and the settling performance of the system for biological treatment were evaluated. Takács Model was applied to the analysis results determined in wastewater treatment operating conditions and efficiency was evaluated by performing biomass tests.

Keywords: Active sludge, Kavak wastewater treatment plant, Sludge volume index, Takacs model, biomass

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve çalışmalarım boyunca tecrübe ve bilgi birikimini sonuna kadar paylaşan, tüm samimiyetiyle yardımlarını, sabrını ve hoşgörüsünü esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Yüksel ARDALI'ya teşekkürü borç bilir, saygılarımı sunarım.

Hayatım boyunca benden maddi, manevi hiçbir şey esirgemeyen, benim her zaman en iyi yollarda yürümem için çabalayan çok sevgili annem Şengül ANLI ve babam İlhan ANLI'ya, yaptığım her işte sabırla beni destekleyen, tezim süresince desteği ve olumlu fikirleri ile daima yanımda olan canım eşim Emrecan AYAN'a sonsuz minnet ve sevgilerimi sunarım.

Ayşenur AYAN

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	iii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR.....	4
2.1. Aktif Çamur Sistemleri	4
2.2. Azot ve Fosforun Biyolojik Olarak Giderimi	5
2.2.1. A ² /O Prosesi.....	5
2.2.2. UCT(Capetown Üniversitesi tipi aktif çamur sistemi) Prosesi	6
2.2.3. Johannesburg Prosesi	7
2.2.4. 5 Kademeli Bardenpho Prosesi	8
2.2.5. VIP (Virginia Tesisi tipi aktif çamur sistemi) Prosesi	8
2.3. Aktif Çamur Sistemlerinde Model Kavramı	9
2.4. Nütrient Giderimi.....	9
2.4.1. Biyolojik Nitrifikasyon	10
2.4.2. Biyolojik Denitrifikasyon	12
2.4.3. Biyolojik Fosfor Giderimi.....	13
2.4.4. Çamur Susuzlaştırma ve Önemi.....	15
2.5. Aktif Çamur Karakteri	16
2.5.1. Aktif Çamur Mikrobiyolojisi	17
2.5.2. Aktif Çamur Çökelme Problemleri	17
2.5.2.1. Kabarma.....	18
2.5.2.2. Köpürme	20
2.5.2.3. Yükselme	22
2.5.3. Aktif Çamur Çökebilirliği	23
2.5.3.1. Katı Akı Teorisi	24
2.5.3.2. Vesilind Modeli	24
2.5.3.3. Takács Modeli.....	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1. Arıtma Tesisi Bilgileri	26
3.2. Kavak Atık Su Arıtma Tesisi Projelendirme	29
3.2.1. Kaba Izgaralar ve Terfi Merkezleri.....	29
3.2.2. Kombine İnce Izgara, Kum ve Yağ Tutucu Kompakt Ünitesi	41
3.2.3. Biyolojik Fosfor (Anaerobik) Tankları	44
3.2.4. Anoksik ve Oksik Tanklar	48
3.2.5. Son Çökeltim Tankları	59
3.2.6. Çamur Depolama Tankları.....	64
3.2.7. Çamur Susuzlaştırma	68
3.2.8. Dezenfeksiyon Ünitesi	72
3.3. Deneysel Çalışmanın Planlanması	74
3.3.1. Çökelme Hızı Testi	76
3.3.2. Optik yoğunluk Analizi.....	78
3.3.3. AKM Hesabı	78
3.4. Kimyasal Analizler	79
3.4.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini	79

3.4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini	80
3.4.3. Askıda Katı Madde Analizi.....	80
3.4.4. Toplam Fosfor Tayini	80
3.4.5. Toplam Azot Tayini.....	81
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	82
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR	97

SİMGELER VE KISALTMALAR

AST	: Son çöktürme havuzu alanı, m ²
C _{P, çıkış}	: Çıkış suyunda beklenen fosfor konsantrasyonu, mg/lt
C _{P, giriş}	: Giriş fosfor konsantrasyonu, mg/lt
F _T	: Sıcaklık düzeltme faktörü
G _S	: Yatay düzlemdeki katı akışı, kg.sa/m ²
h ₁	: Temiz su bölgesi, m
h ₂	: Ayırma bölgesi/ geri devir bölgesi, m
h ₃	: Yoğun akış ve çamur depolama bölgesi, m
h ₄	: Yoğunlaştırma ve çamur ayırma bölgesi, m
h _{tot}	: Toplam havuz derinliği, m
K	: Çökelme katsayısı, m ³ /kg
KSAKM-MSS, AT	: Biyolojik reaktör içinde gerekli olan AKM kütlesi, kg
q _A	: Yüzeysel yükleme hızı, m/sa
q _{SV}	: Çamur hacim yükleme hızı, m/sa
r _h	: Engellenmiş çökelme katsayısı, m ³ /kg
S _{NO3, D}	: Denitrifiye edilecek nitrat konsantrasyonu
S _{NO3, D} mg/L	: Günlük denitrifiye edilecek ortalama nitrat konsantrasyonu,
S _{NO3, giriş}	: Giriş nitrat konsantrasyonu
S _{NO3, çıkış}	: Çıkış nitrat konsantrasyonu, mg/L
SP _d	: Fosfor giderimi sonucu oluşan çamur miktarı, kg/gün
SP _{d, C}	: Karbon giderimi sonucu oluşan çamur miktarı, kg/gün
SP _{d, P}	: Fosfor giderimi sonucu oluşan çamur miktarı, kg/gün
V	: Çökelme hızı, m/sa
V ₀	: Başlangıç çökelme hızı, m/saASM1
V _S	: Çökelme hızı, m/sa
X	:Başlangıç katı madde konsantrasyonu, kg/m ³
X _{KOİ, SP}	: Karbon giderimi sonucu üretilen çamurun KOİ eşdeğeri, mg/L
X _{P, Çöktürme}	: Çöktürülmesi gereken fosfor konsantrasyonu, mg/L
X _{AKM, giriş}	: Arıtma tesisi girişinde askıda katı madde konsantrasyonu, mg/L
A ² /O	: Anaerobik-Anoksik/Oksik
ATV	: Alman Atık su Teknik Derneği

ATP	: Adenozin Trifosfat
ASM1	: Aktif Çamur Modeli No. 1 (Activated Sludge Model No. 1)
BOİ	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
F/M	: Besin/Biyokütle (Food/Mass)
IWA	: Uluslararası Su Birliği (International Water Association)
İBAAT	: İleri Biyolojik Atık su Arıtma Tesisi
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
SRT	: Çamur yaşı
SVI	: Çamur Hacim İndeksi (SludgeVolume Index)
SASKİ	: Samsun Su ve Kanalizasyon İdaresi
UCT	: University of Cape Town
UV	: Ultraviyole
UYA	: Uçucu Yağ Asidi
VIP	: Azot ve Fosforun Biyolojik Olarak Giderimi
VFA	: Uçucu Yağ Asidi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Aktif Çamur Prosesinin Gösterimi	4
Şekil 2.2. A ² /O Prosesi Akım Şeması	6
Şekil 2.3. UCT Prosesi Akım Şeması	7
Şekil 2.4. Johannesburg Prosesi	7
Şekil 2.5. Beş kademeli Bardenpho Prosesi	8
Şekil 2.6. VIP Prosesi	9
Şekil 2.7. Nitrifikasyon Süresince Parçalama Prosesi	11
Şekil 2.8. Denitrifikasyon Süresince Parçalama Prosesi	13
Şekil 2.9. Anaerobik ve Aerobik Ortamda Fosfor Döngüsü	14
Şekil 2.10. Atık su Arıtma Tesisi Havalandırma Ünitelerinde Oluşan Çamur Kabarması Görüntüleri.....	20
Şekil 2.11. Atık su Arıtma Tesisi Havalandırma Ünitelerinde Oluşan Köpürme Görüntüleri.....	22
Şekil 2.12. Atık su Arıtma Tesisi Havalandırma Ünitelerinde Oluşan Yükselme Görüntüleri.....	23
Şekil 3.1. Kavak (SAMSUN) Atık su Arıtma Tesisi Akım Şeması	29
Şekil 3.1. Kaba Izgaralar	30
Şekil 3.2. Terfi İstasyonu.....	31
Şekil 3.3. Kombine İnce Izgara ve Kum ve Yağ Tutucu Ünitesi	42
Şekil 3.4. İnce Izgara Ünitesi	42
Şekil 3.5. Kum Tutucu Ünitesi	43
Şekil 3.6. Yağ Tutucu Ünitesi	43
Şekil 3.7. Biyo-Fosfor (Anaerobik) Tanklar (Kavak Atık Su Arıtma Tesisi) ...	45
Şekil 3.8. Havalandırma (anoksik ve oksik) Tanklar (Kavak Atık Su Arıtma Tesisi).....	49
Şekil 3.9. Biyo-P Havuzları, A ₂ /O – 5 Kademeli Bardenpho Proseslerinin Çalışma Düzeni	50
Şekil 3.10. 5 Kademeli Bardenpho Prosesinin Çalışma Düzen.....	50
Şekil 3.11. A ₂ /O Prosesinin Çalışma Düzeni.....	51
Şekil 3.12. Son Çökeltme Havuzları	60
Şekil 3.13. Son Çöktürme Tankı Su Yükseklikleri	62
Şekil 3.14. Çamur Depolama Tankları	65
Şekil 3.15. Çamur Susuzlaştırma.....	68
Şekil 3.16. Klor Binası ve Klor Temas Tankı	73
Şekil 3.17. Çamur çökeltme hızı ölçümü (24.03.2022).....	77
Şekil 3.18. Çamur çökeltme hızı ölçümü (31.03.2022).....	77
Şekil 3.19. Çamur çökeltme hızı ölçümü (7.04.2022).....	78

Şekil 3.20. Kuru Madde (%) Muhtevası ve Nem (%) Tayini	79
Şekil 4.1. Kavak AAT 2021 Yılı Ortalama Debi ile Proje Yıllarının Karşılaştırılması	83
Şekil 4.2. Kavak AAT KOİ Değerlerinin Proje ile Karşılaştırılması	84
Şekil 4.3. Kavak AAT BOİ Değerlerinin Proje ile Karşılaştırılması.....	85
Şekil 4.4. Kavak AAT AKM Değerlerinin Proje ile Karşılaştırılması	85
Şekil 4.5. Kavak AAT Aylık TP Değerlerinin Proje ile Karşılaştırılması.....	85
Şekil 4.6. Kavak AAT TN Değerlerinin Proje ile Karşılaştırılması	86
Şekil 4.7. Kavak (Samsun) AAT Köpük Oluşumu.....	88
Şekil 4.8. Kavak (Samsun) AAT Kabarma Problemi	88
Şekil 4.9. Çökelme Hızı Testi Sonuçları (24.03.2021).....	89
Şekil 4.10. Çökelme Hızı Testi Sonuçları (31.03.2021).....	89
Şekil 4.11. Çökelme Hızı Testi Sonuçları (07.04.2021).....	90
Şekil 4.12. BOİ ₅ Giriş-Çıkış Konsantrasyonu	92
Şekil 4.13. Azot Giriş-Çıkış Konsantrasyonu	92
Şekil 4.14. Fosfat Giriş-Çıkış Konsantrasyonu	93
Şekil 4.15. KAAT Tesisinde Aktif Çamur Sisteminde Biyokütle Konsantrasyonunun İzlenen Parametrelere Göre Değişimi	94

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Biyolojik nütrient giderim proses fazlarının özeti.....	10
Tablo 2.2. Flok yapısında baskın olan organizmalar	17
Tablo 2.3. Literatürde Yer Alan Vesilind Parametrelerinin ÇHI Korelasyonları25	
Tablo 3.1. Farklı Yıllara Göre Kavak AAT Proje Tasarım Parametreleri ve Kestirimleri	26
Tablo 3.2. KAAT Projelendirmede Kavak İlçesi Nüfus Projeksiyonu Özet Tablosu.....	27
Tablo 3.3. Kavak AAT Kaba Izgaraları Tasarım Kriterleri.....	32
Tablo 3.4. Kavak AAT Terfi Merkezi Tasarım Kriterleri	32
Tablo 3.5. Kaba Izgara Hesapları	33
Tablo 3.6. Kavak AAT İnce Izgara, Kum ve Yağ Tutucu Tasarım Kriterleri... 44	
Tablo 3.7. Kavak AAT Biyolojik Fosfor Havuzu Tasarım Kriterleri	46
Tablo 3.8. Kavak AAT Oksik/Anoksik Tanklar Tasarım Kriterleri.....	52
Tablo 3.9. Üretilen Çamur Miktarı	57
Tablo 3.10. Son Çöktürme Tankı Hesapları	61
Tablo 3.11. Son Çökeltim Tankları Tasarım Kriterleri	64
Tablo 3.12. Çamur Depolama Tankları Tasarım Kriterleri	66
Tablo 3.13. Çamur Susuzlaştırma Tasarım Kriterleri.....	72
Tablo 3.14. Klor Temas Tankı Tasarım Kriterleri.....	74
Tablo 3.15. Evsel Nitelikli Atık suların Alıcı Ortamlara Deşarj Standartları.... 75	
Tablo 3.16. Evsel Nitelikli Atık sular için Çıkış Suyu Kalite Sınıfları	75
Tablo 3.17. Organik azot içeriğine göre numune hacmi seçimi	81
Tablo 3.18. Yakma Sistemi İçin Yapılan Program.....	81
Tablo 4.1. Kavak AAT Aylık Ortalama Debi, Sıcaklık Değerleri (2021).....	82
Tablo 4.2. Tesis Boyutlandırılmasında Kullanılan Debiler	83
Tablo 4.3. Kavak (Samsun) İşletme AAT Arıtım Verimi	84
Tablo 4.4. Kavak AAT Proje Arıtım Verimi	84
Tablo 4.5. Çamur Hacim İndeksi (mL/g) Ölçüm Sonuçları (2021).....	87
Tablo 4.6. Çamur Hacim İndeksi (mL/g) Ölçüm Sonuçları (03.2022).....	87
Tablo 4.7. Çamur Çökelme Hızı Testi.....	90
Tablo 4.8. Literatürde Yer Alan Vesilind Parametrelerinin ÇHI Korelasyonları91	
Tablo 4.9. Çökelme Katsayıları için Referans Değerlerin Hesaplanması	91

1. GİRİŞ

Su, yaşamın devamı için elzem olan en önemli gereksinimdir. Yeterli vasıfta ve miktarda içme suyuna erişim, ekonomik ve sosyal kalkınma açısından dikkate alınması gereken önemli bir göstergedir. İnsan tüketimi için kullanılan suyun sağlığa zararlı, veya organizmalar içermemesini sağlamak için geliştirilen çalışmaların ve yöntemlerin geçmişi uzun yıllar öncesine dayanmaktadır. İçme suyu temin ve dağıtım sisteminin su alma alanından, suyun alındığı kaynağa kadar her aşamasında sistematik olarak risk ölçümlerinin yapılmasının gerekli olduğu geçmişten bugüne kadar bilinmektedir. İçme suyunun güvenliğini sağlamak amacıyla düzenlenmektedir.

1980'li yıllardan itibaren ilerlemiş ülkelerde suyun kaliteli olması bakımından kullanılan çözümsel teknolojilerin hızlı gelişmesi, suyun kalite standartlarında gelişimini teşvik etti. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte su kütlelerinde birçok madde ve organizma değişen derecelerde tespit edilmeye başlandı. Bu bileşenlerden neyin ve hangi seviyede kontrol edilmesi gerektiği sorusu, dikkatleri risk önlemenin temel ilkelerine çekmiştir.

Suyu temiz tutmanın önemli bir öncelik olmasının birçok nedeni vardır. Su bitkileri ve hayvanlar için temiz su gereklidir. Balıkçılık endüstrisi, spor balıkçılığı meraklıları ve gelecek nesiller için önemlidir. Nehirlerimiz ve denizlerimiz kıyı şeritleri, kumsallar ve bataklıklarla ilişkili hayat doludur. Yüzlerce balık ve diğer sucul türler için temel yaşam alanlarıdır. Sularımızın doğal ve rekreasyonel değerleri, birçok insanın orada yaşamayı seçmesinin nedenidir. Kirletilmiş atık suları temizlemek çok zor, hatta bazı durumlarda imkansızdır. Ancak kirleticilerin su ortamına deşarjı mümkün değildir, yani atık su arıtımından sonra yüzey suyu ortamına deşarj edilmektedir. Bu noktada atık su arıtımı önem kazanmaktadır.

Ülkemizde modern anlamdaki atık suları toplama, uzaklaştırma ve arıtma uygulamasına ancak 1970'li yıllarda girilebilmesine karşılık, 1950'lerden sonra başlayan şehirleşme, son yıllarda giderek hızını artırmıştır. Daha çok bölgesel nüfus ve endüstriyel tesis yığılmaları şeklinde meydana gelen bu olay, büyük şehirlerimizde diğer çevre problemleri ile birlikte atık su arıtması ile ilgili sorunlar kısa sürede büyük boyutlara ulaştırmıştır. Bu problem Türkiye'de akarsu, göl ve deniz kirlenmesi ile bulunmakta ve ulusal olduğu kadar uluslararası özellikler ve önem taşımaktadır. Geçmişte ülkemizde kanalizasyon yatırımları yalnızca İller Bankası tarafından

gerçekleştirilmekte iken, 1984 yılında çıkarılan 3030 sayılı özel yasa ile kurulan Büyük Şehir Belediyelerine bağlı su ve kanalizasyon idareleri ile Turizm Bakanlığı, Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) İdaresi, Özel Çevre Koruma Başkanlığı ve Toplu Konut İdaresi Başkanlığı gibi kuruluşlar bu sektörde yatırım yapmaktadır. Büyük Şehir Belediyeleri, alt yapı problemlerini öz kaynakları ve dış kredi kullanarak kendileri çözme yolunu seçmişlerdir. Nüfus yoğunluğu itibariyle büyükşehir kategorisinde sayılabilecek şehirlerde, ön planda toplayıcı ve kolektör hatları inşa edilmektedir. Finansman zorluğu sebebiyle şebeke yapımları işin asıl sahibi belediyelere bırakılmakta, arıtma tesislerinin inşası ise istem halinde İller Bankası'na yaptırılmaktadır.

Türkiye'de uygulanan atık su arıtma yöntemleri; birincil, mekanik (birincil), biyolojik (ikincil) ve ileri arıtma yöntemleridir. Türkiye'de; Atık su ön arıtımı esas olarak derin deniz deşarjı uygulaması ile birlikte kullanılır. Kıyıda bulunan atık su arıtma tesislerinin çoğunda bu yapı kullanılmaktadır. Atık suların açık denize deşarj edildiği yerlerde kirletici konsantrasyonlarının azaltılması gereksinimlerini tam olarak karşılamaktadır. Ön arıtma; Filtre, çakıl ve kum gidermeyi içerirken mekanik işleme ek bir ön çökeltici içerir. Biyoremediasyon, mekanik arıtmadan ve organik maddenin biyolojik veya kimyasal olarak uzaklaştırılmasından sonra aktive olan son bir çökelticiyi içermektedir (Davison ve diğerleri, 2005).

Uygulanan ön arıtma kirleticinin fiziksel özelliklerine (boyut, viskozite ve özgül ağırlık vb.) bağlıdır. Bu amaçla yapılan ekipmanlar; elek ve elek, kum ve yağ tutucu, ön çökeltme tankıdır. Atık su arıtma tesislerinde ilk olarak mekanik (fiziksel) arıtma kullanılmaktadır. Bu mekanik arıtma yöntemi, gelen atık suda katıların ve çökelmemiş maddelerin tutulmasını sağlar, atı ksuyun kirletici yükünü azaltır ve safsızlıkları tutarak sisteme herhangi bir zarar gelmesini önler, katılar sisteme girecektir. Ayrıca işleme sırasında işletme maliyetlerini azaltır. Mikrobiyal faaliyetler sonucunda atık sularda bulunan zararlı organik kirleticilerin uzaklaştırılmasıdır. Atık sudaki bu organik kirleticiler genellikle karbon, azot ve fosfordur. Yaygın olarak kullanılan biyolojik işlemler; aktif çamur arıtma, stabilizasyon havuzları, bakteri yatakları, sirkülasyonlu biyolojik tanklar ve havalandırma lagünleridir. En yaygın olarak kullanılan biyolojik arıtma aktif çamur prosesidir.

Arıtma tesisinin performans değerlendirmesi, daha yüksek arıtma gereksinimlerini karşılamak, arıtma tesisi hakkında işletmenin mümkün olup

olmadığını bilmek, daha yüksek hidrolik ve organik yükler hesaplayıp proses yoluyla daha yüksek hidrolik ve organik yükleri kaldırabilecek şekilde yapılabilir. Atık su tesisini değerlendirirken göz önünde bulundurulması gereken başlıca hususlardan biri, tesis işletimi ve faaliyet alanıdır. Uygun proses kontrolü için önemli bir araç, sık ve doğru numune alma ve laboratuvar analizidir. Kanalizasyon sisteminin kötü koşulları, tesisin yanlış tasarımı ve organizasyonel problemler önemlidir. Nüfus artışı nedeniyle aşırı yüklenme ve su kullanımı, ticari atıkların deşarjı, atık su standartlarını karşılamamasına neden olan faktörler, atık su performansının düşük olmasının son zamanlardaki diğer nedenleridir. Sistem hidrolik olarak yük altındaysa, arıtma verimliliği kötü etkilenebilir.

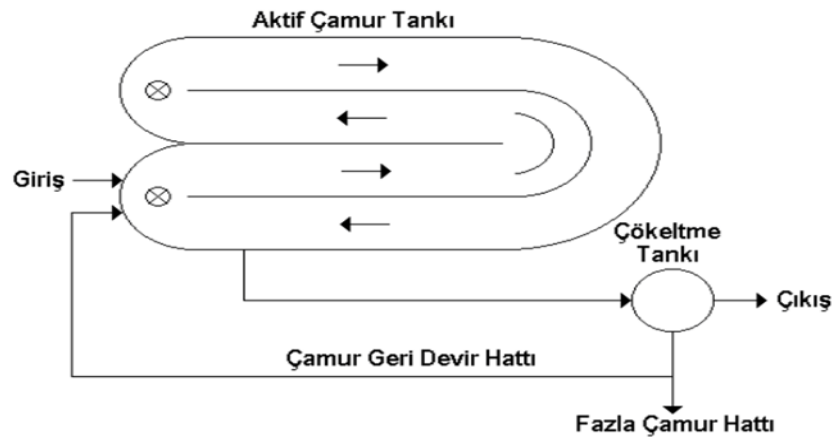
Bu çalışmada, SASKİ Kavak (Samsun) İleri Biyolojik Atık su Arıtma Tesisi tasarım kabulleri, gerçek işletme değerleri ile mukayese edilerek tasarımda arzu edilen verim değerlendirilecektir. Yapılan bu çalışma ile ileriki yıllarda planlanan arıtma tesislerinin dizaynına ve bilhassa istenen düzenleme, azot giderimi üzerindeki tesirine destek olmaktadır. Yapılacak olan mikrobiyolojik ölçümler var olan işletme koşullarını göstermekle beraber işletmede alınabilecek önlemler konusunda da katkı sağlamaktadır.

2. LİTERATÜR

2.1. Aktif Çamur Sistemleri

Aktif çamur prosesi biyolojik arıtma yöntemleri arasında en çok kullanılanıdır. Bu sistem ilk olarak 1913'te Arden ve Lockett'in çalışmasının ardından Manchester'da keşfedildi. Organik ve inorganik maddeler ile canlı ve ölü mikroorganizmaların karışımına aktif çamur denilmektedir (Anonim, 2011).

Aktif çamur işlemi sırasında atık sudan karbon (C), azot (N) ve fosfor (P) biyolojik olarak uzaklaştırılır. Aktif çamur prosesinde atık su ilk olarak bir çöktürme tankına yönlendirilir ve burada atık suyun çökebilir partikülleri, yani büyük partiküller ayrıştırılır. Ortamın pH'ı 5 ile 9 arasında normalleştirilir. Bu işlem iki adım olarak biyokimyasal ve fiziksel içerir. İlk aşama, biyojeokimyasal aşama olarak da bilinen solunum aşamasıdır ve havalandırma tankında gerçekleşir. Fiziksel ve ikincil filtre olarak bilinen sentez adımı ikinci adımdır. Organik madde içeren atık su, havalandırma tankında (yaklaşık 6-8 saat) havalandırılırken, asılı ve çözülmüş organik madde, absorpsiyon ve adsorpsiyon işlemi ile çamur mikroorganizmaları tarafından ayrıştırılır. Dekantörde fiziksel arıtma gerçekleşirken, reaksiyonla oluşan yeni hücreler bir bulamaç halinde topaklanır ve sıvı fraksiyondan ayrılır. Malzemenin son dekantörde topaklaşması için bekleme süresi en fazla yaklaşık 6 saat olmalıdır. Aktif çamur adı verilen çökeltile biyokütleinin bir kısmı havalandırma tankına geri gönderilirken kalan fazla çamur atık olarak işlenir. Bu biyoremediasyonda, organik maddenin bir kısmı yeni hücrelerin sentezinde kullanılırken bir kısmı serbest enerjiye dönüştürülür. CO₂, H₂O, NO₃ ve SO₄ gibi daha stabil son ürünler oluşur (Martins, 2004; Pagillac, 2004; Heijnen, 2004).



Şekil 2.1. Aktif Çamur Prosesinin Gösterimi (Bektaş, 2019)

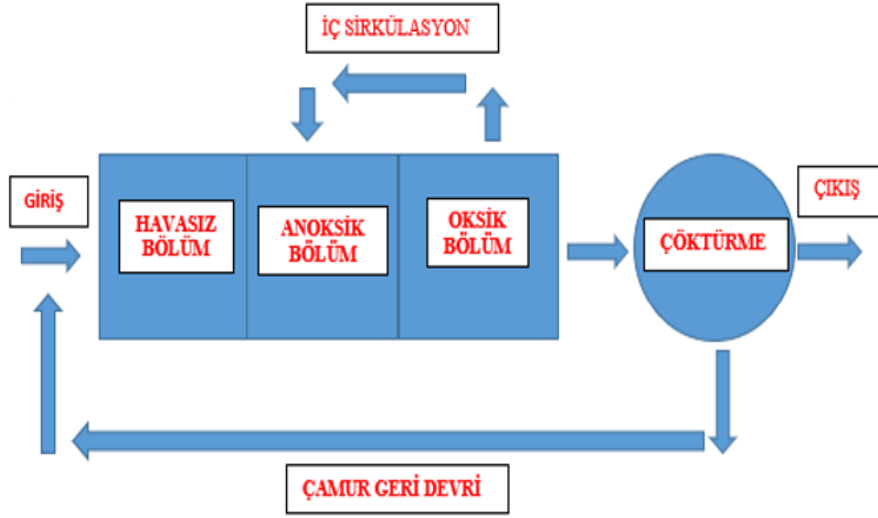
Şekil 2.1'de gösterildiği gibi, aglomeralar oluşturmak için askıda biyokütle içeren biyolojik olarak bozunabilir organik madde reaktöre verilir. Aktif çamur prosesinde, çok sayıda mikroorganizma içeren biyolojik oksidasyon tankına silindirik fırça yüzeyli havalandırıcılar veya basınçlı püskürtücüler döndürülerek hava verilir. Havalandırma tankındaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun 3 ile 5 mg/L arasında olması çok önemlidir. Havalandırma tankından çöktürme tankına karışımın akışı ile aktif çamur büyük bir hacme çöktürülür. İşlem sonunda reaktörde toplanan biyokütle ve su karışımı ayrıştırılır ve oluşan çamur reaktöre geri verilir. Aktif çamur mikrobiyotasının her bir mikroorganizması arıtma sürecinde ayrı bir role sahiptir. Genel olarak aglomerasyonu sağlayan mikroorganizmalar, saprofitler, diğer organizmalarla beslenen organizmalar ve zararlı mikroorganizmalar bu mikrobiyomda bulunur. Bu biyomda bakteri ve mantarlar organik maddeleri parçalayarak çoğalır; Protozoa (protozoa) bakteri ve mantarları yer ve çok hücreli hayvanlar protozoayı yerler (Byrne, 2002).

2.2. Azot ve Fosforun Biyolojik Olarak Giderimi

Azot ve fosfor giderimi için geliştirilmiş birçok biyolojik proses bulunmaktadır ve bu proseslerin çoğu modifiye edilen havalı, havasız ve anoksik bölümleri bulunan biyolojik sistemlerdir. Bu proseslerin bazıları temelde fosfor giderimi için geliştirilmiş olup, daha sonra azot ve fosforun birlikte artılabileceği sistemlere dönüştürülmüştür.

2.2.1. A²/O Prosesi

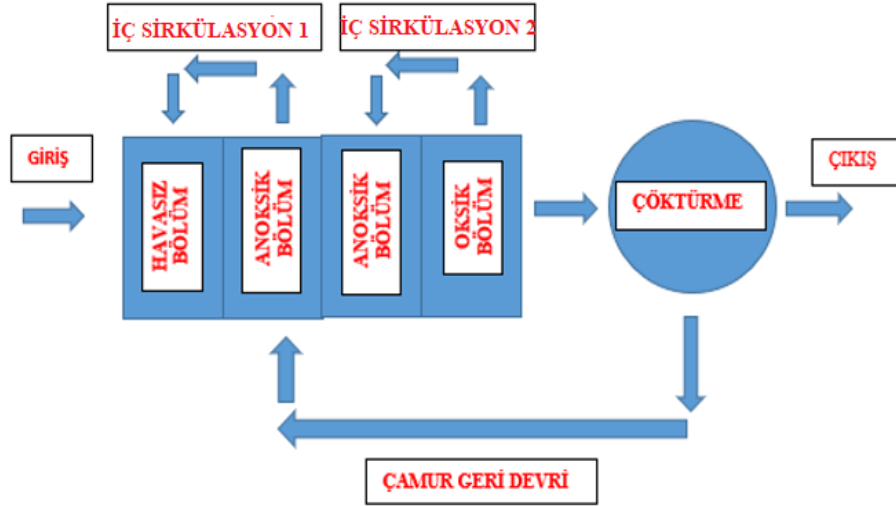
A²/O (Anaerobik-Anoksik-Oksik) prosesi, A/O prosesinin bir modifikasyonu olup, denitrifikasyon için anoksik bölüm de içermektedir. Anoksik bölümde kalma zamanı yaklaşık olarak 1 saat olarak belirlenmektedir. Oksik havuzlarda amonyum azotu nitrata çevrildikten sonra anoksik ortamda azot gazına çevrilerek azot giderimi sağlanır. Anoksik bölümde çözülmüş oksijen düşüktür, ancak nitrit ve nitrat formundaki kimyasal bağlı oksijen havalı bölümden geri devirle sisteme verilmektedir. Anoksik ortamda meydana getirilen denitrifikasyonun başka yararı da, kimyasal bağlı oksijen içeren nitratin geri devir çamuru ile anaerobik tanklara ulaşması ve bu ortamı anoksiğe çevirmesini engellemesidir. Çıkışta filtrasyon olmaksızın, 2 mg/L'den daha az fosfor konsantrasyonu olabilmektedir. Çıkış suyunun filtrasyonu ile fosfor konsantrasyonu 1.5 mg/L'den daha düşük olabilir.



Şekil 2.2. A₂/O Prosesi Akım Şeması (Metcalf ve Eddy, 2003)

2.2.2. UCT(Cape Town Üniversitesi tipi aktif çamur sistemi) Prosesi

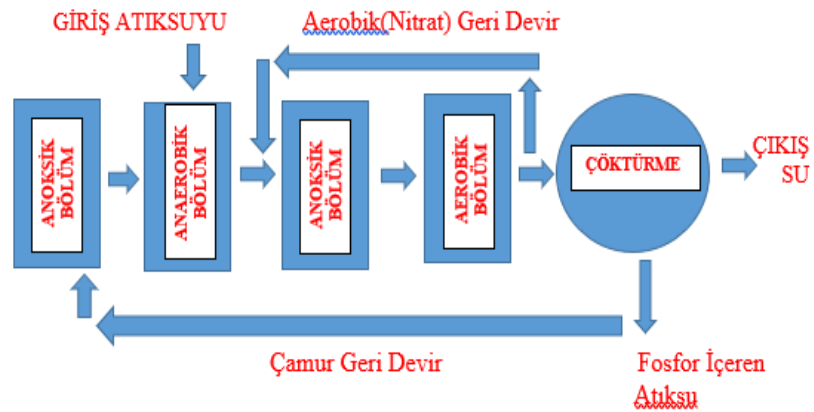
Cape Town üniversitesi tarafından geliştirilen UCT prosesi, iki durum hariç A²/O prosesine benzemektedir. Güçsüz bileşenler içeren atık sularda biyolojik fosfor giderimi amacıyla anaerobik alanda nitrat girişine mani olmak için iyileştirilmiş bir süreçtir. Aktif çamur, havalı bölüm yerine, anoksik bölüme geri döndürülür ve iç döngü ise anoksik bölümden havasız bölüme doğrudur. Aktif çamurun anoksik bölüme geri döndürülmesi ile nitrat havasız bölüme girmez, böylece havasız bölümde fosforun daha iyi açığa çıkması sağlanır. İç döngü ise havasız bölümde organik kullanımı artışını sağlar. Anoksik bölümdeki karışım, önemli miktarda çözünmüş BOİ ve az miktarda nitrat içerir. Anoksik karışımın geri dönüşü, havasız bölümde fermentasyon hızı için optimum şartları sağlar.



Şekil 2.3. UCT Prosesi Akım Şeması (Metcalf ve Eddy, 2003)

2.2.3. Johannesburg Prosesi

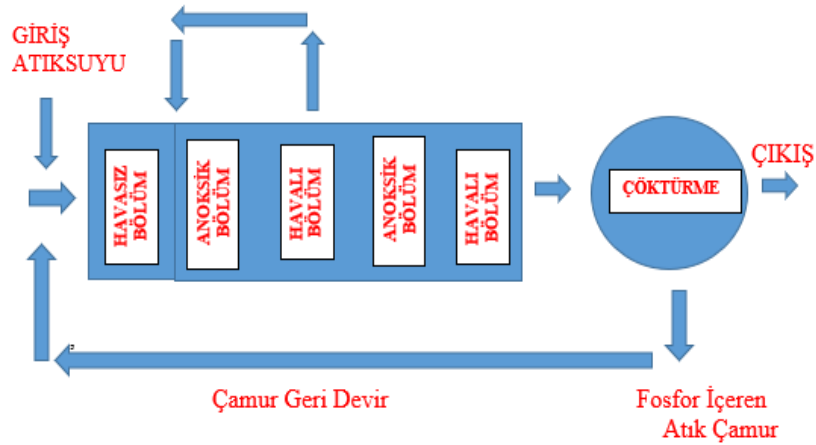
UCT prosesine alternatif bir prosestir. Anaerobik bölgeye nitrat girişini engelleyerek zayıf atık sularda fosfor gideriminin iyileştirmeyi amaçlar. Geri devir aktif çamuru anaerobik bölgeye beslenmeden önce denitrifikasyon için yeterli zamanın olacağı anoksik bölgeye yönlendirilir. Karışık sıvıdaki içsel solunumla nitratın azalması ve anoksik bölgede bekleme süresi karışık sıvı konsantrasyonuna, sıcaklığa, geri devir çamurundaki nitrat konsantrasyonuna bağlıdır. UCT prosesiyile karşılaştırıldığında 1 saat bekleme süresine sahip anaerobik bölgede daha yüksek AKM konsantrasyonları elde edilebilir (Metcalf&Eddy, 2004).



Şekil 2.4. Johannesburg Prosesi (Metcalf ve Eddy, 2003)

2.2.4. 5 Kademeli Bardenpho Prosesi

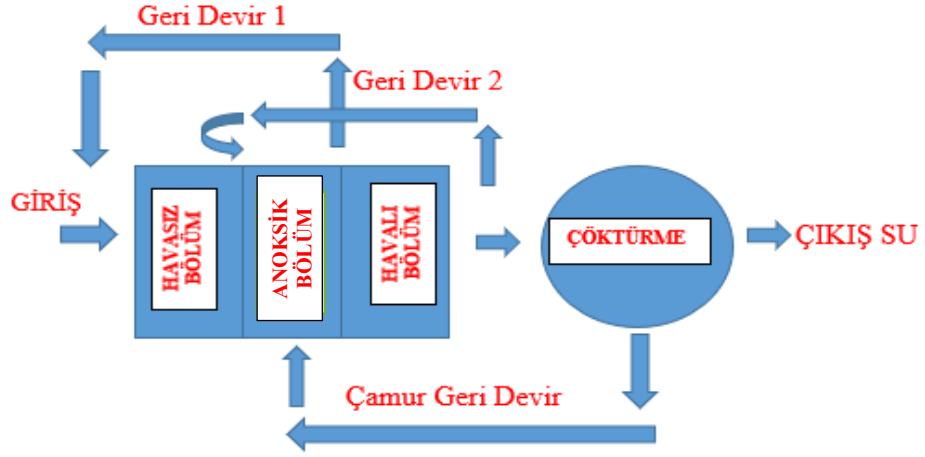
Azot ve fosforu gidermek için azot giderme için kullanılan Bardenpho işleminin değiştirilmiş bir versiyonudur. Beşinci aşama (havasız) fosforu uzaklaştırmak için ortama yerleştirilir. Beş aşamalı sistemde havalı, havasız ve anoksik fraksiyonlar fosfor, nitrojen ve karbon gideriminde rol oynar. İkinci anoksik fraksiyon, elektron alıcısı olarak havalı fraksiyonunda oluşan nitratı ve elektron vericisi olarak dahili organik karbonu kullanarak daha fazla denitrifikasyon sağlar. Nihai havalı fraksiyonu, fazla nitrojen gazını çözültiden ayırmak ve son çöktürme tankına fosfor salınımını en aza indirmek için kullanılır. Sıvı karışım birinci havalı bölümden anoksik bölüme geri beslenir. Uzun çamur yaşında çalıştırıldığından dolayı (10- 40 gün) karbon oksidasyon kapasitesi de yüksektir.



Şekil 2.5. Beş kademeli Bardenpho Prosesi (Metcalf ve Eddy, 2003)

2.2.5. VIP (Virginia Tesisi tipi aktif çamur sistemi) Prosesi

VIP süreci, döngü dışında A²/O ve UCT süreçlerine benzemektedir. Aktif çamur dönüşü, hava bölümünden dönüş ile birlikte anoksik bölüme getirilir. Anoksik kısımdan gelen karışım havasız kısma geri pompalanır. Deneysel verilere dayanarak, atık sudaki organik maddenin bir kısmı hava mekanizması tarafından stabilize edilerek işlemin oksijen ihtiyacı azaltılır.



Şekil 2.6. VIP Prosesi (Metcalf ve Eddy, 2003)

2.3. Aktif Çamur Sistemlerinde Model Kavramı

Aktif çamur sisteminde biyolojik besin giderimi için oluşturulmuş bir modelde, ASM1'e dayalı olarak nitrifikasyon ve denitrifikasyon için karbon bileşikleri hazırlanmıştır. Aktif çamur modeli, atık sudaki karbon, nitrojen ve fosforu hesap etmek için ayrıntılı şekilde kullanılabilir ve atık su arıtma tesislerinin çıktı kalitesini optimize etmede ve kontrol yöntemleri geliştirmede faydalıdır. Bununla birlikte, bahsedilen modelin belirlenen bir atık su arıtma tesisine entegre edilmesi, modelin kompleks hali ve kalibrasyon ve doğrulama isteyen büyük miktarda veri nedeniyle zorluklarla doludur. Model parametrelerinin değerleri değiştirilerek ve ardından model sonuçları saha ölçümleri ile karşılaştırılarak kalibrasyon gerçekleştirilir. Model simülasyon sonuçları, kalibrasyon sürecinde kullanılmayan 10 bağımsız veri seti ile karşılaştırılarak validasyon işlemi uygulanmıştır (Liwarska-Bizukoje vd., 2013).

2.4. Nutrient Giderimi

Biyolojik nutrient giderim prosesleri, atık suda bulunan N ve P'un giderimini sağlamak amacıyla geliştirilen, anoksik ve anaerobik fazların kullanıldığı aktif çamur prosesinin farklı modifikasyonlarıdır. Azot giderimini sağlamak için, aerobik ve anoksik fazlar kullanılarak yapılan ilk sistem 1960'larda geliştirilmiştir. İlk sistemlerden birinde organik madde giderimi, nitrifikasyon, denitrifikasyon sırasıyla farklı adımlarda gerçekleştirilirdi, fakat bu sistem maliyetli olması sebebiyle gerçek ölçekte fazla tercih edilmemiştir. Diğer geliştirilen sistemde nitrifikasyon aerobik fazda, denitrifikasyon anoksik fazda gerçekleştirilirken, organik madde iki fazda da giderilirdi. 1960 yıllarında azot gideren aktif çamur sistemlerinde fosfor giderimi için

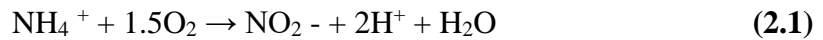
çalışmalara başlanmıştır. Biyolojik nütrient giderim proses fazları ve işlevleri Tablo 2.1’de özetlenmiştir.

Tablo 2.1. Biyolojik nütrient giderim proses fazlarının özeti

Faz	Biyokimyasal Dönüşüm	İşlev	Fazın gerekli olduğu proses
Anaerobik	-PAO(Fosfor depolayan organizma) ’ların uçucu yağ asitlerini biriktirmesi -Heterotrofik bakteriler tarafından biyolojik bozunur organik maddenin fermantasyonu -Fosfor açığa çıkarılması	-Fosfor biriktiren organizmaların ayrılması	-P giderimi
Anoksik	-Denitrifikasyon -Alkalinite üretimi	-NO ₃ -N’unun N ₂ ’ye çevrimi -Denitrifikasyon bakterilerinin ayrılması	-N giderimi
Aerobik	-Nitrifikasyon -Depolanmış ve harici substratın PAO’lar tarafından tüketimi -Harici substratın heterotrofik bakteriler tarafından tüketimi -P alımı (yükseltgenmesi) -Alkalinite tüketimi	-NH ₄ -N’unun NO ₃ -N’a çevrimi -Gaz çıkarımıyla N giderimi -Polifosfat oluşumu	-N giderimi -P giderimi

2.4.1. Biyolojik Nitrifikasyon

Nitrifikasyon, esas olarak bazı ototrofik nitrifiye bakterileri tarafından gerçekleştirilen biyolojik bir işlemdir ve canlı organizmalar tarafından kullanılabilir azot bileşiklerinin, ana amonyağın nitrit ve nitrate oksidasyonunu içerir. Nitrifikasyon esas olarak iki adımda meydana gelir. İlk adım olan amonyağın nitrite dönüşümü, amonyak oksitleyici bakterilerle, ayrıca amonyak olarak nitrite oksitlenmesi olarak da bilinir.

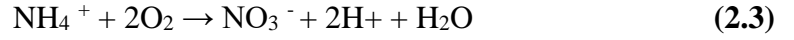


Bu reaksiyon sırasında amonyak, amonyum hidroksit oluşturmak için iki enzim amonyak oksijenaz ve hidroksilamin oksidoredüktazın varlığında ara hidroksilamin ile reaksiyona girer. Amonyum hidroksit daha fazla su ile reaksiyona girer ve nitrit oluşturur. Nitrosomonas, bu adımla ilişkili en sık belirlenen bakterilerdir. Nitrosospira, Nitrosococcus ve Nitrosolobus ve Nitrosovibrio gibi amonyak oksitropik olarak oksitlenebilir. Ortak bir mantar olan Aspergillus Flavus, amonyakı nitrite

dönüştürebilir. İkinci adım olan nitrat oksidasyonu, oluşan nitrit, çoğunlukla Nitrobacter, bakteriler yardımıyla nitrat için oksitlenir.

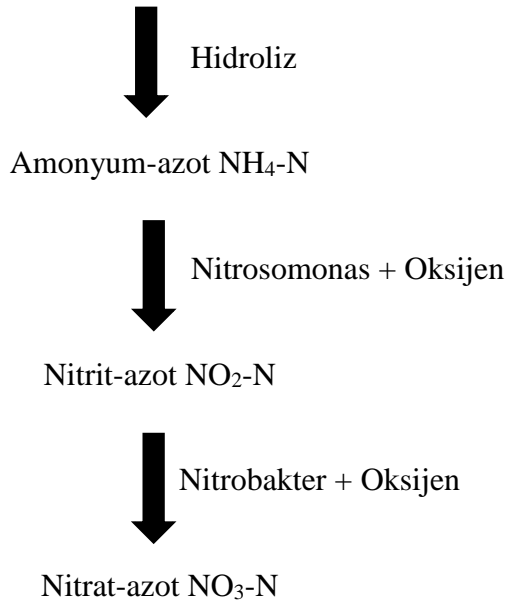


Birkaç başka bakteri, bu süreçte de yardımcı olur. Nitritin nitrata oksidasyonu, nitratin çoğu bitki tarafından toprak veya sudan kullanılan nitratin kimyasal formu olduğu için önemli bir adımdır. İki reaksiyon birleştirilirse amonyağın nitrata dönüşümü şu şekilde ifade edilebilir.



Atık su arıtma işleminde nitrifikasyon işlemi hem askıdaki büyüme hem de bağlı büyüme biyolojik süreçlerinde gerçekleştirilir. Havalandırma tankı, arıtıcı ve çamur geri dönüşüm sisteminden oluşan tek çamur prosesinde BOİ giderme ile birlikte nitrifikasyon elde edilebilir. Atık sudaki toksik ve inhibitör maddeler söz konusu olduğunda, iki havalandırma tankı ve seri olarak iki arıtım içeren iki çamur asılım büyüme sistemi göz önünde bulundurulabilir. BOİ ve toksik maddelerin giderilmesi için kısa çamur yaşında (SRT) çalıştırılan ilk havalandırma tankı/arıtıcı ünitesi, ardından uzun SRT'de çalıştırılan ikinci havalandırma tankında/arıtıcı ünite de nitrifikasyon; nitrifikasyon bakterileri heterotrof bakterilerden çok daha yavaş büyür.

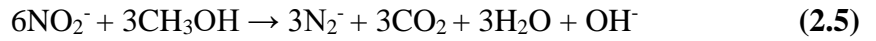
Organik N bileşikleri (üre, proteinler, vs.)



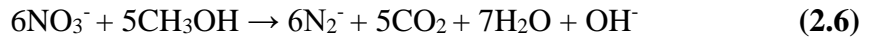
Şekil 2.7. Nitrifikasyon Süresince Parçalama Prosesi

2.4.2. Biyolojik Denitrifikasyon

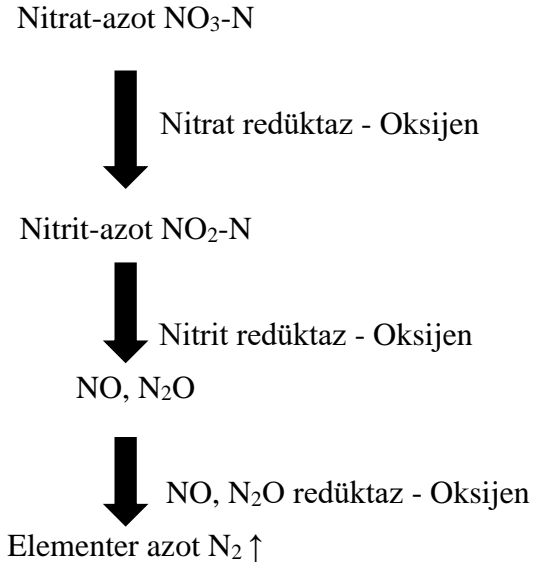
Biyolojik denitrifikasyon süreci, atık su arıtma işleminde yıllardır kullanılmaktadır. Biyolojik denitrifikasyon nitrat giderme için oldukça seçici bir tercihtir. Sürecin verimliliği çok yüksektir ve yaklaşık %100'e ulaşabilir, bu oran nitrat azaltımı için kullanılacak diğer yöntemlerle eşleşmez. İşlenmiş suyun potansiyel bakteriyel kontaminasyonu en büyük dezavantajdır. Bu risk mevcut içme suyunu karşılamak için yasal sonrası arıtım ve dezenfeksiyon gerekir. Solunum için hazır moleküler çözülmüş oksijen beslemesi olmadığında heterotrof bakteriler, alternatif bir elektron kabul edicisi olarak nitrat kullanımına dönüştürebilir. Bu denitrifikasyon adı verilen işlem, önce nitrit ardından azota nitrat azalmasını sağlar. Enerji verimi, oksijen solunumundan daha düşüktür, ancak denitrifikasyon yalnızca düşük çözülmüş oksijen konsantrasyonlarında etkilidir. Kullanılan karbon kaynakları; çöpe çıkan atık su ve karbonhidrat atıkları ancak metanol içerir ve nispeten ucuz olduğu ve kullanıma hazır olduğu için genellikle nitrojen giderme için tercih edilir ve daha basit proses kontrolü sağlar. Metanol için reaksiyonların basitleştirilmiş temsili karbon kaynağı:



Genel enerji tepkisi:



pH değişiklikleri mikroorganizmaların buldukları ortamın ve hücrenin çözünürlük ve iyonlaşma olaylarını etkilemektedir. Birçok bakteri, iyonik azaltarak anaerobik olarak büyütülebilir. Nitratların veya nitritlerin olduğu gibi bu solunum işlemi oksijen yerine terminal elektron alıcıları, ATP oluşumuna neden olur ve denitrifikasyon adı verilir. Denitrifikasyon bakteriler ile ilgili ayrıntılı araştırmalarda sınırlı bir uzmanlık grubu yer almıştır. Bu durum, denitrifikasyon yalnızca anaerobik koşullar altında gerçekleşebileceği bir görüşle sonuçlanmıştır. Bununla birlikte, denitrifikasyon bazı türlerde oksijen bulunması durumunda gerçekleşebilir.



Şekil 2.8. Denitrifikasyon Süresince Parçalama Prosesi

2.4.3. Biyolojik Fosfor Giderimi

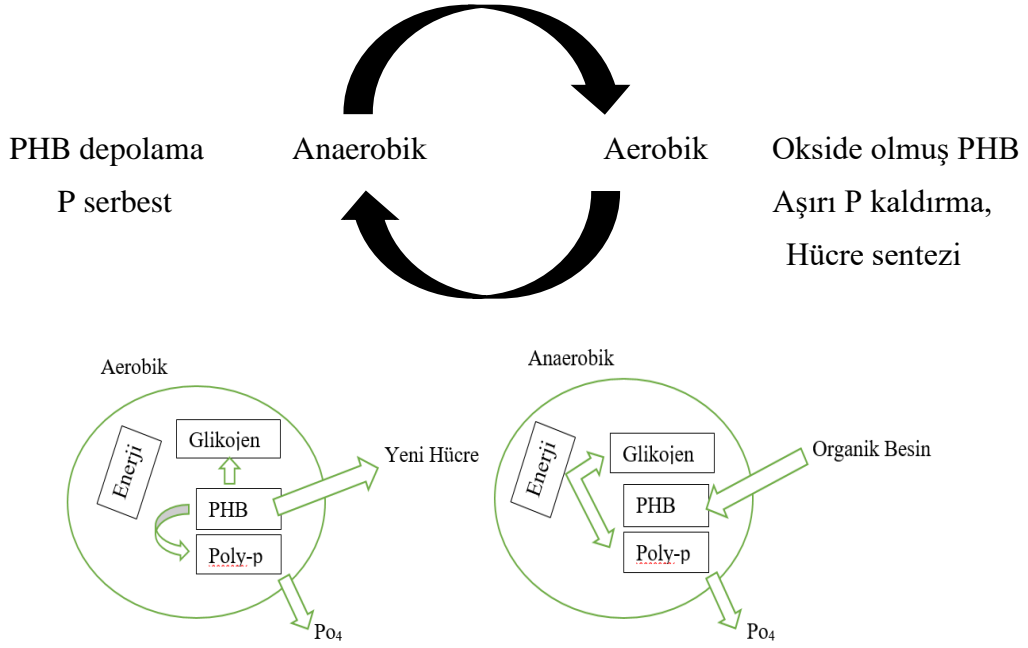
Sürekli artmakta olan dünya nüfusu ve buna paralel artış gösteren endüstriyel gelişmelerin sonucunda kirlenen suyun yerküre üzerinde ki tabii yapısı istenilmeyen yönde bozulmaktadır. Kalitesi kötüleşen suyun kaynakları genellikle kanalizasyon, endüstriyel, tarımsal ve diğer zararlı istenmeyen maddelerin istenmeyen miktar ve konsantrasyonlarda deşarjlarıdır. Bu deşarjlar sonucu su kirlenir. İnsan sağlığını ve hayvan sağlığını, bitkilerin büyümelerini tehdit edici olarak suyun özelliği negatif yönde bozulur. Canlının yaşamını güçleştiren, ekosistemin dengesini olumsuz yönde bozan her şey doğrudan ve dolaylı olarak su kirliliği olarak karşımıza çıkmaktadır (Çakır, 2015).

Kimya endüstrisinin atık suları biyolojik olarak zor ayrışan ya da ayrıştırılmayan çok türde organik bileşik ve fosfor, azot organik madde üretmekte ya da ana ürün olarak üretimlerinde bu maddeleri kullanmaktadır. Biyotaya yabancı ürünlerin ve biyolojik olarak zor ayrışan bileşikler atık suda görülmektedir. Arıtılmadan çevreye verilen bu bileşikler yüksek oranda ekolojiyi tahrip etmekte ve büyük sorunlara yol açmaktadır (Aktaş ve ark. 2019).

Hidrolojik döngü ile yeryüzünün herhangi bir noktasında ki su, o bölgenin iklimsel özelliklerine bağlı olarak miktarı sınırlıdır. Suya duyulan ihtiyacın artması nedeniyle hızlanan su kirliliği, bu sınırlamayı etkilemektedir. Suyun kullanılabilir kısmı gün geçtikçe azalmaktadır. Bunların önüne geçilmesi, su kirliliğinin büyük bir önemle kontrol edilmesi ve niteliği bozulan kullanım sularının artırılarak hidrolojik

döngüye geri verilmesi gerekmektedir. Bu sebeple birçok çalışma atık sudan fosforun giderilmesine odaklanmıştır (Shelknanloymılan ve diğ., 2012).

Biyolojik atık su arıtma tesisleri, birçok prosesi kapsayan fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin uyumlu ve bir arada çalıştığı mühendislik sistemleridir. Birçok mikroorganizma grubunun ve bu mikroorganizmanın faaliyetlerinin sonucu biyolojik prosesler gerçekleşmekte ve karmaşık süreçlerden oluşmaktadır.



Şekil 2.9. Anaerobik ve Aerobik Ortamda Fosfor Döngüsü

Anaerobik koşullar altında fosfor depolayan organizma (PAO)'lar, besi maddesi almak ve depolamak için enerji kaynağı olarak depolanmış polifosfatları kullanır. Besi maddelerinin alınması ve depolanması sürecinde, enerji için kullanılan polifosfatlar, ortofosfat moleküllerine dönüşür. Atık suda fosfor, hücre biyokütlesinin içerisinde bulunmaktadır. Elektron alıcısız (anaerobik) ortamda fosfor salımı; anaerobik havuzda fermantasyon yolu ile fosfor serbest hale geçer. Elektron alıcısı aerobik ortamda mikroorganizma faaliyetlerinin devamı için depo karbonu kullanır. Çözünür formdaki fosfor, aerobik bölgede bakterilerin parçalayabileceği ve depolayabileceği şekle dönüşür. Fosfor alımı ve yeni fosfor biriktirme organizmaları, PAO oluşur. Böylece atık sudaki fosfor aerobik bölgede çamur fazına geçer ve çöktürme havuzunda çöktürerek uzaklaştırılır.

2.4.4. Çamur Susuzlaştırma ve Önemi

Susuzlaştırma, çamur ve çamurun nem içeriğini azaltmak için uygulanan temel bir fiziksel işlemdir. Dehidrasyonun nedenleri bir veya daha fazla amaç için uygulanır. Çamur hacmini önemli ölçüde azaltarak çamurun nihai arıtma sahasına taşınması maliyetini düşürmek, suyu alınmış çamur kekinin kürek ve benzeri aletlerle çok kolay taşınmasını sağlamak, yakma için çamur arıtma ısını artırarak, kompost miktarını azaltmaktır. Kompostlama için daha önce kullanılması gereken yardımcı maddeler, nihai bertaraf için kalıcı depolama tercih edilirse, çamurdaki fazla nemi uzaklaştırarak ve bu alanlarda oluşan sızıntı suyunu azaltarak kokusuz ve kokusuz bir kek oluşumunu sağlamaktadır.

Dehidrasyon yöntemi seçerken göz önünde bulundurulması gereken en önemli faktörler; çamurun doğası, dehidrasyon ve şişme sonrası oluşan ürünün (kek) özelliğidir. Çamur; atık su arıtımında septik tanklarda veya aktif çamur sistemlerinde oluşur. Çamur arıtmada kullanılan yöntemler; yerçekimi yoğunlaştırıcı, yüzdürme yoğunlaştırıcı ve bir santrifüj yoğunlaştırıcıdır. Çamurun özellikleri, tuvalette yeni oluşan koliform dışkıdan, uzun süre tuvalette duran ve bakteri yıkımına maruz kalan çamura kadar çok değişkenlik gösterir ve bertaraf özelliklerine göre belirlenir.

Çamur arıtma seçenekleri, stabilizasyon, konsantrasyon, susuzlaştırma, kurutma ve yakma işlemlerini içerir. Bir dizi biyolojik ve kimyasal aktivite ile koku, organik madde içeriği, toksisite ve gaz potansiyeli gibi çamur özelliklerinin arıtılması amaçlanmaktadır. Çamur arıtmanın amacı; Kontrollü organik içerik azaltma, ağırlık ve kütle azaltma, hijyen (patojenik mikroorganizmaların uzaklaştırılması), yeniden kullanım veya bertaraf için geliştirilmiş çamur karakterizasyonu için stabilizatörler ve koku gidericiler sağlamaktır.

İlk olarak, kimyasal şartlandırma, termoregülasyon veya radyasyon şartlandırma yöntemlerinden biri kullanılarak çamur problemine bir çözüm önerilmiştir. Sertleştirme adımı, bulamacın kuru ve pürüzlü şekline alışması gerektiğinden önemli bir ön adımdır. Çevre koşullarında oluşan çamur problemlerine yönelik kurutma, filtrasyon, bant presleme ve dekantasyon yöntemleri sunulmaktadır. Presleme veya santrifüj yöntemi, daha hızlı ve daha küçük bir mekanik işlem olarak kullanılır. Çamur yoğunlaştırma ile 0'dan 80'e kadar bir hacim azalması sağlanabilir. Öte yandan uygun iklim koşulları, topografya, oluşan çamur miktarı ve gerekli arıtma derecesi önemli parametrelerdir. Çamur arıtımı için çamur susuzlaştırma sistemlerinde yakma, derin

deniz arıtma, depolama ve kara tabanlı uygulamalar gibi yöntemler de yer almaktadır. Yani suyunuzdaki kirliliği tekrar kullanmak isterseniz bahçenizde gübreye dönüştürüyoruz.

2.5. Aktif Çamur Karakteri

Aktif çamur sistemi; dengeleme, havalandırma, çökeltme ve sterilizasyon ünitelerinden oluşur. Aktif çamur sistemi pratikte yaygın olarak kullanılan bir sistemdir. Aktif çamur, koloidal çözünen maddelerin mikroorganizmalar tarafından çökebilir biyofloklara dönüştürüldüğü işlemdir ve bu işlem sırasında mikroorganizmaların havalandırma tankında tutulması çok önemlidir. Biyolojik arıtma bölgesi, bir havalandırma sisteminin etkisi altında süspansiyon halinde büyüyen mikroorganizmalar tarafından organik maddenin ayrışması ilkesine göre çalışır. Askıya alınan mikroorganizmalar sudaki organik maddeleri parçalayarak onları H₂O ve CO₂'ye dönüştürür. Organik maddenin mikroorganizmalar tarafından oksidasyonu sonucunda organik madde oksitlenir veya biyokütleyle dönüştürülür. Havalandırma tankından gerekli arıtmayı sağlamak için tanktaki aktif mikroorganizma sayısını sabit bir değerde tutmak gerekir. Bu nedenle biyokütlenin bir kısmı çöktürme aşamasında fazla çamur olarak sistemden uzaklaştırılırken diğer kısmı havalandırma bölümüne geri döndürülür. Bakteriler, aktif çamur sistemindeki en önemli mikroorganizmalardır. Çünkü organik maddenin ayrışmasının nedeni onlardır. Aktif çamur sisteminin tasarımında çeşitli parametreler kullanılmaktadır. Bu parametrelerden bazıları çamur yükü, çamur yaşı ve bekletme süresidir.

Aktif çamur, organik ve inorganik maddeler içeren atık su ile canlı ve ölü organizmaların bir karışımıdır. Birçok farklı mikroorganizma türü içerir. Organik maddenin cinsine, konsantrasyonuna ve diğer çevresel faktörlere (pH, sıcaklık, oksijen konsantrasyonu, toksik maddeler vb.) bağlı olarak aktif çamurdaki madde türleri değişir. Bakteri, mantar, protozoa ve rotifer gibi türler, aktif çamurda bulunan en yaygın mikroorganizmalardır.

Aktif çamur süreci canlı bir biyolojik süreçtir. Aktif çamur, kültür karışımları adı verilen birçok farklı mikroorganizma türünden oluşur. Saf kültür ise; aynı türden birçok mikroorganizma içerir. Havalandırma tankında ne tür mikroorganizmaların yaşadığını bilmek yeterli değildir. Aynı zamanda mikroorganizmaların kendileri için hazırlanmış bir ortamda nasıl yaşadıklarını da bilmemiz gerekir. Mikrobiyoloji hakkında ne kadar fazla bilgi olursa, mikrobiyoloji o kadar iyi kontrol edilebilir.

2.5.1. Aktif Çamur Mikrobiyolojisi

Havalandırma havuzlarında önemli işletme ve tasarım parametrelerinden olan besin mikroorganizma oranı (F/M), çamur yaşı ve çamur hacim indeksinin seviyeleri havuz içindeki flok yapısında baskın olan organizmaların değişiminde etkilidir. İyi çöken flok yapısı elde edilebilmesi için havalandırma havuzu içinde bu işletme parametrelerinin tasarıma uygun olarak veya tesisteki atık su özelliklerinin değişime bağlı olarak uygun aralıklarda kontrol edilmesi gerekmektedir. Atık su arıtma tesislerinden kaynaklanan biyolojik çamur flokları, kompleks yapıda agregalardır. Flok, koloidal materyal, mikroorganizmalar, hücre dışı polimerik bileşenler-polisakkaritler, proteinler, humik maddeler-, inorganik partiküller, katyonlar ve büyük miktarda su içermektedir (Li ve Ganczarczyk, 1990; Mikkelsen, 1999).

Tablo 2.2. Flok yapısında baskın olan organizmalar

Dağınık	Flok	İyi çöken flok		İğne uçlu flok
Serbest yüzen silyatlar	Rotiferler Saplı silyatlar	Rotiferler	İplikçiler	İplikçiler
Kamçılı hayvan	Serbest yüzen silyatlar	Saplı silyatlar	Rotiferler	Rotiferler
Amip	Kamçılı hayvan	Serbest yüzen silyatlar	Saplı silyatlar	Saplı silyatlar
	Amipsi	Kamçılı hayvan	Serbest yüzen silyatlar	Serbest yüzen silyatlar
		Amipsi	Amip	Kamçılı hayvan
			Kamçılı hayvan	Amipsi

Tipik bir aktif çamur, topaklaşan bakteriler, serbest yaşayan bakteriler, filamentler ve diğer ökaryotik benzeri mikroorganizmalardan oluşur. Aktive edilmiş yumaklar, hücre dışı polimerlerini kullanarak floküle edici bakterileri (*Zoogloea ramigera* ve *Citromonas sp.*) onlara bağlayan filamentli mikroorganizmalar tarafından oluşturulur. Bu yapıda mikro lifler, güçlü ve sıkı bir bağ için yapı taşları görevi görür. Aktif çamurda çok sayıda filamentli mikroorganizmanın bulunması, aktif çamur sisteminin bir, birkaç ve/veya daha fazla çalışma parametresinde bu koşulları tetikleyen bir dengesizlik, bozukluk veya durumun meydana geldiğinin bir göstergesidir.

2.5.2. Aktif Çamur Çökelme Problemleri

Aktif çamur prosesi, havalandırma tankı ile son çöktürme tankı arasında kurulan dinamik bir yapıdır. Havalandırma tankındaki uçucu ve kararsız maddelerin

oksijen yardımıyla oksidasyonu ile bakterilerin kararlı katılara dönüştürülmesi, bu katıların çökeltmesiyle berrak sıvıların son durultucuya boşaltılması ve katıların bakım için geri gönderilmesidir. Aktif çamuru oluşturan mikrobiyal türler ve flokların yapısı aktif çamurun aktivitesi ve çöktürme kapasitesi ile yakından ilgilidir. Aktif çamurun çöktürme verimi aynı zamanda arıtma verimidir. Aktif çamur prosesinde karşılaşılan en önemli problemler köpürme, çamur şişmesi, çamur yüzdürmesi ve ince yumakların oluşmasıdır. Bu problemler çamur çökeltme veriminin düşmesine ve dolayısıyla atık su kalitesinin düşmesine neden olur. Bu nedenle bu problemlere ve çözümlerine geçmeden önce aktif çamurun yapısını ve kompaktlığını göz önünde bulundurmakta fayda var.

2.5.2.1. Kabarma

Çamur kabarması, aktif çamurla arıtma tesislerinde, genellikle aşırı miktardaki ipliksi organizmalar sebebiyle meydana gelen oldukça fazla hacim kaplayan ve kolaylıkla çöktürülemeyen aktif çamur oluşumudur. Çamur kabarması, aktif çamurun zayıf sıkışma ve zayıf çökeltme özelliğinde olmasıdır. Çamur kabarması olayı başladığında çökeltme havuzundaki çamur battaniyesi seviyesi yükselerek katı maddeler savaklardan kaçarak alıcı ortama ulaşır (Eikelboom, 1994).

Flamentli bakterilerin ortamda baskın hale gelmesi çamur kabarmasına neden olur. Bu organizmalar bir flok kütesinden diğer flok kütlelerine uzanacak şekilde büyür ve flok kütlelerinin çökelmeye uygun yapıya gelmesini engeller. Aktif çamur bakteri hücrelerine bağlı fazla su mevcudiyeti çamurun yoğunluğunu azaltır. Düşük pH, düşük çözünmüş oksijen ve düşük nütrient konsantrasyonu çamur kabarması ile ilişkilidir ancak yüksek F/M (Besin mikroorganizma oranı) oranı (düşük çamur yaşı) tekrarlanan çamur kabarmasının temel nedenidir. Mikroorganizmalar yüksek F/M oranında flok oluşturmak yerine dağınık büyüme eğilimi gösterirler. Bu şartlarda aktif çamurun çökebilme özelliği zayıftır ve aktif çamurun çökebilme özelliğini geliştirmek bir kimyasal flokülant veya çökebilme özelliğini arttıracak başka bir metot kullanmadan zordur. Uygun çamur yaşında çalışıldığından emin olmak için günlük tesis kayıtları dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Çamur yaşını artırmak genellikle çamur kabarması sorununu hafifletir. Çamur yaşını artırmak aynı zamanda ÇHİ (çamur hacim indeksi) oranının azaltılması ile aynı etkiye sahiptir. Düşük F/M oranı (yüksek çamur yaşı) flamentli organizmalar için iyi bir ortam hazırlayabilir. Bu yüzden; uygun işletme koşullarını sağlayabilmek için tesisin F/M oranının veya çamur

yaşının tipik literatür değerleri ile kıyaslanması gerekir. Havalandırma havuzlarındaki düşük çözülmüş oksijen seviyeleri filamentli bakterilerin çoğalmasına neden olur. Bu yüzden havalandırma havuzundaki çözülmüş oksijen seviyesi 2-4 mg/lt seviyelerine getirilmelidir. Tasarım hatası veya fazla geri devir oranlarından kaynaklanan kısa hidrolik alıkonma süreleri çamur kabarmasına neden olmaktadır. Çamur geri devir oranını azaltarak hidrolik alıkonma süresi artırılabilir. Azalan geri devir oranında havalandırma havuzunda aynı aktif çamur kütlesinin korunabilmesi için geri devir çamuruna kimyasal flokülant eklenebilir. Geri devir çamurunu klorlama çamur kabarması sorununun geçici olarak hafifletilmesine yardımcı olur. Klorlama filamentli bakterilerden kaynaklanan çamur kabarması sorununun temel çözümü değildir, temel çözüm uygulanmadıkça çamur kabarması sorunu devam edecektir. Her 1000 mg/L KSUAKM konsantrasyonu için 2-3 mg/L klor ilavesi yeterli olacaktır. Klorlama işlemi sonrasında nitrifikasyon bakterileri öleceği için çıkış suyunda bulanıklık artabilir. Çamur kabarmasında çamur çökebilme özelliği çökeltme havuzunda kimyasal flokülant kullanarak geliştirilebilir. Çamur kabarması problemi meydana geldiğinden havalandırma havuzu içerisinde ve havalandırma havuzuna giren atık suda sülfid konsantrasyonu kontrol edilir. Çamur kabarması problemi sülfid indirgeyen filamentli türü olan "Thiothrix" tarafından kaynaklanabilir. Sülfid iyonlarının giderilmesiyle birlikte bu filamentli türde ölür (Eikelboom, 1994).



Şekil 2.10. Atık su Arıtma Tesisi Havalandırma Ünitelerinde Oluşan Çamur Kabarması Görüntüleri

2.5.2.2. Köpürme

Havalandırma havuzu köpüklenmesi, bazı tesisler için bir problem oluşturur. Köpüklenmenin; deterjanlar, polisakkaritler ve aşırı havalandırmalar gibi sebeplerden meydana geldiği üzerine bazı teoriler vardır. Ne sebeple olursa olsun köpüklenme, KSAKM (Karışık sıvı askıda katı madde) miktarı ve havalandırma miktarı arasında açık bir ilişki vardır. Kontrol için daha yüksek KSAKM konsantrasyonlarında çalışmak, düşük debi periyotları boyunca hava teminini azaltmak, düşük debiler boyunca havalandırma tankına süpernatant geri devrettirmektir. Bu çözümler sadece deterjan köpüğü için uygulanır. Bazı uzun havalandırma sistemlerinde veya nitrifikasyon sistemlerinde köpüklenme oluşursa bazı zamanlar bu durum daha yüksek çamur arıtım hızları tarafından kontrol edilir. Birçok tesis, köpüklenmeyi gidermek için havalandırma havuzu boyunca su spreyleri yerleştirmektedir. Eğer KSAKM'nin azalmasına izin verilirse düşük su spreyleri köpüklenmeyi gidermek için yeterli olmayacaktır. Bu meydana geldiğinde iki problem ortaya çıkar. Bakım ve güvenlik şu şekilde gerçekleşir. Bir havalandırma havuzunda oluşan köpüklenme, çok küçük

zerreciklerin yağlanması sebeptir ayrıca yüzeylerinde biriken kaygan olan bu yağ depozitleri yürümeyi zorlaştırır. Bundan başka operatör, önceden köpükle kaplanmış yerlerde yürüyemez. Bu depozit sadece güvenli değil aynı zamanda da çirkin görüntü verir ve hemen temizlenmelidir. Aşırı yüklemeye ve sonuçta köpürmeye neden olan, atık suyun veya geri devir çamurunun uygun olmayan dağıtımını için her havalandırma havuzuna giren atık su ve çamur geri devir debisi kontrol edilmeli ve izlenmelidir. Her havalandırma havuzu eşit debide atık su ve geri devir çamuru alacak şekilde debi dağıtım ve besleme yapıları ayarlanmalıdır.

Bütün ünitelerdeki KSAKM ve geri devir çamuru konsantrasyonları ile çözülmüş oksijen değerleri yaklaşık aynı düzeyde olmalıdır. Havalandırma havuzu yüzeyinde katımsı, beyaz, dalgalanan veya sabun köpüğü görünümüne sahip köpük oluşumunun muhtemel sebebi ise nutrient eksikliği, çok yüksek veya çok düşük pH, yetersiz çözülmüş oksijen, düşük ham atık su sıcaklığı veya KSAKM' te azalma yaratan sıcaklık salınımlarıdır. Solunum hızı kontrol edilir. Karışık sıvı mikroskopik muayeneye tabi tutulmalıdır. Ağır metal, pestisit ve sıcaklık için karışık sıvı numuneleri alınmalıdır. Tesis giriş suyu, olası sıcaklık salınımlarını saptamak amacıyla sürekli olarak izlenmelidir. Nedeni toksik madde ise, tesiste yeni bir aktif çamur kültürü üretilmelidir. Eğer mümkünse, toksik çamur atımı sistemde geri çevrim yapılmadan uygulanmalıdır. Kanalizasyon sisteminin endüstriler tarafından yapılan bağlantılar etkin bir şekilde izlenmeli ve kontrol edilmedir (Eikelboom,1994).



Şekil 2.11. Atık su Arıtma Tesisi Havalandırma Ünitelerinde Oluşan Köpürme Görüntüleri

2.5.2.3. Yükselme

Çamur yükselmesi, çamur kabarmasıyla karıştırılmamalıdır. Çamur çöker ve çöktürmenin dibinde uygun olarak sıkışır ancak daha sonra bu çökelti, bezelye büyüklüğünde küçük partiküller veya yama büyüklüğünde partiküller halinde çöktürme tankının yüzeyine yükselirler. Çamur yükselmesi genellikle, ikinci tankın ve havalandırma yüzeyinde ince bir tabakası ve köpük (kahverengi renkte) meydana getirir. Çamur yükselmesine, denitrifikasyon ve seplisite sebep olur ve ikinci çürütücüdeki bekletme süresinin çok uzun olmasının bir sonucudur. İkinci çöktürme, tesis çıkışından bir tabakasının ve köpüğün kaçmasını önlemek için, kir tabakasını sıyıran ve köpükleri toplayan ekipmanlarla donatılmalıdır. Denitrifikasyon, çamur yaşı büyük (uzun havalandırma) olduğunda çok yaygın olarak oluşur. Bu tip aktif çamur havalandırma havuzundan, ikinci çöktürmeye akarken eksik oksijen olur. Organizmalar ilk önce, ortamdaki çözünmüş oksijeni kullanılır daha sonra azot bileşiklerindeki oksijeni kullanırlar. Denitrifikasyon, iyi arıtmanın belirtisidir. Bu halde bir çökeltme testi yapılır. Bu teste 1 saat içinde çöken çamur, 2. saat sonucunda yüzmeye başlar. Çökeltme deneyinde, çamurun çok erken yüzmeye başlamasını önlemek için sistemin çamur yaşı azaltılmalı veya F/M (Besin mikroorganizma oranı) oranı artırılmalıdır. Bu uygulama ile ortamdaki azot bakterileri ortamdaki

uzaklaştırılabilir. Böylece problem çözülmüş olur. Eğer ikinci çöktürmede problem devam ediyorsa geri devir çamur hızını arttırarak çökeltme havuzu çamurları boşaltılmalıdır. Bazen bunun da faydası olmayabilir. Bu takdirde daha düşük geri devir hızları faydalı olur. Çamur yükselmesi, havalandırma havuzu yükünün arttırılmasıyla da kontrol edilebilir. Eğer birden fazla çöktürme tankı varsa bir çöktürme servisten çıkarılarak havalandırma havuzu yükü arttırılabilir (Eikelboom, 1994).



Şekil 2.12. Atık su Arıtma Tesisi Havalandırma Ünitelerinde Oluşan Yükselme Görüntüleri

2.5.3. Aktif Çamur Çökebilirliği

Aktif çamur; yaşına, yapısına, yoğunluğuna ve soyulma özelliklerine bağlı olarak farklı şekilde çöker ve sertleşir. Bu çökeltme özelliği, son durultuların tasarımı ve işletiminde büyük önem taşımaktadır. Çamurun çöktürme kapasitesi için çeşitli ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır (Henze, 2008). Modeller, çamur çökeltme özellikleri üzerinde yapılan deneylerle oluşturulur. Katı akım teorisi, üretilen modellerin temelidir (Wilén, 1995).

2.5.3.1. Katı Akı Teorisi

Akı teorisi, çamurun çökelme karakterini çökeltim tankı işletmesi amacıyla uygulanan pratik bir yöntemdir. Teori yer çekimi etkisiyle çökelmeye bırakılmış katı kütlesi taşımını belirlemektedir (Henze, 2008). Teoride katı akısı;

$$G_s = v \times X \quad (2.7)$$

ile belirlenmektedir. Denklemden; G_s yatay düzlemdeki katı akısını ($\text{kg}/(\text{m}^2/\text{sa})$), v çökme hızını (m/sa), X katı konsantrasyonunu (kg/m^3) göstermektedir. Çökme hızı v , Stokes hızı ile ilişkili olan gerçek çökme hızı ile ya da deneysel ölçümler ile belirlenmektedir (Dick ve Young, 1972). Katı akısı çok düşük konsantrasyonlarda keskin bir artış göstermektedir. Orta dereceli konsantrasyonlarda akıda azalan hızlı artış, maksimum akı ve hemen akabinde kademeli azalma görülür. Çok yüksek konsantrasyonlarda hızın çok düşük olması nedeniyle akı sıfıra yaklaşmaktadır (Rittmann ve McCarty, 2001).

2.5.3.2. Vesilind Modeli

Katı akı teorisindeki hız ve konsantrasyon parametreleri seyreltilmiş numunelerle yapılan deneylerle belirlenebilmektedir. Hız ve konsantrasyon arasındaki ilişki Vesilind eşitliği ile açıklanır (Vesilind, 1968).

$$V_s = V_0 \times e^{-KX} \quad (2.8)$$

Bu denklemden, V_s çökme hızını (m/sa), V_0 başlangıç çökme hızını (m/sa), K çökme katsayısını (m^3/kg) ve X başlangıç katı madde konsantrasyonunu (kg/m^3) vermektedir. Başlangıç çökme hızı ve çökme katsayısını belirlemede alternatif olarak Vesilind parametreleri çamur hacim indeksi (ÇHI) ile ilişkilendirilir (Zhang ve diğ., 2006). Bu ilişkilendirme kapsamlı geçmiş dataların ÇHI ve Vesilind parametrelerine ayarlanması ile sağlanır (Vanderhasselt ve Vanrolleghem, 2000). Tablo 2.3'de çeşitli çalışmalardan alınmış çökme deneyleri ve parametrelerin korelasyon denklemleri gösterilmiştir.

2.5.3.3. Takács Modeli

Takács modeli Vesilind modeli üzerine kararlı ve dinamik haller için çamur çökme durumunu verebilmektedir (Vanderhasselt ve Vanrolleghem, 2000). Düşük konsantrasyonlara uygulanabilir olması modelin kullanılabilirliğini artırmıştır (Renko, 1998). Model;

$$V_S = V_0(e^{-rh(X-X_{min})} - e^{-rp(X-X_{min})}) \quad (2.9)$$

eşitliği ile verilmektedir. Burada; V_S çökme hızını (m/sa), V_0 başlangıç çökme hızını (m/sa), rh engellenmiş çökme katsayısını (m^3/kg), rp düşük konsantrasyonda yavaş çökme katsayısını (m^3/kg), X başlangıç katı madde konsantrasyonunu (kg/m^3) ve X_{min} minimum katı madde konsantrasyonunu (kg/m^3) vermektedir.

Tablo 2.3. Literatürde Yer Alan Vesilind Parametrelerinin ÇHI Korelasyonları

Referans Çalışma	ÇHI (mL/g) Aralığı	V_0 (m/) Korelasyonu	K (m^3 /kg) Korelasyonu
Mines ve diğerleri	27-236	7.27	$0.0281+0.00229\text{ÇHI}$
Hartel ve Pöpel	-	$17.4e^{-0.0113 \times \text{ÇHI}}$	$1.043-0.983e^{-0.00581\text{ÇHI}}$
Daigger ve Roper	36-402	7.8	$0.148+0.0021\text{ÇHI}$
Akca ve diğerleri	-	$28.1\text{ÇHI}^{-0.2667}$	$0.177+0.0014\text{ÇHI}$
Wahlberg ve Keinath	48-235	$18.2e^{-0.00602 \times \text{ÇHI}}$	$0.351+0.00058\text{ÇHI}$
Daigger	36-402	6.5	$0.165+0.001586\text{ÇHI}$
Ozinsky ve Ekama	-	$8.53094e^{-0.00165 \times \text{ÇHI}}$	$0.20036+0.00091\text{ÇHI}$

Takács modelinde oturma hızı; çökelmeyen, yavaş sertleşen ve hızlı sertleşen gibi farklı çamur fraksiyonlarına ayrılır. Başlangıç konsantrasyonu minimum konsantrasyondan düşükse, yağış sürati sıfır olacaktır. Giriş konsantrasyonu en az konsantrasyonun üzerinde ancak düşük konsantrasyon değerinin altında olduğunda, ağır çökebilen partiküller çökme hızının belirlenmesinde önemlidir. Düşük konsantrasyonlarda; katı konsantrasyonu yükseldikçe, yaklaşık olarak partikül çapı arttığından çökme oranı da artış eğilimi gösterecektir. Giriş konsantrasyonu ılımlı bulunduğu yumaklar en yüksek boyutlarına ulaşacağından, çökme sürati konsantrasyona bağlı olmadan değerlendirilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Arıtma Tesisi Bilgileri

Kavak atık su arıtma tesisi 21.260 nüfuslu ve tasarlanan min. 3500 m³/gün max. 6000 m³/gün debili evsel atık suların arıtılması için Kavak atık su arıtma tesisi 08.06.2021 tarihinde işletmeye alınmıştır. Proje verileri ile işletme sonuçlarının değerlendirilmesi için Kavak atık su arıtma tesisinin atık suların özellikleri ve arıtılma yöntemleri incelenmiştir. Kavak atık su arıtma tesisi ile atık su içinde yer alan organik kirlilikler ile azot ve fosfor parametrelerinin arıtılması amaçlanmaktadır. Ayrıca arıtma tesislerinde büyük problem olan çamurun bertarafı için de çamur işleme üniteleri projelendirilmiştir.

Tez çalışmasında arıtma tesisine gelen suyun karakterizasyonu Tablo 3.1’ de belirlenmiştir. Tasarımda Alman standartları (ATV 131) kullanılmıştır. Sistem azot, fosfor ve karbon arıtımını birlikte sağlayan A₂/O, Bardenpho ve simultane denitrifikasyon prosesi gibi birden fazla prosese adapte olabilecek esnek bir sistem ile çözülmüştür.

Tablo 3.1. Farklı Yıllara Göre Kavak AAT Proje Tasarım Parametreleri ve Kestirimleri

Arıtma Tesisi Proses Hesaplarında Kullanılmak Üzere Seçilen Kirlilik Konsantrasyonları					
Parametreler	2017 C ₀ (mg/L)	2032 C ₀ (mg/L)	2047 C ₀ (mg/L)	Çevre mevzuatı (mg/L)	Yüzde verim (%)
KOI	390	400	410	125	75
BOI	290	300	310	25	70-90
AKM	240	250	260	35	90
TN	40	42	45	15	70-80
TP	7	7	7	2	80

Nüfus projeksiyonları, Samsun ili Kavak ilçesi atık su arıtma tesisi nüfus projeksiyonlarında kullanılan yöntemler; aritmetik artış yöntemi, İller Bankası yöntemi, lojistik eğri yöntemi, üstel artış yöntemi, bileşik faiz yöntemi ve geometrik artış yöntemi ile nüfus tahmin hesaplarında kullanılan yöntemlere göre hesaplanmıştır.

Tablo 3.2. KAAAT Projelendirmede Kavak İlçesi Nüfus Projeksiyonu Özet Tablosu

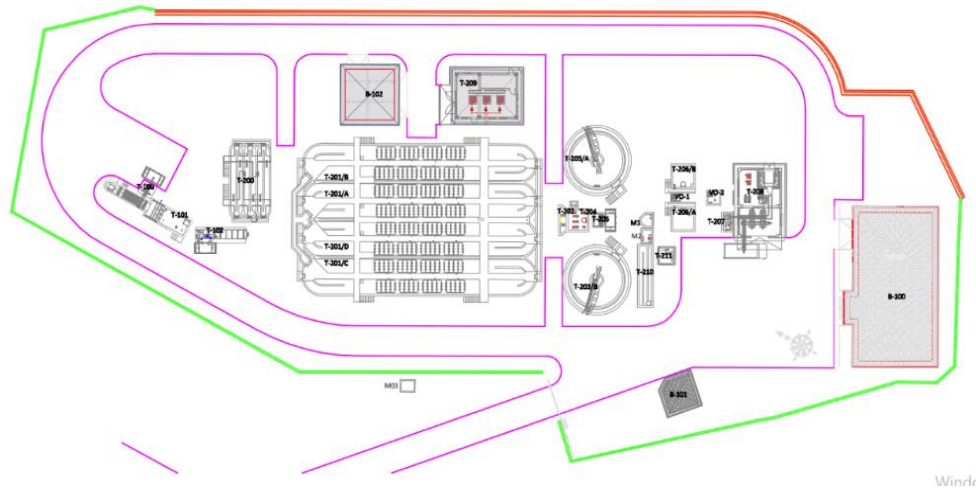
Metot	2017 (yıl)	2032 (yıl)	2047 (yıl)
Aritmetik	9.806	12.379	14.952
Geometrik	9.836	13.147	17.572
Üstel	9.836	13.147	17.572
İller Bankası Ç=1	9.653	11.207	13.011
İller Bankası Ç=3	10.039	15.641	24.368
Birleşik Faiz	9.836	13.144	17.565
Lojistik Eğri	9.938	13.648	17.164

Projelendirmede nüfus hesabı yapıldıktan sonra atık su arıtma tesisine gelecek atık suların debileri ve kaynakları belirlenmiştir. Bu incelemede Kavak Belediyesi ile yapılan görüşmeler sonucunda, ilçede mahalle halkı dışında atık su arıtma tesisine atık sularını gönderecek olan mezbahane, devlet hastanesi, cezaevi, betontaş sanayi ve çimento fabrikasının kapasiteleri öğrenilmiş ve bu kaynaklardan gelecek debilerin hesabı yapılmıştır. 2017 yılı için verilen değerler esas alınarak 2032 ve 2047 yılında beklenen kapasite artışları dikkate alınarak hesaplamalar revize edilmiştir.

Kavak İlçesi Merkez Biyolojik atık su arıtma tesisi tasarımı için debi hesabında kullanılması istenilen Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan, 20.03.2010 tarihli Atık su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'nde belirtilen nüfusa bağlı olarak atık su oluşumu değerleri; Nüfusu 2.000–10.000 arasında olan yerleşim bölgeleri için 80 L/kişi. gün, Nüfusu 10.000–50.000 arasında olan yerleşim bölgeleri için 90 L/kişi. gün olarak belirlenmiştir. Ancak Samsun Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (SASKİ) yetkilileri ile yapılan görüşmeler, kanalizasyon raporları ve mevcut durumda kanalizasyon sisteminde taşınan debiler göz önüne alındığında, bu değerlerin düşük olduğu kanaatine varılmıştır. Projede kullanılmak üzere karar verilen atık su oluşumu değerleri nüfusu 10.000'den düşük yerleşim yerleri için 100 L/kişi gün, nüfusu 10.000'den yüksek yerleşim yerleri için 110 L/kişi gün olarak belirlenmiştir.

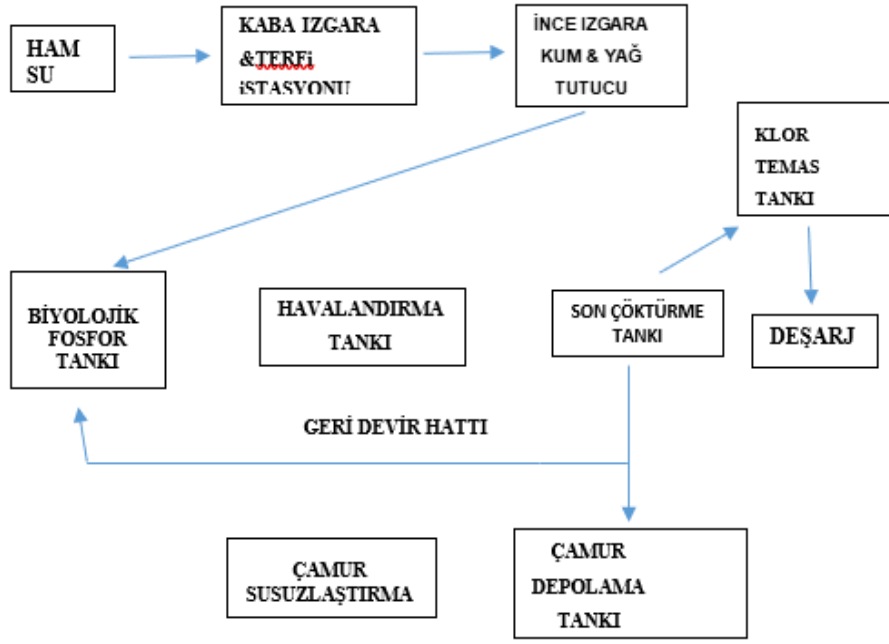


Şekil 3.1. Kavak (SAMSUN) Atık su Arıtma Tesisi



T-100	KABA IZGARA ÜNİTESİ	T-208	ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA BİNASI
T-101	TERFİ HAZNESİ	T-209	BLOWER BİNASI
T-102	KOMBİNE İNCE IZGARA & KUM VE YAĞ TUTUCU	T-210	KLOR TEMAS TANKI
T-200	BIO-P HAVUZLARI	T-211	KLOR BİNASI
T-201	HAVALANDIRMA HAVUZLARI	B-100	İDARİ BİNA
T-202	SON ÇÖKELTME HAVUZU DAĞITIM YAPISI	B-101	BEKÇİ BİNASI
T-203	SON ÇÖKELTME HAVUZLARI	B-102	TRAFO BİNASI
T-204	GERİ DEVİR VE FAZLA ÇAMUR TERFİ HAZNESİ	M-01	ÇIKIŞ BACASI
T-205	KÖPÜK HAZNESİ	M-02	ÇIKIŞ DEBİMETRE ODASI
T-206	ÇAMUR DEPOSU	M-03	ÇIKIŞ BACASI
T-207	SÜZÜNTÜ SUYU GERİ DEVİR POMPA HAZNESİ	V-01	VANA ODASI

Şekil 3.2. Kavak (SAMSUN) AAT Vaziyet Planı



Şekil 3.3. Kavak (SAMSUN) Atık su Arıtma Tesisi Akım Şeması

3.2. Kavak Atık Su Arıtma Tesisi Projelendirme

3.2.1. Kaba Izgaralar ve Terfi Merkezleri

Kaba ızgaraların kurulması ile katı ve iri maddelerin atık sulardan uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Izgaralar, ızgara açıklığı bakımından kaba ve ince ızgara olarak ikiye ayrılır. Kaba ızgaralar, pompa istasyonlarından önce kurulmalıdır. İnce ızgaralar ise kaba ızgaralardan sonra atık suda kalan ve müteakip birimlerdeki mekanik ekipmana zarar verme ihtimali olan yüzen maddeleri almak ve bu şekilde çamur arıtma birimlerindeki tıkanmaları azaltmak için kurulur.

Kaba elek, çark aşınması, tıkanma vb. etkilerden korunmak için tanıtım merkezlerinin girişlerine yerleştirilir. Kaba ağır çubukları arasındaki mesafe 30-50 mm arasında olabilir. Kaba ağ, manuel veya otomatik olarak temizlenebilir. Arıtma tesisi girişinde kollektörlerin akış seviyeleri çok derin olabilir (5,0 - 10,0 m). Bu nedenle tesis girişine kurulan kaba ızgaralar da yerden oldukça derine yerleştirilebilir. Bu derin yarıkların uzunlukları uzun olacağından, tırmığın bir dönüşü, yani alıcı noktadan su seviyesinin üzerine inerek su akış seviyesine inmesi 2-3 dakika sürebilir ve ortalama hız 0.15-0.20 m/sa olabilir.



Şekil 3.4. Kaba Izgaralar (Kavak Atık Su Arıtma Tesisi)

Pompa istasyonu, su veya atık su pompalamak için gerekli olan pompa, valf, çek valf ve elektrik kontrol panelini içerir. İçilebilir suyu veya düşük dereceli atık suyu ana işletim merkezine aktarmak için kullanılırlar. Su yönetimi, alışveriş merkezleri ve oteller gibi çeşitli endüstri ve kurumsal gruplarda da bulunur. Zor çalışma koşullarında çalışan ekipmanların bakımı veya bir sorun olduğunda sisteme müdahale eden işlemlerin mutlaka uzman ekipler tarafından yapılması gerekmektedir. Pompa istasyonlarında hidrojen sülfür (H_2S) birikmesine neden olan çok fazla organik madde ve yağ vardır. H_2S birikimini önlemek için özel tasarlanmış H_2S sterilizasyon ve hava sirkülasyon sistemleri kullanılmalıdır.



Şekil 3.5. Terfi İstasyonu (Kavak Atık su Arıtma Tesisi)

Atık su, kolektör hattı ile arıtma tesisinin ilk ünitesi olan kaba ızgara ünitesine verilmektedir. Kaba ızgarada büyük parçacıklar ayrıştırıldıktan sonra atık su, pompa istasyonu yardımı ile tesisin diğer ünitelerine ulaşmaktadır. Tesis debisinin düşük olmasından kaynaklanan işletme zorluğu ve operasyonel verim düşüklüğü nedenlerinden dolayı, tesiste pompa istasyonundan sonra geri kalan fiziksel arıtma ünitelerinde konvansiyonel yapılar kullanılmamış, bunlar yerine mekanik sistem tercih edilmiştir.

Tablo 3.3. Kavak AAT Kaba Izgaraları Tasarım Kriterleri

Kaba Izgara	Birimler	2032	2047
Toplam ızgara kanalı sayısı	Adet	2	2
Izgara tipi		Mekanik Temizlemeli Izgara	Mekanik Temizlemeli Izgara
Maks. debi/kanal	m ³ /sa	250	291.67
Çubuk açıklığı	mm	50	50
Çubuk kalınlığı	mm	10	10
Kanal genişliği	m	0.5	0.5
Izgara açısı	derece	75	75
Çubuklar arası genişlik	m	0.42	0.42
Izgaradan önceki su yüksekliği	m	0.33	0.4
Çubuklardaki hız, Vmaks	m/sa	0.5	0.48
Kanaldaki hız, Vmaks	m/sa	0.418	0.405
Çubuklardaki hız, Vmin	m/sa	0.31	0.36
Kanaldaki hız, Vmin	m/sa	0.255	0.405
Ölçüler	mm	500x3200	500x3200
Motor gücü	kW	0.37	0.37

Tablo 3.4. Kavak AAT Terfi Merkezi Tasarım Kriterleri

Terfi Pompası	Birimler	2032	2047
Debi	m ³ /sa	250	291.67
Pompa tipi		Dalgıç	Dalgıç
Toplam pompa sayısı	Adet	3	3
Operasyondaki pompa sayısı	Adet	2	2
Çalışma saati	sa/gün	24	24
Gereken Birim kapasite	m ³ /sa	125	145.83
Seçilen Birim kapasite	m ³ /sa	155	155

Her iki kademe için, terfi pompaları 2 asıl 1 yedek olmak üzere toplamda 3 adet ve santrifüj tip dalgıç pompa yer almaktadır. Birinci kademe 3.000 m³/gün, ikinci kademe de 3.500 m³/gün ortalama kapasiteye sahip 1 asıl ve 1 yedek kaba ızgara projelendirilmiştir. Izgaralar maksimum debiye göre tasarlanmış olup tüm tasarım kriterleri (kanaldaki hız, çubuklar arası hız, yük kayıpları gibi) ortalama debi için de ayrıca kontrol edilmiştir. Çubuklar arası açıklık 5 cm, çubuk genişliği 1 cm (10x50 mm) ve mekanik temizlemeli seçilmiştir. Izgara çubukları yatayla 75° açı yapmaktadır.

Tablo 3.5. Kaba Izgara Hesapları

Kaba Izgara	2032			2047		
	Q _{min}	Q _{ort}	Q _{max}	Q _{min}	Q _{ort}	Q _{max}
Q(m ³ /sa)	0.023	0.035	0.069	0.029	0.041	0.081
Aktif kanal sayısı	1	1	1	1	1	1
Kanal genişliği (b)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
h (su yüksekliği)	0.18	0.22	0.33	0.19	0.25	0.4
V= Q/(b x h)(m/sa)	0.255	0.318	0.418	0.305	0.328	0.405
Eğim, S	0.0004	0.0003	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003

KAAT 2032 ve 2047 yılına ait tasarım hesapları debi ve nüfus ile atık su karakterizasyonuna göre hesaplanmıştır.

2032 yılı için:	
$Q_{\min} = 2000 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 0.023 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$	
Aktif kanal sayısı = 1	
Kanal başına debi = $0.023 / 1 = 0.023 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$	
Kanal genişliği (b) = 0.5 m	
Su yüksekliği (h) = 0.18 m	
Kesit alanı (A) = b x h	(3.1)
Kesit alanı (A) = 0.5m x 0.18m = 0.09 m ²	
Kanaldaki hız:	
$V = \frac{Q}{A}$	(3.2)
$V = \frac{0.023}{0.09} = 0.255 \frac{\text{m}}{\text{sa}}$	
Kanal eğimi hesaplanmasında Manning formülü kullanılmıştır.	
$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2}$	(3.3)
V: İlgili bölümdeki sıvı akış hızı, m/sa	

n : Pürüzlülük katsayısı

R_h : Hidrolik Yarıçap (Islak Alan/Islak Çevre), m

S : Eğim

n, pürüzlülük katsayısı 0.013 olarak alınmıştır.

$$R_h = \frac{b \times h}{b + 2y} \quad (3.4)$$

$$R_h = \frac{0.5 \times 0.18}{0.5 + 2 \times 0.18} = 0.105 \text{ m}$$

$$0.255 = \frac{1}{0.013} \times 0.105^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0.0002$$

$$Q_{\text{ort}} = 3000 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 0.035 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Aktif kanal sayısı = 1

$$\text{Kanal başına debi} = 0.035 / 1 = 0.035 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Kanal genişliği (b) = 0.5 m

Su yüksekliği (h) = 0.22 m

$$\text{Kesit alanı (A)} = b \times h \quad (3.5)$$

$$\text{Kesit alanı (A)} = 0.5\text{m} \times 0.22\text{m} = 0.11 \text{ m}^2$$

Kanaldaki hız:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.6)$$

$$V = \frac{0.035}{0.11} = 0.318 \frac{\text{m}}{\text{sa}}$$

Kanal eğimi hesaplanmasında Manning formülü kullanılmıştır.

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \quad (3.7)$$

V: İlgili bölümdeki sıvı akış hızı, m/sa

n : Pürüzlülük katsayısı

R_h : Hidrolik Yarıçap (Islak Alan/Islak Çevre), m

S : Eğim

n, pürüzlülük katsayısı 0.013 olarak alınmıştır.

$$R_h = \frac{b \times h}{b + 2y} \quad (3.8)$$

$$R_h = \frac{0.5 \times 0.22}{0.5 + 2 \times 0.22} = 0.12 \text{ m}$$

$$0.318 = \frac{1}{0.013} \times 0.12^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0.0003$$

$$Q_{\max} = 6000 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 0.069 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Aktif kanal sayısı = 1

$$\text{Kanal başına debi} = 0.069 / 1 = 0.069 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Kanal genişliği (b) = 0.5 m

Su yüksekliği (h) = 0.33 m

$$\text{Kesit alanı (A)} = b \times h \quad (3.9)$$

$$\text{Kesit alanı (A)} = 0.5\text{m} \times 0.33\text{m} = 0.165 \text{ m}^2$$

Kanaldaki hız:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.10)$$

$$V = \frac{0.069}{0.165} = 0.418 \frac{\text{m}}{\text{sa}}$$

Kanal eğimi hesaplanmasında Manning formülü kullanılmıştır.

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \quad (3.11)$$

V: İlgili bölümdeki sıvı akış hızı, m/sa

n : Pürüzlülük katsayısı

R_h: Hidrolik Yarıçap (Islak Alan/Islak Çevre), m

S : Eğim

n, pürüzlülük katsayısı 0.013 olarak alınmıştır.

$$R_h = \frac{b \times h}{b + 2y} \quad (3.12)$$

$$R_h = \frac{0.5 \times 0.33}{0.5 + 2 \times 0.33} = 0.14 \text{ m}$$

$$0.418 = \frac{1}{0.013} \times 0.14^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0.0004$$

$$\text{Kanaldeki maksimum debi} = 0.069 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Çubuk açıklığı (S)} = 50\text{mm}$$

$$\text{Çubuk kalınlığı (A)} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Kanal genişliği (b)} = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{Kanaldeki max. su yüksekliği}$$

$$(h_{\text{max}}) = 0.33 \text{ m}$$

$$\text{Seçilen çubuk sayısı} = 8$$

$$\text{Çubuklar arası genişlik (B)} = \text{Kanal genişliği} - (\text{Çubuk sayısı} \times \text{Çubuk kalınlığı})$$

$$(3.13)$$

$$\text{Çubuklar arası genişlik (B)} = 0.5 - (8 \times 0.01) = 0.42 \text{ m}$$

$$\text{Çubuklar arası hız, } V_{\text{max}} :$$

$$V_{\text{max}} = \frac{Q}{B \times h} \quad (3.14)$$

$$V_{\text{max}} = \frac{0.069}{0.42 \times 0.33} = 0.50 \frac{\text{m}}{\text{sa}}$$

$$\text{Çubuklar arası hız, } V_{\text{min}} :$$

$$V_{\text{min}} = \frac{Q}{B \times h} \quad (3.15)$$

$$V_{\text{min}} = \frac{0.023}{0.42 \times 0.18} = 0.31 \frac{\text{m}}{\text{sa}}$$

Katı Atık Miktarı:

$$\text{Atık Miktarı} = 6000 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \times 15 \text{ L} = 0.090 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$$\text{Atık yoğunluğu} : 1.100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Atık Miktarı} = 0.090 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \times 1.100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 99.00 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

Depolama zamanı = 7 gün

$$\text{Toplam katı hacmi} = 0.090 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \times 7 \text{ gün} = 0.63 \text{ m}^3$$

2047 yılı için:

$$Q_{\min} = 2500 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 0.029 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Aktif kanal sayısı = 1

$$\text{Kanal başına debi} = 0.029 / 1 = 0.029 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Kanal genişliği (b) = 0.5 m

Su yüksekliği (h) = 0.19 m

$$\text{Kesit alanı (A)} = b \times h \quad (3.16)$$

$$\text{Kesit alanı (A)} = 0.5 \text{ m} \times 0.19 \text{ m} = 0.095 \text{ m}^2$$

Kanaldaki hız:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.029}{0.095} = 0.305 \frac{\text{m}}{\text{sa}}$$

Kanal eğimi hesaplanmasında Manning formülü kullanılmıştır.

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \quad (3.17)$$

V: İlgili bölümdeki sıvı akış hızı, m/sa

n: Pürüzlülük katsayısı

R_h: Hidrolik Yarıçap (Islak Alan/Islak Çevre), m

S: Eğim

n, pürüzlülük katsayısı 0.013 olarak alınmıştır.

$$R_h = \frac{b \times h}{b + 2y} \quad (3.18)$$

$$R_h = \frac{0.5 \times 0.1}{0.5 + 2 \times 0.19} = 0.12 \text{ m}$$

$$0.305 = \frac{1}{0.013} \times 0.12^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0.0003$$

$$Q_{\text{ort}} = 3500 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 0.041 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Aktif kanal sayısı} = 1$$

$$\text{Kanal başına debi} = 0.041 / 1 = 0.041$$

$$\text{Kanal genişliği (b)} = 0.5 \text{ m}$$

$$\text{Su yüksekliği (h)} = 0.25 \text{ m}$$

$$\text{Kesit alanı (A)} = b \times h \quad (3.19)$$

$$\text{Kesit alanı (A)} = 0.5\text{m} \times 0.25\text{m} = 0.125 \text{ m}^2$$

Kanaldaki hız:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.20)$$

$$V = \frac{0.041}{0.125} = 0.328 \frac{\text{m}}{\text{sa}}$$

Kanal eğimi hesaplanmasında Manning formülü kullanılmıştır.

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \quad (3.21)$$

V: İlgili bölümdeki sıvı akış hızı, m/sa

n : Pürüzlülük katsayısı

R_h : Hidrolik Yarıçap (Islak Alan/Islak Çevre), m

S : Eğim

n, pürüzlülük katsayısı 0.013 olarak alınmıştır.

$$R_h = \frac{b \times h}{b + 2y} \quad (3.22)$$

$$R_h = \frac{0.5 \times 0.25}{0.5 + 2 \times 0.25} = 0.125 \text{ m}$$

$$0.328 = \frac{1}{0.013} \times 0.125^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0.0003$$

$$Q_{\text{ort}} = 7000 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 0.081 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Aktif kanal sayısı = 1

Kanal başına debi = 0.081 / 1 = 0.081

Kanal genişliği (b) = 0.5 m

Su yüksekliği (h) = 0.40 m

$$\text{Kesit alanı (A)} = b \times h \quad (3.23)$$

$$\text{Kesit alanı (A)} = 0.5\text{m} \times 0.40\text{m} = 0.20 \text{ m}^2$$

Kanaldaki hız:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3.24)$$

$$V = \frac{0.081}{0.20} = 0.405 \frac{\text{m}}{\text{sa}}$$

Kanal eğimi hesaplanmasında Manning formülü kullanılmıştır.

$$V = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \quad (3.25)$$

V : İlgili bölümdeki sıvı akış hızı, m/sa

n : Pürüzlülük katsayısı

R_h : Hidrolik Yarıçap (Islak Alan/Islak Çevre), m

S : Eğim

n, pürüzlülük katsayısı 0.013 olarak alınmıştır.

$$R_h = \frac{b \times h}{b + 2y} \quad (3.26)$$

$$R_h = \frac{0.5 \times 0.40}{0.5 + 2 \times 0.40} = 0.15 \text{ m}$$

$$0.405 = \frac{1}{0.013} \times 0.15^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$S = 0.0003$$

$$\text{Kanaldaki maksimum debi} = 0.081 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Çubuk açıklığı (S) = 50 mm

Çubuk Kalınlığı (A) = 10 mm

Kanal Genişliği (b) = 0.4 m

Kanaldaki max. su yüksekliği

$$(h_{\max}) = 0.40 \text{ m}$$

Seçilen çubuk sayısı = 8

$$\text{Çubuklar arası genişlik (B)} = \text{Kanal genişliği} - (\text{Çubuk sayısı} \times \text{Çubuk kalınlığı}) \quad (3.27)$$

$$= 0.5 - (8 \times 0.01) = 0.42 \text{ m}$$

Çubuklar arası hız, V_{\max} :

$$V_{\max} = \frac{Q}{B \times h} \quad (3.28)$$

$$V_{\max} = \frac{0.081}{0.42 \times 0.40} = 0.48 \frac{\text{m}}{\text{sa}}$$

Çubuklar arası hız, V_{\min} :

$$V_{\min} = \frac{Q}{B \times h} \quad (3.29)$$

$$V_{\min} = \frac{0.029}{0.42 \times 0.19} = 0.36 \frac{\text{m}}{\text{sa}}$$

Katı Atık Miktarı:

$$\text{Atık Miktarı} = 7000 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \times 15 \text{ L} = 0.105 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$$\text{Atık yoğunluğu: } 1.100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Atık Miktarı} = 0.105 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \times 1.100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 115.5 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

Depolama zamanı = 7 gün

$$\text{Toplam katı hacmi} = 0.105 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \times 7 \text{ gün} = 0.735 \text{ m}^3$$

Her iki kademe için, terfi pompaları 2 asıl 1 yedek olmak üzere toplamda 3 adet ve santrifüj tip dalgıç pompa olmaktadır.

2032 yılı için:

$$Q_{\max} = 6000 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 250 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Operasyondaki pompa sayısı = 2 adet

Pompa çalışma saati = 24 saat

$$\text{Gereken Birim Kapasite} = \frac{Q}{\text{Pompa sayısı} \times \text{Çalışma saati}} \quad (3.30)$$

$$\text{Gereken Birim Kapasite} = \frac{250 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}}{2 \times \frac{1 \text{ gün}}{24 \text{ sa}} \times \frac{24 \text{ sa}}{\text{gün}}} = 125 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

2047 yılı için:

$$Q_{\text{max}} = 7000 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 291.67 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Operasyondaki pompa sayısı = 2 adet

Pompa çalışma saati = 24 saat

$$\text{Gereken Birim Kapasite} = \frac{Q}{\text{Pompa sayısı} \times \text{Çalışma saati}} \quad (3.31)$$

$$\text{Gereken Birim Kapasite} = \frac{291.67 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}}{2 \times \frac{1 \text{ gün}}{24 \text{ sa}} \times \frac{24 \text{ sa}}{\text{gün}}} = 145.83 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Seçilen pompa kapasitesi} = 155 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

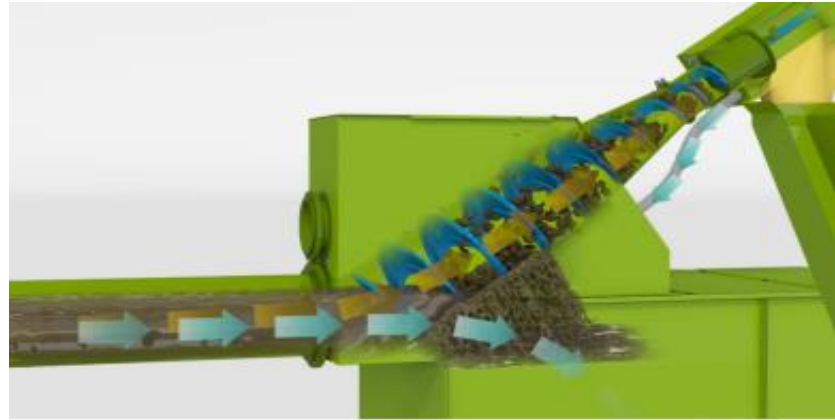
3.2.2. Kombine İnce Izgara, Kum ve Yağ Tutucu Kompakt Ünitesi

Cihaz, büyük malzemeleri, kum ve yağı evsel ve endüstriyel atık sulardan ayırmak için geliştirilmiş kompakt bir sistemdir (Şekil 3.6). Bu sistem parçacıkları büyük bir verimlilikle ayırır. Az bakım gerektirir ve kullanımı kolaydır.

İlk olarak atık su filtrelerden geçerek kum ayırma tankına geçer. Sıkışan atık, filtre ağı ile birleştirilmiş bir elek presi ile sudan ayrılır ve tahliye borusundan tahliye edilir. Kum ve yağ bölümünde, kum tankın dibine çöktüğü için yağ tankın yüzeyine doğru hareket eder. Çöken kum, yatay bir matkapla tankın altındaki hazneye itilir. Organik maddenin çökmesini önlemek için atık su havalandırılır ve bir üfleyici yayma sistemi ile karıştırılır. Tank tabanındaki hunide biriken kum, açılı monte edilmiş bir konveyör vasıtasıyla aynı zamanında susuzlaştırılması da sağlanarak yukarı doğru taşınır ve konteynere boşaltılır. Yağ alma bölümü yüzeyinde biriken yağ, sıyrıcı veya savak sistemiyle yağ bölümünden alınır.



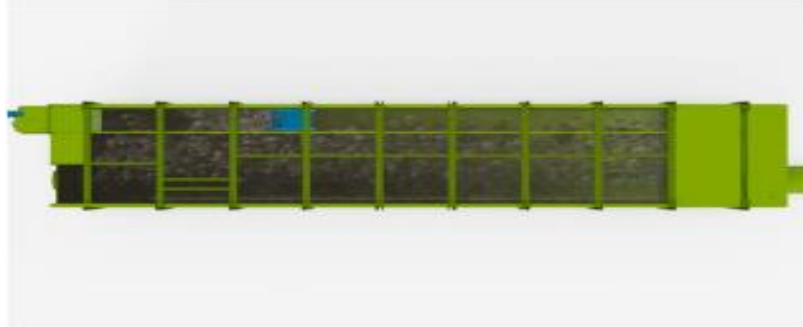
Şekil 3.6. Kombine İnce Izgara ve Kum ve Yağ Tutucu Ünitesi



Şekil 3.7. İnce Izgara Ünitesi (Anonim, 2019b)



Şekil 3.8. Kum Tutucu Ünitesi (Anonim, 2019b)



Şekil 3.9. Yağ Tutucu Ünitesi (Anonim, 2019b)

Terfi istasyonundan sonra gelen ince ızgara, kum ve yağ tutucu ünitesi, tesis debisinin düşüklüğü nedeniyle konvansiyonel olarak değil kombine ince ızgara ve kum tutucu olarak seçilmiştir. Bu kombine sistemde ince ızgara ve kum tutucu ünitesi

birlikte bulunmaktadır. Terfi istasyonundan gelen atık su, ince ızgara kısmında kaba ızgaradan kaçan parçacıklardan ayrıştırılır ve kum tutucu ve yağ tutucu ünitesine geçer. Havalandırıcılar da içinde bulunduran bu sistemde kum tutucu kısımda giderim devam ederken, sıyırıcılar sayesinde yağ giderimi de sağlanmaktadır. Böyle bir sistem kullanılarak hem işletme kolaylığı sağlamak hem de düşük debiden kaynaklanan verim kaybını ortadan kaldırarak yüksek verimde fiziksel arıtım sağlamaktır.

Tablo 3.6. Kavak AAT İnce Izgara, Kum ve Yağ Tutucu Tasarım Kriterleri

Kompakt Ünite	Birimler	2032
Maksimum kapasite	m ³ /sa	300
Tank genişliği	mm	1600
Tank boyu	mm	9000
Tank yüksekliği	mm	2455
Izgara tipi		Kompaktör ile entegreli burgulu ızgara
Delik çapı	mm	10
Kum tutucu tank genişliği	mm	1200
Uzunluk	mm	7500
Yatay konveyör tip		Şaftsız helezon
Helezon çapı	mm	200
Yağ ayırma genişlik	mm	400
Yağ ayırma uzunluk	mm	7500
Difüzör tipi		Boru tipi

3.2.3. Biyolojik Fosfor (Anaerobik) Tankları

Atık suda bulunan fosforu uzaklaştırmak için fiziksel arıtmadan sonra anaerobik havuzlara aktarılır. Biyolojik fosfor giderimi iki adımı içerir; Fosfor, anaerobik koşullar altında fermantasyon yoluyla salınır. Aerobik bölgede oluşan bakterilerin parçalayıp depolayabileceği bir forma dönüştürülecektir. Bu nedenle atık sudaki fosfor, aerobik bölgedeki çamur tabakasından geçerek uzaklaştırılır. Fosfor salınımının gerçekleşmesi için, giriş suyunda kolayca parçalanabilen çözünür organik karbonun hücre içinde depolanması gerekir; Bir elektron alıcısı bulunduğunda, depolanan karbon daha sonraki mikrobiyal aktiviteler için kullanılacak ve ATP'yi yeniden oluşturmak için aşırı fosfor depolaması oluşacaktır.



Şekil 3.10. Biyo-Fosfor (Anaerobik) Tanklar (Kavak Atık Su Arıtma Tesisi)

Anaerobik tankların girişinde ve çıkışında bulunan, kanal içerisine yerleştirilen motorlu kapaklar vasıtasıyla atık su giriş değerlerine bağlı olarak tank paralel veya seri olarak çalıştırılabilmektedir. Havuz çıkışlarındaki savak tipi çalışacak, aktüatörlü motorlu kapaklar ile havuzdaki su seviyesini ayarlamak mümkün olmaktadır. Ayrıca havuzlarda çökelmeyi ve çökelmeyle oluşacak ölü bölgeler nedeniyle hacim kayıplarını önlemek, istenilen akım karakteristiğini sağlamak amacıyla, havuz tabanında 0.3 m/sa hız sağlayacak dalgıç mikserler monte edilmiştir. Aynı zamanda, havuz girişinde oksijen konsantrasyonunun sıfır olması istendiğinden; girişteki oksijen konsantrasyonunu ölçmek amacıyla ilk havuza bir adet oksijen metre temin edilmiştir.

Biyo-fosfor havuzları nihai aşamada 2032 yılı kapasitesine göre 0.93 saat ve 2047 yılı kapasitesine göre 0.79 saat bekleme süresine göre 3 adet havuz olarak projelendirilmiştir. Biyo-fosfor havuzlarının birincisi istenildiğinde sadece geri devir çamuru alınacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece bu havuzda geri devir çamurundan gelen nitratın, giriş suyundaki karbonu harcamadan denitrifikasyon ile giderimi sağlanmaktadır. Bunun sonucunda, biyo-fosfor giderimi için gerekli olan, giriş atık suyundaki çözünmüş kolay ayrışabilir organik karbon geri devirden gelen nitrat ile harcanmaktadır ve tamamı biyo-fosfor giderimi için kullanılabilir. Bu çalışma

koşulunda giriş suyu da ikinci biyo-fosfor havuzuna alınmaktadır; geri devir ile ham atık su ikinci biyo-fosfor havuzunda karışmaktadır.

Diğer bir işletme alternatifi olarak da geri devir çamuru ve giriş suyu dağıtım yapısında karıştırılarak doğrudan birinci biyo-fosfor havuzuna alınabilecektir. Gerekmesi durumunda iki havuz denitrifikasyon suyunu alırken tek havuz giriş suyunu alabilecektir. Geri devir denitrifikasyonu ile nitrat ve çözülmüş oksijen konsantrasyonlarının biyolojik fosfor giderimi etkilemeyecek şekilde minimize edildiği esas alınmıştır; buna göre çözülmüş oksijen konsantrasyonu sıfır, nitrat konsantrasyonu 1 mg/L kabul edilmiştir. Biyo-fosfor hacmi 208.27 m³ olmaktadır; bu durumda 69.42 m³ hacminde 3 adet havuz projelendirilmiştir. Anaerobik havuzlarda KSAKM'in çökmesini önlemek amacıyla dalgıç mikserler kullanılmaktadır. Biyolojik fosfor giderimi ile fosfor giderimi deşarj limitlerinin de altında çıktığı için herhangi bir kimyasal madde dozlamaya ihtiyaç duyulmamaktadır.

Tablo 3.7. Kavak AAT Biyolojik Fosfor Havuzu Tasarım Kriterleri

Anaerobik Tank Hacmi	Birimler	2032	2047
Q _{ort}	m ³ /gün	3081.05	3598.09
Geri devir debisi	m ³ /gün	2310.79	2698.57
Tank sayısı	Adet	3	3
Tank genişliği	m	2	2
Tank uzunluğu	m	10	10
Tanktaki su yüksekliği	m	3	3
Birim hacim	m ³	69.42	69.42
Toplam hacim	m ³	208.27	208.27

2032 yılı için:

$$\text{Toplam günlük ortalama debi} = 3.081,05 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$$\text{Geri devir debisi (Q}_{\text{ort}} \times 0.75) = 3.081,05 \times 0.75 = 2.310,79 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$$\text{Toplam debi} = (3.081,05 + 2.310.79) \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 224.66 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

2047 yılı için:

$$\text{Toplam günlük ortalama debi} = 3.598,09 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$$\text{Geri devir debisi } (Q_{\text{ort}} \times 0.75) = 3.598,09 \times 0.75 = 2.698,57 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$$\text{Toplam debi} = (3.598,09 + 2.698,57) \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 262.36 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Anaerobik arıtma ünitesi 3 tank olarak düşünülmüştür. Tank genişliği(W) 2m, uzunluğu(L) 10m ve yüksekliği(H) 3m olarak seçilmiştir. Bu boyutlandırmaya göre hacim hesabı yapılmış ve bekleme süresi hesaplanmıştır.

$$\text{Hacim} = (W \times L \times H) + \left[\left(\pi \times \frac{w^2}{4} \right) \times H \right] \quad (3.32)$$

$$\text{Hacim} = (2 \times 10 \times 3) + \left[\left(\pi \times \frac{2^2}{4} \right) \times 3 \right] = 69.42 \text{ m}^3$$

Tank adedi = 3

$$\text{Toplam hacim} = 69.42 \times 3 = 208.27 \text{ m}^3$$

Kimyasal olarak çöktürülecek fosfor miktarının hesaplanması:

$$X_{p, \text{prec}} = C_{p, \text{giriş}} - C_{p, \text{çıkış}} - X_{p, \text{BM}} - X_{p, \text{Biop}} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \quad (3.33)$$

$C_{p, \text{giriş}}$ = Giriş atık suyundaki toplam fosfor konsantrasyonu

$C_{p, \text{çıkış}}$ = Çıkış suyundaki toplam fosfor konsantrasyonu, $2 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$

$X_{p, \text{BM}}$ = Biyokütle sentezi için heterotrofik bakteriler tarafından alınan fosfor miktarı
($0.01 - 0.015 C_{\text{BOI, giriş}}$)

$X_{p, \text{Biop}}$ = Biyolojik olarak anaerobik havuzlar kullanılarak giderilecek fazla fosfor miktarı ($0.01 - 0.015 C_{\text{BOI, giriş}}$)

2032 yılı için:

$$C_{\text{BOI, giriş}} = \text{BOİ konsantrasyonu } (297.87 \frac{\text{mg}}{\text{L}})$$

$$X_{p, \text{BM}} = 0.01 \times 297.87 = 2.98 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$X_{p, \text{Biop}} = 0.015 \times 297.87 = 4.47 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$X_{p, \text{prec}} = 7.05 - 2.00 - 2.98 - 4.47 = - 2.40 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

2047 yılı için:

$$C_{\text{BOI, giriş}} = \text{BOI konsantrasyonu } (307.19 \frac{\text{mg}}{\text{L}})$$

$$X_{\text{p,BM}} = 0.01 \times 307.52 = 3.08 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$X_{\text{p,Biop}} = 0.015 \times 307.52 = 4.61 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$X_{\text{p,prec}} = 7.05 - 2.00 - 3.08 - 4.61 = - 2.64 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

3.2.4. Anoksik ve Oksik Tanklar

Biyolojik arıtma, organik maddelerin atık sudan mikrobiyal reaksiyonlarla ayrıştırılması işlemidir. Atık, ayrışma yoluyla çöktülebilir malzemelere dönüştürülür ve bir çöktürme aşaması ile atık sudan ayrılarak biyolojik arıtma gerçekleştirilir. Biyoreaktör, denitrifikasyon koşulları altında bir ATV 131 ile boyutlandırılmıştır. Biyolojik arıtma işlemi nitrifikasyon ve denitrifikasyon olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilir. Nitrifikasyon için hava sağlanarak giriş suyundaki amonyak azotu nitrat azotuna dönüştürülür ve oluşan nitrat biyolojik oksijen ihtiyacını ortadan kaldırmak için elektron alıcısı olarak kullanılır.

Denitrifikasyon prosesinin esası, moleküler oksijenin bulunmadığı anoksik bölümde mikroorganizmalar tarafından nitratı elektron alıcısı olarak kullanabilmesidir. Denitrifikasyon sisteminde nitrate çevrilmiş indirgenmiş amonyak azotu ve organik azot gazına çevrilecektir. Oksik tankta ise ortama oksijen verilerek aerobik şartlarda, azot ve karbon okside edilerek, yeni bakterilerin oluşması sağlanır. Prosesin belirlenmesinde $\text{BOI/N} > 4-5$ üzerinde olması nedeniyle ön denitrifikasyon yapılması halinde gerekli karbon biyolojik arıtma girişinde mevcut bulunmaktadır. Ayrıca nitrifikasyon tankından denitrifikasyon bölümüne içsel resirkülasyon sayesinde organik madde ihtiyacı karşılanmış olmaktadır.



Şekil 3.11. Havalandırma (anoksik ve oksik) Tanklar (Kavak Atık Su Arıtma Tesisi)

Havalandırma tankları birbirini takip eden tank olarak tasarlanmıştır ve bağımsız olarak çalışır. Biyofosforlu havuzlarda olduğu gibi her havuz girişinde ve havuz aralarında bulunan motorlu panjurlar sayesinde her havuz ayrı ayrı açılıp kapanmaktadır. Havuz çıkışlarında bulunan aktüatörlü motorlu panjurlar sayesinde havuzdaki su seviyesi ayarlanabilmektedir. Difüzör üzerindeki suyun derinliği havalandırma tankındaki oksijen çözünme verimini doğrudan etkilediğinden tank su yüksekliğini değişken debilerle sabit tutmak havalandırma veriminin korunmasını sağlar. Ayrıca dalgıç mikser, lavabonun alt kısmında 0,3 m/sn hızla çalışarak, havuzda yağış ve yağışın oluşturduğu ölü bölgelerden dolayı hacim kaybını önlemek ve akış karakteristiğini sağlamak amacı ile çalışmaktadır.

Havuzlardaki anoksik- oksik şartları izlemek amacıyla, havuza oksimetreler yerleştirildi. Blower tarafından verilen hava, oksimetre tarafından ölçülen oksijen konsantrasyonuna göre otomatik olarak kontrol edilir, böylece oksijen ihtiyacı olduğunda, hızlı bir şekilde veya acil bir durumda müdahale edilebilecek gaz miktarı azaltılarak enerji tasarrufu sağlanır. Kurulumun ilk aşamasında havuzun ortasında iç sirkülasyonu sağlamak için sirkülasyon pompaları bulunmaktadır. Proses grubunda sağlanan esnek konfigürasyon sayesinde dördüncüden birinciye ve üçüncüden birinciye bir dahili döngü garanti edilir; bu nedenle sistem sırasıyla A_2/O ve 5 aşamalı

Tablo 3.8. Kavak AAT Oksik/Anoksik Tanklar Tasarım Kriterleri

Boyutlar	Birimler	Proje Yılı	
		2032	2047
Tank sayısı	m	4	4
Tank uzunluğu	m	34	34
Tank genişliği	m	6	6
Su yüksekliği	m	5.50	5.50
Hacim	m ³	5.110,04	5.110,04
Geri devir miktarı	m ³ /sa	187.50	218.75
Geri devir pompa sayısı	Adet	3	3
İçsel sirkülasyon pompa sayısı	Adet	4	4
Gerekli birim kapasite	m ³ /sa	36.87	43.40
Denitrifikasyon verimi	-	68%	71%
Seçilen pompa kapasitesi	m ³ /sa	45	45
Toplam geri devir oranı, RC	-	2.39	2.39
Toplam blower sayısı	Adet	3	3
Birim blower kapasitesi	Nm ³ /sa	931.73	1.134,10
Difüzör kapasitesi	Nm ³ /sa	5	5
Difüzör sayısı	Adet	372.69	453.64
Tank başına difüzör sayısı	Adet	93.17	113.41
Tank başına seçilen difüzör sayısı	Adet	120	120
Toplam difüzör sayısı	Adet	480	480

Havalandırma tankı adet olarak tasarlanmıştır. Proses hesapları sıcaklık açısından iki senaryo için yapılmıştır. Kış döneminde 15 °C (derece santigrat) ve yaz döneminde 25 °C olarak tasarlanmıştır. Havalandırma tankının hacmi (anoksik ve aerobik) kış dönemi için hesaplanırken, gerekli proses hava debisi yaz dönemi için hesaplanmıştır. Tankların havalandırması su altı membran difüzör sistemi ile yapılmaktadır. Çamur yaşı Alman Atık su - Atık formülüne (ATV-DVWK) göre hesaplanmış ve stabil çamur yaşı prensibi benimsenmiştir. Çamur yaşı hesaplanırken $1.072 (12 - T) \times 25$ formülü kullanılır. Arıtma prosesinin nitrojen dengesine göre inorganik nitrojen, denitrifiye edilecek nitrojen nitrat ve denitrifikasyon kapasitesi hesaplanır. Gerekli geri dönüştürülmüş nitrat akış hızı, tek aşamalı aktif çamur tesisi boyut ölçümü (ATV-DVWK) ile biyolojik arıtmadan uzaklaştırılan inorganik nitrojen ve nitrat nitrojen arasındaki orana dayalı olarak hesaplanmıştır. Çamur üretimi, karbon giderimi ile oluşan günlük çamur ve biyolojik fosfor giderimi ile üretilen günlük çamur dikkate alınarak hesaplanmıştır. Buna göre havalandırma havuzlarında çamur yaşı,

günlük çamur üretimi ve aktif çamur içeriğine göre gerekli havuzlar hesaplanmış ve buna göre havalandırma ve anoksik bölgelerin hacmi hesaplanmıştır.

ATV – DVWK 131 E ‘ye göre stabil çamur için çamur yaşı hesabı:	
$t_{SS,dim}(\text{çamur yaşı}) \geq 25 \times 1.072(12-T)$ (3.34)	
T = 15 °C için, çamur yaşı = 25 x (12-15) =20.29 gün	
T = 25 °C için, çamur yaşı = 25 x (12-25) =10.13 gün	
Kritik Çamur yaşı 15 °C’de olduğu için tank hacimleri hesaplanırken kış sıcaklığı dikkate alınmaktadır.	
2032 yılı için:	
Biyolojik reaktörde gereken katı madde miktarı = Çamur miktarı x çamur yaşı (3.35)	
Biyolojik reaktörde gereken katı madde miktarı = 771.11 x 20.29 = 15.645,82 kg	
Biyolojik reaktör çıkışında gereken katı madde miktarı, $SS_{AT} = 3.78 \frac{kg}{m^3}$	
Gerekli tank hacmi = $\frac{\text{Biyolojik reaktörde gereken katı madde miktarı}}{\text{Biyolojik reaktör çıkışında gereken katı madde miktarı}}$ (3.36)	
Gerekli tank hacmi = $\frac{15.645,82 \text{ kg}}{3.78 \text{ m}^3} = 4139.11 \text{ m}^3$	
2047 yılı için:	
Biyolojik reaktörde gereken katı madde miktarı = Çamur miktarı x çamur yaşı (3.37)	
Biyolojik reaktörde gereken katı madde miktarı = 933.13 x 20.29 = 18.933,21 kg	
Biyolojik reaktör çıkışında gereken katı madde miktarı, $SS_{AT} = 3.78 \frac{kg}{m^3}$	
Gerekli tank hacmi = $\frac{\text{Biyolojik reaktörde gereken katı madde miktarı}}{\text{Biyolojik reaktör çıkışında gereken katı madde miktarı}}$ (3.38)	
Gerekli tank hacmi = $\frac{18.933,21 \text{ kg}}{3.78 \text{ m}^3} = 5008.78 \text{ m}^3$	
2032 yılı için:	

Hesaplamlarda güvenli olan 15 °C değeri baz alınmıştır ve toplam proses hacmi aşağıda belirtilen havuz boyutlarına göre her iki yıldaki debiye de uygun olabilmesi için proses havuzlarının boyutları;

Genişlik = 6.0 m

Uzunluk = 34.0 m

Su Yüksekliği = 5.5 m olarak seçilmiştir.

Bu boyutlara proses hacmi 5.110,04 m³ olarak seçilmiştir.

$$\text{Toplam geri devir oranı, RC} = (S_{\text{NO3D}} / S_{\text{NO3, çıkış}}) \quad (3.39)$$

$$S_{\text{NO3D}} = 16.73 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$S_{\text{NO3, çıkış}} = 8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{Toplam geri devir oranı, RC} = \left(\frac{16.73}{8}\right) = 2.09$$

2047 yılı için:

$$\text{Toplam resirkülasyon oranı, RC} = (S_{\text{NO3D}} / S_{\text{NO3, çıkış}}) \quad (3.40)$$

$$S_{\text{NO3D}} = 19.15 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$S_{\text{NO3, çıkış}} = 8 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\text{Toplam resirkülasyon oranı, RC} = \frac{19.15}{8} = 2.39$$

2032 yılı için:

$$\text{Denitrifikasyon verimi} = 1 - (1 / (1 + \text{RC})) \quad (3.41)$$

$$\text{Denitrifikasyon verimi} = 1 - (1 / (1 + 2.09)) = \%68$$

2047 yılı için:

$$\text{Denitrifikasyon verimi} = 1 - (1 / (1 + 2.39)) = \%71$$

2032 yılı için:

$$\text{Geri devir miktarı, R} = Q_{\text{ort}} \times \text{Geri devir oranı} \quad (3.42)$$

$$\text{Geri devir oranı, } R_S = \%75$$

$$Q_{\max} = 250 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Geri devir miktarı, } R = 250 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}} \times 0.75 = 187.5 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

2047 yılı için:

Geri devir oranı = %75

$$Q_{\max} = 291.67 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Geri devir miktarı, } R = 291.67 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}} \times 0.75 = 218.75 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

2032 yılı için:

İçsel geri devir pompaları:

İçsel geri devir pompaları 2 asıl + 2 yedek olarak tasarlanmıştır.

$$\text{Gerekli birim kapasite} = \frac{IR}{\text{Pompa Sayısı}} \quad (3.43)$$

$$\text{Gerekli birim kapasite} = \frac{73.75 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}}{2} = 36.87 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

2047 yılı için:

İçsel geri devir pompaları:

İçsel geri devir pompaları 3 asıl + 1 yedek olarak tasarlanmıştır.

$$\text{Gerekli birim kapasite} = \frac{IR}{\text{Pompa Sayısı}} \quad (3.44)$$

$$\text{Gerekli birim kapasite} = \frac{130.19 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}}{3} = 43.40 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Seçilen pompa kapasitesi} = 45 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

2032 yılı için:

Blower kapasitesinin hesaplanması:

Blowerlar 2 asıl 1 yedek olmak üzere toplamda 3 adet olarak seçilmiştir.

$$\text{Birim blower kapasitesi} = \frac{\text{Gerekli hava miktarı}}{\text{Blower Sayısı}} \quad (3.45)$$

$$\text{Birim blower kapasitesi} = \frac{1.863,47 \frac{\text{Nm}^3}{\text{sa}}}{2} = 931.73 \frac{\text{Nm}^3}{\text{sa}}$$

2047 yılı için:

Blower kapasitesinin hesaplanması:

Blowerlar 2 asıl 1 yedek olmak üzere toplamda 3 adet olarak seçilmiştir.

$$\text{Birim blower kapasitesi} = \frac{\text{Gerekli hava miktarı}}{\text{Blower Sayısı}} \quad (3.46)$$

$$\text{Birim blower kapasitesi} = \frac{2.268,20 \frac{\text{Nm}^3}{\text{sa}}}{2} = 1.134,10 \frac{\text{Nm}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Seçilen blower kapasitesi} = 1.200 \frac{\text{Nm}^3}{\text{sa}}$$

2032 yılı için:

Difüzör sayısının hesaplanması:

Bir difüzörden çıkan hava miktarı $5.00 \frac{\text{Nm}^3}{\text{sa}}$ olarak seçilmiştir.

$$\text{Difüzör sayısı} = \frac{\text{Gerekli hava miktarı}}{\text{Bir difüzörden çıkan hava miktarı}} \quad (3.47)$$

$$\text{Difüzör sayısı} = \frac{1.863,47 \frac{\text{Nm}^3}{\text{sa}}}{5.00 \frac{\text{Nm}^3}{\text{sa}}} = 372.69$$

$$\text{Tank başına düşen difüzör sayısı} = \frac{\text{Difüzör sayısı}}{\text{Tank sayısı}} \quad (3.48)$$

$$\text{Tank başına düşen difüzör sayısı} = \frac{372.69}{4} = 93.17$$

2047 yılı için:

Difüzör sayısının hesaplanması:

Bir difüzörden çıkan hava miktarı $5.00 \text{ Nm}^3 / \text{sa}$ olarak seçilmiştir.

$$\text{Difüzör sayısı} = \frac{\text{Gerekli hava miktarı}}{\text{Bir difüzörden çıkan hava miktarı}} \quad (3.49)$$

$$\text{Difüzör sayısı} = \frac{2.268,20 \frac{\text{Nm}^3}{\text{sa}}}{5.00 \frac{\text{Nm}^3}{\text{sa}}} = 453.64$$

$$\text{Tank başına düşen difüzör sayısı} = \frac{\text{Difüzör sayısı}}{\text{Tank sayısı}} \quad (3.50)$$

$$\text{Tank başına düşen difüzör sayısı} = \frac{453.64}{4} = 113.41$$

$$\text{Tank başına seçilen difüzör sayısı} = 120$$

$$\text{Toplam difüzör sayısı} = \text{Tank başına seçilen difüzör sayısı} \times \text{tank sayısı} \quad (3.51)$$

$$\text{Toplam difüzör sayısı} = 120 \times 4 = 480$$

Tablo 3.9. Üretilen Çamur Miktarı

Boyutlar	Birimler	Proje Yılı	
		2032	2047
Karbon gideriminden kaynaklı çamur	kg/gün	729.79	883.37
Biyolojik fosfor gideriminden kaynaklı çamur	kg/gün	41.32	49.76
Toplam çamur	kg/gün	771.11	933.13

Fazla çamur miktarının hesabı:

Seçilen çamur yaşı = 20.29 gün

$$SP_d = SP_{d,c} + SP_{d,p} \quad (3.52)$$

Karbon gideriminden kaynaklanan fazla çamurun hesabı ($SP_{d,c}$)

$$SP_{d,c} = B_{d,BOI} \times (0.75 + 0.6 \times \left(\frac{X_{SS, giriş}}{C_{BOI, giriş}} \right) - \frac{(0.102 \times tss \times FT)}{(1 + 0.17 \times tss \times FT)}) \quad (3.53)$$

Sıcaklık düzeltme faktörü, F_T ;

$$F_T = 1.072 (T - 15) \quad (3.54)$$

$$15^\circ\text{C için; } F_T = 1.072^{(15 - 15)} = 1$$

$$25^\circ\text{C için; } F_T = 1.072^{(25 - 15)} = 2$$

2032 yılı için:

$$15^\circ\text{C için: } SP_{d,c} = 917.75 \times (0.75 + 0.6 \times \frac{253.34}{297.87} - \frac{(0.102 \times 20.29 \times 1)}{(1 + 0.17 \times 20.29 \times 1)})$$

$$SP_{d,c} = 729.79 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

$$25^\circ\text{C için: } SP_{d,c} = 917.75 \times (0.75 + 0.6 \times \left(\frac{253.34}{297.87} \right) - \frac{(0.102 \times 20.29 \times 2)}{(1 + 0.17 \times 20.29 \times 2)})$$

$$SP_{d,c} = 675.74 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

2047 yılı için:

$$15 \text{ }^\circ\text{C için: } SP_{d,c} = 1.106,48 \times (0.75 + 0.6 \times (\frac{263.19}{307.52})) - (\frac{0.102 \times 20.29 \times 1}{(1 + 0.17 \times 20.29 \times 1)})$$

$$SP_{d,c} = 883.37 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

$$25 \text{ }^\circ\text{C için: } SP_{d,c} = 1.106,48 \times (0.75 + 0.6 \times (\frac{263.19}{307.52})) - (\frac{0.102 \times 20.29 \times 2}{(1 + 0.17 \times 20.29 \times 2)})$$

$$SP_{d,c} = 818.21 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

Fosfor gideriminden kaynaklanan fazla çamurun hesabı ($SP_{d,P}$)

$$SP_{d,P} = Q_{\text{ort}} \times (3 \times X_{p, \text{BioP}} + 6.8 \times X_{p, \text{PREC, Fe}} + 5.3 \times X_{p, \text{PREC, Al}}) \quad (3.55)$$

2032 yılı için:

$$X_{p, \text{PREC, Fe}} = 0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$X_{p, \text{PREC, Al}} = 0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$X_{p, \text{BioP}} = 4.47 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$O_{\text{ort}} = 3.081,05 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$$SP_{d,P} = (3.081,05 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}) \times 3 \times (4.47 \frac{\text{mg}}{\text{L}}) = 41.32 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

2047 yılı için:

$$X_{p, \text{PREC, Fe}} = 0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$X_{p, \text{PREC, Al}} = 0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$X_{p, \text{BioP}} = 4.61 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$O_{\text{ort}} = 3.598,09 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$$SP_{d,P} = (3.598,09 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}) \times 3 \times (4.61 \frac{\text{mg}}{\text{L}}) = 49.76 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

2032 yılı için:

<p>Çamur Miktarı (SP_d)</p> $SP_d = SP_{d,c} + SP_{d,P} \quad (3.56)$ $SP_d = 729.79 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} + 41.32 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} = 771.11 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} \text{ (15 °C için)}$ $SP_d = 676.48 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} + 41.32 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} = 717.84 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} \text{ (25 °C için)}$
<p>2047 yılı için:</p>
<p>Çamur Miktarı (SP_d)</p> $SP_d = 883.37 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} + 49.76 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} = 933.13 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} \text{ (15 °C için)}$ $SP_d = 818.21 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} + 49.76 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} = 867.97 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} \text{ (25 °C için)}$

3.2.5. Son Çökeltim Tankları

Havalandırma tankından son çökeltme tankına kadar olan suyun yerçekimi ile prosesi buraya yerleştirilir ve çökeltme işlemine tabi tutulur. Çöktürme tankı dairesel bir şekle sahip olup, projenin kapasitesine bağlı olarak birçok farklı çapta tasarlanmaktadır. Küvetlerde yuvarlak sıyrıcılar bulunmaktadır. Dip çöktürme suyundan gelen ağır maddeler dip sıyrıcılar ile çamur toplama kanallarına itilir ve toplanan çamur buradan geri dönüşüm ünitesine gider. Köprüler ayrıca yüzey sıyrıcılarda bulunur, yosunlar vb. yüzeyde birikir. Malzemeleri köpük haznesinde toplar ve buradan köpük pompası ile menhollere iletir. Dairesel köprünün çalışma hızı prosese göre ayarlanır. Her yıl sırayla havuzlar temizlenir ve sıyrıcı köprülerin bakımı yapılır. Çöktürme havuzunda, suyun tahliye edildiği göletin iç yüzeyinde üçgen bir baraj ve paslanmaz çelik köpük kesici bulunmaktadır. Arıtılmış su bu yapıdan geçerek giderin tahliye noktasına gelir.



Şekil 3.15. Son Çökeltme Havuzları (Kavak Atık Su Arıtma Tesisi)

Havalandırma tankından gelen atık su yerçekimi ile son çöktürme tankına kadar burada bırakılır ve çöktürme işlemine tabi tutulur. Çöktürme tankı dairesel bir şekle sahip olup, projenin kapasitesine bağlı olarak birçok farklı çapta tasarlanmaktadır. Küvetlerde yuvarlak sıyrıcılar bulunmaktadır. Dip çöktürme suyundan gelen ağır maddeler dip sıyrıcılar ile çamur toplama kanallarına itilir ve toplanan çamur buradan geri dönüşüm ünitesine yönlendirilir. Köprüler ayrıca yüzey sıyrıcılarda bulunur, yosunlar vb. yüzeyde birikir. Malzemeleri köpük haznesinde toplar ve buradan köpük pompası ile menhollere iletilmektedir.

2032 yılı için:

$$\text{Maksimum debi} = 250 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Maksimum debi ve süzöntü suyu debisi,

$$Q_{\text{maxST}} = 250 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}} + 81.05 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 253.38 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Çamur hacim indeksi, $\text{ÇHI} = 100 \frac{\text{mL}}{\text{g}}$ olarak seçilmiştir.

Bekleme süresi, $t_{\text{TH}} = 2$ saat olarak seçilmiştir

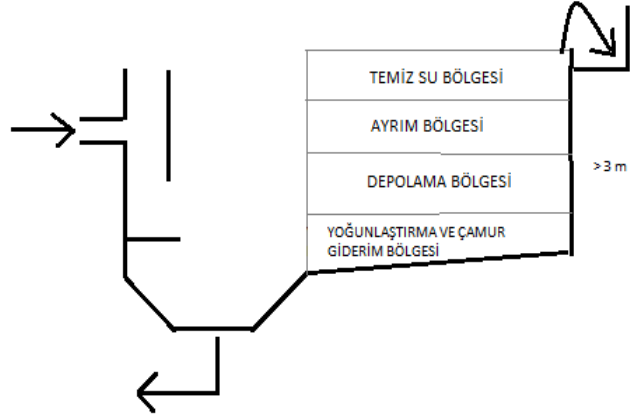
2047 yılı için:

<p>Maksimum debi = $291.67 \frac{m^3}{sa}$</p> <p>Maksimum debi ve süzüntü suyu debisi,</p> $Q_{maxST} = 291.67 \frac{m^3}{sa} + 98.09 \frac{m^3}{gün} = 295.75 \frac{m^3}{sa}$ <p>Çamur hacim indeksi, $\text{ÇHI} = 100 \frac{mL}{g}$ olarak seçilmiştir.</p> <p>Bekleme süresi, $t_{TH} = 2$ saat olarak seçilmiştir.</p>
<p>2032 ve 2047 yılı için:</p>
<p>Taban çamur konsantrasyonu;</p> $SS_{BS} = 1000 \text{ ÇHI} \times \sqrt[3]{t_{TH}} \quad (3.57)$ $SS_{BS} = 1000 \times 100 \times \sqrt[3]{2} = 12.60 \frac{kg}{m^3}$
<p>2032 ve 2047 yılı için:</p>
<p>SS_{RS} / SS_{BS} oranı 0.7 olarak seçilmiştir.</p> <p>Her iki yıl için de IR oranı %75 olarak seçilmiştir.</p> $\text{Geri Devir Miktarı} = \text{Maksimum Debi} \times \text{IR} \quad (3.58)$ <p>2032 yılı için:</p> $\text{Geri Devir Miktarı} = 250 \frac{m^3}{sa} \times 0.75 = 187.50 \frac{m^3}{sa}$ <p>2047 yılı için:</p> $\text{Geri Devir Miktarı} = 291.67 \frac{m^3}{sa} \times 0.75 = 218.75 \frac{m^3}{sa}$

Tablo 3.10. Son Çöktürme Tankı Hesapları

Son Çöktürme Tankı	Birimler	2032	2047
Maksimum kuru hava debisi	m^3/sa	250	291.67
Maksimum yaş hava ve süzüntü suyu debisi	m^3/sa	253.38	295.75
Çamur hacim indeksi, ÇHI	mL/g	100	100
Bekleme süresi	sa	2	2
SS_{BS} , Taban çamur konsantrasyonu	kg/m^3	12.60	12.60
Seçilen SS_{RS}/SS_{BS} oranı		0.70	0.70
Geri devir miktarı	m^3/sa	187.50	218.75

Son çöktürme havuzlarının yükseklik hesaplanmasında aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır; Havuz merkezindeki su yüksekliği; $h_{cent} \geq 4.0$ m; merkezden yarıçapın 2/3'deki su yüksekliği $h_{tot} \geq 3.0$ M; havuz yan duvar yüksekliği, $h_{side} \geq 2.5$ m ve $t_{TH} = 2$ saat seçilmiştir.



Şekil 3.16. Son Çöktürme Tankı Su Yükseklikleri

$$h_{tot} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 1.5 \times 0.3 \times q_{SV} \times (1 + R_{qaqa}) \quad (3.59)$$

$$h_1 = \text{Temiz su bölgesi} = 0.5 \text{ m}$$

$$h_2 = \text{ayırım bölgesi}$$

$$h_2 = \frac{0.5 \times qA \times (1 + RS)}{1 - \frac{DSV}{100}} \quad (3.60)$$

$$h_2 = \frac{0.5 \times 1.56 \times (1 + 0.75)}{1 - \frac{378}{100}} = 2.19$$

$$h_3 = \text{depolama bölgesi}$$

$$h_3 = \frac{1.5 \times 0.3 \times q_{SV} \times (1 + RSrs)_{ssa}}{500} \quad (3.61)$$

$$h_3 = \frac{1.5 \times 0.3 \times 589 \times (1 + 0.75)}{500} = 0.93 \text{ m}$$

$$h_4 = \text{Yoğunlaştırma ve çamur giderim bölgesi } t_{TH}$$

$$h_4 = \frac{SSAT \times qA \times (1 + RS) \times t_{TH}}{SSBS} \quad (3.62)$$

$$h_4 = 3.78 \times 1.56 \times (1 + 0.75) \times 2 = 12.60 = 1.64 \text{ m}$$

$$h_{tot} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (3.63)$$

$$h_{tot} = 0.5 + 2.19 + 0.93 + 1.64 = 5.26 \text{ m} > 3 \text{ m}$$

Operasyondaki çöktürme tankı sayısı = 2

2032 ve 2047 yılı için:

2032 yılı için:

$$\text{Minimum gerekli tank çapı} = \sqrt{\frac{162.51}{\pi \times 2}} = 10.17 \text{ m}$$

2047 yılı için:

$$\text{Minimum gerekli tank çapı} = \sqrt{\frac{189.59}{\pi \times 2}} = 10.99 \text{ m}$$

Seçilen tank çapı = 11 m

$$\text{Minimum gerekli tank çapı} = \sqrt{\frac{AST \times 4}{\pi \times \text{tank sayısı}}} \quad (3.64)$$

$$\text{Birim Yüzey Alanı} = \pi \times \frac{D^2}{4} \quad (3.65)$$

$$\text{Birim Yüzey Alanı} = \pi \times \frac{11^2}{4} = 95.03 \text{ m}^2$$

Seçilen Su Yüksekliklerinin Hesaplanması:

$$h_{tot} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (3.66)$$

$$h_{tot} = 0.5 + 2.19 + 0.93 + 1.64 = 5.26 \text{ m} \geq 3 \text{ m}$$

$$h_{side} = h_{tot} - [(D/2) \times (1/3) \times (1/12)] \quad (3.67)$$

$$h_{side} = 5.26 - [(11/2) \times (1/3) \times (1/12)] = 5.11 \text{ m} \geq 2.5 \text{ m}$$

$$h_{cent} = h_{tot} + [(D/2) \times (2/3) \times (1/12)] \quad (3.68)$$

$$h_{cent} = 5.26 + [(11/2) \times (2/3) \times (1/12)] = 5.56 \text{ m} \geq 4 \text{ m}$$

$$h_{kon} = (D/2) \times (1/12) \quad (3.69)$$

$$h_{kon} = (11/2) \times (1/12) = 0.46 \text{ m}$$

2032 ve 2047 yılı için:

$$\text{Eğimli kısmın hacmi} = \pi \times \frac{\frac{D^2}{4} \times h_{kon}}{3} \quad (3.70)$$

$$\text{Eğimli kısmın hacmi} = \pi \times \left(\frac{\frac{11^2}{4} \times 0.46}{3} \right) = 14.57 \text{ m}^3$$

$\text{Çöktürme kısmı birim hacmi} = \pi \times \frac{D^2}{4} \times h_{\text{side}} \quad (3.71)$
$\text{Çöktürme kısmı birim hacmi} = \pi \times \frac{11^2}{4} \times 5.11 = 485.62 \text{ m}^3$
$\text{Tank hacmi} = \text{Eğimli kısmın hacmi} + \text{Çöktürme kısmı birim hacmi} \quad (3.72)$
$\text{Birim tank hacmi} = 14.57 \text{ m}^3 + 485.62 \text{ m}^3 = 500.19 \text{ m}^3$
$\text{Toplam hacim} = \text{birim tank hacmi} \times \text{tank sayısı} \quad (3.73)$
$\text{Toplam hacim} = 500.19 \text{ m}^3 \times 2 = 1.000,38 \text{ m}^3$
$\text{Bir tankın savak uzunluğu} = \pi \times D \quad (3.74)$
$\text{Bir tankın savak uzunluğu} = \pi \times 11 = 34.56 \text{ m}$

Tablo 3.11. Son Çökeltim Tankları Tasarım Kriterleri

Boyutlar	Birimler	2032(yıl)	2047(yıl)
Tank derinliği:			
Temiz su bölümü, h_1	m	0.50	0.50
Ayrım bölümü, h_2	m	2.19	2.19
Depolama bölümü, h_3	m	0.93	0.93
Yoğunlaştırma ve çamur giderim bölümü, h_4	m	1.64	1.64
Tank sayısı	Adet	2	2
Seçilen çap, D	m	11	11
Birim yüzey alanı	m^2	9.03	95.03
Birim tank hacmi	m^3	500.19	500.19

3.2.6. Çamur Depolama Tankları

Çamur arıtma tesisleri çalışmadığında akış dalgalanmalarını ve çamur birikimini önlemek için çamur depolanır. Çamur depolamanın önemi, kireç stabilizasyonu, ısıl işlem, mekanik dehidrasyon, kurutma ve yakma işlemleri için sabit bir besleme hızı sağlamak için çok önemlidir.

Çamurun düşük kalış süresi ile depolanması, bir atık su arıtıcıda veya bir çamur yoğunlaştırıcıda yapılabilir. Çamurun uzun süreli depolanması hava ve hava çürütücüler gibi stabilizasyon tanklarında veya özel olarak tasarlanmış ayrı tanklarda yapılır. Küçük sistemlerde, çamur genellikle bir çökeltme havuzunda veya çürütücüde depolanır. Hava kullanmayan ve havayı ayırıştırıcı büyük sistemlerde çamur, ayrı karıştırıcılarda veya tanklarda depolanır. Bu tanklar, birkaç saatten birkaç güne kadar

bir miktar depolamayı tutacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Çamur 2-3 günden fazla bırakılırsa, çamur ayrışır ve susuzlaştırılması zorlaşmaktadır.

Çamur, septikleşmeyi önlemek ve karıştırmayı iyileştirmek için genellikle havalandırılır. Mekanik havalandırıcılar tam karışımın sağlanması için gereklidir. Septikleşmeyi ve kokuyu önlemek için depolama veya karıştırma tankında klor ve hidrojen peroksit kullanılmaktadır. Sodyum hidroksit veya kireç pH'ı yükselterek kokuyu kontrol etmek ve hidrojen sülfürü çözültide tutmak için kullanılır.



Şekil 3.17. Çamur Depolama Tankları (Kavak Atık Su Arıtma Tesisi)

İki çamur havuzu, fazla çamuru susuzlaştırma ünitesine gönderilmeden önce depolayabilecek şekilde tasarlanmıştır. Tesiste fosforun uzaklaştırılması biyolojik işlemlerle gerçekleştirildiğinden çamur havuzundaki olası anaerobik koşullar, tutulan fosforun yeniden salınmasına neden olur. Bu durumun önüne geçmek için çamur tankları tabana yerleştirilmiş difüzörler ile havalandırılır.

Çamur depolama tankında çamurun bekleme süresinin belirlenmesinde susuzlaştırma ekipmanlarının çalışma süreleri göz önüne alınmıştır. Çamur depolama tankı blowerları 1 asıl ve 1 yedek olmak üzere toplamda 2 adet olarak tasarlanmıştır. Bir çamur depolama tankında toplam 24 adet tüp difüzör bulunmaktadır.

Tablo 3.12. Çamur Depolama Tankları Tasarım Kriterleri

	Birimler	2032	2047
Toplam çamur	m ³ /gün	84.06	101.73
Bekleme süresi	gün	0.75	0.75
Depolama tankı hacmi	m ³ /gün	63.05	76.30
Tank sayısı	Adet	2	2
Seçilen yükseklik	m	3	3
Seçilen genişlik	m	3.60	3.60
Seçilen uzunluk	m	3.60	3.60
Toplam hacim	m ³	77.76	77.76
Seçilen pompa kapasitesi	m ³ /sa	13	13
Kimyasal çamur	kg/gün	0	0
Hava ihtiyacı	m ³ /sa/m ³	1.50	1.50
Toplam blower sayısı	Adet	2	2
Seçilen blower kapasitesi	m ³ /sa	60	60
Blower kapasitesi	m ³ /sa	58.32	58.32

2032 yılı için:

$$\text{Toplam çamur miktarı} = 84.06 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$$\text{Bekleme süresi} = 0.75 \text{ gün}$$

$$\text{Depolama tankı hacmi} = \text{Toplam çamur miktarı} \times \text{bekleme süresi} \quad (3.75)$$

$$\text{Depolama tankı hacmi} = 84.06 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \times 0.75 \text{ gün} = 63.05 \text{ m}^3$$

$$\text{Tank Sayısı} = 2$$

$$\text{Bir tank hacmi} = \frac{63.05 \text{ m}^3}{2} = 31.53 \text{ m}^3$$

$$\text{Seçilen Tank Yüksekliği} = 3.00 \text{ m}$$

$$\text{Seçilen Tank Genişliği} = 3.60 \text{ m}$$

$$\text{Seçilen Tank Uzunluğu} = 3.60 \text{ m}$$

$$\text{Birim Tank Hacmi} = 3.60 \times 3.60 \times 3.00 = 38.88 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam Hacim} = \text{Birim tank hacmi} \times \text{tank sayısı} \quad (3.76)$$

$$\text{Toplam Hacim} = 38.88 \times 2 = 77.76 \text{ m}^3$$

$$\text{Bekleme Süresi} = \frac{\text{Toplam Hacim}}{\text{Toplam Çamur Miktarı}} \quad (3.77)$$

$$\text{Bekleme Süresi} = \frac{77.76 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}}{84.06 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}} = 0.93 \text{ gün}$$

2047 yılı için:

$$\text{Toplam çamur miktarı} = 101.86 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$$\text{Bekleme süresi} = 0.75 \text{ gün}$$

$$\text{Depolama tankı hacmi} = \text{Toplam çamur miktarı} \times \text{bekleme süresi} \quad (3.78)$$

$$\text{Depolama tankı hacmi} = 101.73 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \times 0.75 \text{ gün} = 76.30 \text{ m}^3$$

$$\text{Tank Sayısı} = 2 \text{ Bir tank hacmi} = \frac{76.30 \text{ m}^3}{2} = 38.15 \text{ m}^3$$

$$\text{Seçilen Tank Yüksekliği} = 3.00 \text{ m}$$

$$\text{Seçilen Tank Genişliği} = 3.60 \text{ m}$$

$$\text{Seçilen Tank Yüksekliği} = 3.60 \text{ m}$$

$$\text{Birim Tank Hacmi} = 3.60 \times 3.60 \times 3.00 = 38.88 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam Hacim} = \text{Birim tank hacmi} \times \text{tank sayısı} \quad (3.79)$$

$$\text{Toplam Hacim} = 38.88 \times 2 = 77.76 \text{ m}^3$$

$$\text{Bekleme Süresi} = \frac{\text{Toplam Hacim}}{\text{Toplam Çamur Miktarı}} \quad (3.80)$$

$$\text{Bekleme Süresi} = \frac{77.76 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}}{101.73 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}} = 0.76 \text{ gün}$$

2032 ve 2047 yılı için:

Hava ihtiyacı $1.5 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$ olarak seçilmiştir.

$$\text{Çamur depolama tankı toplam hacmi} = 77.76 \text{ m}^3$$

$$\text{Blower kapasitesi} = \frac{\text{Toplam Hacim} \times \text{Hava İhtiyacı}}{\text{Blower Sayısı}} \quad (3.81)$$

$$\text{Blower kapasitesi} = \frac{77.76 \text{ m}^3 \times 1.5 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}}{2} = 58.32 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Seçilen blower kapasitesi} = 60 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

3.2.7. Çamur Susuzlaştırma

Çamur susuzlaştırma işlemi, atık su arıtım işleminin ardından oluşan sıvı veya yarı katı halde bulunan, kokulu; uygulanan arıtma türüne bağlı olarak ortalama %0.25 ile aralığında katı madde içermekte olan, çamurun içerdiği nem yüzdesinin düşürülmesi maksadıyla uygulanan fiziksel yöntemlere denir. Bu yöntemler sayesinde nem yüzdesi düşürülmekte ve bu sayede de katı hale dönüştürülen çamur keki kolay taşınabilen bir hal almaktadır. Böylelikle, amur bertarafa uygun hale getirilmekte ve bunun ışığında susuzlaştırma işleminin yardımıyla kokusuz ve kokuşmaya elverişsiz hale gelerek hacimsel olarak küçülmektedir.

amurum okertilmesi prensibine dayanan dekantör (santrifüj) susuzlaştırma yöntemi, sıvı ile kekin ayrı elde edilmesi sitemine göre çalışmaktadır ve besleme pompasının yardımıyla çamurun pompaya alınması ve pompanın bağlı olduğu tambur ile dışarı boşaltılması prensibine dayanmaktadır.



şekil 3.18. Çamur Susuzlaştırma (Kavak Atık Su Arıtma Tesisi)

Çamur geri devir ve fazla çamur tankından alınan çamur, çamur deposunda toplandıktan sonra susuzlaştırılarak miktarının azaltılması amacıyla çamur susuzlaştırma ekipmanına verilecektir. Çamur susuzlaştırıcı olarak, santrifüj tip

dekantör, susuzlaştırma işleminin daha iyi yapılabilmesi amacıyla dekantöre polielektrolit dozlaması yapılmaktadır. Susuzlaştırma ekipmanında katı madde konsantrasyonu %20- 25'e kadar çıkarılan çamur tesisten uzaklaştırılmaktadır.

Süzüntü suyu ise süzüntü suyu toplama tankına verilerek, burada bulunan pompalar vasıtasıyla biyolojik fosfor tankına (anaerobik tank), arıtma işlemine tekrardan tabi tutulmak üzere verilir. Polielektrolit hazırlama ünitesi, dozaj pompaları, dekantörler, çamur besleme pompaları gibi ekipmanlar çamur susuzlaştırma binası'nda yer almaktadır. Toplamda 2 adet dekantör olmakta olup, bunlardan biri operasyonda olmaktadır. Dekantörler haftanın 5 günü, günde 6 saat çalışmaktadır.

2032 yılı için:

Çöktürme Tankından Gelen Çamur Katı Madde Miktarı, $\theta_{SL} = \%0.88$

$$\text{Ağırlık, } P_{SL} = 771.11 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

$$\text{Hacim, } Q_{SL} = \text{Katı madde miktarı Yoğunluk} \times \% \text{ Katı madde} \quad (3.82)$$

$$\text{Hacim, } Q_{SL} = 771.11 \frac{\text{kg}}{\text{gün}} \times 0.0088 = 84.25 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$$Q_D = \frac{Q_{SL}}{\text{Günlük çalışma saati} \times \text{çalışan dekantör sayısı}} \quad (3.83)$$

$$\text{Bir dekantör için gereken kapasite, } Q_D = \frac{84.25 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}}{8 \text{ sa} \times 1} = 10.53 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Dekantör katı yakalama verimi = %95

$$\text{Çamur miktarı} = \text{Çöktürmeden alınan çamur} \times \text{dekantör katı yakalama verimi} \quad (3.84)$$

$$\text{Çamur miktarı} = 771.11 \times 0.95 = 732.55 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

Seçilen çamur keki konsantrasyonu, $\theta_K = \%22$

$$\text{Çamur keki yoğunluğu, } \rho_K = 1040 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Çamur keki miktarı} = \frac{P_{SL}}{\theta_K \times \rho_K} \quad (3.85)$$

$$\text{Çamur keki miktarı} = \frac{732.55 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}}{0.22 \times 1040 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 3.20 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$Q_F = Q_{SL} - Q_K \quad (3.86)$ $Q_F = 84.25 \frac{m^3}{gün} - 3.20 \frac{m^3}{gün} = 81.05 \frac{m^3}{gün}$
2047 yılı için:
<p>Çöktürme Tankından Gelen Çamur Katı Madde Miktarı, $\theta_{SL} = \%0.88$</p> <p>Ağırlık, $P_{SL} = 933.13 \frac{kg}{m^3}$</p> <p>Hacim, $Q_{SL} = \text{Katı madde miktarı Yoğunluk} \times \% \text{ Katı madde} \quad (3.87)$</p> <p>Hacim, $Q_{SL} = 933.13 \frac{kg}{gün} \times 0.0088 = 101.96 \frac{m^3}{gün}$</p> $Q_D = \frac{Q_{SL}}{\text{Günlük çalışma saati} \times \text{çalışan dekantör sayısı}} \quad (3.88)$ <p>Bir dekantör için gereken kapasitede = $\frac{101.96 \frac{m^3}{gün}}{8 \text{ sa} \times 1} = 12.75 \frac{m^3}{sa}$</p> <p>Bir dekantör için seçilen kapasite = $15 \frac{m^3}{sa}$</p> <p>Dekantör katı yakalama verimi = $\%95$</p> <p>Çamur miktarı = Çöktürmeden alınan çamur x dekantör katı yakalama verimi (3.89)</p> <p>Çamur miktarı = $933.13 \times 0.95 = 886.47 \frac{kg}{gün}$</p> <p>Seçilen çamur keki konsantrasyonu, $\theta_K = \%22$</p> <p>Çamur keki yoğunluğu, $\rho_K = 1040 \frac{kg}{m^3}$</p> $\text{Çamur keki miktarı} = \frac{P_{SL}}{\theta_K \times \rho_K} \quad (3.90)$ <p>Çamur keki miktarı = $\frac{886.47 \frac{kg}{gün}}{0.22 \times 1040 \frac{kg}{m^3}} = 3.87 \frac{m^3}{gün}$</p> $\text{Süzüntü suyu miktarı, } Q_F = Q_{SL} - Q_K \quad (3.91)$ <p>$Q_F = 10.96 \frac{m^3}{gün} - 3.87 \frac{m^3}{gün} = 98.09 \frac{m^3}{gün}$</p>
2032 yılı için:

Besleme pompaları 1 asıl ve 1 yedek olmak üzere toplamda 2 adet tasarlanmıştır.

Gerekli pompa kapasitesi (Q_p) = Bir dekantör için gereken kapasite (Q_D)

$$\text{Gerekli pompa kapasitesi } (Q_p) = 10.53 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

2047 yılı için:

Besleme pompaları 1 asıl ve 1 yedek olmak üzere toplamda 2 adet tasarlanmıştır.

Gerekli pompa kapasitesi (Q_p) = Bir dekantör için gereken kapasite (Q_D)

$$\text{Gerekli pompa kapasitesi } (Q_p) = 12.75 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Seçilen pompa kapasitesi} = 15 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

2032 yılı için:

Besleme pompaları 1 asıl ve 1 yedek olmak üzere toplamda 2 adet tasarlanmıştır.

$$\text{Dekantörden gelen süzüntü suyu debisi } (Q_D) = 10.53 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Saatlik kapasite} = 10.53 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

2047 yılı için:

Besleme pompaları 1 asıl ve 1 yedek olmak üzere toplamda 2 adet tasarlanmıştır.

$$\text{Dekantörden gelen süzüntü suyu debisi } (Q_D) = 12.75 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Saatlik kapasite} = 12.75 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Seçilen pompa kapasitesi} = 15 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

Tablo 3.13. Çamur Susuzlaştırma Tasarım Kriterleri

Tasarım kriterleri	Birimler	2032	2047
Çöktürmeden gelen çamur için			
Katı madde miktarı, (θ_{SL})	yüzde (%)	0.88	0.88
Ağırlıkça, (P_{SL})	kg/gün	771.11	933.13
Hacimce, (Q_{SL})	m ³ /gün	84.25	101.96
Günlük çalışma saati	saat	8	8
Haftalık çalışma süresi	gün	6	6
Dekantör için gereken kapasite, ($Q_D = Q_{SL} / (N \times t_2)$)	m ³ /sa	10.53	12.75
Toplam dekantör sayısı	Adet	2	2
Dekantör katı yakalama verimi	yüzde (%)	95	95
Çamur miktarı	kg/gün	732.55	886.47
Seçilen çamur keki katı madde konsantrasyonu	yüzde (%)	22	22
Çamur keki yoğunluğu (ρ_K)	kg/gün	1040	1040
Çamur keki miktarı, ($Q_K = P_{SL} / (\theta_K \times \rho_K)$)	m ³ /gün	3.20	3.87
Süzüntü suyu miktarı	m ³ /gün	81.05	98.09
Besleme pompa sayısı	Adet	1	1
Çalışma saati	sa/gün	8	8
Gerekli pompa kapasitesi, (Q_P)	m ³ /sa	10.53	12.75
Seçilen pompa kapasitesi	m ³ /sa	15	15
Dekantöre gelen süzüntü suyu debisi	m ³ /gün	81.05	98.09
Pompa kapasitesi	m ³ /sa	15	15

3.2.8. Dezenfeksiyon Ünitesi

Suyun dezenfeksiyonu için gerekli sıvılaştırılmış klor tanklarının depolandığı bir bina planlanmıştır. Klorlama ile arıtılmış su, deşarj edilmeden önce dezenfeksiyon işleminden geçmektedir. Klor, sodyum hipoklorit çözeltisi olarak temin edilmektedir. Sodyum hipoklorit çözeltisi standart boyutlardaki 4 adet 60 L varillerde depolanmaktadır. Arıtılmış suyun dereye deşarjı esnasında boruda geçen süre yaklaşık 5 dakikadır. Maksimum debide, dezenfeksiyona tanınan süre toplamda 15.49 dakikadır.



Şekil 3.19. Klor Binası ve Klor Temas Tankı (Kavak Atık Su Arıtma Tesisi)

$$\text{Tesis debisi (Q)} = 7000 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} = 291.67 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}}$$

$$\text{Klor dozajı (c)} = 5 \text{ mg/L}$$

$$\text{Günlük klor dozajı} = Q \times c \quad (3.92)$$

$$\text{Günlük klor dozajı} = 291.67 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}} = 35 \frac{\text{kg}}{\text{gün}}$$

1 asıl 1 yedek olmak üzere toplamda 2 adet pompa tasarlanmıştır.

$$\text{Günlük dozaj} = 35 \frac{\text{L}}{\text{gün}} = 1.46 \frac{\text{L}}{\text{sa}}$$

$$\text{Operasyondaki pompa sayısı} = 1$$

$$\text{Gerekli pompa kapasitesi} = 1.46 \frac{\text{L}}{\text{sa}}$$

$$\text{Tank sayısı} = 1$$

$$\text{Tank uzunluğu (L)} = 10.0 \text{ m}$$

$$\text{Tank genişliği (B)} = 2.15 \text{ m}$$

Su derinliği (H) = 3.0 m

Perdeler arası açıklık (a) = 0.25 m

Perdeden su dönüş açıklığı (w) = 1.0 m

Piston akımı sağlayabilmek için w/L oranı 1.40 olarak seçilmiştir.

$$W/L = 0.25 / 10 = 1/40$$

Perde sayısı (n) = 2

Perde genişliği (w) = 0.25 m

$$\text{Perde uzunluğu (l)} = \text{Tank uzunluğu} - \text{Perdeden su dönüş açıklığı} \quad (3.93)$$

$$\text{Perde uzunluğu (l)} = 10 - 1 = 9.0 \text{ m}$$

$$V = \text{Seçilen boyutlara göre tankın net hacmi} = (B \times L \times H) - (n \times w \times l \times H) \quad (3.94)$$

$$V = (2.15 \times 10 \times 3) - (2 \times 0.25 \times 9 \times 3) = 51 \text{ m}^3$$

$$\text{Bekletme süresi (t)} = V / Q \quad (3.95)$$

$$\text{Bekletme süresi (t)} = 51 \text{ m}^3 / 291.67 \frac{\text{m}^3}{\text{sa}} = 10.49 \text{ dk}$$

Tablo 3.14. Klor Temas Tankı Tasarım Kriterleri

	Birimler	Değer
Tesis debisi	m ³ /sa	291.67
Toplam tank Sayısı	ad	1
Bekleme süresi	dk	10.49
Seçilen boyutlara göre her bir bölmenin net hacmi	m ³	51
Seçilen boyutlara göre bekletme süresi	dk	10.49

3.3. Deneysel Çalışmanın Planlanması

Analizlere göre Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Atık su Arıtma Tesisleri Teknik Prosedürler Tebliği'nde belirtilen değerleri baz alınmıştır. Belirlenen değerler Kavak atık su arıtma ünitesinin laboratuvarında oluşan verilerdir. Veri değerlendirmesinin güvenilirliğini korumak için analizlerin aynı anda olması sağlanmıştır. Deşarj standartları Türkiye'de atık su arıtımında “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” ve “Atık su Arıtma Tesisleri Teknik Prosedür Tebliği” temelleri baz alınmaktadır. Alıcı ortama deşarj edilen evsel atık suların standart değerleri Tablo 3.15'te sunulmuştur.

Tablo 3.15. Evsel Nitelikli Atık suların Alıcı Ortamlara Deşarj Standartları

Parametre	Birim	Kompozit numune 2 saatlik	Kompozit numune 24 saatlik
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅)	mg/L	50	45
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	mg/L	180	120
Askıda katı madde (AKM)	mg/L	70	45
pH	-	6-9	6-9
Sınıf 1: Kirlilik yükü ham BOİ olarak 5-60 kg/gün arasında, Nüfus = 84-1000			
Parametre	Birim	Kompozit numune 2 saatlik	Kompozit numune 24 saatlik
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅)	mg/L	50	45
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	mg/L	160	110
Askıda katı madde (AKM)	mg/L	60	30
pH	-	6-9	6-9
Sınıf 2: Kirlilik yükü ham BOİ olarak 60-600 kg/gün arasında, Nüfus = 1000-10000			
Parametre	Birim	Kompozit numune 2 saatlik	Kompozit numune 24 saatlik
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅)	mg/L	50	45
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	mg/L	140	100
Askıda katı madde (AKM)	mg/L	45	30
pH	-	6-9	6-9
Sınıf 3: Kirlilik yükü ham BOİ olarak 600-6000 kg/gün' arasında, Nüfus = 10000-100000			
Parametre	Birim	Kompozit numune 2 saatlik	Kompozit numune 24 saatlik
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅)	mg/L	40	35
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)	mg/L	120	90
Askıda katı madde (AKM)	mg/L	40	25
pH	-	6-9	6-9
Sınıf 4: Kirlilik yükü ham BOİ olarak 6000 kg/gün'den büyük, Nüfus > 100000			

Tablo 3.16. Evsel Nitelikli Atık sular için Çıkış Suyu Kalite Sınıfları

Su kalite parametre / Su kalite sınıfları	1	2	3	4
Sıcaklık	25	25	30	> 30
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
Askıda katı madde (AKM)(mg/L)	4	10	25	> 25
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ)(mg/L)	25	50	70	> 70
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅)	4	8	20	> 20

Tablo 3.15'te görüldüğü gibi, kalite sınıflarına göre atık su kullanım alanları; yüksek kalite için 1. Sınıf; içilebilirliği yüksek su, yüzme gibi vücutla temas etmesi gereken aktiviteler için kullanılan su, besicilik suyu, hafif kirli su tip 2; günlük yaşam suyu potansiyeline sahip su ve sulama suyu kalite standartlarını karşılayacak sulama

suyu, tip 3 kirli su; gıda ve tekstil gibi nitelikli su tesisleri hariç; uygun arıtmadan sonra yetiştiricilik için kullanılan su, aşırı derecede kirli su tipi 4 adettir. Kalite parametreleri düşük olan ve ancak iyileştirildikten sonra daha yüksek kalite derecesine ulaşabilen su olarak tanımlanır.

Kavak AAT alınan örnekler için altı ay boyunca alınan numunelerin kimyasal oksijen ihtiyacı, biyokimyasal oksijen İhtiyacı, toplam fosfor, toplam kjeldahl azotu, askıda katı madde, ÇHİ, biyokütle ölçümleri yapılmıştır. Analizler boyunca çıkış suyu niteliğine göre arıtma işlemleri değerlendirilmiştir. Kavak atık su arıtma tesisinde pH, AKM, TN, TP, KOİ ve BOİ₅ giderim verimleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında işletme ve tasarım parametreleri karşılaştırılmıştır.

3.3.1. Çökelme Hızı Testi

Çamurun çökelme özelliği hakkında bilgi veren çamur hacim indeksi 1 gr çamurun kapladığı hacimdir. Çamurun çökebilme kabiliyeti hakkında fikir veren çamur hacim indeksi (ÇHİ) şişkin çamur ve iğne uçlu flok gibi işletme problemlerinin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Bu testte, havalandırma havuzundan alınan tam karışımli sıvının 30 dakika bekleme süresi sonunda Imhoff konisinde çöken hacmi (mL) ile bu hacmin havalandırma havuzundaki KSAKM (Karışık Sıvı Askıda Katı Madde) konsantrasyonuna bölünerek ÇHİ hesaplanmıştır..

Bu çalışmanın test edilmesinde havuzların çıkışından çamur örneği alınıp, ham (seyreltilmemiş) örneklerle beraber %50, %40, %20 oranlarında seyreltilmiş numuneler kullanılmıştır. İlk olarak örnekler karıştırılmış ve Imhoff hunilerine ilave edilerek çökmesi izlenmiştir. 0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30. dakikalar dikkate alınarak çamur hacmi hesaplanmıştır. Çamurun çökelme hızı, zamanın bir fonksiyonu olarak çökeldiği mesafeden hesaplanır. Deney sırasında çekilen fotoğraflar Şekil 3.17, Şekil 3.18 ve Şekil 3.19'da gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Çamur çökelme hızı ölçümü (24.03.2022)



Şekil 3.21. Çamur çökelme hızı ölçümü (31.03.2022)



Şekil 3.22. Çamur çökeltme hızı ölçümü (7.04.2022)

3.3.2. Optik yoğunluk Analizi

Mikroorganizma derişimi spektrofotometrik olarak tayin edilir. En uygun dalga boyu olarak seçilen 405 nm’de mikroorganizma içermeyen besin ortamı ile blank ayarı yapıldıktan sonra arıtma tesisinden alınan giriş, havalandırma ve çıkış numunelerinin uygun oranda seyreltilerek absorbansları belirlenmiştir.

3.3.3. AKM Hesabı

Deneyin prensibi, etüvde kurutarak oluşan nem kaybını belirlemek ve bunu yüzde (%) olarak hesaplamaktır. Boş beherin darası alınır. Çamur numunesi behere eklenip darası alınır ve 105 °C’de 1 saat kurutulur. Etüvden çıkartılan beher 15 dakika desikatörde bekletilir ve beherin darası alınır.

Kap darası, $m_1 = 56.337$ g

Kap + numune, $m_2 = 72.408$ g

Kap + numune + etüv + desikatör, $m_3 = 67.503$ g

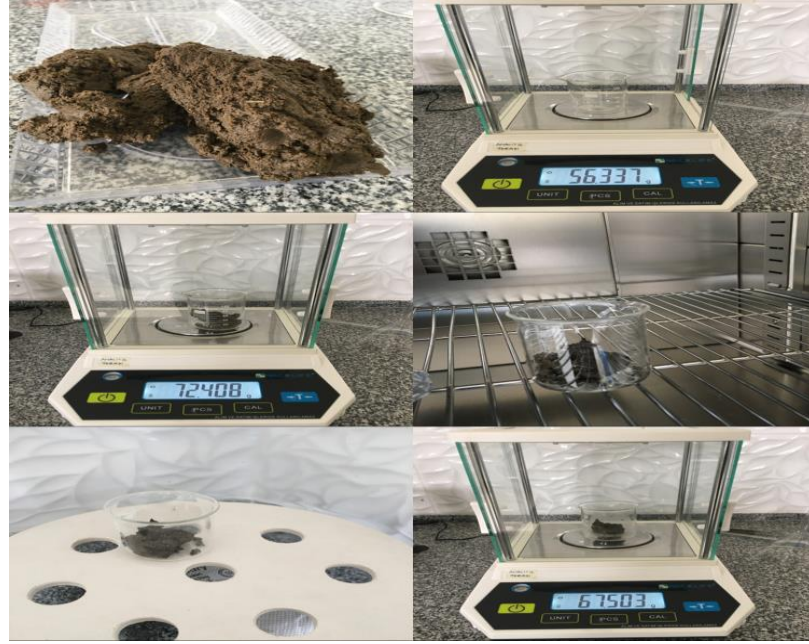
$$\text{Yaş ağırlığı, } a = m_2 - m_1 \quad (3.96)$$

Yaş ağırlığı, $a = 16.071$ g

$$\text{Kuru ağırlığı, } b = m_3 - m_1$$

(3.96)

Kuru ağırlığı, $b = 11.166 \text{ g}$



Şekil 3.23. Kuru Madde (%) Muhtevası ve Nem (%) Tayini

3.4. Kimyasal Analizler

3.4.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini

BOİ, aerobik bakteriler tarafından belirli bir süre (5 gün) ve belirli bir sıcaklıkta (20°C) parçalanan organik madde için tüketilen oksijen miktarıdır. BOİ, suyun kirletici yükünün genel bir göstergesidir. Analiz için gerekli reaktifler; Fosfat tamponu, magnezyum sülfat solüsyonu, kalsiyum klorür solüsyonu, ferrik klorür solüsyonu, sodyum hidroksit, sülfürik asit, nitrifikasyon inhibitörü, sodyum sülfat solüsyonu, glukoz-glutamik asit solüsyonu, asit ve baz solüsyonu, asit solüsyonudur.

Yeterince damıtık ya da deiyonize su, doygunluğa ulaşıncaya kadar havalandırılır. Kullanılacağı sırada seyreltme suyu sıcaklığı $20 \pm 3^\circ\text{C}$ ve çözülmüş oksijen konsantrasyonu 7.5 mg/L'den fazla olacağı gibi hazırlanmıştır. MgSO_4 (Magnezyum sülfat), CaCl_2 (Kalsiyum klorür), FeCl_3 (Demir(III) klorür), fosfat tampon çözeltilerinin her birinden belirli miktarlarda alınarak seyreltme suyuna eklenip çalkalanmıştır. Aşı için seyreltme suyuna eklenip çalkalanmaktadır. Aşı için seyreltme oranına göre numune ve nitrifikasyon inhibitörü eklenir. 1 L'ye tamamlandıktan sonra BOİ şişelerine doldurulur. Şişelerden birine 30 dakika içerisinde çözülmüş oksijen tayini yapılır. Diğer 2 şişe 5 gün sonra tayini yapılmak üzere inkübatöre alınır.

3.4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini

Analiz için numune H₂SO₄ (Sülfürik asit) kullanılarak pH ≤ 2’de, 4°C’de buzdolabında saklanmıştır. Kullanılan kimyasallar ve reaktifler; standart potasyum dikromat parçalama çözeltisi, sülfürik asit reaktifi, ferroin indikatörü çözeltisi, standart demir amonyum sülfat ve sülfürik asit çözeltisidir.

Analiz başlangıcında tüpler H₂SO₄ çözeltisi ile çalkalanır. Numuneden belirli miktarda alınarak tüplere konulduktan sonra şahit için saf su kullanılır. Üzerine belirli miktarda potasyum dikromat çözeltisi ilave edilir. Sülfürik asit reaktifi ilave edilip tüplerin kapağı sıkıca kapatılır. Tüpler 150°C de termoreaktöre konulur. Beklenen süre sonunda termoreaktörden çıkarılır ve soğumaya alınır. Tüpler beherlere boşaltıldıktan sonra titrasyon işlemi için ferroin indikatörü damlatılarak DAS titrantı ile titre edilir. Titrasyon mavi-yeşilden, kırmızımsı-kahveye dönene kadar sürdürülür. Sarfiyat not edilir.

3.4.3. Askıda Katı Madde Analizi

Askıda katı madde; çözülmüş katılar, belirli şartlar altında 2 µm veya daha az gözenek çaplı filtreden geçebilen maddelerdir. Filtre üzerinde kalan kısım askıda katı maddeyi ifade eder. Bu analizde numune buzdolabında saklanır ve analiz öncesinde oda sıcaklığına getirilir.

Analiz başlangıcında filtre kağıdının ilk tartımı alınır. Numune iyice çalkalanır filtre kağıdının üzerine dökülür. Vakumlama işlemi tüm numuneyi alıp filtre kağıdı kuruyana kadar gerçekleştirilir. Kullanılan numune hacmi not alınır. Filtre kağıdı pens ile alındıktan sonra filtre 103-105°C’ye ayarlanmış olan etüve kuruması için atılır. Etüvde kurutulan filtre desikatörde belirli bir süre bekletilip tartıma alınır. Tartım yapılır sonucu kaydedilir.

3.4.4. Toplam Fosfor Tayini

Ortofosfat analizlerinde, polifosfatların analiz üzerindeki girişimleri önemsizdir ve ortofosfatlar yeterli derecede bir hassasiyet ile ölçülebilmektedir.

Bu analizde askorbik asit yöntemi ile tayin yapılır. Asit ortamında amonyum molibdat ve antimon potasyumun etkisiyle ortofosfatlar fosfomolibdik aside dönüşür. Renk askorbik asit tarafından molibden mavimsi halini alır. 50 mL numuneler

erlenlere alınır ve fenolftalein indikatörü eklenir. Kırmızı renk oluşunca H₂SO₄ çözeltisi ilave edilir. Karışım reaktiflerinden eklenir ve karıştırılır. 10-30 dk arasında olmak üzere her örneğin absorbansı 880 nm dalga boyunca ölçülür.

3.4.5. Toplam Azot Tayini

En geçerli sonuçlar numunenin derhal analizlendiği durumlarda elde edilir. Numune hemen analizlenmeyecek ise derişik H₂SO₄ ile pH 1.5-2.0 yapılarak +4 °C'de saklanır. Numune analiz öncesi pH = 7.0'ye nötrale edilir

Tablo 3.17. Organik azot içeriğine göre numune hacmi seçimi

Organik N (mg/L)	Örnek Boyutu (mL)
0-1	500
1-10	250
10-20	100
20-50	50.0
50-100	25.0

Distilasyon balonuna Tablo 3.17'den yararlanarak organik azot içeriğine karşın örnek boyutu seçilerek numune hacmi belirlenir. Üzerine 8 mL H₂SO₄ ve 1 adet Kjeldahl tableti (K₂SO₄ + CuSO₄ + 5H₂O-TiO₂) atılarak digestion setine yerleştirilir. Ve 10- 20 mL kalana kadar kaynatılır. Digestion işlemi Velp DK 6 cihazıyla yapıldığı için bu cihazda organik azotun amonyak azotuna çevirmek için 4 kademeli yakma planlanmıştır bu planlanan yakma işlemi Tablo 3.18'de verilmiştir.

Tablo 3.18. Yakma Sistemi İçin Yapılan Program

°C (derece)	150	200	370	420
T (dakika)	20	60	60	30

Bol beyaz dumanlar (SO₃ buharları) gözlenir. (organik maddenin yoğun olması halinde dumanlar koyu renktedir). Digestion işlemi yaklaşık 3 saat sürer. Bu işlem devam ederken renkli veya bulanık numunesinin rengi çimen yeşili rengini alır. Soğutulur, balon distilasyon düzeneğine bağlanır ve distilasyon cihazında oluşturulan metot ile 50 mL'ye seyreltilmesi ve digestion ünitesinde amonyak azotu haline getirilen organik azot, tamamen serbest hale getirebilmek için alkali ortamın sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle stokiyometrik hesaplar yapıldığında 8 mL

konsantre sülfürik asit için %32'lik sodyum hidroksit çözeltisinden 50 mL ilave edilmektedir. Böylece amonyak destilasyonu yüksek alkali bir ortamda sağlanabilecektir. Oluşan destilatın %4'lük borik asit içerisine toplanır ve daha sonra bilinen bir asit çözeltisi (0.1 N'lik HCl) ile alkalilik (amonyak) doğrudan titre edilir. Aynı şekilde belirli hacimde saf su ile blank çözeltisi hazırlanarak digestion, destilasyon ve titrasyon işlemleri uygulanır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Kavak (Samsun) Atık su arıtma tesisi debi (Q_{ort}) performansları incelenmiş ve proje yılı ile karşılaştırılmıştır. Ölçülen değerlerle proje yılları arasındaki değerler belirlenmiş, giriş-çıkış debi performansları kendi arasında karşılaştırılmış, ayrıca debinin belirlenmesinde giriş parametrelerinin etkinliği irdelenmiştir. Debinin belirlenmesinde elektromanyetik debimetre oldukça başarılı olduğu, performanslarının proje değerlerinden düşük olduğu görülmüştür. Debi tahmininde seviye ölçümlerinin tek başına yeterli sonuç verdiği, diğer proje giriş verileriyle beraber ise giriş suyunun tahmininden az geldiği görülmüştür. Bununla birlikte kapasitesinin altında gelen atık su için havalandırma havuzlarının ikisinin çalışması ikisinin boşaltılması kararı verilmiştir.

Tablo 4.1. Kavak AAT Aylık Ortalama Debi, Sıcaklık Değerleri (2021)

Aylar	Giriş debi (Q_{ort})	Çıkış debi (Q_{ort})	Sıcaklık ($^{\circ}C_{ort}$)
Haziran	1334,4	1503,3	29,5
Temmuz	1323,6	1392,2	30,5
Ağustos	1214,7	1220,5	29,9
Eylül	1032,2	1492,1	19,4
Ekim	1568,1	1643,0	19,5
Kasım	1863,03	1759,1	18,6

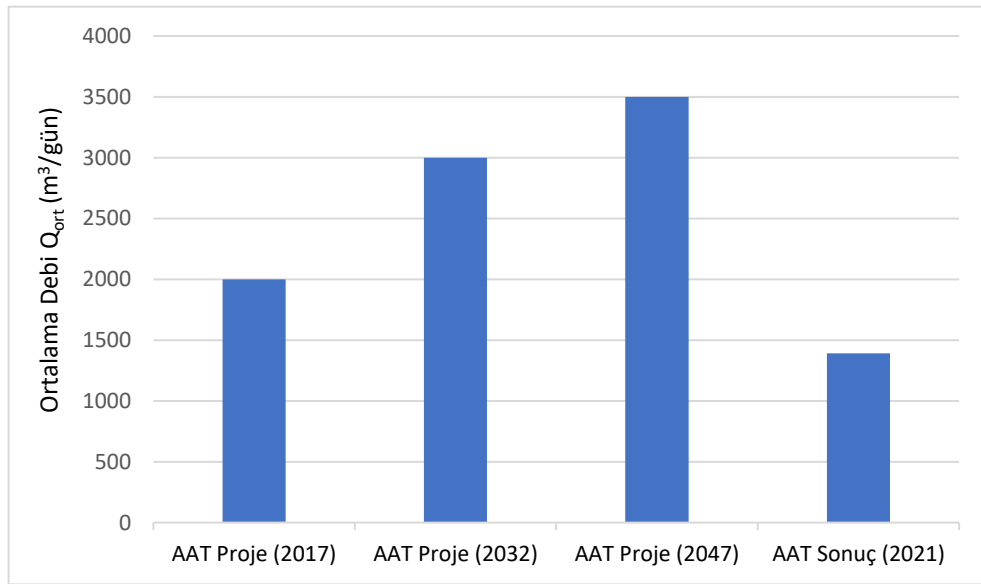
Kavak İlçesi Merkez Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi tasarımı için debi hesabı; kanalizasyon şebekesi tamamlanmış ve arıtma tesisine gelen debinin ana kaynağını oluşturan merkez mahalleler; gelecek yıllar içerisinde kanalizasyon şebekesinin hizmet vermeye başlayacağı öngörülen mahalleler; kanalizasyon şebekesine doğrudan bağlantısı bulunmayan mahalleler ve ferdi fosseptik kullanan mahallelerin nüfusuna göre ve atık su arıtma tesisine atık suyunu gönderecek diğer debi kaynakları olmak üzere 5 gruba ayrılmıştır. Fosseptik kullanan mahallelerdeki fosseptiklerin sızdırmaz

olmaması nedeniyle atık suyun büyük bir bölümü toprağa sızma yapacağı dolayısıyla, hesaplanan toplam debinin %50'sinin vidanjörlerle toplanıp kanalizasyon hattından sisteme katılıp tesise geleceği kabul edilmiştir.

Tablo 4.2. Tesis Boyutlandırılmasında Kullanılan Debiler

Yıllar	Tasarım debisi Q_h (m^3 /gün)	Ortalama debi Q_{24} (m^3 /gün)	Minimum debi Q_{min} (m^3 /gün)	Maksimum debi Q_{max} (m^3 /gün)
2017	3500	2000	1500	4500
2032	4500	3000	2000	6000
2047	6000	3500	2500	7000

Kavak Merkez Atık su Arıtma Tesisi 2032 ve 2047 yılları projeksiyonlarına göre ortalama debileri 2032 için 3.000 m^3 /gün, 2047 için 3.500 m^3 /gün olarak belirlenmiştir. Tesis projelendirmesinde havuz boyutlandırmaları, her iki yıl dikkate alınarak kademeli artışa göre planlanmıştır.



Şekil 4.1. Kavak AAT 2021 Yılı Ortalama Debi ile Proje Yıllarının Karşılaştırılması

Bu çalışmada Kavak atık su arıtma tesisine ait proje verileri ile işletme verileri değerlendirilmiştir. Bu amaçla proje verileri ve hesaplamalar detaylı olarak incelenmiştir. İşletme verilerini de BOİ₅, KOİ, AKM, TP ve TN analizleri yapılarak izlenmiştir. İşletme ve proje koşulları değerlendirmek için BOİ₅, KOİ, AKM, TP ve TN analiz sonuçları Şekil 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Atık su analizleri standart metodlara göre yapılmıştır (APHA, AWWA, 2007).

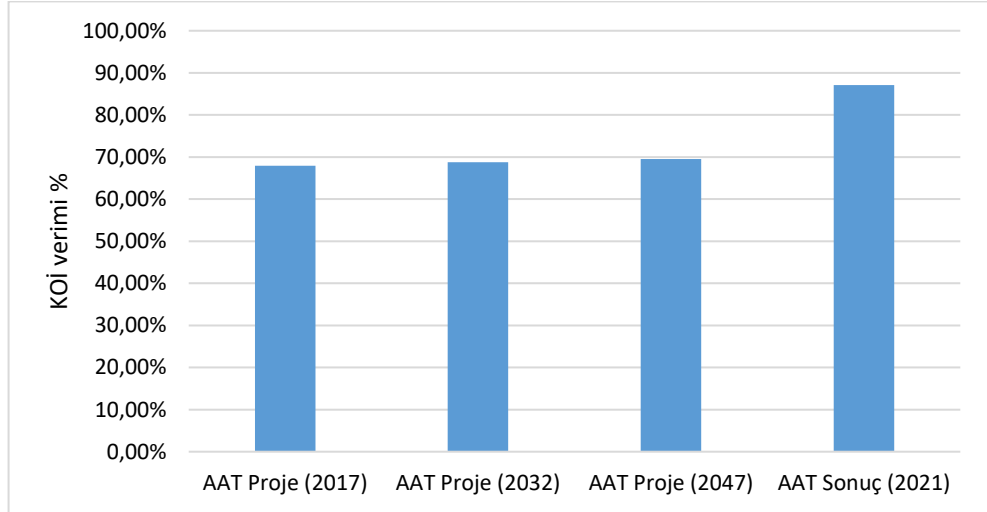
Tablo 4.3. Kavak (Samsun) İşletme AAT Arıtım Verimi

Aylar/Parametreler	KOI	KOI	BOI	BOI	AKM	AKM	TP	TP	TN	TN
	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ
Haziran	296	<40	127	<20	108,7	<4	2,6	1,47	29,2	12,9
Temmuz	304	<40	127,5	<20	389,4	<4	3,14	0,17	80,9	10,7
Ağustos	256	<40	106,5	<20	79,97	3,18	2,74	3,18	51,1	21,9
Eylül	200	<40	86,5	<20	214,5	<4	2,71	1,85	64,1	5,1
Ekim	336	<40	136,8	<20	97,5	<4	2,49	0,07	67,6	12,9
Kasım	432	40	176,9	<20	168,8	<4	1,87	0,16	74,7	8,47
Sınır değer⁽¹⁾		125		25		35		2		5
Toplam	1824	235	761,2	114	1059	27,68	15,55	6,9	368	71,9
Verim %		%87,1		%85,0		%97,4		%55,6		%80,4

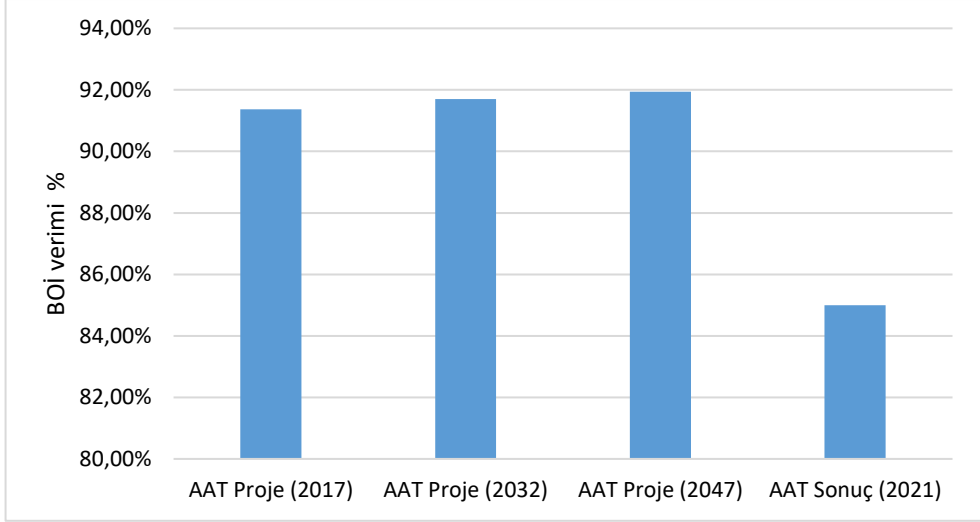
(1) İşaretili sınır değerler için KAAY Tablo 1-2'de "Anlık" sınır değer bulunmamaktadır.

Tablo 4.4. Kavak AAT Proje Arıtım Verimi

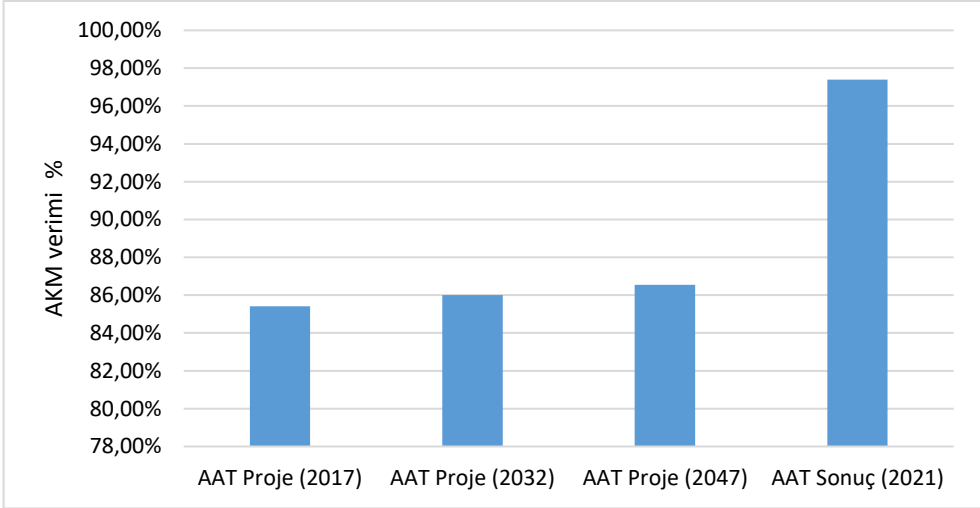
Parametre/ Proje yılı	KOI	KOI	BOI	BOI	AKM	AKM	TP	TP	TN	TN
	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ	GİRİŞ	ÇIKIŞ
2017	390	125	290	25	240	35	7,4	2	40	15
2032	400	125	300	25	250	35	7,3	2	42	15
2047	410	125	310	25	260	35	7,3	2	45	15
Toplam	1200	375	900	75	750	105	22	6	127	45
Verim		% 69,1		%92,0		%86,0		%72,1		%65,4



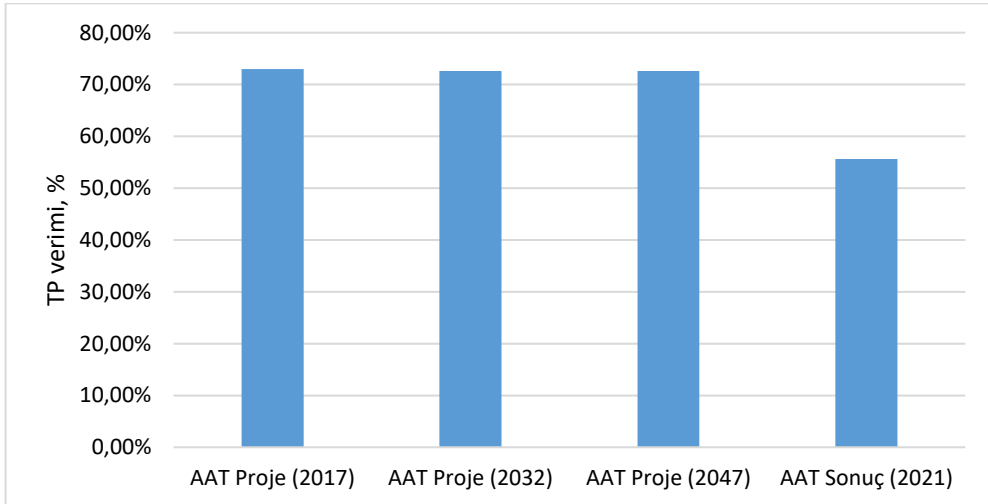
Şekil 4.2. Kavak AAT KOİ Değerlerinin Proje ile Karşılaştırılması



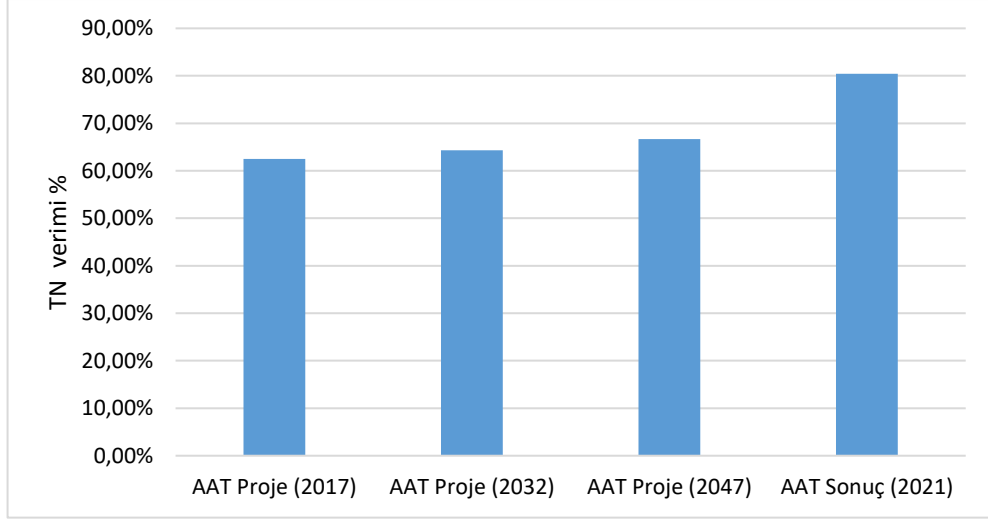
Şekil 4.3. Kavak AAT BOİ Değerlerinin Proje ile Karşılaştırılması



Şekil 4.4. Kavak AAT AKM Değerlerinin Proje ile Karşılaştırılması



Şekil 4.5. Kavak AAT Aylık TP Değerlerinin Proje ile Karşılaştırılması



Şekil 4.6. Kavak AAT TN Değerlerinin Proje ile Karşılaştırılması

Kirlilik yüklerinden hesaplanan atık su miktarı ve karakterinin kontrol edilebilmesi için, yaz ve kış ayları ile kurak hava şartlarını temsil edecek debi ölçümü ve 24 saatlik karakterizasyonlar yapılmıştır. Bu karakterizasyonda Haziran ayı işletmeye başlatılan Kavak (Samsun) Atık su Arıtma Tesisinde ilk altı ay KOI, BOİ₅, AKM, TN, TP parametreleri izlenmiştir. Tesis için 6 ay boyunca analizleri yapılan arıtılmış atık suyun BOİ₅, KOI ve AKM değerleri zamana göre farklılıklar göstermiş ve standartlara göre uygun olduğu görülmüştür (APHA, AWWA, 2007). TP ve TN değerleri arıtma tesisinin randımanına göre oldukça fazla değişiklik göstermiştir. Ağustos ayında tesisteki çamur alınamaması gibi birtakım aksaklıklar parametrelerin yüksek seyretmesine neden olmuştur.

Tesiste elde edilen işletme verilerine göre giderim verimleri % 87,1 KOI, % 85,0 BOİ₅, %97,4 AKM, %55,6 TP, %80,4 TN olarak sıralanmıştır. Proje verileri ile karşılaştırıldığında işletme koşullarında atık suda KOI, AKM, TN giderim verimi sonuçlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, BOİ₅ ve TP giderimi söz konusu olduğunda işletme verimliliğinin proje verimine göre oldukça düşük olduğu sonuçları elde edilmiştir.

Bu çalışmada çamur hacim indeksi ve sistemin çökelme performansının değerlendirilmiştir. Numuneler farklı tarihlerinde Kavak (Samsun) atık su tesisinden alınmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda çamur battaniye seviyesi-zaman grafikleri Şekil 3.26, Şekil 3.27 ve Şekil 3.28' da belirtilmiştir. Çamur battaniye seviyesi-zaman eğrilerinde görülen ilk dakikalardaki azalması ilgili konsantrasyondaki sabit çökelme hızını göstermektedir.

Tablo 4.5. Çamur Hacim İndeksi (mL/g) Ölçüm Sonuçları (2021)

Tarih	KSAKM (mg/lt)	30 dakika sonunda çamur hacmi (mL/L)	Çamur hacim indeksi (mL/g)
15.06.2021	5900	140	24
13.07.2021	6140	360	59
10.08.2021	7450	580	78
7.09.2021	6956	590	84
12.10.2021	7554	610	81
15.11.2021	7456	620	83

Tablo 4.6. Çamur Hacim İndeksi (mL/g) Ölçüm Sonuçları (03.2022)

Tarih	KSAKM (mg/lt)	30 dakika sonunda çamur hacmi (mL/g)	Çamur hacim indeksi (mL/g)
17.03.2022	5000	60	12
24.03.2022	2500	20	8
31.03.2022	2520	165	65

Bu çalışmada veriler incelendiğinde 2021 yılında 50 mL/g değerinin altında görülen Haziran ayında tesisin iğne uçlu flok sorunuyla karşı karşıya kaldığı diğer aylarda ise henüz bu değeri aşan bir ölçümün olmadığı gözlenmiştir (Şekil 4.7, Şekil 4.8). Çökeltme hesabı açısından büyük bir sorun teşkil etmediğinin belirtisidir. Fakat hava koşullarına bağımlı olarak 2022 kış aylarından bahar aylarına geçişte değerlerin değişerek başlangıç işletim koşullarına dönmesi hızla köpük ve kabarma problemiyle yüz yüze gelmektedir. Biyolojik arıtma sistemlerinde kabarma ve köpük problemi oluşmasının pek çok nedeni olabilir. Filamentli mikroorganizmaların kontrolsüz çoğalmasına, flok yapıcı, serbest, askıda ve tutulu büyüme ve çoğalma gösteren diğer organizmaların ortadan kalkmasına veya aşırı çoğalmasına neden olabilir bununla birlikte atık su karakterizasyonu ve yapısı, nutrientlerin (azot ve fosfor) konsantrasyonu, çamur yaşı ve bekleme süresi, yağ ve gres miktarı, havalandırma havuzu içindeki çözülmüş oksijen değeri, sülfür konsantrasyonu, pH gibi parametrelerin kabarma ve köpük problemiyle karşı karşıya kalmasında önemli etkilere sahip olduğu vurgulanmıştır. Bu parametreler zaman zaman kontrol dışına çıkabilmekte ve hangi parametrelerin durumu tetiklediği tam olarak anlaşılammamaktadır (Bitton, 1994).

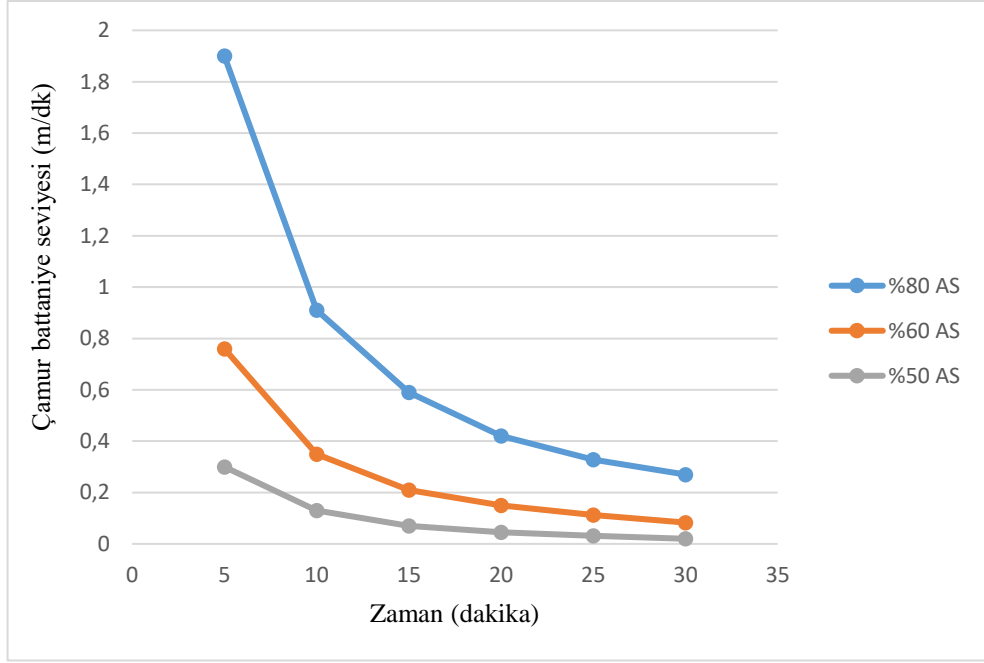


Şekil 4.7. Kavak (Samsun) AAT Köpük Oluşumu

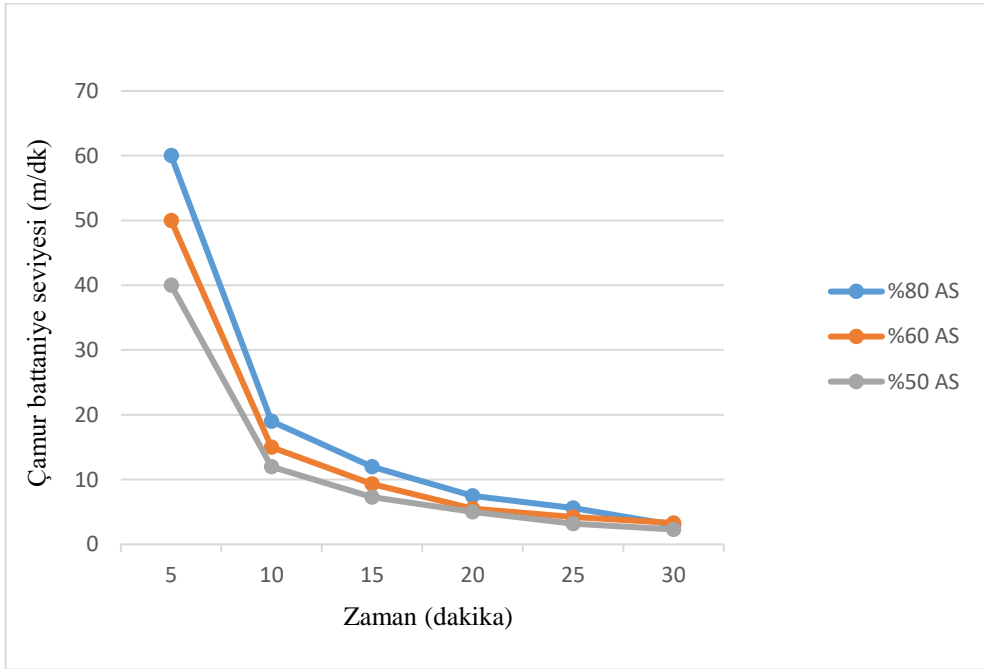


Şekil 4.8. Kavak (Samsun) AAT Kabarma Problemi

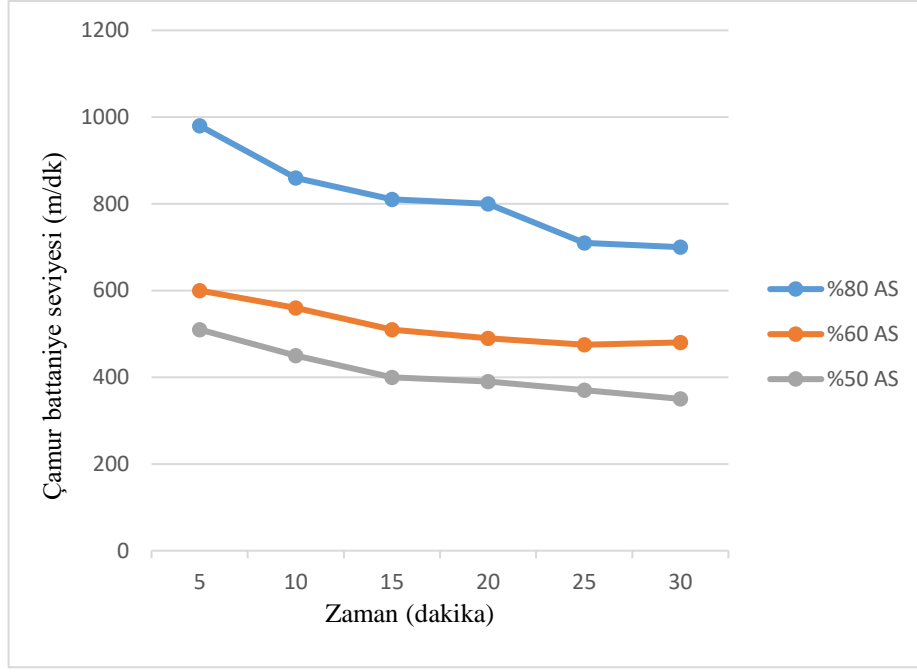
Numuneler 24.03.2022, 31.03.2022 ve 07.04.2022 tarihlerinde Kavak (Samsun) Atık su tesisinden alınmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda ayrı tarihlerde alınan 3 numunenin ham, %20 kat seyreltik, %40 kat seyreltik ve %50 seyreltik her konsantrasyonu için elde edilen çamur battaniye seviyesi-zaman grafikleri Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’ da belirtilmiştir. Çamur battaniye seviyesi-zaman eğrilerinde görülen ilk dakikalardaki azalma ilgili konsantrasyondaki sabit çökeltme hızını göstermektedir.



Şekil 4.9. Çökelme Hızı Testi Sonuçları (24.03.2021)



Şekil 4.10. Çökelme Hızı Testi Sonuçları (31.03.2021)



Şekil 4.11. Çökeltme Hızı Testi Sonuçları (07.04.2021)

KAAT başlangıç azalma safhasında ve devamındaki lineer kesim anlaşılır şekilde Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’ deki grafikte görülebilmektedir. Yapılan testlerde konsantrasyonu düşük numunelerin çökeltme hızı yavaş olup, yüksek konsantrasyonlu numuneler ise çökeltme hızı yüksek olmaktadır. Hız-konsantrasyon eğrileri üstel fonksiyon göstermektedir.

Ayrıca Takács Modeli atık su arıtım işletme şartlarında belirlenen analiz sonuçlarına uygulanmıştır. Eşitlik 2.9 kullanılarak KAAT için ortalama hız değerleri bulunmuştur (Tablo 4.12). Temel alınan örneğin ÇHİ Tablo 4.6’de görüldüğü üzere 65 mL/g bulunmuştur. Tablo 4.7’ de literatürde parametre hesaplanmasında 24.03.2021 tarihinde alınan atık su örneği sonucu kullanılmış olup toplam 67.80 V_o (m/sa) deneyin ÇHİ ile yapılan hesap sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.7. Çamur Çökeltme Hızı Testi

Tarih	Ort. Hız Değerleri (m/dk)
24.03.2021	0.75
	0.28
	0.10
	17.73
31.03.2022	14.55
	11.75
	796.70
7.04.2022	519.17
	411.70

Tablo 4.8. Literatürde Yer Alan Vesilind Parametrelerinin ÇHI Korelasyonları

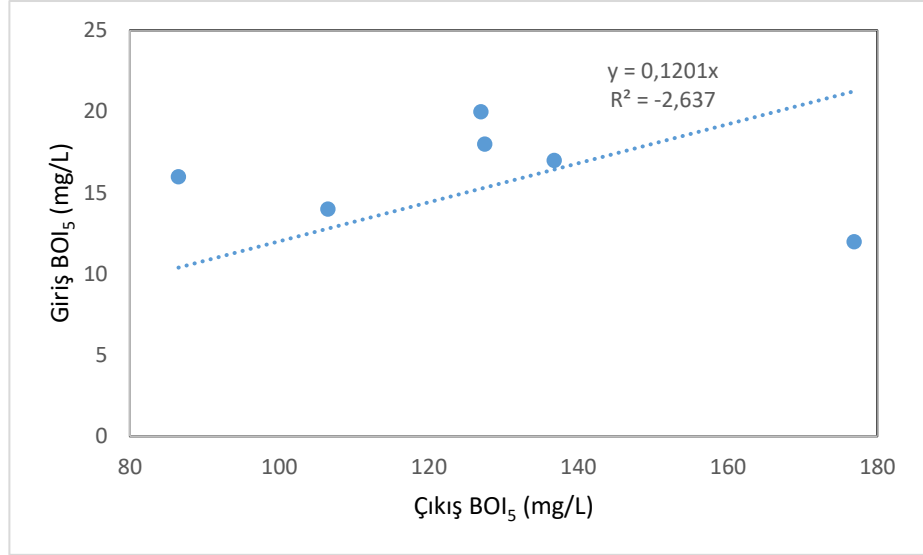
Referans Çalışma	ÇHI (mL/g) Aralığı	V ₀ (m/sa) Korelasyonu	K (m ³ /kg) Korelasyonu
Mines ve diğerleri	27-236	7.27	0.0281+0.00229ÇHI
Hartel ve Pöpel	-	17.4e ^{-0.0113 x ÇHI}	1.043-0.983e ^{-0.00581ÇHI}
Daigger ve Roper	36-402	7.8	0.148+0.0021ÇHI
Akca ve diğerleri	-	28.1ÇHI ^{-0.2667}	0.177+0.0014ÇHI
Wahlberg ve Keinath	48-235	18.2e ^{-0.00602 x ÇHI}	0.351+0.00058ÇHI
Daigger	36-402	6.5	0.165+0.001586ÇHI
Ozinsky ve Ekama	-	8.53094e ^{-0.00165 x ÇHI}	0.20036+0.00091ÇHI

Tablo 4.9. Çökeltme Katsayıları için Referans Değerlerin Hesaplanması

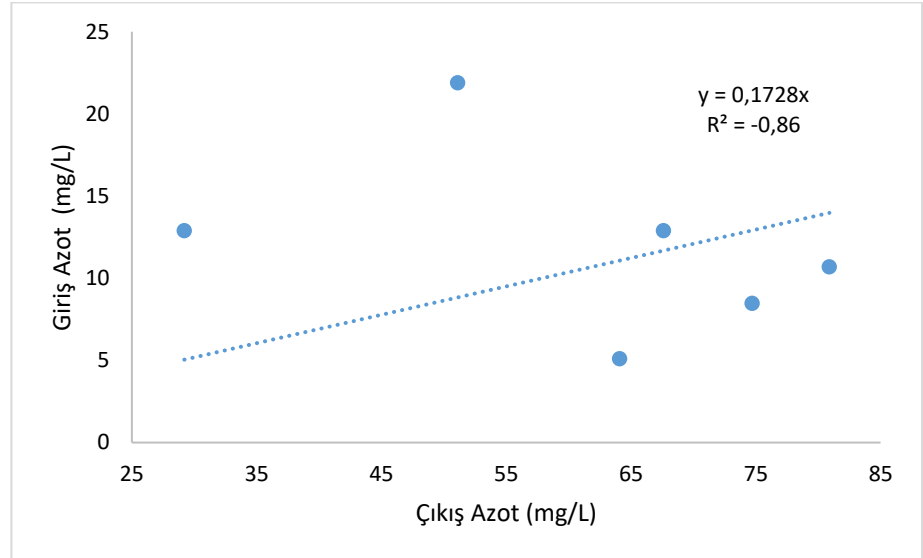
Referans Çalışma	ÇHI (mg/L) Aralığı	V ₀ (m/sa) Korelasyonu	K (m ³ /kg) Korelasyonu
Mines ve diğerleri	27-236	7.27	0.18
Hartel ve Pöpel	-	8.35	0.37
Daigger ve Roper	36-402	7.80	0.28
Akca ve diğerleri	-	9.23	0.27
Wahlberg ve Keinath	48-235	46.51	0.39
Daigger	36-402	6.50	0.27
Ozinsky ve Ekama	-	79.45	0.26

Vesilind modelinde değerlendirilen değişkenler hesaplanıp kaynaklarda belirlenen korelasyon referans denklemleri CHİ ile mukayese edildiğinde toplam yağış V₀'nun Ozinsky ve Ekama referans değerlerine yakın olduğu görülmektedir. Benzer şekilde, iyi çökeltmiş çamurun V₀ değeri yaklaşık 13 m/sa'dir (Ekama, 1997) ve bu çalışmada kullanılan tortuların V₀ değerine göre iyi çökeltildiği yargısına varılabilir. Vesilind modeli, belirli konsantrasyonlar için gerçek verileri yansıtır ve düşük konsantrasyonlar için kullanılamaz.

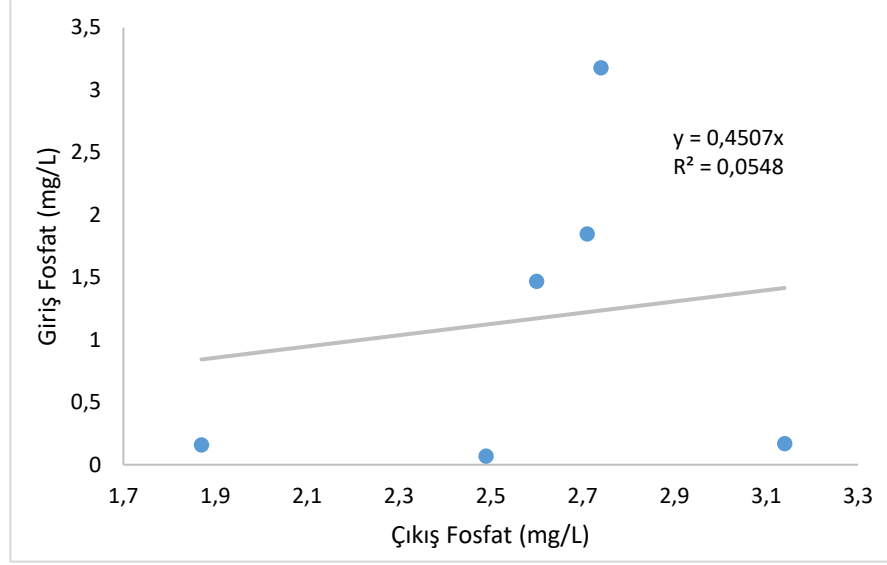
Arıtma tesisine giren atık suyun BOİ₅, azot ve fosfat konsantrasyonu ile arıtılan suyun BOİ₅, azot ve fosfat konsantrasyonu arasındaki ilişki Şekil 4.12, Şekil 4.13 ve Şekil 4.14' de verilmektedir.



Şekil 4.12. BOI₅ Giriş-Çıkış Konsantrasyonu



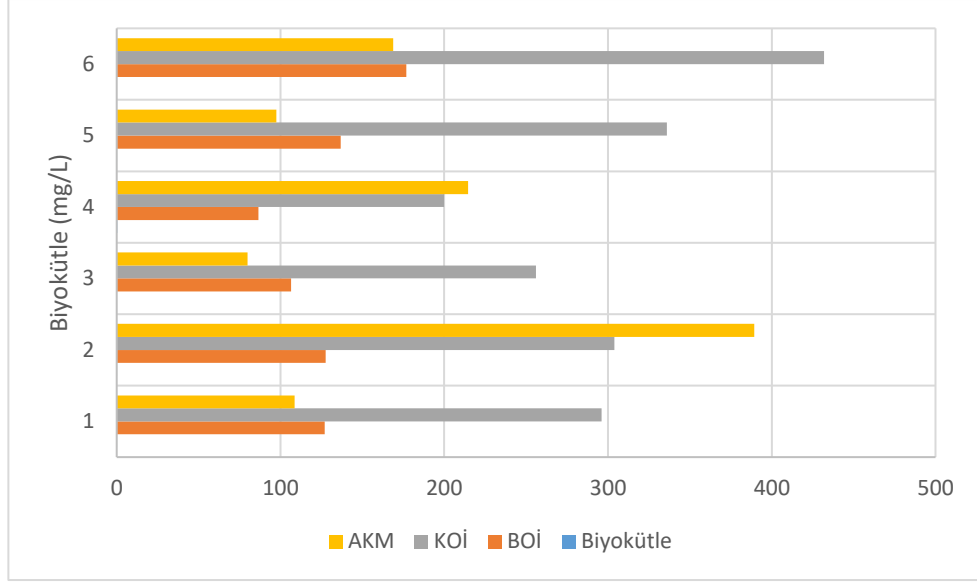
Şekil 4.13. Azot Giriş-Çıkış Konsantrasyonu



Şekil 4.14. Fosfat Giriş-Çıkış Konsantrasyonu

KAAT'nde giriş atık suyu BO_5 konsantrasyonu ile çıkış atık suyu BO_5 konsantrasyonu arasında kuvvetli pozitif yönlü bir ilişki ($R^2=0,9077$) olduğu görülmektedir. Aynı korelasyon azot ve fosfor için düşük bulunmuştur (Şekil 4.13, Şekil 4.14). Buradan da azot ve fosfor arıtımının sürekli izlenmesi ve modifikasyon yapılması gerekmektedir.

Atık su arıtımı gibi çamur yönetimi de proseslerde önemli olduğu için biyokütle analizi yapılmıştır. Ayrıca optik yoğunluk yöntemi kullanılarak (Ardalı, Y., 1990-1996) biyokütle testleri yapılarak verimlilik değerlendirilmiştir. KAAT sisteminde çamurun verimliliği açısından organizma konsantrasyonu ve biyokütle oranları büyük önem taşımaktadır.



Şekil 4.15. KAAT Tesisinde Aktif Çamur Sisteminde Biyokütle Konsantrasyonunun İzlenen Parametrelere Göre Değişimi

Aktif çamur proses, farklı karakterizasyona sahip atık suları arıtmak için kullanılmaktadır. Bu prosesin temel fonksiyonu, organik kirleticileri karbondioksit, su ve biyokütleye dönüştürmektir. Biyokütle, arıtılmış sudan ayrılıp aşırı çamur denilen konsantre bir formda uzaklaştırılmaktadır. Aktif çamur proseste her mg biyokimyasal oksijen ihtiyacına (BOİ) karşılık 0.5 mg kuru ağırlıkta biyokütle oluşmaktadır. Aktif çamur proseste oluşan aşırı çamur ikincil bir katı olduğundan güvenli ve ekonomik bir yöntemle uzaklaştırılması gerekir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu yüksekse, çamur üretimi azalacaktır. Atık su arıtma tesisindeki aktif çamur sistemindeki biyokütle konsantrasyonundaki değişim izlenen parametrelerin bir fonksiyonu olarak düşünüldüğünde, numunelerdeki biyokütlenin farklı zaman aralıklarında daha yüksek olduğu sonucuna varabiliriz. Süreç azalır, aktif çamur ve daha az çamur üretilir.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kavak AAT'nin işletme verimi analizi yapılarak, proje aşamasında hedeflenen verim ile karşılaştırılması yapılmıştır. Tesise ulaşan atık suyun debisi ve kirlilik yükü, projede öngörülen debiden ve kirlilik yükünden yüksek oranda düşüktür. Ortalama BOİ₅, KOİ, AKM, TN ve TP konsantrasyonları değerlendirildiğinde, proje tasarım parametrelerine kıyasla KOİ, AKM ve TN giderim verimlilikleri sırasıyla %26, %13 ve %23 artış göstermiştir. BOİ₅ ve TP verimliliği %8 ve %23 olarak azalma gözlemlenmiştir. Arıtma tesisinin çıkış atık suyu kalitesi yönetmelikte belirtilen sınır değerlerle karşılaştırıldığında, BOİ, KOİ, AKM konsantrasyonlarının yönetmelikte belirlenen sınır değerler arasında olduğu, TN VE TP konsantrasyonunun ise sadece Ağustos aylarında yönetmelikte belirlenen sınır değer üzerinde olduğu belirlenmiştir. En yüksek AKM giderim verimi %97,4 olarak belirlenmiştir. Arıtma tesisinde sistem performansını belirleyen TP parametrelerden biri olan %55,63 düşük bir verime sahip olduğu ifade edilebilir. Bu nedenle arıtma tesisinin iyi şekilde işletilebilmesi ve arıtma veriminin artırılması için sistemin otomasyonunun sağlanması ve işletme parametrelerinin düzenli bir şekilde takip edilerek rutin olarak analizlerin yapılması gerekmektedir.

Ortalama giderim verimi ile BOİ₅, KOİ, AKM ve TN giderim verimi hedef etkiyi verirken, TP giderim verimi bazı aylar için hedef etkiyi vermemektedir. Yüksek oranda hesaplanan kirletici yükü nedeniyle, C:N:P oranı değişir ve karbon kaynağının olmaması nedeniyle çeşitli işletme sorunları ve verim kaybı meydana gelir. Ayrıca, tesisin yüksek kirletici konsantrasyonları için tasarımı nedeniyle, denitrifikasyon aşamasında karbon kaynağı hala yetersizdir ve ilave karbon kaynağı maliyeti artıracaktır.

Debi sonuçlarının proje sonuçlarından düşük olması ve tesisat hesabı sırasında yerinde atık su analizi yapılmaması ilk yatırım ve tesisat işletme maliyetlerini artırmıştır. Tesisat tasarımındaki bu hata, tesisat boyutlarının ve gerektiğinden daha büyük kapasiteli makinaların seçilmesine ve dolayısıyla olumsuz ekonomik sonuçlara yol açmaktadır. Kavak atık su arıtma tesislerinin tasarımı sırasında mevcut nüfusa göre gelecekteki nüfus tahmin edilerek hesaplamalar yapılmakta ve bu verilere göre tasarımın ilk aşaması, yük kirliliği ve akış hesapları yapılmaktadır. Yatırım maliyetleri çok yüksek olan bu tesisatlardan önce proje alanındaki ortalama deşarj ve kirletici yükleri varsa mevcut drenaj sisteminden ölçülmeli ve bu veriler dikkate alınarak proje

hesaplamaları yapılmalıdır. Ayrıca, seçilen sürecin neden olabileceği operasyonel sorunlar araştırılmalı ve uygun olduğunda mevcut uygulamalardaki değişiklikler dikkate alınarak tasarımlar yapılmalıdır. Yerinde ölçümler yapılarak proje tasarım verileri arasında büyük bir farklılık varsa iş teklifi yapılmamalıdır.

Kavak arıtma tesisinin ÇHİ verilerine bakıldığında genel olarak 2021 yılında daha yüksek ortalamalarla çalıştığı (en az 24 mL/g, en fazla 84 mL/g ve ortalama 68 mL/g) ve 2022 yılının mart ayında ölçülen ÇHİ verileri ise daha düşük olarak (en az 8 mL/g, en fazla 65 mL/g ve ortalama 12 mL/g) görülmektedir. Mart 2022'de ölçülen ÇHİ değerleri (en az 8 mL/g, en fazla 65 mL/g ve ortalama 12 mL/g). Aktif çamur sisteminde 150 mL/g ÇHİ değeri aktif çamurun şişmeye başladığı seviyedir ve bu değer üzerinde aktif çamur sisteminde çökme sorunları gözlemlenebilir. ÇHİ değerinin sıklıkla 50 mL/g'nin altında olduğu durumlarda başka bir çökme sorunu, "iğne ucu oluşumu ve dispersiyon genişlemesi gibi çok küçük flok büyümesi" ve yeterli sayıda veya filamentli mikroorganizmaların yokluğu durumu ortaya koymaktadır. Bu da yoğun kar yağışı ve kış donlarının sistem yağışları açısından önemli bir sorun olduğunu göstermektedir. Ancak şartlara bağlı olarak bu çok kısa sürede değişebilmekte ve hızlı şişme ve köpürme problemlerinden kaynaklanan yağış sorunu bir önceki aya ait şartlandırma çalışma olaylarına dönülerek ortadan kaldırılabilir.

Kaynaklarda belirtilen iyi çökelebilen çamur ortalama 13 m/saat V_0 değerine ve K değeri düşük olup 0,25 m³/kg civarında olmalıdır. Tesisten alınan çamur örnekleri ile yapılan analizlerde, Vesilind değişkenleri V_0 79.45 m/sa belirlenmiş ve iyi çökelebilir çamur olarak değerlendirilmiş olup K değeri 0,26 m³/kg olarak belirlenmiş ve zayıf çökelebilir çamur olarak değerlendirme yapılabilir. Bu süreçte ÇHİ 65 mL/g ölçülmüştür ve bu analize göre çamurun iyi çökelebilir olduğu söylenebilir. Çökme değişkenlerinin (V_0 ve K) filamentli sayısı üzerine direkt ilişkili olduğu tam olarak belli değildir. Yükselen V_0 değerinin düşük ÇHİ değeri ile bağlantılı biçimdedir.

Sonuç olarak tesisin projelendirme aşamasında atık su karakterizasyonunun değişikliğinin gözönüne alınmalıdır ve atık su özelliklerine göre projelendirmenin maliyeti ve prosesinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. KAAT prosesinde işletme esnasında azot ve fosforun rutin aralıklarla izlenmesi ve gerektiği durumlarda önlemler alınması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- Ardali, Y. (1990). *Endüstriyel atık sulardan ağır metallerin adsorbsiyonla uzaklaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Alpaslan, N. ve Dölgen, D. (2004). Atık su arıtma tesislerinin tasarım ve proje kontrol esasları. *TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, İzmir*.
- APHA, A. (2005). WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 21, 258-259.
- ANLI, E. A. ve ŞANLI, T. (2019). *Süt Endüstrisi Atık Sularının Arıtılmasında Aktif Çamur Prosesinin Kullanımı*. Akademik Gıda, 17(2). 252-259.
- APHA AWWA, W. P. C. F. (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater 20th edition*. American Public Health Association, American Water Work Association, Water Environment Federation, Washington, DC.
- Bitton, G. (1994). *Wastewater microbiology*. Wiley-Liss, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New York, 478 p.
- Buchauer, K. (1998). *A comparison of two simple titration procedures to determine volatile fatty acids in influents to waste-water and sludge treatment processes*. WATER SA-PRETORIA-, 24, 49-56.
- Byrne, R. J. (2002). *DAIRY PLANT EFFLUENT| Design and Operation of Dairy Effluent Treatment Plants*.
- Çankaya, S. (2013). *Preparation of solids balances for municipal wastewater treatment facilities (Doctoral dissertation, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü)*.
- Değirmenci, M., Altın, A. ve Altın, S. (2000). *Atık su miktarı ve BO_5 kirlilik yükünün, havalandırma havuzu ilk yatırım ve enerji maliyetlerine olan etkilerinin incelenmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 2(1). 1-12.
- Dick, R. I. and Young, K. W. (1972, May). *Analysis of thickening performance of final settling tanks*. In *Proceedings of the 27th Industrial Waste Conference* (p. 33). Purdue University Lafayette, Indiana.
- Davison, A., Howard, G., Stevens, M., Callan, P., Fewtrell, L., Deere, D. and World Health Organization. (2005). *Water safety plans: managing drinking-water quality from catchment to consumer* (No. WHO/SDE/WSH/05.06). World Health Organization.
- Eikelboom, D. H. (1975). *Filamentous organisms observed in activated sludge*. *Water research*, 9(4). 365-388.
- Eikelboom, D. H. (2000). *Process control of activated sludge plants by microscopic investigation*. IWA publishing.
- Ekama, G. A., Barnard, G. L., Gunthert, F. W., Krebs, P., McCorquodale, J. A., Parker, D. S. and Wahlberg, E. J. (1997). *Secondary settling tanks*. London: International Association on Water Quality.operation. London: International Association on Water Quality.
- Eikelboom, D. H. and TNO, H. M. T. (1988). *Extra toepassingsmogelijkheden voor protozoa en metazoa bij de zuivering van afvalwater*.
- Gazete, R. (2004). Su kirliliği kontrolü yönetmeliği. *Başbakanlık Basımevi*, 25687.
- Gazete, R. (2006). Kentsel atık su arıtımı yönetmeliği. *Başbakanlık Basımevi*, 26047.

- Henze, M. (1999). *Activated sludge model no. 3. Water Sci. Technol.*, 39, 183-193.
- Henze, M. (1992). *Characterization of wastewater for modelling of activated sludge processes. Water Science and Technology*, 25(6). 1-15.
- Henze, M., Gujer, W., Mino, T. Matsuo, T., Wentzel, M. C., Marais, G. V. R. and Van Loosdrecht, M. C. M. (1995). *Activated Sludge Model No. 2*, IAWQ. Scientific and Technical Report No. 3, IAWQ.
- Henze, M., Harremoës, P., Arvin, E. and la Cour Jansen, J. (1997). *Wastewater treatment. Biological and chemical processes*; 2. rev.
- Kentsel Atık su Arıtımı Yönetmeliği (2006). 08 Ocak 2006 tarihli ve 26047 sayılı Resmî Gazete.
- Martins, A. M., Pagilla, K., Heijnen, J. J. and van Loosdrecht, M. C. (2004). *Filamentous bulking sludge—a critical review. Water research*, 38(4). 793-817.
- Metcalf, L. E. O. N. A. R. D. (2003). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. Metcalf and Eddy Inc.
- Qasim, S. R. (2017). *‘Wastewater treatment plants: planning, design, and operation’*. Second Edition. CRC Press, Florida.
- Orhan, Y. (1994). *Polietilenlerin degradasyonunun incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Reynolds, T. D. and Richards, P. A. (1996). *Unit operations and processes in environmental engineering, coagulation and flocculation*, 166-179, Boston.
- Riffat, R. and Husnain, T. (2013). *Fundamentals of wastewater treatment and engineering*. Crc Press.
- Rittmann, B. E. and McCarty, P. L. (2001). *Environmental biotechnology: principles and applications*. McGraw-Hill Education.
- Samsunlu, A. *Atık suların arıtılması*, Birsen Yayınevi, 3. bs., İstanbul 2006.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005). 21. baskı, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.
- Tchonanoglous, G., Burton, F. L. and Stensel, H. D. (2002). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. McGraw-Hill Education, New York.
- Takács, I., Patry, G. G. and Nolasco, D. (1991). *A dynamic model of the clarification-thickening process. Water research*, 25(10). 1263-1271.
- Tanyol, M. ve Uslu, G. (2013). *‘Tunceli evsel atık su arıtma tesisinin arıtma etkinliğinin değerlendirilmesi’*. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 4 (2). 24–29.
- United States. Environmental Protection Agency. Office of Water Program Operations and Municipal Environmental Research Laboratory. (1980). *Onsight Wastewater Treatment and Disposal Systems: Design Manual*. The Department.
- Vesilind, P. A. (1968). *Design of prototype thickeners from batch settling tests. Water Sewage Works*, 115(7). 302-307.
- Wágner, D. S., Ramin, E., Szabo, P., Dechesne, A. and Plósz, B. G. (2015). *Microthrix parvicella abundance associates with activated sludge settling velocity and rheology—quantifying and modelling filamentous bulking. water research*, 78, 121-132.
- Wilén, B. M. (1995). *Effect of different parameters on settling properties of activated sludge*.

- Wilén, B. M., Lumley, D., Mattsson, A. and Mino, T. (2008). *Relationship between floc composition and flocculation and settling properties studied at a full scale activated sludge plant*. *Water Research*, 42(16). 4404-4418.
- Yaylı, H. 2012. 'Çevre etiği bağlamında kalkınma, çevre ve nüfus'. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 15 (1). 151–169.
- Zhang, D., Li, Z., Lu, P., Zhang, T. and Xu, D. (2006). *A method for characterizing the complete settling process of activated sludge*. *Water Research*, 40(14). 2637-2644.

ÖZ GEÇMİŞ

Ayşenur AYAN, Samsun Anadolu Lisesi’ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği bölümünden 03.02.2017 tarihinde mezun oldu. 2019 yılında OMÜ LEE Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. Mezuniyetinden bu yana çevre mühendisi olarak görev yapan Ayşenur AYAN, orta derecede İngilizce bilmektedir. Temel ilgi alanları, tarih, spor, aşçılık.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0003-4832-6264>

Yayımlar:

1. Ardalı, Yüksel, “Possible Effects of Climate Change on Wastewater Treatment Systems and Adaptation Studies in Black Sea Region”, *Cooperation for Climate and Green Deal Symposium*, 24-26 Eylül