



T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



KARATAŞ İLERİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ PERFORMANS
DEĞERLENDİRMESİ

DENİZ AKAN

EYLÜL 2024

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KARATAŞ İLERİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ PERFORMANS
DEĞERLENDİRMESİ

Deniz AKAN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof.Dr. Fehiman ÇİNER

EYLÜL 2024

Deniz AKAN tarafından **Prof. Dr. Fehiman ÇİNER** danışmanlığında hazırlanan “**Karataş İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Performans Değerlendirmesi**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Çevre Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mustafa Bünyamin KARAGÖZOĞLU
(Sivas Cumhuriyet Üniversitesi)

Üye : Prof. Dr. Fehiman ÇİNER
(Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hamdi MURATÇOBANOĞLU
(Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi)

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Prof. Dr. Mustafa KARATEPE
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Deniz AKAN



ÖZET

KARATAŞ İLERİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

Deniz AKAN

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Fehiman ÇİNER

Eylül 2024, 113 sayfa

Yerleşim yerlerinde oluşan atıksuların uygun bir şekilde arıtımı insan ve çevre sağlığı ile su kaynaklarının korunması açısından son derece önem taşımaktadır. Bu tez çalışmasında, ASKİ (Adana Su ve Kanalizasyon İdaresi) tarafından işletilen, Karataş Atıksu Arıtma Tesisi'nin arıtma prosesleri ile atıksu giriş ve çıkış analiz sonuçları incelenerek tesisin arıtma performansı değerlendirilmiştir. Ağustos 2022 – Mart 2024 dönemine ait yapılan çalışmada atıksu arıtma tesisinin giriş ve çıkış noktalarından alınan numunelerin analizleri yapılmıştır. KOİ, BOİ, AKM, TP, TN ve pH parametrelerine göre yapılan ölçüm sonuçları deşarj limit değerlerine göre değerlendirilmiştir. Ölçümde baz alınan her bir parametrenin ve özellikle de ileri arıtım gerektiren toplam fosfor ve toplam azot gibi önemli nütrientlerin giderim oranlarının aylara göre değişimi incelenerek tesisin arıtma verimi değerlendirilmiştir. Biyolojik adaptasyon ve optimum işletme şartları sağlandıktan sonraki aylarda tesisin giderim veriminde istikrarlı bir artış tespit edilmiştir. Tüm analiz sonuçlarında deşarj standartlarının sağlandığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Karataş atıksu arıtma tesisi, membran biyoreaktör, ileri biyolojik arıtım, deniz deşarjı

SUMMARY

PERFORMANCE EVALUATION OF KARATAŞ ADVANCED BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT

AKAN, Deniz

Niğde Ömer Halisdemir University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Fehiman ÇİNER

September 2024, 113 pages

Proper treatment of wastewater generated in residential areas is extremely important for human and environmental health and the protection of water resources. In this thesis study, the treatment processes and wastewater influent and effluent analysis results of the Karataş Wastewater Treatment Plant operated by ASKİ (Adana Water and Sewerage Administration) were examined and the treatment performance of the plant was evaluated. In this study conducted for the period of August 2022 - March 2024, samples taken from the influent and effluent points of the wastewater treatment plant were analyzed. The measurement results made according to the parameters of COD, BOD, SS, TP, TN and pH were evaluated according to discharge limit values. The treatment efficiency of the plant was evaluated by examining the changes in the removal rates of each parameter taken as basis in the measurement and especially important nutrients such as total phosphorus and total nitrogen that require advanced treatment by months. In the months following the biological adaptation and optimum operating conditions, a steady increase in the removal efficiency of the facility was detected. It was observed that discharge standards were met in all analysis results.

Keywords: Karataş wastewater treatment plant, membrane bioreactor, advanced biological treatment, marine discharge.

ÖN SÖZ

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, Karataş ilçesinde oluşan kentsel atıksuların arıtım süreci incelenmiştir. İleri biyolojik arıtma üniteleri ile tasarlanan atıksu arıtma tesisinin 1 yıl süre ile tesis giriş ve çıkışında atıksu analiz sonuçları gözlemlenerek, insan ve çevre sağlığı açısından yeterli deşarj limit değerlere ulaşılması ve tesisin arıtma performansı değerlendirilmiş ve gelecekte olabilecek durumlar ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez hazırlama sürecindeki çalışmalarına rehberlik yapan, fikirleriyle ve engin bilgileriyle her daim desteğini esirgemeyen ve aynı zamanda Çevre Mühendisliği Bölümü için aydın bir değer olan kıymetli akademik danışmanım Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Fehiman ÇİNER'e saygılarımı ve en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında gerekli bilgileri temin etmemde yardımcı olan Adana Büyükşehir Belediyesi Etüt Plan Daire Başkanlığı'nda görev yapan değerli meslektaşım Ulviye AKKAYA'ya ve Seyhan Atıksu Arıtma Tesisi'nde görev yapan kıymetli hocam Dr. Bekir YELMEN'e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu yüksek lisans tezimi hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen değerli aileme ve aynı zamanda tarih boyunca bilime, eğitime ve emeğin üstünlüğüne değer katanlara ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGE VE KISLATMALAR	xii
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Kapsam ve Amacı.....	3
BÖLÜM II	4
GENEL BİLGİLER	4
2.1 Atıksuların Sınıflandırılması.....	6
2.1.1 Evsel atıksular.....	6
2.1.2 Endüstriyel atıksular	7
2.1.3 Kentsel atıksular	7
2.1.4 Kentsel atıksuların karakterizasyonunda kullanılan parametreler.....	7
2.2 Kentsel Atıksuları Arıtma Yöntemleri.....	12
2.2.1 Birincil arıtma yöntemleri.....	13
2.2.2 İkincil arıtma yöntemleri	16
2.2.3 Üçüncül arıtma yöntemleri	18
2.3 Kentsel Atıksuların Arıtımında Tercih Edilen İleri Biyolojik Arıtma Yöntemleri ..	21
2.3.1 A ² /O prosesi.....	23
2.3.2 UCT prosesi	24
2.3.3 Johannesburg prosesi	24
2.3.4 Beşkademeli bardenpho prosesi	25
2.3.5 Virginia tipi prosesi (VIP)	26
2.4 Membran Biyoreaktör.....	27
2.4.1 MBR konfigürasyonları	28
2.4.2 Harici mbr sistemleri	28

2.4.3 Dahili mbr sistemleri	29
2.4.4 Membran biyoreaktörlerin performansını etkileyen faktörler	30
2.4.5 Membranların kirlenmesi.....	30
2.4.6. Karataş ıleri biyolojik aat’de tercih edilen membran modülü	31
2.5 Türkiye’de Atıksu Arıtma Uygulamaları.....	32
BÖLÜM III.....	35
MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
3.1 Bölgenin Tanıtılması.....	35
3.1.1 İklim durumu	36
3.1.2 Bölgedeki su kaynaklarının durumu	37
3.2 Atıksu Arıtma Tesisi Bilgileri.....	38
3.2.1 Nüfus hesapları	38
3.2.1.1. Kış dönemi nüfusu hesaplama	39
3.2.1.2 Yaz dönemi nüfusu hesaplama.....	42
3.2.2 Atıksu debi hesapları	44
3.2.2.1 Kış debisi hesapları	44
3.2.2.2 Yaz debisi hesapları	45
3.2.3 Atıksu kirlilik yükü.....	47
3.2.4 Atıksu arıtma tesisi akım şeması	54
3.3 Birincil Arıtma Üniteleri.....	55
3.3.1 Mekanik kaba ızgara ünitesi	55
3.3.2 Mekanik ince ızgara ünitesi	56
3.3.3 Giriş terfi merkezi.....	58
3.3.4 Havalandırmalı kum tutucu ünitesi.....	58
3.3.5 Dengeleme havuzu.....	60
3.3.6 Tambur elek	62
3.4 İkincil Arıtma Üniteleri	63
3.4.1 Anaerobik havuz.....	63
3.4.2 Havalandırma ve membran biyoreaktör havuzu boyutları	70
3.5 Çamur Arıtma Üniteleri	78
3.5.1 Çamur susuzlaştırma ünitesi	78
3.6 Deniz Deşarjı	79
3.7 Analitik Yöntemler	81
BÖLÜM IV.....	83

BULGULAR VE TARTIŞMA.....	83
4.1 Karataş İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin (AAT) Arıtma Verimi	83
4.2 Karataş İlçesi Atıksuların Özellikleri ve AAT Arıtma Performansı Değerlendirmesi	84
4.2.1 Askıda katı madde	84
4.2.2 Kimyasal oksijen ihtiyacı	86
4.2.3 Biyolojik oksijen ihtiyacı.....	87
4.2.4 Toplam fosfor	89
4.2.5 Toplam azot	90
4.2.6 pH	92
4.2.7 AAT girişi debi değerleri.....	93
4.2.8 KOİ/BOİ oranı	94
4.2.9 BOİ/TN/TP oranı	95
4.3 Olası İyileştirme Sistemleri	96
BÖLÜM V	98
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	98
KAYNAKLAR	103
ÖZ GEÇMİŞ.....	113

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. İleri biyolojik AAT bulunan şehirler	33
Çizelge 3.1.Sıcaklık ve yağışların durumu	36
Çizelge 3.2. Atıksu arıtma tesisinin kapsama alanındaki merkez mahallelerin nüfusu..	39
Çizelge 3.3. Kış dönemi yıllara göre çoğaltma katsayıları	40
Çizelge 3.4. Gelecek yıllara göre çoğaltma katsayıları	41
Çizelge 3.5. Karataş ilçesi kış dönemi yerli + misafir göçmen + öğrenci nüfusları toplamaı	42
Çizelge 3.6. Karataş ilçesi yaz dönemi nüfuslar toplamaı.....	43
Çizelge 3.7. Karataş ilçesi kış ve yaz dönemi nüfusları	43
Çizelge 3.8. Nüfusa bağlı katsayı	45
Çizelge 3.9. I. ve II. kademe için kış dönemi kirlilik konsantrasyonu hesaplamaları ...	50
Çizelge 3.10. I. ve II. kademe için yaz dönemi kirlilik konsantrasyonu hesaplamaları .	54
Çizelge 3.11. Karataş ilçesi kanalizasyon şebekesinden gelmesi beklenen saatlik debiler	60
Çizelge 4.1. AAT atıksu giriş-çıkış analiz sonuçları	83
Çizelge 4.2. Evsel nitelikli atıksular (Sınıf 3: Kirlilik Yüku Ham BOİ Olarak 600-6000 Kg/Gün'den Büyük, Nüfus=10000-100000)	84
Çizelge 4.3. Kentsel atıksu arıtım tesislerinden ileri arıtıma ilişkin deşarj limitleri	84
Çizelge 4.4. AKM analiz sonuçları.....	85
Çizelge 4.5. KOİ analiz sonuçları	86
Çizelge 4.6. BOİ analiz sonuçları	88
Çizelge 4.7. Toplam fosfor analiz sonuçları	89
Çizelge 4.8. Toplam azot analiz sonuçları	91
Çizelge 4.9. pH değeri ölçümleri	92
Çizelge 4.10. AAT girişı debi ölçümleri.....	93
Çizelge 4.11. 18.01.2016 tarihli analiz sonuçları	94
Çizelge 4.12. 28.04.2016 tarihli analiz sonuçları	94
Çizelge 4.13. 10.05.2016 tarihli analiz sonuçları	95
Çizelge 4.14. Atıksuyun BOİ, TN ve TP analiz sonuçları.....	95
Çizelge 5.1. Tüm parametrelerin arıtma verimi yüzdeleri.....	99

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Hollow Fiber MBR.....	32
Şekil 2.2.1979- 2022 yılı sonu itibariyle atıksu arıtma tesislerinin tiplerine göre dağılımı	33
Şekil 3.1. Karataş ilçesinin konumu ve uydu görüntüsü.....	35
Şekil 3.2. Karataş ilçesinin aylara göre sıcaklık değişimi	37
Şekil 3.3. Karataş ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi genel görünümü	38
Şekil 3.4. Atıksu arıtma tesisi akım şeması	54
Şekil 3.5. İnce ve kaba mekanik ızgaralar	57
Şekil 3.6. Izgara atıklarının konulduğu çöp konteynerleri.....	57
Şekil 3.7. Geçici atık depolama alanı	58
Şekil 3.8. Havalandırılmalı kum ve yağ tutucu.....	59
Şekil 3.9. Tambur elek.....	63
Şekil 3.10. Anaerobik havuz.....	64
Şekil 3.11. Anaerobik havuz.....	65
Şekil 3.12. Membranbiyoreaktör havuzları	78
Şekil 3.13. Çamur susuzlaştırma ünitesi	79
Şekil 3.14. AAT çıkışı arıtılmış atıksuların depolandığı temiz su deposu	80
Şekil 3.15. Deşarj noktası	80
Şekil 3.16. Sürekli atıksu izleme istasyonu	81
Şekil 4.1. AKM giderim veriminin aylara göre değişimi	85
Şekil 4.2. KOİ giderim veriminin aylara göre değişimi	87
Şekil 4.3. BOİ giderim veriminin aylara göre değişimi.....	88
Şekil 4.4. Toplam fosfor giderim veriminin aylara göre değişimi.....	90
Şekil 4.5. Toplam azot giderim veriminin aylara göre değişimi	91
Şekil 4.6. AAT giriş debisinin aylara göre değişimi.....	94
Şekil 4.7. Farklı tarihlere göre BOİ/TN/TP oranları.....	95

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
L	Litre
m	Metre
m ³	Metreküp
mg	Miligram
°C	Santigrat

Kısaltmalar	Açıklama
AAT	Atıksu Arıtma Tesisi
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
CAS	Klasik Aktif Çamur
BNR	Biyolojik Nutrient Giderimi
KAAY	Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MBR	Membran Biyoreaktör
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TN	Toplam Azot
TP	Toplam Fosfor
TOK	Toplam Organik Karbon
TSS	Toplam Askıda Katı Maddeler
UCT	Cape Town Üniversitesi
VIP	Virginia Tipi Prosesi

BÖLÜM I

GİRİŞ

Dünya üzerindeki hızlı nüfus artışı, endüstriyel gelişmeler ve teknolojik ilerlemeler gibi etkenler, su kullanımında önemli ölçüde artışa sebep olmuştur. Tarım alanlarının fazla olduğu yerlerde sulama ihtiyacından dolayı su tüketimi gerçekleşirken, sanayi kuruluşlarının yaygın olduğu bölgelerde ise soğutma suları ve proses suları vb. gibi farklı alanlarda su tüketimi oldukça artmıştır. İnsan nüfusuna bağlı olarak artan şehirleşme ihtiyacı, beraberinde ortak yaşam kültürünü getirerek, toplu konutların ve yerleşim alanlarının gelişmesine sebep olmuştur. Dolayısıyla da yerleşim yerlerinde de insani amaçlı su kullanımı yüksek seviyelere ulaşmıştır.

Okyanuslar, dünyada bulunan toplam su miktarının %97'sini oluşturur. Bu oran çok yüksek olmasına rağmen okyanus sularının içerdiği tuzluluk oranı onu tüketime uygunsuz hale getirir. Toplam suyun yaklaşık %2'si kutuplardaki buzullarda ve buzullar şeklinde mevcuttur. Yüzey suları olarak; nehirler, akarsular, göller ve yeraltı suları olmak üzere her türlü tatlı su, dünya suyunun yalnızca %1'ini oluşturur ve bu tatlı suyun %69'u tarımda, %23'ü endüstride ve %8'i evsel amaçlar için kullanılır. Ne yazık ki bu az miktardaki tatlı su, nüfustaki büyük artış, kentsel alanların büyümesi, sanayi ve sanayi sonrası alanlarda suyun kontrolsüz kullanımı nedeniyle stresle karşı karşıyadır (Tariq ve Mushtaq, 2023).

Bu durum, su tüketimi sonucu oluşan evsel ve endüstriyel niteliklere sahip atıksuların, mevcut su kaynaklarının durumu da göz önüne alındığında, insan ve çevre sağlığı açısından yeterli bir düzeyde arıtılmasını zorunlu kılmıştır.

Atıksu, "bozunabilen" veya biyolojik olarak ayrışabilen çözünmüş ve askıda organik katıları içerir. Tamamen ayrıştırılamayan iki genel atıksu kategorisi tanımlanır: Yerleşim yerlerinden oluşan evsel ve sanayi kaynaklı endüstriyel atıksular. Atıksu arıtımı, atıksudaki katıların oldukça karmaşık, bozunabilir, organik katılardan mineral veya nispeten stabil organik katılara ayrıştırılarak kısmen uzaklaştırılması ve kısmen değiştirilmesi ile tamamlanan bir süreçtir. Temel düzeyde yapılan arıtma ve ikincil arıtma, atıksularda bulunan organik madde ve askıda katı maddelerin çoğunu

uzaklaştırır. Ancak, oluşan atıksuyun miktarında ve kirlilik yükünde gerçekleşen artış ile birlikte bu arıtma seviyelerinin, deşarj edilen alıcı ortam sularını korumak ve endüstriyel ve evsel alanlarda geri dönüşüm için yeniden kullanılabilir su sağlamak için yetersiz olduğu kanıtlanmıştır. Bu nedenle, atıksu arıtma tesislerine daha fazla organik ve katı madde giderimi sağlamak ve bir takım nutrient elementlerin ya da toksik maddelerin uzaklaştırılmasını sağlamak için ek arıtma adımları eklenmiştir (Sonune ve Ghate, 2004).

Arıtılmış atıksu, 'herhangi bir fiziksel, kimyasal, biyolojik arıtmadan geçmiş atıksu' olarak kabul edilir. Gelişmiş ülkeler, atıksuların çevre ve insan sağlığı açısından yeterli düzeyde arıtılması için gereken imkanlara sahiptir, ancak gelişmekte olan ülkelerin çoğu bu seviyeye ulaşamamışlardır (Sato vd., 2013).

Atıksu arıtma tesisleri, atıksuların, karakteristik özelliklerine uygun yöntemlerle deşarj edilen alıcı ortamın standartlarına uygun düzeyde arıtılmasını sağlamaktadır. Bu şekilde arıtılarak alıcı ortama deşarj edilen atıksular toplam su kütlesinin korunmasını sağlamaktadır. Ayrıca, istenilen düzeyde arıtılan atıksular, çeşitli alanlarda yeniden kullanılarak temiz su kaynaklarının da muhafaza edilmesini mümkün hale getirmiştir.

İnsanların yaşamsal aktivitelerinin farklılaşması beraberinde atıksuların kirlilik profiline değişimini getirmektedir. Su temini çalışmalarının iyi seviyede yapıldığı yerleşim alanlarında suya ulaşım daha kolay olacak ve su tüketimi artacaktır. Coğrafi etkenleri de göz önünde bulundurduğumuzda yaz aylarında su kullanımına bağlı olarak oluşan atıksu debisi diğer aylara göre artış göstererek en yüksek seviyelere ulaşacaktır. Ayrıca, yerleşim yerlerinde beslenme ve tüketim alışkanlıklarının farklılaşması ve temizlik için kullanılan kimyasal maddeler, oluşan atıksuyun karakteristiğini belirlemede etkili olarak, atıksu arıtımını zorlaştırabilmektedir. Tüm bu faktörlerin yanında şehirlerde bulunan endüstriyel kuruluşlardan oluşan atıksular her ne kadar endüstriyel açıdan ön arıtıma tabi tutulsalar da bunların bir kısmı nihai olarak şehrin atıksu arıtma tesisine gelebilir. Dolayısıyla, atıksu arıtma tesislerinin şehirlerdeki evsel ve endüstriyel özelliklere sahip olan tüm atıksuların yeterli seviyede arıtılmasını sağlayacak teknolojide olması gerekmektedir. Atıksu arıtma tesislerinde ileri teknolojilerin tercih edilmesi ilk maliyet açısından pahalı olsa da, çevresel

sürdürülebilirlik durumu göz önünde bulundurulduğunda uzun vadede önemli bir iyileştirme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir.

1.1 Çalışmanın Kapsam ve Amacı

Karataş ilçesinde atıksu arıtma tesisi kurulmadan önce, toplanan atıksular, ilçe merkezinin güney batısından, arıtılmadan denize deşarj edilmekteydi. Bölge 1. derecede arkeolojik sit alanıdır ve aynı zamanda tarihi ve doğal güzelliklere sahiptir. Bu durum, ciddi oranda insan ve çevre sağlığını olumsuz etkilediği gibi aynı zamanda bu bölgede yaşayan deniz canlıları için de tehdit unsuru oluşturuyordu.

Bu amaçla ilçede oluşan atıksuların arıtılması için atıksu arıtma tesisinin acil olarak yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Kültür Bakanlığı, Kültür Varlıkları Koruma Kurulunun talebi doğrultusunda, deşarj edilecek yerin hassas bölge olması nedeniyle, çıkış su kalitesinin en üst kalitede sağlanabilmesi için idare tarafından bir ileri arıtım yöntemi olan membran biyoreaktör prosesi tercih edilmiştir. Atıksu arıtma tesisi için idareye tahsisi yapılan saha yaklaşık 20.000 m² alana sahip olup, deniz kenarında yer almaktadır. Dolayısıyla arıtılan atıksular, deniz deşarjı yöntemiyle denize deşarj edilmektedir (Karataş Atıksu Arıtma Tesisi Proses Raporu, 2019).

Bu tez çalışmasında, ASKİ (Adana Su ve Kanalizasyon İdaresi) tarafından işletilen, Karataş Atıksu Arıtma Tesisi'nin arıtma prosesleri ile atıksu giriş ve çıkış analiz sonuçları incelenerek tesisin arıtma performansı değerlendirilecektir.

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

Su, canlıların yaşamını devam ettirebilmesi ve sürdürülebilir çevre şartlarının oluşması için gereken en temel kaynaklardan biridir. Bu sebeple de insanlık tarihi boyunca, yerleşim yerlerinde su kaynaklarına ulaşım ve temiz suyun temini önem arz etmiştir.

Yaklaşık 10.000 yıl önce kalıcı yerleşim yerlerinin kurulmasıyla beraber, topluluk sakinlerinin geçimini sağlamak için tarımsal bir yaşam tarzına ihtiyaç duyulan yeni bir dönem başladı. Tunç çağından ilk gelişmiş medeniyetlerin yükselişine kadar olan zaman diliminde insan atıklarının bertarafı, ya yer yüzeyinde ya da kullanımdan sonra toprağa kazılan çukurlarda özel bir şekilde yönetiliyordu. Kalıcı yerleşim yerlerinin büyümesi, hem atıksu hem de yağmur suyu için toplama sistemlerinin gelişmesine yol açtı (Angelakis vd., 2018).

Yaşamsal faaliyetler sonucu oluşan atıksuların arıtılmadan yerleşim yerlerinden uzaklaştırılması nihai bir çözüm yolu olmadığı gibi beraberinde de çevre kirliliğini getiren bir etkidir. Nüfusun artması ve şehirleşmenin gelişme göstermesiyle atıksuların, sistemli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken bir sorun olduğu anlaşılmış ve her toplumun kendi kültürüne göre bu soruna yaklaşım biçimi gelişmiştir.

Antik Efes ve Bergama şehirlerinde de su temini ve uzaklaştırılması yapıları vardır. İlk ve orta çağlarda yaşayan insanlar, yerleşim yerlerinde oluşan atıkları şehir dışına çıkarmakla ve surların dışına atmakla yetinirlerdi. Atıksuların araziye verilmesi eski Mısır'da ve Atina'da görülmüştü. Milattan önce 480 yılında Agrgent'de balık yetiştirmek için yapay göletler oluşturulmuştur. Bu göletler yer altında gelen kanallarla beslenmiştir. Atıksuların içerdiği besin değeri o zaman gözlenebilmiştir. Babil kentinin büyüklüğü, yirminci yüzyılın başındaki Londra'nın nüfus yoğunluğunun yaklaşık iki katı kadardı. Bu nedenle suyu temin edebilme işi büyük bir sorun olmuştu. Bu durum, su mühendisliğinin gelişmesine neden oldu. Buna bağlı olarak ta su yapıları mimarisi de gelişti. Bunun başlangıcı milattan önce 3000 ve 4000 yıllarına kadar gitmektedir. Eski Hindistan'ın Mohenco Daro şehrinde milattan 4500 yıl öncesine kadar varan tarihlerde tuvalet, hamam ve kanalizasyon gibi yapıların yapıldığı belgelenmiştir. Şehrin

nüfusunun yaklaşık 50 000 civarında olduğu tahmin edilmiştir. Şehrin her sokağında üzeri kiremit ile kapatılmış kanallar ile inşa edilmiş kanalizasyon şebekesi bulunmakta idi (DEÜ, 2024).

Kanalizasyon şebekesi kurulumu, asırlar boyunca insanlık tarafından yeterince uygulanamamıştır. Silezya'da bulunan Bunzlau şehrinde 1531 yılı ve sonrasındaki zamanlarda şehirde toplanan atıksular tarlalara veriliyordu. Çiftçiler atıksuların verildiği tarlalarda ürün veriminin arttığını görünce, atıksuları paylaşmak için yarışa girdiler. Yeterli atıksu olmadığı için atıksuların tarlaya bırakılması altı saatlik aralıklarla gerçekleştirilebiliyordu. Bilinçsiz ve zorunlu olarak yapılan bu uygulama ürün verimi açısından son derece iyiydi. Bu sayede toprakta bulunan mikroorganizmalar, toprağın havalanmasını, atıksudaki organik maddelerinin parçalanmasıyla gübre ihtiyacını karşılıyordu (DEÜ, 2024).

Yerleşim yerlerinde oluşan atıksuların toplandıktan sonra tarımsal amaçlı kullanılması, toprağın besin maddesi ihtiyacını karşılayarak fazla ürün elde edilmesini sağlamıştır. Ancak; atıksuların arıtılmadan tarlalara sızdırılması halk sağlığı açısından elverişli değildir. Nüfusa bağlı olarak şehirleşmenin gelişmesi ve atıksu oluşumunun artması gibi sebepler, atıksu bertarafının sanitasyon koşullarına uygun bir şekilde yapılması gerçeğini ortaya koymuştur.

1539'da veba salgınları Avrupa'yı kasıp kavurduğunda, Kral I. Francis, Parisli ev sahiplerine yeni evlerinde lağımı toplamak için septik tanklar inşa etmelerini emretti. Bunlar 1700'lerin sonuna kadar kullanılmaya devam etti. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise 19. yüzyılın başlarında, başlangıçta yağmur suyunu gidermek için tasarlanan kanalizasyonlar kuruldu ve atıksular septik tanklarda toplanmaya başlandı. 20. yüzyılda yapılan atıksu yönetimi, çevre kirliliğinin yönetiminde bilimsel yöntemlerden yararlanılmasıyla adeta devrim niteliği taşımıştır. Sınır tanımayan kirliliğin kontrol edilmesi için yapılan girişimler ve kamu öncelikleri hakkındaki tartışmalar, bilimsel keşiflerin 20. yüzyıl boyunca evrim geçirmesine yol açmıştır (Lofrano ve Brown, 2010).

Kraliyet Kanalizasyon Bertarafı Komisyonu tarafından 1912'de yayımlanan raporda; biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) kavramı tanıtılarak, kanalizasyon atıklarına

uygulanması gereken standartlar ve testler belirlenmiştir. Atıksu arıtımında çığır açan bu rapor, diğer ülkelere de bu alanda örnek olmuştur. Aynı zamanda bu rapor; Streeter, Phelps, Imhoff ve Mahr gibi bilim insanlarının, yüzey sularındaki BOİ konsantrasyonunun limit değerlerini tahmin etmelerine olanak tanıyan havalandırma/havasızlaştırma modellerine de öncülük etmiştir. Bu gelişmelerin akabinde bazı hükümetler atıksu arıtımını zorunlu kılmaya başlamıştır. Ancak; I. Dünya Savaşının başlamasıyla, Avrupa şehirlerinde inşa edilen büyük ölçekli atıksu arıtma tesislerinin kurulumu bir sürelik kesintiye uğramıştır (Seeger, 1999; Cooper, 2007).

Zaman geçtikçe teknolojinin ilerlemesi ile eş zamanlı olarak mühendislik uygulamaları da gelişme göstermiştir ve su temini, atıksuyun uzaklaştırılması ve atıksuların arıtım metotlarında yeni çözümler yapılarak geçmişten günümüze kadar birikimli bir şekilde ilerleme sağlanmış ve günümüzde de birçok prosesin entegre edilerek kullanıldığı ileri arıtım prosesleri ortaya çıkmıştır.

2.1 Atıksuların Sınıflandırılması

Çeşitli kullanım faaliyetleri sonucu oluşan atıksuların, optimum düzeyde arıtılması ve uygun alıcı ortama deşarj edilmesi gerekmektedir.

Faaliyet ve üretimleri nedeniyle atıksuların oluşumuna yolaçan konutlar, ticari binalar, endüstri kuruluşları, maden ocakları, cevher yıkama ve zenginleştirme tesisleri, kentsel bölgeler, tarımsal alanlar, sanayi bölgeleri, tamirhaneler, atölyeler, hastaneler ve benzeri kurum, kuruluş ve işletmeler ve alanlardır. Su kirliliğinin kontrol altına alınabilmesi ve su kaynaklarının da korunması amacıyla atıksular özelliklerine göre; evsel, endüstriyel ve kentsel atıksular olarak sınıflandırılır (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2004).

2.1.1 Evsel atıksular

Konutlar, okullar, hastaneler ve benzeri yerleşim yerlerinden oluşan atıksular evsel nitelikli atıksular olarak sınıflandırılır. Bu atıksular, mutfak, banyo, tuvalet, lavabo ve çamaşır makinelerinden kaynaklandığı için, organik kirleticiler içermektedir.

2.1.2 Endüstriyel atıksular

Endüstriyel kuruluşların çeşitli üretim faaliyetleri sonucu oluşan atıksulardır. Endüstriyel atıksuların kirlilik profili sektörlere göre değişkenlik gösterir, bu sebeple endüstriyel atıksuların arıtımı için atıksu karakterizasyonuna uygun bir arıtma tesisi tasarlanmalı ve spesifik kirleticilerin durumu da göz önünde bulundurulmalıdır.

2.1.3 Kentsel atıksular

Kentsel atıksular, bir yerleşim yerinde oluşan evsel ve endüstriyel atıksuların birleşimidir. Bazı yerleşim birimlerinde yağmur suyu da kentsel atıksulara dahil edilmektedir. Kentsel atıksular, yerleşim biriminde kurulan atıksuarıtma tesislerinde toplanır ve nihai olarak arıtılırlar.

2.1.4 Kentsel atıksuların karakterizasyonunda kullanılan parametreler

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğindeki tanıma göre kentsel atıksu; evsel atıksu ya da evsel atıksuyun endüstriyel atıksu ve/veya yağmur suyu ile karışımı olarak belirtilmektedir (Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği [KAAY], 2006: Madde 4). Bu nedenle kentsel nitelikli atıksuyun karakterizasyonu yapılırken tüm su bileşenlerinin durumu göz önünde bulundurulacak şekilde kirletici parametreler belirlenmelidir.

Atıksuyun kimyasal ve biyolojik bileşimi, atıksuyun oluştuğu kaynağa bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir. Bu tür değişiklikler; beslenme alışkanlıklarının, yaşam tarzının, habitatın (kentsel veya kırsal), nüfus yoğunluğunun, sosyo-ekonomik faktörlerin, iklim koşullarının ve kanalizasyon sistemlerindeki akış koşullarının bir fonksiyonudur (Butler ve Gatt, 1996).

Yağış suları da atıksu bileşimini etkilemektedir. Birleşik kanalizasyonlarda atıksular ile yağış suları karışarak hem debide artışa sebep olur, hem de kanalizasyondaki çökelmeler sonucu oluşan birikintilerin yağış sularıyla yıkanmasıyla atıksuya karışımı, toplam atıksuyun kirlilik profilini de etkiler (Gasperi vd., 2010).

Kentsel atıksuların karakterizasyon çalışmaları yapılırken genellikle; kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), toplam askıda katı maddeler (TSS), toplam azot (TN) vb. gibi majör kirleticiler incelenir. Atıksuyun başlıca oluşum kaynakları; yerleşim yerlerindeki banyolar, tuvaletler, çamaşırhaneler (çamaşır makineleri) ve mutfaklar (bulaşık makineleri dahil) olarak bilinir. Bu kaynaklardan oluşan atıksuların, atıksu arıtma tesisi girişinde ve çıkışındaki noktalardan numune alınarak analizleri yapılmaktadır (Butler vd., 1995).

Yakın zamanlarda yapılan çalışmalarda, kentsel mikro kirletici kaynaklarının (metaller, pestisitler, ilaçlar, vb.) tespit edilmesine ve bu mikrokirleticilerin su kalitesine olan etkilerinin belirlenmesine odaklanılmıştır (Donnervd.,2010).

Endüstriyel atıksu arıtma süreçlerine karar vermeden önce mutlaka endüstriyel atıksuyun karakteri belirlenmelidir. Bunun için;

- Biyolojik olarak parçalanabilirlik,
- Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ),
- Ağır metaller gibi toksik kirleticilerin konsantrasyonları,
- Atıksuyun hacmi,
- Atıksudaki değişimler,
- Arıtmada sorun yaratabilecek sıcaklık, pH gibi özel karakteristikler tayin edilmelidir (Çakmakçı, İ.Ö, 2012).

Tüm bu bilgilere göre kentsel atıksuların karakterizasyonunda kullanılan parametreler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Atıksu Debisi
- Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)
- Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)
- Toplam Organik Karbon (TOK)
- Çözünmüş Oksijen
- pH
- Toplam Katı Maddeler

- Toplam Azot
- Toplam Fosfor
- Sıcaklık

Atıksu debisi: Arıtma tesislerinin projelendirilmesinde debi hesabında uygulanan metot, kullanılan su miktarının belirli bir oranının atıksuya dönüştüğü ve bu miktarın belirli bir süre içinde kanala geldiği esasına dayanmaktadır (Erdoğan vd., 2005).

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) : Atıksuda bulunan organik maddelerin biyokimyasal oksidasyonu esnasında mikroorganizmaların kullandığı çözünmüş oksijen miktarıdır. Biyokimyasal oksidasyon çok yavaş gerçekleşir ve teorik olarak tamamlanma süresi sonsuzdur. 20 günlük bir süre içinde, oksidasyon % 95-99 tamamlanır, BOİ testi için kullanılan 5 günlük sürede ise oksidasyon % 60-70 arasında gerçekleşir (Anonim, 2024).

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) : KOİ atıksuların organik madde içeriğini ölçer. Oksitlenebilen organik maddeler kimyasal oksitleyici olan $K_2Cr_2O_7$ kullanılarak ölçülür. Bir atıksu numunesinin KOİ'si BOİ'sinden daha yüksektir. Çünkü biyokimyasal oksidasyonu gerçekleştiremeyen birçok bileşik kimyasal olarak oksitlenir. KOİ analizi 2-3 saatte yapılabilirken, BOİ analizi 120 saat sürer. Bu nedenle KOİ ile BOİ arasında bağlantı kurulabilir. Aradaki bağlantı belirlendiğinde ise, KOİ ölçümleri atıksu karakterizasyonunda sürekli kullanılabilir. Akademik çalışmalara göre genellikle KOİ/BOİ oranı 1,6 - 2,5 arasında değişir, bu değer yaklaşık 2 olarak kabul edilir (Anonim, 2024).

Toplam Organik Karbon (TOK) : Sularda var olan organik maddenin ölçümü için diğer bir yol; özellikle çok düşük konsantrasyonlarda organik madde için uygulanan "Toplam Organik Karbon" (TOK) testidir. TOK, bir örnekte bulunan toplam organik karbonu ifade etmektedir. Bazı dirençli organik maddeler okside edilmeyebilir, bu nedenle ölçülmüş olan TOK değeri örnekte bulunan gerçek değerden biraz daha az olabilir. Arıtılmamış evsel atıksudaki $BOİ_5$ /TOK oranı 1.0-1.6 arasında değişmektedir (Anonim, 2023).

Çözünmüş Oksijen: Atıksu arıtma tesislerinde arıtımın gerçekleştiği oksijenli bölümler için çözünmüş oksijen son derece önemlidir. Aktif çamur kültüründeki mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu çözünmüş oksijen seviyesinin sağlanması gerekmektedir.

Çözeltide bulunan oksijenin gerçek miktarı:

- Gazın çözünürlüğü,
- Atmosferdeki gazın kısmi basıncı,
- Sıcaklık,
- Suyun saflığı (tuzluluk, askıda katı madde, vs.) ile belirlenebilmektedir.

Oksijen kullanılan biyokimyasal reaksiyonların hızının yükselen sıcaklıkla artması sebebiyle, çözünmüş oksijen seviyeleri yaz aylarında azalma eğilimindedir. Bu problem yaz aylarında akarsu akışlarının genelde düşük olmasıyla bağlantılıdır. Atıksudaki çözünmüş oksijen varlığı, kötü kokuların oluşumunu engellemesi sebebiyle önemlidir (Genç, 2007).

pH: pH değeri, atıksu arıtımı için önemli bir parametredir. Sucul ortamdaki tolerans aralığı oldukça dar olan pH değeri, atıksu arıtımında da aynı özelliktedir. Atıksu arıtma tesislerindeki nitrifikasyon proseslerinde pH değerinin 7.2-9.0 gibi bir aralıkta etkili olduğu bilinmektedir. pH değerinin 7-8 aralığının dışına çıkması sonucu, kanalizasyon yapılarında korozyona sebep olur (Sincero ve Sincero, 2002).

Toplam Katı Maddeler: Evsel atıksular ortalama 700-750 mg/Lt civarında toplam katı madde içerir. Toplam katı maddenin yaklaşık 500 mg/Lt'si çözünmüş durumda, geri kalanı ise askıda katı durumundadır. Çözünmüş ve askıdaki katılar sabit ve uçucu halde olabilirler (Taşdemir ve Erdem, 2010).

Askıda Katı Madde (AKM): Su içinde çözünmemiş halde bulunan katı maddelerdir. AKM'nin bazıları iri parçalar halinde olup çökebilmektedir. Toplam AKM şöyle hesaplanır: Belli bir miktar atıksu alınır ve 0,45 µm çaptaki porselen süzgeçten veya

filtre kağıdından süzöldükten sonra kalıntı 105⁰C sıcaklıktaki etüvde kurutularak tartılır ve böylece toplam AKM bulunur (Gürü ve Yalçın, 2010).

Toplam Azot: Mikroorganizmaların, canlıların ve hayvanların büyümesi için gerekli olan azot ve fosfor elementleri besin maddeleri veya biyostimölanlar olarak bilinir. Biyolojik büyüme için eser miktarda demir gibi diğer elementlere de ihtiyaç vardır, ancak azot ve fosfor bu durumlarda önemli olan başlıca besin maddeleridir. Azot, protein sentezinde önemli bir yapı taşı olduğundan, atıksuyun biyolojik işlemlerle arıtılabilirliğini değerlendirmek için azot verilerine ihtiyaç duyulacaktır. Yetersiz azot, atığın arıtılabilir hale getirilmesi için azot eklenmesini gerektirebilir. Taze atıksudaki azot öncelikle proteinli madde ve ürede birleştirilir. Bakteriler tarafından ayrışma, organik formu kolaylıkla amonyağa dönüştürür. Atıksuyun yaşı, mevcut amonyanın bağıl miktarı ile gösterilir. Aerobik bir ortamda bakteriler amonyak azotunu nitrit ve nitratlara oksitleyebilir. Atıksudaki nitrat azotunun baskınlığı, atığın standartlara uygun olarak stabilize edildiğini gösterir (Coşkun vd., 2018).

Toplam Fosfor: Fosfor; alglerin, tarımsal ürünlerin ve diğer biyolojik organizmaların büyümesi için gereklidir. Azotun aksine fosforun atmosfere atılabilecek gaz formu yoktur. Yüzey sularında meydana gelen zararlı alg çoğalmaları nedeniyle, günümüzde evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları ve doğal akış yoluyla yüzeysel sulara giren fosfor bileşiklerinin konsantrasyonunun kontrol altına alınmasına büyük ilgi vardır (Coşkun vd., 2018).

Önemli nütrientlerden azot ve fosfor, arıtılmış atıksuların deşarjında dikkat edilmesi gereken parametrelerdendir. Azot ve fosforun deşarjı, göl ve diğer su rezervlerinde ötrifikasyona sebep olur ve sığ sularda köklü su bitkileriyle birlikte alg büyümesini hızlandırır. Estetik olmayan görünüm ile beraber, alg ve su bitkilerinin varlığı özellikle su temini, balık üretimi ve eğlence amaçlı gibi su kullanımını engeller (DEÜ, 2023).

Sıcaklık: Oksijen sıcak suda soğuk suya göre daha az çözünür. Sıcaklık artışına eşlik eden biyokimyasal reaksiyonların hızındaki artış, yüzey sularında mevcut oksijen miktarının azalmasıyla birleştiğinde, genellikle yaz aylarında çözünmüş oksijen konsantrasyonlarında ciddi azalmalara neden olabilir.

Mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri kimyasal reaksiyonlara dayanır. Mikroorganizmaların ürettiği reaksiyonlar sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık, metabolik faaliyetleri etkilediği gibi, gaz transfer hızı ve biyolojik çamurun sedimentasyon özellikleri gibi faktörleri de etkiler (Metcalf ve Eddy, 1991).

2.2 Kentsel Atıksuları Arıtma Yöntemleri

Dünya genelinde yaşanan su kaynaklarının azalması, iklim değişikliği, hızlı nüfus artışına bağlı kontrolsüz şehirleşme ve ekolojik dengede oluşan tahribatlar gibi sebeplerden dolayı atıksu arıtımının, doğal kaynakların korunması için en uygun bir şekilde disiplinlerarası işbirliğinden kaynaklanan sürdürülebilir yenilikçi çözümler ile uygulanması elzem hale gelmiştir.

Kentsel atıksuyun arıtılmadan nehirlere, göllere, haliçlere ve denize boşaltılması insan ve çevre sağlığı açısından büyük bir tehdittir. Su kaynaklarının kalitesinin korunmasına yönelik yeterli bir politika izlenmesi ve tüm gerekli mühendislik çalışmalarının uygulanması tüm ülkelerin çevre ve halk sağlığı için çok önemli bir noktadır.

Gelişmiş ülkeler, su kirliliği sorunlarının temel aşamalarını geride bırakmış durumdadır ve şu anda mikro kirleticilerin kontrolü, kirleticilerin hassas alanlardaki etkisi veya yağmur suyunun drenajından kaynaklanan kirlilik üzerinde çalışmalarını sürdürmektedirler. Bununla birlikte, gelişmekte olan ülkeler, bir taraftan standartların sınır konsantrasyonlarını sık sık düşürme yönündeki uluslararası eğilimleri gözlemleme veya takip etme girişiminde bulunma, diğer taraftan ise çevresel bozulmanın sürekli eğilimini tersine çevirememesi gibi sürekli bir baskı altındadır. Birçok ülkede altyapı sistemleri gelişen nüfus artışıyla zor başa çıkabilmektedir (Sperling ve Chernicharo, 2002).

Günümüzde, mevcut arıtma metotlarının uygulanmasının yanı sıra, gelecekte olması muhtemel doğa olayları, arıtma tesisinin bulunduğu bölgede oluşabilecek spesifik kirleticiler ve atıksu arıtma tesisinin işletiminde ortaya çıkacak enerji ihtiyacının da hesaba katılarak kapsamlı mühendislik çözümleri üretilmelidir.

Atıksu arıtma tesisleri, ilerleyen zaman içindeki değişikliklere uyum sağlamak için modüler veya değiştirilebilir parçalar ile esnek bir yapıda tasarlanabilmelidir. İklim değişikliği, deniz seviyesinin yükselmesini ve yağmur suyu akış hacimlerini etkileyerek, kentsel hidrolojik rejimi değiştirebilir. Bu sebeplerden dolayı yeni nesil su altyapısı imkanı sağlayan teknolojiler tercih edilmelidir (Smith, 2009).

Atıksu Arıtma Tesislerinin (AAT) öncelikli amacı su kirliliği kontrolü için atıksuların arıtılmasıdır. Bu sebeple günümüzde faaliyet gösteren çoğu AAT, enerji maliyetleri talebi dikkate alınmadan tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Atıksu arıtma tesislerinde enerji tüketiminin çevresel etkisi; enerji verimliliği önlemleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, atıksu veya yan ürünlerinden enerji geri kazanımı gibi çeşitli stratejiler ile azaltılabilir. Her ne kadar atıksudan elde edilen enerji hasadının, arıtma tesislerinin enerji ihtiyacına yeterli olduğu kanıtlanırsa da bu konuda yapılacak bir çok iyileştirmelere ihtiyaç vardır (Fraia vd., 2018).

2.2.1 Birincil arıtma yöntemleri

Bu arıtma aşamasının temel amacı, bir yandan daha sonraki aşamada biyolojik olarak işlenebilen homojen bir sıvı elde etmek, diğer yandan elde edilebilir ve ayrı ayrı işlenebilir hale getirmektir. Çökeltme havuzları genellikle pelvik tabandaki çamuru toplamaya yardımcı olan mekanik ekipmanlarla donatılmıştır ve buradan sonraki aşamalarda arıtmaya pompalanır. Ayrıca yüzen malzemeyi çıkarmak ve arıtılmış su akışını bertaraf etmek için kullanılır. Ayrıca, mekanik ekipman homojen suyu bir sonraki arıtma aşamalarına aktarmaktır. Bu ilk aşamada, malzemelerin su yüzeyinde yüzmesine yardımcı olmak ve katıların dibe çökmesine yardımcı olmak için bazı kimyasallar kullanılır. Malç, birincil arıtmadan türetilir, birincil malç. Bu işlem, BOD endeksini, biyolojik olarak parçalanabilir organik madde ile kirlenme seviyesini %20-30'dan fazla azaltabilir ve toplam TSS'yi %50-60'tan fazla azaltabilir. Birincil arıtma, atıksu içerisindeki yüzebilen ve çökelebilen maddelerin fiziksel yöntemler ile sudan uzaklaştırılması işlemlerini kapsamaktadır. Atıksu arıtımının ilk kademesini oluşturur ve diğer arıtma yöntemlerinden önce gelir. Fiziksel arıtım üniteleri, kendinden sonraki kimyasal ve biyolojik arıtma ünitelerinin daha verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağlar. Yüzen havuzlar ve çökeltme havuzları olmak üzere ikiye ayrılır.

Birincil arıtma süreçleri, başlangıçta fiziksel dünyanın gözlemlerinden türetildiği için, bunlar kullanılacak ilk arıtım yöntemleriydi. Bugün birincil arıtma süreçleri, çoğu atıksu arıtma sisteminin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Atıksuyun birincil arıtımında en yaygın olarak kullanılan fiziksel temel işlemler; kaba katıların azaltılması, yer çekimiyle ayırma, kum giderme, birincil çöktürme ve yüzdürme işlemlerinin bir kısmını veya tamamını içerir (Metcalf ve Eddy, 2014).

Birincil arıtma birimleri, kaba ve ince ızgara, dengeleme havuzu, kum tutucu ve ön çöktürmeden oluşmaktadır.

- **Izgaralar**

Arıtma tesisine gelen atıksularını içerisinde bulunan büyük boyutlu maddelerin, arıtma ekipmanlarına zarar vermesini önleyen arıtım üniteleridir. Bu maddeler atıksu arıtma tesisinin girişinde atıksudan alınarak, pompa ve diğer ekipmanlar korunmakta ve kirlilik yükü azaltılmaktadır (George ve Edward, 1987).

Izgaralar, kaba ızgara ve ince ızgara olmak üzere iki çeşittir. Kaba ızgaralar, arıtma tesisinin en başında ve 40 mm'den iri maddelerin mevcut mekanik ekipmanlara zarar vermemesi ve boru hatlarında tıkanıklık oluşturmaması (çöp, naylon, ahşap malzeme v.b) için tutulması ve uzaklaştırılması için kullanılırlar (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2010).

İnce elekler, özellikle membran biyoreaktör ekipmanlarının çalışmasını engelleyebilecek maddeleri büyük oranda ortadan kaldırdığı için elekler yerine tercih edilebilir (Metcalf ve Eddy, 2014).

- **Dengeleme Havuzu**

Atıksu arıtma tesislerinde kullanılan dengeleme havuzu prosesleri; atıksuyun karakterizasyonunda şok etki oluşturabilecek değişiklikleri minimum seviyeye indirmek ve atıksuyun sistem ünitelerine homojen bir şekilde akışını sağlamak gibi önemli görevleri yerine getirmektedir. Bununla beraber, atıksuyun homojen bir hale

gelmesini sağlamak ve AKM çökmesini engellemek için karıştırma işlemi uygulanmalıdır (Arceivala, 1998).

Kimyasal arıtmada kütleli yüklemenin azaltılması, kimyasal besleme kontrolünü ve proses güvenilirliğini artırır (Metcalf ve Eddy, 2014).

Dengeleme havuzlarında karıştırma işlemi mekanik olarak ya da difüzörler aracılığıyla yapılır. Difüzörler ile karıştırma işleminde; yeterli güce sahip blower motorları aracılığıyla difüzörlere oksijen taşınır. Bu şekilde dengeleme havuzunda karışım sağlanarak hem homojen bir yapı sağlanmış olur, hem de biyolojik arıtım öncesinde atıksuya oksijen kazandırılmış olur.

- **Kum Tutucu**

Arıtma tesisine gelen atıksuların içerisinde bulunan kum, çakıl vb. inorganik maddelerin proseslere zarar vermesini engellemek ve birikimini engellemek amacıyla kum tutucular kullanılır (George ve Edward, 1987).

Kum tutucularda sadece, inorganik maddelerin çökmesi istenir. Çökmesi halinde koku problemine sebep olabilecek organik maddelerin çökmesi istenmez (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2010).

- **Ön Çöktürme Havuzu**

Sedimentasyon yoluyla arıtmanın amacı, atıksu içinde bulunan kolayca çökebilen maddeleri uzaklaştırmak ve böylece askıdaki katı madde içeriğini azaltmaktır. Ön çöktürme (birincil sedimentasyon) işlemi sonrası, askıdaki katıların yüzde 50 ila 70'i ve BOİ'nin yüzde 25 ila 40'ı birincil çöktürme tankları tarafından giderilebilir. Çöktürme tankları aynı zamanda, aşırı yağış sonucu oluşabilecek taşkınları önlemek için de orta düzeyde bir bekletme süresi sağlamak için yağmur suyu tutma tankları olarak da kullanılmıştır (birleşik kanalizasyonlardan ve fırtına kanalizasyonlarından gelen taşmalar için 10 ila 30 dakika). Çöktürmenin amacı, aksi takdirde doğrudan kanalizasyona boşaltılacak olan organik katıların önemli bir kısmını uzaklaştırmaktır (Metcalf ve Eddy, 2014).

2.2.2 İkincil arıtma yöntemleri

Bu arıtma, atıksuda bulunan organik maddelerin %90'ından fazlasını biyoremediasyon süreçleriyle giderebilir. Ayrıca, ilk arıtma aşamasından buharlaşan çözünmüş organik maddeleri de giderir. Biyolojik arıtma süreci, organik maddeleri besin olarak tüketen ve bunları metabolizmanın son ürünlerine, karbondioksite, suya ve enerjiye dönüştüren mikroorganizma grupları tarafından gerçekleştirilir (Karia ve Christian, 2006).

İkincil arıtım olarak bilinen biyolojik arıtım; atıksuda bulunan çözünmüş ve partikül halindeki biyolojik olarak parçalanabilen bileşenleri kabul edilebilir son ürünlere dönüştürmek, askıda kalan ve çökelmeyen kolloidal katıları yakalayıp biyolojik bir çökelti içerisinde toplamak, azot ve fosfor gibi besin maddelerini uzaklaştırılabilecek formlara dönüştürme ve uzaklaştırma gibi işlemlerin mikroorganizmalar yardımıyla biyolojik yöntemlerle gerçekleştirilmesidir (Metcalf ve Eddy, 2014).

Biyolojik işlemlerin atıksu akışına uygulamasındaki temel etken, çözünebilir organik maddenin uzaklaştırılmasıdır. Bu, mikroorganizmaların onu bir besin kaynağı olarak kullanması ve içindeki karbonun bir kısmını yeni biyokütle, geri kalanını da karbondioksite dönüştürmesiyle meydana gelir. Karbondioksit bir gaz olarak açığa çıkar ve biyokütle, sıvı katı ayırma yoluyla uzaklaştırılarak atıksuyun orijinal organik maddeden arındırılması sağlanır. Biyolojik arıtım aerobik ve anaerobik proseslerle gerçekleştirilebilir.

Orijinal organik maddedeki karbonun büyük bir kısmı karbondioksite oksitlendiğinden, çözünebilir organik maddenin uzaklaştırılmasına sıklıkla karbon oksidasyonu da denir. Aerobik mikroorganizma kültürleri, biyolojik olarak parçalanabilen kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) olarak 50 ila 4000 mg/L konsantrasyon aralığındaki organik maddenin uzaklaştırılması için özellikle uygundur. Deşarj için uygun bir atıksu sağlamak amacıyla sıklıkla aerobik kültürler tarafından takip edilmelerine rağmen, oksijene ihtiyaç duymamaları, daha az fazla biyokütle vermeleri ve kullanılabilir bir ürün olarak metan gazı üretmeleri nedeniyle yüksek mukavemetli atıksular için anaerobik kültürler sıklıkla kullanılır. Çoğu atıksu, çökeltme yoluyla giderilemeyen kayda değer miktarlarda kolloidal organik madde içerir. Çözünür organik maddenin uzaklaştırılması için biyokimyasal bir işlemle işlendiklerinde, kolloidal organik maddenin büyük bir kısmı

biyokütle tarafından hapsedilir ve sonuçta daha fazla biyolojik aktiviteye dirençli olan stabil son ürünlere dönüştürülür. Bu tür kararlı son ürünlerin oluşumuna stabilizasyon adı verilir. Çözünmeyen organik madde, atıksuyun kendisinden ve çözünebilir organik maddeyi uzaklaştıran mikroorganizmaların büyümesinden kaynaklanır. Bu katılar çökeltme yoluyla atıksudan uzaklaştırılabildiğinden, normalde biyokimyasal yollarla stabilizasyona tabi tutulmadan önce çökeltme yoluyla konsantre edilirler. Stabilizasyon hem aerobik hem de anaerobik olarak gerçekleştirilir, ancak anaerobik stabilizasyon enerji açısından daha verimlidir. Stabilizasyonun son ürünleri, daha fazla biyolojik aktiviteye nispeten dirençli olan karbondioksit, inorganik katılar ve çözünmeyen organik kalıntılardır. Ayrıca metan gazı anaerobik operasyonların bir ürünüdür (Jr. vd., 2011).

Kentsel atıksuların arıtılmasında en çok tercih edilen biyolojik arıtma yöntemlerinden birisi de aktif çamur metodudur. Bu sistemde organik kirlilik, askıdaki mikroorganizmalar ile giderilir.

Aerobik mikroorganizmaların askıda tutulması için, aktif çamur kültürünün bulunduğu havuz içi karışımı sağlayan difüzörler kullanılabilir. Difüzörlerden yayılan hava ile hem mikroorganizmalar için gerekli oksijen miktarı temin edilir, hem de havuz tabanındaki mikroorganizmaların askıdaki organik maddeler ile temas etmesi sağlanır.

Mikroorganizmaların, besin olarak algıladığı atıksudaki organik kirleticiler ile yeterli sürede temas etmesinden sonra atıksu çökeltim havuzlarına alınır. Bu bölmede, yoğunlaşmış yumaklar haline gelen mikroorganizma kültürü havuz dibine çökerek sudan ayrılmaya başlar. Üst kısımdaki durulan sular savaklanarak deşarj kriterlerine uygun hale getirilir ve sistemden ayrılır.

Çökelen tabaka çamur olarak nitelendirilir ve bir kısmı aktif çamur sistemine besin/mikroorganizma oranını sağlamak amacıyla geri gönderilir.

Aerobik ve anaerobik terimleri, belirli bir atıksuda organik kirliliklerin ayrışmasında yer alan bakteri veya mikroorganizmaların türüyle ve biyoreaktörün çalışma koşullarıyla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, aerobik arıtma süreçleri oksijen varlığında gerçekleşir ve organik kirlilikleri stabilize etmek için moleküler/serbest oksijen kullanan, yani

bunları karbondioksite, suya ve biyokütleyle dönüştüren mikroorganizmaları (aeroblar olarak da adlandırılır) kullanır. Öte yandan, anaerobik arıtma süreçleri, organik kirlilikleri asimile etmek için havaya (moleküler/serbest oksijene) ihtiyaç duymayan mikroorganizmalar (anaeroblar olarak da adlandırılır) tarafından havanın (ve dolayısıyla moleküler/serbest oksijenin) yokluğunda gerçekleşir. Anaerobik arıtmada organik asimilasyonun nihai ürünleri metan ve karbondioksit gazı ve biyokütledir (Mittal, 2011).

2.2.3 Üçüncül arıtma yöntemleri

Atıksu içinde bulunan birtakım kirleticilerin tamamının arıtılmasında birincil ve ikincil arıtma sistemleri yeterli olmayabilir. Bu kirleticiler AKM, organik ya da inorganik maddeler olabildiği gibi amonyak, azot, fosfor gibi nütrientler de olabilmektedir. Bu kirleticilerin çevreye olan olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması ve atıksuyun sağlaması gereken deşarj standartlarına getirilmesi için ilave arıtma sistemlerinin kullanılması gereklidir. Arıtılmış suyun içeriğini iyileştirmek ve ilgili olduğu standarda getirmek amacıyla kullanılan fiziksel, kimyasal ya da biyolojik nitelikli sistemler, ileri arıtma sistemi olarak isimlendirilirler (Erbilgin, 2021).

Nütrientlerden azot ve fosfor arıtılmış atıksuların deşarjında önemli parametrelerdendir. Azot ve fosforun deşarj edilmesi, göl ve rezervuarlarda ötrofikasyonu hızlandırır ve sığ sularda köklü sucul bitkilerle birlikte alg büyümesini teşvik eder (Dereli vd., 2017).

Ötrofikasyonun gerçekleşmesine katkıda bulunan temel nütrientler azot ve fosfordur. Bu nütrientler büyümeyi sınırlayıcı özelliğe sahip olduğundan; azot ve fosfor tükenirse algler artık büyüyemez. Bu nütrientler sadece ötrofikasyona sebep olmazlar. Amonyak, su ortamındaki yaşam için küçük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösterir. Amonyakın nitrite/nitrata oksidasyonu sırasında su kütlesindeki çözülmüş oksijen konsantrasyonu ciddi şekilde tükenebilir. Hemoglobine oksijenden daha fazla ilgisi olan ve dolayısıyla kan dolaşımında onun yerini alan nitritin, bebeklerde methemoglobinemia yani “mavi bebek” hastalığına neden olduğu bulunmuştur (Liu ve Lipták, 1999).

Fosfor, göl gibi sucul ortamlarda alg gelişimi açısından sınırlayıcı bir besindir, dolayısıyla ötrofikasyondan sorumludur. Bu nedenle alıcı ortamlara deşarj edilmeden önce atıksulardan giderilmesi gerekir (Bitton, 1994).

Fosfor kaynakları arasında insan atıkları, gübre, deterjanlar, gıda endüstrisi, su yumuşatıcılar ve fosforik asit (metal kaplama) bulunur (Curtin vd., 2011).

Atıksularda fosfor; ortofosfat (PO_4^{3-}) (fosforun %50-70'i), polifosfatlar (P_2O_7) ve organik bağı fosfat halinde bulunur. Polifosfatlar ve organik bağı fosfatlar, hidroliz işlemi ile ortofosfatlara ve serbest fosfatlara ayrıştırılır (Sponza, 2004).

Atıksudaki ortalama toplam fosfor (inorganik ve organik formlar) konsantrasyonu 10-20 mg/l aralığındadır ve bunun büyük kısmı deterjanlardaki fosfattan gelmektedir. Ortofosfat, biyolojik olarak arıtılmış atıksularda fosforun yaklaşık %90'ını içerir. Fosfor, atıksudan kimyasal yollarla uzaklaştırılır; ancak biyolojik işlemlerle de uzaklaştırılabilir. Atıksu arıtma tesislerinde fosfor gideriminden çeşitli biyolojik ve kimyasal mekanizmalar sorumludur:

- pH ve Ca, Fe, Al gibi katyonlarla kontrol edilen kimyasal çöktürme,
- Atıksu mikroorganizmaları ile fosfor asimilasyonu,
- Mikroorganizmalar tarafından polifosfat birikimi,
- Mikroorganizma aracılı geliştirilmiş kimyasal çökeltme (Bitton, 1994).

Azot ve fosfor giderimi

Başta tarım ve kentleşme olmak üzere insan faaliyetleri, su ortamlarına azot ve fosfor bulaşmasına sebep olmuştur. Azot ve fosfor, ötrofikasyona sebep olan algler için besin maddesi işlevini görmektedir. Alglerin büyüyüp çoğalması bu elementlere bağı olduğundan dolayı azot ve fosfor algler için büyümeyi sınırlayıcı nütrientler olarak bilinir. Bu nütrientlerin zenginleşmesiyle gerçekleşen ötrofikasyon sonucu, su ekosistemlerinin yapısı bozulur, biyolojik çeşitlilik ve ekosistemin sürdürülebilirliği tehlike altına girmiş olur (Wang vd., 2012).

- **Azot giderimi**

İnsanların beslenme yoluyla aldıkları proteinler boşaltım yoluyla üre olarak atılırlar. Kanalizasyon aracılığıyla atıksulara karışan üre, bu ortamda amonyağa dönüşür ve evsel nitelikli atıksulardaki azot kaynağının büyük bir kısmı bu şekilde oluşur (Eprem, 2015).

Azot formlarından çözülmüş organik azot atıksuda daha çok üre ve amino asit halinde bulunur. Katı halde bulunan organik maddeler ise ön çökeltim ile giderilir. Biyolojik arıtım esnasında, organik azotun birçoğu amonyum ve diğer inorganik formlara dönüşürken amonyumun bir kısmı da mikroorganizmalar tarafından hücre sentezinde kullanılır. Bu nedenle biyolojik arıtma ile toplam azotun en fazla %30'u giderildiği söylenebilir (DEÜ, 2023).

Biyolojik olarak azotun uzaklaştırılması için iki temel mekanizma vardır: Asimilasyon ve nitrifikasyon-denitrifikasyon. Biyolojik olarak arıtılmış çıkış sularında azotun %90'ı, amonyak formunda bulunmaktadır. Atıksuda bulunan amonyak miktarı ölçülerek atıksuyun oluşum zamanıyla ilgili bilgi edinilebilmektedir. Amonyak miktarının çokluğu atıksuyun tazeliği ile paraleldir. Azotun bir nütrient olmasından dolayı, atıksuda bulunan mikroorganizmalar amonyak azotunu stabilize ederek hücre kütlesine dönüştürmektedir. Bu amonyak azotunun bir bölümü, hücrelerin ölüm ve parçalanmasıyla tekrar atıksuya dönmektedir. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon işlemlerinde ise azotun giderimi iki dönüşüm kademesiyle gerçekleştirilebilmektedir. İlk kademe, nitrifikasyon ile amonyağın nitrosomonas bakterileri aracılığıyla nitrate indirgenmesidir. Fakat bu aşamada azot sadece değişikliğe uğramış ve henüz giderilmemiştir. İkinci kademe olan denitrifikasyonda, nitrat, nitrobakter türündeki bakteriler yardımıyla gaz şeklinde ürünlere çevrilerek uzaklaştırılmış olmaktadır (Vigil, 2003).

Toplam azot: Organik azot, serbest, amonyak, nitrit ve nitrat azotlarının toplamından oluşmaktadır.

- **Fosfor Giderimi**

Atıksuda bulunan mikroorganizmalar için önemli bir besin maddesidir. Fosfor hem bitkilerde hem de hayvanlarda bulunur. İnsan vücudunda kemikler, dişler, sinirler, kas dokuları ve nükleik asitler fosfor içerir. İnsan vücudu fosforu, yumurta, fasulye, bezelye ve süt gibi tükettiği yiyeceklerle alır. Boşaltım yoluyla atılan fosfor, kanalizasyon hattı aracılığıyla atıksulara karışır. Atıksulardaki fosforun bir diğer önemli kaynağı da başta deterjan üretimi yapan kuruluşlar olmak üzere çeşitli endüstriyel faaliyetlerdir (Sincero ve Sincero, 2002).

Birçok atıksuda, çözünmemiş halde bulunan ve sudaki fosfor oranının yaklaşık %10'unu oluşturan katı formdaki fosfor ön çöktürme ile giderilir. Biyolojik fosfor giderimi ise, mikroorganizmaların strese sokularak hücre büyümesi için gerekenden daha fazlasını adsorplamaları esasına dayanır. Birçok biyolojik arıtma metotları, kimyasal arıtım yöntemlerine alternatif olarak geliştirilmiştir (DEÜ, 2023).

Atıksularda fosfor; ortofosfat (PO_4^{3-}) (fosforun %50-70'i), polifosfatlar (P_2O_7) ve organik bağlı fosfat formlarında bulunur. Polifosfatlar ve organik bağlı fosfatlar hidroliz tepkimeleri ile ortofosfatlara ve serbest fosfatlara ayrılarak mikroorganizmaların kullanabileceği forma dönüşür. Mikroorganizmalar fosforları hücre zarlarındaki fosfolipitlerin, nükleik asitlerin ve ATP'nin sentezinde kullanırlar. Bu şekilde, atıksuda bulunan fosfor giderilmiş olur. Biyolojik fosfor giderimi aerobik ve anaerobik olarak iki aşamada gerçekleşir (Shelknanloymılan vd., 2012).

Atıksuların ön arıtımı, partiküler organik madde ile ilişkili fosforun yalnızca %5-15'ini giderir ve geleneksel biyolojik arıtmada önemli miktarda fosfor giderimi gerçekleşmez ve tutulan fosforun çoğu çamura aktarılır (Bitton, 1994).

2.3 Kentsel Atıksuların Arıtımında Tercih Edilen İleri Biyolojik Arıtma Yöntemleri

Azot ve fosforun giderilmesi için biyolojik nütrient giderim yöntemlerinin kullanılması gerekir. Biyolojik nütrient giderme konfigürasyonları, aerobik, anaerobik ve anoksik reaktörler dahil olmak üzere arıtımın yapılacağı reaktör bölgelerinin sırasına ve çevresel

koşullara göre değişir. Biyolojik nütrient giderme sistemleri, atıksu arıtma prosesindeki besin maddelerini uzaklaştırmak veya fosfor veya azotu seçici olarak uzaklaştırmak için uygulanabilir (Smith, 2011).

Geleneksel kentsel atıksu arıtma tesisleri, daha önce düşünülen daha uzun vadeli etkilere sahip olabilecek mikro kirleticileri gidermek için tasarlanmamıştır. Bu sorunu çözmek için gelişmiş arıtma teknolojileri tam ölçekte kullanılmaktadır (Pesqueira vd., 2020).

Endüstriyel üretimde kimyanın giderek artan rolü ve analitik teknolojideki gelişmeler nedeniyle çevrede, atık ve besleme suyunda ortaya çıkan kirleticilerin tespiti artmaktadır. Bunlar genellikle 'ortaya çıkan endişe verici kirleticiler' terimi altında bir grup olarak ele alınır, çeşitli ve her yerde bulunur ve sıklıkla amaçlarını, kullanımlarını veya diğer özelliklerini tanımlayan kategorilere ayrılır. Bu kirleticiler su kullanımını, insan sağlığını ve ekosistem bütünlüğünü olumsuz etkileyebilir ve insan ve hayvan dışıklarında kalan farmakolojik prensiplerin düşük kalıcı dozları nedeniyle antibiyotiklere dirençli bakterilerin yayılmasına neden olabilir. Sadece Almanya'da yılda yaklaşık 16.000 ton atılan farmasötik ve kişisel bakım ürününün (PPCP) tuvaletlere atıldığı veya evsel atıklarla atıldığı ve sonunda doğal sulara ulaştığı tahmin edilmektedir. Çevresel ve özellikle su temin sistemlerindeki bu kirleticilerin çevrimiçi ölçümü henüz tatmin edici bir şekilde ele alınmamış çok hassas bir konudur. Hem içilebilir olmayan hem de içme amaçlı atıksuyun yeniden kullanımına yönelik artan eğilimlerle daha sağlam su ve atıksu arıtımının geliştirilmesini teşvik etmektedir. Bununla birlikte, mevcut son teknoloji atıksu arıtma tesislerinde bile, bu kirleticiler giderilebilir ancak tatmin edici seviyelere indirgenemeyebilir: Örneğin adsorpsiyon, iyon değişimi, ters ozmoz ve membran nano/ultra filtrasyon gibi birçok mevcut gelişmiş işlem, kirleticileri yalnızca yoğunlaştırır, bunları bozmaz veya nihai olarak ortadan kaldırmaz ve bu adımı sonraki bir aşamaya bırakır. Gelişmiş bozunma teknolojilerinin kullanılmasıyla bile, bu bileşikler yalnızca kısmen dönüştürülebilir ve muhtemelen tehlikeli yan ürünlere veya ara ürünlere dönüştürülebilir. Dahası, dönüşüm yolları genellikle hala belirsiz olabilir. Birçok çalışma, biyolojik, kimyasal veya yüzey işlemlerine tabi tutulan birçok bileşiğin tamamen parçalanmadığını (mineralize olmadığını) ancak atıksuda dönüşüm yan ürünleri olarak sonlanabileceğini veya kalan katı fazda (yani, fazla çamur) birikebileceğini göstermiştir. Bu artıklar, daha sonra, yan

ürünlerin çevresel dağılımını önlemek için ek işleme gerektirir. Bu kirleticilerin eksik giderilmesi ($\mu\text{g/L}$ - ng/L konsantrasyon aralıklarında bile) çevre ve insan sağlığı üzerinde potansiyel uzun vadeli olumsuz etkilerle ilişkilendirilmiştir (Capodaglio, 2020).

Denitrifikasyonlu fosfor giderimi, kayda değer enerji tasarrufu, daha az çamur üretimi, yükseltilmiş etkinlik ve azaltılmış karbon kaynağı gereksinimleriyle sonuçlanan oldukça umut verici bir süreç gibi görünmektedir, bu nedenle evsel atıksuda bulunan sınırlı karbon kaynaklarından verimli bir şekilde faydalanılabilir. Ayrıca, düşük karbonlu/azotlu atıksulardan azot giderimini ve fosfor geri kazanımını yoğunlaştırmak için ana akım uygulamalarında harici karbon kaynağı ilavesi olmaksızın arkeal amonyum oksidasyon-anammox-modifiye denitrifikasyon fosfor giderim proseslerinin birleştirilmesi de önerilir (Rout vd., 2021).

Kentsel bir atıksu arıtma tesisinin tasarımı yapılırken atıksuyun kirlilik profilinin gelecek zamanla değişimi de göz önünde bulundurulmalı ve mikroplastikler, mikrokirleticiler ve deşarj kriterlerinde olmamasına rağmen önemli çevresel etkilere sahip diğer kirleticilerin de olabileceği düşünülerek optimum arıtma verimini sağlayabilecek metotlar tercih edilmelidir.

2.3.1 A²/O prosesi

Azot ve fosforun eş zamanlı olarak giderimini sağlayan A²/O Prosesi'nin zengin operasyon deneyimi, hidrolik tutma süresi ve fazla çamur birikmesine engel olma gibi birçok avantajları vardır. Fiziksel arıtmadan geçen atıksu sırasıyla anaerobik, anoksik ve oksik bölmelerden geçirilir (Xun ve Lei, 2013).

A²/O (Anaerobik-Anoksik-Oksik) prosesi; A/O prosesine, denitrifikasyon tepkimesinin gerçekleşmesi için bir anoksik bölüm eklenmesiyle oluşturulan bir procestir. Anoksik kademedede kalma süresi yaklaşık olarak 1 saattir. Oksik kademedede amonyum azotu önce nitrata çevrilir, sonra anoksik bölümde azot gazına çevrilerek azot giderimi sağlanır. Anoksik kademedede çözülmüş oksijen az miktarda bulunur, ancak geri devirle oksijenli bölümden sisteme verilen nitrit ve nitrat formundaki kimyasal bağlı oksijen bulunmaktadır. 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. Çıkış suyunda filtrasyon olmadığında, fosfor konsantrasyonu 2 mg/L'den daha az görülebilmektedir. Ancak, çıkış suyunun filtrasyonu ile fosfor konsantrasyonu 1.5 mg/L'den daha düşük değerlerde olabilir (Metcalf ve Eddy, 2014).

2.3.2 UCT prosesi

Kentsel atıksu arıtımında en yaygın olarak uygulanan biyolojik besin maddesi giderimli aktif çamur sistemlerinden birisi de Cape Town Üniversitesi (UCT) tarafından tasarlanan procestir. UCT prosesi, gerçek anaerobik koşulların sürdürülmesi ve dolayısıyla biyolojik fosfor salınımına izin verilmesi için çok önemli olan anaerobik temas bölgesine nitratın etkisini en aza indirecek şekilde tasarlanmıştır (Wentzel ve Ekama, 1997).

UCT prosesinde aktif çamur, havalı bölüm yerine, anoksik bölüme geri döndürülür ve iç sirkülasyon ise anoksik bölümden havasız bölüme doğrudur. Aktif çamur kültürünün anoksik kademeye geri devri ile nitratın anaerobik kademeye girişi engellenmiş olur ve böylece anaerobik kademedeki fosforun açığa çıkması olayı daha iyi bir şekilde sağlanır. İç sirkülasyon ise anaerobik kademedeki daha çok organik madde kullanımını sağlar. Anoksik kademedeki bulunan kültür, önemli oranda çözünmüş BOİ ve az oranda da nitrat içerir. Anoksik karışımın geri dönüşü, anaerobik kademedeki fermantasyon hızı için uygun koşulları sağlar (Metcalf ve Eddy, 2003).

2.3.3 Johannesburg prosesi

Güney Afrika şehri Johannesburg'da tasarlanan procesta, zayıf atıksular için biyolojik fosfor giderimini en üst seviyeye çıkarabilme amacıyla anaerobik bölüme nitrat girişini en aza indirmeye hedeflenmiştir ve UCT gibi proseslere alternatif olması için tasarlanmıştır. Geri devir aktif çamuru anaerobik bölüme beslenmeden önce karışım sıvısındaki nitratı azaltmak için yeterli bekletme süresine sahip olan anoksik bir bölüme yönlendirilir. Nitrat indirgenmesi karışık sıvının içsel çözünüm hızı ile yürütülür ve anoksik bölge bekletme süresi, karışık sıvı konsantrasyonu, sıcaklık ve geri devir çamur akımındaki nitrat oranına bağlıdır. UCT prosesi ile kıyaslandığında, yaklaşık olarak 1

saat bekletme süresine sahip olan anaerobik bölgede daha yüksek MLSS konsantrasyonu korunabilir (Tchobonaglou vd., 2003).

2.3.4 Beşkademeli bardenpho prosesi

Bardenpho prosesi 1970'li yıllarda Güney Afrika'daki tam ölçekli tesislerde geliştirilerek uygulamalara başlanmıştır. Mukavemeti yüksek atıksularda yapılan testler esnasında azot giderimiyle beraber fosfor gideriminin de gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bunun üzerine 4 kademedan oluşan Bardenpho Prosesi, anaerobik kademenin eklenmesiyle 5 aşamalı sistem haline getirilmiştir (Ahadi, 2017).

Akarsularda, göllerde ve kıyı haliçlerindeki azot ve fosfor atık yükleri alg çoğalmasına, ötrofikasyona ve düşük oksijen seviyelerine neden olabilir. Atıksudan biyolojik azot ve fosfor giderimi süreci yaygın olarak kabul görmüştür. Azot giderimi aerobik-anoksik aşamalar gerektirirken, fosfor giderimi dönüşümlü anaerobik-aerobik aşamalar gerektirir. Tipik konvansiyonel biyolojik besin giderimi sistemleri üç ardışık ayrılmış aşamayı içerir: anaerobik/anoksik/aerobik, ikincil bir çöktürücü ile sonlanır. 5 Aşamalı Bardenpho işlemi, dönüşümlü anaerobik/aerobik/anoksik/aerobik aşamaları olan sürekli akışlı askıda büyüme işlemidir, ancak hem azot giderimi hem de gelişmiş fosfor giderimi için tesisin başlangıcında ek bir reaktör kullanılır. Genel işlem, işlemin her aşamasının aşağıda açıklandığı gibi belirli arıtma koşulları sağladığı geleneksel bir aktif çamur işlemine benzerdir: Aşama 1 reaktörü fermantasyon aşaması olarak hizmet eder. Çok çeşitli organizmalardan oluşan aktif çamur, berraklaştırıcıdan fermantasyon reaktörüne geri dönüştürülür. Bu çamur, sonraki aerobik aşamalarda büyük miktarda fosforun biyolojik olarak giderilmesine olanak tanıyan uygun stres koşulları üretmek için tesis girişiyle karıştırılır. Organizma stresi, çözünmüş oksijen ve nitratların yokluğunda meydana gelir. Aşama 2 reaktörü, ilk anoksik aşama olarak hizmet eder. Üçüncü aşama reaktöründen gelen nitrat bakımından zengin karışık sıvı, oksijen yokluğunda fermantasyon reaktöründen gelen şartlandırılmış atıksu ile karıştırılır. Bakteriler, nitratta bağlı oksijeni kullanarak atıksudaki karbonlu BOD'yi sindirir ve böylece nitratı atmosfere salınan gaz halindeki nitrojene indirger. Gelen nitrojenin yaklaşık üçte ikisi bu aşamada uzaklaştırılır. Aşama 3 reaktörü, ilk nitrifikasyon aşaması olarak hizmet eder. BOD ve amonyağı oksitlemek için oksijen verilir. BOD yeni hücre kütesine ve karbondioksit döndürülür. Amonyak nitrite, ardından nitrata

dönüştürülür. Bu aşamadaki karışık sıvı, denitrifikasyon için Aşama 2'nin başına geri devredilir. Fosforun organizmalar tarafından alınması da bu aşamada gerçekleşir. Aşama 5 reaktörü, yeniden havalandırma aşaması olarak hizmet eder. Çamurun septik hale gelmesine izin verilirse, fosfor son çökelticiye salınabilir (Emara vd., 2014).

Atığın yeniden havalandırılması, karışık sıvıya ek oksijen verir ve son çökelticiye daha iyi çökme için aerobik kalmasını sağlar. Çökmüş fosfor açısından zengin çamur, tüm sürecin yenilenmesi için ilk aşamanın başına geri döndürülür (Ahn vd., 2010).

2013 yılında bir atıksu arıtma tesisinde Bardenpho prosesinin giderim veriminin incelenmesi için yapılan bir çalışmada tesislerin giriş ve çıkışlarından numuneler toplanmıştır. Numuneler; BOI_5 , KOI , toplam azot, nitrit, nitrat, toplam fosfor ve diğer parametrelerin belirlenmesi için standart prosedürler izlenerek analiz edilmiştir. Sonuçlar arıtılmış suyun bazı aylarda iyi olmadığını göstermiştir. Mevcut sistemin yetersiz kaldığı görülünce, seçilen pilot tesiste atıksuyun kalitesini iyileştirmek ve daha fazla kirleticiyi gidermek için Bardenpho prosesleri oluşturulmuştur. 4 aşamalı Bardenpho'nun ilk iki aşaması anoksik ve oksik aşamalarını içerir. Üçüncü aşama, birincil anoksik bölgeye geri dönüştürülmeyen akışın bir kısmının denitrifikasyonunu sağlamak için ikincil bir anoksik bölgedir. Dördüncü ve son bölge, berraklaştırmadan önce herhangi bir nitrojen gazını sıyırıp çözünmüş oksijen konsantrasyonunu artırmaya yarayan bir yeniden havalandırma bölgesidir. 4 aşamalı bardenpho pilot tesisi için; kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI_5), toplam askıda katı maddeler, toplam azot (Toplam-N) ve toplam fosfor açısından ortalama giderim verimliliği sırasıyla %97, %98, %97, %97 ve %50 olmuştur. 5 aşamalı bardenpho pilot tesisi için; kimyasal oksijen ihtiyacı (KOI), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI_5), toplam askıda katı maddeler, toplam azot (Toplam-N) ve toplam fosfor açısından giderim verimliliği sırasıyla %99, %99, %99, %99 ve %90 olmuştur (Emara vd., 2014).

2.3.5 Virginia tipi prosesi (VIP)

VIP (Virginia Initiative Plant: Virginia Girişimi Projesi) prosesi, UCT prosesiyle benzerlik göstermektedir. Akış şeması, UCT prosesinin akış şemasıyla aynıdır. VIP prosesi, UCT prosesinden iki önemli alanda farklılık gösterir: Anaerobik, anoksik ve aerobik bölgeler için aşamalı reaktörlerin kullanımı ve yüksek hızlı modda işletim. VIP

prosesinin yüksek hızlı işletim modunun, A²/O ve UCT proseslerine kıyasla üstün fosfor giderme kapasitesi ile sonuçlandığı bildirilmiştir (KEI, 1993).

2.4 Membran Biyoreaktör

Su ve atıksu arıtımında kullanılan membran teknolojileri, sudan ayrılması istenilen bileşenlerin yapı ve boyutlarına göre seçici geçirgenlik prensibi ile sudan uzaklaştırılmasını sağlar. Suyun membran filtrelerden geçirilerek istenmeyen bileşiklerin ayrılmasında; basınç, konsantrasyon, elektriksel potansiyel ve sıcaklık farkı gibi işlemlerden yararlanır. Membranlar sınıflandırılırken birçok farklı parametreler kullanılabilir. Bunlardan bazıları; gözenek çaplarına göre, geometrik yapılarına göre ve morfolojik yapılarına göre yapılan sınıflandırma çeşitleridir. Dolayısıyla membran seçiminde atıksuyun karakteristiği ve kullanılacak membranın özelliklerini de göz önünde bulundurmak gerekiyor (Min JC, Wang LN, 2011).

Membran teknolojileri ile biyolojik arıtma proseslerinden olan aktif çamur prosesinin entegre edilmesiyle oluşturulan sistemlere membran biyoreaktör denir. Membran biyoreaktör sistemleri, organik madde ve askıda katı madde gibi kirleticilerin giderimini sağlamak amacıyla atıksu arıtımında kullanılır. Biyolojik arıtımda giderilmesi istenen bileşikler, membranların yapısı ve gözenek çapının büyüklüğüne göre etkileşim gösterirler. Membranın gözenek çapından daha büyük boyutlara sahip olan bileşenler membran yüzeyinde tutulurken, daha küçük çaplı bileşenler ve akışkanlar membrandan geçerler ve ayrışma işlemleri bu şekilde tamamlanır. Membran biyoreaktör prosesi, aerobik ya da anaerobik olarak işletilmektedir. Membran biyoreaktörler, yüksek organik kirletici içeren atıksularda tercih edildiği gibi aynı zamanda katı atıklardan oluşan sızıntı sularının arıtılmasında, yer altı sularının filtrasyonunda, farmasötik kökenli kirleticilerin giderilmesinde ve daha birçok alanlarda da kullanılmaktadır (Judd, 2008).

Membran modülünün ana rolü, aktif çamuru arıtılmış atıksudan ayırmaktır ve modülün kendisi de klasik bir ikincil çökeltme tankı görevi görür. Membran biyoreaktörler (MBR'ler), geleneksel aktif çamur reaktörlerine göre birçok avantaja sahiptir; bunların en önemlileri, çok yüksek faz ayırma verimliliği, yüksek kalitede arıtılmış atıksu ve belirli mikro kirleticileri (örn.farmasötikler) daha küçük miktarlarda giderme olanağıdır (Skoczko vd., 2020).

İspanya'da bir CAS tesisiyle paralel olarak işletilen küçük bir MBR tesisini 1 yıl boyunca izledi. MBR, her biri 2,3 m³/saat ham atıksuyu arıtan iki hattan oluşuyordu, biri içi boş elyaf membranlarla, diğeri düz levha membranlarla donatılmıştı. Sekiz öncelikli organik kirletici ve 16 farmasötik bileşik izlendi. Bu organik bileşiklerin giderilmesinde biyolojik bozunmanın, adsorpsiyon/ayırma işleminden daha baskın olduğu bulundu. Her iki sistemde de biyolojik bozunmanın aktif olmasına rağmen, MBR işleminin test edilen mikro kirleticilerin bazılarını gidermede CAS (Klasik Aktif Çamur) tesisinden daha etkili olduğu kanıtlanmıştır, bunun nedeni muhtemelen daha yüksek biyokütlekonsantrasyonu ve çamur tutma süresidir. Dahası, düz levha ve içi boş elyaf membranlar arasında önemli bir etkinlik farkı bulunamamıştır (Muñoz vd., 2012). Bir biyoreaktörün mikrobiyal topluluğunun yapısı ve bileşimi, bir MBR tesisinden diğerine ve belirli bir MBR ünitesi için zaman ölçeğine göre değişir. Bu çeşitliliğin ananedeni, MBR tesisleri de dahil olmak üzere çevre mühendisliği sistemlerindeki mikroorganizmaların önemli özellikleridir. Sisteme gelen atıksuların etkisiyle ortamın mikroorganizma kültürü belirli bir şekilde yapılır ve daha sonra reaktör tasarımı ve çalışma koşulları ile mikroorganizma türleri zenginleştirilebilir (Al-Asheh vd., 2021).

2.4.1 MBR konfigürasyonları

Membran biyoreaktörlerinin kullanılacak sistemlere entegre edilebilmesi için iki farklı konfigürasyon tanımı bulunmaktadır. Bunlardan biri sıvı/biyokütle ayrımının çapraz akışlı membran filtrasyonu ile ayrı bir ünite de gerçekleştiği harici sistem ya da sıvı/biyokütle ayrımının biyoreaktör içinde batık membranlar ile gerçekleştiği sistemdir (Gürel ve Büyükgüngör, 2011).

2.4.2 Harici mbr sistemleri

Harici MBR prosesinde membran havalandırma havuzunun dışında yer almaktadır. Bu sistem MBR'nin ilk jenerasyonudur. Bu sistemde tipik olarak tüp şeklindeki membranlar kullanılır. Kirlenme, türbülanslı bir çapraz akış meydana getiren 1-4 m/s aralığındaki iyi tanımlanmış akış hızları ile kontrol edilir (Gürel ve Büyükgüngör, 2011).

2.4.3 Dahili mbr sistemleri

Bu sistemde membranlar atıksuyun bulunduğu reaktörün içine yerleştirilirler ve sıvı içerisine batık olarak entegre edilir. Atıksuyun kirlilik potansiyelinden dolayı, membranların tıkanmasının kontrolü gerekebilir. Dahili sistemlerde, membran yüzeyindeki tıkanmanın önlenmesi için, çapraz akış oluşturan havalandırma teçhizatı kullanılarak membran yüzeyinin hava ile temizlenmesi ile sağlanır (Cornel ve Krause, 2008).

Karataş İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde tercih edilen membran modülü, dahili sistem olarak teçhiz edilmiştir.

Membran biyoreaktör kullanımının avantajları

- Yüksek arıtma verimi,
- Ayrışma oranının yüksek olması,
- Esnek işletim sistemi,
- Alan ihtiyacının az olması,
- Çamur üretiminin az olması.

Membran biyoreaktör kullanımının dezavantajları

- Membran gözeneklerinde gerçekleşen tıkanma problemi,
- İlk kurulum maliyeti,
- Membran yüzeyinin temizlenmesi için yapılan detaylı işlemler (Judd, 2008).

Atıksu arıtma tesislerinde proseslerin enerji ihtiyacının azaltılması için MBR kullanılması oldukça elverişlidir. Özellikle dahili (batık) MBR tercih edilmesi enerji tasarrufu açısından daha kabul edilebilir bir nitelik taşımaktadır (Roest vd., 2002).

Dahili MBR uygulama süreçleri harici MBR prosesine göre daha pratiktir, çünkü mevcut geleneksel atıksu arıtma tesisleri, dahili membranların sisteme eklenmesi ile MBR proseslerine kolayca dönüştürülebilmektedir. Dahili MBR proseslerinde iki tip

havalandıırma uygulanır. Birincisi, oksijen ihtiyacını karşılamak amacıyla havuz tabanından hava kabarcıkları verilmesidir. İkincisi ise, membran yüzeyinde birikim oluşmasını engellemek için sisteme verilen hava kabarcıklarıdır (Özel, 2016).

2.4.4 Membran biyoreaktörlerin performansını etkileyen faktörler

- **Çamur Yaşı:** Çamur yaşı (SRT), biyolojik arıtımı gerçekleştiren mikroorganizmaların, besin kaynağı olarak algıladığı organik kirleticiler ile temas süresidir. Bir diğer ifadeyle, aktif çamurun sistemde kalma süresidir. 10 günden uzun süren SRT'ler aktif çamur kültüründeki polisakkaritler, karbonhidratlar ve proteinler gibi bazı spesifik organik kirleticileri kullanan mikroorganizmaların büyümesine izin verir. Yavaş büyüyen mikroorganizmaların büyümesi, MLSS konsantrasyonunu artırır ve dolayısıyla atılacak çamur miktarının azalmasına sebep olur (R. Van den Broeck vd., 2012).
- **Viskozite:** Atıksudaki çamurun yoğunluğu belirli bir limit değeri aştığında, çamur karışımındaki viskozite artışına bağlı olarak süzüntü akışı azalmaya başlar. Bu durumda havalandıırma ihtiyacından dolayı gereken enerji miktarı artabilir (Judd, 2006).
- **Akı:** MBR'de akı, membranın imal edildiği ham maddeye ve gözenek boyutlarına göre de değişebilmektedir. Süzüntü akışı membranın iki tarafındaki basınç farkından kaynaklanan transmembran basınç ile orantılı olarak değişir (Judd, 2006).
- **Basınç:** Basınca bağlı kısımda, geçirgenlik akışı uygulanan basınca doğru orantılıdır. Basınca bağlı olmayan kısımda, geçirgenlik akışı esas olarak kek tabakası direnciyle ilişkilendirilebilir (Judd, 2006).

2.4.5 Membranların kirlenmesi

Aktif çamur ile membran yüzeyi arasında gerçekleşen etkileşim sonucu askıda veya çözünmüş haldeki maddelerin membranın dış yüzeyindeki gözenek açıklıklarında birikmesiyle tıkanma gerçekleşir. Sonraki aşamada, membrangözenekleri tıkanır ve atıksu arıtma veriminde düşüş meydana gelir. Membranların tıkanmasından dolayı

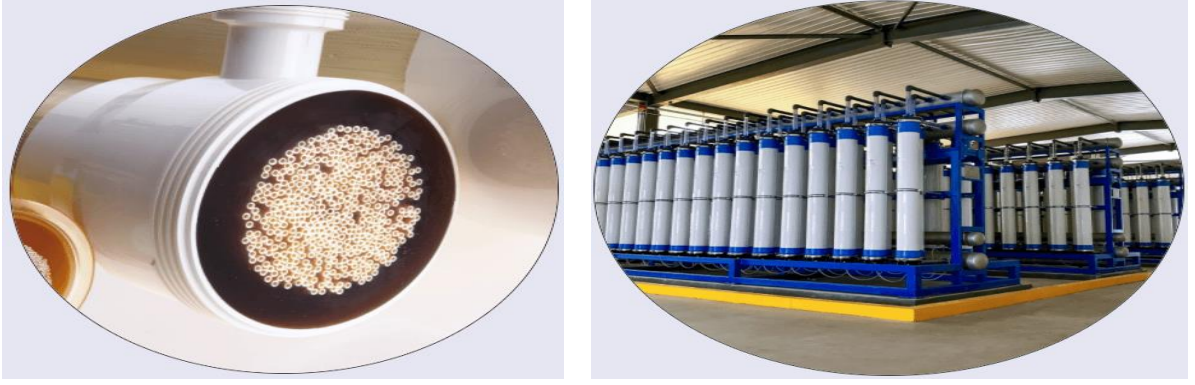
gerçekleşen arıtma performansının düşme süreci membran kirlenmesi olarak tanımlanır (Koros vd., 1996).

Membranların kirlenmesi genel olarak iki şekilde gerçekleşir. Bunlar; geri döndürülebilir kirlenme ve geri döndürülemez kirlenme. Geri döndürülebilir kirlenme; kek tabakası oluşumu ve gözeneklerin tıkanması şeklinde membranın yüzeyinde gerçekleşir. Bu tarz kirlenmeler, membran yüzeyinin fiziksel temizlenmesi ile giderilebilir. Geri döndürülemez kirlenme türünde ise, kirliliği oluşturan AKM ve diğer küçük parçacıkların membranlar arasındaki gözeneklerine adsorpsiyonu şeklinde gerçekleşir. Kimyasal temizleyiciler ile giderilmeye çalışılır, membranın değiştirilmesiyle de sonuçlanabilir (Razbonyalı, 2013).

2.4.6. Karataş ileri biyolojik aat'de tercih edilen membran modülü

Hollow Fiber MBR:

Membran teknolojisi atıksu arıtımı ve kaynak geri kazanımı dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda yoğun bir şekilde uygulanmış ve araştırılmıştır. Membran teknolojileri, diğer süreçlerle bütünleşme kabiliyetleri tek bir sürecin performansını aştığından ve böylece daha düşük sermaye maliyetine katkıda bulunduğundan atıksu arıtımı ve kaynak geri kazanımında büyük bir potansiyel göstermiştir. Çift katmanlı membranlar aracılığıyla içi boş fiber membranların lümen yüzeylerinin modifikasyonu, yağlı atıksu arıtımında potansiyel göstermiştir ve membran yüzeyini en üst düzeye çıkarabilen ve kütle transferini artırabilen optimum elyaf şekli elde edilerek içi boş fiber membranlar tıbbi alanda membran oksijenatörleri olarak kullanılabilir. Membran kirlenmesi nihai sorun olsa da, kombine temizleme yöntemi ve membran modifikasyonu yaklaşımı, gerçek zamanlı kirlenme davranışının derinlemesine incelenmesi ve membran yüzeyindeki kirlenme mekanizmasının izlenmesiyle bu sorunu çözebilir (Naim vd., 2021).

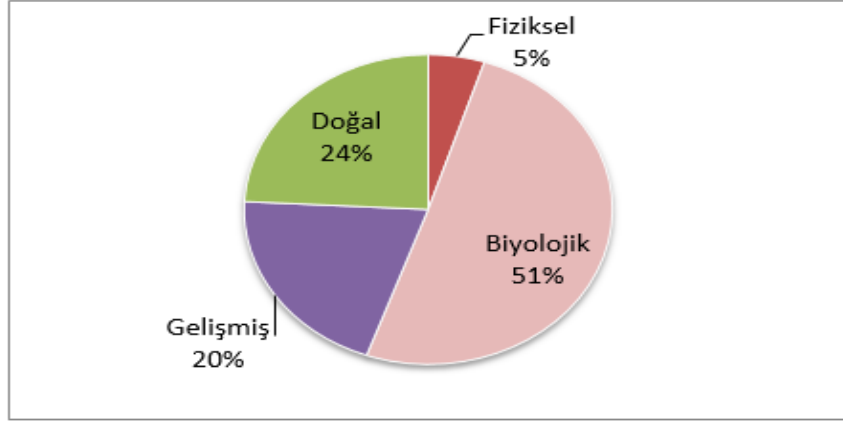


Şekil 2.1. Hollow Fiber MBR

2.5 Türkiye’de Atıksu Arıtma Uygulamaları

AAT’lerde 1990’lı yıllarda klasik aktif çamur sistemi yaygın iken 2005 yılı sonrasında azot ve fosfor giderimi (BNR) yapabilen tesisler yaygınlaşmaya başlamıştır. BNR sistemleri ile makro bes elementleri olan azot ve fosforun alıcı ortamlara ulaşması engellenerek, deniz, göl, akarsu gibi alıcı ortam su kaynaklarının kalitesinin korunması hedeflenmiştir. Günümüzde Türkiye’de uygulanan atıksu arıtma yöntemleri; ön arıtma, mekanik (birincil) arıtma, biyolojik (ikincil) arıtma ve ileri arıtma yöntemleri olarak sıralanabilir. Ön arıtma daha çok, derin deniz deşarjı uygulaması ile bağlantılı olarak kullanılmaktadır. Kıyı şeridinde bulunan atıksu arıtma tesislerinin çoğunda bu yapı kullanılmakta olup, yönetmelik; atıksuyun derin denize deşarjına tabi tutulduğu yerlerde kirleticilerin derişimlerinin azaltılması koşulunu tam anlamıyla karşılamaktadır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Atıksu Arıtımı Eylem Planı, 2017 – 2023).

2002 yılında 145 olan toplam atıksu arıtma tesisi sayısı, 2022 yılı sonunda 1315’e ulaşmıştır. Bu tesislerin dağılımına bakıldığında; ülkemizdeki atıksu arıtma tesislerinin 20%’si ileri arıtım, 51%’ine biyolojik, 5%’ine fiziksel ve 24%’üne ise doğal arıtma uygulanmıştır. Şekil 2.2’ de belirtilen gelişmiş arıtım oranı, ileri biyolojik arıtım anlamına gelmektedir ve toplam atıksu arıtımının sadece % 20’sini karşılamaktadır (TÜİK, 2022).



Şekil 2.2.1979- 2022 yılı sonu itibariyle atıksu arıtma tesislerinin tiplerine göre dağılımı (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Atıksu Arıtımı Eylem Planı, 2017 – 2023).

Çizelge 2.1’ de, Türkiye’de ileri biyolojik atıksu arıtma tesisine sahip olan iller belirtilmiştir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın 2017-2023 Atıksu Arıtımı Eylem Planı yayımlandıktan sonraki devreye alınan ileri biyolojik atıksu arıtma tesisleri tabloda yer almamıştır.

Tez konusu olan Karataş İleri Biyolojik AAT’ de bu plan yayımlandıktan sonra devreye alınan tesislerden biridir.

Çizelge 2.1. İleri biyolojik AAT bulunan şehirler(T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Atıksu Arıtımı Eylem Planı, 2017 – 2023)

Şehirler	İleri Biyolojik AAT Sayısı
Ankara	15
Bursa	12
İstanbul	8
Kayseri	3
Antalya	8
Adıyaman	1
Afyon	1
Adana	1
Aydın	1
Balıkesir	5
Mersin	4
Bitlis	1
Çanakkale	2
Diyarbakır	1
Düzce	2
Edirne	3
Eskişehir	2

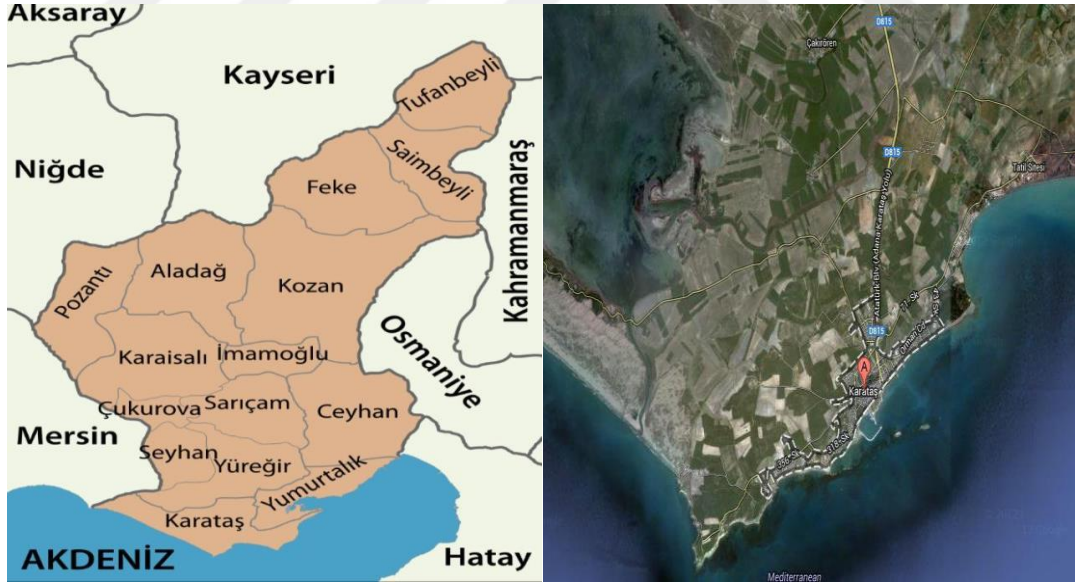
Isparta	1
Kahramanmaraş	2
İzmir	16
Kırıkkale	1
Kırşehir	1
Kocaeli	6
Konya	10
Kütahya	3
Malatya	1
Muğla	3
Ordu	2
Sakarya	3
Samsun	4
Sivas	1
Tekirdağ	7
Tunceli	1
Uşak	1
Van	5
Yalova	5
Zonguldak	1

BÖLÜM III

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Bölgenin Tanıtılması

Karataş İlçesi Adana İli'ne bağlı bir ilçedir. İl merkezinin güney ucunda ve denizin kenarında yer alan bir yerleşim merkezidir. Karataş'ın nüfusu 2022 yılı TÜİK verilerine göre 23.499 olarak belirlenmiştir. Karataş İlçesi şekil 3.1'de görüldüğü gibi kuzeyde Yüreğir, doğusunda Yumurtalık ilçeleri ile çevrili olup, Mersin'e komşudur. İlçe toprakları Adana'nın Akdeniz'e olan kıyısının bir bölümünü kapsar. İlçe topraklarının büyük bir kısmı ovalıktır ve Çukurova'da yer alır. İlçenin Akdeniz kıyısında doğal kumsalları vardır. İlçenin doğal sınırları, batıda Seyhan, doğuda da Ceyhan nehirleri ile oluşmuştur. Kıyıdaki kumul setleri ile deniz arasında lagünler bulunmaktadır. Bunlar doğudaki (Hurma Boğazı) Akyayan ve Kokarot, ortadaki Akyatan, batıdaki Tuz gölleridir. Sığ ve suları tuzlu olan bu lagünlerin çevresi bataklıktır.



Şekil 3.1. Karataş ilçesinin konumu ve uydu görüntüsü

Tarihi çok eskilere dayanan Karataş M.Ö. 1000 yıllarında askeri ve ticari önemi olan yollar üzerinde kurulmuş bir liman şehridir ve antik dönemlerdeki ismi Magarsus'tur. Antik dönemlerde bile coğrafi konumu ile önemli olan şehir, aynı zamanda Ceyhan nehri boyunca o dönemde kurulmuş olan Mopsuestia, Hemite ve Asitavandaya

şehirlerine de kilit bir noktada yer almıştır. Bölgenin 1. derece sit alanı olarak belirlendiği ifade edilmiştir Karataş ilçesinin toplam 43 adet mahallesi bulunmaktadır. İlçe, Adana'ya 47 km uzaklıkta olup, yüzölçümü 922 km²' dir (Karataş Atıksu Arıtma Tesisi Proses Raporu, 2019).

3.1.1 İklim durumu

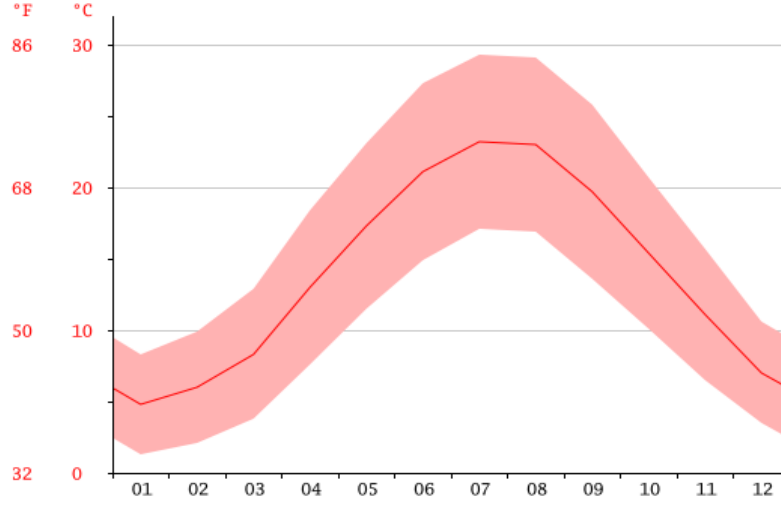
İlçeye Akdeniz iklimi hakim olup, kışlar ılık ve yağışlı geçerken, yaz mevsimleri sıcak ve kuraktır. İlçenin kuzey kısımlarının nispeten yükseltilerle çevrilmiş olması ve kuzey rüzgarlarına karşı daha kapalı olmasından dolayı yaz ayları çok sıcak geçmektedir.

İlçede yağışların yaklaşık yarısı kış aylarında, diğer kısmı da ilkbahar ve sonbaharda görülmektedir. Yaz aylarında 2-3 ay civarı yağış düşmemektedir. Kar yağışı çok az ve nadirdir. İlçede en düşük hava sıcaklığı Ocak ayında, en yüksek hava sıcaklığı ise Ağustos ayında görülmüştür.

Çizelge 3.1. Sıcaklık ve yağışların durumu

ADANA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
<i>Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1960 - 2012)</i>												
Ortalama Sıcaklık (°C)	9.6	10.5	13.5	17.5	21.8	25.7	28.1	28.5	26.0	21.5	15.5	11.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	15.0	16.1	19.6	23.7	28.2	31.7	33.7	34.5	33.1	29.1	22.4	16.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.5	6.1	8.6	12.2	16.0	20.1	23.4	23.6	20.5	16.2	10.8	7.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.4	5.1	5.5	7.0	9.1	10.4	10.5	10.3	9.0	7.2	5.5	4.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.1	10.4	10.0	9.4	6.6	2.9	1.0	0.7	2.6	5.6	7.2	10.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m ²)	108.7	88.1	66.9	57.1	46.2	19.4	7.7	5.0	13.8	41.9	79.5	133.9
<i>Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1960 - 2012)*</i>												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	26.5	25.0	32.0	37.5	40.6	41.3	44.0	43.8	43.2	39.4	33.3	30.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-8.1	-6.4	-3.6	-1.3	5.6	12.6	16.8	14.8	10.9	4.8	-1.0	-3.5
<i>En yüksek ve en düşük sıcaklıkların gerçekleşme tarihini görmek için fare imlecini değerlerin üstüne getiriniz.</i>												
Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı	19.01.1977	125.5 kg/m ²	Günlük En Hızlı Rüzgar	12.02.2012	126.4 km/sa	En Yüksek Kar	21.01.1972	1 cm				

Karataş ilçesinin sıcaklık durumu Çizelge 3.1'de verilmiştir. Günlük sıcaklığın 25°C'ye veya bu derecenin üstüne çıktığı yaz günü sayısı 179 gündür. Yaz sıcakları genellikle Mart ve Kasım ayları arasında görülmektedir. Hafif don olayı nadiren görülmektedir.



Şekil 3.2. Karataş ilçesinin aylara göre sıcaklık değişimi

10 yılda bir beklenen en düşük sıcaklık $-6,2^{\circ}\text{C}$ 'dir. Toprak içi sıcaklık değeri sıfırın altına düşmez. Hava genellikle açık geçmektedir. Kapalı gün sayısı 49,2'dir. Güneşlenme en iyi Temmuz ayında, en az Aralık ve Ocak aylarında olmaktadır. Nispi nem ortalaması %65 civarındadır. Şekil 3.2'de belirtildiği üzere haziran, temmuz ve ağustos aylarında en yüksek sıcaklık değerlerine ulaşılmıştır.

3.1.2 Bölgedeki su kaynaklarının durumu

Adana ilinin en önemli akarsuları olan Seyhan Irmağı batıdan, Ceyhan ırmağı ise doğudan olmak üzere Karataş'ın doğal sınırını oluşturur. Çevrede önemli bir göl yoktur. Yalnızca Seyhan ve Ceyhan ırmaklarının denize döküldüğü bölgede bulunan lagünler görülmektedir. Özellikle Karataş ilçesinde bu lagünlere çok sık rastlanmaktadır. Bunlar doğudaki (Hurma Boğazı) Akyayan ve Kokarot, ortadaki Akyatan ile batıdaki Tuz gölleridir. Bunlardan Akyatan ve Akyayan gölleri en önemlileridir. Akyatan Gölü, Karataş Tepelerinin batısında 17 km'lik bir uzunlukta, genişliği doğuda 4 km olduğu halde batıya doğru darlaşır. Denizden kalın bir kordonla ayrılmıştır. Doğu ucunda göl ile deniz arasındaki bağlantıyı sağlayan 2 km uzunluğunda dar bir geçit vardır. Akyatan Gölü'nün yüzölçümü 39 km^2 'dir. Su kuşları için Türkiye'nin en önemli kışlama alanıdır. Sığ ve suları tuzlu olan bu lagünlerin çevresi bataklıktır. Akyayan Gölü ise Ceyhan ırmağının denize döküldüğü yere yakındır. Akyatan Gölü'nden biraz daha küçük olan bu göl 31 km^2 'dir. Gölün kuzey kenarı çok girintili çıkıntılıdır. Bu girinti ve çıkıntıları,

Ceyhan ırmağının gölün bu kenarına sokulan alüvyonları meydana getirmiştir. Akyayan Gölü'nün güneybatı ucunda Hurma Boğazı denilen dar ve kısa bir geçit bulunmaktadır.

3.2 Atıksu Arıtma Tesisi Bilgileri

Karataş ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi, deniz kenarında yaklaşık 20.000 m² alana kurulmuştur. Atıksular, arıtma proseslerinde arıtıldıktan sonra denize deşarj edilmektedir.



Şekil 3.3. Karataş ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi genel görünümü

Şekil 3.3'de görülen atıksu arıtma tesisinin bulunduğu alan, yerleşimin olmadığı sahil bölgesi kumsal alanıdır.

3.2.1 Nüfus hesapları

Karataş İlçesinde yaz ve kış nüfusları değişkenlik göstermektedir. Karataş İlçesinin Akdeniz'e kıyısı olması aynı zamanda tarihi ve turistik özelliklerinden dolayı yaz nüfusu her zaman kış nüfusundan fazladır.

Dolayısıyla atıksu arıtma tesisi projesi, kış ve yaz nüfuslarındaki değişimler dikkate alınarak ve gelecekteki nüfus artışları da hesaplanarak tasarlanmıştır.

3.2.1.1. Kış dönemi nüfusu hesaplama

Karataş İlçesi Atıksu Arıtma Tesisine, atıksuları alınacak olan Merkez Mahalleler ile İlçe yakınındaki Bahçe Mahallesi'nin geçmiş dönem Adrese Dayalı (ADNKS) Nüfusları Çizelge 3.2'de verilmiştir (TÜİK, 2022).

Çizelge 3.2. Atıksu arıtma tesisinin kapsama alanındaki merkez mahallelerin nüfusu

YIL	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
KARŞIYAKA MAHALLESİ	1.899	1.917	1.853	1.780	1.817	1.804	1.873	1.876	1.812	1.855	1.844
YENİ MAHALLE	1.897	2.124	2.269	2.331	2.389	2.423	2.494	2.649	2.791	2.809	2.953
KEMALİYE MAHALLESİ	3.789	3.777	3.692	3.704	3.726	3.723	3.771	3.778	3.792	3.814	3.945
ORTA MAHALLE	773	783	690	668	658	642	662	645	640	604	612
BAHÇE MAHALLESİ	2.291	2.201	2.070	2.051	2.009	1.989	1.974	1.993	2.002	2.048	2.017
TOPLAM	10.649	10.802	10.574	10.534	10.599	10.581	11.028	11.204	11.295	11.381	11.619

Bahçe Mahallesi, İlçenin 2 km kuzey doğusunda yer almakta olup, İdare bu mahallenin atıksularını da Karataş Atıksu Arıtma Tesisine almak istemektedir.

Bahçe Mahallesi dahil edilmediği zaman Karataş İlçesi Merkez Mahallelerinin 2017 yılı toplam nüfusu; N 2017 = 9354 kişi olmaktadır.

Nüfus Artış Katsayısının Hesabı, İller Bankası Formülü ile yapılmıştır (Çizelge 3.3 ve 3.4).

$$\text{Ç} = \left[\left(\frac{n N_y}{N_e} \right)^x - 1 \right] \times 100 \quad (3.1)$$

Ç = Çoğalma Katsayısı

N_y = Son nüfus değerini (2012 yılı = 216960 kişi)

N_e = Hesap yapılan yıla ait nüfus

n = N_y – N_e yıl farkını ifade etmektedir.

Çizelge 3.3. Kış dönemi yıllara göre çoğaltma katsayıları

YIL	Ny(2015-Kişi)	Ne(Kişi)	Yıl Farkı	Ç
2017-2007	11.619	10.649	10	0.88
2017-2008	11.619	10.802	9	0.81
2017-2009	11.619	10.574	8	1.19
2017-2010	11.619	10.534	7	1.41
2017-2011	11.619	10.599	6	1.54
2017-2012	11.619	10.581	5	1.89
2017-2013	11.619	11.028	4	1.31
2017-2014	11.619	11.204	3	1.22
2017-2015	11.619	11.295	2	1.42
2017-2016	11.619	11.381	1	2.09

$$\check{C}_{ort} = (0.88+0.81+1.19+1.41+1.54+1.89+1.31+1.22+1.42+2.09) /10 = 1,38$$

2017-2016 arasındaki 2.09'luk değer de dikkate alınarak, Karataş İlçesinin kış nüfuslarının hesabında $\check{C}=2.00$ alınmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

Dolayısıyla gelecekteki kış dönemi nüfus hesapları için $\check{C}=2.00$ alınarak tasarım yapılmıştır.

Kış Dönemi için gelecekteki nüfus hesapları İller Bankası formülüyle yapılmıştır.

$\check{C}=2$ artış katsayısına göre hesaplanacak olan yerli nüfuslara, göçmen ve misafir nüfusları da eklenmek üzere toplam nüfuslar bulunmuştur.

Projeksiyon yılı olarak; $2018+35=2053$ yılı esas $N_g = N_y (1 + \check{C}/100)^n$

Bu formülde ;

N_g = Gelecekteki Nüfus = 2051 yılı,

N_y = Son nüfus değeri = 83797 kişi

$n = (N_g - N_y) \text{ Yıl Farkı}$

$\check{C}=2.00$

Çizelge 3.4. Gelecek yıllara göre çoğaltma katsayıları

YIL	Ny(2017)	Yıl Farkı	Ç	Ng (Kişi)
2017	11.619	-	-	-
2018	11.619	1	2	11.851
2023	11.619	6	2	13.085
2028	11.619	11	2	14.447
2033	11.619	16	2	15.950
2038	11.619	21	2	17.610
2043	11.619	26	2	19.443
2048	11.619	31	2	21.467
2053	11.619	36	2	23.700

Karataş İlçesinde Çukurova Üniversitesinin Turizm Meslek Yüksek Okulu bulunmaktadır.

Burada kışın öğrenci ve öğretim görevlileri, yazın ise otel olarak hizmet veren yurt tesisinin kapasitesi yaklaşık 430 kişiliktir.

Yetkililer Yüksek Okulun büyütüleceğini belirtmektedir. Bu nedenle Yurt kapasitesinin 2053 yılına kadar artarak 1000 kişilik bir kapasiteye ulaşacağı düşünülmüştür. Bu nüfus kış ve yaz döneminde de dikkate alınmıştır.

Misafir göçmen nüfusu; İbank AŞ'ce 05.04.2016 tarihinde onaylanan JICA Kredisine esas ASKİ Fizibilite Raporundan alınmıştır. Misafir göçmen nüfusunda Onaylı Fizibilite Raporu esas alınmıştır. Bu rapora göre, 2051 yılı için kalıcı göçmen nüfusu hesabı yapılmıştır.

Fizibilite raporunda, kalıcı misafir göçmen nüfusunun hesabında, Ç=2 artış katsayısı dikkate alındığı için 2051 yılı için hesaplanan nüfuslar yıllara ve 2053 yılına göre güncellenmiştir ve N= 2690 kişi olacağı belirtilmiştir.

Kış dönemi nüfusları, yerleşik yerli + kalıcı göçmen + Çukurova Üniversitesi Turizm Meslek Okulu Nüfusu olarak hesaplanmıştır(Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Karataş ilçesi kış dönemi yerli + misafir göçmen + öğrenci nüfusları toplamı

YILLAR	KIŞ DÖNEMİ NÜFUSLARI TOPLAMI							
	2018	2023	2028	2033	2038	2043	2048	2053
Yerli Nüfus	11.851	13.085	14.447	15.950	17.610	19.443	21.467	23.700
Misafir Göçmen Nüfusu	1.345	1.485	1.640	1.811	2.000	2.208	2.437	2.690
Ç.Ü.Turizm Y.O. Nüfusu	430	500	600	700	800	900	1000	1000
TOPLAM	13.626	15.070	16.687	18.461	20.410	22.551	24.904	27.390

3.2.1.2 Yaz dönemi nüfusu hesaplama

Karataş İlçesi Akdeniz kıyısında bulunan, tarihi ve turistik özelliklere sahip olduğu için, yaz aylarındaki ilçe nüfusu kış aylarına göre değişkenlik göstermektedir. Karataş İlçesinde yaz dönemi nüfuslarına etki eden unsurlar şunlardır.

- Otel, pansiyon ve misafirhaneler
- Yazlık konutlar
- Günübürlük gelenler

Aşağıda bunlarla ilgili nüfusların hesabı ayrı ayrı ele alınmıştır.

Yetkililerden alınan bilgilere göre, Karataş'taki başlıca mevcut oteller ve pansiyonların toplam yatak kapasiteleri 1500'dür. Karataş'ın Turizmi ve buna bağlı otel ve pansiyon kapasitesinde çok büyük artışlar beklenmemiştir.

Yatak sayısının 1.kademe yılı olan 2038'e kadar yaklaşık olarak 2 katı artarak 2500'e, 35 yıllık projeksiyonda ise yaklaşık olarak 4 katı artarak 5000 yatak sayısına ulaşacağı kabul edilerek arıtma tesisi tasarımı yapılmıştır.

Yazlık konutlarla beraber yaz nüfus hesaplarında 2018 yılı için Karataş İlçesinin projeye esas mahallelerindeki toplam hane sayısı 7.500 adet olarak alınacaktır. Hane başına 4 kişilik nüfus esas alınmak üzere; Karataş'ın Merkezi ve atıksuyu alınacak olan

Bahçe Mahallesi'nin yaz aylarındaki yerleşik nüfusu; N₂₀₁₇: 6.660 hane x 4 kişi =26.640 kişi

N₂₀₁₈:7.500 hane x 4 kişi =30.000 kişi olmaktadır.

Karataş İlçesine yaz aylarında gününbirlik olarak yaklaşık 3000 kişi gelmektedir. Bu sayının tahminin olarak, her 5 yılda 300 kişi artarak (%10) 2053 yılında yaklaşık olarak 5000 kişiye ulaşacağı kabul edilmiştir.

Tüm bu etkenler değerlendirildiğinde gelecek yıllarda oluşabilecek yaz dönemi toplam nüfusları aşağıda bulunan Çizelge3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Karataş ilçesi yaz dönemi nüfuslar toplamı

YAZ DÖNEMİ NÜFUSLAR TOPLAMI								
YILLAR	2018	2023	2028	2033	2038	2043	2048	2053
Yerleşik Nüfus	30.000	33.122	36.570	40.376	44.578	49.218	54.341	60.000
Otel-Pansiyon Nüfusları	1.500	1.750	2.000	2.250	2.500	3.300	4.100	5.000
Ç.Ü. Turizm Y.O. Nüfusu	430	500	600	700	800	900	1000	1000
Gününbirlik Nüfus	3.000	3.300	3.600	3.900	4.200	4.500	4.800	5.000
TOPLAM	34.930	38.672	42.770	47.226	52.078	57.918	64.241	71.000

Karataş İlçesinin Atıksu Arıtma Tesisi Projesine esas kış ve yaz dönemi nüfusları Çizelge3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Karataş ilçesi kış ve yaz dönemi nüfusları

KIŞ ve YAZ DÖNEMİ NÜFUSLARI								
YILLAR	2018	2023	2028	2033	2038	2043	2048	2053
Kış Dönemi Nüfusu	13.626	15.070	16.687	18.461	20.410	22.551	24.904	27.390
Yaz Dönemi Nüfusu	34.930	38.672	42.770	47.226	52.078	57.918	64.241	71.000

3.2.2 Atıksu debi hesapları

“İller Bankası Şehir ve Kasaba İçme suyu Projelerinin Hazırlanmasına ait Yönetmelik” uyarınca su tüketim değerleri 2053 yılı kış nüfusu için 120 L/kişi.gün yaz nüfusu için ise 150 L/kişi.gün olarak kabul edilmiş ve atıksuyun %80'nin kanalizasyona intikal edeceği öngörülerek hesaplamalar yapılmıştır.

3.2.2.1 Kış debisi hesapları

Evsel Atıksu Debisi

$$N_{2038} = 20410 \times 0,12 \times 0,80 = 1959 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$N_{2053} = 27390 \times 0,12 \times 0,80 = 2630 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Yağmur suyu Sızma Debisi

$$N_{2038} = 1959 \times 0,10 = 196 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$N_{2053} = 2630 \times 0,10 = 263 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Endüstri Debisi

Özel ve sanayi kuruluşları bulunmadığından proje debisi hesaplanırken endüstriyel debi alınmamıştır.

Toplam debi hesapları:

Aritma tesisine gelecek debi aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$Q_{ort} = Q_{evsel}/24 + Q_{end}/n_1 + Q_{sızma}/24 \quad (3.2)$$

$$Q_{prj} = Q_{evsel}/n_2 + Q_{end}/n_1 + Q_{sızma}/24 \quad (3.3)$$

$$Q_{max} = Q_{evsel}/12 + Q_{end}/n_1 + Q_{sızma}/24 + Q_{yağ}/24 \quad (3.4)$$

$$Q_{min} = Q_{evsel}/37 + Q_{sızma}/24 \quad (3.5)$$

n_1 = Endüstrilerin vardiya sayısına bağlı katsayı:

1 vardiya için $n_1 = 8$

2 vardiya için $n_1 = 16$

3 vardiya için $n_1 = 24$ alınmaktadır.

n_2 = Nüfusa bağlı katsayı (Çizelge 3.8)

Çizelge 3.8. Nüfusa bağlı katsayı

Gelecekteki Nüfus	n_2
1 000	10
1 000 – 10 000	12
10 000 – 100 000	14
100 000 – 1 000 000	16

I. Kademe - $Q_{2038(KIS)}$

$$Q_{ort} = 1959/24 = 81,63 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{prj} = 1959/14 = 139,93 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{max} = 1959/12 + 196/24 = 171,42 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{min} = 1959/37 = 52,95 \text{ m}^3/\text{sa}$$

II. Kademe - $Q_{2053(KIS)}$

$$Q_{ort} = 2630/24 = 109,58 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{prj} = 2630/14 = 187,86 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{max} = 2630/12 + 263/24 = 230,13 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{min} = 2630/37 = 71,08 \text{ m}^3/\text{sa}$$

3.2.2.2 Yaz debisi hesapları

Evsel Atıksu Debisi

$$N_{2038} = 52078 \times 0,15 \times 0,80 = 6250 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$N_{2053} = 71000 \times 0,15 \times 0,80 = 8520 \text{ m}^3/\text{gün}$ olarak 2038 ve 2053 yılı oluşması muhtemel atıksu debisi hesaplanmıştır.

Yağmur Suyu Sızma Debisi

$$N_{2038} = 6250 \times 0,10 = 625 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$N_{2053} = 8520 \times 0,10 = 852 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Endüstri Debisi

Özel ve sanayi kuruluşları bulunmadığından proje debisi hesaplanırken endüstriyel debi alınmamıştır.

Toplam debi hesapları:

Arıtma tesisine gelecek debi aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$Q_{ort} = Q_{evsel}/24 + Q_{end}/n_1 + Q_{sızma}/24 \quad (3.6)$$

$$Q_{prj} = Q_{evsel}/n_2 + Q_{end}/n_1 + Q_{sızma}/24 \quad (3.7)$$

$$Q_{max} = Q_{evsel}/12 + Q_{end}/n_1 + Q_{sızma}/24 + Q_{yağ}/24 \quad (3.8)$$

$$Q_{min} = Q_{evsel}/37 + Q_{sızma}/24 \quad (3.9)$$

n_1 = Endüstrilerin vardiya sayısına bağlı katsayı

1 vardiya için $n_1 = 8$

2 vardiya için $n_1 = 16$

3 vardiya için $n_1 = 24$ alınmaktadır.

n_2 = Nüfusa bağlı katsayı

I. Kademe - Q₂₀₃₈(YAZ)

$$Q_{ort} = 6250/24 = 260,42 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{prj} = 6250/14 = 446,46 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{max} = 6250/12 + 625/24 = 546,88 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{min} = 6250/37 = 168,92 \text{ m}^3/\text{sa}$$

II. Kademe - Q₂₀₅₃(YAZ)

$$Q_{\text{ort}} = 8520/24 = 355,00 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{\text{prj}} = 8520/14 = 608,57 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{\text{max}} = 8520/12 + 852/24 = 745,50 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{\text{min}} = 8520/37 = 230,27 \text{ m}^3/\text{sa}$$

3.2.3 Atıksu kirlilik yükü

Atıksu arıtma tesisinde arıtılan atıksuların deşarj limitleri göz önünde bulundurularak gerekli parametrelerin kirlilik yükleri aşağıda hesaplanmıştır.

Atıksu Kalitesi (Kış):

BOİ₅ Miktarı;

Atıksularda organik kirlenmenin ifade edilmesinde en yaygın kullanılan parametre BOİ₅dir.

BOİ₅ yükü evsel kullanımdan kaynaklı atıksuda I. ve II. kademe yılları kış ayları için 29,6g/kişi.gün dikkate alınarak hesaplanmıştır.

a) Birinci Kademe,

$$(BOİ_5)_{\text{evsel}} = 20410 \text{ kişi} \times 0.0296 \text{ kg/kişi.gün} = 604,14 \text{ kg/gün}$$

BOİ₅konsantrasyonu;

$$604,14 \text{ kg/gün} / 1959 \text{ m}^3/\text{gün} = 0,308 \text{ kg/m}^3 = 308 \text{ mg/l}$$

b) İkinci Kademe,

$$(BOİ_5)_{\text{evsel}} = 27390 \text{ kişi} \times 0.0296 \text{ kg./kişi.gün} = 811 \text{ kg/gün}$$

BOİ₅konsantrasyonu;

$$811 \text{ kg/gün} / 2630 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.308 \text{ kg/m}^3 = 308 \text{ mg/lt}$$

KOİ Miktarı;

KOİ yükü, evsel kullanımdan kaynaklı atıksuda I. ve II. kademe yılları kış ayları için 56,24g/kişi.gün dikkate alınarak hesaplanmıştır.

a) Birinci Kademe

$$(\text{KOİ})_{\text{evsel}} = 20410 \text{ kişi} \times 0.0562 \text{ kg/kişi.gün} = 1147,86 \text{ kg/gün}$$

KOİ konsantrasyonu;

$$1147,86 \text{ kg/gün} / 1959 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.586 \text{ kg/m}^3 = 586 \text{ mg/lt}$$

b) İkinci Kademe

$$(\text{KOİ})_{\text{evsel}} = 27390 \text{ kişi} \times 0.0562 \text{ kg/kişi.gün} = 1540,41 \text{ kg/gün}$$

KOİ konsantrasyonu;

$$1540,41 \text{ kg/gün} / 2630 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.586 \text{ kg/m}^3 = 586 \text{ mg/lt}$$

Azot Miktarı;

Azot yükü evsel kullanımdan kaynaklı atıksuda I. ve II. kademe yılları kış ayları için 4,80g/kişi.gün dikkate alınarak hesaplanmıştır.

a) Birinci Kademe

$$\text{TKN} = 20410 \text{ kişi} \times 0.0048 \text{ kg/kişi.gün} = 97,97 \text{ kg/gün}$$

TKN konsantrasyonu; $97,97 \text{ kg/gün} / 1959 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.050 \text{ kg/m}^3 = 50 \text{ mg/lt}$ olarak hesaplanmıştır.

b) İkinci Kademe

$$\text{TKN} = 27390 \text{ kişi} \times 0.0048 \text{ kg/kişi.gün} = 131,47 \text{ kg/gün}$$

$$\text{TKN konsantrasyonu; } 131,47 \text{ kg/gün} / 2630 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.050 \text{ kg/m}^3 = 50 \text{ mg/lt}$$

Fosfor Miktarı;

Fosfat yükü evsel kullanımdan kaynaklı atıksuda I. ve II. kademe yılları kış ayları için 9,60g/kişi.gündikkate alınarak hesaplanmıştır.

a) Birinci Kademe

$$\text{TP} = 20410 \text{ kişi} \times 0.00096 \text{ kg/kişi.gün} = 19,59 \text{ kg/gün}$$

Fosfor konsantrasyonu;

$$19,59 \text{ kg/gün} / 1959 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.01 \text{ kg/m}^3 = 10,00 \text{ mg/lt}$$

b) İkinci Kademe

$$\text{TP} = 27390 \text{ kişi} \times 0.00096 \text{ kg/kişi.gün} = 26,29 \text{ kg/gün}$$

Fosfor konsantrasyonu;

$$26,29 \text{ kg/gün} / 2630 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.010 \text{ kg/m}^3 = 10,00 \text{ mg/lt}$$

Askıda Katı Madde Miktarı;

AKM yükü evsel kullanımdan kaynaklı atıksuda I. ve II. kademe yılları kış ayları için 28,8g/kişi.gündikkate alınarak hesaplanmıştır.

a) Birinci Kademe

$$\text{AKM} = 20410 \text{ kişi} \times 0.0288 \text{ kg/kişi.gün} = 587,81 \text{ kg/gün}$$

AKM konsantrasyonu;

$$587,81 \text{ kg/gün} / 1959 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.300 \text{ kg/m}^3 = 300 \text{ mg/lt}$$

b) İkinci Kademe

$$\text{AKM} = 27390 \text{ kişi} \times 0.0288 \text{ kg/kişi.gün} = 788,83 \text{ kg/gün}$$

$$\text{AKM konsantrasyonu; } 788,83 \text{ kg/gün} / 2630 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.300 \text{ kg/m}^3 = 300 \text{ mg/lt}$$

Çizelge 3.9'da I. ve II.kademe için kış dönemi kirlilik konsantrasyonu hesaplamaları verilmiştir.

Çizelge 3.9. I. ve II. kademe için kış dönemi kirlilik konsantrasyonu hesaplamaları

Kirlilik Parametreleri (KIŞ)	I. Kademe: Q ₂₀₃₈		II. Kademe: Q ₂₀₅₃	
	kg/gün	mg/L	kg/gün	mg/L
BOI ₅	604	308	811	308
KOI	1,148	586	1,540	586
AZOT	98	50	131	50
FOSFOR	20	10	26	10
AKM	588	300	789	300

Atıksu Kalitesi (Yaz):

BOI₅ Miktarı;

Atıksularda organik kirlenmenin ifade edilmesinde en yaygın kullanılan parametre BOI₅'dir.

BOI₅ yükü evsel kullanımdan kaynaklı atıksuda I. ve II. kademe yılları yaz ayları için 37,00g/kişi.gün dikkate alınarak hesaplanmıştır.

a) Birinci Kademe,

$(BOI_5)_{evsel} = 52078 \text{ kişi} \times 0.037 \text{ kg/kişi.gün} = 1926,89 \text{ kg/gün}$ olarak $(BOI_5)_{evsel}$ kirlilik yükü birinci kademe için hesaplanmıştır.

$(BOI_5)_{evsel}$ mg/L cinsinden kirlilik konsantrasyonu hesaplamaları aşağıda verilmiştir.

BOI_5 konsantrasyonu;

$$1926,89 \text{ kg/gün} / 6250 \text{ m}^3/\text{gün} = 0,308 \text{ kg/m}^3 = 308 \text{ mg/L}$$

b) İkinci Kademe,

$$(BOI_5)_{evsel} = 71000 \text{ kişi} \times 0.037 \text{ kg/kişi.gün} = 2627 \text{ kg/gün}$$

BOI_5 konsantrasyonu;

$$2627 \text{ kg/gün} / 8520 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.308 \text{ kg/m}^3 = 308 \text{ mg/L}$$

KOI Miktarı;

KOI yükü, evsel kullanımdan kaynaklı atıksuda I. ve II. kademe yılları yaz ayları için 70,30 g/kişi.gün dikkate alınarak hesaplanmıştır.

a) Birinci Kademe

$$(KOI)_{evsel} = 52078 \text{ kişi} \times 0.0703 \text{ kg/kişi.gün} = 3661,08 \text{ kg/gün}$$

KOI konsantrasyonu;

$$3661,08 \text{ kg/gün} / 6250 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.586 \text{ kg/m}^3 = 586 \text{ mg/L}$$

b) İkinci Kademe

$$(KOİ)_{\text{evsel}} = 71000 \text{ kişi} \times 0.0703 \text{ kg/kişi.gün} = 4991,30 \text{ kg/gün}$$

KOİ konsantrasyonu; $4991,30 \text{ kg/gün} / 8520 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.586 \text{ kg/m}^3 = 586 \text{ mg/L}$ olarak
KOİ konsantrasyonu I. ve II. kademe yılları yaz ayları için hesaplamaları yapılmıştır.

Bir diğer kirlilik parametresi olan azot ile ilgili hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

Azot Miktarı;

Azot yükü evsel kullanımdan kaynaklı atıksuda I. ve II. kademe yılları yaz ayları için
6g/kişi.gün dikkate alınarak hesaplanmıştır.

a) Birinci Kademe

$$TKN = 52078 \text{ kişi} \times 0.006 \text{ kg/kişi.gün} = 312,47 \text{ kg/gün}$$

TKN konsantrasyonu;

$$312,47 \text{ kg/gün} / 6250 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.050 \text{ kg/m}^3 = 50 \text{ mg/L}$$

b) İkinci Kademe

$$TKN = 71000 \text{ kişi} \times 0.006 \text{ kg/kişi.gün} = 426 \text{ kg/gün}$$

TKN konsantrasyonu;

$$426 \text{ kg/gün} / 8520 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.050 \text{ kg/m}^3 = 50 \text{ mg/L}$$

Fosfor Miktarı;

Fosfat yükü evsel kullanımdan kaynaklı atıksuda I. ve II. kademe yılları yaz ayları için
12 g/kişi.gün dikkate alınarak hesaplanmıştır.

a) Birinci Kademe

$$TP = 52078 \text{ kişi} \times 0.0012 \text{ kg/kişi.gün} = 62,49 \text{ kg/gün}$$

Fosfor konsantrasyonu;

$$62,49 \text{ kg/gün} / 6250 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.010 \text{ kg/m}^3 = 10 \text{ mg/L}$$

b) İkinci Kademe

$$TP = 71000 \text{ kişi} \times 0.0012 \text{ kg/kişi.gün} = 85,20 \text{ kg/gün}$$

Fosfor konsantrasyonu;

$$85,20 \text{ kg/gün} / 8520 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.010 \text{ kg/m}^3 = 10 \text{ mg/L}$$

Askıda Katı Madde Miktarı;

AKM yükü evsel kullanımdan kaynaklı atıksuda I. ve II. kademe yılları yaz ayları için 36 g/kişi.gün dikkate alınarak hesaplanmıştır.

a) Birinci Kademe

$$AKM = 52078 \text{ kişi} \times 0.036 \text{ kg/kişi.gün} = 1874,81 \text{ kg/gün}$$

AKM konsantrasyonu;

$$1874,81 \text{ kg/gün} / 6250 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.300 \text{ kg/m}^3 = 300 \text{ mg/L}$$

b) İkinci Kademe

$$AKM = 71000 \text{ kişi} \times 0.036 \text{ kg/kişi.gün} = 2556 \text{ kg/gün}$$

AKM konsantrasyonu;

$$2556 \text{ kg/gün} / 8520 \text{ m}^3/\text{gün} = 0.300 \text{ kg/m}^3 = 300 \text{ mg/L}$$

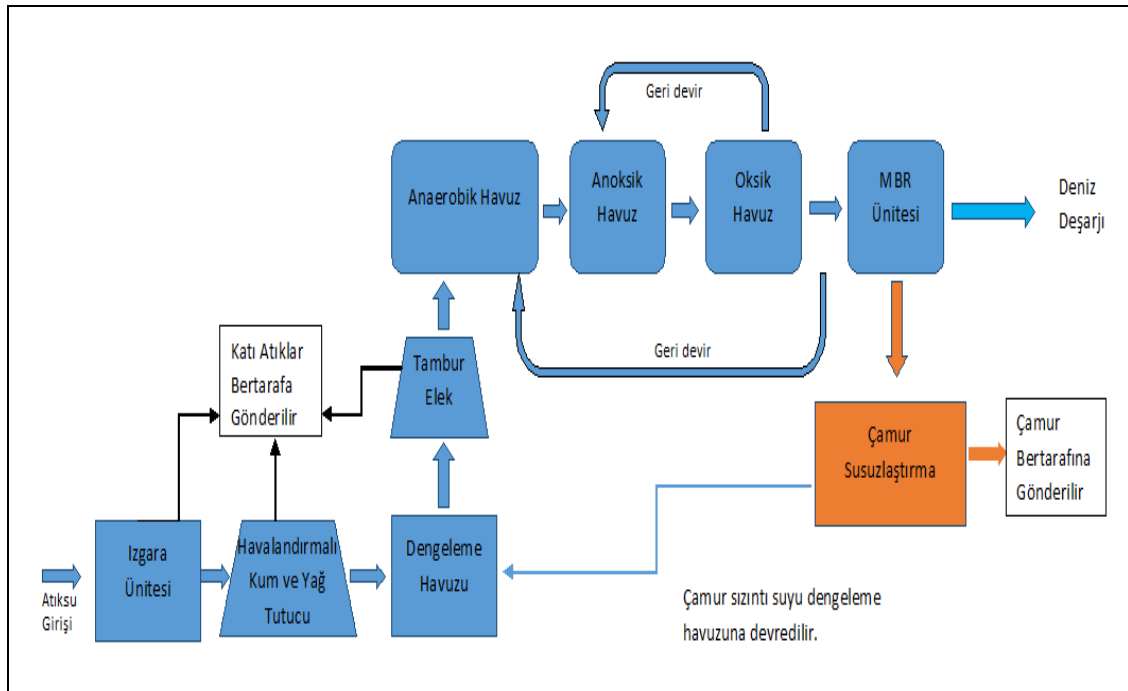
Çizelge 3.10'da I. ve II. kademe için yaz dönemi kirlilik konsantrasyonu hesaplamaları verilmiştir.

Çizelge 3.10. I. ve II. kademe için yaz dönemi kirlilik konsantrasyonu hesaplamaları

Kirlilik Parametreleri (YAZ)	I. Kademe: Q ₂₀₃₈		II. Kademe: Q ₂₀₅₃	
	kg/gün	mg/L	kg/gün	mg/L
BOI ₅	1,927	308	2,627	308
KOI	3,661	586	4,991	586
AZOT	312	50	426	50
FOSFOR	62	10	85	10
AKM	1,875	300	2,556	300

3.2.4 Atıksu arıtma tesisi akım şeması

Nüfus projeksiyonları, atıksu debisi ve kirlilik yükü-konsantrasyon hesaplamaları sonucu uygulanacak olan atıksu arıtma tesisi akım şeması Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Atıksu arıtma tesisi akım şeması

3.3 Birincil Arıtma Üniteleri

Tesise alınan atıksu ön arıtma ünitelerinden geçirilerek atıksulardaki katı ve iri maddelerin (ağaç, tahta, dal, yaprak, kağıt, cam, plastik vb.) tutulup uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Bu amaçla atıksu öncelikle yaklaşım kanalı vasıtasıyla kaba ve ince ızgara ünitelerine alınır.

Arıza durumlarında ızgara kanalı içindeki kanal kapakları kapatılarak yedek ızgara kanalı kapakları açılarak yedek ızgaralar devreye alınmaktadır.

Kaba ve ince ızgaralardan ayrılan atıklar konveyör yardımıyla taşınarak ızgara konteynerine dökülmektedir. Bu atıklar; içeriğine bağlı olarak diğer ünitelerden çıkan atıklarla bir araya getirilip Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ve Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliğine uygun olarak bertaraf edilmektedir.

3.3.1 Mekanik kaba ızgara ünitesi

Tipi : Mekanik Temizlemeli Çubuk Izgara

Ünite Sayısı : 3 Adet (2 asıl + 1 yedek)

Çubuk Aralığı (B) : 30 mm

Çubuk Ebatları : 50 mm x 10 mm, Yatayla Yapılan Açısı : 75°

Izgara Kanal Genişliği (b) : 0,40 m,

Kanalın eğim (S) : 1/1000 m/m

Pürüzlülük katsayısı (n) : 0.013

Kaba Izgarada Tutulacak Atık miktarı:

II. kademe ortalama debisi $Q_{ort} = 2630 \text{ m}^3/\text{gün}$

Izgarada tutulacak atık miktarı çubuklar arası açıklık 30 mm dikkate alınarak 26 L/1000 m^3 olarak hesaplanmıştır. 1 m^3 atığın % 65 nem içereceği ve 800 kg/m^3 ağırlıkta olacağı kabul edilerek hesaplama yapılmıştır (Metcalf ve Eddy, 2014).

Atık Hacmi = $2630 \times (26 / 1000) = 68,38 \text{ L}/\text{gün} = 0,0684 \times (800 / 1) = 54,70 \text{ kg}/\text{gün}$ olarak hesaplanmıştır.

3.3.2 Mekanik ince ızgara ünitesi

Tipi : Mekanik Temizlemeli Çubuk Izgara, Boyutları:

Ünite Sayısı : 4 Adet (3 asıl + 1 yedek)

Temizleme : Mekanik

Çubuk Aralığı (B) : 15 mm

Çubuk Ebatları : 50 mm x 10 mm

Yatayla Yapılan Açısı : 75°

Izgara Kanal Genişliği (b) : 040 m

Kanalın eğim (S) : 1/1000 m/m

Pürüzlülük katsayısı (n) : 0.013

İnce Izgarada Tutulacak Atık Miktarı:

Atık miktarı II. kademe ortalama debisi $Q_{ort} = 8520 \text{ m}^3/\text{gün}$.

Izgarada tutulacak atık miktarı çubuklar arası açıklık 15 mm dikkate alınarak 100 L/1000 m³ olarak kabul edilmiştir. 1 m³ atığın % 85 nem içereceği ve 1000 kg/m³ ağırlıkta olacağı kabul edilmiştir (Metcalf ve Eddy, 2014).

Atık Hacmi = $8520 \times (100 / 1000) = 852 \text{ L/gün} = 0,852 \times (1000 / 1) = 852 \text{ kg/gün}$ olarak hesaplanmıştır.

Fiziksel arıtma ünitesinde bulunan kaba ve ince ızgaralar (Şekil 3.5.) yardımı ile atıksudan uzaklaştırılan atık maddeler, Şekil 3.6'da belirtilen çöp konteynerinde biriktirilir.

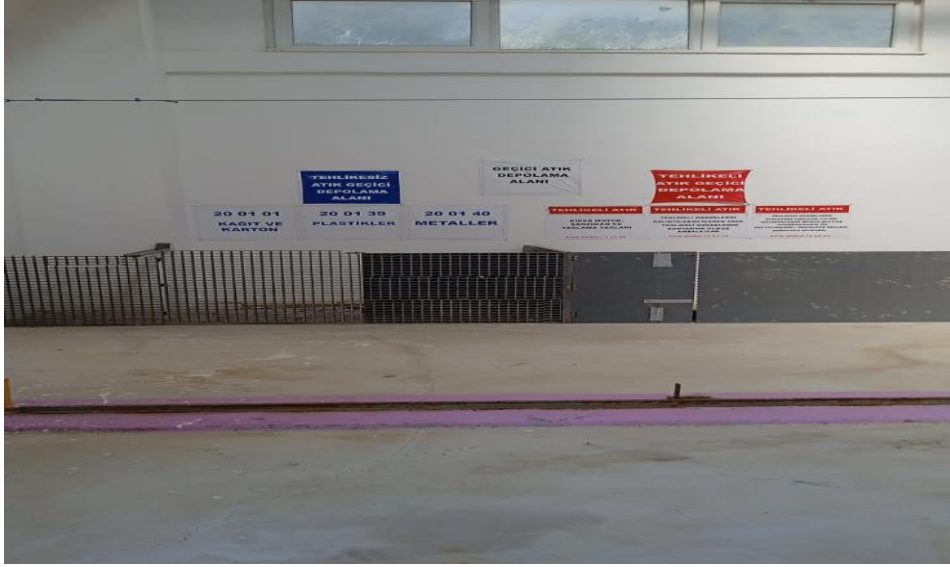


Şekil 3.5. İnce ve kaba mekanik ızgaralar



Şekil 3.6. Izgara atıklarının konulduğu çöp konteynerleri

Fiziksel arıtma ünitesinde oluşan ızgara atıkları, Şekil 3.7'de belirtilen tesisin geçici depolama alanına taşınır ve atık türüne göre sınıflandırılır.



Şekil 3.7. Geçici atık depolama alanı

Atık türüne göre sınıflandırılan atıklar, geçici depolama alanından alınarak ilgili yönetmeliklere göre bertarafa gönderilirler.

3.3.3 Giriş terfi merkezi

Izgara ünitelerinin çıkışına yapılan hazneye dalgıç pompalar yerleştirilerek atıksuyun kum tutucu ünitelerine iletilmesi sağlanacaktır.

3.3.4 Havalandırmalı kum tutucu ünitesi

Atıksu arıtma tesisine; atıksu ile birlikte kolayca çökebilen inorganik maddeler (kum, çakıl vb) gelmektedir. Kanallarda, borularda ve pompa çukurlarında birikerek tıkanmalara pompa ve diğer mekanik ekipmanların aşınma ve arızalanmasına sebep olmaktadır. Bu durum atıksu arıtma tesisinin işletilmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sorunun çözümü için kum tutucu ünitesi projelendirilmiştir.

Ayrıca atıksu arıtma tesisinin işletilme verimini arttırmak amacıyla atıksuda bulunabilecek yağ, gres gibi maddelerin tutulması hususu dikkate alınarak burada havalandırmalı kum tutucu tercih edilmiş ve ünite içerisinde yağ tutucu bölme de teşkil edilmiştir.

Şekil 3.8'deki havalandırmalı kum ve yağ tutucu ünitesinde tutulan yağlar pompa yardımıyla yağ konteynerine iletilmektedir. Biriken kumların temizlenmesi ise mekanik olarak yapılmaktadır.

Gezer köprü üzerine monte edilen kum pompaları ile emilen kumlu su ünite yanında teşkil edilen kum toplama yatağına alınmaktadır. Kumlu su ayırıcıdan geçirilerek süzüntü suyu sisteme geri döndürülerek, kum ise kum konteynerine alınmaktadır.

Tüm proseslerde oluşan süzüntü suları dengeleme havuzuna geri devredilerek sisteme tekrar kazandırılır.



Şekil 3.8. Havalandırmalı kum ve yağ tutucu

Konteynerlerde biriktirilen kum ve yağ, tesisteki diğer ünitelerden çıkan katı atıklarla birlikte Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ve Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliğine uygun olarak bertaraf edilmektedir. Minimum debilerde inorganik maddelerle birlikte organik maddelerde çökelebilmektedir.

Kum tutucuların boyutları aşağıda verilmiştir.

A = Kum tutucu kesit alanı (1 - 15 m²)

W = Kum tutucu toplam genişliği (2,00 - 7,00 m)

L = Kum tutucu uzunluğu (10 x bsf < L < 50 m) t = Bekletme süresi (5 - 20 dk)

V_y = maksimum debide Yatay akış hızı ($< 0,20$ m/s)

3.3.5 Dengeleme havuzu

Atıksu arıtma tesisine mevcut verilere göre günlük ve mevsimlik debi ve kirlilik salınımlarının olacağı bir atıksuyun geleceği için, bu duruma karşılık tedbirli olmak ve biyolojik arıtma ünitelerinin verimli işletilebilmesi amacıyla dengeleme havuzu inşa edilmiştir.

Dengeleme havuzunun tasarım bilgileri ve 24 saatlik zaman dilimi içerisinde tesise gelmesi beklenen atıksu debisi depolama gereği duyulan havuz hacmi bilgileriyle beraber Çizelge 3.11’de belirtilmiştir.

Çizelge 3.11. Karataş ilçesi kanalizasyon şebekesinden gelmesi beklenen saatlik debiler

Saat Aralığı	Pik Faktör	İntikal Debisi (m ³ /saat)	Ortalama Debi (m ³ /saat)	Debi Farkı (m ³ /saat)	Depolama Gereksinimi (m ³)
24:00-01:00	0.70	248.50	355.00	-106.50	-887.50
01:00-02:00	0.65	230.75	355.00	-124.25	
02:00-03:00	0.65	230.75	355.00	-124.25	
03:00-04:00	0.65	230.75	355.00	-124.25	
04:00-05:00	0.70	248.50	355.00	-106.50	
05:00-06:00	0.80	284.00	355.00	-71.00	
06:00-07:00	1.30	461.50	355.00	106.50	710.00
07:00-08:00	2.00	710.00	355.00	355.00	
08:00-09:00	1.50	532.50	355.00	177.50	
09:00-10:00	1.20	426.00	355.00	71.00	
10:00-11:00	0.90	319.50	355.00	-35.50	-426.00
11:00-12:00	0.80	284.00	355.00	-71.00	
12:00-13:00	0.90	319.50	355.00	-35.50	
13:00-14:00	0.80	284.00	355.00	-71.00	
14:00-15:00	0.75	266.25	355.00	-88.75	
15:00-16:00	0.75	266.25	355.00	-88.75	
16:00-17:00	0.90	319.50	355.00	-35.50	
17:00-18:00	1.00	355.00	355.00	0.00	
18:00-19:00	2.00	710.00	355.00	355.00	603.50
19:00-20:00	1.50	532.50	355.00	177.50	
20:00-21:00	1.20	426.00	355.00	71.00	
21:00-22:00	0.90	319.50	355.00	-35.50	
22:00-23:00	0.75	266.25	355.00	-88.75	
23:00-24:00	0.70	248.50	355.00	-106.50	
		8520.00	8520.00	0.00	

Yukarıdaki çizelgede görüleceği üzere saatlik ortalama debinin gün içerisinde sağlanabilmesi için yaklaşık 887,50 m³'lük depolama gerekmektedir. Her bir kademe yılı için 1 adet dengeleme tankı inşa edilmiştir.

Havuz Hacmi

Havuz derinliği $h_{su} = 5,60$ m

Havuz eni $a = 7,00$ m

Havuz boyu $L = 23,30$ m

$V = 23,30 \times 7,00 \times 5,60 = 913,36$ m³

Bekletme Süresi

II. Kademe (Yaz) $t = 913,36 / 355 = 2,57$ sa

I. Kademe (Kış) $t = 913,36 / 81,63 = 11,20$ sa

Dengeleme Havuzu Bloweri

Dengeleme havuzunda çökmeyi engellemek amacıyla 0.015 m³/m³.dk hava verilmektedir.

$q_a = 0,015$ m³/m³.dk

$V = 913,36$ m³

$Q_{air} = V \times q_a$ $Q_{air} = 913,36 \times 0,015$

$= 13,70$ Nm³/dk $= 822$ Nm³/sa

Blower Kapasitesi

$Q_{air} = 13,70$ Nm³/dk $= 822$ Nm³/sa

$H_m = 600$ mbar

II. Kademe (Yaz) 1 asıl + 1 yedek

I. Kademe (Kış) 1 asıl + 1 yedek

Dengeleme Havuzu Terfi Merkezi

Dengeleme havuzu çıkışına dalgıç pompalar yerleştirilerek atıksuyun sabit bir debide biyolojik arıtma ünitelerine iletilmesi sağlanmaktadır.

II. Kademe (Yaz) $Q_{ort} = 355$ m³/sa $= 98,61$ L/s

I. Kademe (Yaz) $Q_{ort} = 260,42$ m³/sa $= 72,34$ L/s

II. Kademe (K1ş) $Q_{ort} = 109,58 \text{ m}^3/\text{sa} = 30,44 \text{ L/s}$

I. Kademe (K1ş) $Q_{ort} = 81,63 \text{ m}^3/\text{sa} = 22,67 \text{ L/s}$

$Q_{pompa} = 35,00 \text{ L/s}$ (frekans konvektörlü, dalgıç) :

II.Kademede : 3 asıl

I. Kademede : 2 asıl olarak teçhiz edilmiştir.

Ekonomik Boru Çapı Hesabı

$Q_{pompa} = 35 \text{ L/s} = 0,036 \text{ m}^3/\text{s}$

$D_{dış} = 219,10 \text{ mm}$, $D_{iç} = 213,10 \text{ mm}$, $e = 3,00 \text{ mm}$, $A = 0,03567 \text{ m}^2$

$V = 0,036 / 0,03567 = 0,98 \text{ m/s}$

3.3.6 Tambur elek

MBR sisteminin verimli çalışması için 3 mm açıklıktan küçük ızgaralama yapmak gerekmektedir. Bu sayede membranların yabancı ve kolloidal maddeler tarafından tıkanması engellenmiş olacaktır. Atıksu arıtma tesisi için; 2 mm elek aralığına sahip 1 adet içten akışlı tambur elek yerleştirilmiştir (Şekil 3.9).

Sistem performansını arttırmaya elverişli olması açısından içten akışlı tambur elek tercih edilmiştir.



Şekil 3.9. Tambur elek

Tambur elekte ayrıştırılan yabancı maddeler atıksu arıtma tesisi geçici atık depolama alanında toplanarak ilgili yönetmeliğe uygun bir şekilde bertarafa gönderilmektedir.

3.4 İkincil Arıtma Üniteleri

3.4.1 Anaerobik havuz

Biyolojik fosfor giderimi için havalandırma havuzlarından önce anaerobik havuz yer almaktadır. Fosfor depolayan anaerobik bakteriler fermentasyon yoluyla çözünmüş biyolojik KOİ'yi asetata dönüştürürler. Asetat biyokütle tarafından kolayca asimile edilebilen çözünmüş parçalanabilir organik madde(uçucu yağ asitleri) olup ayrıca asetat, fosfor depolayan anaerobik bakterilerin sevdiği düşük molekül ağırlıklı fermentasyon ürünü olma özelliğini de taşımaktadır. Çözünmüş biyolojik KOİ, fosfor depolayan bakteriler için gerekli olan uçucu yağ asitlerinin ana kaynağıdır. Asetatın asimilesini takiben anaerobik bakteri hücre içi polyhidroksilbütat (PHB) depolama ürünlerini üretir. Yine asetatın asimilasyonu ile birlikte bakteriler orto-fosfat ($O-PO_4$) salınımına başlar.

Anaerobik havuzda 40 mg/L'ye kadar $O-PO_4$ konsantrasyonu ile bakteri hücrelerinde önemli miktarlarda poly- β hidroksibütat (PHB) gözlemlenmiştir. PHB, havalandırma havuzu anoksik ve aerobik kısımlarında, anaerobik havuzda salınan $O-PO_4$ 'ün aerobik

bakterilerin bünyesinde depolanmasında önemli bir aracı görevini ifa etmektedir. Fosfor depolayan anaerobik bakterilerin diğer önemli bir özelliği de aktif çamura yüksek çökelme kabiliyeti vermeleridir.

Şekil 3.10 ve 11'deki anaerobik havuzda 3 saati geçen bekletme sürelerinde, anaerobik bakterilerin bünyesinden ikinci bir O-PO₄salınımı olur ki, bu ortofosfatın havalandırma havuzunda giderilme ihtimalini düşürmektedir. Bu durumda sistemin fosfat giderme kapasitesi düşer.

Biyolojik fosfor giderimi hesapları ATV'ye göre hesaplanmıştır. Anaerobik havuzda bekletme süresi 0,5-0,75 saat arasında seçilmiştir. Burada tasarım yapılırken maksimum debinin geldiği ve maksimum debinin %100'nün geri devir edileceği durum dikkate alınmıştır.



Şekil 3.10. Anaerobik havuz



Şekil 3.11. Anaerobik havuz

I. Kademe Kış Debisine Göre Ünite Hesapları

$$Q_{\max} = 171,42 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{\text{ort}} = 81,63 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$QRS = 171,42 \text{ m}^3/\text{sa} \times 1,00 = 171,42 \text{ m}^3/\text{sa} \quad Q_{\text{hesap}} = Q_{\text{ort}} + QRS$$

$$Q_{\text{hesap}} = 81,63 + 171,42 = 253,04 \text{ m}^3/\text{sa} \quad t_{\text{anaerob}} = 0,55 \text{ sa}$$

$$V_{\text{anaerob}} = t_{\text{anaerob}} \times Q_{\text{hesap}}$$

$$V_{\text{anaerob}} = 0,55 \times 253,04 = 139,17 \text{ m}^3$$

Havuz Boyutları:

En: 5,45 m, Boy: 6,75 m, Su derinliği : 5,20 m

Havuz sayısı : 1 adet

$$V = (5,45 \times 6,75) \times 5,20 = 191,30 \text{ m}^3$$

$$V = 191,30 \times 1 = 191,30 \text{ m}^3$$

Mikser Hesabı:

Anaerobik havuzlarda MLSS'in çökmesini önlemek için dalgıç mikserler kullanılmaktadır. Karıştırma gücü ihtiyacı: 4-8 W/m³

$$V1 = 191,30 \text{ m}^3 \quad N = 5 \times 191,30 / 1000 = 0,96 \text{ kW (1,1 kW seçilmiştir)}$$

I. Kademe (Kış) : 1 asıl

Bekleme Süresi:

$$t = V / Q = 191,30 \times 1 / 253,04 = 0,75 \text{ sa}$$

Fosfor Giderimi ve Çamur Oluşumu:

XP,Prec : kimyasal çökeltme ile uzaklaştırılacak fosfor miktarı, mgP/L

CP,O : ham atıksudaki toplam fosfor konsantrasyonu, mgP/L

CP,E : arıtılmış atıksuda istenen fosfor konsantrasyonu, mgP/L

XP,BM : heterotrofbiyokütle için gerekli fosfor miktarı, mgP/L

(giriş BOI konsantrasyonunun (CBOD) 0,010-0,015'i arasında alınır.)

XP,BioP = 0,015 CBOD, biyolojik olarak uzaklaştırılan fosfor miktarı, mgP/L

(giriş BOI konsantrasyonunun (CBOD) 0,010-0,015'i arasında alınır.)

$$XP,Prec = CP,O - CP,E - XP,BM - XP,BioP = 0,015 \times 308 = 4,62$$

$$\text{mgP/L} \quad XP,BM = 0,015 \times 308 = 4,62 \text{ mg/L}$$

$$XP,Prec = CP,O - CP,E - XP,BM - XP,BioP$$

$$\text{Biyolojik Faaliyetler Sonucunda Kalan Fosfor} = 10 - 4,62 - 4,62 = 0,76 \text{ mg/L}$$

Deşarjda ön görülen fosfor konsantrasyonu 1 mgP/L olduğundan kimyasal fosfor giderimine gerek duyulmamaktadır.

Biyolojik olarak giderilecek fosfordan oluşacak çamur miktarı (SPd,P) ;

$$SPd,P = (3 \times Q_{ort} \times XP,BioP) / 1000 = (3 \times 1959 \times 4,62) / 1000 = 27,15 \text{ kg/gün}$$

II. Kademe Kış Debisine Göre Ünite Hesapları

$$Q_{max} = 230,13 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{ort} = 109,58 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$QRS = 230,13 \text{ m}^3/\text{sa} \times 1,00 = 230,13 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{hesap} = Q_{ort} + QRS$$

$$Q_{hesap} = 109,58 + 230,13 = 339,71 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$t_{anaerob} = 0,55 \text{ sa kabul edilmiştir. (0,5 sa - 0,75 sa)}$$

$$V_{anaerob} = t_{anaerob} \times Q_{hesap}$$

$$V_{anaerob} = 0,55 \times 339,71 = 186,84 \text{ m}^3$$

Havuz Boyutları:

$$\text{En: } 5,45 \text{ m, Boy: } 6,75 \text{ m, Su derinliği: } 5,20 \text{ m}$$

$$\text{Havuz sayısı: } 1 \text{ adet}$$

$$V = (5,45 \times 6,75) \times 5,20 = 191,30 \text{ m}^3$$

$$V = 191,30 \times 1 = 191,30 \text{ m}^3$$

Mikser Hesabı:

Anaerobik havuzlarda MLSS'in çökmesini önlemek için dalgıç mikserler kullanılmaktadır. Karıştırma gücü ihtiyacı: 4-8 W/m³

$$V1 = 191,30 \text{ m}^3$$

$$N = 5 \times 191,30 / 1000 = 0,96 \text{ kW (1,1 kW seçilmiştir)}$$

II. Kademe (Kış) : 1 asıl

Bekleme Süresi:

$$t = V / Q = 191,30 \times 1 / 339,71 = 0,56 \text{ sa}$$

Fosfor Giderimi ve Çamur Oluşumu:

XP,Prec : kimyasal çökeltme ile uzaklaştırılacak fosfor miktarı, mgP/L

CP,O : ham atıksudaki toplam fosfor konsantrasyonu, mgP/L

CP,E : arıtılmış atıksuda istenen fosfor konsantrasyonu, mgP/L

XP,BM : hetotrofbiyokütle için gerekli fosfor miktarı, mgP/L

(giriş BOI konsantrasyonunun (CBOD) 0,010-0,015'i arasında alınır.)

XP,BioP = 0,015 CBOD, biyolojik olarak uzaklaştırılan fosfor miktarı, mgP/L

(giriş BOI konsantrasyonunun (CBOD) 0,010-0,015'i arasında alınır)

$$XP,Prec = CP,O - CP,E - XP,BM - XP,BioP$$

$$XP,BioP = 0,015 \times 308 = 4,62 \text{ mgP/L}$$

$$XP,BM = 0,015 \times 308 = 4,62 \text{ mg/L}$$

$$XP,Prec = CP,O - CP,E - XP,BM - XP,BioP$$

Biyolojik Faaliyetler Sonucunda Kalan Fosfor = 10 - 4,62 - 4,62 = 0,76 mg/Lt deşarjda ön görülen fosfor konsantrasyonu 1 mgP/L olduğundan kimyasal fosfor giderimine gerek duyulmamaktadır.

Biyolojik olarak giderilecek fosfordan oluşacak çamur miktarı (SPd,P) ;

$$SPd,P = (3 \times Q_{ort} \times XP,BioP) / 1000 = (3 \times 2630 \times 4,62) / 1000 = 36,45 \text{ kg/gün}$$

I. Kademe Yaz Debisine Göre Ünite Hesapları

$$Q_{\max} = 546,88 \text{ m}^3/\text{sa} \quad Q_{\text{ort}} = 260,42 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$QRS = 546,88 \text{ m}^3/\text{sa} \times 1,00 = 546,88 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{\text{hesap}} = Q_{\text{ort}} + QRS \quad Q_{\text{hesap}} = 260,42 + 546,88 = 807,29 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$t_{\text{anaerob}} = 0,69 \text{ sa kabul edilmiştir. (0,5 sa - 0,75 sa)}$$

$$V_{\text{anaerob}} = t_{\text{anaerob}} \times Q_{\text{hesap}} \quad V_{\text{anaerob}} = 0,690 \times 807,29 = 557,03 \text{ m}^3$$

Havuz Boyutları:

$$\text{En: } 5,45 \text{ m, Boy: } 6,75 \text{ m, Su derinliği : } 5,20 \text{ m} \quad \text{Havuz sayısı : } 3 \text{ adet}$$

$$V = (5,45 \times 6,75) \times 5,20 = 191,30 \text{ m}^3 \quad V = 191,30 \times 3 = 573,89 \text{ m}^3$$

Mikser Hesabı:

Anaerobik havuzlarda MLSS'in çökmesini önlemek için dalgıç mikserler kullanılmaktadır. Karıştırma gücü ihtiyacı: 4-8 W/m³

$$V1 = 191,30 \text{ m}^3 \quad N = 5 \times 191,30 / 1000 = 0,96 \text{ kW (1,1 kW seçilmiştir)}$$

I. Kademe (Yaz) : 3 asıl

Bekleme Süresi:

$$t = V / Q = 191,30 \times 3 / 807,29 = 0,71 \text{ sa}$$

Fosfor Giderimi ve Çamur Oluşumu:

XP,Prec : kimyasal çökeltme ile uzaklaştırılacak fosfor miktarı, mgP/L

CP,O : ham atıksudaki toplam fosfor konsantrasyonu, mgP/L

CP,E : arıtılmış atıksuda istenen fosfor konsantrasyonu, mgP/L

XP,BM : hetotrofbiyokütle için gerekli fosfor miktarı, mgP/L

(giriş BOI konsantrasyonunun (CBOD) 0,010-0,015'i arasında alınır.)

XP,BioP = 0,015 CBOD, biyolojik olarak uzaklaştırılan fosfor miktarı, mgP/L

(giriş BOI konsantrasyonunun (CBOD) 0,010-0,015'i arasında alınır.)

$$XP, Prec = CP, O - CP, E - XP, BM - XP, BioP$$

$$XP, BioP = 0,015 \times 308 = 4,62 \text{ mgP/L}$$

$$XP, BM = 0,015 \times 308 = 4,62 \text{ mg/L}$$

$$XP, Prec = CP, O - CP, E - XP, BM - XP, BioP$$

$$\text{Biyolojik Faaliyetler Sonucunda Kalan Fosfor} = 10 - 4,62 - 4,62 = 0,76 \text{ mg/L}$$

Deşarjda ön görülen fosfor konsantrasyonu 1 mgP/L olduğundan kimyasal fosfor giderimine gerek duyulmamaktadır.

Biyolojik olarak giderilecek fosfordan oluşacak çamur miktarı (SPd,P) ;

$$SPd, P = (3 \times Q_{ort} \times XP, BioP) / 1000 = (3 \times 6250 \times 4,62) / 1000 = 87 \text{ kg/gün}$$

II. Kademe Yaz Debisine Göre Ünite Hesapları

$$Q_{max} = 745,50 \text{ m}^3/\text{sa} \quad Q_{ort} = 355,00 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$QRS = 745,50 \text{ m}^3/\text{sa} \times 1,00 = 745,50 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$Q_{hesap} = Q_{ort} + QRS$$

$$Q_{hesap} = 355,00 + 745,50 = 1100,50 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$t_{anaerob} = 0,69 \text{ sa kabul edilmiştir. (0,5 sa - 0,75 sa)}$$

$$V_{anaerob} = t_{anaerob} \times Q_{hesap}$$

$$V_{anaerob} = 0,690 \times 1100,50 = 759,35 \text{ m}^3$$

Havuz Boyutları:

En: 5,45 m, Boy: 6,75 m, Su derinliği : 5,20 m, Havuz sayısı : 4 adet

$$V = (5,45 \times 6,75) \times 5,20 = 191,30 \text{ m}^3 \quad V = 191,30 \times 4 = 765,20 \text{ m}^3$$

Mikser Hesabı:

Anaerobik havuzlarda MLSS'in çökmesini önlemek için dalgıç mikserler kullanılacaktır. Karıştırma gücü ihtiyacı: 4-8 W/m³

$$V1 = 191,30 \text{ m}^3$$

$$N = 5 \times 191,30 / 1000 = 0,96 \text{ kW (1,1 kW seçilmiştir)}$$

II. Kademe (Yaz) : 4 asıl

Bekleme Süresi:

$$t = V / Q = 191,30 \times 4 / 1100,50 = 0,695 \text{ sa}$$

Fosfor Giderimi ve Çamur Oluşumu:

XP,Prec : kimyasal çökeltme ile uzaklaştırılacak fosfor miktarı, mgP/L

CP,O : ham atıksudaki toplam fosfor konsantrasyonu, mgP/L

CP,E : arıtılmış atıksuda istenen fosfor konsantrasyonu, mgP/L

XP,BM : hetotrofbiyokütle için gerekli fosfor miktarı, mgP/L

(giriş BOI konsantrasyonunun (CBOD) 0,010-0,015'i arasında alınır.)

XP,BioP = 0,015 CBOD, biyolojik olarak uzaklaştırılan fosfor miktarı, mgP/L

(giriş BOI konsantrasyonunun (CBOD) 0,010-0,015'i arasında alınır.)

$$XP,Prec = CP,O - CP,E - XP,BM - XP,BioP$$

$$XP,BioP = 0,015 \times 308 = 4,62 \text{ mgP/L}$$

$$XP,BM = 0,015 \times 308 = 4,62 \text{ mg/L}$$

$$XP,Prec = CP,O - CP,E - XP,BM - XP,BioP$$

$$\text{Biyolojik Faaliyetler Sonucunda Kalan Fosfor} = 10 - 4,62 - 4,62 = 0,76 \text{ mg/L}$$

Deşarjda ön görülen fosfor konsantrasyonu 1 mgP/L olduğundan kimyasal fosfor giderimine gerek duyulmamaktadır.

Biyolojik olarak giderilecek fosfordan oluşacak çamur miktarı (SPd,P) ;

$$SPd,P = (3 \times Q_{ort} \times XP,BioP) / 1000 = (3 \times 8520 \times 4,62) / 1000 = 118 \text{ kg/gün}$$

3.4.2 Havalandırma ve membran biyoreaktör havuzu boyutları

Havalandırma havuzu betonarme yapı olarak inşa edilmiştir.

Havalandırma Havuzu Hacmi:

Denitrifikasyon Havuzu Boyutları

En: 5,45 m, Boy: 8,00 m, Su derinliği : 5,20 m

$$V = (5,45 \times 8,00) \times 5,20 = 226,72 \text{ m}^3$$

Havalandırma Havuzu Boyutları

En: 5,45 m, Boy: 14,70 m, Su derinliği : 5,00 m

$$V = (5,45 \times 14,70) \times 5,00 = 400,58 \text{ m}^3$$

MBR Havuzu Boyutları

En: 4,30 m, Boy: 16,60 m, Su derinliği : 4,75 m

$$V = (4,30 \times 16,60) \times 4,75 = 339,00 \text{ m}^3 \text{ Havuz sayısı : 1 adet}$$

$$V_{\text{TOPLAM}} = (226,72 + 400,58 + 339,00 + 191,30) \times 1 = 1160,60 \text{ m}^3$$

I. Kademe Kış Debisine Göre Arıtma Verimi

$$Q_{\text{ort}} = 81,63 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$BOI_5 = 308 \text{ mg/L}$$

$$BOI_{\text{çıkış}} = 10 \text{ mg/L} \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

MLSS Hesaplamaları ise aşağıdaki gibidir:

$$MLSS (DS_{AT}) = 8000 - 12000 \text{ mg/L} \quad MLSS (DS_{AT}) = 10000 \text{ mg/Lt (10.00 kg/m}^3)$$

$$\text{Çamur Yüğü (B}_{DS}) = 0.05 - 0.15 \text{ kgBOI/kgMLSS gün}^{-1}$$

$$\text{Çamur Yüğü (B}_{DS}) = 0.07 \text{ kg BOI/kgMLSS gün}^{-1}$$

Arıtma Verimi

$$\text{Giriş } BOI_5 = 308 \text{ mg/Lt Çıkıştaki biyolojik katılar} = 10 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki katıların parçalanabilen kısmı} = 0,65 \times 10 = 6,50 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki parçalanabilen katıların nihai } BOI_5 \text{'i} = 6,50 \times 1.42 = 9,23 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki katıların } BOI_5 \text{'i} = 9,23 \times 0,68 = 6,28 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki katıların çözünmüş } BOI_5 \text{'i} = 10 - 6,28 = 3,72 \text{ mg/L}$$

$$BOI_{\text{rem}} = 308 - 3,72 = 304,28 \text{ mg/L}$$

$$E = 304,28/308 = \%98,80$$

Fazla Çamur Miktarı

$BOI_5 \times 0.80 \times E$ (Aritma verimi)

Spesifik günlük çamur miktarının 0.80 'e ulaşacağı kabul edilerek;

$$= 604 \times 0.80 \times 0.9879 = 477 \text{ kg/gün}$$

Çamur Yaşı Hesabı

Spesifik çamur miktarının 0.80 yükseleceği kabul edilerek, $SRT = 1160,60 \times 10 / 477 = 24,33$ gün

Geri Devir Oranı

Geri Devir Oranı (Q_r / Q) Ortalama debinin %100'ü geri devir ettirilmektedir.

Proses MLSS (SSAT) Konsantrasyonu

Geri Devir Çamur Konsantrasyonu;

$$SS_{RS} = 13,33 \text{ kg/m}^3$$

Biyolojik Reaktördeki MLSS Konsantrasyonu;

$$SS_{AT} = RS \times SS_{RS} / (1 + RS) = 3,0 \times 13,33 / (1 + 3) \cong 9,998 \text{ kg} = 10,00 \text{ kg/m}^3.$$

MBR Havuzu

$$MLSS = 10000 \text{ mg/L}$$

$$\text{Akış hızı} = 0,475 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$$

$$Q_{ort} = 1959 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$A_{filtrasyon} = 1959 / 0,475 = 4124 \text{ m}^2$$

$$V_{MBR_I. Kademe Kış} = 1 \times (4,30 \times 16,60 \times 4,75) = 339 \text{ m}^3 \text{ olarak alınmıştır.}$$

Teknik özelliklerine göre herbir membran için m^2 başına $6,50 \text{ L/m}^2/\text{dk}$ hava verilmesi gerekmektedir.

MBR Havuzu toplam hava ihtiyacı :

$$Q_{\text{MBR_I. Kademe Kış}} = (6,50 / 1000 \times 60) \times 500 \times 1 \times 9 = 1755 \text{ m}^3/\text{sa}$$

I. Kademe Yaz Debisine Göre Arıtma Verimi

$$Q_{\text{ort}} = 260,42 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$\text{BOI}_5 = 308 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOI}_{\text{çıkış}} = 10 \text{ mg/L}$$

$$\text{MLSS (DS}_{\text{AT}}) = 8000 - 12000 \text{ mg/L} \quad \text{MLSS (DS}_{\text{AT}}) = 10000 \text{ mg/L (10.00 kg/m}^3)$$

$$\text{Çamur Yüğü (B}_{\text{DS}}) = 0.05 - 0.15 \text{ kgBOI/kgMLSS gün}^{-1}$$

$$\text{Çamur Yüğü (B}_{\text{DS}}) = 0.07 \text{ kg BOI/kgMLSS gün}^{-1}$$

Arıtma Verimi

$$\text{Giriş BOI}_5 = 308 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki biyolojik katılar} = 10 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki katıların parçalanabilen kısmı} = 0,65 \times 10 = 6,50 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki parçalanabilen katıların nihai BOI}_5 \text{'i} = 6,50 \times 1.42 = 9,23 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki katıların BOI}_5 \text{'i} = 9,23 \times 0,68 = 6,28 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki katıların çözünmüş BOI}_5 \text{'i} = 10 - 6,28 = 3,72 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOI}_{\text{rem}} = 308 - 3,72 = 304,28 \text{ mg/L}$$

$$E = 304,28/308 = \%98,80$$

Fazla Çamur Miktarı

$$\text{BOI}_5 \times 0.80 \times E \text{ (Arıtma verimi)}$$

Spesifik günlük çamur miktarının 0.80 'e ulaşacağı kabul edilerek;

$$= 1927 \times 0.80 \times 0,9879 = 1523 \text{ kg/gün}$$

Çamur Yaşı Hesabı

Spesifik çamur miktarının 0.80 yükseleceği kabul edilerek, $\text{SRT} = 3481,80 \times 10/477 = 27$ gün

Geri Devir Oranı

Geri Devir Oranı (Q_r / Q) Ortalama debinin %100'ü geri devir ettirilmektedir.

Proses MLSS (SSAT) Konsantrasyonu

Geri Devir Çamur Konsantrasyonu;

$$SSRS = 13,33 \text{ kg/m}^3$$

Biyolojik Reaktördeki MLSS Konsantrasyonu;

$$SS_{AT} = RS \times SS_{RS} / (1+RS) = 3,0 \times 13,33 / (1+3) \cong 9,998 \text{ kg} = 10,00 \text{ kg/m}^3.$$

MBR Havuzu

$$MLSS = 10000 \text{ mg/L}$$

$$\text{Akış hızı} = 0,475 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$$

$$Q_{ort} = 6250 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$A_{filtrasyon} = 6250 / 0,475 = 13158 \text{ m}^2$$

$$V_{MBR_I. Kademe Yaz} = 3 \times (4,30 \times 16,60 \times 4,75) = 1017 \text{ m}^3 \text{ olarak alınmıştır.}$$

Teknik özelliklerine göre her bir membran için m^2 başına $6,50 \text{ L/m}^2/\text{dk}$ hava verilmesi gerekmektedir.

MBR Havuzu toplam hava ihtiyacı :

$$Q_{MBR_I. Kademe Yaz} = (6,50 / 1000 \times 60) \times 500 \times 3 \times 9 = 5265 \text{ m}^3/\text{sa}$$

II. Kademe Kış Debisine Göre Arıtma Verimi

$$Q_{ort} = 109,58 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$BOI_5 = 308 \text{ mg/L}$$

$$BOI_{çıkış} = 10 \text{ mg/L}$$

$$MLSS (DS_{AT}) = 8000 - 12000 \text{ mg/L} \quad MLSS (DS_{AT}) = 10000 \text{ mg/L} (10.00 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Çamur Yüğü} (B_{DS}) = 0.05 - 0.15 \text{ kgBOİ/kgMLSS gün}^{-1}$$

$$\text{Çamur Yüğü} (B_{DS}) = 0.07 \text{ kg BOİ/kgMLSS gün}^{-1}$$

Arıtma Verimi

Giriş $BOI_5 = 308$ mg/l Çıkıştaki biyolojik katılar = 10 mg/L

Çıkıştaki katıların parçalanabilen kısmı = $0,65 \times 10 = 6,50$ mg/L

Çıkıştaki parçalanabilen katıların nihai BOI_5 'i = $6,50 \times 1,42 = 9,23$ mg/L

Çıkıştaki katıların BOI_5 'i = $9,23 \times 0,68 = 6,28$ mg/L

Çıkıştaki katıların çözülmüş BOI_5 'i = $10 - 6,28 = 3,72$ mg/L

$BOI_{rem} = 308 - 3,72 = 304,28$ mg/L

$E = 304,28/308 = \%98,80$

Fazla Çamur Miktarı

$BOI_5 \times 0,80 \times E$ (Arıtma verimi)

Spesifik günlük çamur miktarının 0.80 'e ulaşacağı kabul edilerek;

= $811 \times 0,80 \times 0,9879 = 641$ kg/gün

Çamur Yaşı Hesabı

Spesifik çamur miktarının 0.80 yükseleceği kabul edilerek,

$SRT = 1160,60 \times 10 / 641 = 18$ gün

Geri Devir Oranı

Geri Devir Oranı (Q_r / Q) Ortalama debinin %100'ü geri devir ettirilmektedir.

Proses MLSS (SSAT) Konsantrasyonu

Geri Devir Çamur Konsantrasyonu;

$SSRS = 13,33$ kg/m³

Biyolojik Reaktördeki MLSS Konsantrasyonu;

$SS_{AT} = RS \times SS_{RS} / (1 + RS) = 3,0 \times 13,33 / (1 + 3) \cong 9,998$ kg = 10,00 kg/m³.

MBR Havuzu

$$MLSS = 10000 \text{ mg/L}$$

$$\text{Akış hızı} = 0,475 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$$

$$Q_{\text{ort}} = 2630 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$A_{\text{filtrasyon}} = 2630 / 0,475 = 5537 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{MBR_II. Kademe Kış}} = 1 \times (4,30 \times 16,60 \times 4,75) = 339 \text{ m}^3 \text{ olarak alınmıştır.}$$

Teknik özelliklerine göre herbir membran için m^2 başına $6,50 \text{ L/m}^2/\text{dk}$ hava verilmesi gerekmektedir.

MBR Havuzu toplam hava ihtiyacı :

$$Q_{\text{MBR_II. Kademe Kış}} = (6,50 / 1000 \times 60) \times 500 \times 1 \times 9 = 1755 \text{ m}^3/\text{sa}$$

II. Kademe Yaz Debisine Göre Arıtma Verimi

$$Q_{\text{ort}} = 355 \text{ m}^3/\text{sa}$$

$$BOI_5 = 308 \text{ mg/L}$$

$$BOI_{\text{çıkış}} = 10 \text{ mg/L}$$

$$MLSS (DS_{AT}) = 8000 - 12000 \text{ mg/L} \quad MLSS (DS_{AT}) = 10000 \text{ mg/L} (10.00 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Çamur Yüğü} (B_{DS}) = 0.05 - 0.15 \text{ kgBOI/kgMLSS gün}^{-1}$$

$$\text{Çamur Yüğü} (B_{DS}) = 0.07 \text{ kg BOI/kgMLSS gün}^{-1}$$

Arıtma Verimi

$$\text{Giriş } BOI_5 = 308 \text{ mg/L} \quad \text{Çıkıştaki biyolojik katılar} = 10 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki katıların parçalanabilen kısmı} = 0,65 \times 10 = 6,50 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki parçalanabilen katıların nihai } BOI_5 \text{'i} = 6,50 \times 1.42 = 9,23 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki katıların } BOI_5 \text{'i} = 9,23 \times 0,68 = 6,28 \text{ mg/L}$$

$$\text{Çıkıştaki katıların çözülmüş } BOI_5 \text{'i} = 10 - 6,28 = 3,72 \text{ mg/L}$$

$$BOI_{\text{rem}} = 308 - 3,72 = 304,28 \text{ mg/L}$$

$$E = 304,28/308 = \%98,80$$

Fazla Çamur Miktarı

$BOI_5 \times 0.80 \times E$ (Aritma verimi)

Spesifik günlük çamur miktarının 0.80 'e ulaşacağı kabul edilerek;

$$= 2627 \times 0.80 \times 0,9879 = 2076 \text{ kg/gün}$$

Çamur Yaşı Hesabı

Spesifik çamur miktarının 0.80 yükseleceği kabul edilerek, $SRT = 4642,40 \times 10 / 2076 = 22,36 \cong 22$ gün

Geri Devir Oranı

Geri Devir Oranı (Q_r / Q) Ortalama debinin %100'ü geri devir ettirilmektedir.

Proses MLSS (SSAT) Konsantrasyonu

Geri Devir Çamur Konsantrasyonu;

$$SSRS = 13,33 \text{ kg/m}^3$$

Biyolojik Reaktördeki MLSS Konsantrasyonu;

$$SS_{AT} = RS \times SS_{RS} / (1+RS) = 3,0 \times 13,33 / (1+3) \cong 9,998 \text{ kg} = 10,00 \text{ kg/m}^3.$$

MBR Havuzu

$MLSS = 10000 \text{ mg/L}$

$Akış \text{ hızı} = 0,475 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$

$Q_{ort} = 8520 \text{ m}^3/\text{gün}$

$A_{filtrasyon} = 8520 / 0,475 = 17934 \text{ m}^2$

$V_{MBR_II. \text{ Kademe Yaz}} = 4 \times (4,30 \times 16,60 \times 4,75) = 1356 \text{ m}^3$ olarak alınmıştır.

Teknik özelliklerine göre her bir membran için m^2 başına $6,50 \text{ L/m}^2/\text{dk}$ hava verilmesi gerekmektedir.

MBR Havuzu toplam hava ihtiyacı :

$$Q_{\text{MBR_II, Kademe Yaz}} = (6,50 / 1000 \times 60) \times 500 \times 4 \times 9 = 7020 \text{ m}^3/\text{sa}$$



Şekil 3.12. Membranbiyoreaktör havuzları

Şekil 3.12’te görülen membranbiyoreaktör prosesi, ileri biyolojik arıtımın son kademesidir. MBR ünitesinden çıkan arıtılmış atıksular deşarj edilmek üzere temiz su deposuna gönderilir.

3.5 Çamur Arıtma Üniteleri

3.5.1 Çamur susuzlaştırma ünitesi

Sistemdeki fazla çamur yoğunlaştırıcı işlemi yapılmadan direkt olarak susuzlaştırma işlemine tabi tutulmaktadır. Atıksu arıtma tesisinde çamur susuzlaştırıcı olarak Şekil 3.13’teki santrifüj dekantör kullanılmaktadır.

Çamur depolama havuzundaki çamur; monopomp tipi pompalar kullanılarak santrifüj dekantöre iletilmeden önce dinamik mikser yardımıyla polielektrolit ile karıştırılarak susuzlaştırma işleminin verimliliği artırılmaktadır.

Susuzlaştırma işlemi sonucunda en az %22 katı madde ihtiva eden çamur keki elde edilmektedir.



Şekil 3.13. Çamur susuzlaştırma ünitesi

3.6 Deniz Deşarjı

Deşarj yerinin hassas bölge olması nedeniyle, çıkış suyu kalitesinin en üst kalitede sağlanabilmesi amacıyla membran biyoreaktör prosesi tercih edilmiştir. Atıksular arıtıldıktan sonra derin olmayan deniz deşarjı yöntemiyle denize deşarj edilmektedir. Sahile paralel olarak inşa edilen kollektör hattının geçtiği sahil bölgesi kumsal alan olup trafik yükü mevcut değildir. Atıksu arıtma tesisindeki proseslerden geçerek arıtma süreci tamamlanan arıtılmış atıksular, deniz deşarjı yapılmak üzere Şekil 3.14'te görülen temiz su deposunda biriktirilir.



Şekil 3.14. AAT çıkışı arıtılmış atıksuların depolandığı temiz su deposu

Daha sonra arıtılmış atıksular, temiz su deposunda deşarj pompaları ile derin olmayan deşarj yöntemiyle Şekil 3.15’ te bulunan deşarj noktasında denize deşarj edilerek arıtım süreci tamamlanır.



Şekil 3.15. Deşarj noktası



Şekil 3.16. Sürekli atıksu izleme istasyonu

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından deniz deşarjı yöntemi ile deşarj edilen atıksular sürekli olarak izlenmektedir. Şekil 3.16'da görülen sürekli atıksu izleme çalışmaları kapsamında; KOİ, AKM, pH, iletkenlik, çözülmüş oksijen, debi, sıcaklık parametreleri anlık olarak takip edilmektedir. Bu şekilde olası kirlilik risklerinin önüne geçilmesi amaçlanmaktadır.

3.7 Analitik Yöntemler

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından akreditasyonu bulunan laboratuvarlar tarafından uygun koşullarda analizler yapılmıştır. Analizlerde kullanılan metotlar aşağıda verilmiştir.

- pH analizi TS EN ISO 10523 göre yapılmıştır.
- İletkenlik ölçümleri SM 2510 B standartlarına göre yapılmıştır.
- Çözülmüş Oksijen tespiti TS EN ISO 5814 göre yapılmıştır.
- Sıcaklık ölçümü TS EN ISO 10523 standardına göre pH ile birlikte ölçülmüştür.

- Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) Analizler SM 5210 B. Standardına göre yapılmıştır.
- Kimyasal Oksijen İhtiyacı Analizler SM 5220 D. Standardına göre yapılmıştır. Evsel nitelikli atıksuların deşarjında sınır değer 90 mg/l dir.
- Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) Analizler SM 4500 N. ORG.B standartlarına göre yapılmıştır. Azot için TN 15 mg/L sınır değer olarak belirlenmiştir.
- Toplam Fosfor (TP) Analizler SM 4500 P B, C standardına göre yapılmıştır. Toplam Fosfor 2 mg/L sınır değer olarak belirlenmiştir.
- Askıda Katı Madde (AKM) Analizler TS EN ISO 5814 standardına göre yapılmıştır. Askıda Katı Madde değeri için evsel atıksu arıtma tesisleri çıkışında 40 mg/L olması istenmektedir.



BÖLÜM IV

BULGULAR VE TARTIŞMA

Karataş ilçesi, Akdeniz’e kıyısı olan, tarihi ve doğal güzelliklere sahip bir konuma sahiptir. Atıksu arıtma tesisinin bulunduğu sahil şeridi, 1. derecede arkeolojik sit alanıdır. Dolayısıyla atıksu arıtma tesisinin arıtma verimi, insan ve çevre sağlığını ve deniz canlıları ile ekosistemi koruyacak seviyede olmalıdır.

Karataş İleri Biyolojik AAT atıksu giriş ve çıkış analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiş, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’te verilen yönetmeliklerle belirlenen kirlilik parametrelerine göre, atıksuyun arıtma tesisine giriş ve çıkış değerleri ölçülerek, deşarj edilen atıksuyun deşarj limit değerlerine uygun olup olmadığı incelenmiş ve tercih edilen arıtma proseslerinin istenilen performansta arıtmayı gerçekleştirebilme durumu saptanmaya çalışılmıştır.

4.1 Karataş İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin (AAT) Arıtma Verimi

Karataş İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin giriş ve çıkış analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. AAT atıksu giriş-çıkış analiz sonuçları

Aylar/Parametreler	Debi Q (m ³ /gün)	KOİ(mg/L)		BOİ ₅ (mg/L)		AKM(mg/L)		TP(mg/L)		TN(mg/L)		pH	
		Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
Ağustos (2022)	2128,66	230	51	80	12	47	<10	2,84	0,99	30	2,8	7,66	7,6
Eylül	2021,88	530	<10	276	28	544	<10	2,14	1,3	36	10,4	7,29	7,53
Ekim	1988,45	132	32	50	15	76	<10	1,39	0,538	30,36	5,66	7,48	7,87
Kasım	2653,53	380	96	130	40	246	38	1,56	0,526	22,31	7,02	7,44	7,01
Aralık	1971,98	120	68	38	24	22	12	2,5	0,75	24,7	4,54	8,38	8,1
Ocak(2023)	2646,09	360	70	210	24	173	42	2,52	1,14	27,5	7,8	7,18	7,55
Şubat	3072,74	400	108	140	26	180	35	3,54	0,5	35,49	11,71	7,32	7,38
Mart	2766,29	380	88	175	21	176	29	6,06	0,79	31,53	9,54	7,21	7,44
Nisan	2262,69	257	59	115	15	98	24	2,45	0,41	26,43	7,78	7,17	7,25
Mayıs	1982,65	155	29	86	6	28	20	2,03	0,52	19,8	9,25	7,32	7,48
Haziran	2025,61	300	<30	120	6	30	18	1,36	0,63	19,2	8,35	7,21	7,5
Temmuz	2599,56	250	<30	86	10	30	20	1	0,5	17	7	7,19	7,52
Ağustos	2441,26	100	<30	40	<5	30	<10	1,47	0,87	18,6	7,61	7,22	7,39
Eylül	2856,78	320	34	256	9	270	7	6,29	1,61	33,47	5,85	7,13	7,70
Ekim	2461,39	270	32,2	203	11	181	5	3,71	0,38	28,42	4,33	7,47	7,86
Kasım	2259,79	245	27	193	8,7	210	11,7	2,85	0,12	23,99	3,51	7,65	7,71
Aralık	1856,85	210	11,2	179	5,57	165	9,3	2,97	0,22	20,03	2,99	7,5	7,8
Ocak (2024)	1301,47	255	9,78	285	10,79	265	11,2	2,86	0,36	33,8	4,54	7,34	7,47
Şubat	1211,74	210	18,7	240	13,2	220	7,45	3,73	0,19	28,57	3,18	7,59	7,86
Mart	2853,45	390	25	310	9	291	7	8,7	0,68	30,53	2,40	7,31	7,44
Deşarj Limit Değerleri ¹		140		50		45		2*		15*		6-9	

(¹): SKKY Çizelge21.3 2 Saatlik Kompozit Numune

(*): KAA Y Çizelge 1-2’de ileri arıtmaya ilişkin deşarj limitleri

Çizelge 4.2. Evsel nitelikli atıksular (Sınıf 3: Kirlilik Yükü Ham BOİ Olarak 600-6000 Kg/Gün'den Büyük, Nüfus=10000-100000) (SKKY, 2004)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (BOİ ₅)	(mg/L)	50	45
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ)	(mg/L)	140	100
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	45	30
pH	-	6-9	6-9

Çizelge 4.3. Kentsel atıksu arıtım tesislerinden ileri arıtıma ilişkin deşarj limitleri (Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, 2006)

Parametreler	Konsantrasyon
Toplam fosfor	2 mg/l P(10000-100000 E.N.) 1 mg/l P(100 000 E.N.'den fazla)
Toplam azot	15 mg/l N(10000-100000 E.N.) 10 mg/l N(100 000 E.N.'den fazla)

4.2 Karataş İlçesi Atıksuların Özellikleri ve AAT Arıtma Performansı Değerlendirmesi

Karataş İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi Temmuz 2022 tarihinde devreye alındıktan sonra ilk numune Ağustos 2022'de analiz edilmiştir. Ağustos 2022 tarihinden Mart 2024 tarihine kadar düzenli olarak her ay alınan numunelerde pH, Askıda Katı Madde, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Toplam Azot, Toplam Fosfor değerleri analiz edilmiştir.

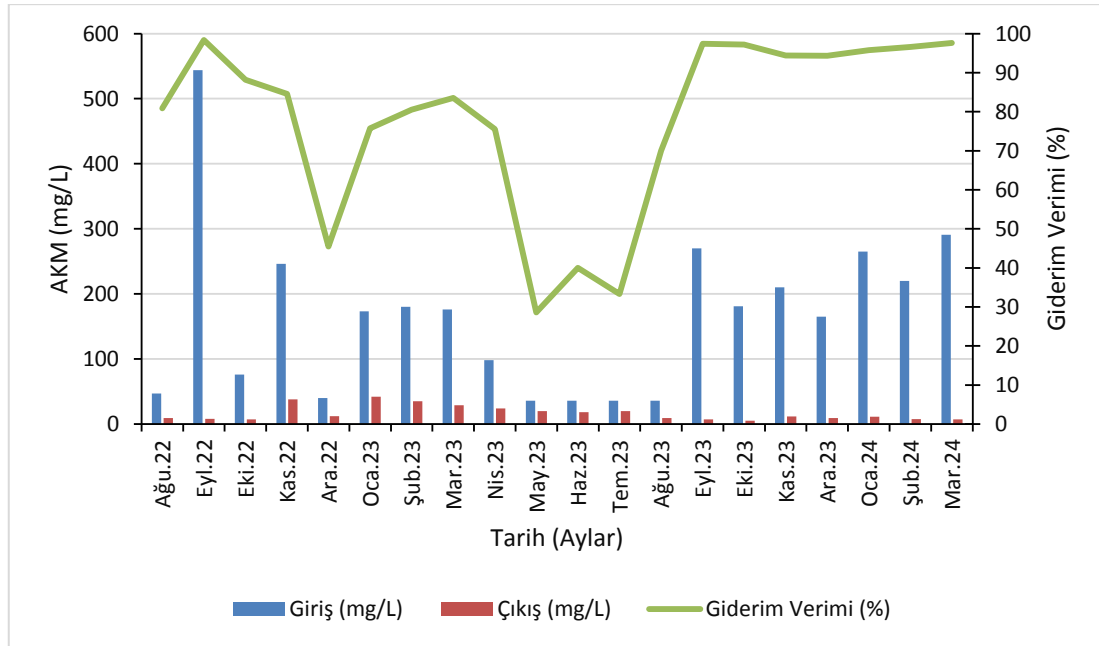
4.2.1 Askıda katı madde

Askıda katı madde parametresi, atıksu arıtım tesislerinde AKM'nin büyük oranda giderimini sağlayan kum tutucu ünitesinin tasarımı için önemlidir. Evsel AAT çıkışı askıda katı madde değerinin 45 mg/L olması istenmektedir. Çizelge 4.4 ve Şekil 4.1'de verilen değerlere bakıldığında AKM parametresinin tesis girişi değerlerinde aylara göre önemli ölçüde farklılıklar görülmektedir. En yüksek AKM giriş değerleri Eylül 2022'de 544 mg/L olarak tespit edilmiştir. Diğer parametrelerin de Eylül ayı tesis girişi

konsantrasyonlarında da bir şok artış gözlemlenmiştir. Buna rağmen en yüksek AKM girdisinin % 98,34 oranında giderildiği ve diğer aylarda da sorunsuz bir şekilde deşarj standartlarının sağlandığı görülmektedir.

Çizelge 4.4. AKM analiz sonuçları

Aylar	Giriş (mg/L)	Çıkış (mg/L)	Giderim Oranı %
Ağustos 2022	47	<10	80,85
Eylül	544	<10	98,34
Ekim	76	<10	88,15
Kasım	246	38	84,55
Aralık	22	12	45,45
Ocak	173	42	75,72
Şubat	180	35	80,55
Mart	176	29	83,52
Nisan	98	24	75,51
Mayıs	28	20	28,57
Haziran	30	18	40
Temmuz	30	20	33,33
Ağustos 2023	30	<10	70
Eylül	270	7	97,40
Ekim	181	5	97,23
Kasım	210	11,7	94,42
Aralık	165	9,3	94,36
Ocak2024	265	11,2	95,77
Şubat	220	7,45	96,61
Mart	291	7	97,59
Ortalama Değer			77,89



Şekil 4.1. AKM giderim veriminin aylara göre değişimi

4.2.2 Kimyasal oksijen ihtiyacı

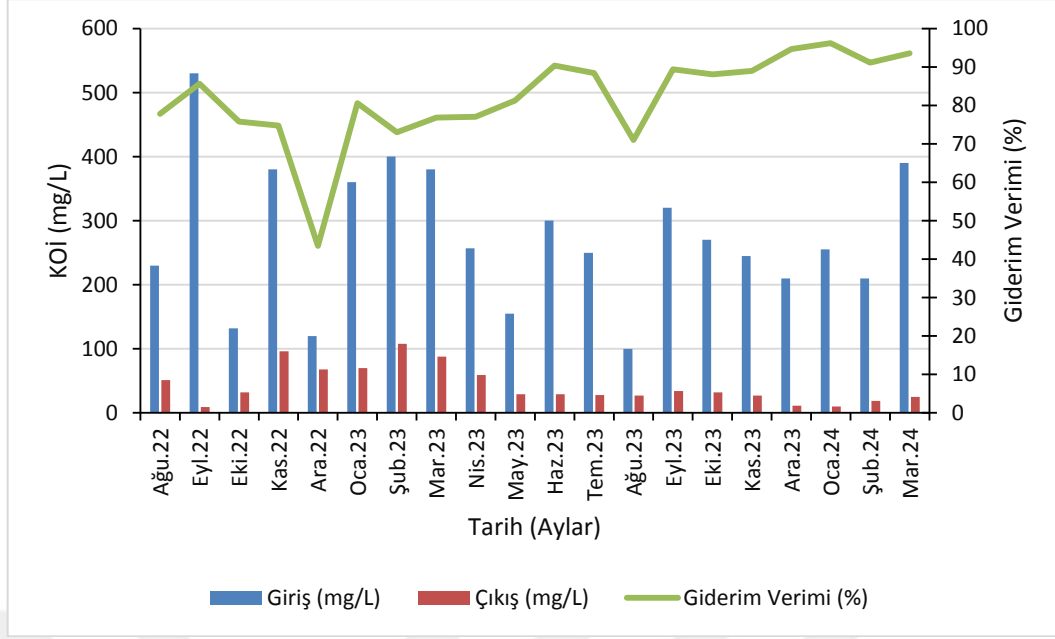
Atıksuyun karakterizasyonunun belirlenmesinde ve atıksu arıtma tesisi tasarımındaki en önemli parametrelerden birisi Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) parametresidir. Evsel atıksularda AAT çıkışı için KOİ değerinin 140 mg/L olması gerekmektedir.

Tercih edilen proseslerin seçimi yapılırken ve atıksu arıtma tesisi tasarlanırken KOİ değerleri göz önünde bulundurulur. Tesis girişi yapılan analizlerde en yüksek KOİ değeri Eylül 2022’de ölçülerek 530 mg/L bulunmuştur.

Tesis çıkışı KOİ analiz sonucu 10 mg’dan az olarak tespit edilmiştir. Tüm aylarda KOİ değerinin deşarj standartlarına uygun oranda giderildiği Çizelge 4.5 ve Şekil 4.2’de görülmektedir.

Çizelge 4.5. KOİ analiz sonuçları

Aylar	Giriş (mg/L)	Çıkış (mg/L)	Giderim Oranı %
Ağustos 2022	230	51	77,82
Eylül	530	<10	85,66
Ekim	132	32	75,75
Kasım	380	96	74,73
Aralık	120	68	43,43
Ocak	360	70	80,55
Şubat	400	108	73
Mart	380	88	76,84
Nisan	257	59	77,04
Mayıs	155	29	81,29
Haziran	300	<30	90,33
Temmuz	250	<30	88,4
Ağustos 2023	100	<30	71
Eylül	320	34	89,37
Ekim	270	32,2	88,07
Kasım	245	27	88,97
Aralık	210	11,2	94,66
Ocak 2024	255	9,78	96,16
Şubat	210	18,7	91,09
Mart	390	25	93,58
Ortalama Değer			81,88



Şekil 4.2. KOİ giderim veriminin aylara göre değişimi

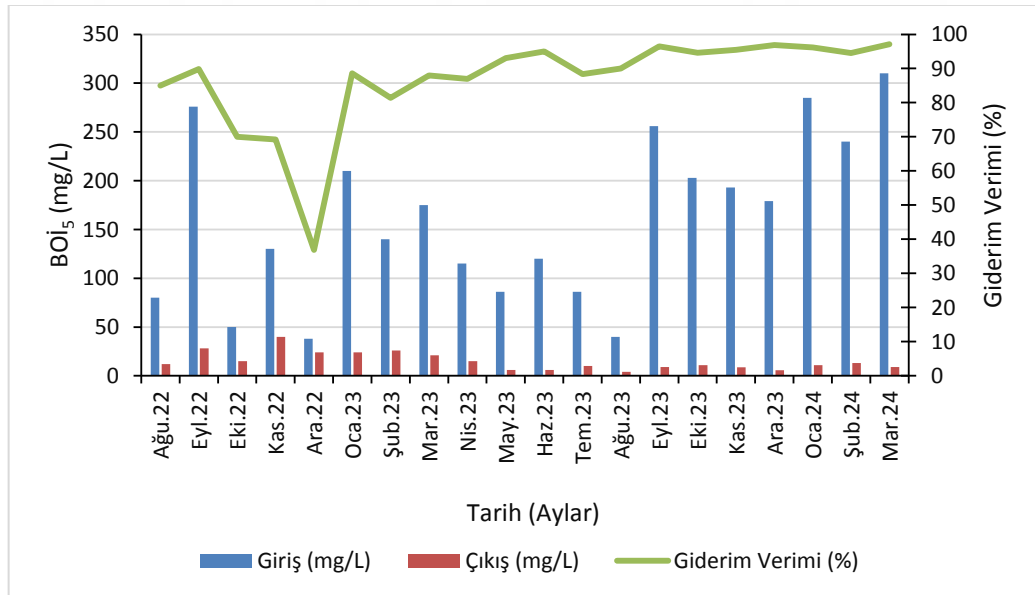
4.2.3 Biyokimyasal oksijen ihtiyacı

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) parametresi, atıksularda bulunan organik kirlenmelerin biyolojik yöntemlerle ayrıştırılabilirliğini tespit etmeye yarayan önemli bir parametredir. Biyolojik yöntemlerin uygulanacağı atıksu arıtma tesislerinde, tesis tasarımı ve arıtma verimi açısından son derece önem taşımaktadır. SKKY tablo 21.3' göre BOİ deşarj limit değerinin 50 mg/L olması gerekmektedir.

Çizelge 4.6 ve Şekil 4.3'te verilen bulgular incelendiğinde diğer aylara göre Mart 2024'teki analiz sonucu BOİ değeri pik değer olup 310 mg/L olarak ölçülmüştür. Tesis girişi BOİ değerleri arasında farklılık gözlenmektedir. Arıtma verimleri incelendiğinde tüm aylarda yapılan analizlerde BOİ değerinin deşarj standartlarına uygun olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.6. BOİ analiz sonuçları

Aylar	Giriş (mg/L)	Çıkış (mg/L)	Giderim Oranı %
Ağustos 2022	80	12	85
Eylül	276	28	89,85
Ekim	50	15	70
Kasım	130	40	69,23
Aralık	38	24	36,84
Ocak	210	24	88,57
Şubat	140	26	81,42
Mart	175	21	88
Nisan	115	15	86,95
Mayıs	86	6	93,02
Haziran	120	6	95
Temmuz	86	10	88,37
Ağustos 2023	40	<5	90
Eylül	256	9	96,48
Ekim	203	11	94,58
Kasım	193	8,7	95,49
Aralık	179	5,57	96,88
Ocak2024	285	10,79	96,21
Şubat	240	13,2	94,5
Mart	310	9	97,09
Ortalama Değer			88,67



Şekil 4.3. BOİ giderim veriminin aylara göre değişimi

4.2.4 Toplam fosfor

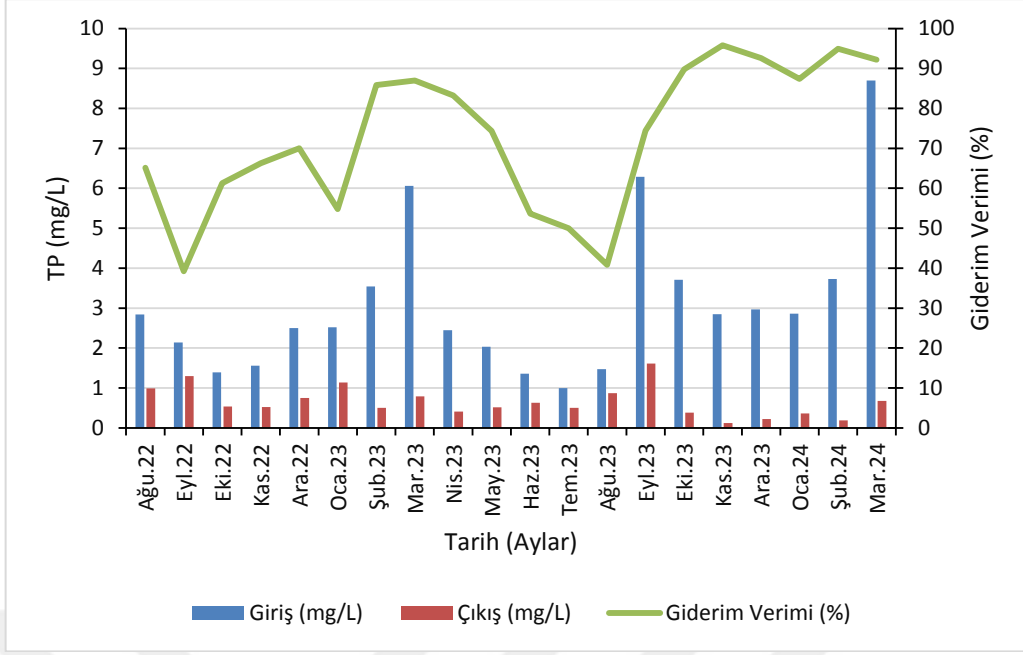
Fosfor, yüzeysel sularda ötrofikasyona sebep olan nütrientlerdendir. Klasik arıtma yöntemleriyle yeterince giderimi yapılamadığından ileri arıtım ihtiyacı olan bir kirlilik parametresidir. İleri arıtım yapılan atıksu arıtma tesisleri için toplam fosfor (TP) deşarj sınır değeri 2 mg/L'dir.

Atıksu arıtma tesisleri için önemli bir parametre olan toplam fosfor değeri, Mart 2024'te en yüksek değere ulaşarak 8,7 mg/L olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.7'de belirtilen analizler sonucunda tüm aylarda toplam fosfor değeri 2 mg/L'nin altında olduğu ve Şekil 4.4'e göre TP giderme veriminin ise son 6 ayda %89'un üzerinde olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.7. Toplam fosfor analiz sonuçları

Aylar	Giriş (mg/L)	Çıkış (mg/L)	Giderim Oranı %
Ağustos 2022	2,84	0,99	65,14
Eylül	2,14	1,3	39,25
Ekim	1,39	0,538	61,29
Kasım	1,56	0,526	66,28
Aralık	2,5	0,75	70
Ocak	2,52	1,14	54,76
Şubat	3,54	0,5	85,87
Mart	6,06	0,79	86,96
Nisan	2,45	0,41	83,26
Mayıs	2,03	0,52	74,38
Haziran	1,36	0,63	53,67
Temmuz	1	0,5	50
Ağustos 2023	1,47	0,87	40,81
Eylül	6,29	1,61	74,40
Ekim	3,71	0,38	89,75
Kasım	2,85	0,12	95,78
Aralık	2,97	0,22	92,59
Ocak2024	2,86	0,36	87,41
Şubat	3,73	0,19	94,90
Mart	8,7	0,68	92,18
Ortalama Değer			72,43



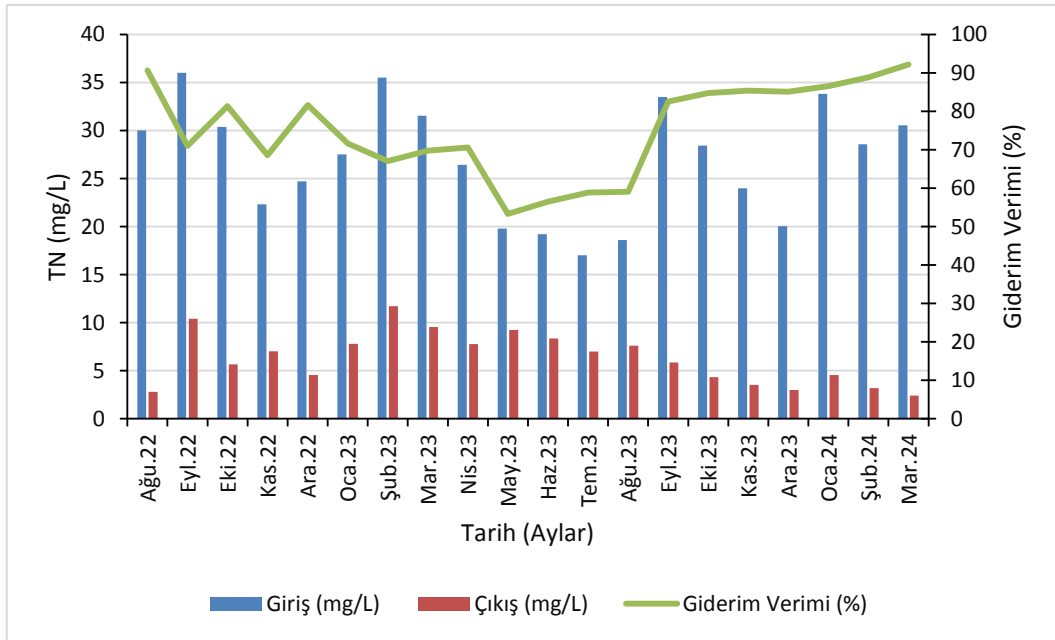
Şekil 4.4. Toplam fosfor giderim veriminin aylara göre değişimi

4.2.5 Toplam azot

Biyolojik atıksu arıtma tesislerinde atıksuda bulunan azotun tüm formlarının giderimi için çeşitli ileri arıtım metotları uygulanabilir. Sudaki organik azotun parçalanarak amonyağa dönüştürülmesi ve daha önceden de suda bulunan amonyak ile beraber ölçülmesi ile Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) değeri bulunur. Aradaki fark değeri organik azottur. Toplam azot ise kjeldahl azotu ile beraber nitrit ve nitratı da kapsar. Suda nitrit ve nitrat yoksa TN ile TKN eşit olacaktır. Kademeli olarak denitrifikasyon ve nitrifikasyon işlemleri ile azotun tüm bileşikleri giderilmeye çalışılır. Toplam azot için belirlenen sınır değer 15 mg/L'dir. En yüksek TN giriş değeri 36 mg/L olarak ölçülmüştür. Tüm aylara göre toplam azot değerinin belirlenen sınır değer olan 15 mg/L'nin altında tespit edildiği Çizelge 4.8'deki verilerde görülmektedir. Şekil 4.5'e göre, Ekim 2023 tarihinden itibaren TN giderim veriminin % 84,7'nin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Toplam azot analiz sonuçları

Aylar	Giriş (mg/L)	Çıkış (mg/L)	Giderim Oranı %
Ağustos 2022	30	2,8	90,66
Eylül	36	10,4	71
Ekim	30,36	5,66	81,35
Kasım	22,31	7,02	68,53
Aralık	24,7	4,54	81,61
Ocak	27,5	7,8	71,63
Şubat	35,49	11,71	67
Mart	31,53	9,54	69,74
Nisan	26,43	7,78	70,56
Mayıs	19,8	9,25	53,28
Haziran	19,2	8,35	56,51
Temmuz	17	7	58,82
Ağustos 2023	18,6	7,61	59,08
Eylül	33,47	5,85	82,52
Ekim	28,42	4,33	84,76
Kasım	23,99	3,51	85,36
Aralık	20,03	2,99	85,07
Ocak2024	33,8	4,54	86,56
Şubat	28,57	3,18	88,86
Mart	30,53	2,40	92,13
Ortalama Değer			75,25



Şekil 4.5. Toplam azot giderim veriminin aylara göre değişimi

4.2.6 pH

Yerleşim yerlerinden kaynaklanan evsel atıksuların pH değerinin 6-9 arasında olması gerekmektedir. Biyolojik proseslerin tercih edildiği arıtma yöntemlerinde pH değeri büyük önem taşır.

Arıtmayı gerçekleştiren mikroorganizmaların aktivitelerini optimum seviyede sürdürebilmesi için asit-baz dengesinin korunması gerekmektedir. Aşırı asidik veya aşırı bazik durumlarda aktif çamur kültürü işlevsiz hale gelebilmektedir.

Çizelge 4.9. pH değeri ölçümleri

Aylar	Giriş	Çıkış
Ağustos 2022	7,66	7,6
Eylül	7,29	7,53
Ekim	7,48	7,87
Kasım	7,44	7,01
Aralık	8,38	8,1
Ocak	7,18	7,55
Şubat	7,32	7,38
Mart	7,21	7,44
Nisan	7,17	7,25
Mayıs	7,32	7,48
Haziran	7,21	7,5
Temmuz	7,19	7,52
Ağustos 2023	7,22	7,39
Eylül	7,13	7,70
Ekim	7,47	7,86
Kasım	7,65	7,71
Aralık	7,5	7,8
Ocak 2024	7,34	7,47
Şubat	7,59	7,86
Mart	7,31	7,44
Normal Değer	6-9	

Çizelge 4.9’da görüldüğü üzere tesisin giriş ve çıkışındaki pH değeri 6 ile 9 arasında değişmektedir. En yüksek pH değeri 2022 yılının Aralık ayında tesis girişinde 8,38 ve tesis çıkışında 8,1 olarak ölçülmüştür. Bu değer, 6-9 arasında olduğu için herhangi bir sorun teşkil etmemiştir.

4.2.7 AAT girişi debi değerleri

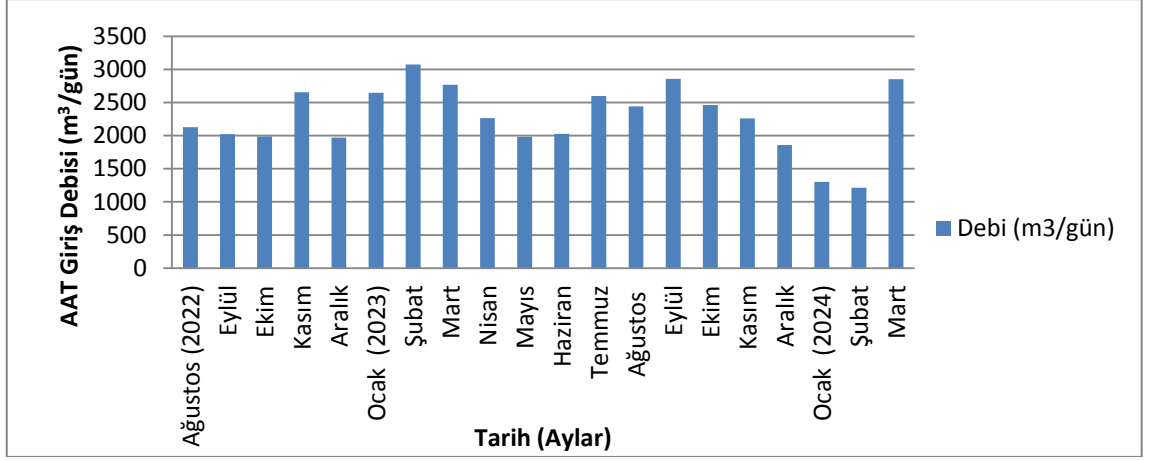
Atıksu arıtma tesisine gelen atıksu debileri izelge 4.10 ve Şekil 4.6’da verilmiştir. Ağustos-2022 ve Mart-2024 tarihleri arasında AAT girişinde yapılan debi ölçümlerine bakıldığında Şubat 2023 tarihinde pik değere ulaştığı görölmektedir.

Bu durum sadece bu tarihe özel spesifik ve geçici bir debi artıřı olarak yorumlanabilir. En dűřük debi deęeri Őubat 2024 tarihinde lülműřtür.

Tűm lűm sonuçlarına bakıldıęında yaz dűnemi debilerinin daha yűksek olduęu görölmektedir. Karatař ilçesinin turizm merkezi olmasının da gűnűbirlik debi artıřlarında etkileri görölmektedir.

Çizelge 4.10. AAT giriři debi lűmleri

Aylar	Debi Q (m ³ /gűn)
Ağustos (2022)	2128,66
Eylűl	2021,88
Ekim	1988,45
Kasım	2653,53
Aralık	1971,98
Ocak (2023)	2646,09
Şubat	3072,74
Mart	2766,29
Nisan	2262,69
Mayıs	1982,65
Haziran	2025,61
Temmuz	2599,56
Ağustos	2441,26
Eylűl	2856,78
Ekim	2461,39
Kasım	2259,79
Aralık	1856,85
Ocak (2024)	1301,47
Şubat	1211,74
Mart	2853,45



Şekil 4.6. AAT giriş debisinin aylara göre değişimi

4.2.8 KOİ/BOİ oranı

Biyolojik proseslere sahip bir atıksu arıtma tesisi için KOİ/BOİ oranı tesisin kurulumunda göz önünde bulundurulması gereken hayati önem sahibi bir parametredir. KOİ/BOİ oranı, bir atıksuyun biyolojik yöntemlerle parçalanabilirliğini gösteren bir değerdir.

KOİ/BOİ oranının 3/2 ya da daha düşük olması, biyolojik ayrıştırılabilirlik oranının daha fazla olduğunu ve bu orandaki payın %66'sının BOİ olduğunu göstermektedir. Geri kalan kısım ise biyolojik olarak ayrıştırılmayan kısımdır.

Karataş İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi kurulmadan önce, sahil yolunda bulunan foseptikten alınan numuneler ile KOİ/BOİ oranları tespit edilmiştir (Çizelge 4.11-Çizelge 4.13).

Çizelge 4.11. 18.01.2016 tarihli analiz sonuçları

Parametre	Birim	Ölçülen Değer	KOİ/BOİ
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	363,06	2,899
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	125,2	

Çizelge 4.12. 28.04.2016 tarihli analiz sonuçları

Parametre	Birim	Ölçülen Değer	KOİ/BOİ
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	546,2	2,99
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	182,1	

Çizelge 4.13. 10.05.2016 tarihli analiz sonuçları

Parametre	Birim	Ölçülen Değer	KOİ/BOİ
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	mg/L	488,85	3
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	mg/L	162,9	

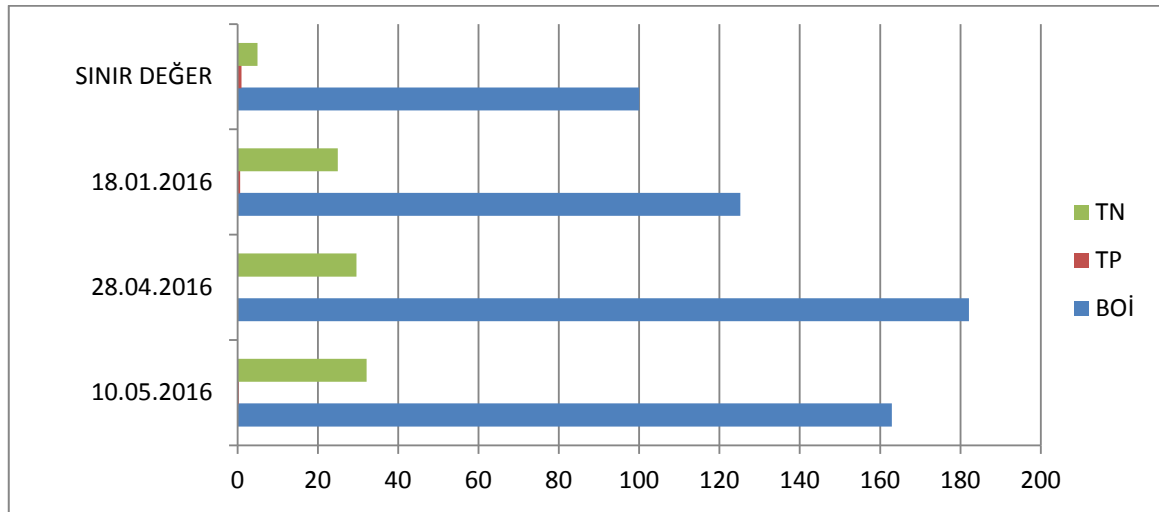
Tüm analiz sonuçlarına göre KOİ/BOİ oranları incelendiğinde, bölgede endüstriyel atıksu girişi olmaması da göz önünde bulundurulduğunda kurulmuş olan atıksu arıtma tesisinin biyolojik arıtma yöntemlerini içermesi doğru bir tercih olarak yorumlanabilir.

4.2.9 BOİ/TN/TP oranı

Biyolojik arıtma proseslerinde iyi bir arıtma performansı için BOİ/TN/TP=100/5/1 oranı sağlanmalıdır. Mikroorganizmaların aktiviteleri için gerekli olan nütrientlerden olan azot ve fosfor dengesi istenilen oranda olmalı, yetersiz olduğu durumlarda ise dışarıdan eklenmelidir. Atıksuyun 2016 yılında ölçülen BOİ, TN ve TP analiz sonuçları Çizelge 4.14 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Atıksuyun BOİ, TN ve TP analiz sonuçları

Parametre	Birim	Ölçülen Değer (18.01.2016)	Ölçülen Değer (28.04.2016)	Ölçülen Değer (10.05.2016)
BOİ	mg/L	125,2	182,1	162,9
TN	mg/L	24,98	29,6	32,15
TP	mg/L	0,69	0,025	0,345



Şekil 4.7. Farklı tarihlere göre BOİ/TN/TP oranları

4.3 Olası İyileştirme Sistemleri

Atıksu arıtımı, çeşitli biyolojik, fiziksel ve kimyasal teknolojilerle birlikte birincil, ikincil ve bazen ileri arıtma proseslerinden oluşur. Bir atıksu arıtma sistemi için gerçek zamanlı tahminin analizi, zaman ve çevre koşullarına göre değişen karmaşık biyolojik reaksiyonların kaçınılmaz olarak zor bir hesabıdır.

AAT'lerin işletim koşullarının iyileştirilmesi ve giderim performansının yükseltilmesi için uzun zaman gerektiren deneysel çalışmalar yerine yapay zeka uygulamaları tercih edilerek daha kapsamlı tahminlerde bulunulabilir ve tesis verimi için gerekli işlemler daha hızlı karar alınarak yapılabilir.

Brezilya'daki arıtma planında yapılan bir çalışmada, toplam organik karbonun (TOC) giderimini değerlendirmek için yapay sinir ağlarını eğitmek amacıyla geri yayılım (BP) tekniğini kullandılar . Sıvı akış hızının ve giriş akışının pH'ının, AAT'yi kontrol etmede en etkili değişkenler olarak seçildiği sonucuna vardılar (Gontarski vd., 2000).

Atıksu arıtma tesislerinde (AAT) enerji verimliliğinin artırılması giderek daha önemli hale geliyor. Bu sorunu ele almak için ortaya çıkan bir yaklaşım, veri bilimi ve modellemedeki gelişmelerden yararlanmaktır. AAT'lerde çeşitli parametreleri ölçmek için sensörlerin konuşlandırılması, veri zenginliğinden yararlanmak için daha büyük fırsatlar sunar.

- **Hava Temini Düzenlemesi:** Hava temini, Atıksu Arıtma Tesislerinin (AAT) işletilmesinde önemli bir rol oynar: aslında azot giderimi, çamur çökmesi, flok oluşturan veya filamentli mikroorganizmaların büyümesi vb. gibi çeşitli yönlerden proses verimliliğini önemli ölçüde etkiler ve aynı zamanda en önemli maliyet kalemlerinden birini temsil eder. İlgili önemli bir husus, hava temini gereğinden fazla olduğunda oluşan enerji israfıdır. Ekonomik açıdan bakıldığında, enerji tüketiminin en büyük kısmı (%50-65) hava temininden kaynaklanmaktadır (Baroni vd., 2010).
- **Biyogaz Üretimi:** Atıksu arıtma tesislerinde güç üretim sistemlerinin kurulması enerji tasarrufu ve karbon emisyonlarının azaltılması için önemli bir potansiyel

sunar. Atıksu arıtma tesisine bağı olarak, elektrik ve termal talep farklı olacaktır. Buna göre, atıksu arıtma tesisinin büyüklüğüne ve hizmet verilen kişi sayısına bağı olarak atıksu arıtma tesislerinin elektrik talebi genellikle orta büyüklükteki taşıyıcılar için uygun olabilecek 300 kW ila 1000 kW aralığındadır (Guerrini vd., 2017).

Arıtma çamuru; biyogaz üretimi, yakma, gazlaştırma, piroliz/karbonizasyon, yaş oksidasyon ve süper kritik su oksidasyonu gibi yeni teknolojiler aracılığı ile enerji üretiminde yenilenebilir bir hammadde kaynağı olarak kullanılmıştır. Arıtma çamuru bir çeşit biyokütle kaynağıdır ve ısıl değeri katı kuru halde 9-29 MJ/Kg değişmekle beraber yaklaşık olarak kömürünkine eşittir (Doğru vd., 2002).

- **Havalandırmalı Proseslerin Enerji İhtiyacının Güneş Enerjisi ile Karşılanması:** Bir atıksu arıtma tesisinde havalandırmalı üniteler harcanan toplam enerjinin %30'unu kadarını tüketir. Atıksuyun sıcaklığı yıl boyunca değişkenlik gösterir. Yaz aylarında atıksudaki çözülmüş oksijen miktarı azalır ve yeteri kadar oksijen takviyesi için fazladan enerji harcamak gerekir (Colacicco veZacchei, 2020).
- **Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı:** Nüfusun, tarımsal faaliyetlerin ve endüstrileşmenin artmasıyla yeraltı ve yüzey suları yetersiz kalmaktadır ve birçok ülke su ihtiyacını karşılayabilmek için atıksuların yeniden kullanımına yönelmektedir (Hermanowicz, 2006).

Atıksu arıtma tesislerinden çıkan ikincil belediye atıklarının (biyolojik arıtma çıkış suyu) su kütlelerinde yeniden kullanılması, tatlı su kaynağı kıtlığını etkili bir şekilde giderebilir. Ancak, ötrofikasyonu önlemek için aşırı besin maddelerinin etkili bir şekilde uzaklaştırılması gerekir (Wang vd., 2017).

Atıksuların geri kazanımı için ana teknoloji olarak MBR'nin geçirgenliği, tarımsal sulama, peyzaj sulama, kentsel yeniden kullanım, araba yıkama gibi içilebilir olmayan uygulamalarda yaygın olarak yeniden kullanılır.ve bazen endüstriler için proses suyu olarak ta kullanılabilir (Yang, 2020).

BÖLÜM V

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Adana İlinin Karataş İlçesine ait İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi'nin arıtma performansı değerlendirilmiştir. Ağustos 2022 tarihinde devreye alınan tesisin, Mart 2024'e kadar olan 20 aylık zaman aralığında işletme verimi izlenmiştir. Tesise gelen atıksuların; AKM, KOİ, BOİ, TP, TNvepH parametreleri baz alınarak tesis giriş ve çıkış değerleri ölçülmüş ve elde edilen analiz sonuçları, çalışmanın içerisinde belirtilen ilgili yönetmeliklerin deşarj limitlerine göre değerlendirilmiştir.

Karataş İlçesinde endüstriyel faaliyet gösteren herhangi bir işletme bulunmamaktadır, dolayısıyla endüstriyel nitelikli atıksu oluşmamakta, atıksu arıtma tesisine gelen atıksuların tamamı evsel niteliktedir.

Aylara göre tüm analiz sonuçları değerlendirildiğinde tesis girişinde tespit edilen kirletici parametreler, deşarj sınır değerinin üzerinde fakat tesisin arıtma kapasitesini aşmayacak ölçüde değerlendirilmiştir. Bununla beraber atıksudaki belirlenen kirletici parametrelerin deşarj sınır değerini aşmayacak ölçülere göre artıldığı yapılan analiz sonuçları incelendiğinde anlaşılmaktadır. Tüm kirletici parametrelerin yeterli seviyede giderilerek deşarj sınırının güven altında olduğu görülmüştür (Çizelge 5.1).

Analizi yapılan tüm parametrelerin Ağustos 2022–Mart 2024 tarihleri arasında arıtım verimlerinin ortalaması; AKM= %77,89, KOİ= %81,80, BOİ= %88,67, TP= %72,43 ve TN= 75,25 olarak saptanmıştır. Bazı parametrelerin arıtma yüzdesinin yıl içerisinde çok nadiren de olsa ortalamanın altına düştüğü gözlemlenmiştir ancak Eylül 2023'ten sonra arıtma verimi ciddi seviyede artarak istikrar göstermiştir.

Bu durumda; arıtma tesisinin yeni devreye alınmasından dolayı biyolojik arıtmayı gerçekleştiren mikroorganizmaların tam adaptasyon sürecinin ancak gerçekleşebildiğini söyleyebiliriz. Çünkü, biyolojik arıtmayı gerçekleştiren mikroorganizmaların optimum seviyede çalışma şartları sağlandığı takdirde istikrarlı bir arıtma verimine ulaşılabilir.

Çizelge 5.1. Tüm parametrelerin arıtma verimi yüzdeleri

AYLAR	ARITMA VERİMİ (%)				
	AKM	KOİ	BOİ ₅	TP	TN
Ağu.22	80,85	77,82	85	65,14	90,66
Eyl.22	98,34	85,66	89,85	39,25	71
Eki.22	88,15	75,75	70	61,29	81,35
Kas.22	84,55	74,73	69,23	66,28	68,53
Ara.22	45,45	43,43	36,84	70	81,61
Oca.23	75,72	80,55	88,57	54,76	71,63
Şub.23	80,55	73	81,42	85,87	67
Mar.23	83,52	76,84	88	86,96	69,74
Nis.23	75,51	77,04	86,95	83,26	70,56
May.23	28,57	81,29	93,02	74,38	53,28
Haz.23	40	90,33	95	53,67	56,51
Tem.23	33,33	88,4	88,37	50	58,82
Ağu.23	70	71	90	40,81	59,08
Eyl.23	97,40	89,37	96,48	74,40	82,52
Eki.23	97,23	88,07	94,58	89,75	84,76
Kas.23	94,42	88,97	95,49	95,78	85,36
Ara.23	94,36	94,66	96,88	92,59	85,07
Oca.24	95,77	96,16	96,21	87,41	86,56
Şub.24	96,61	91,09	94,5	94,90	88,86
Mar.24	97,59	93,58	97,09	92,18	92,13
ORTALAMA DEĞER	77,89	81,88	88,67	72,43	75,25

Ayrıca, yeni devreye alınan bir arıtma tesisinde makine ve ekipmanların ve iletim hatlarının ilk zamanlarda kontrol aşaması olarak kabul edilebilir. Bu gibi durumlar göz önüne alındığında tesisin ilk bir yıldan sonra tam anlamıyla optimum arıtma şartlarına ulaştığı görülmektedir.

Zaman zaman bazı parametrelerde pik değer gözlemlenmiştir. Ancak diğer aylarda bu şekilde bir şok etki tespit edilmediği için spesifik bir olay olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda, tesis girişindeki kirlilik yükünün tolere edilemeyecek ölçüde olmaması ve arıtma işlemini gerçekleştiren A²O ve MBR proseslerinin etkin arıtma veriminden dolayı tesis çıkışı deşarj sınır değerleri tüm aylar için korunmuştur.

Sonuç olarak; kurulan tesisin yeni olması da göz önünde bulundurulduğunda başlangıçta, devreye alma döneminde arıtma performansı orta seviyelerde olmasına rağmen bir yıl sonra tesisin işletme döneminde arıtma veriminde yüksek performansın

istikrarlı bir şekilde sağlandığı görülmüştür ve tüm zamanlar için kirletici parametrelerin arıtma verimleri deşarj sınır değerlerine göre yeterli seviyede olmuştur.

ATIKSU ARITMA TESİSİNİN VERİMİNİ ARTTIRABİLECEK ÖNERİLER

Düzenli Hava Temini: AAT'ye hava temininin düzenli ve yeterli seviye olması ve kontrollü bir şekilde uygulanması hem arıtma verimini artıracak, hem de enerji tasarrufunu sağlayacaktır. Hava temini düzenlemesi için:

- Sistemdeki blower, difüzör gibi ekipmanların iletim hatlarının sağlamlığı devamlı kontrol edilmeli.
- Çeşitli arıtma kademelerindeki çözünmüş oksijen seviyesini anlık tespit edebilecek cihazlar yerleştirilmelidir. Bu cihazlar sayesinde çözünmüş oksijen eksikliğinde derhal sisteme oksijen takviyesi yapılarak arıtma verimi güven altına alınmalıdır.
- Ayarlanabilir (kısılabılır ya da sensörlü) difüzörler tercih edilmelidir. Bu ekipmanlar ile sisteme verilen oksijen miktarı ihtiyaca göre arttırılır ve gerek olmadığında kısılabılır. Bu şekilde kontrollü oksijen salımı gerçekleşir ve hem arıtma verimi iyileştirilir hem de gereksiz enerji sarfiyatı önlenerek tasarruf yapılır.

Diğer Öneriler:

- Arıtma veriminin daha yüksek oranlara ulaşması için, ileri arıtım kademelerini oluşturan Anaerobik-Anoksik-Oksik prosesinde her bir havuzun içindeki F/M oranının ve havuz içi oksijen seviyelerinin kontrolünün devamlı suretle yapılması gerekmektedir. Gerek görülmesi üzere mikroorganizma ya da besin takviyesi yapılmalıdır, bu şekilde aktif çamur kültürünün en iyi şartlara ulaşması sağlanmalıdır.
- Membranbiyoreaktör ünitesinde tıkanıklık probleminin olmamasına karşı periyodik olarak membranların temizlenmesi tesisin sürdürülebilirliği açısından son derece önem teşkil etmektedir.

- Karataş İlçesinde ilerleyen zamanlarda atıksuyun kirlilik profilini değiştirebilecek nitelikte olan hastane ya da endüstriyel faaliyetlerin başlaması durumunda, oluşabilecek atıksuların şartlandırma süreci idare tarafından kontrol edilmeli ve atıksu arıtma tesisine oluşturabileceği etkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

Enerji Tasarrufu ve Karbon Emisyonu Azaltıcı Teknikler:

- **Biyogaz Üretimi:** Atıksu arıtma tesisinde proseslerden oluşan çamurdan biyogaz elde edilmesi ve üretilen biyogazın elektrik enerjisine dönüştürülmesi önem kazanmaktadır. Arıtma çamurunun kalorifik değerinin yüksek olması, biyogazdan elde edilecek enerji ile elektrik sarfiyatının önemli bir kısmını karşılayacaktır.
- **Güneş Enerjisi Kullanımı:** Yaz aylarında oksijen temini için güneş enerjisinin kullanılması son derece uygun bir çözüm olacaktır. Güneş enerjisi panelleri ile blower, difüzör gibi havalandırma ünitelerinin ve hatta diğer ekipmanların da entegrasyonu ile AAT'nin önemli oranda enerjisi sağlanabilir.

Su Kaynaklarının Korunması İçin Sürdürülebilir Çözüm Önerileri:

- **Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı:** Arıtılmış atıksuların tarımsal amaçlı yeniden kullanılması konusunda ötrofikasyona sebep olan besin maddelerinin yeterli seviyede giderilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı, kentsel atıksuların ileri biyolojik yöntemlerle arıtılması, azot ve fosfor gideriminde etkili olması açısından bu tesislerde arıtılmış atıksuların bir bölümünün deşarj edilmeden temiz su bölümünden alınıp sulama amaçlı kullanılması iyi bir çözüm olacaktır.

Tezin konusu olan Karataş ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinde, A²O ve MBR gibi ileri arıtma prosesleri uygulandığı için yeterli oranda azot ve fosfor gideriminin sağlandığı görülmüştür ve arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada yeniden kullanımının uygun ve faydalı olacağı düşünülmektedir.

Ancak, fekal koliform kontaminasyonu göz önünde bulundurulmalı ve gerekli analizler yapılmalı, analiz sonuçlarına göre arıtılmış atıksuların nerelerde kullanılacağına karar verilmeli, peyzaj bitkileri yada uygun olan tarımsal bitki türlerinin sulamasının yapılmasına bu şekilde karar verilmesi daha uygun olacaktır.



KAYNAKLAR

Ahadi, S., Evaluation Of Phosphorus Recovery From Dried Sludge And Sludge, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2017.

Ahn J., Kim S., Park H., Rahm B., Pagilla K. and Chandran K., “N₂O Emissions from Activated Sludge Processes”, 2008-2009: Results of a National Monitoring Survey in the United States, *Environ. Sci. Technol.*, 44 (12), pp. 4505– 4511, 2010.

Al-Asheh, S., Bagheri, M. and Aidan, A., “Membrane bioreactor for wastewater treatment: A review”, *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, volume 4, 2021.

Angelakis, A.N., Asano, T., Bahri, A., Jimenez, B.E. and Tchobanoglous, G., “WaterReuse: From Ancient to Modern Times and the Future”, *Frontiers in Environmental Science*,6, 2018.

Anonim, Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ) Analizi, <https://www.aem.com.tr/biyolojik-oksisjen-ihciyac-i-boi-analizi/>, 07.05.2024.

Anonim, Toplam Organik Karbon (TOC) Ölçümü, <https://tr.hach.com/parameters/toc> , 12.10.2023.

Arceivala, S.J., Wastewater treatment for pollution control (A. Balman, V. Balman), *TataMcGraw – Hill Publishing Company Limited*, New Delhi, s.14-17, Archae Press, USA, 1998.

Atalay, F.S., Çevre Kirliliği Kontrolünde Süreç Tasarımları, *Nobel Yayıncılık*, Ankara, 2000.

Balçık, Ç., Eysel Atıksularından Nütrient Gideriminde Pilot Ölçekli Bardenpho ile Kaskat Proseslerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2013.

Baroni, P., Bertanza G., Collivignarelli, C. and Zambarda, V., “Process Improvement and Energy Saving in a Full Scale Wastewater Treatment Plant: Air Supply Regulation by a Fuzzy Logic System”, *Environmental Technology*, 27:7, 733-746, 2010.

Bitton, G., Wastewater Microbiology, *Wiley-Liss Inc.*, USA, 1994.

Broeck, R.V., Dierdonck, J.V, Nijskens, P., Dotremont, C., Krzeminski, P., Graaf, J.H.J.M., Lier, J.B, Impe, J.F. and Smets, M.I.Y., “The influence of solids retention time on activated sludge bioflocculation and membrane fouling in a membrane bioreactor (MBR)”, *Journal of Membrane Science*, 401-402, 48-55, 2012.

Butler, D., Friedler, E. and Gatt, K., “Characterising the quantity and quality of domestic wastewater inflows”, *WaterSci. Technol*, 31 (7), 13–24, 1995.

Butler, D. and Gatt, K., “Synthesising dry weather flow in puthy drographs: a Maltese case study”, *Water Science & Technology*, 34 (3–4), 55–62, 1996.

Capodaglio, A.G., Critical Perspective on Advanced Treatment Processes for Water and Wastewater: AOPs, ARPs, and AORPs, *Applied Sciences*, v 10, n 4549, 2020.

Colacicco, A. and Zacchei, E., “Optimization of energy consumptions of oxidation tanks in urban wastewater treatment plants with solar photovoltaic systems”, *Journal of Environmental Management*, p 276, 2020.

Cooper P.F., Historical aspects of wastewater treatment. In: Lens P, Zeeman G, Lettinga G, editors, Decentralised sanitation and reuse: concepts, systems and implementation, *IWA Publishing*, 2007.

Cornel, P. and Krause, S., Membrane bioreactors for wastewater treatment in Li, N.N., eds, *Advanced Membrane Technology and Applications*, **John Wiley&Sons, Inc**, 217-238, USA, 2008.

Coşkun, Ç., Pulatsü, S. ve Coşkun, T., “Evsel Atıksulardan Azot ve Fosforun Biyolojik Giderilme Yöntemleri”, *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2): 53-63, 2018.

Curtin, K., Duerre, S., Fitzpatrick, B. and Meyer P., Biological Nutrient Removal, *Minnesota Pollution Control Agency*, 520 Lafayette Rd N, St Paul, MN 55155-4194, 651-296-6300, 2011.

Çakmakçı, İ.Ö., “Endüstriyel atıksu yönetimi ve endüstriyel atıksu arıtımı”, https://xzenon34.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/03/6cakmakci_ipek_oz_kaya_ders_notu.pdf, 07.05.2024.

Dereli, R.K., Erşahin, M.E. ve Öztürk, İ., Besi Maddelerinin Kontrolü (Bölüm 6), Atıksu Mühendisliği, Baş Yazar İzzet Öztürk, *İSKİ Genel Müdürlüğü Teknik Kitaplar Serisi*, 2017.

DEÜ, “İleri atıksu arıtımı”, Dokuz Eylül Üniversitesi, <https://web.deu.edu.tr/atıksu/ana58/bolum06.pdf>, 09.11.2023

DEÜ, “Mikroorganizmalar ve atıksu teknolojisine genel bir bakış”, Dokuz Eylül Üniversitesi, https://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/mikro/bolum_04.pdf, 07.05.2024.

Doğru, M., Midilli, A. and Howarth, C.R., “Gasification of sewage sludge using a throated downdraft gasifier and uncertainty analysis”, *Fuel Processing Technology*, 75(1):55–82, 2002.

Donner, E., Eriksson, E., Revitt, D.M., Scholes, L., Lutzhoft, H.C.H. and Ledin, A., “Presence and fate of priority substances in domestic grey watertreatment and reuse systems”, *Science of Total Environment* 408, 2444–2451, 2010.

Eltem, R., Atıksular ve Arıtım, *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları* no:172, 37-39-48s, İzmir, 2001.

Emara, M.M., Farag, A.A., Aziz, F.M. and Razek, M.A., “Biological Nutrient Removal in Bardenpho process”, *Journal of American Science*; 10 (5s), 2014.

Epren, M.F., Doğu ve Güneydoğu Anadolu’daki Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Çok Yönlü Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 2015.

Erbilgin, M., Elektroflokülasyonun Evsel Atıksu Arıtımında Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Eskişehir, 2021.

Erdoğan, A.O., Zengin, G.E. ve Orhon, D., “Türkiye’de Evsel Atıksu Oluşum Miktarları ve Karakterizasyonu”, *İTÜ Dergisi* 15 (1-3), 57-69, 2005.

Fraia, S.D., Massarotti, N. and Vanoli, L., “A Novel Energy Assessment Of Urban Wastewater Treatment Plants”, *Energy Conversion and Management* 163: 304–313, 2018.

Gasperi, J., Gromaire, M.C., Kafi, M., Moilleron, R. and Chebbo, G., “Contributions of wastewater, run off and sewer deposit erosion to wet weather pollutant loads in combined sewer systems”, *WaterRes.*, 44, 5875–5886, 2010.

Genç, N., “Biyolojik Arıtım Sistemleri İçin Solunum Testleri”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23 (1-2) 75 – 85, 2007.

George, T. and Edward, D.S., Waterquality, *AddisonWesley Publishing Company*, 1987.

Gontarski, C.A., Rodrigues, P.R., Mori, M. and Prenem, L.F., “Simulation of an industrial wastewater treatment plant using artificial neural Networks”, *Computers and Chemical Engineering*, 24, 1719-1723, 2000.

Guerrini, A., Romano, G. and Indipendenza, A., “Energy Efficiency Drivers in Wastewater Treatment Plants :” *A Double Bootstrap DEA Analysis*, 1–13, 2017.

Gürel, L. ve Büyükgüngör, H., “Atıksu arıtımında membran biyoreaktorler”, *İTÜDergisi* 21(1), 2011.

Gürü, M. ve Yalçın, H., Su Teknolojisi, *Palme Yayınları*, No: 204, 640s, Ankara, 2010.

Henze, M., Gujer, W., Mino, T., Matsuo, T., Wentzel, C. M. and Marias, G., “Activatedsludge model No:2”, *IAWQ Sciand Techreport*, No:3, London, England, 1995.

Hermanowicz, S.W., “Is Scarcity a Real Driver for Water Reuse?”, *University of California*, Berkeley, CA 94720-1710, 2006.

İçmesuyu Projesine Ait Şehir ve Kasaba İçmesuyu Projelerinin Hazırlanmasına Ait Yönetmelik, Nisan 22, *T.C. Resmi Gazete*, 18783, 1985.

Jr., C.P.L.G., Daigger, G.T., Love, N.G. and Filipe, C.D.M., Biological Wastewater Treatment, Third Edition, 1:5-7, *IWA Publishing*, 2011.

Judd, S., The MBR Book: Principles and Applications of Membran Bioreactors in Water and Wastewater Treatment, *Elsevier*, 2006.

Judd, S., “The status of membrane bioreactor technology”, *Trends in biotechnology*, 26.2 109-116, 2008.

KEI., Biological Phosphorus and Nitrogen Removal, *Korea Environment Institute*, 1993.

Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, Ocak 8, *T.C. Resmi Gazete*, 26047, s. 6, 2006.

Koros, W.J., Ma, Y.H. and Shimidzu, T., “Terminology for membranes and membrane processes (IUPAC Recommendations)”, *Pure Applied Chemistry*, 68: 1479–1489, 1996.

Liu, D.H.F. and Lipták, B.G., Environmental Engineers Handbook, Second Edition, *CRC Press LLC.*, 1999.

Lofrano, G. and Brown, J., “Wastewater Management Through the Ages: A History of Mankind, University of Salerno”, *Department of Civil Engineering*, via Ponte don Melillo, Fisciano (SA), Italy, p.11, 2010.

Manav. N., Ardışık Kesikli Reaktör İle Eysel Atıksulardan Azot Ve Fosfor Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2006.

Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering, Treatment Disposal Reuse, *McGraw- Hill International Editions*. 1991.

Metcalf and Eddy, Wastewater engineering, Treatment and Resource Recovery, (5th ed.), *Mc Graw-Hill Inc.*, USA, 2014.

Min J.C. and Wang L.N., Modeling and Analyses of Membran Osmotic Distillation Using Non- equilibrium Thermodynamics, *J Membran Sci*. 378(1-2), 2011.

Mittal, A., Biological wastewater treatment, *WaterToday*, 1, 32–44, 2011.

Muñoz, D.C., Martin, J., Santos, J.L., Alonso, E., Aparicio, I., Torre, T.D.L., Rodriguez, C. and Malfeito, J.J., “Effectiveness of three configurations of membrane bioreactors on the removal of priority and emergent organic compounds from wastewater: comparison with conventional wastewater treatments”, *Journal of Environmental Monitoring*, 2012.

Muslu, Y., Atıksuların arıtılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Cilt I- II, *İTÜ Matbaası*, 1996.

Naim, R., Sean, G.P., Nasir, Z., Mokhtar, N.M. and Muhammad, N.A.S., “Recent Progress and Challenges in Hollow Fiber Membranes for Wastewater Treatment and Resource Recovery”, *Membranes*, v 11, 2021.

Özdemir, Ö., “İleri biyolojik atıksu arıtma tesisinde sürdürülebilir işletme için revizyon ve enerji verimliliği: Malatya örneği”, *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5, 9-20, 2016.

Özel, G., Performance Evaluation And Mass Balance Studies On Membrane Bioreactor Systems. Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 2016.

Öztemel, E. ve Düğenci, M., “Atıksu Arıtma Tesis Kontrolde Yapay Sinir Ağı ile Kirlilik Parametre Tahmini, I SEM2016”, *3rd International Symposium on Environment and Morality*, 4-6 November 2016, Alanya – Turkey, 2016.

Özönlü, C., Su ve Proses Islahını Gerçekleştirmek İçin Su Yönetimi, *Dora Yayıncılık*, 589-590s, Bursa, 2016.

Panda, P.K., Panda, R.B. and Dash, P.K., “The Study of Water Quality and Pearson’s Correlation Coefficients among Different Physico-chemical Parameters of River Salandi”, *American Journal of Water Resources*, Vol. 6 No. 4, 146-155, 2018.

Pesqueira, J.F.J.R., Pereira, M.F.R. and Silva, A.M.T., “Environmental impact assessment of advanced urban wastewater treatment technologies for the removal of priority substances and contaminants of emerging concern: A review”, *Journal of Cleaner Production*, v 261, 2020.

Razbonyalı, C., Determination Of The Process Performance Of High Rate Membrane Bioreactors Treating Domestic Wastewater, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2013.

Rout, P.R., Shadid, M.K., Dash, R.R., Bhunia, P., Liu, D., Varjani, S., Zhang, T.C. and Surampalli, R.Y., “Nutrient removal from domestic wastewater: A comprehensive

review on conventional and advanced technologies”, *Journal of Environmental Management*, p 296, 2021.

Sato, T., Qadir, M., Yamamoto, S., Endo, T. and Zahoor, A., “Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use”, *Agricultural Water Management*, 130 1– 13, 2013.

Seeger H., “The history of German wastewater treatment”, *Eur Water Manage* 1999;2: 51–6, 1999.

Shelknanloymlan, L., Atıcı, T. and Obal, O., “Removal of nitrogen and phosphate by using *Chlorella vulgaris* on synthetic and organic materials wastewater”, *Biological Diversity and Conservation*, 5/2:89-94, 2012.

Silverstein, J., Colorado University, *Civil, Environmental & Architectural Engineering Department*, Colorado, USA, p. 4, 2001.

Sincero, P.A. and Sincero, A.G., Physical – chemical treatment of water and wastewater, *IWA Publishing*, London, 796s, 2002.

Skoczko, I., Puzowski, P. And Szatyłowicz, E., “Experience from the Implementation and Operation of the Biological Membrane Reactor (MBR) at the Modernized Wastewater Treatment Plant in Wydmyny”, *Presented at Innovations-Sustainability-Modernity-Openness Conference (ISMO’20)*, Bialystok, Poland, 20–21 May 2020.

Smith, B.R., “Re-Thinking Wastewater Landscapes: Combining Innovative Strategies To Address Tomorrow’s Urban Wastewater Treatment Challenges”, *Water Science & Technology*, *WST*, 60.6 , 2009.

Smith, S., “Pilot assessment of Novel Membrane Bioreactor Processes-Improvements in Biological Nutrient Removal and Membrane Operation”, *USF Tampa Graduate Theses and Dissertations*, 2011.

Sonune, A. and Ghate R., “Developments In Wastewater Treatment Methods”, *Desalination* 167: 55-63, 2004.

Sperling, M.V. and Chernicharo, C.A.D.L., “Urban Wastewater Treatment Technologies And The İmplementation Of Discharge Standards İn Developing Countries”, *Urban Water*, 4:105–114, 2002.

Sponza, D.T., Biyolojik Azot Fosfor Giderimi, Atıksu Arıtma Tesislerinin Tasarım ve Proje Kontrol Esasları, Editörler: M. Necdet Alpaslan, Deniz Dölgen, M. Faruk İşgenç, Helil İnay Kınay, *TMMOB Çevre Mühendisleri Odası*, İzmir, 2004.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Aralık 31, *T.C. Resmi Gazete*, 25687, s.23, 2004.

Tariq, A. and Mushtaq, A., “Untreated Wastewater Reasons and Causes: A Review of Most Affected Areas and Cities”, *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences, IJCBS*, 23,1 : 121-143, 2023.

Taşdemir, T. and Erdem, V., “Flokülasyon Yöntemi İle Atıksudan Askıda Tanelerin Giderimi”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* XXIII (1), 2010.

Tchbonaglou, G., Burton, F.L. and Stensel, H.D., Wastewater Engineering, Treatment and Reuse, International Edition, *Metcalf&Eddy Inc.*, USA, 2003.

Tunç, M. S. ve Ünlü, A., “Elazığ Kenti Atıksu Arıtma Tesisinin Koliform Bakteri Giderme Veriminin Araştırılması”, *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*,20 (4), 2005.

Turan, F. ve Ülkü, G. “Gökpınar ve Çürüksu Çaylarının Kirlilik Parametre Ve Yüklerinin İzlenmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19 (3), 133-144, 2013.

TÜİK – Türkiye İstatistik Kurumu, “Nüfus ve göç”, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=nufus-ve-demografi-109&dil=1>, 07.05.2024.

Uysal, Y. ve Üstünyıldız, B., “Beş Kademeli Modifiye Bardenpho Prosesi ile Atıksulardan Azot ve Fosfor Giderimi”, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19 (1): 46- 53, 2016.

Van Der Roest, H.F., Lawrence, D. P. and Van Bentem, A.G.N., Membrane bioreactors for municipal wastewater treatment (1st ed.), London: *IWA Publishing*, 2002.

Vigil, K., An introduction to water quality and pollution control. corvallis:, *Oregon State University Press*, 181 pages, Cambridge, 2003.

Wang, C., Yu, X., Lv, H. and Yang, J., “Nitrogen and phosphorus removal from municipal wastewater by the green alga *Chlorella* sp”, *Journal of Environmental Biology*, 2012.

Wang, J., Zhang, T., Dao, G., Xu, X., Wang, X. and Hu, H., “Microalgae-based advanced municipal wastewater treatment for reuse in water bodies”, *Appl Microbiol Biotechnol*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017.

Wentzel Mc and Ekama Ga., “Principles in the design of single-sludge activated sludge systems for the biological removal of carbon, nitrogen, and phosphorus”, *Water Environ. Res.*, 69 (7), 1222-1231, 1997.

Xun, W. and Lei, Z., “Comparison of the A²/O and reversed A²/O process at Low Organic Loading in Wuhan Shahu WWTP and the Optimized Program”, *Trans Tech Publications*, Switzerland, 2013.

Yang, J., Monnot, M., Ercolei, L. and Moulin, P., “Membrane-Based Processes Used in Municipal Wastewater Treatment for Water Reuse: State-of-the-Art and Performance Analysis”, *Membranes*, Marseille, 2020.

Yıldız, S., Namal, O. Ö. ve Çekim, M., “Atıksu Arıtma Teknolojilerindeki Tarihsel Gelişimler”, *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, 1(1), 2013.

ÖZ GEÇMİŞ

Tez yazarı doğumludur. yılında Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. Aynı yıl, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Eğitimine başlamıştır.



