KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KANALİZASYONA DOĞRUDAN BAĞLANTISI OLMAYAN YERLEŞİM YERLERİNDE ATIKSU YÖNETİMİ

ABDULSAMED KACIR

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KANALİZASYONA DOĞRUDAN BAĞLANTISI OLMAYAN YERLEŞİM YERLERİNDE ATIKSU YÖNETİMİ

ABDULSAMED KACIR

Doç.Dr. Ayla ARSLAN		
Danışman,	**Kocaeli Üniversitesi**	**.....**
Doç.Dr. Bilge ÖZBAY		
Jüri Üyesi,	**Kocaeli Üniversitesi**	**.....**
Prof.Dr. Nihal BEKTAŞ		
Jüri Üyesi,	**Gebze Teknik Üniversitesi**	**.....**

Tezin Savunulduğu Tarih: 28.01.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Kentleşmenin hızlanması ile kentsel yaşam kalitesinin önemi kentlerin gelişiminde etkin rol oynamaktadır. Kentsel yaşam kalitesinin en önemli bileşenlerinden biri altyapı sistemidir. Altyapı sistemi içinde atıksu altyapısı ve atıksu yönetimi en önemli ve fazla problem yaşanan konudur.

Bu çalışmada gelişmekte olan kentlerde atıksu altyapısı ve altyapı olmayan yerleşim yerlerinde atıksu yönetimi tartışılmaktadır.

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde, benden desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen, değerli bilgi ve birikimini benimle paylaşan, hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım saygıdeğer danışman hocam Doç.Dr.Ayla ARSLAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmalarımın başından beri yardımını esirgemeyen ve türlü türlü sorularıma rağmen sabrını esirgemeyen saygıdeğer hocam Ar.Gör.Ömer GÜNGÖR'e en içten dileklerimle sonsuz teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, hayatta her zaman bana destek olan, iyi bir eğitim almam için bütün olanaklarını sonuna kullanan bütün zor zamanlarımda yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak – 2020 Abdulsamed KACIR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vii
ÖZET viii
ABSTRACT ix
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 3
1.1. Kanalizasyona Doğrudan Bağlantısı Olmayan Yerleşim Yerlerinde Arazi Arıtma Sistemleri 3
1.1.1. Foseptik 3
1.1.1.1. Çürüme tipi septik tanklar (Çok gözlü foseptikler) 5
1.1.1.2. İmhoff tankı (İki katlı septik çukurlar) 5
1.1.2. Yağ tutucu 6
1.1.3. Sızdırma sistemleri 7
1.1.3.1. Uzaklaştırma yatağı ve çukuru 7
1.1.3.2. Sızdırma boruları 7
1.1.3.3. Sızdırma kuyuları 8
1.1.4. Yavaş kum filtreleri 8
1.1.4.1. Kum filtre hendekleri 9
1.1.4.2. Kesikli kum filtresi 9
1.1.5. Gri su sistemleri 10
1.2. Yasal Uygulamalar 11
1.3. Literatür Özetleri 12
1.4. Atıksu Karakterizasyonu 15
1.4.1. KOİ (Kimyasal oksijen ihtiyacı) 15
1.4.2. BOİ (Biyolojik oksijen ihtiyacı) 15
1.4.3. AKM (Askıda katı madde) 16
1.4.4. pH 16
1.4.5. Koliform sayımı 16
1.4.6. Evsel atıksuların kirlilik yüklerine göre sınıflandırılması 17
1.5. Silivri İlçesine Ait Genel Bilgiler 18
1.5.1. Coğrafi konum 18
1.5.2. Nüfus 19
1.5.3. Bitki örtüsü 19
1.5.4. İklim 19
1.5.5. Çalışma alanı 19
2. MALZEME VE YÖNTEM 21
2.1. Kullanılan Kimyasallar 21
2.1.1. Kullanılan ekipmanlar 21
2.2. Yöntem 23
2.2.1. Fiziksel ve kimyasal analizler 23
2.2.2. Mikrobiyolojik analizler 23

2.2.2.1. Koliform bakteri sayımı 23
3. BULGULAR 24
3.1. Çalışılan Bölgenin Ortalama Atıksu Debisi 24
3.2. Çalışma Bulguları 24
3.2.1. Birinci örnekleme noktası atıksu karakterizasyonu 26
3.2.2. İkinci örnekleme noktası atıksu karakterizasyonu 29
3.2.3. Üçüncü örnekleme noktası atıksu karakterizasyonu 32
3.2.4. Toplama çukuru atıksu karakterizasyonu 35
3.2.5. Toplam KOİ, çözünmüş KOİ bulgularının karşılaştırılması 38
4. TARTIŞMA 39
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 41
KAYNAKLAR 44
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 48
ÖZGEÇMİŞ 49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Septik tank şematik diyagramı 4
Şekil 1. 2. Çürüme tipi septik tank 5
Şekil 1. 3. Küçük yerleşim yerlerinde kullanılan imhoff tankı şematik gösterimi; a) planı, b) kesiti 6
Şekil 1. 4. Septin tank çıkışını zemine sızdırma hendeği a)plan b)kesit 7
Şekil 1. 5. Sızdırma kuyusu 8
Şekil 1. 6. Yavaş kum filtresi 9
Şekil 1. 7. Kesikli kum filtreleri; a) plan, b) kesit 10
Şekil 1. 8. Laboratuar ölçeğinde nısrrbc 13
Şekil 1. 9. Silivri ilçesi 18
Şekil 1. 10. Silivri ilçesi google harita görüntüsü 18
Şekil 1. 11. Örnekleme noktalarının google harita görüntüleri 20
Şekil 3. 1. Birinci örnekleme noktasında, toplam koi bulgularının aylara göre değişimi 26
Şekil 3. 2. Birinci örnekleme noktasında, toplam s-koi bulgularının aylara göre değişimi 26
Şekil 3. 3. Birinci örnekleme noktasında, toplam boi5 bulgularının aylara göre değişimi 27
Şekil 3. 4. Birinci örnekleme noktasında, toplam akm bulgularının aylara göre değişimi 27
Şekil 3. 5. Birinci örnekleme noktasında, toplam ph bulgularının aylara göre değişimi 28
Şekil 3. 6. Birinci örnekleme noktasında, toplam koliform sayısı bulgularının aylara göre değişimi 28
Şekil 3. 7. İkinci örnekleme noktasında, toplam koi bulgularının aylara göre değişimi 29
Şekil 3. 8. İkinci örnekleme noktasında, toplam s-koi bulgularının aylara göre değişimi 29
Şekil 3. 9. İkinci örnekleme noktasında, toplam boi5 bulgularının aylara göre değişimi 30
Şekil 3. 10. İkinci örnekleme noktasında, toplam akm bulgularının aylara göre değişimi 30
Şekil 3. 11. İkinci örnekleme noktasında, toplam ph bulgularının aylara göre değişimi 31
şekil 3. 12. İkinci örnekleme noktasında, toplam koliform sayısı bulgularının aylara göre değişimi 31
Şekil 3. 13. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam koi bulgularının aylara göre değişimi 32
Şekil 3. 14. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam s-koi bulgularının aylara göre değişimi 32
Şekil 3. 15. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam boi5 bulgularının aylara göre değişimi 33

Şekil 3. 16. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam akm bulgularının aylara göre değişimi 33
Şekil 3. 17. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam ph bulgularının aylara göre değişimi 34
Şekil 3. 18. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam koliform sayısı bulgularının aylara göre değişimi 34
Şekil 3. 19. Toplama çukurunda, toplam koi bulgularının aylara göre değişimi 35
Şekil 3. 20. Toplama çukurunda, toplam s-koi bulgularının aylara göre değişimi ... 35
Şekil 3. 21. Toplama çukurunda, toplam boi5 bulgularının aylara göre değişimi 36
Şekil 3. 22. Toplama çukurunda, toplam akm bulgularının aylara göre değişimi 36
Şekil 3. 23. Toplama çukurunda, toplam ph bulgularının aylara göre değişimi 37
Şekil 3. 24. Toplama çukurunda, toplam koliform sayısı bulgularının aylara göre değişimi 37
Şekil 3. 25. T-koi, s-koi bulgularının karşılaştırılması 38

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. 1. Evsel Atıksuların Kirlilik Yüklerine Göre Sınıflandırılması..... 17
Tablo 3. 1. Çalışılan Örnekleme Noktalarında Hesaplanan Yıllık Değerler…….....25
Tablo 4. 1. Bu çalışmadaki örnekleme noktaları ile Metcalf ve Eddy,1991 yılında yaptıkları kirlilik yükü sınıflarının karşılaştırılması 39
Tablo 4. 2. Çalışma sonuçlarının Literatürdeki İstanbul Evsel Atıksu Karakterizasyonu Çalışmaları ile Karşılaştırılması..... 40

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AKM	:Askıda Katı Madde
BOİ	:Biyolojik Oksijen İhtiyacı
KOİ	:Kimyasal Oksijen İhtiyacı

KANALİZASYONA DOĞRUDAN BAĞLANTISI OLMAYAN YERLEŞİM YERLERİNDE ATIKSU YÖNETİMİ

ÖZET

Gelişmekte olan ülkelerde altyapı sistemleri ve atıksu yönetimi büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda altyapı sistemlerinden biri olan kanalizasyon sistemleri atıksular için bir taşıyıcı sistemdir. Kanalizasyona doğrudan bağlantısı olmayan bölgelerde atıksuyun karakteristiğinin belirlenmesi ve atıksu yönetiminin yapılabilmesi bu kapsamda önemlidir. Bu çalışmada, kanalizasyon şebekesine doğrudan bağlantısı olmayan yerleşim yerlerinde kurulabilecek arazi arıtma sistemleri incelenmiştir. Bu sistemlerin kurulumu ile ilgili yasal sorumluluklara değinilmiş ve bu konuda yapılmış literatür çalışmaları araştırılmıştır. Pilot bölge olarak belirlenen Silivri ilçesi, Cumhuriyet Mahallesi, Fatih Mahallesi ve Selimpaşa Mahallesinde bulunan 3 örnekleme noktası ve Yeni Mahalle'de bulunan toplama çukurunda atıksuların karakterizasyonları incelenmiş ve atıksu yönetimi uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arazi Arıtma, Atıksu, Kanalizasyon, Toplama Çukuru,

WASTEWATER MANAGEMENT IN SETTLEMENTS WITH NO DIRECT CONNECTION TO SEWERS

ABSTRACT

Developing infrastructure systems and wastewater management are of great importance. In this context, sewerage systems, which is one of the infrastructure systems, are a carrier system for wastewater. The necessity of wastewater characteristics without wastewater connection and wastewater management The land treatment systems that can be installed are examined. Legal responsibilities related to the installation of these systems are mentioned and the literature studies on this subject are investigated. Characterization of wastewater was investigated and wastewater management was applied in 3 sampling points in Silivri district, Cumhuriyet neighborhood, Fatih neighborhood and Selimpaşa neighborhood and collection pit in Yeni neighborhood.

Keywords: Collection Pit, Land Treatment, Sewage, Wastewater

GİRİŞ

Evsel atıksu, gelişmekte olan ülkelerin kırsal alanlarında büyük bir kirlilik kaynağı olarak görülmektedir (Zhang ve ark., 2015a; Lutterbeck ve ark. 2017). Atıksuyun arıtılmadığı daha az gelişmiş bir altyapıya sahip olan bu alanlarda, azot, fosfor ve patojenler gibi yüksek miktarda madde içeren evsel atıksu, doğrudan açık drenaj kanallarından yakındaki su kütlelerine boşaltılır (Zou ve ark. ve arkadaşları, 2011; Moeder ve arkadaşları, 2017). Bu durum, yerleşim yerlerindeki çevre yüzey suyunun ötrofikasyonuna neden olabilmektedir (Wang ve diğerleri, 2017). Bu nedenle, bu kırsal alanlarda, uygun evsel atıksu arıtma yaklaşımlarının belirlenmesi acil bir sorun haline gelmiştir (Wang ve diğerleri, 2016; Song ve diğerleri, 2018).

Küçük yerleşim alanları, genellikle dağınık ve az sayıda konut bulunan alanlardır ve buralara merkezi kanalizasyon, arıtma ve uzaklaştırma şebekesi kurulması oldukça zor ve maliyetli olmaktadır. Atıksu kanal şebekesinin bulunmadığı yerlerde, yerinde atıksu arıtma ve uzaklaştırma seçenekleri kullanılmak zorundadır. Yerinde atıksu arıtma ve uzaklaştırma seçiminde üç temel strateji uygulanır (Öztürk, 2017);

- Atıksu karakterizasyonunun ve nüfüsun belirlenmesi
- Arazi incelemesinin yapılması ve yerinde atıksu uzaklaştırma sisteminin seçilmesi
- Atıksu karakteristiklerine ve uzaklaştırma seçeneklerine en uygun olan etkili bir arıtma teknolojisinin seçimi

Bu çalışmada, kanalizasyon şebekesine doğrudan bağlantısı olmayan yerleşim yerlerinde kurulabilecek arazi arıtma sistemleri incelenmiştir. Bu sistemlerin kurulumu ile ilgili yasal sorumluluklara değinilmiş ve bu konuda yapılmış literatür çalışmaları araştırılmıştır. Pilot bölge olarak belirlenen Silivri ilçesi, Cumhuriyet Mahallesi, Fatih Mahallesi ve Selimpaşa Mahallesinde bulunan 3 örnekleme noktası ve Yeni Mahalle'de bulunan toplama çukurunda atıksuların karakterizasyonları incelenmiş ve atıksu yönetimi uygulanmıştır. Çalışmada, 2019 yılı Ocak- Aralık ayları arasında olan 12 aylık süreçte atıksu karakterizasyonları yapılmıştır. Bu kapsamda, 4

adet örnekleme noktalarından alınmış olan atıksu numunelerine Toplam KOİ (T-KOİ), $BOİ_5$, pH, Askıda Katı Madde (AKM), Çözünmüş KOİ (S-KOİ) ve Toplam Koliform analizleri yapılmış ve bulgular aylık olarak değerlendirilmiştir.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Kanalizasyona Doğrudan Bağlantısı Olmayan Yerleşim Yerlerinde Arazi Arıtma Sistemleri

Küçük kırsal yerleşim yerlerinde konutlar, aralarında mesafe bulunan dağınık yapılarda olduklarından kanalizasyon, arıtma ve uzaklaştırma sistemi kurulması maliyet açısından oldukça pahalı ve pratik olmamaktadır. Bu yüzden son yıllarda, söz konusu olan küçük yerleşim yerlerinde yerinde atıksu arıtma sistemlerinin kurulumu için planlama ve tasarım oldukça önem kazanan bir konu haline gelmiştir (Öztürk, 2017).

Küçük yerleşim yerlerinde kullanılmakta olan arıtma sistemleri aşağıda sıralanmaktadır (Demir, 2015);

- Foseptik
- Yağ tutucu
- Sızdırma sistemleri
- Yavaş kum filtreleri
- Gri Su Sistemleri

1.1.1. Foseptik

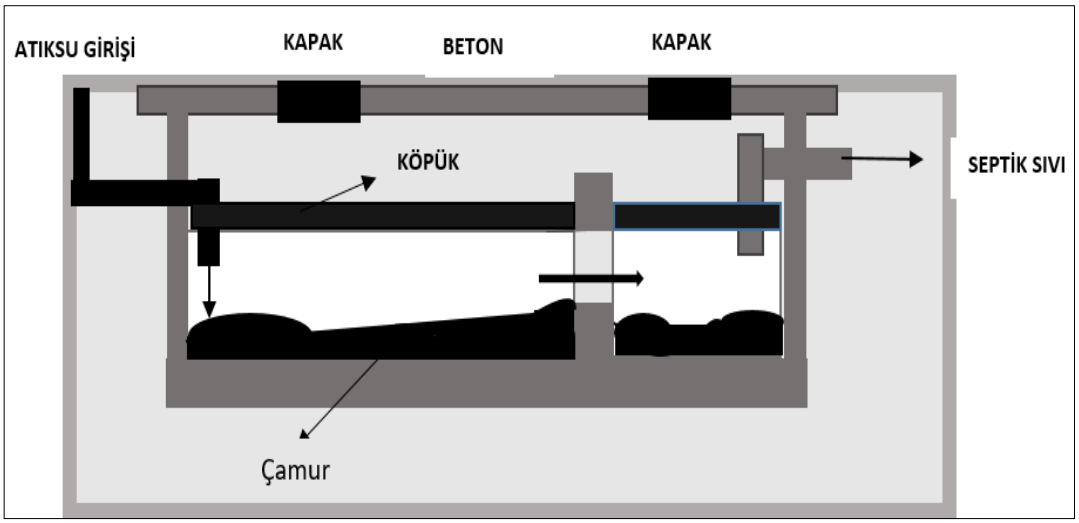
Kazanalizasyon sistemi bulunmayan küçük yerleşim yerlerinde veya kanalizasyon sisteminin inşaası mümkün olmayan bölgelerde atıksu bertarafı için fosseptik çukurlar kullanılır. Septik tank olarak da adlandırılan bu yapılar konutlardan gelen evsel atıksuların biriktirildiği bir ön arıtım haznesi olarak iş görmektedir.

Septik tanklarda, askıda ve çökebilir maddeler tankın dibine çökerek atıksudan ayrılır, ayrılan su septik tanktan alınarak araziye veya başka bir arıtma ünitesine deşarj edilir. Tankın dibinde kalan çürümüş çamur, anaerobik ve fakültatif bakteriler ile parçalanarak CO_2, CH_4 ve H_2S gibi daha kararlı bileşiklere dönüştürülür (Öztürk, 2017). Septik tanklar, organik maddelerin bekletilmesi ve çürümesini sağlayacak

şekilde tasarlanmalıdır. Septik tanklar aynı zamanda sağlam ve sızdırmaz bir yapıda inşaa edilmelidir. Bu sebeple kurulumundan önce yapısal sağlamlık kontrolleri ve sızdırmazlık testleri uygulanmalıdır (Demir, 2015). Septik tankların işlenmesindeki temel prensip, atıksu içerisindeki katı maddelerin tank içerisinde tutulup çürütülmesi, kalan sıvı kısımlarının ise septik tank çıkışından alınarak gideriminin yapılmasıdır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2012).

Septik tank ilk kullanımı 1860 yılında John Louis Mouras ve arkadaşı Abbe Moigno tarafından Fransa'da gerçekleşmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise ev tipi septik tank ilk kez 1883'te Philbrick tarafından iki odalı bir tank tasarımında kullanılmış, aralıklı atık su atımı için otomatik bir sifon kullanılmıştır. Bu zamandan beri, septik tank hızla yayılmış ve dünyanın birçok yerinde kullanılmaya başlanmıştır (Butler ve Payne, 1995). Amerika'daki müstakil evlerin %25'inde hala septik tanklar kullanılmaya devam edilmektedir. Günümüzde ise beton ve CTP septik tanklar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Demir, 2015).

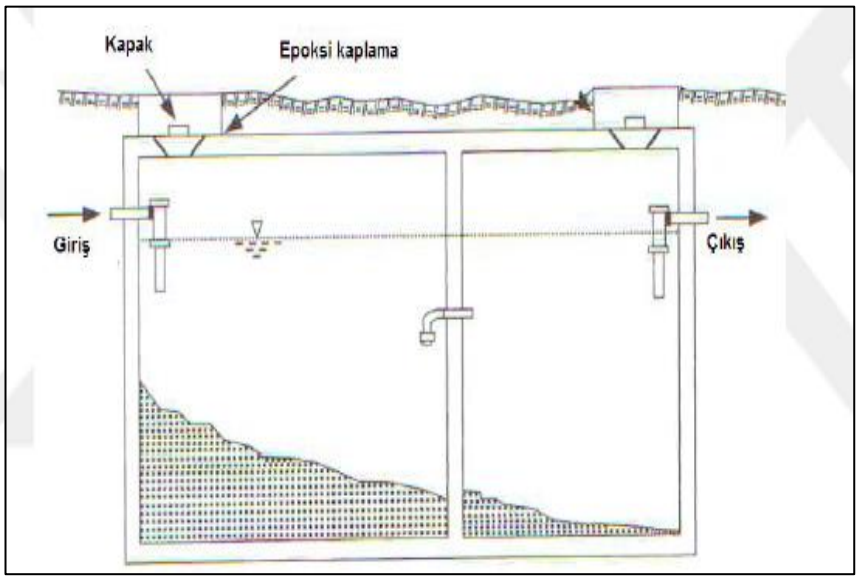
Şekil 1.1'de Çift gözlü septik tank şematik olarak gösterilmektedir. Atıksu girişinin olduğu birinci bölme çökeltme, septik sıvı çıkışının olduğu ikinci bölme ise süzme veya durulama bölmesidir. İlk bölmede katı atıklar dibe çökerek çamur hale gelmekte, bu şekilde bölmeden aşan sıvı toprağa daha az zarar vermektedir. Fakat vidanjör ile çekilebilen sistemler de kurulabilmektedir.



Şekil 1. 1. Septik tank şematik diyagramı (Adhikari ve Lohani, 2019)

1.1.1.1. Çürüme tipi septik tanklar (Çok gözlü foseptikler)

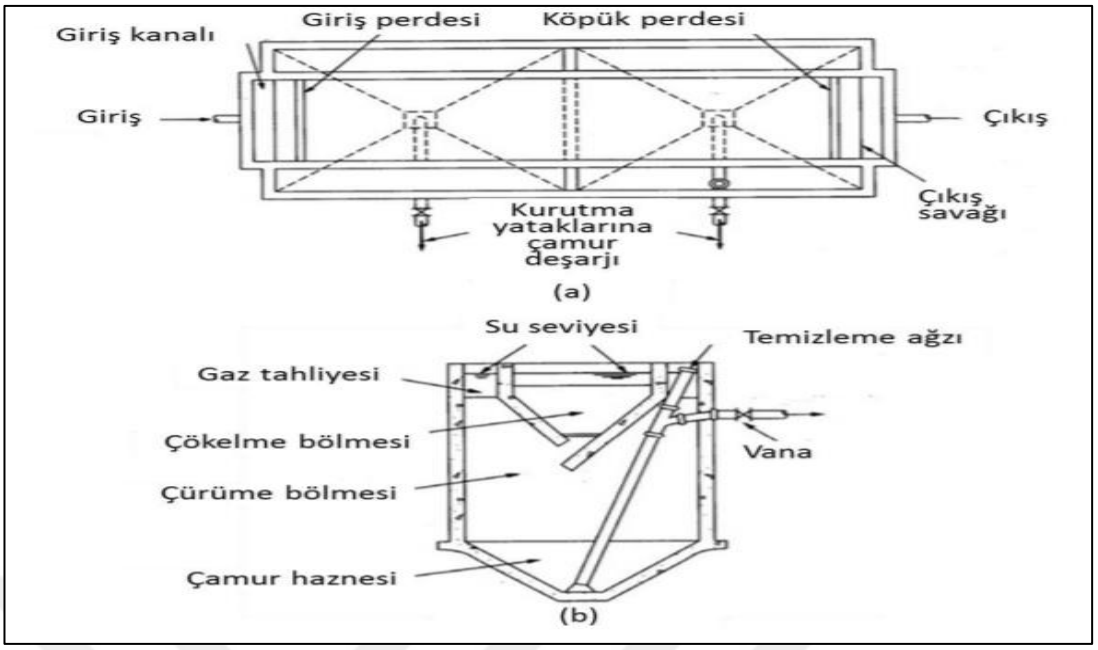
Kanalizasyon şebekesi olmayan küçük yerleşim yerlerinde atıksuların bertarafı için uygulanan kullanışlı sistemlerdir (Fesliyen, 2017). Çürüme tipi septik tanklar, üstü kapalı çöktürme çukurlarından ibarettir ve genellikle üç veya dört gözlü olabilmektedir (Şekil 1.2). Bu tip septik tanklarda çıkıştaki su ayrışmış sudur, arıtma yapılması için fazla oksijen gerekmektedir. Çürütme tipi fosseptikler, genellikle atıksuyun sızdırma ile giderilebileceği yerleşim yerlerinde tercih edilmektedir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2012).



Şekil 1. 2. Çürüme tipi septik tank (Syed, 1999; Fesliyen, 2017)

1.1.1.2. İmhoff tankı (İki katlı septik çukurlar)

İmhoff tankı iki farklı bölmeden oluşmakta, üst bölmede çöktürme, alt bölmede ise anaerobik çürütme işlemi gerçekleşmektedir. Büyük sistemlerde olduğu gibi, iki katlı sistemlerde de atıksu yine de taze tutulamamaktadır. Bu sistemlerde atıksu akışı düzgün bir şekilde olmamakla beraber, bir kısım atıksu çamur bölgesinden de akabilmektedir. Şekilde 1.3'de görüldüğü üzere katı maddeler çökelme bölmesinin tabanındaki açıklıktan çürütme için alttaki bölüme geçer. Burada oluşmakta olan gaz, havalandırma bacasından çıkış yapar (Öztürk, 2017).



Şekil 1. 3. Küçük yerleşim yerlerinde kullanılan imhoff tankı şematik gösterim; a) planı, b) kesiti (Öztürk, 2017)

1.1.2. Yağ tutucu

Çamaşırhane, lokanta ve benzin istasyonlarından kaynaklanan atıksular, yüksek konsantrasyonlarda yağ-gres ve detarjan içerikli atıksulardır. Yağ- gresin septik tanklara girmesi durumunda, bu atıklar çıkış suyuna karışarak alıcı ortama deşarj olurlar ve askıda katı maddeler ile beraber toprak yüzeyinde birikme yaparak toprak geçirimliliğini azaltırlar (Öztürk, 2017; Demir, 2015). Bu yüzden bu atıkların arıtılması önem arz etmektedir.

Yağ tutucuda, atıksu soğuyarak gres katılaşır ve sonrasında su yüzeyinde birikerek atıksudan ayrılır (Fesliyen, 2017). Etkin bir yüzdürme işleminin olabilmesi için 30 dakikadan az hidrolik kalış süresinin olamaması gerekir (Demir, 2015).

Klasik çürütme tankları da yağ-gres tutucu olarak görev yapabilmektedir ve bu tanklar verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat çürütme tankları, yağ- gres tutucu olarak kullanılacağı zaman tank yapılarında bazı değişiklikler yapmak gerekebilir. Bu bağlamda büyük hacimli çürütme tankları kullanmak daha verimli olabilmektedir (Öztürk, 2017).

1.1.3. Sızdırma sistemleri

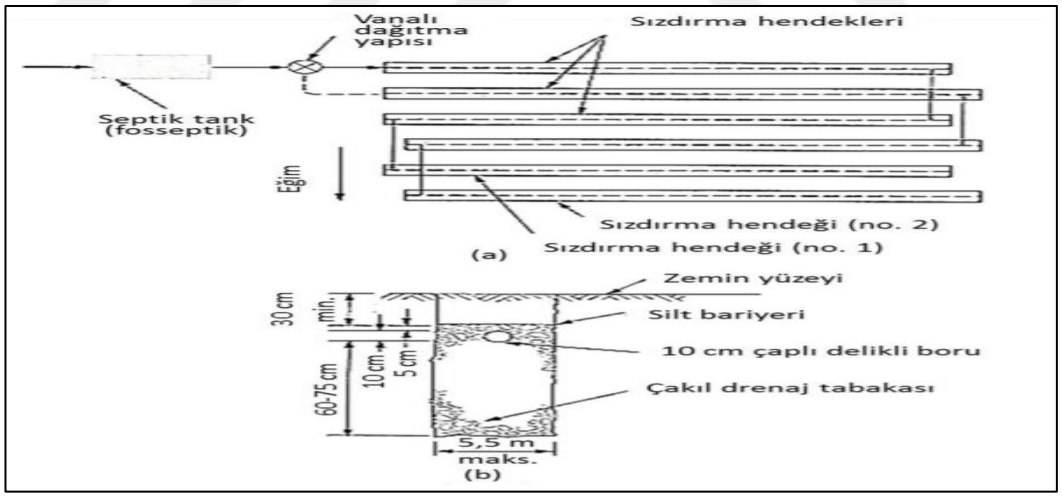
1.1.3.1. Uzaklaştırma yatağı ve çukuru

Çürütme tankları gibi küçük arıtım sistemlerinden çıkan suyun nihai arıtımı, zeminde ya da arazi yüzeyinde absorbsiyon ile sağlanmaktadır. Şekil 1.4'deki absorbsiyon sızdırma hendeğine bakıldığında; içi genellikle çakıl taşlarından oluşmakta olan granüler malzemeler ile doldurulmuş 0,6- 1,5 m ölçülerinde hendek görülmektedir (Öztürk, 2017; Çobanoğlu, 1994).

Sızdırma hendeklerinde granüler malzeme kullanılmasının sebepleri (Öztürk, 2017);

- Uzaklaştırma yatağının alt yapısını oluşturmak,
- Çıkış suyunda kısmı arıtım sağlamak,
- Çıkış suyunu geçirimli toprak yüzeyine deşarj etmek,
- Hendekler su dolu olmadığında, pik debiler için geçici depolama işlemini yapmak

olarak söylenebilir.



Şekil 1. 4. Septin tank çıkışını zemine sızdırma hendeği a)plan b)kesit (İleri, 2000)

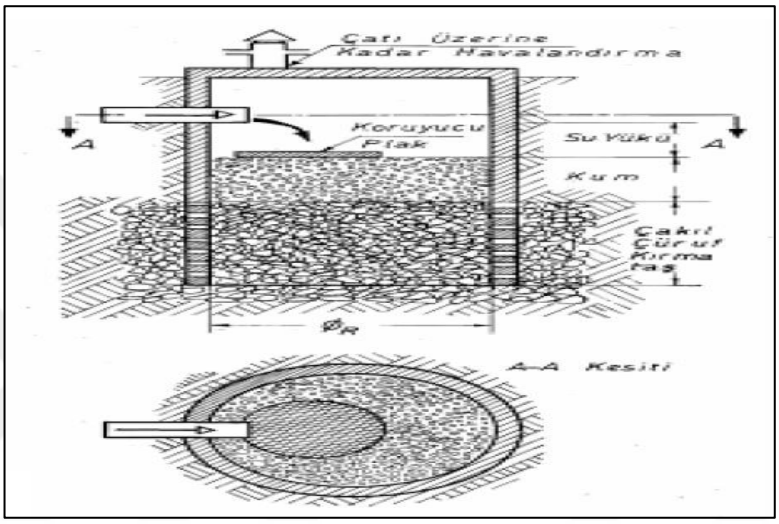
1.1.3.2. Sızdırma boruları

Sızdırma boruları sistemi, ön arıtmadan geçmiş atıksuların, yeraltına döşenen borular ile zemine sızdırılması şeklinde çalışmaktadır. Boru şebekesinin uzunluğu, zeminin yapısına göre değişiklik göstermektedir. Ortalama kişi başı 10-20 m olacak şekilde

hesaplanmaktadır fakat bu değer kum ve çakıllı zeminlerde 10 m, kumlu kilde 20 m ve killi kumda 15 m alınabilmektedir (Çobanoğlu, 1994).

1.1.3.3. Sızdırma kuyuları

Sızdırma Kuyuları, derin kuyular olarak tasarlanmaktadır. Çukur kısımları 2 ila 4 m aralığında, 3 ila 6 m derinliğinde tasarlanabilir (Şekil 1.6). Bu kuyularda sızma, genellikle yan duvarlardan olmaktadır (Çobanoğlu, 1994).



Şekil 1. 5. Sızdırma kuyusu (Milli Eğitim Bakanlığı, 2012)

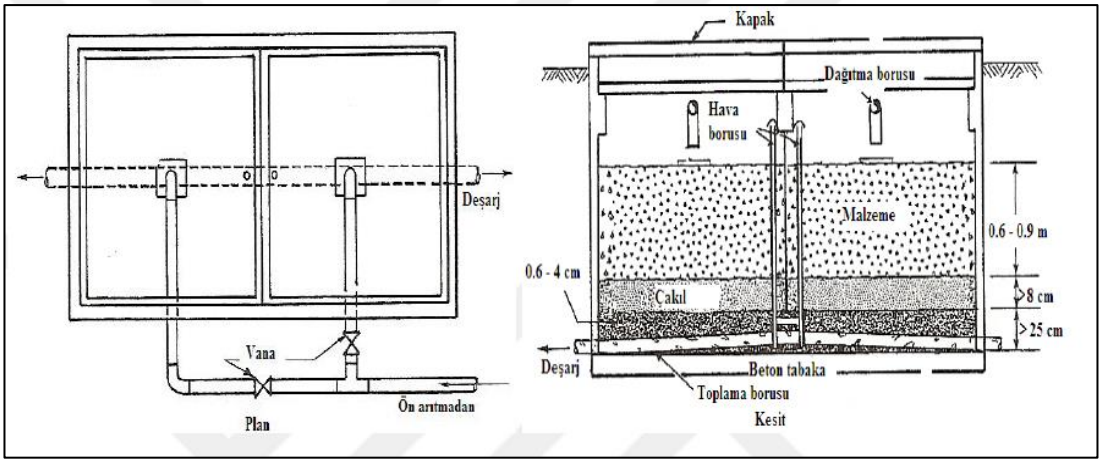
1.1.4. Yavaş kum filtreleri

Foseptik çıkışı atıksu, yavaş kum filtreleri ile arıtımı sağlandıktan ve dezenfekte edildikten sonra alıcı ortama verilebilmektedir (Fesliyen, 2017). Yavaş kum filtrelerinin en büyük avantajı, basit işletimi; en büyük dezavantajı ise fazla alan ihtiyacı olmasıdır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2012).

Foseptik tankı takip eden kum filtresinin üzeri açık veya toprak ile kaplı olabilmektedir. Toprak ile kaplı filtreler genellikle küçük debili atıksular için kullanılmaktadır. Çökelen atıksu delikli açık- mafsallı boru ile kum filtre yatağına dağıtılır. Kum seçimi özenle yapılmalıdır. Filtrenin kum ve çakıl taneleri aerobik ve nitrifikasyon organizma formlarını içermektedir (Fesliyen, 2017). Atıksudaki organikler, bakteriler tarafından parçalanır. Protozoa ve metazoa, bakterilerden beslenir böylece filtre tıkanmaları önlenir.

1.1.4.1. Kum filtre hendekleri

0,5 cm taban genişliği olan ve 1,20 m ile 1,50 m derinlikteki hendeklerden oluşan kum filtre hendeklerine, öncelikle tabana süzülmüş olan suyu uzaklaştırmak amacıyla 100 mm çapında drenaj boruları döşenir. Üzerine, 0,60 m yüksekliği olan köşeli kumdan fitre tabakası konulur. Filtre tabakasının üzerine de 100 mm çaplı drenaj boruları ile atıksu isale hattı döşemesi yapılır. Ek yerlerinin üst kısmında karton ile örtülmesinden sonra 0.30 m yükseklikte kum- çakıl malzemesi, bunun üzeri de kazı malzemesi ile doldurulur. İki drenaj hattına da kolay bir şekilde hava girmesi sağlanması gerekmektedir ve eğer gerekli görülürse hava bacası konulmalıdır (Şekil 1.7) (Joseph ve ark. 2003; Çobanoğlu, 1994).

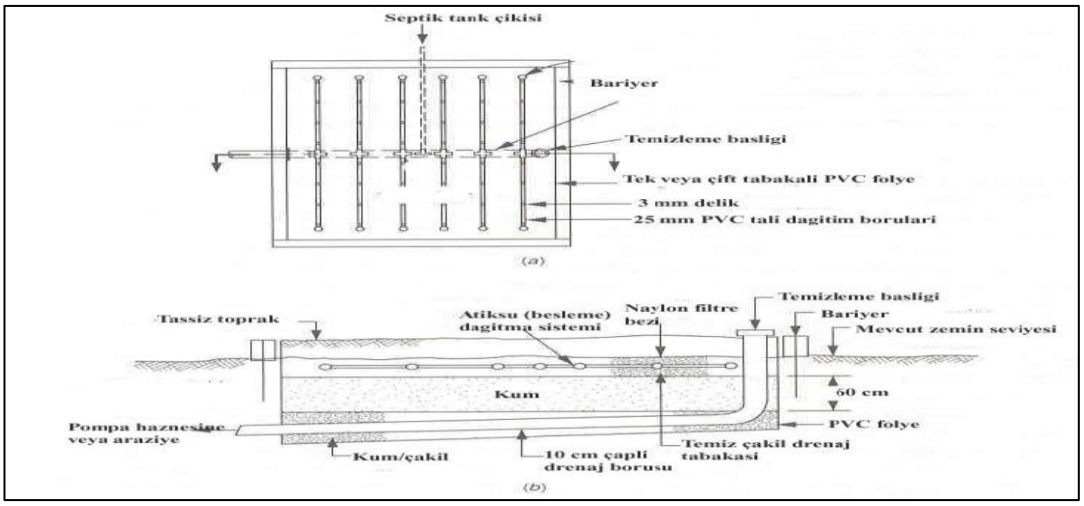


Şekil 1. 6. Yavaş kum filtresi (Syed 1999)

1.1.4.2. Kesikli kum filtresi

Bölgenin konumu ve şartları septik tankların ve uzaklaştırma alanının kullanılması için uygun olmayabilir. Böyle durumlarda atıksu, arıtımı yapıldıktan sonra kum filtreye verilir (Demir, 2015).

Kesikli kum filtresi, 600 mm ile 760 mm derinliğinde sığ kum yatağıdır. Bu filtrenin yüzeyinde dağıtım ve altında drenaj sistemi bulunmaktadır (Şekil 1.8). Septik tank çıkışı, aralıklı olarak kum yatağı üzerine verilir. Arıtılmış olan su, filtre tabanında bulunan drenaj sisteminde toplanır. Filtreden çıkan suyun, dezenfekte edildikten sonra yüzey sularına veya uzaklaştırma alanına deşarjı yapılır (Öztürk, 2017; Çobanoğlu, 1994).



Şekil 1. 7. Kesikli kum filtreleri; a) plan, b) kesit (İleri, 2000)

1.1.5. Gri su sistemleri

Gri su, diğer atıksulara kıyasla en az kirletici içeriğine sahip ve kirlilik yönünden en düşük seviyede olan, tuvalet atıksuları hariç diğer atıksulara verilen isimdir. Gri sulara;

- Banyo
- Lavabo
- Mutfak atıksuları
- Çeşitli yıkama suları

örnek olarak verilebilir.

Siyah su, tuvaletlerden gelen ve fosseptik atıksuyu içermekte olan evsel atıksulara verilen isimdir.

Gri sular, hacimsel olarak evsel atıksuların %75'ini oluşturmaktadır. Gri sular, siyah sulara kıyasla nütrientler açısından fazla zengin olmamakla beraber, bu sularda patojen bulunma olasılığı da oldukça düşüktür (GHR Plumbing Service, 2018).

Gri sular, iç ve dış mekanlarda kullanılabilmektedir. İç mekan olarak, tuvalet yıkamak ve çamaşır yıkamak için yeniden kullanılabilmektedir. Dış mekan olarak ise bahçe sulamalarında kullanımı olabilmektedir (GHR Plumbing Service, 2018). Gri suların yeniden kullanımı evsel olarak su tasarrufu ve atık su arıtma tesislerindeki yükü azaltmak açısından etkin bir yöntemdir. Suyun az miktarda ve pahalı olması

durumunda, gri suların tekrar kullanılması ekonomik açıdan oldukça faydalı olmaktadır (Ghaitidak ve Yadav, 2013). Gri su, tekrar kullanılarak, su tüketiminde, arıtma sistemlerinin ve septik tankların yükünde, kimyasal kullanımı ve kullanılan enerji miktarında azalma meydana gelecektir. Gri sular, kanalizasyonun olmadığı bölgelerde, ikinci kademe atıksu arıtma sistemlerinde sığ kum filtrelerinde arıtılmaktadır (Demir, 2015).

1.2. Yasal Uygulamalar

Kanalizasyon şebekesi bulunmayan ya da yapılması mümkün olmayan yerlerde, 1593 sayılı Umumi Hıfzıssıhha Kanunu (Şehir ve Kasabalar Hıfzıssıhhası başlıklı on birinci Bölüm, URL-1), Mecralar ve Müzahrefat (süprüntüler/pislik İmhası İkinci Bölüm), Lağım Mecrası İnşası Mümkün Olmayan Yerlerde Yapılacak Çukurlara Ait Yönetmelik (URL-3), 2872 sayılı Çevre Kanunu, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (URL-2), Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği ve Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği hükümleri uygulanmaktadır (URL-4). Örneğin ;

- Umumi Hıfzıssıhha Kanunu; 242. maddesine göre, "akarsuların kirlenmesine neden olabilecek tesisat yapımı yasaktır" (URL-1).
- Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, 244. maddesine göre, "belediyeler tarafından yaptırılmış kanalizasyon tesislerinin sakıncası olmadığı kabul edilmedikçe ve onaylanmadıkça akarsulara akıtılması yasaktır" (URL-1).
- Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, 244. maddesine göre, "teknik hususlar çerçevesinde mecra içeriklerinin imhası için kullanılacak olan alanların konutlardan uzakta olması gerekmektedir ve bu alanların başka amaçlar için kullanılması yasaktır" (URL-1).
- Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, 245. maddesine göre, "insan atıklarının her çeşit tarım işlerinde gübre olarak kullanılması yasaktır" (URL-1).
- Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne (26/D) göre, "her türlü atıklarla, arıtma çamurları ve fosseptik çamurlarının alıcı su ortamına boşaltılması yasaktır" (URL-2).
- Lağım Mecrası İnşası Mümkün Olmayan Yerlerde Yapılacak Çukurlara Ait Yönetmelik'e (3) göre "kanalizasyon ve umumi arıtma tesisleri yapılıncaya kadar Lağım Mecrası İnşası Mümkün Olmayan Yerlerde Yapılacak Çukurlara Alt

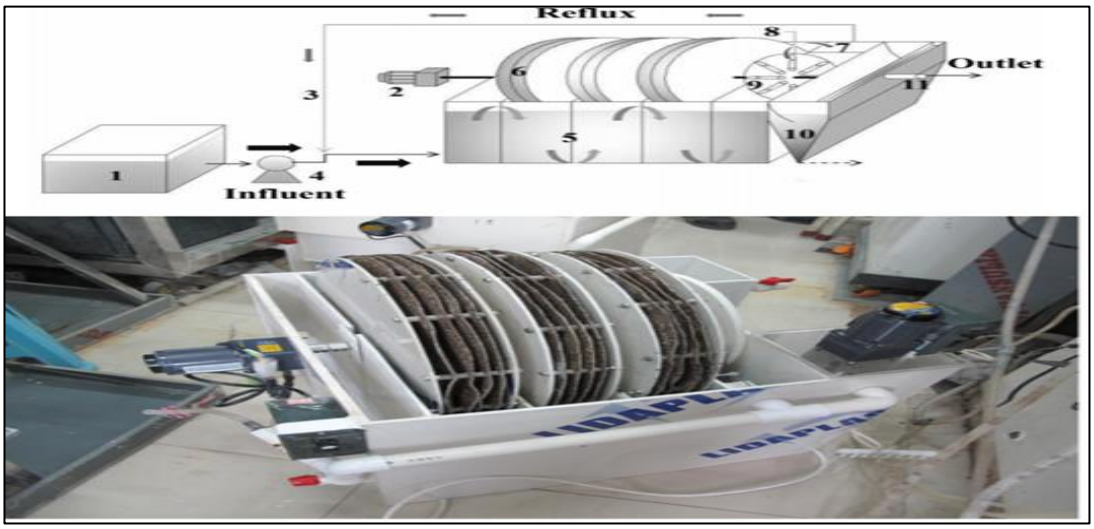
Yönetmelikte belirtilen arıtım tesislerine ve çukurlara bağlantı yapmayanlara iskan müsaadesi verilmez" (URL-3).

Sağlık Bakanlığı tarafından, konunun halk sağlığı açısından değerlendirilmesi yapılır. Belediyeler tarafından yapılan veya yaptırılan kanalizasyon işlerinin kabulü Sağlık Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve İller Bankasının görevleri arasındadır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2012).

1.3. Literatür Özetleri

Evsel atıksu, gelişmekte olan ülkelerin kırsal alanlarında büyük bir kirlilik kaynağı olarak görülmektedir (Zhang ve diğ., 2015a; Lutterbeck ve diğ., 2017). Son yıllarda, Çin'de sosyal ekonominin gelişmesiyle birlikte, kırsal yaşam standartları giderek artmış ve su kirliliği ciddi bir hale gelmiştir (Wang ve diğ., 2008; Zhang ve diğ., 2015b). Bununla birlikte, köylerin çoğunda drenaj kanalları ve kanalizasyon arıtma sistemleri yoktur (Li ve diğ., 2018; Song ve diğ., 2018). Ayrıca, büyük ölçüde, atıksu deşarjı, yakındaki su sistemleri ve yeraltı suları için yerel halkın sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek önemli bir kirlilik riski oluşturmaktadır (Xia ve diğ., 2017). Atık suyun arıtılmadığı daha az gelişmiş bir altyapıya sahip olan bu alanlarda, azot, fosfor ve patojenler gibi yüksek miktarda madde içeren evsel atıksu, doğrudan açık drenaj kanallarından yakındaki su kütlelerine boşaltılır (Zou ve diğ., 2011; Moeder ve diğ., 2017). Bu durum, gelişmekte olan ülkelerde ve özellikle de Çin'de çevre yüzey suyunun ötrofikasyonuna neden olmuştur (Wang ve diğ., 2017). Bu nedenle, bu kırsal alanlarda, özellikle azot ve fosfor gideriminde uygun evsel atıksu arıtma yaklaşımlarının belirlenmesi acil bir sorun haline gelmiştir (Wang ve diğ., 2016; Song ve diğ., 2018). Bu sebeple yapılan bir çalışmada, Çin'de Sichuan Havzasının merkezinde engebeli bir bölgede, kırsal atıksulardan besinleri uzaklaştırmak için bir dizi ekolojik hendek sistemi tasarlanmıştır. Sonuçlar, toplam azot (TN) giderim verimlerinin, % 14.87 ile % 84.24 arasında (ortalama olarak % 47.97), ve toplam fosfor (TP) giderimlerinin, % 13.93 ile % 86.22 arasında (ortalama olarak %49,79) değiştiğini göstermektedir. Ma ve diğ. (2016) kirlenmiş suyun, hastalıkların % 88'inden ve Çin'deki köylerdeki ölümlerin% 33'ünden sorumlu olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, kırsal kanalizasyon kirliliğinin Çin'deki kırsal alanların gelişmesinde ciddi bir engel haline geldiği açıktır (Wang ve diğ., 2011). Buna göre, kırsal alanlar için

etkili atıksu arıtma teknolojisinin geliştirilmesi, acil olarak çözülmesi gereken kilit bir sorundur (Deng ve Wheatley, 2016; Li ve diğ., 2018). Bu amaçla, Han ve diğ. (2019) yapılan çalışmada kırsal atıksu arıtımı için Yeni Entegre Self- Reflux Döner Biyolojik Kontaktöre (NISRRBC) dayalı yeni ekipman geliştirilmiştir (Şekil 1.9). Geliştirme sürecinde optimum çalışma parametreleri, 5 r / dak disk dönüş hızı, 8 saat hidrolik kalma süresi (HRT), disklerin batıklık çapı % 40 (SDD) ve ortogonal test ile % 200 geri akış oranı olarak belirlenmiştir. Daha sonra, kontrol grubu olarak % 0 geri akış ve test grubu olarak % 200 geri akış ile iki adet laboratuvar ölçekli simülasyon yapılmış ve atıksu arıtma verimliliği, çamur verimi, mikroorganizma ve biyofilmde mikro-ortam özellikleri araştırılmıştır. Sonuçlar, çamur ve nitrifikasyon sıvısının geri akışının, NO_3-N konsantrasyonunu ve NISRRBC'nin biyokütlesini arttırdığını ve böylece kirletici temizleme verimliliğini de arttırdığını göstermiştir. % 0 geri akışla karşılaştırıldığında, KOİ, AKM, NH_4^+-N ve TN'nin ayrılma oranları % 200 geri akışta sırasıyla 5,25 ± 4,18, 5,49 ± 0,64, 5,67 ± 2,68 ve% 32,63 ± 3,67 oranında artmıştır. Pilot ölçekli NISRRBC'nin çalışma sonuçları, atıksuyun belediye atıksu arıtma tesisleri için B Sınıfı Deşarj standardını karşıladığını göstermektedir (GB, 18918-2002).



Şekil 1. 8. Laboratuar ölçeğinde NISRRBC (1 - Düzenleme havuzu; 2 - Motor; 3 - Geri akış hattı; 4 - Pompa; 5 - Dönen biyolojik reaktör; 6 - Disk; 7 - Geri akış bölgesi; 8 - Geri akış bidonu; 9 -Reflux disk; 10 - Katı sıvı ayırma bölgesi; 11 - çıkış).

Çin'de bir septik tank ve bir drenaj hendeğinden oluşan geleneksel bir septik sistem yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber septik sistemin yeraltı suyu üzerinde olumsuz etkileri olduğu da bilinmektedir. Bu sorun birçok ülkede görülmektedir.

ABD'de ve başka ülkelerde septik sistemlerin, hem yerel hem de bölgesel yeraltı suyu kirliliği kaynağı olduğu bildirilmiştir (Clawges ve Vowinkel, 1996). Kentsel alanlarda, atıksuyun septik tanklardan yer altı suyuna sızması, kirlilik sorunlarını hızlandırmaktadır. Evsel atıksuların çalışma alanında bertaraf edilmesi kanalizasyon sistemleri tarafından değil, septik tanklar ve sızıntı alanları kullanılarak yapılmaktadır. Atık, septik tanklarda işlenir ve elde edilen atıksu bir veya daha fazla kanalizasyondan alt toprağa sızar (Lu ve diğ., 2008).

Hong ve diğ. (2019) tarafından yapılan çalışmada, özellikle kırsal alanlarda düşük C / N oranındaki evsel atık suları arıtmak için değiştirilmiş birçok multi-soil-layering (MSL) sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada, karmaşık koşullar altında MSL'lerin atıksu arıtımındaki iyi performansını kanıtlayan sonuçlar elde edilmiştir. Faktor analizlerinin sonuçları, MSL sistemlerinde özellikle azot gideriminde kirletici maddelerin uzaklaştırılması konusunda yeni bir fikir verdiği görülmüştür. Yazarlar, MSL sisteminin birçok kırsal alanda uygulama için ideal olduğunu belirtmektedir.

Anil ve Neera (2015) septik tanklardan yeraltına sızan atıksuları engellemek amacıyla modifiye edilmiş bir septik tank sistemi geliştirmişlerdir. Bu çalışmada anaerobik bir reaktörle birleştirilmiş dikey bölmelerin, septik tank sistemi üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Çalışma için seçilen reaktör, üzerine eklenmiş büyüme işleminin gerçekleştiği filtre ortamı olarak da etki edebilecek bir adsorban olarak bakır modifiye zeolitten oluşmuştur.

150 yıldan uzun bir süredir septik tank, yerinde anaerobik atık su arıtma işlemi için geniş çapta uygulanmaktadır. UASB-septik tank sistemi ile yukarıya akışlı ve gaz / katı / sıvı ayırma cihazı uygulanarak son 20 yılda septik tankta önemli bir iyileşme sağlanmıştır (Bogte ve diğ., 1993; Zeeman ve diğ., 2000). Reaktör hem katı maddelerin fiziksel olarak uzaklaştırılmasını hem de çözünmüş bileşenlerin gelişmiş biyolojik dönüşümünü sağlayan bir UASB reaktörü olarak bir yukarı akış modunda çalıştırılır ve çamur yavaş yavaş bir septik tankta olduğu gibi reaktörde birikir ve dengede kalır (Zeeman ve diğ., 2000). UASB-septik tankı ilk önce Hollanda ve Endonezya'nın çevre koşullarında Lettinga ve arkadaşları tarafından yapılan atıksu arıtımı için araştırılmıştır (Lettinga ve diğ., 1993; Bogte ve diğ., 1993).

Lijo ve diğ. (2017) yaptıkları çalışmada, evsel atıksu ve evsel organik atıkların birlikte işlenmesi için yenilikçi bir planın teknik ve çevresel değerlendirmesini, bir yukarı akışlı anaerobik çamur örtüsü sitemi (UASB), bir sıralı seri reaktörü (SBR) ve bir fermantasyon reaktörü birleştirerek gerçekleştirmişlerdir. Alternatif arıtma yapılandırmaları, farklı atık toplama uygulamalarının yanı sıra azot ve fosfor giderimi için çeşitli şemalarla değerlendirilmiştir. Tüm arıtma sistemleri, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve toplam askıda katı madde (TAKM) konsantrasyonları bakımından arıtılmış atık maddenin istenen kalitesini sağlamıştır. Bununla birlikte, yalnızca biyolojik olarak fosfor giderimi ile kısa yollu nitrifikasyon / denitrifikasyon gerçekleştiren konfigürasyonlar suyun yeniden kullanımı için beklentileri karşılamıştır.

1.4. Atıksu Karakterizasyonu

1.4.1. KOİ (Kimyasal oksijen ihtiyacı)

Evsel atıksulardaki organik madde miktarını belirlemek için KOİ analizi yapılmaktadır. Bu analiz atıksuda bulunmakta olan organik maddelerin oksidasyonu ile elde edilecek teorik oksijen ihtiyacının %90-95'i civarında tahmin sunmaktadır (Henze ve diğ., 2002). KOİ analizi, atık maddenin oksitlenerek karbondioksit ve suya dönüşmesi için gereken toplam oksijen miktarının belirlenmesini sağlamaktadır (Yılmaz, 2018).

KOİ analizi, BOİ analizine göre çok daha kısa sürmektedir. KOİ'nin belirlenmesi esnasında, biyolojik parçalanabilirliğe bakılmaksızın organik madde karbondioksit ve suya dönüştürülmektedir. Bu sebeple KOİ değeri her zaman BOİ değerinden yüksek olmaktadır (Sawyer ve ark, 2013). Atıksu karakteristiği belirlemede kullanılan organik madde miktarı hesaplamak için KOİ değeri kullanılması, BOİ değerine kullanımına göre daha uygun olmaktadır (Henze ve diğ., 2002).

1.4.2. BOİ (Biyolojik oksijen ihtiyacı)

BOİ parametresi, atıksulardaki ve yüzey sularındaki organik kirlenmenin en yaygın göstergesidir. Bu analizde, organik maddelerin biyokimyasal oksidasyonunda mikroorganizmaların kullanmış olduğu oksijen miktarı ölçülür. BOİ analizi yaygın

olarak kullanılmaktadır fakat kullanımında bazı kısıtlamalar de mevcuttur (Metcalf ve Eddy, 1991). BOİ analizi yavaş ve külfetli bir analizdir ve teorik olarak tamamlanması sonsuz zaman almaktadır (Henze ve diğ., 2008; Abdalla ve diğ., 2014). 20 günlük sürede oksidasyonun %95-99'u tamamlanmaktadır. $BOİ_5$ analizinde ise, oksidasyonun 5 günde %60-70'i tamamlanır (Metcalf ve Eddy, 1991).

Standart BOİ analizi 5 gündür ($BOİ_5$). Fakat hızlı bir şekilde çözüm gerektiren durumlarda $BOİ_1$, uygunluk gerektiren durumlarda ise $BOİ_7$ kullanımı seçilebilmektedir. Biyolojik olarak parçalanabilir maddenin yaklaşık olarak tümünün ölçümünün gerekli olduğu durumlarda ise $BOİ_{25}$ kullanılmaktadır (Henze ve diğ., 2008; Yılmaz, 2018).

1.4.3. AKM (Askıda katı madde)

Atıksuyun içerdiği kirletici olarak tanımlanan maddeler, çözünmüş ve askıda katı maddeler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Çözünmüş ve askıda katı madde arasındaki farkı ortaya koyan net bir çalışma yoktur. Örneğin; Danimarka'da 1.6 µm (GF/A) filtre çapından geçen maddeler çözünmüş madde sayılmaktayken, diğer ülkelerde 1 µm ya da 0.45 µm çapından geçen maddeler çözünmüş madde sayılmaktadır (Yılmaz, 2018). Gözenek çapı arttıkça, askında katı madde geçişi daha fazla olmaktadır. Atıksudaki katı maddelerin partikül çapları değişken olduğundan arıtma tesisi tasarımlarında çökeltme ve ayırma prosesleri için önem arz etmektedir (Henze ve diğ., 2008; Yılmaz, 2018).

1.4.4. pH

pH, çözeltinin asit ya da baz olma özelliğinin göstergesidir. pH, hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritması olarak ifade edilmektedir. Matematiksel olarak ifadesi ise; $pH = - \log [H^+]$ şeklindedir. pH parametresi, su ve atıksu mühendisliği için oldukça önemli bir parametredir. Kanalizasyon sistemlerinde korozyonu önlemek için pH 8'e yakın ve 7'nin üstünde tutulmalıdır (Sincero ve diğ., 2002; Yılmaz, 2018).

1.4.5. Koliform sayımı

İnsan bağırsaklarından dışkı ile beraber atılan birçok bakteri mevcuttur. Bu bakterilerden en yaygını ve en kolay ölçüm yapılabileni koliform bakterileri olarak

isimlendirilen E.coli, Escherichia coliform grubudur. Buna "gösterge" denilmektedir, çünkü bu bakterilerin varlığı sıcakkanlı hayvanların dışkı maddesinin varlığı anlamına gelmektedir (Yılmaz, 2018).

1.4.6. Evsel atıksuların kirlilik yüklerine göre sınıflandırılması

Tablo 1.1.'de evsel atıksuyun kirlilik yüklerine yani kirletici konsantasyonuna bağlı olarak sınıflandırılması görülmektedir. Evsel atıksular, askıda, kolloidal ve çözünmüş halde organik ve inorganik maddeler, karbon, azot, fosfor gibi organik besi elementleri ve mikroorganizmalar içermektedir (Metcalf ve Eddy, 1991).

Tablo 1. 1. Evsel Atıksuların Kirlilik Yüklerine Göre Sınıflandırılması (Metcalf ve Eddy, 1991).

İçerik	Birim	Konsantrasyon		
		Zayıf	Orta	Kuvvetli
Toplam Katı Madde	**mg/L**	350	720	1200
Çözünmüş Katı Madde	**mg/L**	250	500	850
• **Sabit**	**mg/L**	145	300	525
• **Uçucu**	**mg/L**	105	200	325
Askıda Katı Madde	**mg/L**			
• **Toplam**	**mg/L**	100	220	350
• **Sabit**	**mg/L**	20	55	75
• **Uçucu**	**mg/L**	80	165	275
Çökebilen Katı (ml/L)	**mg/L**	5	10	20
$BOİ_5$ 20°C	**mg/L**	110	220	400
Toplam Org. Karbon, TOK	**mg/L**	80	160	290
Kimyasal Oksijen İhtiyacı, KOİ	**mg/L**	250	500	1000
• **Toplam Azot**	**mg/L**	20	40	85
• **Organik Azot**	**mg/L**	8	15	35
• **Amonyak Azotu**	**mg/L**	12	25	50
• **Toplam Fosfor**	**mg/L**	4	8	15
• **Organik Fosfor**	**mg/L**	1	3	5
• **İnorganik Fosfor**	**mg/L**	3	5	10
Klorür	**mg/L**	30	50	100
Sülfat	**mg/L**	20	30	50
Alkalinite ($CaCO_3$ olarak)	**mg/L**	50	100	200
Yağ-gres	**mg/L**	50	100	150
Toplam Koliform	**(no/100 ml)**	10^6 -10^7	10^7 -10^8	10^7 -10^9

1.5. Silivri İlçesine Ait Genel Bilgiler

1.5.1. Coğrafi konum

Silivri ilçesi, İstanbul'dan 66 km mesafede, doğusunda Büyükçekmece, batısında Tekirdağ ili ile, güneyinde Marmara Denizi, Kuzeyinde ise Çorlu ile çevrilidir. İstanbul'a bağlı olan bu ilçe, Marmara Denizi'ne hakim 56 m yükseklikte bir tepede kurulmuştur (Dilber, 2010). Yüzölçümü yaklaşık 760 km² olan bu ilçenin, Marmada Denizi'ne kıyılarının uzunluğu yaklaşık 45 km'dir. Silivri ilçesi'nin 18 mahallesi ve 8 beldesi mevcuttur (URL-5).



Şekil 1. 9. Silivri ilçesi (URL-5)



Şekil 1. 10. Silivri ilçesi Google harita görüntüsü (URL-6)

1.5.2. Nüfus

1935 yılından beri, Silivri ilçesinin nüfusu devamlı artış göstermiştir. 1935 yılından 2007 yılına kadar şehir nüfusunun, kır nüfusundan daha az olduğu görülmektedir. Silivri kırsalındaki tarım ve hayvancılık faaliyetlerinin gelişmiş olması bu durumun sebebi olarak gösterilebilir (Doğan Sertkaya, 2009 s.10). 2018 yılı TUİK verilerine göre Silivri ilçesinin (belediye, köy ve mahalle) nüfusunun 187.621 olduğu görülmüştür (TUİK, 2018)

1.5.3. Bitki örtüsü

Silivri ilçesinde bitki örtüsü zayıf olmakla beraber, genel görünüp steptir. Kuzeyde yükseklere çıkıldıkça ormanlık alanlara rastlanır. Silivri ilçesinde çoğunlukla meşe, kayını akçaağaç ve gürgen gibi ağaç tipleri görülmektedir (Üçoş, 2107).

1.5.4. İklim

Silivri ilçesinde sonbaharda başlayan ve özellikle kış aylarında yoğunlaşan yağışlar görülmektedir. İlçede; yazlar ılık, kışlar soğuk ve yağışlı geçen Trakya iklimi hakimdir. Yıllık ortalama 600-700 mm yağış miktarı düşmektedir. İlçenin, yıllık ısı ortalaması 13,7 ^{o}C dir. En sıcak ay ortalama 35,4 ^{o}C ile Ağustos ayı, en soğuk ay ise ortalama 2,0 ^{o}C ile Şubat ayıdır. Yıllık yağış ortalaması, 691,4 mm ve yıllık nem ortalaması ise yüzde 77'dir (Silivri Belediyesi, 2019)

1.5.5. Çalışma alanı

Çalışma kapsamında ülkemizde İstanbul ili, Silivri İlçesi pilot bölge olarak seçilmiştir. Seçilen bölgede 3 adet kanalizasyona doğrudan bağlantısı bulunmayan yerleşim yeri ve 1 adet atıksu toplama çukuru olarak toplamda 4 adet örnekleme noktası seçilmiştir.

- Birinci Örnekleme noktası

Adresi: Cumhuriyet Mah. Bedesten Sok. No:5

Nüfusu: 17 kişi

- İkinci Örnekleme Noktası

Adresi: Fatih Mah. Şerafettin Arda Cad. No:50

Nüfusu: 21 kişi

- Üçüncü Örnekleme noktası

Adresi: Selimpaşa Mah. 3094 Sok. No:7

Nüfusu: 18 kişi

- Toplama Çukuru

Adresi: Yeni Mah., Şebboy Şok. Şebboy Toplama Çukuru

Nüfusu: 35,129 kişi



Şekil 1. 11. Örnekleme noktalarının Google harita görüntüleri

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Kullanılan Kimyasallar

KOİ, S-KOİ Analizi:

- Standart potasyum dikromat çözeltisi (0,0417M)
- Sülfirik asit reaktifi
- Ferroin indikatör çözeltisi
- Standart demir amonyum sülfat çözeltisi (DAS-0,25 M)

$BOİ_5$ Analizi:

- Fosfat tampon çözeltisi
- Magnezyum sülfat çözeltisi
- Kalsiyum klorür çözeltisi
- Demir klorür çözeltisi
- Asit ve alkali çözeltiler
- Nitrifikasyon inhibitörü
- Seyreltme suyu

Koliform Analizi:

- Beki alevi
- Dezenfektan madde
- Laktoz Broth besiyeri
- Brilliant Green besiyeri (Agar besiyeri) – BGB

2.1.1. Kullanılan ekipmanlar

KOİ Analizi:

- Geri soğutma ve organik madde çözünürleştirme düzeneği
- Erlen

- Büret
- Pipet
- Tablalı elektrikli ısıtıcı

$BOİ_5$ Analizi:

- ÇO metre
- İnkübatör
- BOİ şişeleri
- Oksitop
- Cam malzemeler

AKM Analizi:

- Hassas terazi
- Etüv
- AKM filtre kağıdı (40-60m)
- Süzme düzeneği
- Desikatör

Ph Ölçümü:

- Elektronik pH metre
- Cam elektrot
- Referans elektrot: kalomel, gümüş, gümüşklorür ya da başka sabit potansiyelli elektrot kullanılabilir.
- Manyetik karıştırıcı

Koliform Tayini:

- Otoklav
- Etüv
- İnkübatör
- Mikroskop
- Koloni sayacı

- Pipet
- Petri kutuları
- Durhaim tüpleri
- Steril cam tüpler
- 250 ml'lik bakteriyolojik balonlar

2.2. Yöntem

2.2.1. Fiziksel ve kimyasal analizler

- KOİ, S-KOİ Analizi: KOİ analizi açık reflux titrimetrik yöntemi ile standart metotlara uygun bir şekilde yapılmıştır.
- BOİ Analizi: 5 günlük BOİ testi metodu ile standart metotlara uygun şekilde yapılmıştır.
- AKM Analizi: Gravimetrik metotla standart metotlara uygun bir şekilde yapılmıştır.
- Ph Ölçümü: pH ölçümleri elektrometrik metot ile yapılmıştır.

2.2.2. Mikrobiyolojik analizler

2.2.2.1. Koliform bakteri sayımı

Koliform bakterilerin sayımı EMS yöntemiyle (En Muhtemel Sayı Yöntemi) yapılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Çalışılan Bölgenin Ortalama Atıksu Debisi

- 1. Örnekleme Noktası:

Yıllık sarf edilen su miktarı: 952,200 m^3

Nüfusu: 17 kişi

Günlük ortalama atıksu debisi: 153,457 lt/kişi*gün

- 2. Örnekleme Noktası:

Yıllık sarf edilen su miktarı: 1071,770 m^3

Nüfusu: 21 kişi

Günlük ortalama atıksu debisi: 139,826 lt/kişi*gün

- 3. Örnekleme Noktası:

Yıllık sarf edilen su miktarı: 716,840 m^3

Nüfusu: 18 kişi

Günlük ortalama atıksu debisi: 109,108 lt/kişi*gün

- Toplama Çukuru

Yıllık sarf edilen su miktarı: 730,646 m^3

Nüfusu: 35,129 kişi

Günlük ortalama atıksu debisi: 56,98 lt/kişi*gün

3.2. Çalışma Bulguları

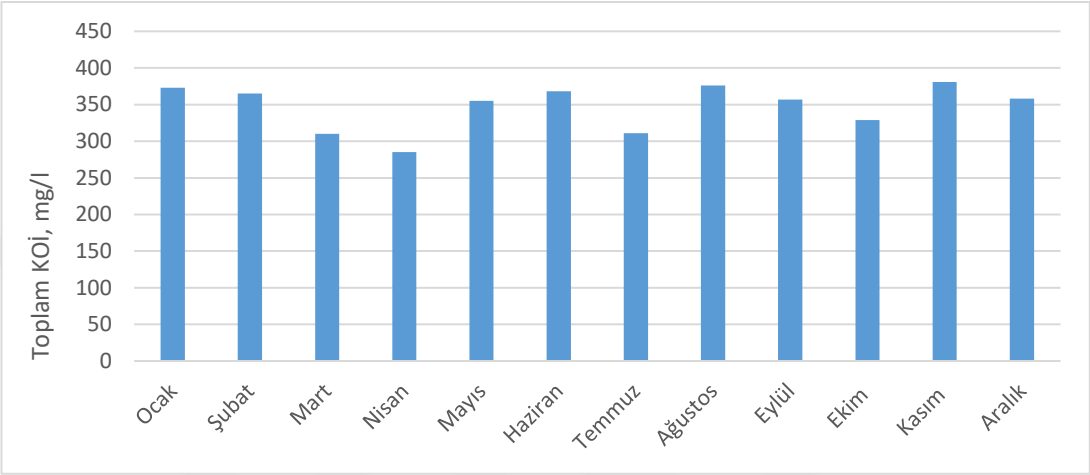
Çalışılan örnekleme noktalarında ve toplama çukurunda hesaplanan yıllık değerler Tablo 3.1'de verilmiştir. Kirlilik derecesinin, 1, 2 ve 3. örnekleme noktalarında ortalama aynı konsantrasyonlarda, toplama çukurunda ise örnekleme noktalarından daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu görülmüştür.

Tablo 3. 1. Çalışılan örnekleme noktalarında hesaplanan yıllık değerler

1. Örnekleme Noktası	**Min**	**Max**	**Ortalama**	**Standart Sapma**
T-KOİ (mg/l)	285	381	347,33	30,97
BOI_5 (mg/l)	114	180	149,08	22,93
ph	7,31	7,95	7,71	0,18
AKM (mg/l)	456	582	508,58	42,32
Çözünmüş KOİ (mg/l)	21	32,2	27,05	2,87
T-Koliform	28,5	52,7	37,71	6,70
2. Örnekleme Noktası	**Min**	**Max**	**Ortalama**	**Standart Sapma**
T-KOİ (mg/l)	293	420	353,50	45,22
BOI_5 (mg/l)	128	170	149,25	12,01
Ph	7,22	7,96	7,61	0,23
AKM (mg/l)	456	596	496,83	38,00
Çözünmüş KOİ (mg/l)	21,4	31,9	26,08	3,80
T-Koliform	28,4	56	38,10	7,13
3. Örnekleme Noktası	**Min**	**Max**	**Ortalama**	**Standart Sapma**
T-KOİ (mg/l)	271	408	354,00	43,81
BOI_5 (mg/l)	110	186	135,33	23,88
Ph	7,08	7,92	7,61	0,26
AKM (mg/l)	465	570	510,42	35,85
Çözünmüş KOİ (mg/l)	21,2	276	47,13	72,14
T-Koliform	31	51,5	41,81	5,49
Toplama Çukuru	**Min**	**Max**	**Ortalama**	**Standart Sapma**
T-KOİ (mg/l)	325	480	412,58	36,34
BOI_5 (mg/l)	160	205	178,92	13,18
Ph	7,27	7,95	7,62	0,24
AKM (mg/l)	520	610	568,42	29,51
Çözünmüş KOİ (mg/l)	24,9	35,4	31,18	2,64
T-Koliform	50,8	68,7	61,21	5,93

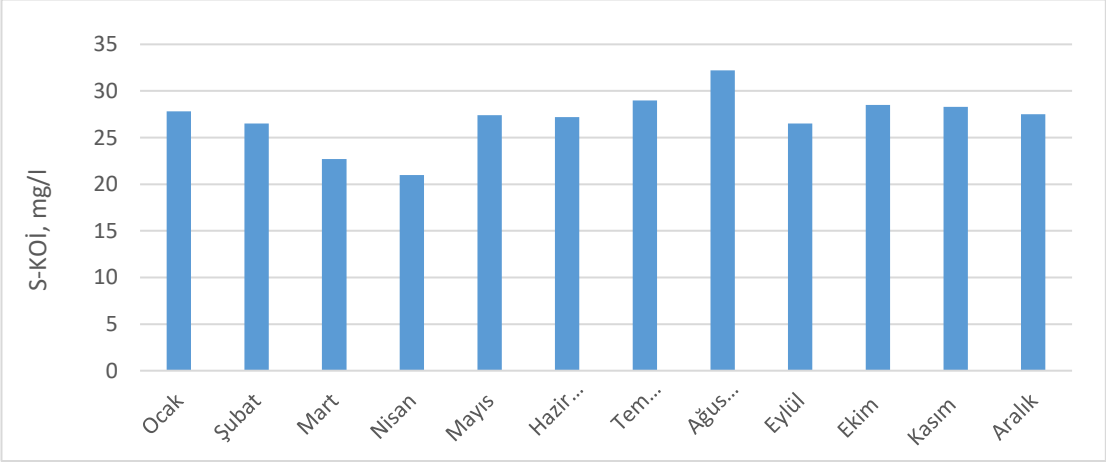
3.2.1. Birinci örnekleme noktası atıksu karakterizasyonu

Birinci örnekleme noktasında bir yıl boyunca aylık periyotlarda alınan numunelerde toplam KOİ, çözünmüş KOİ, $BOİ_5$, AKM, pH ve toplam koliform analizleri yapılmıştır. Sonuçlar sırasıyla Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da grafik olarak verilmiştir.



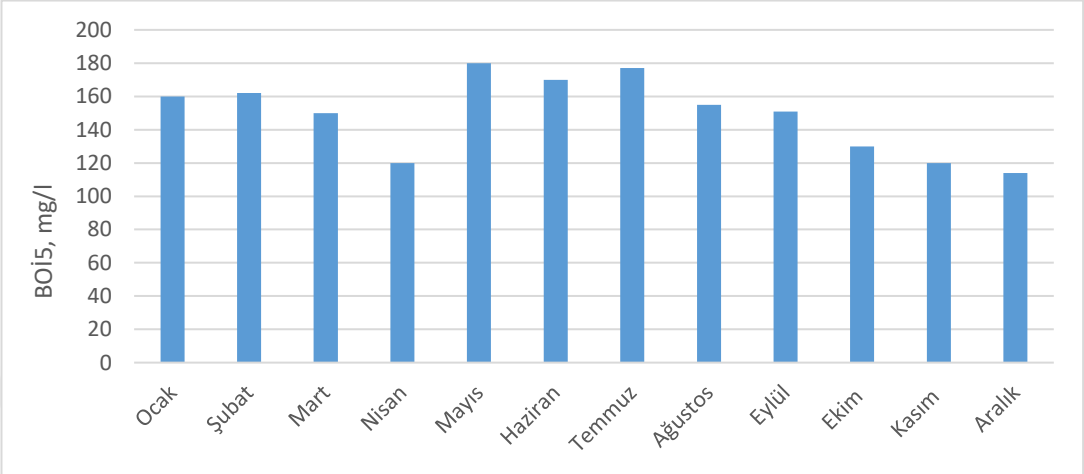
Şekil 3. 1. Birinci örnekleme noktasında, toplam KOİ bulgularının aylara göre değişimi

Şekil 3.1'e göre; bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en yüksek T-KOİ değeri Kasım ayında (381 mg/l), en düşük T-KOİ değeri (285 mg/l) ise Nisan ayında görülmüştür.



Şekil 3. 2. Birinci örnekleme noktasında, toplam S-KOİ bulgularının aylara göre değişimi

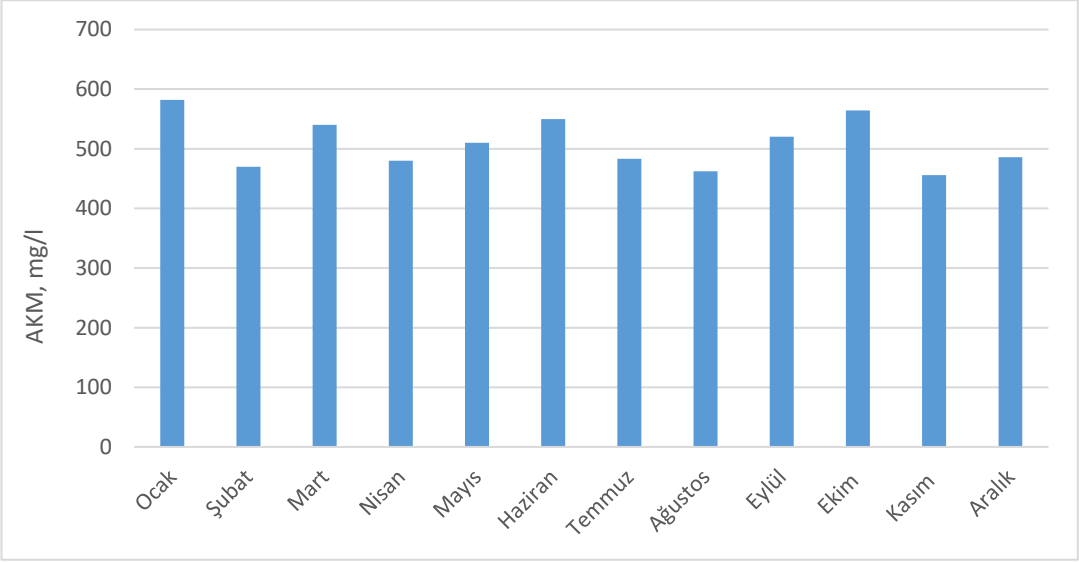
Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük S-KOİ değeri Nisan (21 mg/l), en yüksek S-KOİ değeri ise Ağustos ayında (32,2 mg/l), görülmüştür (Şekil 3.5).



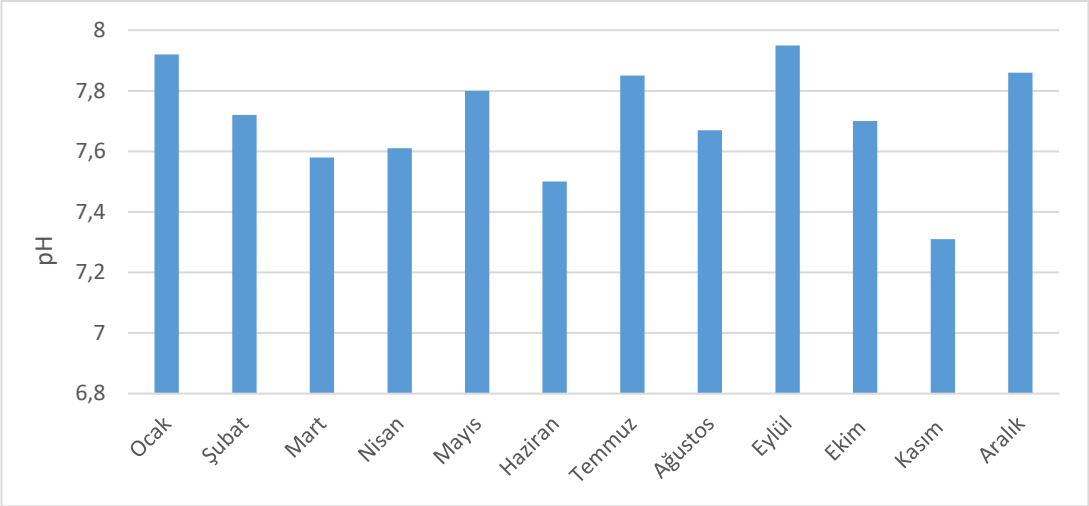
Şekil 3. 3. Birinci örnekleme noktasında, toplam $BOİ_5$ bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük $BOİ_5$ değeri Aralık ayında (114 mg/l), en yüksek $BOİ_5$ değeri (180 mg/l) ise Mayıs ayında görülmüştür (Şekil 3.3).

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük AKM değeri Kasım (456 mg/l), en yüksek AKM değeri Ocak ayında (582 mg/l) görülmüştür (Şekil 3.4).

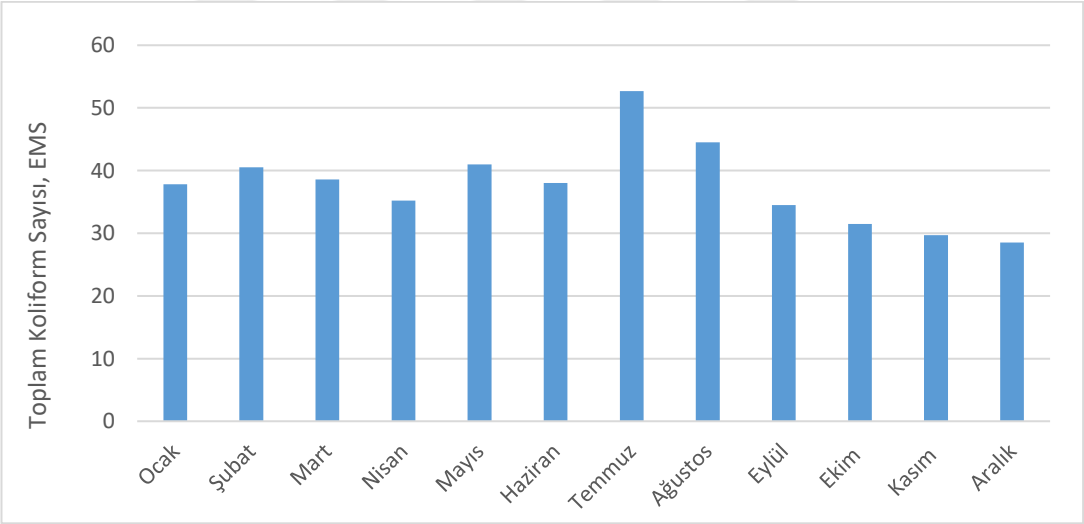


Şekil 3. 4. Birinci örnekleme noktasında, toplam AKM bulgularının aylara göre değişimi



Şekil 3. 5. Birinci örnekleme noktasında, toplam pH bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük pH değeri Kasım ayında (7,31), en yüksek pH değeri Eylül ayında (7,95) görülmüştür (Şekil 3.5).

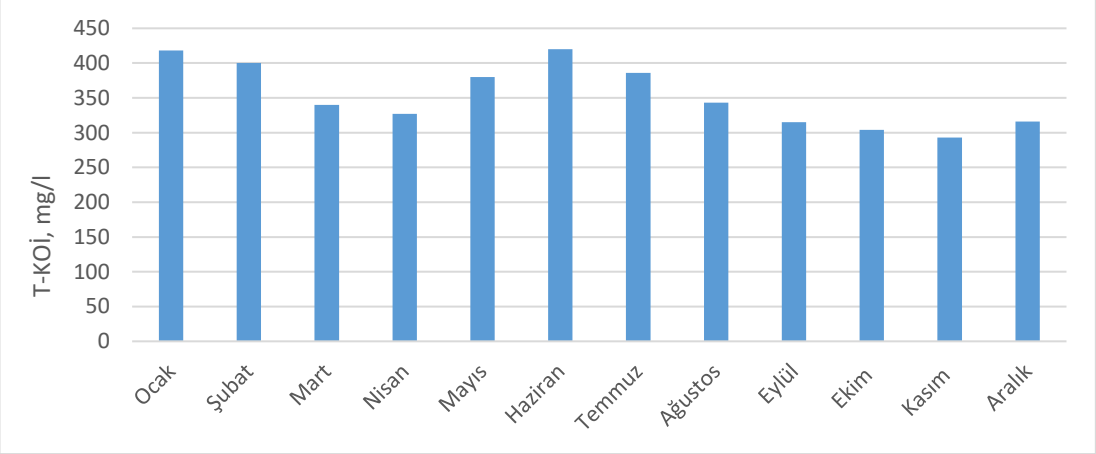


Şekil 3. 6. Birinci örnekleme noktasında, toplam koliform sayısı bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük koliform sayısı değeri Aralık (28,5 adet/100 ml), en yüksek koliform sayısı değeri Temmuz (52,7 adet/ 100 ml) ayında görülmüştür (Şekil 3.6).

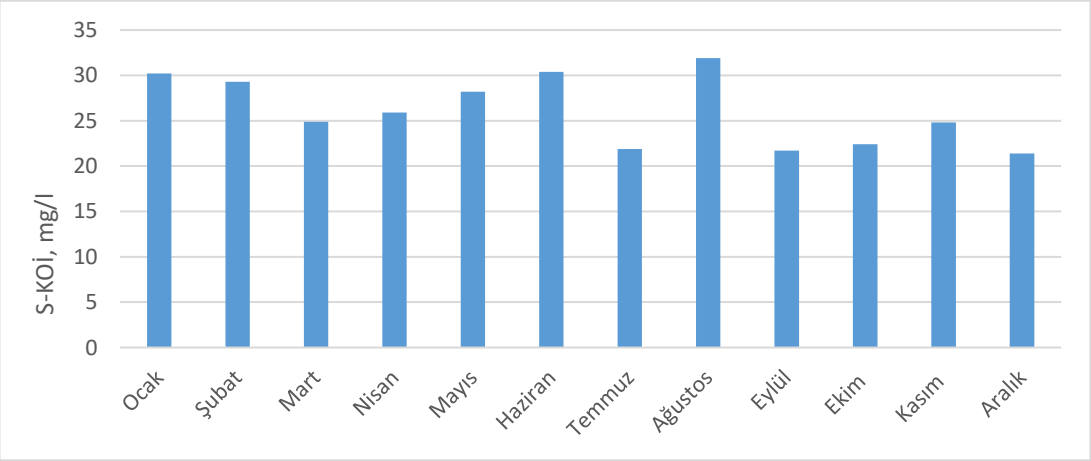
3.2.2. İkinci örnekleme noktası atıksu karakterizasyonu

İkinci örnekleme noktasından bir yıl boyunca alınan numunelerde yapılan toplam KOİ, çözünmüş KOİ, $BOİ_5$, AKM, pH ve toplam koliform analizlerinin sonuçları sırasıyla Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de grafik olarak verilmiştir.



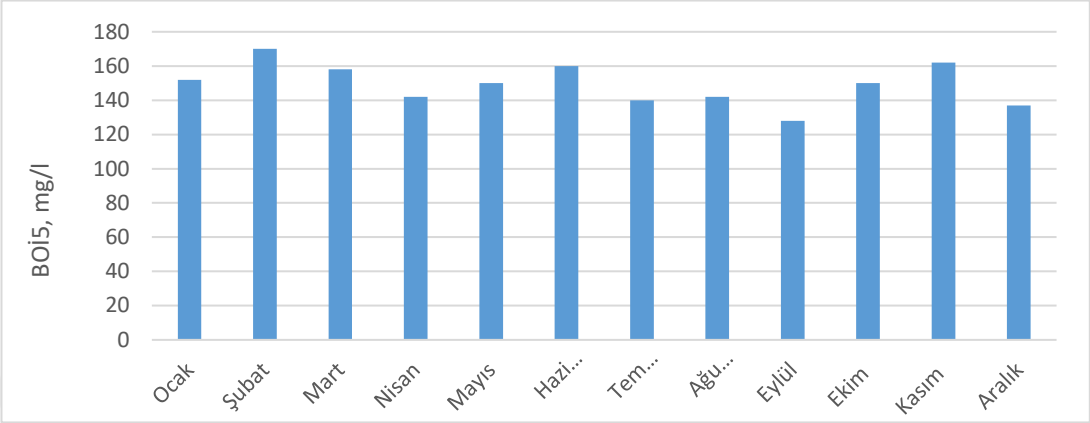
Şekil 3. 7. İkinci örnekleme noktasında, toplam KOİ bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en yüksek T-KOİ değeri Haziran ayında (420 mg/l), en düşük T-KOİ değeri (292 mg/l) ise Kasım ayında görülmüştür (Şekil 3.7).



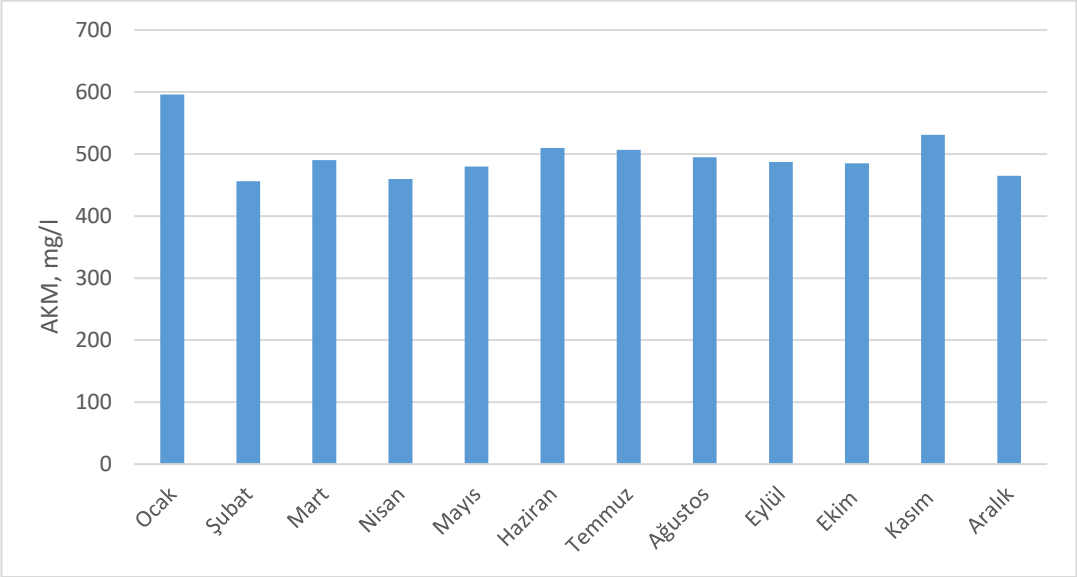
Şekil 3. 8. İkinci örnekleme noktasında, toplam S-KOİ bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük S-KOİ değeri Temmuz (21,9 mg/l), en yüksek S-KOİ değeri ise Ağustos ayında (31,9 mg/l), görülmüştür (Şekil 3.8).



Şekil 3. 9. İkinci örnekleme noktasında, toplam BOİ5 bulgularının aylara göre değişimi

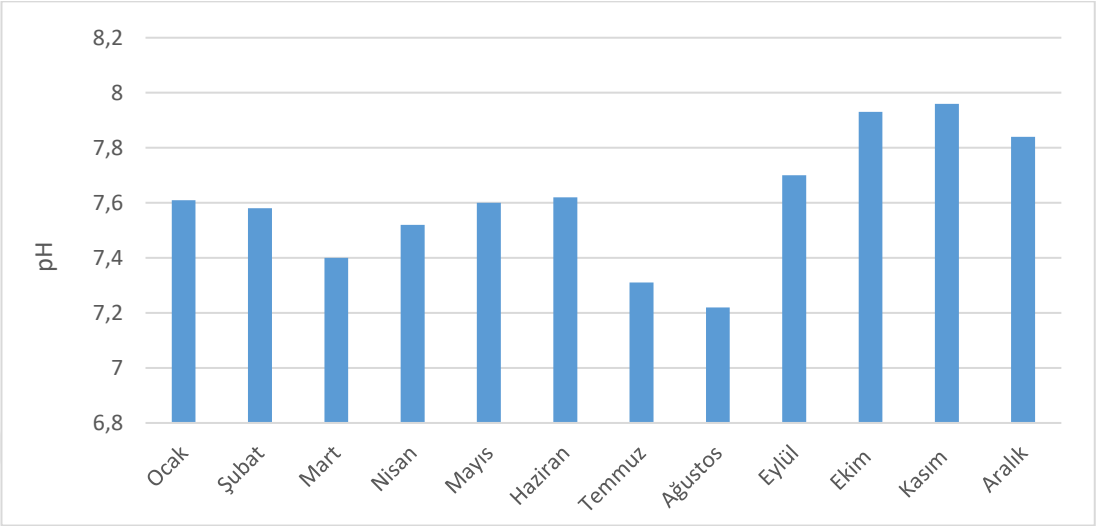
Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük $BOİ_5$ değeri Eylül ayında (128 mg/l), en yüksek $BOİ_5$ değeri (170 mg/l) ise Şubat ayında görülmüştür (Şekil 3.9).



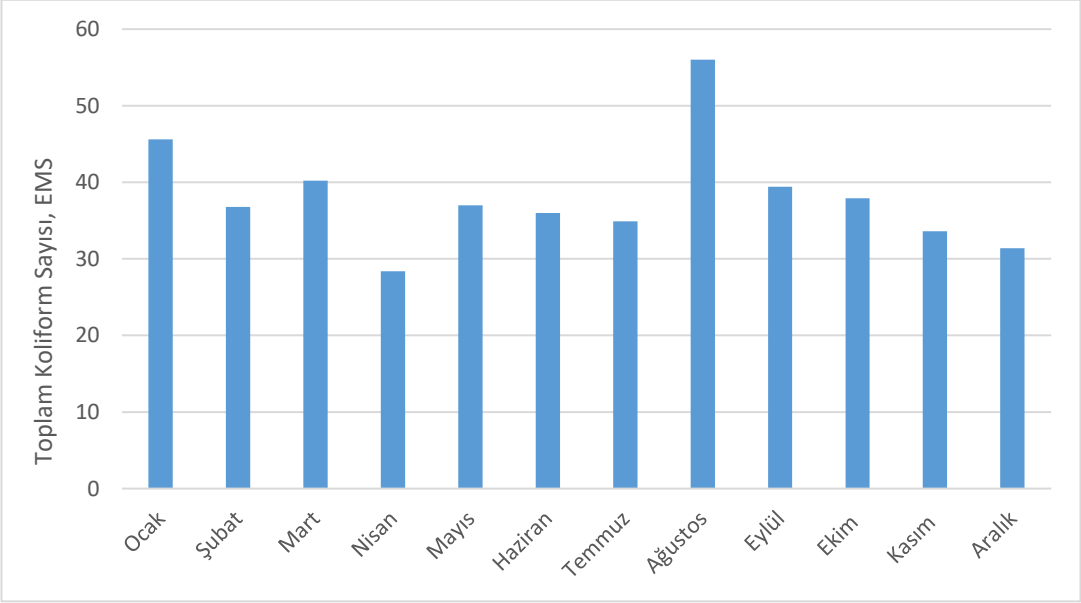
Şekil 3. 10. İkinci örnekleme noktasında, toplam AKM bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük AKM değeri Şubat (456 mg/l), en yüksek AKM değeri Ocak ayında (596 mg/l) görülmüştür (Şekil 3.10).

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük pH değeri Ağustos ayında (7,22), en yüksek pH değeri Kasım ayında (7,96) görülmüştür (Şekil 3.11).



Şekil 3. 11. İkinci örnekleme noktasında, toplam pH bulgularının aylara göre değişimi

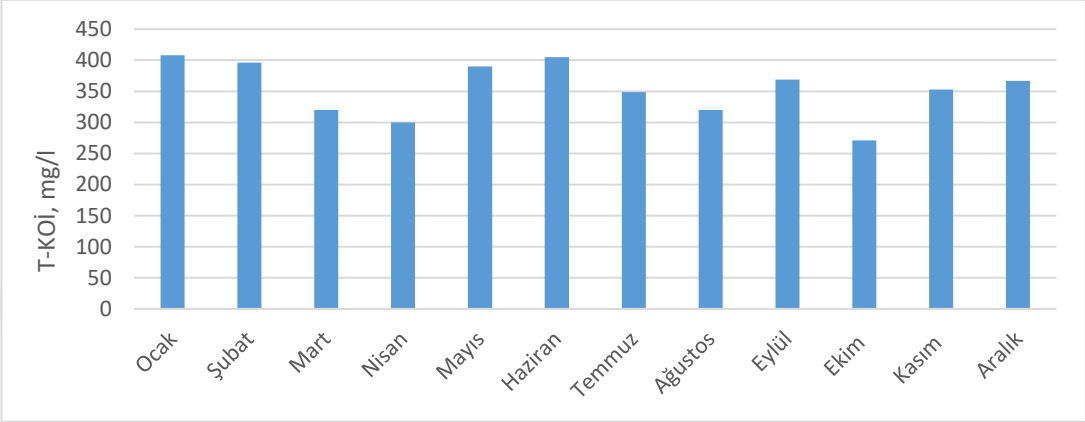


Şekil 3. 12. İkinci örnekleme noktasında, toplam koliform Sayısı Bulgularının Aylara Göre Değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük koliform sayısı değeri Nisan (28,4 adet/100 ml), en yüksek koliform sayısı değeri Ağustos (56 adet/ 100 ml) ayında görülmüştür (Şekil 3.12).

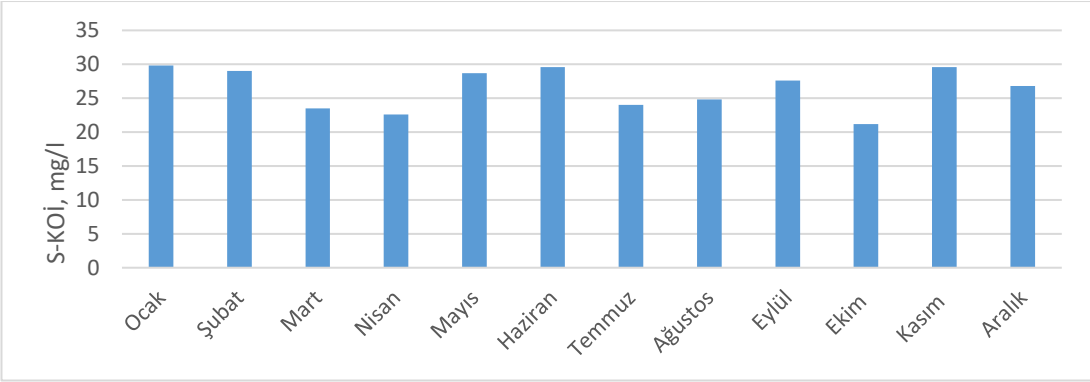
3.2.3. Üçüncü örnekleme noktası atıksu karakterizasyonu

Üçüncü örnekleme noktası için yürütülen atıksu karakterizasyon çalışmasının sonuçları sırası ile Şekil 3.13, Şekil 3.14, Şekil 3.15, şekil 3.16, Şekil 3.17 ve şekil 3.18'de verilmiştir.



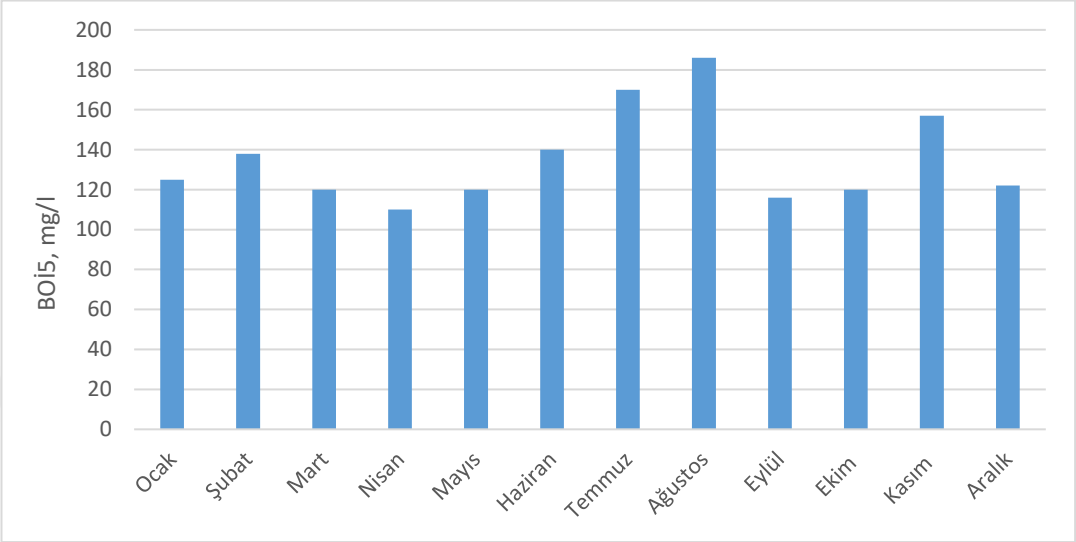
Şekil 3. 13. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam KOİ bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en yüksek T-KOİ değeri Ocak ayında (408 mg/l), en düşük T-KOİ değeri (271 mg/l) ise Ekim ayında görülmüştür (Şekil 3.13).



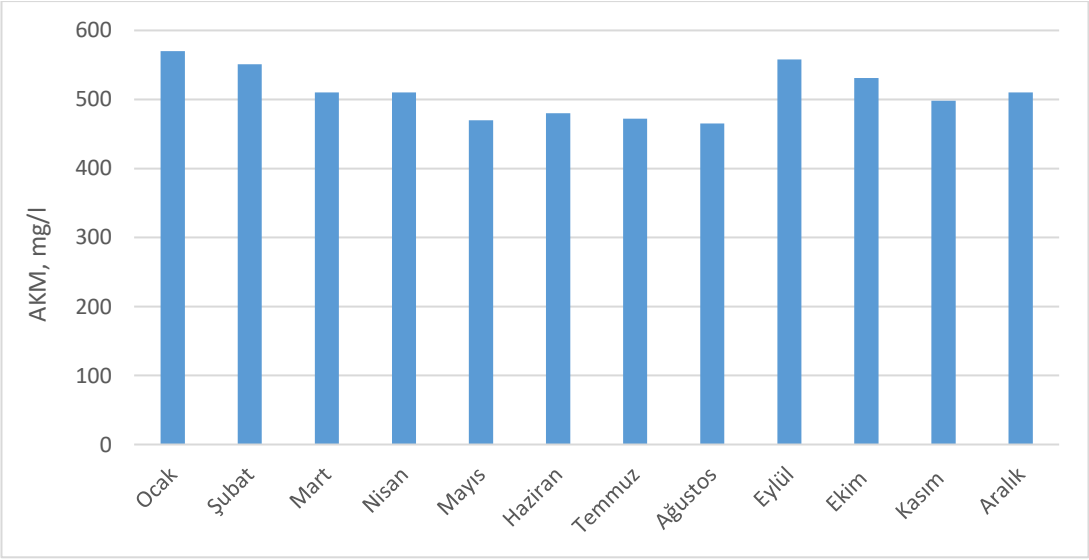
Şekil 3. 14. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam S-KOİ bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük S-KOİ değeri Ekim (21,2 mg/l), en yüksek S-KOİ değeri ise Ocak ayında (29,8 mg/l), görülmüştür (Şekil 3.14).



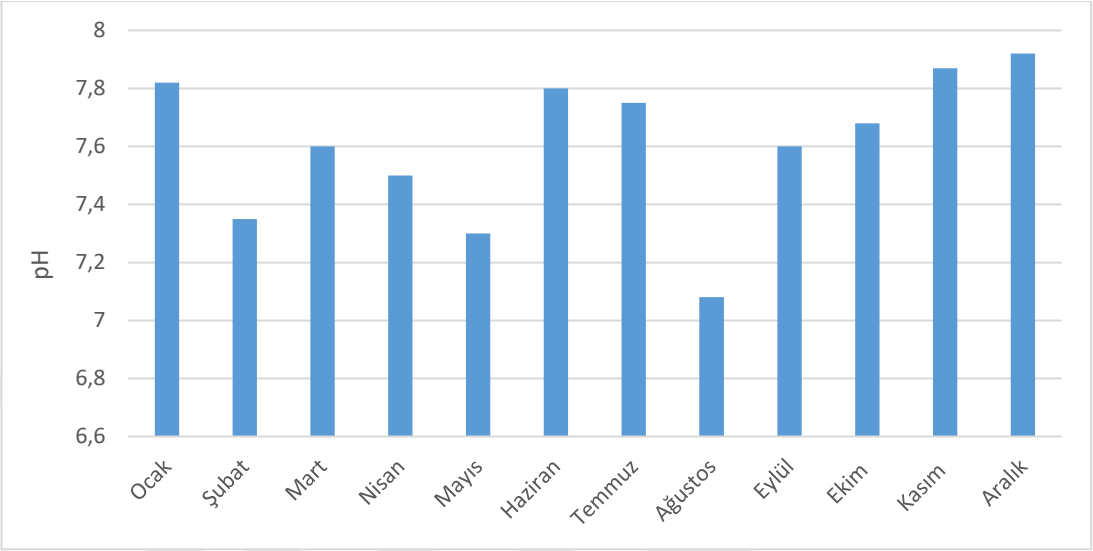
Şekil 3. 15. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam BOİ5 bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük $BOİ_5$ değeri Nisan ayında (110 mg/l), en yüksek $BOİ_5$ değeri (186 mg/l) ise Ağustos ayında görülmüştür (Şekil 3.15).



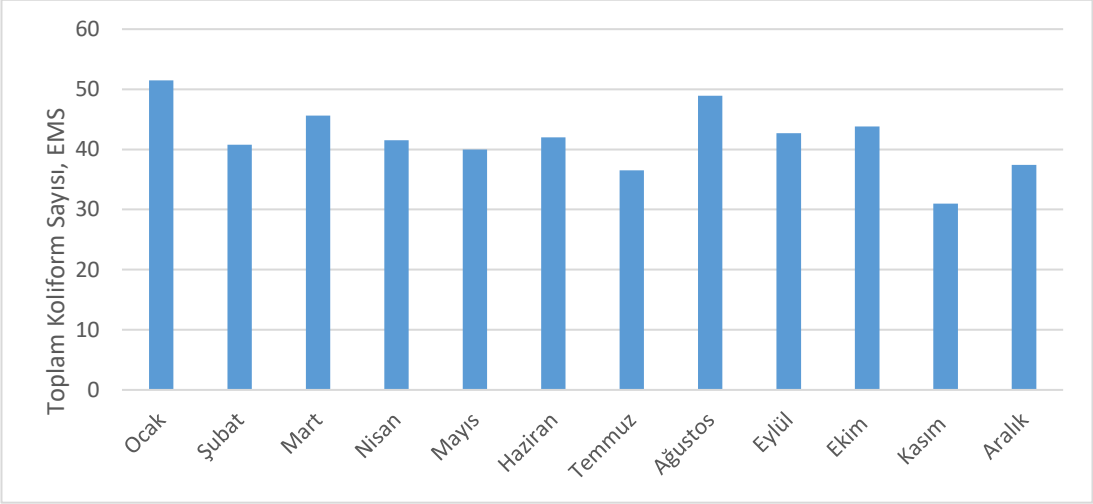
Şekil 3. 16. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam AKM bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük AKM değeri Ağustos (465 mg/l), en yüksek AKM değeri Ocak ayında (570 mg/l) görülmüştür (Şekil 3.16).



Şekil 3. 17. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam pH bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük pH değeri Ağustos ayında (7,08), en yüksek pH değeri Aralık ayında (7,92) görülmüştür (Şekil 3.17).

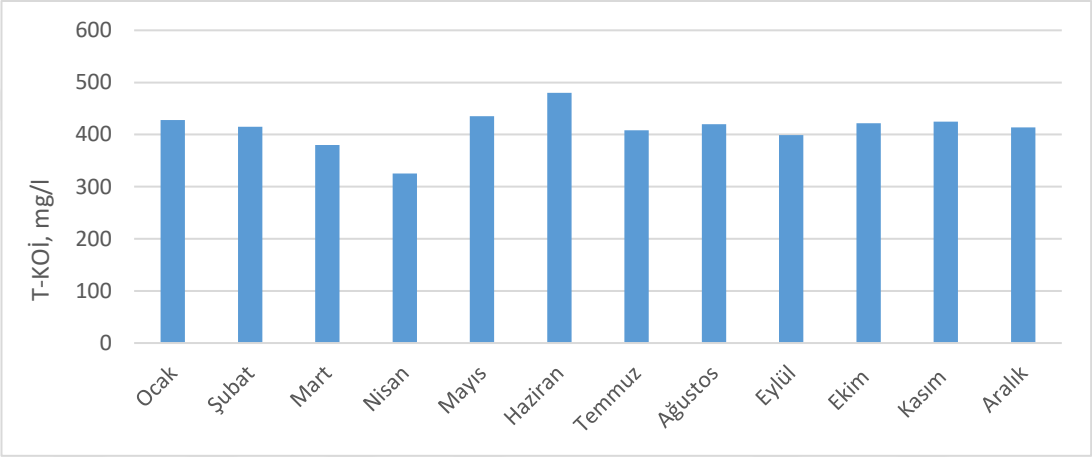


Şekil 3. 18. Üçüncü örnekleme noktasında, toplam koliform sayısı bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük koliform sayısı değeri Kasım (31 adet/100 ml), en yüksek koliform sayısı değeri Ocak(51,5 adet/ 100 ml) ayında görülmüştür (Şekil 3.18).

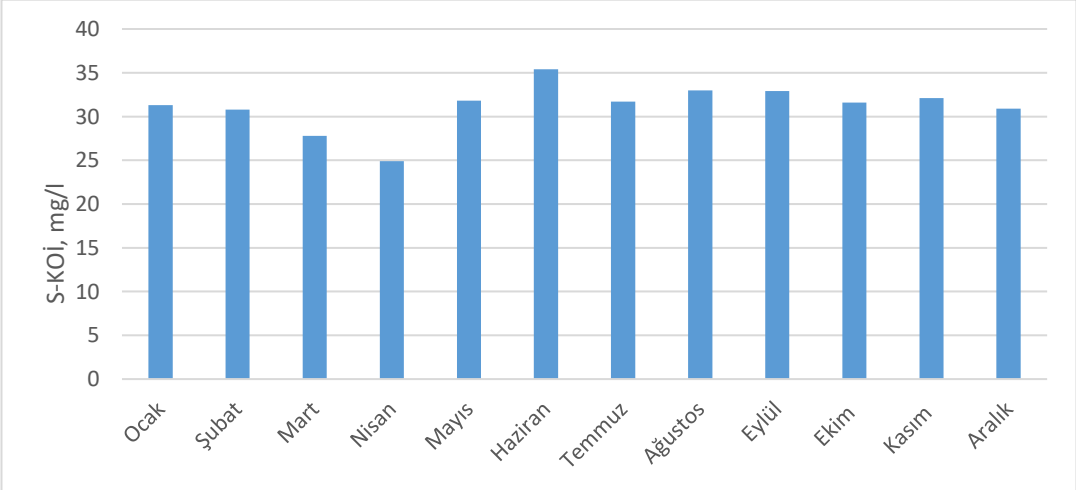
3.2.4. Toplama çukuru atıksu karakterizasyonu

Toplama çukuru numunelerinde yürütülen karakterizasyon sonuçları sırası ile Şekil 3.19, Şekil 3.20, Şekil 3.21, Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24'de verilmiştir.



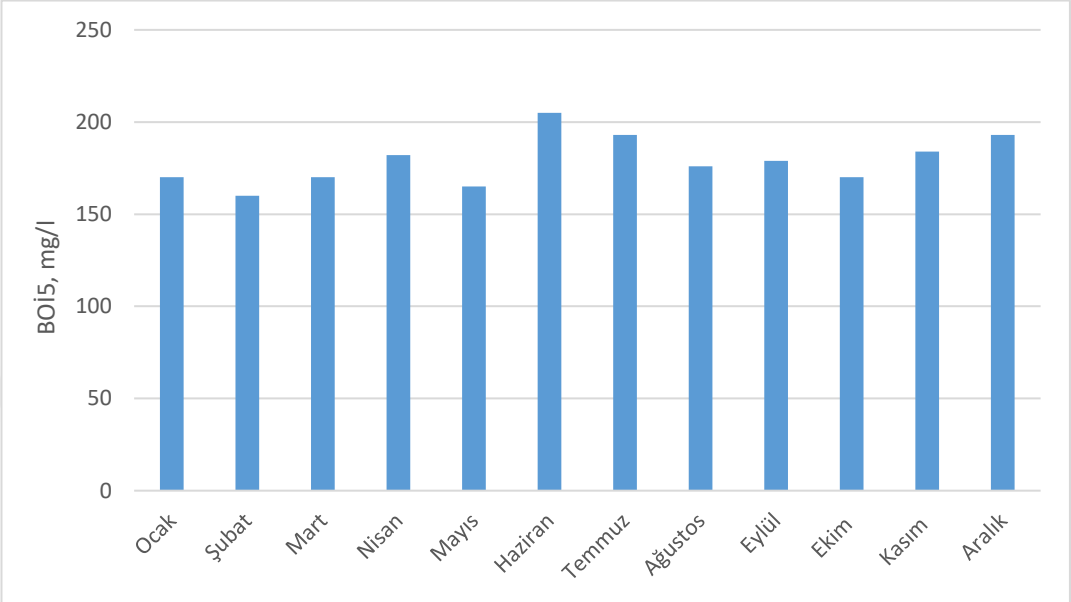
Şekil 3. 19. Toplama çukurunda, toplam KOİ bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en yüksek T-KOİ değeri Haziran ayında (480 mg/l), en düşük T-KOİ değeri (325 mg/l) ise Nisan ayında görülmüştür (Şekil 3.19).



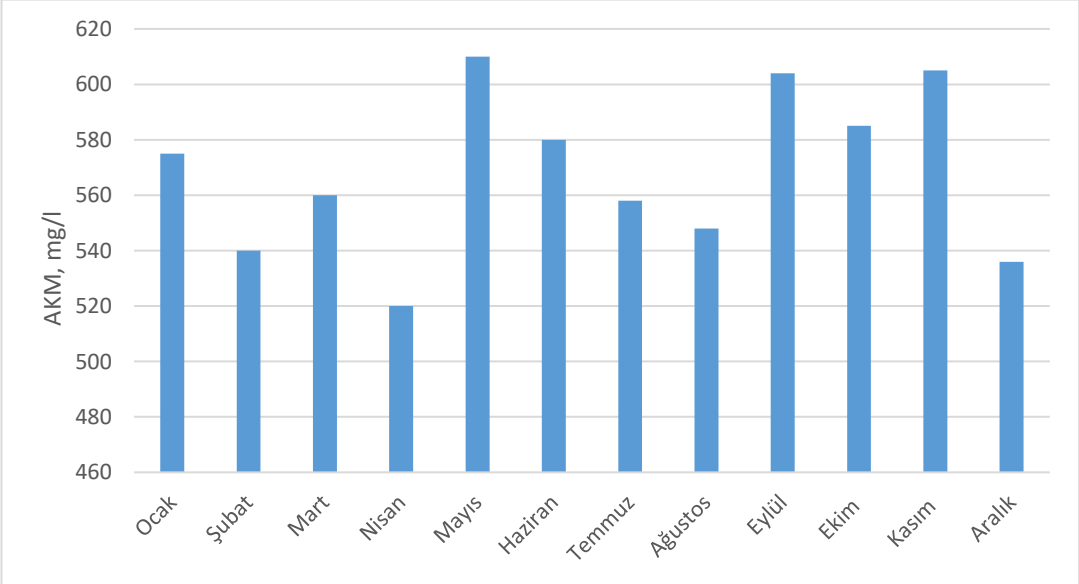
Şekil 3. 20. Toplama çukurunda, toplam S-KOİ bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük S-KOİ değeri Nisan (24,9 mg/l), en yüksek S-KOİ değeri ise Haziran ayında (35,4 mg/l), görülmüştür (Şekil 3.20).



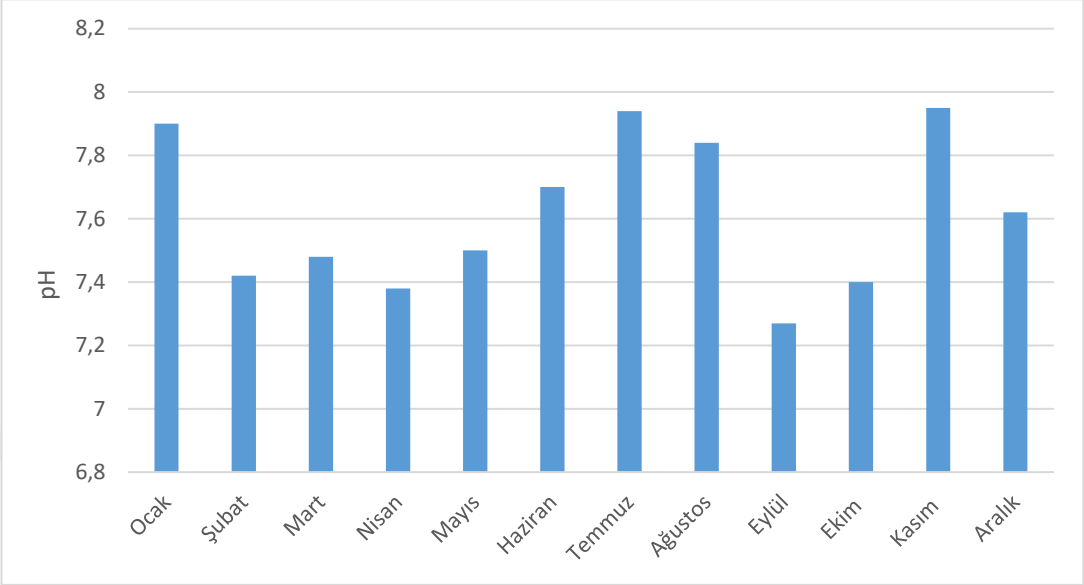
Şekil 3. 21. Toplama çukurunda, toplam $BOİ_5$ bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük $BOİ_5$ değeri Şubat ayında (160 mg/l), en yüksek $BOİ_5$ değeri (205 mg/l) ise Haziran ayında görülmüştür (Şekil 3.21).



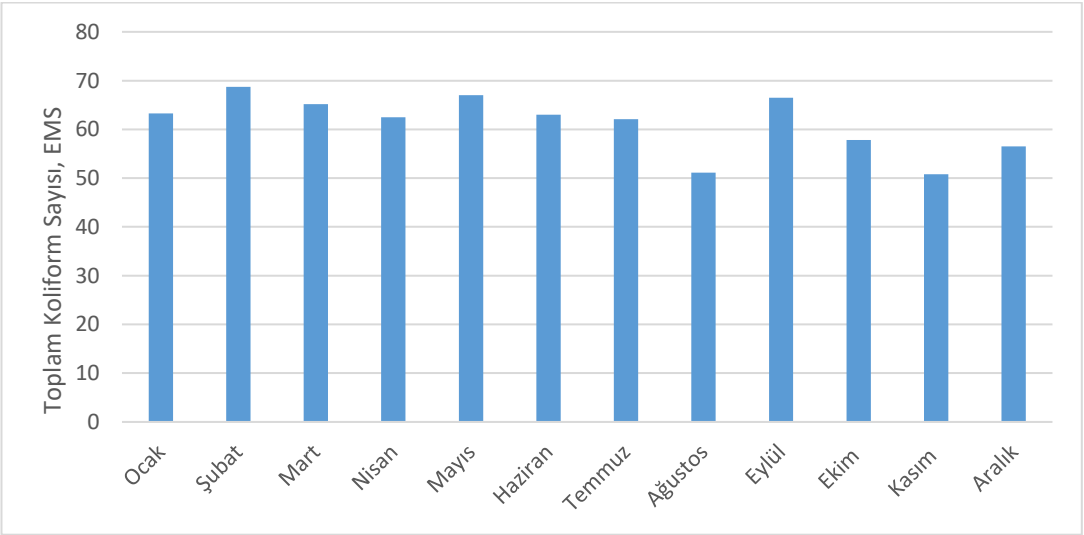
Şekil 3. 22. Toplama çukurunda, toplam AKM bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük AKM değeri Nisan (520 mg/l), en yüksek AKM değeri Mayıs ayında (610 mg/l) görülmüştür (Şekil 3.22).



Şekil 3. 23. Toplama çukurunda, toplam pH bulgularının aylara göre değişimi

Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük pH değeri Eylül ayında (7,27), en yüksek pH değeri Kasım ayında (7,95) görülmüştür (Şekil 3.23).



Şekil 3. 24. Toplama çukurunda, toplam koliform sayısı bulgularının aylara göre değişimi

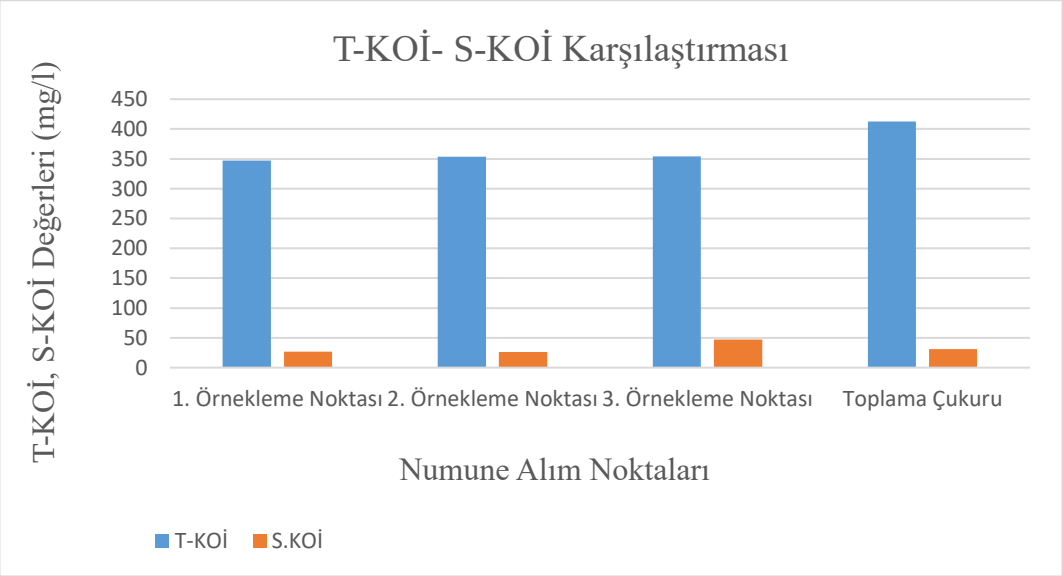
Bulgular değerlendirildiğinde, 2019 yılı içerisindeki en düşük koliform sayısı değeri Ağustos (51,1 adet/100 ml), en yüksek koliform sayısı değeri Şubat (68,7 adet/ 100 ml) ayında görülmüştür (Şekil 3.24).

3.2.5. Toplam KOİ, çözünmüş KOİ bulgularının karşılaştırılması

Atıksular, fiziksel özellikleri ve biyolojik parçalanabilirlik açısından değişik özellikler gösteren organikleri içerirler. Basit olarak giriş KOİ değeri, biyolojik olarak paraçalanabilen ve inert fraksiyonlarına bölünebilir. Bu fraksiyonların herbiri çözünmüş ve partiküler bileşenlerine ayrılır. Bu çalışmada atıksu karakterizasyonu yapılırken toplam KOİ ve çözünmüş KOİ bileşenleri ayrı ayrı belirlenmiştir.

Şekil 3.25'de T-KOİ ve S-KOİ bulguları karşılaştırılmıştır. Bu bulgulara göre;

- ✓ Örnekleme noktasında, Toplam KOİ'nin %7,78'i çözünmüş formdadır.
- ✓ 2. Örnekleme noktasında, Toplam KOİ'nin %7,37'i çözünmüş formdadır.
- ✓ 3. Örnekleme noktasında, Toplam KOİ'nin %13,31'i çözünmüş formdadır.
- ✓ Toplama çukurunda, Toplam KOİ'nin %7,55'i çözünmüş formdadır.



Şekil 3. 25. T-KOİ, S-KOİ bulgularının karşılaştırılması

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada hesaplanan, ortalama KOİ konsantrasyonları, 1. Örnekleme noktasında 347 mg/l, 2. Örnekleme noktasında 354 mg/l, 3. Örnekleme noktasında 354 mg/l, toplama çukurunda ise 413 mg/l 'dir (Tablo 4.1). Metcalf ve Eddy, 1991 yılında evsel atıksuların kirlilik yüklerine göre sınıflandırılmasını yapmışlardır (Tablo 4.1) (Metcalf ve Eddy, 1991). Tablo 4.1 göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmadaki dört örnekleme noktasının atıksularının, orta konsantrasyonda kirlilik yüküne sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca daha önceki yıllarda yapılmış literatür çalışmalarında bulunan KOİ değerlerine bakıldığında, bizim çalışmamızla ortalama aynı değerlerde oldukları görülmüştür (Tablo 4.2).

Tablo 4. 1. Çalışma sonuçları ile literatürdeki kirlilik yükü sınıflarının karşılaştırılması

Parametre	1. Örnekleme Noktası	2. Örnekleme Noktası	3. Örnekleme Noktası	4. Toplama Çukuru	Kirlilik Yükü Sınıfı (Metcalf ve Eddy, 1991)		
					Zayıf	Orta	Kuvvetli
KOİ (mg/l)	347	354	354	413	250	500	1000
$BOİ_5$ (mg/l)	149	149	135	179	110	220	400
AKM (mg/l)	509	497	510	568	100	220	350
pH	7,7	7,6	7,6	7,6	-		

Bu çalışmada hesaplanan, ortalama $BOİ_5$ konsantrasyonları 1. Örnekleme noktasında 149 mg/l, 2. Örnekleme noktasında 149 mg/l, 3. Örnekleme noktasında 135 mg/l, toplama çukurunda ise 179 mg/l 'dir (Tablo 4.1). Tablo 4.1 göz önünde

bulundurulduğunda, bu çalışmadaki dört örnekleme noktasının atıksularının, orta konsantrasyonda kirlilik yüküne sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca daha önceki yıllarda yapılmış çalışma (Orhon ve diğ., 1997) ile kıyaslandığında (Tablo 4.2), bu çalışmaya çok yakın değer çıkmakla birlikte, bizim çalışmamızın $BOİ_5$ değerinin daha düşük olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada hesaplanan, ortalama AKM konsantrasyonları 1. Örnekleme noktasında 509 mg/l, 2. Örnekleme noktasında 497 mg/l, 3. Örnekleme noktasında 510 mg/l, toplama çukurunda ise 568 mg/l 'dir (Tablo 4.1). Tablo 4.1 göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmada kullanılan atıksuların, kuvvetli konsantrasyonda askıda katı madde içerdiği söylenebilir. Ayrıca daha önceki yıllarda yapılmış literatür çalışmalarında okunan AKM değerlerine bakıldığında (Tablo 4.2), bizim çalışmamızda diğer çalışmalara göre çok daha yüksek AKM değerine rastlandığı görülmüştür.

Tablo 4. 2. Çalışma sonuçlarının literatürdeki İstanbul evsel atıksu karakterizasyonu çalışmaları ile karşılaştırılması

Parametre (mg/L)	1. Örnekleme Noktası	2. Örnekleme Noktası	3. Örnekleme Noktası	4. Toplama Çukuru	Orhon ve diğ., 1997	Okutman, 2001
KOİ	347	354	354	413	410	406
$BOİ_5$	149	149	135	179	180	-
AKM	509	497	510	568	210	190

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Küçük ve kırsal yerleşim yerlerinde konutlar, aralarında mesafe bulunan dağınık yapılarda oldukları için kanalizasyon, arıtma ve uzaklaştırma sistemi kurulması maliyet açısından oldukça pahalı olmaktadır. Bu yüzden son yıllarda, söz konusu olan küçük yerleşim yerlerinde yerinde atıksu arıtma sistemlerinin kurulumu için planlama ve tasarım oldukça önem kazanan bir konu haline gelmiştir.

Bu çalışmada, kanalizasyon şebekesine doğrudan bağlantısı olmayan yerleşim yerlerinde kurulabilecek arazi arıtma sistemleri incelenmiştir. Bu sistemlerin kurulumu ile ilgili yasal sorumluluklara değinilmiş ve bu konuda yapılmış literatür çalışmaları araştırılmıştır. Pilot bölge olarak belirlenen Silivri ilçesi, Cumhuriyet Mahallesi, Fatih Mahallesi ve Selimpaşa Mahallesinde bulunan 3 örnekleme noktası ve Yeni Mahalle'de bulunan toplama çukurunda atıksuların karakterizasyonları incelenmiş ve atıksu yönetimi uygulanmıştır. Çalışmada, 2019 yılı Ocak- Aralık ayları arasında olan 12 aylık süreçte atıksu karakterizasyonları yapılmıştır. Bu kapsamda, 4 adet örnekleme noktalarından alınmış olan atıksu numunelerine Toplam KOİ (T-KOİ), $BOİ_5$, pH, Askıda Katı Madde (AKM), Çözünmüş KOİ (S-KOİ) ve Toplam Koliform analizleri yapılmış ve bulgular aylık olarak değerlendirilmiştir.

Toplam KOİ konsantrasyonunun; 1. örnekleme noktasında 347 mg/l, 2. örnekleme noktasında 354 mg/l, 3. örnekleme noktasında 354 mg/l, toplama çukurunda ise 413 mg/l olduğu görülmüştür.

Toplam $BOİ_5$ konsantrasyonunun, 1. örnekleme noktasında 149 mg/l, 2. örnekleme noktasında 149 mg/l, 3. örnekleme noktasında 135 mg/l, toplama çukurunda ise 179 mg/l olduğu görülmüştür.

AKM konsantrasyonunun; 1. örnekleme noktasında 509 mg/l, 2. örnekleme noktasında 497 mg/l, 3. örnekleme noktasında 510 mg/l, toplama çukurunda ise 568 mg/l olduğu görülmüştür.

pH değerlerinin tüm örnekleme noktalarında yaklaşık olarak aynı değerlerde olduğu görülmüştür.

S-KOİ konsantrasyonunun; 1. örnekleme noktasında 27,1 mg/l, 2. örnekleme noktasında 26,1 mg/l, 3. örnekleme noktasında 47,1 mg/l, toplama çukurunda ise 31,2 mg/l olduğu görülmüştür.

Toplam KOİ'nin; 1. Örnekleme noktasında, %7,8'inin, 2. Örnekleme noktasında, %7,4'ünün, 3. Örnekleme noktasında, %13,3'ünün, toplama çukurunda ise %7,6'sının çözünmüş formda olduğu görülmüştür.

Toplam Koliform sayısının; 1. örnekleme noktasında 37,7 adet/ 100ml, 2. örnekleme noktasında 38,1 adet/ 100ml, 3. örnekleme noktasında 41,8 adet/ 100ml, toplama çukurunda ise 61,2 adet/ 100ml olduğu görülmüştür.

Kirlilik derecesinin, 1, 2 ve 3. örnekleme noktalarında ortalama aynı konsantrasyonlarda, toplama çukurunda ise bu üç örnekleme noktasından daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu görülmüştür. Toplama çukurunun üzeri kapalıdır ve burada tüm mahallenin atıksuyu toplanmaktadır. Toplama çukurunda, tüm mahallenin atıksuyu toplandığından ve henüz döküm aşamasındayken numune alındığından yüksek kirlilik derecesi görülmesi beklenen bir durumdur.

Çalışılan bölgede KOİ ve $BOİ_5$ değerlerinin, diğer literatür çalışmalarına kıyasla orta kirlilik derecesinde olduğu belirlenmiştir. AKM değerinin ise yüksek konsantrasyonlarda olduğu görüşmüştür. Numune alınırken yüzeysel değil, döküm şeklinde alınması bu durumun nedeni olarak görülebilir.

Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde bu dört farklı örnekleme noktası için yapılabilecek arıtma sistemleri aşağıda önerilmektedir.

- 1. ve 2. örnekleme noktalarında kirlilik düzeylerinin orta konsantrasyonlarda seyretmesi ve özellikle AKM konsantrasyonunun yüksek olması dolayısıyla, fosseptik çıkışı suyun nihai arıtımı için; uzaklaştırma yatağı ve çukuru, sızdırma boruları, sızdırma kuyuları veya yavaş kum filtreleri gibi sızdırma sistemlerinin kurulması önerilebilir.

- 3. örnekleme noktası için yazlık bir sitenin içerisinde olduğundan atıksu yönetimi ve arıtımı için literatür özetlerinde bahsetmiş olduğumuz NISRRBC disk sistemi kullanılabilir. Diğer bir öneri ise toplu site yerleşim yerlerinde kullanılmakta olan paket atıksu arıtma sistemleri de kurulabilir.
- Ayrıca 4. Örnekleme noktası olan Şebboy Toplama Çukurunda ise atıksu yönetimi ve arıtımı için arazi şartlarının uygun olması, atıksu debisinin çok olması ve diğer arıtma sistemlerinden maliyet açısından bir yük oluşturmamasından dolayı bölgeye yapay sulak alan uygulaması yapılabilir.

KAYNAKLAR

Adhikari J.R., Lohani S.P., Design, installation, operation and experimentation of septic tank- UASB wastewater treatment system, *Renewable Energy*, 2019, 143, 1406-1415

Anil R., Neera A. L., Modified septic tank treatment system, *Procedia Technology*, 2016, 24, 240-247.

Bağcılar E., The Potentıal Of Water Savıng In Buıldıngs: Greywater Reuse, Dokuz Eylül Unıversıty Graduate School Of Natural And Applıed Scıences, İzmir, 2019

Bogte J.J., Breurem A.M., van Andelm J.G., Lettinga G., Anaerobic treatment of domestic wastewater in small scale UASB reactors. *Water Sci. Technol*., 1993, **27**(9), 75–82.

Butler D., Payne J., Septic Tanks : Problems and Practice, *Buildinq and Environmenr, Vol*, 1995, **30**(3), 419-425.

Clawges R. M., Vowinkel E. F., Variables indicating nitrate contamination in bedrock aquifers, Newark basin, New Jersey, *Water Resources Bulletin*, 1997, 32, 1055–1066.

Çobanoğlu Z., *İnsan Ve Hayvan Atıkları, Sıvı Atıklar*, Çevre Sağlığı temel kaynak dizisi no.28, Ankara, 1994.

Demir M., Küçük Yerleşim Yerleri İçin Alternatif Arıtma Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2015, 410706.

Deng Y., Wheatley A., Wastewater treatment in Chinese rural areas, *Asian J. Water Environ. Pollut.*, 2016, **13**(4), 1-11.

Dilber H. M., Silivri Fatih Mahallesi'ndeki Anastase Stamoulis Evi Restorasyon Projesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010, 10268.

Fesliyen K., Evsel Atıksuların Sulama Amaçlı Yeniden Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, 2017, 470567.

Ghaitidak D.M., Yadav K.D., Characteristics and treatment of greywater--a review, *Environmental science and pollution research international*, 2013, 20, 2795-2809.

Han Y., Ma J., Xiao B.,Huo X., Guo X., New Integrated Self-Refluxing Rotating Biological Contactor for rural sewage treatment, *Journal of Cleaner Production*, 2019, **217**, 324-334

Hong Y., Huangb G., Anc C., Songa P., Xind X., , Chend X., Zhangd P., Zhaoa Y., Zhenga R., Enhanced nitrogen removal in the treatment of rural domestic sewage using vertical-flow multi-soil-layering systems: Experimental and modeling insights, *Journal of Environmental Management*, 2019, **240**, 273–284.

İleri R., *Çevre Biyoteknolojisi*, 1. Baskı, Değişim Yayınları, Adapazarı, 2000.

Joseph A., Salvato Nelson L., Nemerow, Franklin J. Agardy. 2003. Environmental Engineering, 5th ed. Wiley.

Leal L. H., Zeeman G., Temmink H., Buisman C. , Characterisation and biological treatment of greywater, *Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research*, 2007, 56, 193-200.

Lettinga G., Man A.W.A., van der Last A.R.M., Wiegant W., Knippenberg K., Frijns J., van Buuren J.C.L., Anaerobic treatment of domestic sewage and wastewater. *Water Sci. Technol.*, 1993, **27** (9), 67–73.

Li Y., Jia L., Wu W., Yan J., Liu L., Urbanization for rural sustainability Rethinking China's urbanization strategy, *J. Clean. Prod*., 2018, 178, 580-586.

Lijo L., Malamis S., García S. G., Fatone F., Moreira M. T., Katsou E., Technical and environmental evaluation of an integrated scheme for the co-treatment of wastewater and domestic organic waste in small communities, *Water Research*, 2017, 109, 173 - 185

Lu Y., Tang C., Chen J., and Sakura Y., Impact of septic tank systems on local groundwater quality and water supply in the Pearl River Delta, China: case study, *Hydrol. Process*. 2008, 22, 443–450.

Lutterbeck C.A., Kist L.T., Lopez D.R., Zerwes F.V., Machado Ê.L., Life cycle assessment of integrated wastewater treatment systems with constructed wetlands in rural areas, *J Clean Prod.*, 2017, 148, 527–536.

Ma L., He F., Huang T., Zhou Q., Zhang Y., Zhenbin Wu Z., Nitrogen and phosphorus transformations and balance in apond-ditch circulation system for rural polluted, *water treatment. Ecol. Eng.*, 2016, 94, 117-126

Moeder M., Carranza-Diaz O., López-Angulo G., Vega-Avina R., Chávez-Durán F.A., Jomaa S., Winkler U., Schrader S., Reemtsma T., Delgado-Vargas F., Potential of vegetated ditches to manage organic pollutants derived from agricultural runoff and domestic sewage: a case study in Sinaloa (Mexico), *Sci. Total Environ*., 2017, 598, 1106–1115

Nolde E. , Greywater recycling systems in Germany--results, experiences and guidelines, *Water science andtechnology : a journal of the International Association on Water Pollution Research*, 2005, 51, 203-210.

Okutman D., Övez S., Orhon D., Hydrolysis of settleable substrate in domestic sewage, *Biotechnology Letters*, 2001, **23** (23), 1907-1914

Orhon D., Ateş E., Sözen S., Çokgör E. U., Characterisation and COD fractionation of domestic wastewater, *Environmental Pollution*, 1997, 95, 2, 191-204.

Öztürk İ, Atıksu Mühendisliği, *İski Genel Müdürlüğü Teknik Kitaplar Serisi*, İstanbul, 2017.

Song P., Huang G., An C., Shen J., Zhang P., Chen X., Shen J., Yao Y., Zheng R., Sun C., Treatment of rural domestic wastewater using multi-soil-layering systems: performance evaluation, factorial analysis and numerical modeling, *Sci. Total Environ*., 2018, 644, 536-546.

Syed R.Qasım, Wastewater Treatment Plants, Planning, Design, and Operation, *Technomic publication*, 1999.

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Lağım İnşası Ve Kanalizasyon Olmayan Yerlerde Yapılacak Tesisler, *Çevre Sağlığı*, Ankara, 2012.

Üçoş, Z. (2017). Silivri şehrinin yerleşme tarihi ve mesken özellikleri. Marmara Coğrafya Dergisi, 35, 110-121

Wang L.M., Zhang Y.M., Luo X.Z., Zhang J.B., Zheng Z., Effects of earth worms and substrate on diversity and abundance of denitrifying genes (nirS and nirK) and denitrifying rate during rural domestic wastewater treatment, *Bioresour. Technol*., 2016, 212, 174–181

Wang M., Webber M., Finlayson B., Barnett J., Rural industries and water pollution in China, *J. Environ. Manag.*, 2008, 86, 648-659.

Wang T., Kumwimba M., Zhu B., Wang X., Tang J., Nutrient distribution and risk assessment in drainage ditches with different surrounding land uses, *Nutr. Cycl. Agroecosyst*., 2017, **107** (3), 381–394

Wang T., Zhu B., Zhou M., Ecological ditch system for nutrient removal of rural domestic sewage in the hilly area of the central Sichuan Basin, China, *Journal of Hydrology*, 2019, 570, 839–849

Yılmaz B., Evsel Atıksulardaki Koi, Boi, Tok Ve Akm Parametreleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2018, 512140.

Zhang Y., Cheng Y., Yang C., Luo W., Zeng G., Lu L., Performance of system consisting of vertical flow trickling filter and horizontal flow multi-soil-layering reactor for treatment of rural wastewater, *Bioresour. Technol*., 2015a. 193, 424-432.

Zhang Y.M., Huang G., Lu H.W., He L., Planning of water resources management and pollution control for Heshui River watershed, China: a full credibility-constrained programming approach., *Sci. Total Environ*., 2015b, 524–525, 280–289.

Zou J., Guo X., Han Y., Liu J., Liang H., Study of a novel vertical flow constructed wetland system with drop aeration for rural wastewater treatment, *Water Air Soil Pollut*, 2011, 223, 889–900.

Türkiye İstatistik Kurumu, https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr, (Ziyaret Tarihi: 26 Kasım 2019)

GHR Plumbing Service, 2018, http://www.grhplumbing.com.au, (Ziyaret Tarihi: 26 Kasım 2019)

URL-1: https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.3.1593.pdf (Ziyaret tarihi:12 Aralık 2019)

URL-2: https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.7221&sourceXmlSearch=&MevzuatIliski=0 (Ziyaret tarihi:10 Aralık 2019)

URL-3: https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/13783.pdf (Ziyaret tarihi:10 Aralık 2019)

URL-4: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm (Ziyaret tarihi: 10 Aralık 2019)

URL-5: https://www.wikizeroo.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvU2lsaXZyaQ, (Ziyaret Tarihi: 26 Kasım 2019)

URL-6: https://www.silivri.bel.tr/sayfa/silivri_cografyasi/73, (Ziyaret Tarihi: 26 Kasım 2019)

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Kacır A., Kanalizasyona Doğrudan Bağlantısı Olmayan Küçük, Kırsal Yerleşim Yerlerinde Arazi Arıtma Sistemleri, *3.Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, İKSAD KONGRE Güz 2020, Mardin, Türkiye, 18-19 Ocak 2020.

ÖZGEÇMİŞ

23.04.1991 tarihinde Gümüşhane'de dünyaya geldi. İlköğretim, ortaöğretim ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2011 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı ve 2015 yılında mezun oldu. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir.