T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA İLİ YAPAY SULAK ALANLARDA ARITMA VERİMİ, KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Mustafa COP

YÜKSEK LİSANS

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran – 2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır
TEZ BİLDİRİMİ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KONYA İLİ YAPAY SULAK ALANLARDA ARITMA VERİMİ, KARŞILAŞILAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Mustafa COP

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bilgehan NAS

2017, 77 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Bilgehan NAS
Prof. Dr. M.Emin ARGUN
Yrd.Doç.Dr. Ahmet AYGÜN

Ülkemizde küçük yerleşim yerlerinin evsel atıksularının arıtılması amacıyla yaygın olarak inşa edilen yapay sulak alanlar, gerek projelendirme gerek inşaat gerekse işletme aşamalarında yapılan hatalar nedeni ile verimli bir şekilde işletilememekte veya atıl duruma gelmektedir. Bu tez çalışmasında, Konya İlinde bulunan 48 adet yapay sulak alan yerinde incelenmiş, revizyon ihtiyacı olan yapay sulak alanlarda gerekli bakım onarım ihtiyaçları belirlenmiş, yapay sulak alanlarda karşılaşılan işletme sorunları tespit edilmiştir. Konya'da bulunan yapay sulak alan arıtma tesisleri, Türkiye genelinde yaygın olarak kullanılan yüzeyaltı yatay akışlı yapay sulak alanlardır. Bakım onarım ihtiyacı olmayan ve düzenli olarak giriş çıkış numunesi alınabilen Çobankaya Atıksu Arıtma Tesisi (AAT), Meydanlı AAT ve Zincirlikuyu AAT seçilerek yapay sulak alanlarda arıtma verimleri belirlenmiştir. Giriş çıkış numunesi alınan yapay sulak alanlarda pH, Biyolojik Oksijen İhtiyacı ($BOİ_5$), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Askıda Katı Madde (AKM) parametrelerine yanında Toplam Azot (TN) ve Toplam Fosfor (TP) analizleri de yapılarak yapay sulak alanlarda nütrient giderimi de incelenmiştir. Seçilen yapay sulak alanlarda 2016 yılı içerisinde farklı tarihlerde alınan numunelerin analiz sonuçlarına göre yapay sulak alanlarda BOİ için %56 - %83, KOİ için %44 - %73, AKM için %51 - %88, TN için %29- %41 ve TP için % 40 - %74 aralığında giderim verimi hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Doğal Arıtma, Yapay Sulak Alanlar, Atıksu Arıtımı, İşletme Sorunları, Evsel Atıksu

ABSTRACT

MS THESIS

TREATMENT EFFICIENCY, OPERATING PROBLEMS AND SOLUTIONS FOR CONSTRUCTED WETLANDS IN KONYA PROVINCE

Mustafa COP

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Advisor: Prof.Dr. Bilgehan NAS

2017, 77 Pages

Jury
Prof. Dr. Bilgehan NAS
Prof. Dr. M.Emin ARGUN
Asst.Prof.Dr. Ahmet AYGÜN

Constructed wetlands, which are widely constructed for the treatment of domestic wastewaters of small settlements in our country, can not be operated efficiently or are idle due to mistakes made in both construction and operation stages. In this thesis study, 48 constructed wetlands in KONYA were viewed, necessary maintenance and repair needs were determined in constructed wetlands which requiring revision and operational problems encountered in constructed wetlands were located. Konya's constructed wetlands are subsurface flow constructed wetlands that are use common in TÜRKİYE. Çobankaya Wastewater Treatment Plant (WWTP), Meydanlı WWTP and Zincirlikuyu WWTP were selected where maintenance and repair are not necessary and regular inlet and outlet samples can be obtained for determine to treatment efficiency in constructed wetlands. In the constructed wetlands where inlet and outlet samples were analyzed for total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP) in addition to pH, Biological Oxygen Demand (BOD_5), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS) for determine nutrient removal in constructed wetlands. Removal efficiency was determined that %56 between %83 BOD_5, %44 between %73 COD,%51 between %88 TSS, %29 between %41 TN and % 40 between %74 TP in chosen constructed wetlands.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **vii**

ABSTRACT ..... **viii**

ÖNSÖZ .....

İÇİNDEKİLER ..... **x**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xii**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **2**

2.1. Doğal Arıtma Yöntemleri 2
2.1.1. Stabilizasyon Havuzları 2
2.1.2. Arazide Arıtma 3
2.1.3. Yeraltına Sızdırma 3
2.1.4. Buharlaştırma Havuzları 4
2.1.5. Doğal Sulak Alanlar 4
2.1.6. Yapay Sulak Alanlar 4
2.1.6.1. Serbest Yüzey Akışlı Yapay Sulak Alanlar 7
2.1.6.2. Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulak Alanlar 8
2.2. Yapay Sulak Alanlarda Kirlilik Giderme Mekanizmaları 11
2.3. Yapay Sulak Alan Dizaynı 13
2.3.1. Fiziksel Arıtma 14
2.3.2. Fosseptik 14
2.3.3. Yüzey Alanı 16
2.3.4. Derinlik 16
2.3.5. Yatak Medyası 17
2.3.6. Giriş ve Çıkış Yapıları 19
2.3.7. Bitki Seçimi 21
2.4. Yapay Sulak Alanların Avantajları ve Dezavantajları 23
2.4.1. Yapay Sulak Alanların Avantajları 23
2.4.2. Yapay Sulak Alanların Dezavantajları 23
2.5. Yapay Sulak Alanlarda İşletme ve Bakım 24
2.5.1. Devreye Alma Aşamasında İşletme ve Bakım 24
2.5.2. Rutin İşletme ve Bakım 24
2.5.2.1. Su Seviyesinin Ayarlanması 25
2.5.2.2. Eşit Akış Dağılımı 25
2.5.2.3. Bitki Örtüsü Yönetimi 25
2.5.2.4. Koku Kontrolü 25
2.5.2.5. Sedde Bakımı 26
2.5.3. Uzun Vadeli İşletme ve Bakım 26
2.6. Yapay Sulak Alan Uygulamalarında Karşılaşılan Problemeler 28
2.6.1. Projelendirme Aşamasında 29
2.6.2. İnşaat Aşamasında 29

2.6.3. İşletme Aşamasında 29

3. MATERYAL VE YÖNTEM 31

3.1. Türkiye'de Yapay Sulak Alan Uygulamaları 31
3.2. Konya İli Yapay Sulak Alan Tesisleri 32
3.3. İncelenen Tesisler 34
3.3.1. Çobankaya Atıksu Arıtma Tesisi 35
3.3.2. Meydanlı Atıksu Arıtma Tesisi 36
3.3.3 Zincirlikuyu Atıksu Arıtma Tesisi 37
3.4. Deneysel Metotlar 38

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 40

4.1. İncelenen Tesisler İçin Öngörülen Revizyon Kapsamı ve Maliyetleri 40
4.2. Konya İli Yapay Sulak Alanlarda Karşılaşılan Problemler 43
4.2.1. Proje Aşamasında 43
4.2.2. İnşaat Aşamasında 44
4.2.3. İşletme Aşamasında 45
4.3. İncelenen 3 Farklı Yapay Sulak Alanda Arıtma Verimleri 45
4.3.1. Çobankaya AAT Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 45
4.3.2. Meydanlı AAT Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 50
4.3.3. Zincirlikuyu AAT Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 55

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 59

5.1 Sonuçlar 59
5.2 Öneriler 65

KAYNAKLAR 67

ÖZGEÇMİŞ 69

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cm : Santimetre
ha : Hektar
Kg : Kilogram
L : Litre
m : Metre
m^2 : Metrekare
Mg : Miligram
µS : Mikrosimens

Kısaltmalar

AAT : Atıksu arıtma tesisi
AKM : Askıda katı madde
BOİ : Biyolojik oksijen ihtiyacı
EC : Elektriksel iletkenlik
HRT : Hidrolik alıkonma süresi
KOİ : Kimyasal oksijen ihtiyacı
SKKY : Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TUİK : Türkiye İstatistik Kurumu
TN : Toplam azot
TP : Toplam fosfor

1. GİRİŞ

Yapay sulak alanlarda arıtma su, dolgu malzemesi, bitkiler ve mikroorganizmalar arasında meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerden faydalanılan basit ve düşük maliyetli atıksu arıtma yöntemidir. Bu sistemler, sadece işletme aşamasındaki enerji ve kimyasal madde kullanımında değil; inşaat açısından da ekonomiktir. Ancak sulak alan sistemleri mekanik işleyen tesislere göre çok yer kaplamaktadır. Bu sistemler, sadece atıksuda BOİ, AKM, NH_3-N ve TP gibi parametreleri oldukça yüksek bir verimle gidermekle kalmaz; çıkış suyunun özellikle tarımsal sulamada geri kullanımı gibi avantajlar da sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, bu artım sistemlerinde yetişen suya bağımlı bitkilerin yüksek besi içeriği ile hayvan yemi olarak kullanılması ve su kamışının çeşitli eşyaların yapımında kullanılması gibi faydalar da söz konusudur.

Konvansiyonel arıtma teknolojileriyle kıyaslandığında daha düşük ilk yatırım, işletme ve bakım masraflarına sahip olması, doğal olarak çalışıp enerjiye bağımlı olmaması gibi özellikleriyle ve karbonlu maddelerin yanında azot, fosfor, iz organikler, iz elementler ve fekal koliformların gideriminde oldukça tatminkâr sonuçların elde edilmesinden dolayı yapay sulak alanlar son 20 yıl içerisinde tüm dünyada atıksu arıtımında çok geniş bir kullanım sahası bulmuştur (Ayaz ve ark., 2011).

Bu tür sistemler küçük ve orta ölçekli yerleşim bölgeleri, ticari ve endüstri atıksuları için oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir. Yapay sula kalan sistemleri, atığın sisteme taşınımında kullanılan pompa ve borular gibi ekipmanlar dışında, artım proseslerini gerçekleştirmek için dışarıdan bir enerji kullanımı gerektirmeyen hem ekolojik hem de ekonomik öneme sahip doğal arıtma sistemleridir (Ayaz ve Akça, 2001).

Atıksuların yapay sulakalan sistemleri ile arıtımı, çeşitli üstünlükleri dolayısıyla son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır. Uygun koşullar sağlandığı takdirde düşük enerji tüketimi ve düşük maliyetle nütrient organik madde ve ağır metallerde yüksek giderim elde edilebilmektedir.

Ülkemizde küçük yerleşim yerlerinin evsel atıksularının arıtılması amacıyla yaygın olarak inşa edilen yapay sulak alanlar, gerek projelendirme gerek inşaat gerekse işletme aşamalarında yapılan hatalar nedeni ile verimli bir şekilde işletilememekte veya atıl duruma gelmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

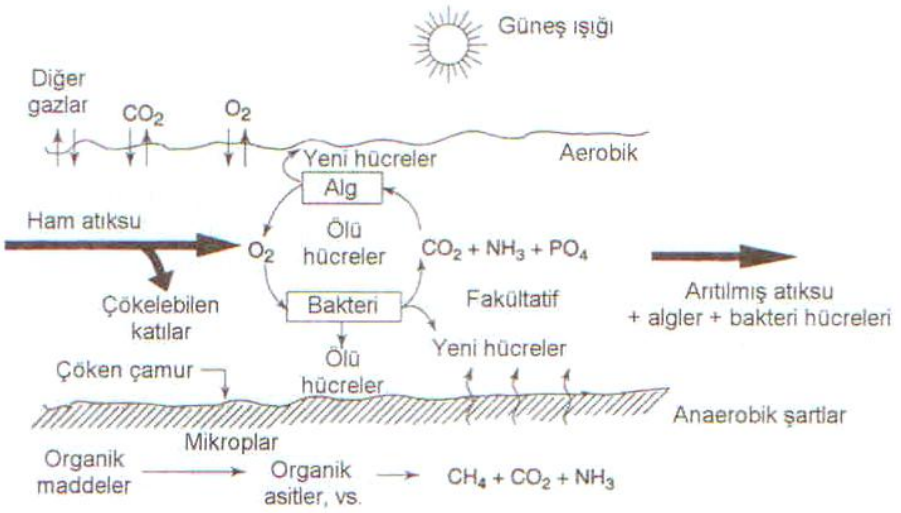
2.1. Doğal Arıtma Yöntemleri

Doğal arıtma doğal malzeme ve yöntemlerle yapılan atık su arıtma işleminin genel adıdır. Doğal arıtma sistemlerinde toprak, su, bitkiler, mikroorganizmalar ve atmosfer fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylarla sürekli olarak karşılıklı etkileşim halindedir. Atıksu arıtma tesisi kullanmadan doğal atıksu arıtma yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Stabilizasyon havuzları,
- Arazide arıtma,
- Yeraltına sızdırma,
- Buharlaştırma havuzları,
- Doğal sulak alanlar,
- Yapay sulak alanlar olarak tanımlanır (Akten ve Akten, 2008).

2.1.1. Stabilizasyon Havuzları

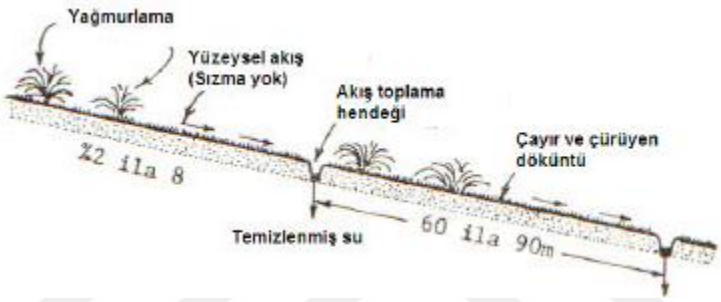
Stabilizasyon havuzları, en basit işletilmesi kolay arıtma sistemleridir. Bu havuzlarda enerji mekanik teçhizat, yetişmiş işletme elemanına ihtiyaç yoktur. Bu arıtma yönteminde atık sular ön arıtma ünitelerinden sonra havuzlara alınır. İşletilmesi basit, çamur miktarı az, sıcak ve ılıman bölgeler için uygun olması sistemin avantajıdır. Ancak yukarıda belirtilen üstünlüklerin yanında geniş araziye ihtiyaç duymaları dezavantajıdır. Stabilizasyon havuzları havalı, havasız, fakültatif olarak üçe ayrılır (Anonim, 2010). Şekil 2.1'de stabilizasyon havuzu verilmiştir.



Şekil 2.1. Stabilizasyon Havuzlarında Arıtma Mekanizması (Anonim, 2010)

2.1.2. Arazide Arıtma

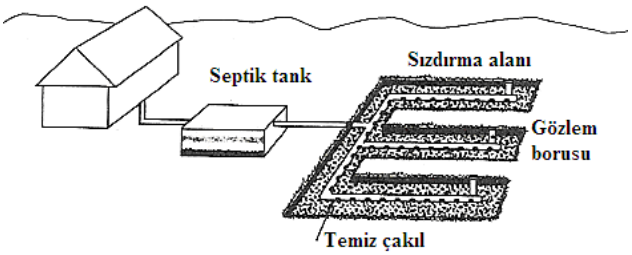
Bu metot ile eğimli bir arazinin üst tarafından akıtılan atıksular, bitki örtüsü arasından akıtılarak, aşağıdaki toplama hendeklerine ulaşır. Aşağıya doğru akma esnasında, arıtma gerçekleşir. Arazi eğimi, % 2 ile 8 arasında, yeraltı su seviyesi 0.6 m'den daha derinde olmalıdır. Soğuk havalarda verim düşer. Bir ön arıtmadan geçen atıksular için hidrolik yük, 0.8-1.8 cm/gün'dür. Eğer bir biyolojik arıtma çıkışı veriliyor ise hidrolik yük 2.1-5.7 cm/gün olabilir. Yüksek konsantrasyonlu atıksular için organik yük, 44.8-112 kg/ha/gün'dür. Bu sistemlerin çalışması, 6-8 saat besleme, geri kalan 16-18 saat dinlenmeye bırakmak şeklindedir (Anonim, 2010). Şekil 2.2'de eğimli arazide arıtma verilmiştir.



Şekil 2.2. Eğimli Arazide Arıtma (Anonim, 2010)

2.1.3. Yeraltına Sızdırma

Yeraltına sızdırma, septik tank çıkışının zemin üzerinde teşkil edilen bir dolgu malzemesi yığını içerisine yerleştirilmiş özel bir dağıtıcı boru ile önce dolgu malzemesi içerisine sonrasında ise zemine sızdırılmasıdır. Bu sistemde zaman zaman tıkanan dolgu malzemesinin değiştirilmesi mümkündür. Atıksu, ilk etapta dolgu malzemesi ile karşılaştığı için, doğrudan zemine sızdırmaya göre daha iyi verim sağlanır (Anonim, 2010). Şekil 2.3'de yeraltına sızdırma verilmiştir.



Şekil 2.3. Yeraltına Sızdırma (Anonim, 2010)

2.1.4. Buharlaştırma Havuzları

Tarımsal kaynaklı pestisit gübre ve tuzlardan korumaya yardımcı olur. Güneş yardımıyla uygulanabilir ağır metal giderimde de kullan bu sistem güç santrallerinde endüstrilerde metal sanayisinde kullanılmaktadır (Anonim, 2010).

2.1.5. Doğal Sulak Alanlar

Doğal sulakalanlar çoğunlukla alıcı su ortamları olarak düşünülmektedir. Bu bakımdan çoğu durumlarda doğal sulak alanlara atıksu deşarjlarında, tipik olarak ikinci veya ileri kademe arıtmanın şart koşulduğu yürürlükteki yönetmelik hükümlerine uyulması, başka bir deyişle alıcı ortam standartlarının sağlanması gerekmektedir. Hatta doğal sulak alanlara arıtılmış atıksu boşaltımının esas amacı, mevcut habitatın zenginleştirilmesi olmalıdır. Arıtma kapasitesini geliştirmek için mevcut doğal sulak alanların modifiye edilmesi (değiştirilmesi), doğal ekosistemi bozmaktadır; bu sebeple doğal sulak alanlara müdahale edilmemelidir.

Doğal sulakalanlar genellikle ikinci veya ileri kademe arıtmadan geçmiş atıksuların daha ileri arıtımı ile sınırlanmış olmakla birlikte atıksu arıtımında hem doğal ve hem de yapay sulakalanlar kullanılmaktadır (Ayaz ve ark., 2011).



Şekil 2.4. Doğal Sulak Alan Sapanca Gölü

2.1.6. Yapay Sulak Alanlar

Yapay sulakalan uygulamaları son zamanlarda oldukça önem kazanmıştır. Yapay sulakalanlar, doğal sulakalanlarda gerçekleşen sürecin kontrollü bir sistem içerisinde gerçekleştirilmesi nedeniyle önemli bir üstünlük taşımaktadır. Bu tür sulakalanlar atıksuyun doğal koşullarda fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerle genellikle derinliği

1 m'den daha az olan havuz, yatak veya kanallarda, sucul bitkilerin büyütülmesi ile arıtılması esasına dayanmaktadır. Yapay sulakalanlar geçirimsiz kil tabakası veya sentetik tabakalar ile izole edilen hacimlerin içine taş, çakıl ve kum gibi gözenekli maddelerin yerleştirilmesi ile oluşturulan, atıksu akışının, bekletme süresinin ve atıksu seviyesinin kontrol edildiği yapılardır.

Uygulanabilecek nüfus büyüklüğü, mevcut arazi durumu, hidroloji, iklim ve zemin şartları, toprak geçirgenliği, taşkın riski, çevresel ve düzenleyici şartlar gibi faktörlere bağlıdır. Buna rağmen kuzey Avrupa ülkeleri gibi soğuk iklime sahip ülkelerde de kullanılmaktadır. Bu tesisler, nüfus yoğunluğunun düşük olduğu ve düşük debilerin ileri arıtmaya ihtiyaç duyduğu yerlerde kullanılmaktadır.

Yapay sulakalanlar, arazinin ucuz olduğu ve yetişkin personelin mevcut olmadığı yerleşimler için uygun bir teknolojidir. Hedeflenen arıtma ihtiyacı doğrultusunda çeşitli arıtma alternatifleri ile beraber uygulanabilir. Yapay sulak alanların ham atıksu için kullanılması tavsiye edilmemektedir. Arıtma veriminin iyileştirilmesi için uygun bir ön arıtmanın ardından ikincil arıtma alternatifi olarak kullanılması yapay sulak alanın verimini artırmaktadır (Anonim, 2010). Şekil 2.5'de yapay sulak alan örneği verilmiştir.



Şekil 2.5. Yapay Sulak Alan Örneği Aksaray Yenikent (Foto: Mustafa COP, 2016)

Yapay sulak alanlar, ortamdaki güneş enerjisini kullanabilme ve kendi kendini yenileyebilme kapasitesine sahiptirler. Birçok canlı türüne yaşam alanı sağlayarak yabani hayat oluştururlar. Çevredeki doğal malzeme kullanılarak ihtiyaç büyüklüğünde hazırlanan havuzlarda atık suyun filtre edilmesi ve yetiştirilen sulak alan bitkileri ile suyun arıtılması esasına dayanan bu sistem, doğal yapının küçük bir taklididir. Sistemin birinci kademesini fosseptik yapıları oluşturmaktadır. Fosseptik çıkış suları ile beslenen yapay sulak alanlarda yapılan arıtma sonucunda, bu sistemlerle kırsal yerleşim yerlerimize ait atık sular alıcı su ortamlarına güvenle deşarj edilebilir değerlere ulaşmaktadır (Yıldız, 2011).

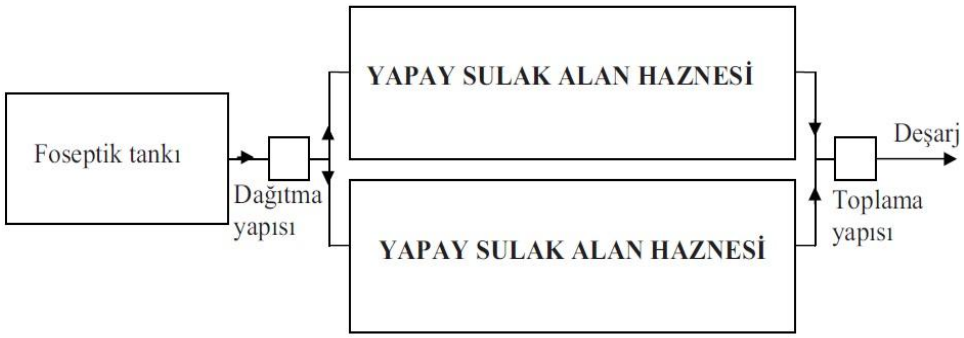
Yapay sulak alanlar, doğal sulak alanlarda meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma proseslerinden faydalanmak ve organik madde, toplam askıda madde, nütrient ve patojen organizmaları arıtmak için tasarlanmış yapay sulak alan sistemleridir. Yapay sulak alanlar, su kalitesini iyileştirmek için sulak alan bitki örtüsünü, toprak ve bunlarla ilişkili mikrobiyal toplulukları içeren doğal işleme süreçlerini taklit eder. (Arroyo ve ark., 2010).

Yapay sulak alanlar zemin yapısında fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma prosesleri; dolgu malzemesi, sulak alan bitkileri, mikroorganizmalar, hava boşluğu ve atıksuyun birlikte etkileşimi ile gerçekleşmektedir. Arıtma, aslında zeminin bünyesinde bulunan mikroorganizmalar sayesinde olmakla birlikte, bitki kökleri de zemindeki boşluk yapısının korunmasını sağlamaktadır (ATV-A 262E, 1998; Water Environment Federation, 2010).

Son yıllarda yapay sulakalanlar üzerinde çok araştırma yapılmış ve fazla sayıda uygulama alanı bulmuştur. Bu yeni arıtma sistemleri sadece evsel atıksu arıtımında değil, ön arıtmadan geçmiş kâğıt endüstrisi gibi endüstriyel atıksuların yanında, asitli maden drenaj suları ve çöp sızıntı sularının arıtımında da kullanılmaktadır. Yapay sulakalanlar için, doğal ekosistem için getirilen kısıtlamalar olmadığı gibi doğal sulak alanların sahip olduğu arıtma kapasitesinin tamamına sahiptir. Atıksu arıtımı için yapay sulak alanın iki türü geliştirilmiştir: (1) serbest yüzey akımlı sulak alan sistemleri (SYS) ve (2) yüzey altı akımlı sulakalan sistemleri (YAS) (Ayaz ve ark., 2011). Şekil 2.6'da yapay sulak alan akım şeması verilmiştir. Yapay sulak alanlar, su akış tiplerine göre 2 tipte dizayn edilirler;

- Serbest yüzey akışlı sistem
- Yüzey altı akışlı sistem

Serbest yüzey akışlı sistemlerde su yüzeyi atmosferle temas halinde olup Yüzey altı akışlı sistemlerde ise su bir dolgu malzemesi arasından aktığından su yüzeyi atmosferle temas halinde değildir. Yapay sulak alanlarda arıtma bölgeleri şekil 2.7'de verilmektedir.



Şekil 2.6. Yapay Sulak Alan Akım Şeması



Şekil 2.7. Yapay Sulak Alanlarda Arıtma Bölgeleri

2.1.6.1. Serbest Yüzey Akışlı Yapay Sulak Alanlar

Bu sistemler genelde köklü bitkileri desteklemek için toprak ya da bir diğer uygun ortam malzemesi ile oluşan havuz veya kanallardan meydana gelmektedir. Sığ su derinliği, düşük akış hızı ve bitki saplarının varlığında uzun ve dar kanallar şeklinde tasarlanarak piston akım oluşturulmaya çalışılmaktadır. Yeraltı suyuna sızıntıyı önlemek için tabanı, kil veya diğer geoteknik malzeme ile kaplanmaktadır (Reed ve ark., 1995; Vymazal, 1998; Dağlı, 2006; Temel, 2013).

Serbest yüzeyli yapay sulak alanlarda su yüzeyi zemin üstündedir. Bu sistem sulak alanlar doğal bataklıklar gibi görünürler ve suyun arıtımını gerçekleştirmenin yanı sıra

sucul habitat oluşturarak estetik bir görünüme sahiptirler. Serbest yüzeyli yapay sulak alanlarda su yüzeyine yakın bölgeler aerobik iken havuz diplerinde anaerobik bölgeler oluşmaktadır. Bu sistemlerde oksijen ihtiyacı su yüzeyi boyunca atmosferden sağlanmaktadır.

Serbest yüzey akımlı sulakalan sistemleri (SYS) ikinci veya ileri kademe arıtma için kullanıldığında, izafi olarak geçirimsiz tabana veya yüzeyaltı bariyerine sahip, evreli bitkili ve 0,1 – 0,6 metre derinlikli paralel havuzlar veya kanallardan ibarettir. Ön arıtmadan geçmiş atıksular bu sistemlere normal olarak sürekli olarak verilmekte, evreli bitkilerin sap, gövde ve köklerinden dolayı atıksu yavaşça akarken arıtma meydana gelmektedir. SYS yeni bir yaban hayatı oluşturma veya yakındaki mevcut doğal sulak alanı zenginleştirme amaçlarıyla da boyutlandırılabilir. Böyle sistemler normal olarak bitkileri, açık su alanlarını ve yeni üremiş habitat ile su kuşlarını üretmek için uygun bitkili adacıkları kapsamaktadır (Ayaz ve ark., 2011).

Bu sistemin en önemli sorunu koku problemi, sivrisinek/vektörlerin üremesi ve diğer sistemlere göre daha geniş arazi gerektirmesi, avantajları ise yapım, işletim ve bakım maliyetlerinin düşük olmasıdır (OEMC, 2001; Saraçoğlu, 2006). Ülkemizde genellikle tercih edilmeyen serbest yüzey akışlı yapay sulak alan örneği Şekil 2.8'de verilmektedir.



Şekil 2.8. Serbest Yüzey Akışlı Yapay Sulak Alan Örneği İzmir-Selçuk (Foto: Bilgehan NAS, 2014)

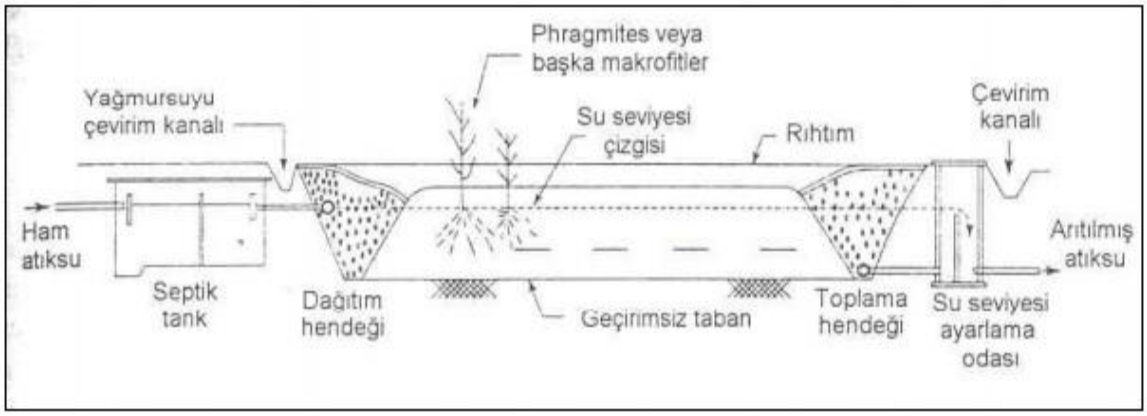
2.1.6.2. Yüzeyaltı Akışlı Yapay Sulak Alanlar

Yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanlar (YAYSA) geçirimsiz taban üzerine köklü bitkileri destekleyen ve gözenekli yapıda olan kum ya da çakıl gibi yatak malzemesi ile

doldurulmuş kanallar ya da hendeklerden oluşmaktadır. YAYSA sisteminde su, dolgu malzemeleri arasında akmakta olup atmosfer ile temas halinde değildir. Su akışı sağlanan taban eğimi (<%0,5) ile gerçekleşir. Düşük ilk yatırım maliyeti, işletim ve bakım masrafları ile günümüzde ön plana çıkmaktadır. YAYSA sistemlerinde aerobik koşulları sağlamak için mevcut tek oksijen taşıma mekanizması yapraklardan köklere transferdir (Demirörs, 2006). Anaerobik ortam koşullarından kaçınabilmek için bitki köklerinin, yüzey altı akışlı sistemin bütün derinliği boyunca uzaması gerekir. Daha az koku yaratmaları, sivrisinek/vektörlerin üremelerine izin vermemeleri ve kaya/çakıl yatağının çıkış suyundaki alg miktarını azaltmadaki verimliliği YAYSA'ın en önemli avantajlarıdır. Ayrıca kış aylarında suyun yüzey altından akması ve bitkilerin yapraklarının dökülerek ortamı kaplaması nedeniyle donma olayı engellenmektedir. Atıksuyun akışına göre yatay ve düşey yüzey altı akışlı yapay sulak alanlar olarak ikiye ayrılmaktadır. Şekil 2.9'da yüzey altı akışlı yapay sulak alan kesiti verilmektedir.

Yatay akışlı yapay sulak alanlarda atıksular girişten beslenir ve yatağın yüzeyi altındaki gözenekli alt tabaka boyunca çıkış bölgesine ulaşıncaya kadar az çok yatay bir yol izler. Bu geçiş esnasında, atıksu aerobik, anoksik ve anaerobik bölgelere temas eder.

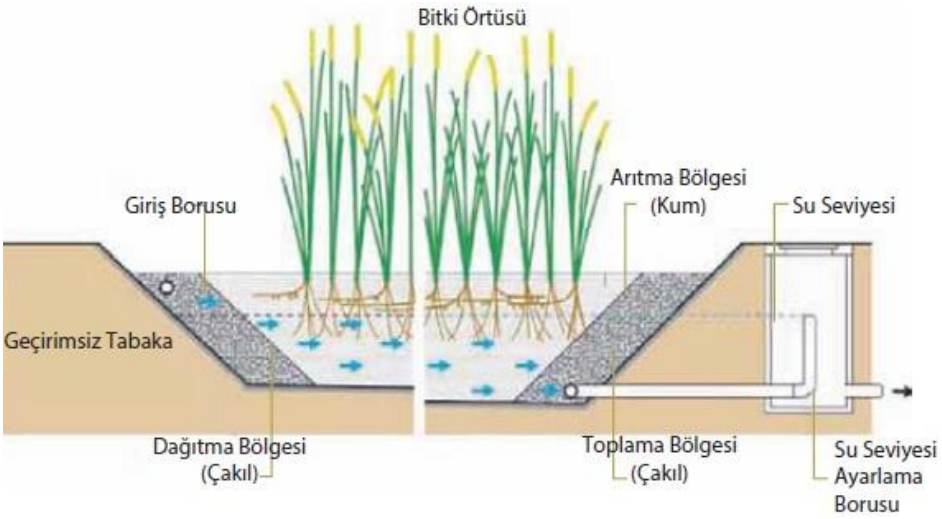
Yapay sulak alan yüzey alanına oksijen transferini sağlayan sulak alan bitki



Şekil 2.9. Yüzey Altı Akışlı Yapay Sulak Alan Kesiti (Öztürk ve ark., 2005).

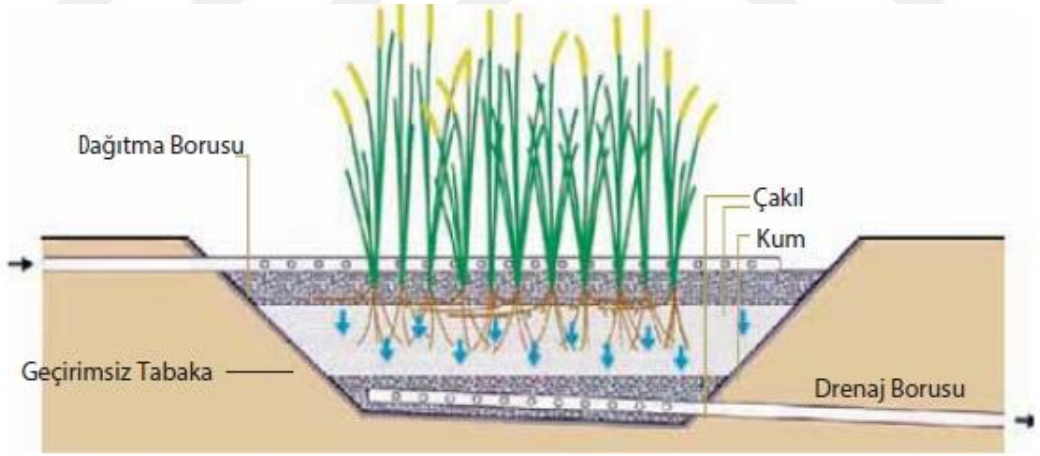
örtüsünün kökleri ve rizomlarının etrafı aerobik bölgelerdir. Atıksuyun rizosfer üzerinden geçişi sırasında, atıksu içerisindeki kirleticiler mikrobiyolojik bozunum, fiziksel ve kimyasal işlemlerle arıtılır.

Yatay akışlı yapay sulak alan, organik kirleticileri (AKM, $BOİ_5$ ve KOİ) atıksudan etkili bir şekilde arıtabilir. Sulak alanın içindeki oksijen transferinin sınırlı olması nedeniyle, besin maddelerinin (özellikle azotun) uzaklaştırılması sınırlıdır, ancak yatay akışlı yapay sulakalanlar atık sudaki nitratları arıtmaktadır. Şekil 2.10'da yatay akışlı yapay sulak alan kesiti verilmektedir.



Şekil 2.10. Yatay Akışlı Yapay Sulak Alan Kesiti (Godfrey, 2007)

Düşey akışlı yapay sulak alan düz bir kum yatağı katmanı, kum-çakıl karışımı katman, çakıl katmanı ve bitki örtüsünden oluşur. Atıksular üstten beslenir ve daha sonra kademeli olarak yatağa sızar ve tabanda bir drenaj borusu tarafından toplanır. Hızlı drenaj yapıldığında atmosferden atıksu hacmine eşit hacimde oksijen çekilir. Böylece yatak çok iyi oksijenlendirilerek BOİ ve amonyak giderimi için gerekli oksijen sağlanmış olur (Ayaz ve ark., 2011). Şekil 2.11'de düşey akışlı yapay sulak alan kesiti verilmektedir.



Şekil 2.11. Düşey Akışlı Yapay Sulak Alan Kesiti (Godfrey, 2007)

Düşey akışlı yapay sulak alanların yatay akışlı yapay sulak alanlara göre avantajları;

- Daha yüksek oksijen transferi kapasitesi ve daha etkin nitrifikasyon
- Yatay akışlı yapay sulak alanlara göre daha az alan ihtiyacı
- Daha etkin $BOİ_5$, KOİ ve patojen giderimi (UN-HABITAT, 2008).

2.2. Yapay Sulak Alanlarda Kirlilik Giderme Mekanizmaları

Yapay sulak alanlar, atık su, besin maddesi, bitki örtüsü ve bir çok farklı mikroorganizma (çoğunlukla bakteri) içeren kompleks bir birleşimdir. Bitki örtüsü yüzey alanı, mikroorganizmalar için uygun büyüme ortamı ve filtrasyonu sağladıkları için yapay sulak alanlar için hayati öneme sahiptir. Atıksu içerisinde bulunan kirleticiler fiziksel, kimyasal ve biyolojik prosesler ile arıtılırlar (UN-HABITAT, 2008). Tablo 2.1'de yapay sulak alanlarda kirletici giderim mekanizmaları verilmektedir.

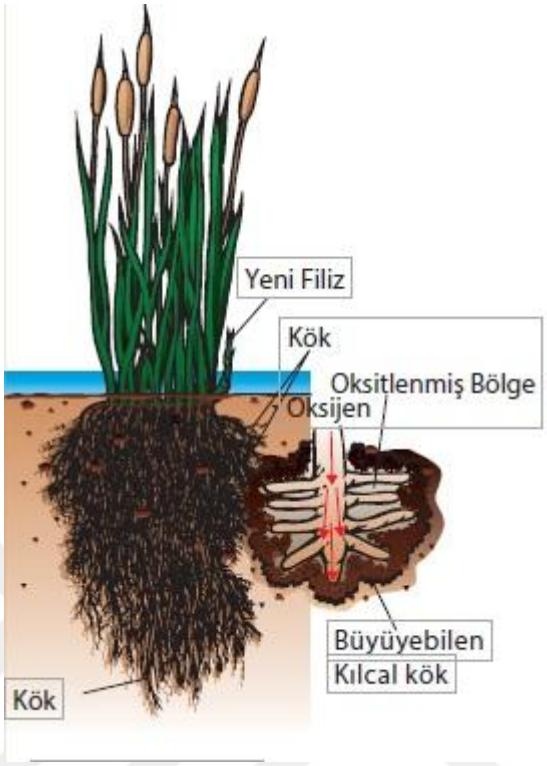
Tablo 2.1. Yapay Sulak Alanlarda Kirletici Giderim Mekanizmaları (Cooper ve ark., 1996)

Atıksu Bileşenleri	**Giderim Mekanizmaları**
Askıda Katı Maddeler	Çökelme Filtrasyon
Çözünmüş Organik Maddeler	Aerobik mikrobiyol bozunma Anaerobik mikrobiyal bozunma
Fosfor	Sorbsiyon Bitki köklerine alım
Azot	Nitrifikasyon Denitrifikasyon Bitki köklerine alım Sorbsiyon Amonyak uçması (Çoğunlukla yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanlarda)
Metaller	Adsorbsiyon ve katyon değişimi Kompeks oluşturma Çökelme Bitki köklerine alım Mikrobiyol oksidasyon
Patojenler	Sedimentasyon Filtrasyon Doğal ölüm Makrofit köklerinden antibiyotik boşaltımı

Bitkiler su akımını bloke edip hızlarını düşürürken askıdaki maddelerin çoğu çökelme ve filtrasyonla giderilir. Daha iri boyutlu askıda maddelerin giderimini sağlamak ve sulak alanın tıkanmasını önlemek için sulakalan girişine bir çökeltim havuzu konur. Havuz aynı zamanda çok kirli ise giriş suyunu seyreltmek için de kullanılabilir. Bu proses belirgin bir derecede BOİ, nutrientler (genelde azot ve fosfor) ve patojenlerin giderimini sağlar.

Çökelmeden sonra kalan çözünebilir organik maddeler bitkilerle temas halindeki bakteriyel biyofilmlerle (konvansiyonel sistemlerdekine benzer) aerobik olarak giderilir. Bitkilerin bu biyofilm tabakasına kökleri vasıtasıyla temin ettikleri oksijen aerobik

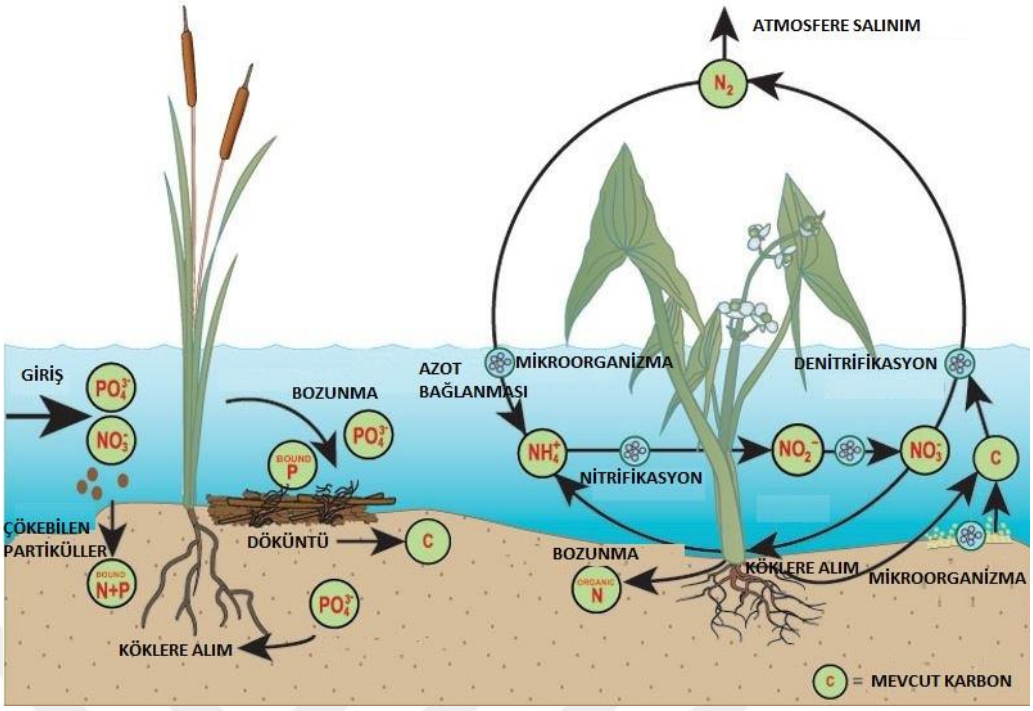
ayrışmaya yardımcı olur. Organik maddelerin anaerobik ayrışımı ise taban kısmında olur. Yapay sulak alanlarda bitki örtüsünün sağladığı oksijen transferi Şekil 2.12'de verilmektedir.



Şekil 2.12. Yapay Sulak Alanlarda Oksijen Transferi (UN-HABITAT, 2008)

Azot, içme suyu kaynaklarında insan sağlığını korumak için, diğer yüzeysel su kaynaklarında ötrofikasyona mani olmak için kontrol edilmesi gereken bir parametredir. Azot giderimi nitrifikasyon ve denitrifikasyon başta olmak üzere bitkiler tarafından alınma, amonyak uçuculaşması yoluyla gerçekleşmektedir.

Sulakalanlarda fosforun en temel giderimi; adsorpsiyon, filtrasyon, fiziksel çökelme (yerçekimiyle), kimyasal çökelme (kompleks oluşumuyla) ve bitki bünyesine alınma yolları iledir. Yapay sulak alanlarda nütrient giderimi Şekil 2.13'de verilmektedir.



Şekil 2.13. Yapay Sulak Alanlarda Nütrient Giderimi (Kostel, 2017)

Patojenlerin giderimi suyun sıcaklığına ve kimyasına ve güneş ışığına (ultraviyole) bağlı olarak gelişir. Bu faktörlere bağlı olarak doğal yollarla ölüm, bakteri yiyen mikroorganizmaların (zooplankton) bünyesine geçmesiyle ve çökelmeyle (partiküllere temasla) giderim de önemli bir yer tutar.

Bir sulakalan sistemindeki patojen mikroorganizmalar genelde parazitler, bakteriler ve virüslerdir. Tüm patojenlerin izlenmesi pratik olmadığından Fekal koliform gibi indikatör organizmalar izlenir. Fekal streptococci ve MS-2 bir arıtma sistemlerinin giderim performansını ölçmede kullanılmaktadır. Doğal sulakalanlar patojenlerin yaşamaları için çok uygun bir ortam olduğundan tam olarak giderilmeleri için dezenfeksiyona ihtiyaç duyulur. Yapay sulak alanlarla patojen giderimi %80 ile %90 arasında değişmektedir.

Sulakalanlar toksinler için mükemmel bir tamponlayıcılardır. Hidrokarbon, fenol, benzen, toluen ve ham yağların yapay sulakalanlarda çok yüksek verimlerle giderildiği kaydedilmiştir (Ayaz ve ark., 2011).

2.3. Yapay Sulak Alan Dizaynı

Yapay sulak alanların tabanı, atıksu içerisinde bulunan talaş, kum tanecikleri, çakıl ve askıda katı maddeler ile kolayca dolarak tıkanmalara sebep olabilir. Bu yüzden yapay sulak alan dizaynından önce bu konu düşünülmeli ve yapay sulak alan önüne bir fiziksel

arıtma (Ülkemizde genellikle ızgara tercih edilmektedir) teşkil edilmelidir (UN-HABITAT, 2008).

2.3.1. Fiziksel Arıtma

Fiziksel arıtma atıksu içerisinde bulunan katı maddelerin atıksudan ayrılması amacıyla teşkil edilmektedir. Fiziksel arıtma ile atıksu içerisinde bulunan katı maddeler ayrılarak atıksu bir sonraki arıtma ünitesine iletilmektedir. Ayrıca mevcut ise pompaların korunmasına yardımcı olmaktadır.

Fiziksel arıtma üniteleri sık sık gözlemlenmeli ve ızgaralarda tıkanmaya sebep olacak herhangi bir katı madde olup olmadığı günlük olarak kontrol edilmelidir. Ancak ülkemizde yapay sulak alanların inşa edildikten sonra bakım ihtiyacının olmayacağı ve arıtmayı kendiliğinden gerçekleştireceği düşünüldüğünden fiziksel arıtma üniteleri yapay sulak alanlar için ciddi işletme sorunları meydana getirmektedir. Şekil 2.14'de yapay sulak alanlarda fiziksel arıtma ünitelerinden kaynaklanan işletme sorunu verilmektedir.



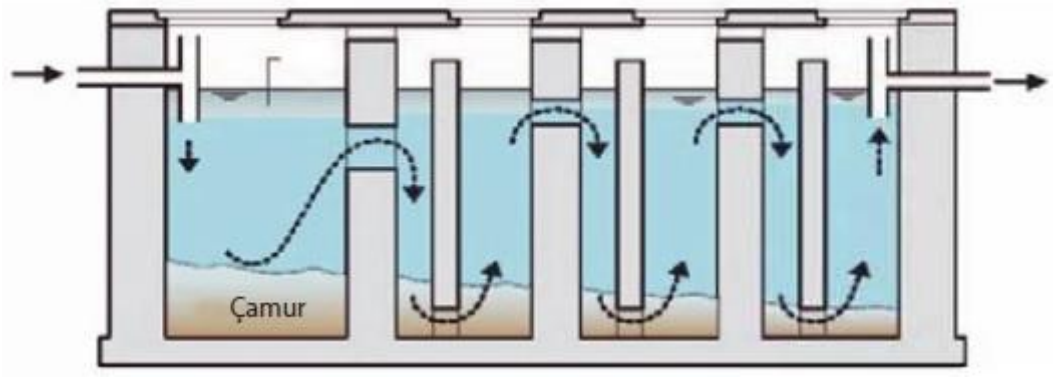
Şekil 2.14. Izgara çubuk aralıları geniş seçilen bir yapay sulak alanda ızgaradan sonraki hattın tıkanması (Foto: Mustafa COP, 2015)

Ülkemizde yapay sulak alanlarda fiziksel arıtma için ızgaralar kullanılmaktadır. Izgaralar seçilirken çubuk aralıkları iyi hesap edilmelidir. Çubuk aralıkları ne çok büyük ne de çok küçük seçilmemelidir. Çok büyük çubuk aralıklarına sahip yapay sulak alanlarda ızgara sonrasında tıkanmalar meydana gelirken, çok küçük çubuk aralıklarına sahip ızgaraların ise sık sık tıkandığı ve arıza verdiği tespit edilmiştir.

2.3.2. Fosseptik

Ülkemizde genellikle 4 gözlü olarak teşkil edilen fosseptikler askıda katı madde ve organik madde giderimde oldukça etkilidir. Bu sistemlerin temel prensibi giriş atıksu ile aktif çamurun temas süresini artırmaktır (UN-HABITAT, 2008). Bu fosseptik içerisinde bulunan perdeler yardımıyla atıksuyun üstten alta doğru bir yol izlemesi sağlanarak

yapılmaktadır. Atıksu üstten alta doğru ilerler ve fosseptiğin tabanında biriken aktif çamur ile temas süresi artırılmış olur. Şekil 2.15'de 4 gözlü fosseptik kesiti verilmektedir.



Şekil 2.15. 4 Gözlü Fosseptik Kesiti

Fosseptiklerde meydana gelecek bir tıkanmada atıksu yapay sulak alana ulaşmayacak ve fosseptik dışarısına taşacaktır. Bu durumda yapay sulak alan içerisinde ki bitki gurubu su ihtiyacını karşılayamayacak ve kurumaya başlayacaktır. Fosseptiklerin verimli bir şekilde işletilebilmesi ve yapay sulak alanlarda işletme problemlerine neden olmaması için senede en az 2 kere vidanjörler ile çekilerek boşaltılmalıdır. Şekil 2.16'da yapay sulak alana ait dolmuş bir fosseptik örneği verilmektedir.



Şekil 2.16. Dolmuş bir Fosseptik Örneği (Foto: Mustafa COP, 2015)

Fosseptikler inşa edilmeden önce zemin özellikleri iyi bir şekilde etüt edilmeli ve fosseptiğin inşasından sonra herhangi bir çökme yapması önlenmelidir.

2.3.3. Yüzey Alanı

Yapay sulak alanında yüzey alanı atıksu miktarı ve atıksu içerisindeki organik madde miktarı dikkate alınarak hesaplanacağı gibi, kişi başına düşen alan olarak da hesaplanabilmektedir.

$$\mathbf{A_h = \frac{Q_{ort}(lnC_İ - lnC_E)}{K_{BOİ}}}$$

A_h : Yapay Sulak Alan Yüzey Alanı (m^2)

Q_{ort} : Ortalama debi (m^3/gün)

$C_İ$: Giriş BOİ konsantrasyonu (mg/L)

C_E : Çıkış BOİ konsantrasyonu (mg/L)

$K_{BOİ}$: BOİ sabiti (m/gün)

BOİ sabiti ($K_{BOİ}$) sıcaklık, yapay sulak alan derinliği ve porozite yüzdesine göre değişen bir parametredir. 20 ^{0}C, 40 cm yatak derinliği ve %40 porozite değerlerine göre dikey akışlı yapay sulak alanlar için 2 yatay akışlı yapay sulak alanlar için 1,5 m/gün olarak kabul edilmektedir. Kişi başına düşen yapay sulak yüzey alanı ise dikey akışlı yapay sulak alanlar için 0,8-1,5 m^2/kişi, yatay akışlı yapay sulak alanlar için ise 1-2 m^2/kişi olarak kabul edilebilir (UN-HABITAT, 2008).

2.3.4. Derinlik

Bitki köklerinin atıksu ile teması sağlanarak etkin bir arıtma gerçekleştirmek için yapay sulak alanlarda derinlik bitkilerin köklenme derinliği ile sınırlıdır. Ancak yapay sulak alanlarda derinlik seçimi yapılırken hidrolik alıkonma süresi de düşünülmelidir.

Avrupa ülkelerinde yatay akışlı yapay sulak alanlarda ortalama derinlik 60 cm (Cooper ve ark., 1996) iken Amerika'da bu değer 30-45 cm aralığında değişmektedir (Steiner ve Watson, 1993). İspanya'da yapılan bir çalışmada ortalama 27 cm yatak derinliğine sahip yatay akışlı yapay sulak alanların ortalama 50 cm yatak derinliğine sahip yatay akışlı yapay sulak alanlara göre daha etkin bir arıtma gerçekleştirdiği gösterilmiştir (Caselles-Osorio ve García, 2007). Yatay akışlı yapay sulak alanlar için ortalama 30-40 cm yatak derinliği önerilmektedir (UN-HABITAT, 2008). Şekil 2.17'de yatay akışlı yapay sulak alan derinliği verilmektedir.

Dikey akışlı yapay sulak alanlar ise yatay akışlı yapay sulak alanlara göre daha derin bir yapıda teşkil edilirler. İngiltere'de genellikle 50-80 cm derinlikte (Cooper ve ark., 1996) teşkil edilen dikey akışlı yapay sulak alanlar Almanya'da 80 cm derinlikte teşkil edilmektedir (ATV-A 262E, 1998). Dikey akışlı yapay sulak alanlar için ortalama 60-70 cm yatak derinliği önerilmektedir (UN-HABITAT, 2008).



Şekil 2.17. Yatay Akışlı Yapay Sulak Alan Yatak Derinliği (Foto: Mustafa COP, 2015)

2.3.5. Yatak Medyası

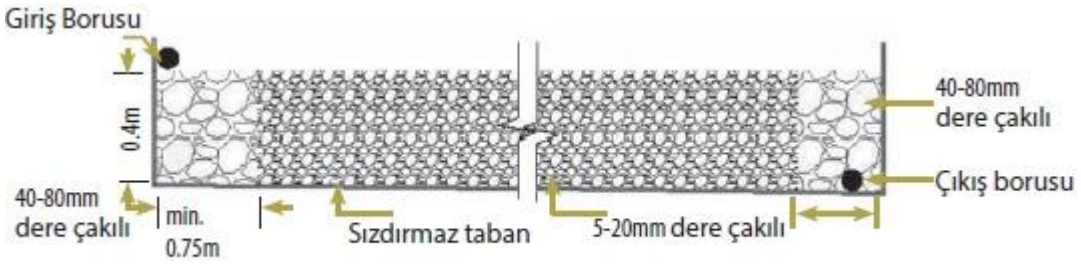
Yapay sulak alan yatak medya malzemesinin arıtma süreçlerinde çeşitli işlevleri vardır bunlar;

- Bitki örtüsü köklerinin tutunmasına yardımcı olur
- Atıksuyun giriş ve çıkışında eşit dağılma ve toplanmasına yardımcı olur
- Mikrobiyal büyüme için yüzey alanı sağlar
- Filtreleme görevi yaparlar

Çok küçük boyutlarda ki yatak medyası düşük hidrolik iletkenliğe sahiptir ve yüzeysel akışa neden olabilir. Çok büyük boyutlarda ki medya malzemesi ise düşük hidrolik iletkenliğe sahiptir ancak birim hacim başına düşen ıslak yüzey alanları düşüktür buda mikrobiyal büyümeyi olumsuz etkiler. Geniş ve köşeli medya malzemeleri bitki örtüsünün kök yayılımını olumsuz etkiler. Bu sebeplerden dolayı yapay sulak alanlarda yatak malzemesi olarak yıkanmış elenmiş dere çakılının kullanılması önerilmektedir (UN-HABITAT, 2008).

Çeşitli çalışmalarda yatay akışlı yapay sulak alanlar için kullanılan medya malzemesi çaplarının 0,2 mm ile 30 mm aralığında değiştiği gösterilmiştir (Steiner ve Watson, 1993; Reed ve ark., 1995; Vymazal, 1998).

Tıkanmaları engellemek ve atıksu akışının sistemin üstünden altına doğru yatay bir akış izlemesini sağlamak amacıyla yatay akışlı yapay sulak alanlarda giriş ve çıkış bölgelerinde medya malzemesi çaplarının 40 mm ile 80 mm aralığında olması tavsiye edilmektedir. Arıtma bölgesinde ise kullanılan medya malzemesinin çaplarının 5 mm ile 20 mm aralığında olması tavsiye edilmektedir (UN-HABITAT, 2008). Şekil 2.18' de yatay akışlı yapay sulak alanlarda kullanılan medya malzemesi çapları verilmektedir.



Şekil 2.18. Yatay Akışlı Yapay Sulak Alanlarda Medya Malzemesi

Dikey akışlı yapay sulak alanlarda ise giriş bölgesinde 20 mm ile 40 mm aralığında değişen çaplarda dere çakılı, sonrasında ve çıkış bölgesinde 5 mm ile 10 mm aralığında değişen çaplarda dere çakılı kullanılması tavsiye edilmektedir. Arıtma bölgesinde ise 1 mm ile 4 mm aralığında değişen çaplarda kum kullanılması tavsiye edilmektedir. Ayrıca yapay sulak alanlarda yatak eğiminin % 0,5-1 aralığında olması tavsiye edilmektedir (UN-HABITAT, 2008). Taban sızdırmazlığı için ise killi toprak veya geotekstil membran kullanılmaktadır. Sızdırmazlık için hangi malzemenin kullanılacağına ekonomik olarak uygunluk kriterine göre belirlenir. Şekil 2.19'da uygun yatak malzemesi ile teşkil edilen bir yapay sulak alan verilirken Şekil 2.20'de ise uygun olmayan bir yapay sulak alan yatak malzemesi verilmektedir.



Şekil 2.19. Uygun Yatak Medya Malzemesi (Foto: Mustafa COP, 2016)



Şekil 2.20. Uygun Olmayan Yatak Medya Malzemesi (Foto: Mustafa COP, 2015)

2.3.6. Giriş ve Çıkış Yapıları

Giriş ve çıkış yapıları atıksu akışını yapay sulak alan içerisinde dağıtmak, atıksu akışının izleyeceği yolu kontrol etmek ve su derinliğini ayarlamak için kullanılan yapılardır. Eşit atıksu akış dağılımını sağlamak için giriş ve çıkış yapılarında çok sayıda boşluk olmalıdır. Bu yapılar su alışverişinin çok zayıf olduğu ölü bölgelerin oluşmasını önlemektedir ve teorik alıkonma süresinden daha az alıkonma sürelerine neden olmaktadır. Giriş yapısı, atıksuyun kısa devre yapma ve tıkanma olasılığını en aza indirmek ve eşit akış dağılımını en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmalıdır; buna karşın çıkış yapısı, kısa devre yapma potansiyelini en aza indirmek ve atıksu akışını en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmalıdır ve atıksuyun seviyesinin ayarlanmasına olanak sağlamalıdır.

Atıkusuyun tek bir noktadan verilmesi, yapay sulak alan içerisinde eşit dağılımın sağlanamayacağından uygun değildir. Giriş yapıları perfore borular veya daha büyük çaplı yarıklı borulardan oluşmaktadır. Yapay sulak alan giriş yapıları yüzeyin üzerinden veya yüzeyin altından verilebilir. Yüzey üzerinde olan giriş yapılarında bakım ve onarım işlemleri daha kolaydır, yüzey altında olan giriş yapılarında ise yüzey üzerinde olan giriş yapılarında oluşan su yosunu büyümesi engellenir ancak bu yapılarda bakım ve onarım

daha zordur. Şekil 2.21'de yatay akışlı yapay sulak alan giriş yapısı verilirken Şekil 2.22'de ise dikey akışlı yapay sulak alan giriş yapısı örneği verilmektedir.



Şekil 2.21. Yatay Akışlı Yapay Sulak Alan Giriş Yapısı (Foto: Bilgehan NAS, 2016)



Şekil 2.22. Dikey Akışlı Yapay Sulak Alan Giriş Yapısı (Foto: Bilgehan NAS, 2016)

Yapay sulak alanlarda çıkış yapıları atıksuyun yapay sulak alan içerisinde eşit akışın sağlanmasının yanı sıra yapay sulak alan içerisinde ki su derinliğinin ayarlanmasına da yardımcı olur. Yapay sulak alan tasarımı yapılırken bitki büyümesi göz önünde bulundurulmalıdır. Bu sebeple çıkış yapıları yapay sulak alan içerisindeki atıksu seviyesini en az 15 cm azaltma veya artırma yapacak şekilde dizayn edilmelidir. Uygun bir çıkış yapısı önerilen yapay sulak alan yatak eğimini sağlamalıdır. Ayarlanabilir bir çıkış yapısına bağlanan atıksu drenaj borusu yüzey altı akışlı yapay sulak alanlar için işletme için esneklik ve güvenilirlik sunar (UN-HABITAT, 2008). Şekil 2.23' de yapay sulak alan çıkış yapısı verilmektedir.



Şekil 2.23. Yapay Alan Çıkış Yapısı (Foto: Bilgehan NAS, 2016)

2.3.7. Bitki Seçimi

Yapay sulak alanlarda bitki örtüsü etkin bir arıtma sağlamanın yanı sıra yapay sulak alanlara estetik olarak güzel bir görünüm kazandırırlar. Yapay sulak alanlara dikilecek bitki türünü seçerken dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Makrofit türlerinin yöresel olarak yetişebilmesi
- Köklerinin derine nüfuz etme kabiliyeti yüksek olmalı
- Büyük saçaklı ve lifli köklere sahip olmalı ve güçlü rizomları olmalı
- Nütrient asimilasyonu ve atıksuyun yapay sulak alan içerisinde maksimum yer değiştirmesini sağlamak için fazla biokütleye ve kalın gövdeye sahip olmalı
- Mikroorganizmalar için maksimum yüzey alanı sağlamalı
- Etkin oksijen transferi özelliği olmalıdır.

Yapay sulak alanlarda bitki örtüsü olarak genellikle hasırotu, saz ve sukamışı kullanılmaktadır. Su kamışı ve saz bitkisi yüksek üreme kabiliyeti, yaygın olarak bulunabilme, yüksek uyum sağlama kapasitesi ve iklimsel değişikliklere karşı dirençli

olmaları nedeni ile yapay sulak alanlarda kullanılan baskın türlerdir. Tablo 2.2'de yapay sulak alan bitki türlerinin karakteristik özellikleri verilmektedir.

Tablo 2.2. Yapay Sulak Alan Bitki Türleri Karakteristik Özellikleri (Reed ve ark., 1995; Crites ve Technobanoglous, 1998).

	Yapay Sulak Alan Bitki Türleri		
Karakteristik Özellik	**Hasırotu**	**Sukamışı**	**Saz**
Yaygın kullanım	Yaygın	Yaygın	Yaygın
Sıcaklık, ^{0}C	16-27	10-30	12-23
pH aralığı	4-9	4-10	2-8
Maksimum tuzluluk toleransı, ppt	20	30	45
Köklerin nüfuz derinliği, m	0,6	0,4	0,3
Habitat özellikleri	Tohum ve rizomları su kuşları, sıçan, kunduz ve balıklar için besin kaynağıdır.	Tohum ve kökleri su kuşları, sıçan, kunduz ve balıklar için besin kaynağıdır.	Çoğu su kuşu ve hayvanları için düşük besin değeri
Kuraklık dayanıklılığı	Ortalama	İyi	Yüksek
Büyüme	Ortalama Hız	Hızlı	Çok Hızlı

Yapay sulak alan bitkileri bölgede bulunan başka bir yapay sulak alan veya doğal sulak alanlardan alınarak ekilebileceği gibi bu imkânın olmadığı yerlerde ise rahatlıkla bulunabilmektedir. Yapay sulak alan bitki ekimi sırasında ekim 1 m^2'ye 4 kök gelecek şekilde yapılmalıdır. Ekim zamanı olarak sonbahar veya ilkbahar ayları tercih edilmelidir. Yapay sulak alan bitki örtüsü senede en az bir sefer hasat edilmelidir (UN-HABITAT, 2008). Şekil 2.24'de yapay sulak alanlarda kullanılan bitki türü örnekleri verilmiştir.



A: Hasırotu



B: Saz

Şekil 2.24. Yapay Sulak Alanlarda Kullanılan Bitki Türleri (Foto: Mustafa COP, 2015)

2.4. Yapay Sulak Alanların Avantajları ve Dezavantajları

Yapay sulak alanların da diğer arıtma alternatifleri gibi bir takım avantaj ve dezavantajları vardır.

2.4.1. Yapay Sulak Alanların Avantajları

- Yapay sulak alanların diğer arıtma seçeneklerine göre inşası daha az maliyetlidir.
- İşletme ve bakım masrafları düşüktür.(enerji ve tedarik)
- İşletme ve bakımı periyodik olup sürekli işçilikten çok sadece periyodik işgücü ister.
- Yapay sulak alanlar akıştaki değişikliği (alçalma yükselme) tolere edebilir.
- Suyun yeniden kullanılabilir duruma gelmesi ve kullanımını kolaylaştırır.
- Birçok yapay sulak alan organizmalarına doğal ortam sağlar.
- Peyzajda uygun olarak inşa edilebilirler.
- Su kalitesi iyileştirmesi yanında doğal yaşam ortam ve ortak kamu alanlarının estetik zenginliğini artırır.
- Kamu yararı açısından çevreye duyarlı yaklaşımlardır

2.4.2. Yapay Sulak Alanların Dezavantajları

- Geleneksel atık su arıtma sistemlerinden daha geniş alanlar gerektirir.
- Diğer seçeneklere göre bu sistem sadece arazinin müsait ve durumun elverişli olduğu yerlerde ekonomiktir.
- Performans geleneksel sistemlerden daha az verimli olabilir.
- Sulak alan arıtma etkinliği yağışı da içererek çevresel şartlardaki değişikliklere bağlı olarak mevsimden mevsime değişebilir.
- Sucul bitkilerin her sene ekimi yapılmalıdır.

Yapay sulak alanların avantaj ve dezavantajları klasik arıtma yöntemleri ile kıyaslanarak belirlenmiştir. Ancak yapay sulak alanların kendi içerisinde de serbest akışlı veya yüzeyaltı akışlı olup olmamasına göre bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanlar serbest yüzey akışlı yapay sulak alanlara göre daha az alan ihtiyacı gereksinimi ve özellikle yaz aylarında koku ve sinek problemi olmaması nedeni ile ülkemizde genellikle yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanlar tercih edilmektedir. Serbest yüzey akışlı yapay sulak alanlarda ise yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanlara göre daha az tıkanma problemleri meydana gelmektedir. Ayrıca serbest yüzey akışlı yapay sulak alanların işletme ve bakımı yüzeyaltı akışlı yapay sulak alanlara göre daha basittir.

2.5. Yapay Sulak Alanlarda İşletme ve Bakım

Yapay sulak alanlarda işletme ve bakım devreye alma, rutin ve uzun vadeli olarak sınıflandırılabilir. Bu üç aşama arasında önemli farklılıklar vardır. Buna ek olarak, yapay sulak alanın verimli çalışması için yılda en az iki kez kapsamlı kontroller yapılmalıdır. Fiziksel ve/veya ön arıtmanın (ızgara, fosseptik vb.) verimli bir şekilde işletilmesi ve bakımı, sulak alanın etkin çalışması için büyük önem taşımaktadır.

2.5.1. Devreye Alma Aşamasında İşletme ve Bakım

Devreye alma aşamasında amaç arıtma süreçleri ile doğrudan ilişkili olan bitki örtüsünü oluşturmaktadır. Devreye alma süresi, tasarım türüne, giriş atıksuyunun özelliklerine ve yılın mevsimine bağlı olarak uzunlukta değişiklik gösterecektir. Serbest yüzey akışlı sulak alanların devreye alma aşaması, bitki örtüsüne daha az bağımlı olduğu için daha az kritik olmasına rağmen, bitki örtüsü sulak alana estetik olarak güzel bir görünüm sağlamaktadır.

Devreye alma aşamasında ilk öncelik yapay sulak alan içerisinde ki su seviyesinin ayarlanmasıdır. Genellikle bitki ekimi gerçekleştikten sonra yapay sulak alan içerisinde ki su seviyesi yüzeye kadar getirilebilir. Bitkiler kökleşmeye başladıktan sonra yapay sulak alan içerisinde ki su seviyesi kademeli olarak tasarım su derinliğine kadar indirilebilir.

2.5.2. Rutin İşletme ve Bakım

Yapılan sulak alanlar "doğal" sistemler olduğundan, rutin çalışma çoğunlukla pasiftir ve operatör müdahalesi gerektirmez. Operatör dikkatli olmalı, problem meydana geldiğinde uygun önlemleri almalı ve gerektiğinde gerekli işletme denetimini gerçekleştirmelidir. Operatör müdahalesinin gerektiği en kritik hususlar;

- Yapay sulak alan içerisinde ki su seviyesinin ayarlanması
- Eşit akış dağılımının sağlanması

- Bitki örtüsü yönetimi
- Koku kontrolü
- Seddelerin bakımı

2.5.2.1. Su Seviyesinin Ayarlanması

Su seviyesi ve akış kontrolü, genellikle, iyi tasarlanmış bir yapay sulak alan performansında önemli etkiye sahip işletme değişkenlerdir. Su seviyesindeki değişiklikler hidrolik alıkonma süresini, atmosferik oksijenin su fazında difüzyonunu ve bitki örtüsü yoğunluğunu etkiler. Su seviyesinde meydana gelen önemli değişiklikler hemen araştırılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır. Su seviyesinde önemli değişikliğe neden olabilecek temel sorunlar; sızdırmazlık, hatların tıkanması, yağmursuyu drenajları, seddelerde meydana gelen delinmeler olarak sıralanabilir.

2.5.2.2. Eşit Akış Dağılımı

Yapay sulak alan boyunca giriş ve çıkış ayarlamaları yoluyla tek yönlü akışı sağlamak, beklenen arıtma performansını sağlamak için son derece önemlidir. Giriş çıkış yapıları rutin olarak kontrol edilmeli ve düzenli olarak ayarlanmalıdır. Giriş çıkış yapılarının tıkanmasına neden olabilecek katı maddeler temizlenmelidir. Eğer mevcut ise ızgara yüzeylerinde biriken katı maddeler düzenli olarak temizlenmelidir. Yüzey altında teşkil edilen giriş çıkış yapıları periyodik olarak kontrol edilmeli ve temizlenmelidir. Temizlemek için basınçlı su veya mekanik yöntemler kullanılabilir. Askıda katı maddeler yapay sulak alan giriş bölgelerinin yakınında birikir. Bu birikimler, hidrolik alıkonma sürelerini azaltabilir. Periyodik olarak giriş bölgesinin temizlenmesi gerekmektedir.

2.5.2.3. Bitki Örtüsü Yönetimi

Yapay sulak alan bitkileri her yıl, gelişir ölür ve yeni filiz vererek kendi kendilerini yenilerler. Bitki yönetiminde birinci amaç yapay sulak alan içerisinde istenilen bitki grubunu korumaktır. Bu, su seviyesinin ayarlanması ve yapay sulak alan içerisinde istenmeyen bitki guruplarının (yabani su otları vb.) ortadan kaldırılmasıyla sağlanır. Bitki örtüsünün azaldığı durumlarda, uygun su seviyesinin ayarlanması, yükün azaltılması, böcek ilacı kullanımı ve yeniden dikim yapılması gibi önlemler uygulanabilir. Yapay sulak alanlarda düzenli olarak bitki hasadı ve ölü bitki örtüsünün temizlenmesi yapılmalıdır. Yapay sulak alanların verimli bir şekilde işletilebilmesi için hasat ve temizlik işleminin her yıl en az bir kere yapılması gerekir.

2.5.2.4. Koku Kontrolü

Koku, tasarıma esas teşkil debi ve organik yük ile işletilen yapay sulak alanlarda nadiren sorun oluştururlar. Kötü kokunun kaynağı, genellikle, aşırı biyolojik oksijen

ihtiyacı (BOİ) ve amonyak yüklemeleri ile oluşabilen anaerobik koşullarla ilişkilidir. Koku, atıksuyun yatağın yüzeyinde oluşması halinde de oluşur; bu nedenle, atıksuyun yapay sulak alan yatağında düzgün bir şekilde dağılması kokuyu önler. Fosseptik boyutları çok büyük tasarlanırsa atıksu anaerobik şartlara maruz kalabilir ve bu atıksular yapay sulak alana girdiğinde koku yaratabilir ancak bu tür bir koku önemsizdir çünkü tıkanma olmazsa, atıksu yatağa hızla sızar ve koku oluşmaz.

2.5.2.5. Sedde Bakımı

Seddeler herhangi bir sızıntıyı önleyecek şekilde düzgün teşkil edilmelidir. Seddelerde herhangi bir toprak erozyonu ya da çatlak belirtildiği anda onarılmalıdır. Sedde çevresindeki sızıntılarda tıkanarak, sızdırmaz hale getirilip tamir edilmelidir.

2.5.3. Uzun Vadeli İşletme ve Bakım

Yapay sulak alan yönetiminde rutin işletme işlemleri ve bakım gereklidir. Mevzuat gerekliliklerine ek olarak, giriş ve çıkış debileri, atıksu kalitesi, su seviyeleri düzenli olarak izlenmeli ve değerlendirilmelidir. Zamanla bu veriler operatörün potansiyel problemleri tahmin etmesine ve uygun önlemleri seçmesine yardımcı olur.

Ön arıtma ünitelerinden gelen katılar ve çürüyen bitki örtüsünden gelen çöpler, yapay sulak alanlardaki gözenek alanını kademeli olarak azaltacaktır. Yatay akışlı yapay sulak alanlarda katıların çoğu giriş bölgesinde birikmektedir bu giriş bölgesinde gözenekliliği birkaç yıl içerisinde önemli ölçüde azaltacaktır ve atıksu yüzeysel akış eğilimine geçecektir. Bunun önlenmesi için giriş bölgesinde birken katılar düzenli olarak temizlenmelidir. Giriş bölgesinde biriken kartı madde oranı organik yükleme hızına bağlıdır.

Yapay sulak alanın arıtma performansı zaman zaman değerlendirilmelidir. Arıtma performansının saptanması için numuneler toplanmalı ve analiz edilmelidir. Yapay sulak alan giriş ve çıkışından alınan numunelerde akıda katı madde, BOİ, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam azot, amonyak, toplam fosfor ve fekal koliform analizleri düzenli olarak yapılarak sistemin performansı değerlendirilmelidir. Tablo 2.3, 2.4 ve 2.5'de yapay sulak alanlar için yapılması gereken bakım listesi verilmektedir.

Tablo 2.3. İki Haftalık Kontrol Programı

Sedde	Yabani su otları, toprak erozyonu ve deformasyon varlığı kontrol edilmelidir.
Giriş Yapısı	Eşit akış dağılımın, akışa engel herhangi bir engel ve deformasyonun olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Çıkış Yapısı	Akışa engel herhangi bir engel ve deformasyonun olup olmadığı kontrol edilmeli, Su seviyesinin uygunluğu belirlenmeli ve çıkış atıksu miktarı ve kalitesi ölçülmelidir.
Bitki Örtüsü	Bitki örtüsüne zarar verebilecek yabani bitki ve böcek varlığı kontrol edilmelidir.

Tablo 2.4. İki Aylık Kontrol Programı

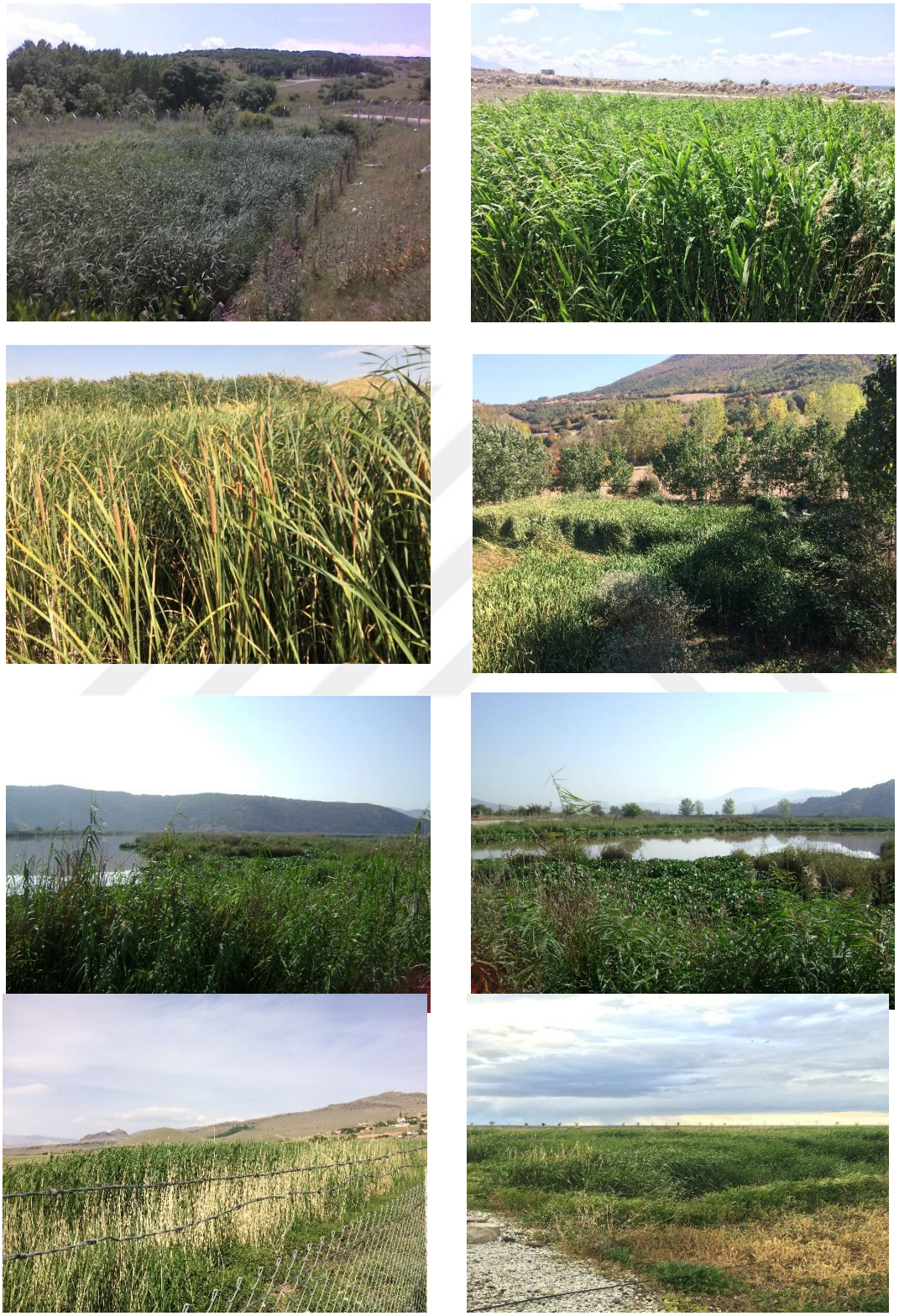
Sedde	Yabani su otları, toprak erozyonu ve deformasyon varlığı kontrol edilmelidir. Gerekiyorsa düzeltici önlemler alınmalıdır.
Çıkış Yapısı	Çıkış yapısının sağlıklı çalışıp çalışmadığı kontrol edilmelidir.
Bitki Örtüsü	Yapay sulak alan içerisinde istenmeyen yabani otların el ile biçilerek, kimyasal ilaç kullanarak veya geçici olarak su seviyesini artırarak kontrolü.
Ön Arıtma	Fosseptiklerde yapısal gözlem ve çıkış atıksu miktar ve kalitesinin gözlemlenmesi. Izgaralarda tıkanıklığa sebep olacak bir katı maddenin varlığının kontrolü.

Tablo 2.5. Yıllık Kontrol Listesi

Havuz Yüzeyi	Yüzeyde tıkanma varlığının kontrolü, tıkanma mevcut ise gerekli önleyici önlemlerin alınması
Giriş Yapısı	Giriş ve dağıtma boruları basınçlı su ile temizlenmeli
Çıkış Yapısı	Çıkış borusu etrafında biriken katı maddeleri ve ölü bitki artıkları temizlenmeli
Bitki Örtüsü	Hasat yapılmalı ve bitki yoğunluğunun az olduğu bölgelerde yeniden ekim yapılmalıdır.
Ön Arıtma	Fosseptik çamur seviyesi kontrol edilmeli ve gerekli ise vidanjörler ile boşaltılması sağlanmalıdır. Izgaralarda ise üretici firmanın önerdiği yıllık bakım uygulanmalıdır.

Yapay sulak alanlarda işletme ve bakım çok önemlidir. İşletme ve bakım talimatlarının uygulandığı bir yapay sulak alanda verimli bir arıtmanın gerçekleştirmenin yanı sıra estetik olarak güzel bir görünüm sağlanmış olur. Ancak inşa edildikten sonra kendi haline bırakılan yapay sulak alanlar ise atıl duruma gelerek verimli bir arıtma gerçekleştiremezken estetik olarak kötü bir görünüme sahip olurlar. Ayrıca koku ve sinek

gibi problemler ortaya çıkacağından sağlık açısından da tehlike oluşturacaklardır. Şekil 2.25'de iyi işletilen yapay sulak alan örnekleri verilmektedir.



Şekil 2.25. İyi İşletilen Yapay Sulak Alan Örnekleri

2.6. Yapay Sulak Alan Uygulamalarında Karşılaşılan Problemeler

Yapay sulak alan uygulamalarında proje, inşaat ve işletme aşamasında karşılaşılan genel problemler aşağıda verilmiştir.

2.6.1. Projelendirme Aşamasında

- Nüfus-Debi-Boyutlandırma Hataları (Yüksek debi hesabı, atıksu karakterizasyonun yanlış öngörülmesi, küçük alan seçimi)
- Yanlış bitki seçimi

2.6.2. İnşaat Aşamasında

- Tip projelerin aplikasyon hataları
- İnşa hataları (Belediyelerin kendi imkânları ile inşa etmeleri)
- Kullanılan malzemenin uygunsuzluğu (Jeomembran, boru, çakıl)

2.6.3. İşletme Aşamasında

- Personel yetersizliği
- Bakımsızlık (ön arıtmanın kontrolsüzlüğü, hasat yapılmaması…)
- Bitki yetişmemesi (bitkiden, iklimden, hidrolik şartlardan kaynaklı…)
- Arıtma alanının dış etkenlere açık olması
- Tıkanma problemleri (atıksu karakterizasyonu, öngörülmeyen kirleticilerin AAT ne bağlanması, ızgaraların by pass olarak çalışması)

Şekil 2.26 ile Şekil 2.32 arasında yapay sulak alan uygulamalarında karşılaşılan problemler verilmektedir.



Şekil 2.26. Filtre Malzemesi Tıkanıklığından Kaynaklanan Göllenme Gözlenen Yapay Sulak Alan



Şekil 2.27 Fosseptik veya Baca Tıkanıklığı Gözlenen Yapay Sulak Alan



Şekil 2.28 Bitkilendirme Yapılmamış Yapay Sulak Alan



Şekil 2.29 Bitki Hasadı Yapılmamış Yapay Sulak Alan



Şekil 2.30. Çevre Çiti Olmayan Yapay Sulak Alanda Otlayan Hayvanlar



Şekil 2.31. Fosseptik Betonarme Sızdırmazlığı Kontrol Edilmemiş Yapay Sulak Alan



Şekil 2.32. Giriş Yapısı Tıkanmış Yapay Sulak Alan

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Türkiye'de Yapay Sulak Alan Uygulamaları

Özellikle küçük yerleşim yerlerinin evsel nitelikli atıksularının arıtılması amacıyla kullanılan yapay sulak alanların ülkemizde kullanımı yaygındır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı verilerine göre ülkemizde 260 adet yapay sulak alan bulunmaktadır. Ayrıca İçişleri Bakanlığı Mahalli İdareler Genel Müdürlüğünün yaptırmış olduğu 1464 adet

yapay sulak alan mevcuttur. Toplamda ülkemizde 1724 adet yapay sulak alan bulunmaktadır. Bu yapay sulak alanların hizmet ettiği nüfus ise 620.275 kişidir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2016 yılı verilerine göre ülkemizde atıksuları arıtma tesisi ile sonlanan nüfus 65.025.536 kişidir. Bu nüfusun % 0,95'nin atıksuları ise yapay sulak alan sonlanmaktadır.

3.2. Konya İli Yapay Sulak Alan Tesisleri

Konya ili sınırları içerisinde 2016 yılı itibariyle 48 adet yapay sulak alan bulunmaktadır. Tablo 3.1' de ise yapay sulak alanların bulundukları ilçeler ve yapay sulak alanların hizmet ettiği nüfuslar verilmektedir. 2012 yılında 6360 sayılı ''**On Dört İlde Büyükşehir Belediyesi Ve Yirmi Yedi İlçe Kurulması İle Bazı Kanun Ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun**'' ile 48 adet yapay sulak alan Konya Büyükşehir Belediyesine devrolmuştur. Konya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından 48 adet yapay sulak alanda revizyon ve bakım çalışmaları tespiti yapılmıştır.

Tablo 3.1. Konya İli Yapay Sulan Alan Tesisleri

İLÇE ADI	MAHALLE ADI	TESİS ADI	NÜFUS
Akşehir	Altuntaş	Altuntaş AAT	1882
	Çakıllar	Çakıllar AAT	2646
	Çamlı	Çamlı AAT	1049
	Değirmenköy	Değirmenköy AAT	713
	Karahüyük	Karahüyük AAT	1941
	Yazla	Yazla AAT	1260
Altınekin	Altınekin	Altınekin AAT	13941
Beyşehir	Avdancık	Avdancık AAT	237
	Bayafşar	Bayafşar AAT	708
	Bayındır	Bayındır AAT	436
	Karaali	Karaali AAT	2281
	Karahisar	Karahisar AAT	286
	Kurucuova	Kurucuova AAT	812
Cihanbeyli	Günyüzü	Günyüzü AAT	1874
Doğanhisar	Deştiğin	Deştiğin AAT	1087
	Kemer	Kemer AAT	414
	Konakkale	Konakkale AAT	579
Halkapınar	İvriz	İvriz-1 AAT	4302
		İvriz-2 AAT	
Hüyük	Çavuş	Çavuş AAT	612
	Göçeri	Göçeri AAT	472
	Hüyük	Hüyük AAT	14719
Ilgın	Avdan	Avdan AAT	260
	Beykonak	Beykonak AAT	1177
	Bulcuk	Bulcuk AAT	364
	Büyükoba	Büyükoba AAT	329

	Çavuşçugöl	Çavuşçugöl AAT	944
	Çobankaya	**Çobankaya AAT**	219
	Kapaklı	Kapaklı AAT	326
Kadınhanı	Çavdar	Çavdar AAT	190
	Kökez	Kökez AAT	403
	Meydanlı	**Meydanlı AAT**	378
Kulu	Yeşilyurt	Yeşilyurt AAT	800
	Zincirlikuyu	**Zincirlikuyu AAT**	2079
Meram	Bayat	Bayat AAT	225
	İnlice	İnlice AAT	797
	Karaağaç	Karaağaç AAT	161
	Kızılören	Kızılören AAT	940
	Sağlık	Sağlık AAT	551
Selçuklu	Güvenç	Güvenç AAT	362
	Meydan	Meydan AAT	201
	Selahattin	Selahattin AAT	219
	Sızma	Sızma AAT	2220
Seydişehir	Gevrekli	Gevrekli AAT	1530
	Gökçehüyük	Gökçehüyük AAT	334
	Kuran	Kuran AAT	472
Tuzlukçu	Erdoğdu	Erdoğdu AAT	294
Yunak	Hacıömeroğlu	Hacıömeroğlu AAT	385

Saha çalışmalarından sonra tesisler ile ilgili ortak problemlerin tespit edilmesi için 48 adet yapay sulak alan için bir matris oluşturulmuştur. Oluşturulan matris sonuçlar kısmında verilmiştir.

Yapay sulak alanların hizmet ettiği nüfuslar 2016 yılı nüfusları olup Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK) verilerinden alınmıştır.

Konya ili yapay sulak alanlarda revizyon ve bakım ihtiyaçları belirlenirken; tüm tesisler girişinden çıkışına kadar yerince incelenmiş, tesislerin gerçek boyutları ölçülerek tesis çizimleri Autocad ortamında yapılmış ve tesislerin revizyon ve bakım ihtiyaçları için keşif ve metraj listeleri çıkarılarak maliyetleri belirlenmiştir. Tablo 3.2' de bir yapay sulak alana ait örnek keşif metraj listesi verilmektedir.

Tablo 3.2. Yapay Sulak Alanlarda Yapılan Örnek Keşif Metraj Listesi

		…… ATIKSU ARITMA TESİSİSLERİ KEŞİF ÖZETİ				**Rev 0**
SIRA NO.	**POZ.NO.**	**İMALATIN CİNSİ**	**BİRİM**	**MİKTAR**	**BİRİM FİYAT (TL)**	**TOPLAM TUTAR (TL)**
1	ÖBF.009	Fossepik temizliği	m^3	240		
2	ÖBF.035	BA direkli kafes tel ile himaye çiti yapılması	mt	18,00		

3	KGM/51.106/B	Galvanizli Kafes Telden Çit Yapılması	m^2	172,50		
4	ÖBF.033	Boru Direkli PVC Tel Örgülü Çift Kanatlı Tel Çit Kapısı Yapılması	Adet	1,00		
5	ÖBF.036	140 mm PN 10 Perfore HDPE Boru Döşenmesi	mt	16,00		
6	ÖBF.037	140 mm PN 10 HDPE Boru Döşenmesi	mt	4		
7	ÖBF.038	140 mm PN 10 HDPE Boru Döşenmesi 90 derece dirsek	Adet	4		
8	ÖBF.039	140 mm PN 10 HDPE Boru Döşenmesi T parçası	adet	2		
9	ÖBF.054	Koruge Boru HDPE Boru Bağlantı Adaptörü	Adet	2		
10	ÖBF.006	Yapay Sulak Alan Havuzlarına Bitki (Kargı-Su Kamışı) dikimi	adet	503,00		
11	3804.01	Tam alanda işçi gücü ile (ot yoğunluğu % 50' ye kadar) ot temizliği	DA	0,40		
12	ÖBF.028	Yatak malzemesinin çıkarılması ve projesindeki yerine serilmesi işi	ton	118		
13	ÖBF.029	15-40 mm elenmiş, yıkanmış dere çakılı temini, nakliyesi ve yerine serilmesi işi	ton	84		
14	ÖBF.029	7-15 mm elenmiş, yıkanmış dere çakılı temini, nakliyesi ve yerine serilmesi işi	ton	58		
15	ÖBF.008	Atıksu Arıtma Tesisi Yönlendirme Levhası Yapılması İşi (Çift Taraflı)-Tip1	Adet	1,00		
16	ÖBF.007	Atıksu Arıtma Tesisi Tanıtım Yapılması İşi	Adet	1		
17	ÖBF.025	Servis Yolu Yapılması	mt	54		
18	ÖBF.047	Uyarı Levhası Temini ve Montajı	Adet	5		
		TOPLAM				**0,00**

3.3. İncelenen Tesisler

Tez kapsamında incelenecek tesisler Çobankaya Atıksu Arıtma Tesisi (AAT), Meydanlı AAT ve Zincirlikuyu AAT ‘dir. Tez kapsamında incelenecek tesisler belirlenirken şu kriterler göz önünde bulundurulmuştur;

- Tesis işletiliyor mu?
- Tesisin ait revizyon ve bakım ihtiyacı tesisin çalışmasını engelliyor mu?
- Tesise su girişi mevcut mu?

- Tesisten su çıkışı mevcut mu?
- Tesise ulaşım durumu nasıl?
- Tesisten düzenli olarak giriş ve çıkış numunesi alınabilir mi?

Çobankaya AAT, Meydanlı AAT ve Zincirlikuyu AAT'nin uydu görüntüleri Şekil 3.1'de verilmektedir.



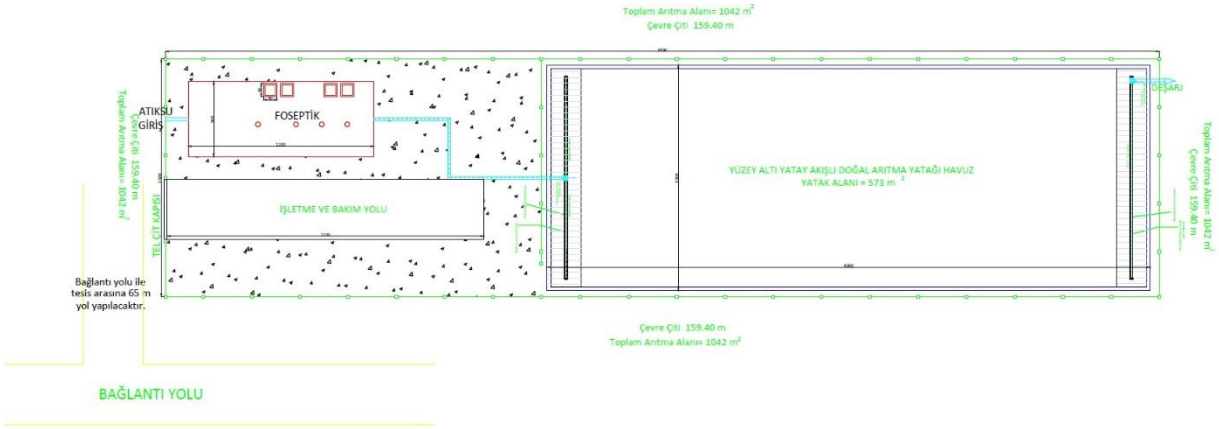
Şekil 3.1. Çobankaya AAT, Meydanlı AAT ve Zincirlikuyu AAT'nin uydu görüntüleri

3.3.1. Çobankaya Atıksu Arıtma Tesisi

Konya İli Ilgın İlçesi Çobankaya Mahallesinde tarım ve hayvancılık faaliyetleri yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Çobankaya mahallesinde yaz ve kış nüfusları arası fazla bir değişiklik olmamaktadır. Çobankaya Mahallesi içme suyu ihtiyacını Yalburt'tan ve 2 Km kuzeyde Bağ tepesi mevkiinde Köy Hizmetlerinin 1986 yılında açtığı sondaj kuyusundan sağlamaktadır. Çobankaya mahallesinden kaynaklanan evsel nitelikli atıksular 219 kişilik bir nüfusa hizmet eden yüzey altı akışlı olan Çobankaya atıksu arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Atıksular kolektör hattı ile fosseptiğe gelmektedir. Yapay sulak alanlar için arıtmanın ilk aşaması olan fosseptiklerde, yeterli alıkonma süresi neticesinde atıksuda bulunan çökebilen katı maddeler çökeltilerek giderilmektedir. Atıksular fosseptikten sonra 1 adet betonarme yapay sulak alan havuzuna verilmektedir. Çobankaya atıksu arıtma tesisi 2010 yılında işletmeye alınmıştır. Tesis mahalli idareler birliği tarafından yaptırılmıştır. Şekil 3.2'de Çobankaya atıksu arıtma tesisine ait bir görünüm verilmektedir. Şekil 3.3' de ise Çobankaya atıksu arıtma tesisine ait Autocad çizimi verilmiştir.



Şekil 3.2. Çobankaya AAT'ne air bir görüntü



Şekil 3.3. Çobankaya AAT Autocad çizimi

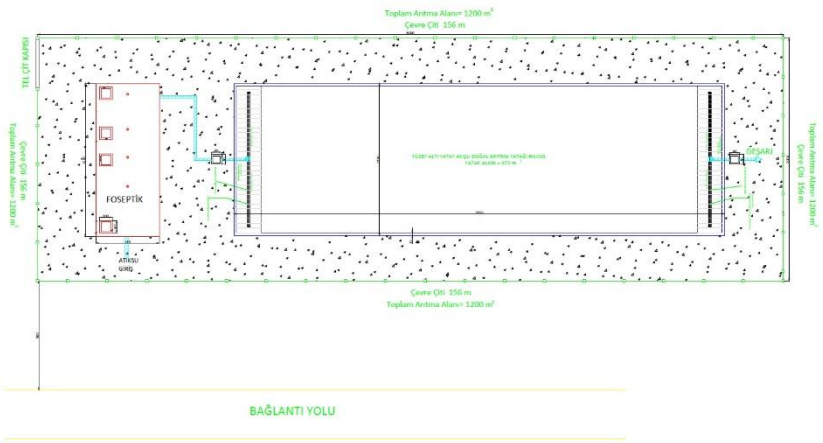
3.3.2. Meydanlı Atıksu Arıtma Tesisi

Konya İli Kadınhanı İlçesi Meydanlı Mahallesinde tarım ve hayvancılık faaliyetleri yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Meydanlı mahallesinde yaz ve kış nüfusları arası fazla bir değişiklik olmamaktadır. Meydanlı mahallesinden kaynaklanan evsel nitelikli atıksular 378 kişilik bir nüfusa hizmet eden yüzey altı akışlı olan Meydanlı atıksu arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Atıksular kolektör hattı ile fosseptiğe gelmektedir. Yapay sulak alanlar için arıtmanın ilk aşaması olan fosseptiklerde, yeterli alıkonma süresi neticesinde atıksuda bulunan çökebilen katı maddeler çökeltilerek giderilmektedir. Atıksular fosseptikten sonra 1 adet betonarme yapay sulak alan havuzuna verilmektedir. Meydanlı atıksu arıtma tesisi 2010 yılında işletmeye alınmıştır. Tesis mahalli idareler

birliği tarafından yaptırılmıştır. Şekil 3.4'de Meydanlı atıksu arıtma tesisine ait bir görünüm verilmektedir. Şekil 3.5' de ise Meydanlı atıksu arıtma tesisine ait Autocad çizimi verilmiştir.



Şekil 3.4. Meydanlı AAT'ne air bir görüntü



Şekil 3.5. Meydanlı AAT Autocad çizimi

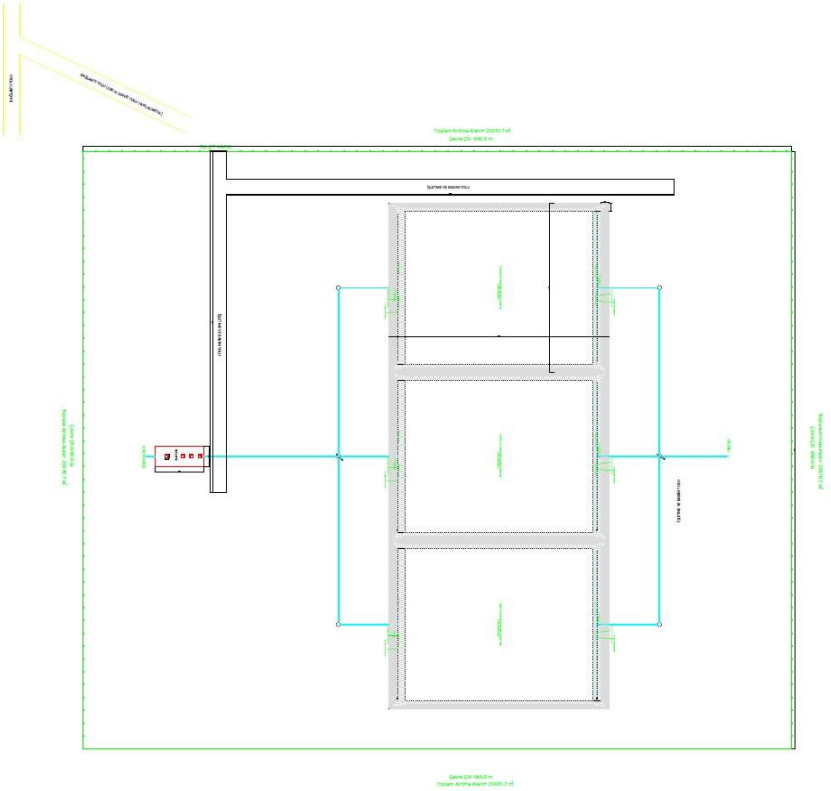
3.3.3 Zincirlikuyu Atıksu Arıtma Tesisi

Konya İli Kulu İlçesi Zincirlikuyu Mahallesinde bulunan Zincirlikuyu atıksu arıtma tesisi 2079 kişilik bir nüfusa hizmet eden yüzey altı akışlı yapay sulak alandır. Bölgede yaz ve kış nüfus farkı oldukça fazladır. Bu durum göz önünde bulundurularak inşa edilmiş

olan tesiste kapasite sorunu yaşanamamaktadır. İçme suyu için 2 tane kuyu bulunmaktadır. Yazın bazı durumlarda yedek kuyu devreye girmektedir. Mahallenin %80 inde kanalizasyon hattı mevcuttur. Atıksular kolektör hattı ile fosseptiğe gelmektedir. Yapay sulak alanlar için arıtmanın ilk aşaması olan fosseptiklerde, yeterli alıkonma süresi neticesinde atıksuda bulunan çökebilen katı maddeler çökeltilerek giderilmektedir. Atıksular fosseptikten sonra paralel bağlı 3 adet yapay sulak alan havuzuna verilmektedir. Zincirlikuyu atıksu arıtma tesisi 2006 yılında işletmeye alınmıştır. Tesis mahalli idareler birliği tarafından yaptırılmıştır. Şekil 3.6'da Zincirlikuyu atıksu arıtma tesisine ait bir görünüm verilmektedir. Şekil 3.7' de ise Zincirlikuyu atıksu arıtma tesisine ait Autocad çizimi verilmiştir.



Şekil 3.6. Zincirlikuyu AAT'ne air bir görüntü



Şekil 3.8. Zincirlikuyu AAT Autocad çizimi

3.4. Deneysel Metotlar

Seçilen yapay sulak alanlarda 2016 yılı içerisinde çeşitli zamanlarda Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine uygun olarak giriş ve çıkış suyu numuneleri alınmıştır Alınan numuneler sulak alan performansını değerlendirebilmek için pH, EC, $BOİ_5$, KOİ, AKM, toplam azot ve fosfor analizlerine tabi tutulmuştur. Yapılan analizlerin analiz metodları ve standartları Tablo 3.3'de verilmektedir.

Ülkemizde atıksu arıtma tesisleri için deşarj limitleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yayımladığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre belirlenmektedir. Yapay sulak alanlar Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21.5'e tabi olup deşarj limitleri bu tabloda belirlenmiştir. Tablo 4.1'de Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21.5 verilmektedir.

Tablo 3.3. Analiz Metotları ve Standartları

PARAMETRE	ANALİZ METODU	STANDART ADI
pH	Elektrokimyasal Metod	SM 4500 H-B
İletkenlik	Laboratuvar Metodu	SM 2510 B
Askıda Katı Madde	Gravimetrik Metod	SM 2540 D
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	Respirometrik Metod	SM 5210 D
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	Kapalı Reflaks Metodu	SM 5520 C
Toplam Azot	Hach Lange deney kitleri	LCK 338
Toplam Fosfor	Hach Lange deney kitleri	LCK 348

Tablo 3.4. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21.5 Evsel Nitelikli Atıksular* (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma(Yapay Sulak Alan) ve Stabilizasyon Havuzları Sistemiyle Biyolojik Arıtma Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
BİYOKİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI ($BOİ_5$) (ÇÖZÜNMÜŞ)	(mg/L)	75	50
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ)	(mg/L)	180	120
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/L)	200	150
pH	-	6-9	6-9

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. İncelenen Tesisler İçin Öngörülen Revizyon Kapsamı ve Maliyetleri

İncelenen 3 farklı yapay sulak alan için revizyon kapsamları ve maliyetleri belirlenmiştir. Tablo 4.1'de Çobankaya AAT için öngörülen revizyon kapsamı ve maliyeti, Tablo 4.2'de Meydanlı AAT için öngörülen revizyon kapsamı ve maliyeti ve Tablo 4.3'de Zincirlikuyu AAT revizyon kapsamı ve maliyeti verilmektedir. Fiyatlar piyasa fiyatları olup 2015 yılında hazırlanmıştır.

Tablo 4.1. Çobankaya AAT Öngörülen Revizyon Kapsamı ve Maliyeti

		ÇOBANKAYA ATIKSU ARITMA TESİSİSLERİ KEŞİF ÖZETİ				Rev 0
SIRA NO.	POZ.NO.	İMALATIN CİNSİ	BİRİM	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM TUTAR (TL)
1	ÖBF.035	BA direkli kafes tel ile himaye çiti yapılması	mt	65,00	30,00	1950
2	ÖBF.033	Boru Direkli PVC Tel Örgülü Çift Kanatlı Tel Çit Kapısı Yapılması	Adet	1,00	550,00	550
3	16.200/İB4	Dağıtım ve Muayene Kontrol Bacası Teşkili	Adet	2	1200,00	2400
4	ÖBF.036	140 mm PN 10 Perfore HDPE Boru Döşenmesi	mt	30,00	45,00	1350
5	ÖBF.037	140 mm PN 10 HDPE Boru Döşenmesi	mt	4	45,00	180
6	ÖBF.038	140 mm PN 10 HDPE Boru Döşenmesi 90 derece dirsek	Adet	4	70,00	280
7	ÖBF.039	140 mm PN 10 HDPE Boru Döşenmesi T parçası	adet	2	100,00	200
8	ÖBF.054	Koruge Boru HDPE Boru Bağlantı Adaptörü	Adet	2	280,00	560
9	ÖBF.006	Yapay Sulak Alan Havuzlarına Bitki (Kargı-Su Kamışı) dikimi	adet	1994,00	1,50	2991
10	3804.01	Tam alanda işçi gücü ile (ot yoğunluğu % 50' ye kadar) ot temizliği	DA	0,04	369,30	14,77
11	ÖBF.028	Yatak malzemesinin çıkarılması ve projesindeki yerine serilmesi işi	ton	243	5,00	1215
12	ÖBF.029	15-40 mm elenmiş, yıkanmış dere çakılı temini, nakliyesi ve yerine serilmesi işi	ton	267	35,00	9345
13	ÖBF.029	7-15 mm elenmiş, yıkanmış dere çakılı temini, nakliyesi ve yerine serilmesi işi	ton	218	35,00	7630
14	ÖBF.008	Atıksu Arıtma Tesisi Yönlendirme Levhası Yapılması İşi (Çift Taraflı)-Tip1	Adet	1,00	75,00	7
15	ÖBF.008	Atıksu Arıtma Tesisi Yönlendirme Levhası Yapılması İşi (Çift Taraflı)-Tip2	Adet	1,00	50,00	50
16	ÖBF.007	Atıksu Arıtma Tesisi Tanıtım Yapılması İşi	Adet	1	150,00	150
17	ÖBF.047	Uyarı Levhası Temini ve Montajı	Adet	6	10,00	60
18	ÖBF.025	Servis Yolu Yapılması	mt	86	50,00	4300
		TOPLAM				**33300**

Tablo 4.2. Meydanlı AAT Öngörülen Revizyon Kapsamı ve Maliyeti

		MEYDANLI ATIKSU ARITMA TESİSİSLERİ KEŞİF ÖZETİ				Rev 0
SIRA NO.	POZ.NO.	İMALATIN CİNSİ	BİRİM	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM TUTAR (TL)
1	ÖBF.036	140 mm PN 10 Perfore HDPE Boru Döşenmesi	mt	24,00	45,00	1080
2	ÖBF.037	140 mm PN 10 HDPE Boru Döşenmesi	mt	4	45,00	180
3	ÖBF.038	140 mm PN 10 HDPE Boru Döşenmesi 90 derece dirsek	Adet	4	70,00	280
4	ÖBF.039	140 mm PN 10 HDPE Boru Döşenmesi T parçası	adet	2	100,00	200
5	ÖBF.054	Koruge Boru HDPE Boru Bağlantı Adaptörü	Adet	2	280,00	560
6	ÖBF.006	Yapay Sulak Alan Havuzlarına Bitki (Kargı-Su Kamışı) dikimi	Adet	1614,00	1,50	2421
7	3804.01	Tam alanda işçi gücü ile (ot yoğunluğu % 50' ye kadar) ot temizliği	DA	0,64	369,30	236
8	ÖBF.028	Yatak malzemesinin çıkarılması ve projesindeki yerine serilmesi işi	ton	332	5,00	1660
9	ÖBF.029	15-40 mm elenmiş, yıkanmış dere çakılı temini, nakliyesi ve yerine serilmesi işi	ton	219	35,00	7665
10	ÖBF.029	7-15 mm elenmiş, yıkanmış dere çakılı temini, nakliyesi ve yerine serilmesi işi	ton	179	35,00	6265
11	ÖBF.008	Atıksu Arıtma Tesisi Yönlendirme Levhası Yapılması İşi (Çift Taraflı)-Tip1	Adet	1,00	75,00	75
12	ÖBF.007	Atıksu Arıtma Tesisi Tanıtım Yapılması İşi	Adet	1	150,00	150
13	ÖBF.047	Uyarı Levhası Temini ve Montajı	Adet	6	10,00	60
		TOPLAM				**20832**

Tablo 4.3. Zincirlikuyu AAT Öngörülen Revizyon Kapsamı ve Maliyeti

		ZİNCİRLİKUYU ATIKSU ARITMA TESİSİSLERİ KEŞİF ÖZETİ				Rev 0
SIRA NO.	POZ.NO.	İMALATIN CİNSİ	BİRİM	MİKTAR	BİRİM FİYAT (TL)	TOPLAM TUTAR (TL)
1	ÖBF.009	Fosseptik temizliği	m^3	250	30,00	7500
2	ÖBF.035	BA direkli kafes tel ile himaye çiti yapılması	mt	6,00	30,00	180
3	KGM/51.106/B	Galvanizli Kafes Telden Çit Yapılması	m^2	4,50	11,91	53
4	ÖBF.012	4,00x1,50 Ebadında Demir Kapı Boya Yapılması İşi	m^2	4,5	18,28	82
5	ÖBF.013	Yapay Sulak Alan Havuzlarında Bitki Hasadı Yapılaması İşi	m^2	3800	0,50	1900
6	3804.01	Tam alanda işçi gücü ile (ot yoğunluğu % 50' ye kadar) ot temizliği	DA	19,71	369,30	7278
7	ÖBF.007	Atıksu Arıtma Tesisi Tanıtım Yapılması İşi	Adet	1	150,00	150
8	ÖBF.008	Atıksu Arıtma Tesisi Yönlendirme Levhası Yapılması İşi (Çift Taraflı)-Tip1	Adet	1,00	75,00	75
9	ÖBF.025	Servis Yolu Yapılması	mt	295	50,00	14750
10	ÖBF.047	Uyarı Levhası Temini ve Montajı	Adet	12	10,00	120
		TOPLAM				**32089**

4.2. Konya İli Yapay Sulak Alanlarda Karşılaşılan Problemler

Saha çalışmalarında Konya ilinde bulunan 48 adet yapay sulak alan tesisleri yerinde incelenmiştir. Genellikle Konya ili yapay sulak alanlarında ortak problemler ile karşılaşılırken bu problemler proje aşamasında, inşaat aşamasında ve işletme aşamasında olmak üzere sınıflandırılmıştır.

4.2.1. Proje Aşamasında

Konya ilinde bulunan yapay sulak alanlarda proje aşamasında karşılaşılan problemler;

- Hatalı nüfus-debi hesaplamaları ve öngörülen atıksu karakterizasyonunda ki hatalar nedeni ile yapay sulak alanın inşa edileceği arazinin çok büyük veya çok küçük seçilmiş olması.

- Proje aşamasında yörenin iklim koşullar düşünülmeden seçilen yapay sulak alan bitki örtüsünün kısa süre içinde ölmesi.
- Bitki örtüsünde ki kök sayısının yanlış hesaplanması.
- Himaye çitinin düşünülmemesi nedeni ile yapay sulak alanın bir süre sonra hayvanlar için otlama alanı olması ve kontrolsüz insan giriş çıkışı (özellikle çocuklar).
- Yerleşim yerlerine yakın yer seçimi yapılması nedeniyle kaynaklanan estetik ve sağlık problemleri.
- Yapay sulak alana servis yolu düşünülmemesi.

4.2.2. İnşaat Aşamasında

Konya ilinde bulunan yapay sulak alanlarda inşaat aşamasında karşılaşılan problemler;

- Zemin özellikleri gözardı edilerek inşa edilen fosseptiklerde bir süre sonra zemin oturması nedeniyle yaşanan taban çökmesi veya eğilmesi.
- Yapay sulak alan giriş-çıkış borularının uygun nitelikte ve kalitede teşkil edilmediğinden bir süre sonra borularda meydan gelen deformasyonlar ve buna bağlı meydana gelen tıkanmalar.
- Yapay sulak alan yatak medya malzemesinin yıkanmış elenmiş dere çakılı yerine temini daha kolay ve ekonomik olan kırmataş ve/veya mıcır kullanılması nedeniyle meydana gelen tıkanmalar.
- Yapay sulak alan için gerekli zemin eğiminin verilememesinden kaynaklanan bölgesel göllenme problemi ve/veya bitki köklerine su ulaşamamasından kaynaklanan bitki örtüsü ölümü.
- Çıkış yapılarının uygun teşkil edilememesi sebebi ile yapay sulak alan içerisinde ki su seviyesinin ayarlanamaması.
- Projede öngörülen himaye çitinin uygun nitelikte ve kalitede teşkil edilmemesi.
- Projede öngörülen bitki örtüsünün uygun sayıda ve uygun zamanda ekiminin gerçekleşmemesi.
- Projede öngörülen servis yolunun inşa edilmemesi.
- Yapay sulak alanı kendi imkânları ile yapan Belediyelerin projenin aslına uygun inşaat işlemlerini gerçekleştirememeleri.

4.2.3. İşletme Aşamasında

Konya ilinde bulunan yapay sulak alanlarda işletme aşamasında karşılaşılan problemler;

- Küçük yerleşim yerleri için inşa edilen yapay sulak alanlarda işletme personeli düşünülmemesi.
- Gerekli günlük, aylık ve senelik kontrollerin ve bakımların yapılmaması
- Fosseptiklerin temizlenmemesi
- Bitki hasadının yapılmaması ve ölü bölgelere yeniden ekim gerçekleştirilmemesi
- Yapay sulan alan içerisindeki su seviyesinin yanlış ayarlanması
- Meydana gelen tıkanmalara karşı önlem alınmaması
- Yabani otlanma ve yabani böcek ile mücadele edilmemesi

4.3. İncelenen 3 Farklı Yapay Sulak Alanda Arıtma Verimleri

Çobankaya AAT, Meydanlı AAT ve Zincirlikuyu AAT'lerinde farklı zamanlarda giriş ve çıkış rögarlarından alınan atıksu numunelerinde $BOİ_5$, KOİ, pH, AKM, TN ve TP analizleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. Analizler Konya atıksu arıtma tesisi laboratuvarında yapılmıştır.

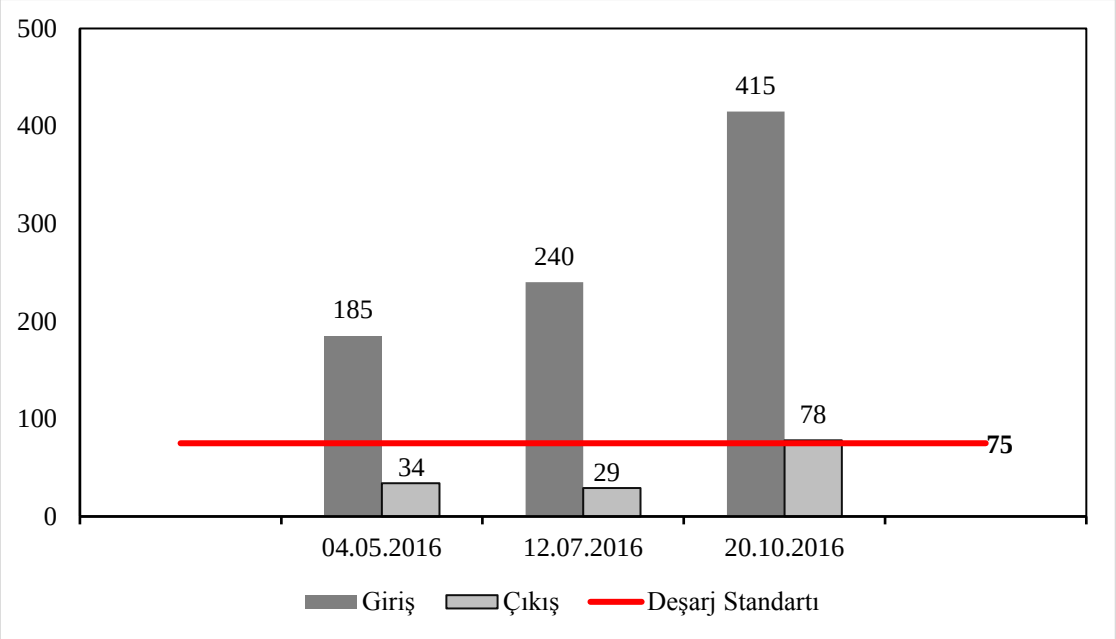
4.3.1. Çobankaya AAT Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çobankaya AAT'de 2016 yılı içerisinde farklı tarihlerde alınan giriş ve çıkış numunelerinin analizleri Konya AAT merkez laboratuvarında yapılmıştır. Tablo 4.4'de Çobankaya AAT $BOİ_5$ analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.4. $BOİ_5$ Analiz Sonuçları

	$BOİ_5$ ANALİZLERİ	
Tarih	Çobankaya AAT Giriş	Çobankaya AAT Çıkış
04.05.2016	185	34
12.07.2016	240	29
20.10.2016	415	78

Çobankaya AAT analiz sonuçları incelediğinde $BOİ_5$ giriş değeri 185-415 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 29-78 mg/L aralığında değişmektedir. SKKY deşarj standartlarını genelde sağlayan Çobankaya AAT' de 20.10.2016 tarihli numunede $BOİ_5$ giriş değeri 415 mg/L olarak okunmuştur bu değer küçük bir yerleşim yeri için oldukça yüksek bir değer olmakla birlikte o gün tesise hayvansal atığın verildiği düşünülmektedir. Şekil 4.1'de Çobankaya AAT $BOİ_5$ analiz sonuçlarının SKKY Tablo 21.5'de ki deşarj standartları ile birlikte verilmektedir. Tablo 4.5'de Çobankaya AAT KOİ analiz sonuçları verilmektedir.

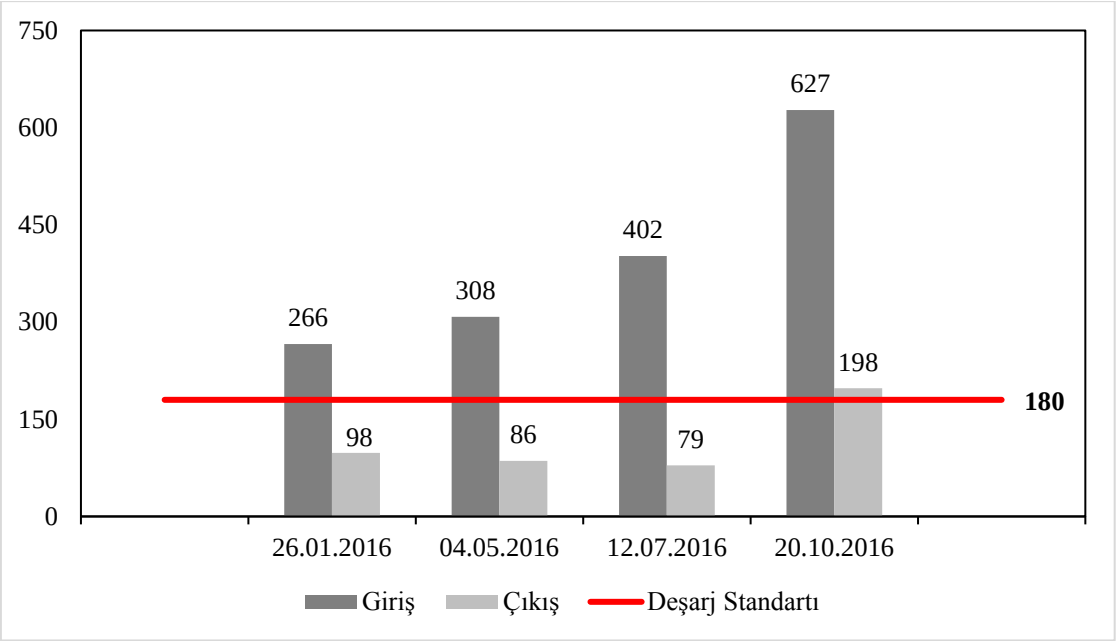


Şekil 4.1. Çobankaya AAT $BOİ_5$ Analiz Sonuçları

Tablo 4.5. KOİ Analiz Sonuçları

	KOİ ANALİZLERİ	
Tarih	Çobankaya AAT Giriş	Çobankaya AAT Çıkış
26.01.2016	266	98
04.05.2016	308	86
12.07.2016	402	79
20.10.2016	627	198

Çobankaya AAT analiz sonuçları incelediğinde KOİ giriş değeri 266-627 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 79-198 mg/L aralığında değişmektedir. SKKY deşarj standartlarını sadece 20.10.2016 tarihli numunede sağlayamayan Çobankaya AAT' de 20.10.2016 tarihli numunede KOİ giriş değeri 627 mg/L olarak okunmuştur bu değer küçük bir yerleşim yeri için oldukça yüksek bir değer olmakla birlikte o gün tesise hayvansal atığın verildiği düşünülmektedir. Şekil 4.2'de Çobankaya AAT KOİ analiz sonuçlarının SKKY Tablo 21.5'de ki deşarj standartları ile birlikte verilmektedir. Tablo 4.6'de Çobankaya AAT AKM analiz sonuçları verilmektedir.

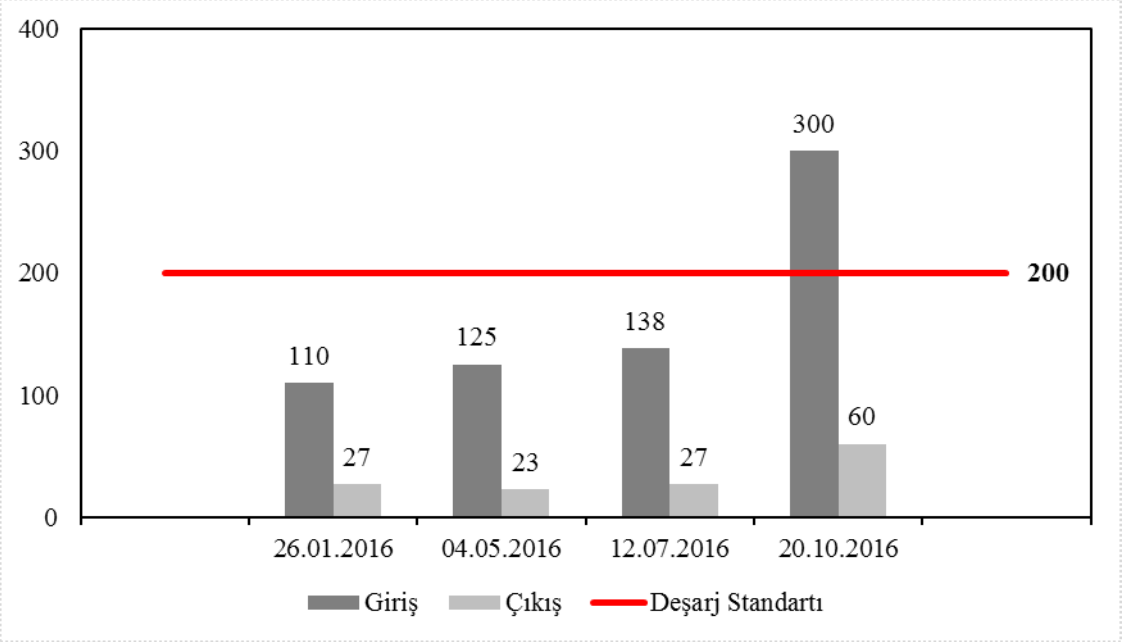


Şekil 4.2. Çobankaya AAT KOİ Analiz Sonuçları

Tablo 4.6. AKM Analiz Sonuçları

	AKM ANALİZLERİ	
Tarih	Çobankaya AAT Giriş	Çobankaya AAT Çıkış
26.01.2016	110	27
04.05.2016	125	23
12.07.2016	138	27
20.10.2016	300	60

Çobankaya AAT analiz sonuçları incelediğinde AKM giriş değeri 110-300 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 27-60 mg/L aralığında değişmektedir. SKKY deşarj standartlarını sağlayan Çobankaya AAT' de 20.10.2016 tarihli numunede AKM giriş değeri 300 mg/L olarak okunmuştur bu değer küçük bir yerleşim yeri için oldukça yüksek bir değer olmakla birlikte o gün tesise hayvansal atığın verildiği düşünülmektedir. Şekil 4.3'de Çobankaya AAT AKM analiz sonuçlarının SKKY Tablo 21.5'de ki deşarj standartları ile birlikte verilmektedir. Tablo 4.7'de Çobankaya AAT pH analiz sonuçları verilmektedir.



Şekil 4.3. Çobankaya AAT AKM Analiz Sonuçları

Tablo 4.7. pH Analiz Sonuçları

	pH Analizleri	
Tarih	Çobankaya AAT Giriş	Çobankaya AAT Çıkış
26.01.2016	7,99	7,78
04.05.2016	7,86	7,72
12.07.2016	7,91	7,86
20.10.2016	7,78	8,04

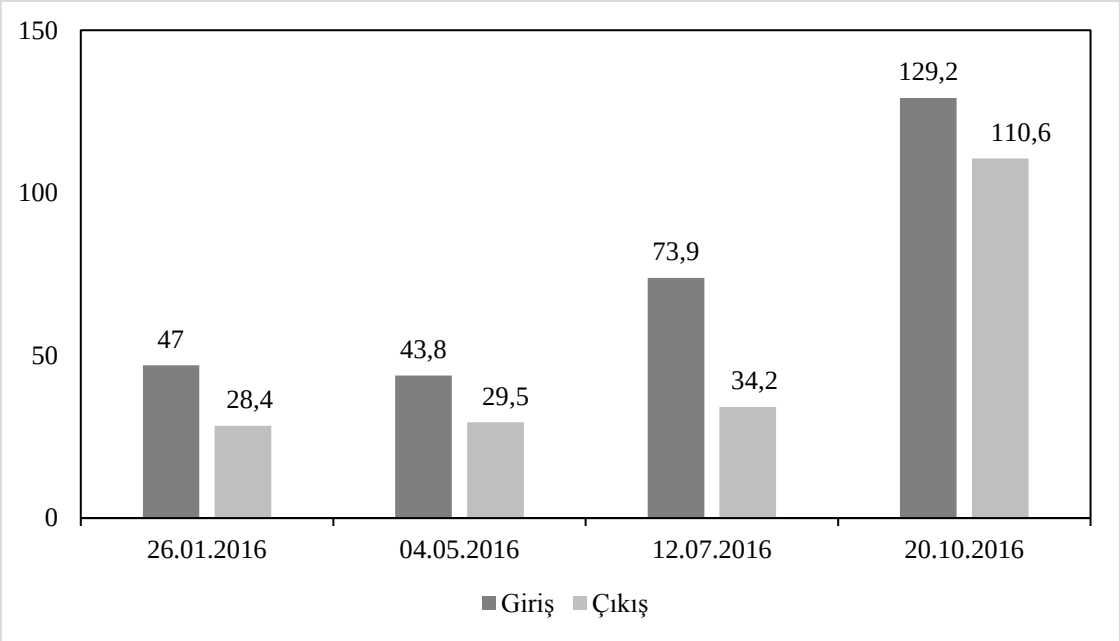
Çobankaya AAT analiz sonuçları incelediğinde pH giriş değeri 7,78-7,99 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 7,72-8,04 mg/L aralığında değişmektedir. Çobankaya AAT pH parametresi bakımından SKKY deşarj standartlarını sağlamaktadır. Tablo 4.8'de Çobankaya AAT toplam azot (TN) analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.8. Toplam Azot Analiz Sonuçları

	TN Analizleri	
Tarih	Çobankaya AAT Giriş	Çobankaya AAT Çıkış
26.01.2016	47	28,4
04.05.2016	43,8	29,5
12.07.2016	73,9	34,2
20.10.2016	129,2	110,6

Çobankaya AAT analiz sonuçları incelediğinde TN giriş değeri 43,8-129,2 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 28,4-110,6 mg/L aralığında değişmektedir.

SKKY Tablo 21.5'de yapay sulak alanlar için toplam azot ve toplam fosfor için herhangi bir deşarj standartı belirlenmemiştir. Yapay sulak alanlarda nütrient giderim verimini de hesaplamak için incelenen tesislerde toplam azot ve toplam fosfor analizleri yapılmıştır. Çobankaya AAT' de 20.10.2016 tarihli numunede TN giriş değeri 129,2 mg/L olarak okunmuştur bu değer küçük bir yerleşim yeri için oldukça yüksek bir değer olmakla birlikte o gün tesise hayvansal atığın verildiği düşünülmektedir. Şekil 4.4'de Çobankaya AAT TN analiz sonuçları grafik olarak verilmektedir. Tablo 4.9'da Çobankaya AAT toplam fosfor (TP) analiz sonuçları verilmektedir

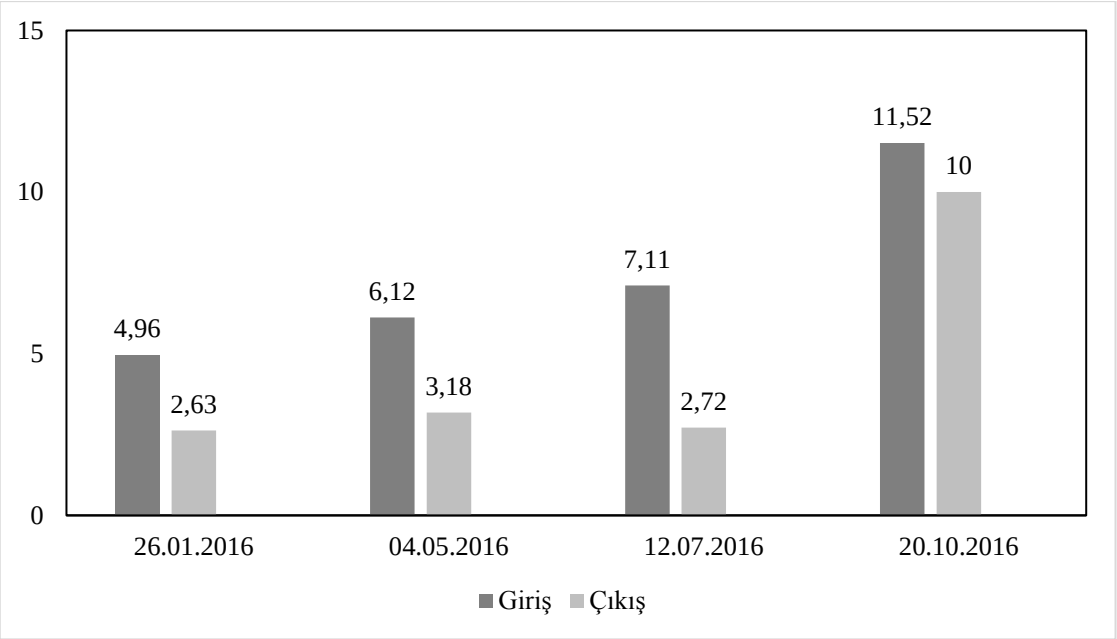


Şekil 4.4. Çobankaya AAT TN Analiz Sonuçları

Tablo 4.9. Toplam Fosfor Analiz Sonuçları

	TP Analizleri	
Tarih	Çobankaya AAT Giriş	Çobankaya AAT Çıkış
26.01.2016	4,96	2,63
04.05.2016	6,12	3,18
12.07.2016	7,11	2,72
20.10.2016	11,52	10,00

Çobankaya AAT analiz sonuçları incelediğinde TP giriş değeri 4,96-11,52 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 2,63-10,00 mg/L aralığında değişmektedir.



Şekil 4.5. Çobankaya AAT TP Analiz Sonuçları

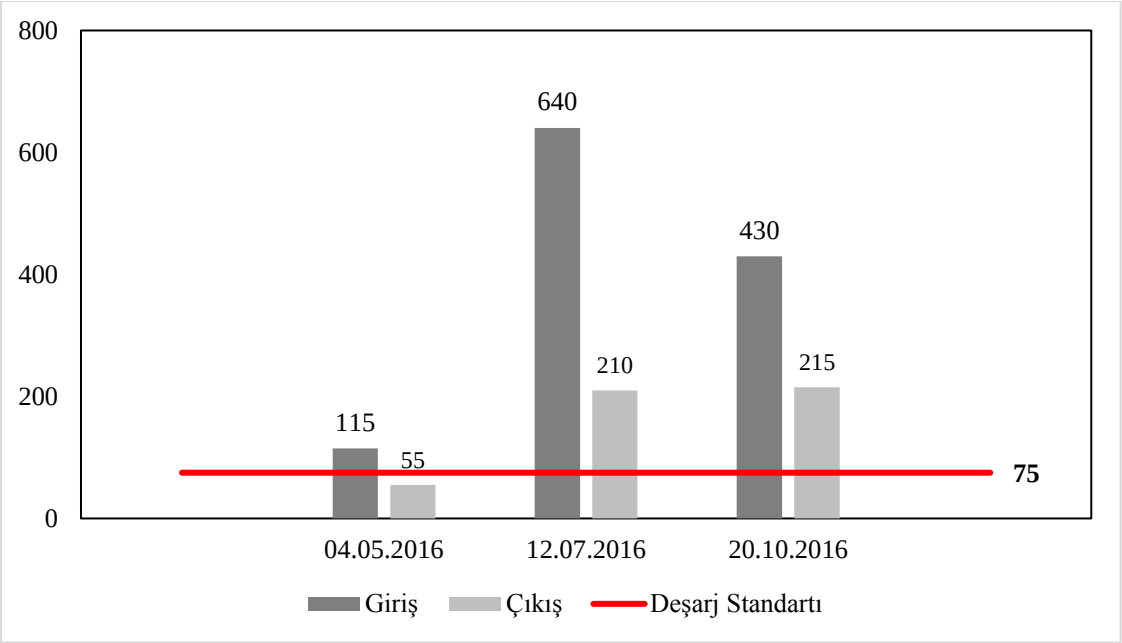
4.3.2. Meydanlı AAT Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Meydanlı AAT'de 2016 yılı içerisinde farklı tarihlerde alınan giriş ve çıkış numunelerinin analizleri Konya AAT merkez laboratuvarında yapılmıştır. Tablo 4.10'da Meydanlı AAT $BOİ_5$ analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.10. $BOİ_5$ Analiz Sonuçları

	$BOİ_5$ ANALİZLERİ	
Tarih	Meydanlı AAT Giriş	Meydanlı AAT Çıkış
16.03.2016	115	55
28.07.2016	640	210
23.08.2016	430	215

Meydanlı AAT analiz sonuçları incelediğinde $BOİ_5$ giriş değeri 115-640 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 55-215 mg/L aralığında değişmektedir. SKKY deşarj standartlarını 16.03.2016 tarihli numunede sağlayan Meydanlı AAT' de 28.07.2016 ve 23.08.2016 tarihli numunede $BOİ_5$ giriş değeri 640 ve 430 mg/L olarak ölçülmüştür bu değerler küçük bir yerleşim yeri için oldukça yüksek değerlerdir. Bu değerlerin bölgede yoğun şekilde yapılan hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 4.6'da Meydanlı AAT $BOİ_5$ analiz sonuçlarının SKKY Tablo 21.5'de ki deşarj standartları ile birlikte verilmektedir. Tablo 4.11'de Meydanlı AAT KOİ analiz sonuçları verilmektedir.

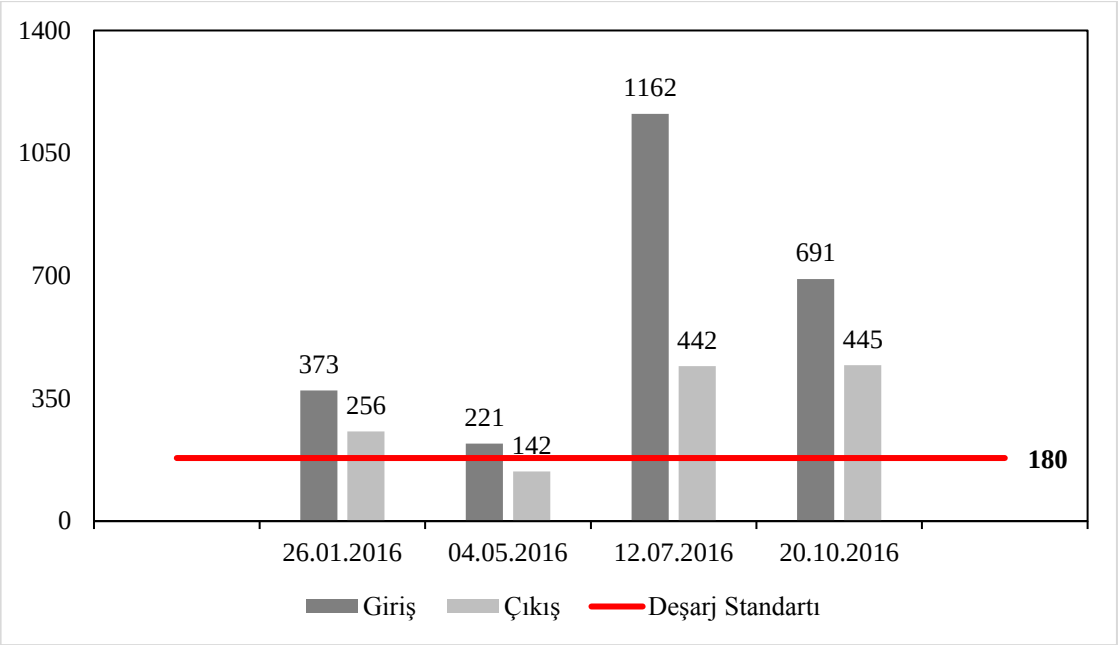


Şekil 4.6. Meydanlı AAT $BOİ_5$ Analiz Sonuçları

Tablo 4.11. KOİ Analiz Sonuçları

	KOİ ANALİZLERİ	
Tarih	Meydanlı AAT Giriş	Meydanlı AAT Çıkış
26.01.2016	373	256
16.03.2016	221	142
28.07.2016	1162	442
23.08.2016	691	445

Meydanlı AAT analiz sonuçları incelediğinde KOİ giriş değeri 221-1162 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 142-445 mg/L aralığında değişmektedir. SKKY deşarj standartlarını 16.03.2016 tarihli numunede sağlayan Meydanlı AAT' de 26.01.2016, 28.07.2016 ve 23.08.2016 tarihli numunelerde KOİ giriş değeri 373, 1162 ve 691 mg/L olarak ölçülmüştür bu değerler küçük bir yerleşim yeri için oldukça yüksek değerlerdir. Bu değerlerin bölgede yoğun şekilde yapılan hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 4.7'de Meydanlı AAT KOİ analiz sonuçlarının SKKY Tablo 21.5'de ki deşarj standartları ile birlikte verilmektedir. Tablo 4.12'de Meydanlı AAT AKM analiz sonuçları verilmektedir.

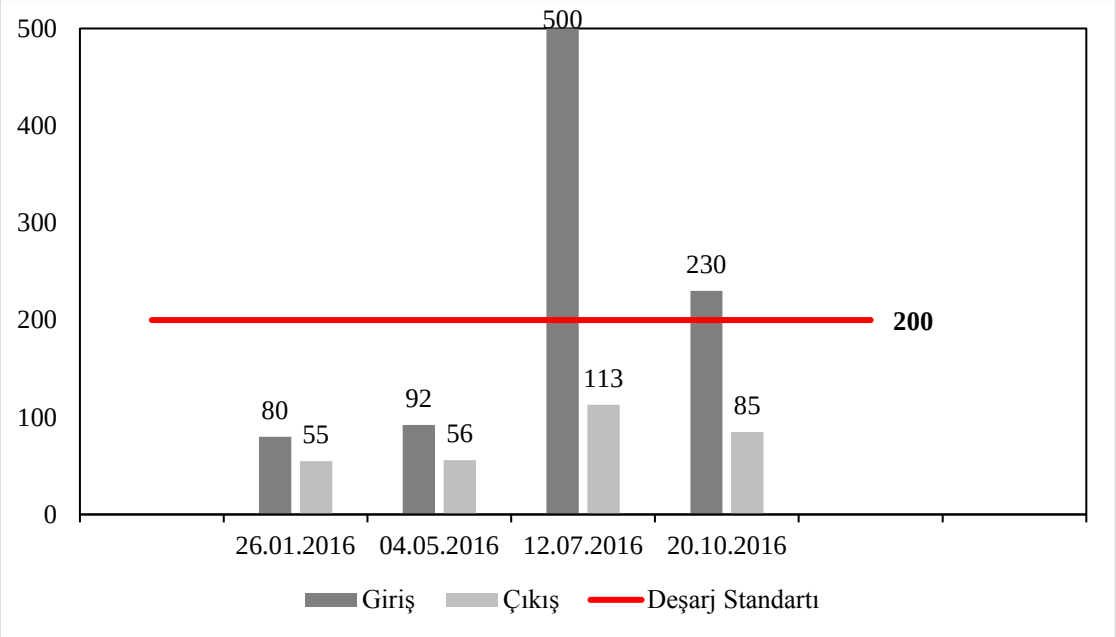


Şekil 4.7. Meydanlı AAT KOİ Analiz Sonuçları

Tablo 4.12. AKM Analiz Sonuçları

	AKM ANALİZLERİ	
Tarih	Meydanlı AAT Giriş	Meydanlı AAT Çıkış
26.01.2016	80	55
04.05.2016	92	56
12.07.2016	500	113
20.10.2016	230	85

Meydanlı AAT analiz sonuçları incelediğinde AKM giriş değeri 80-500 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 55-113 mg/L aralığında değişmektedir. Meydanlı AAT AKM parametresi açısından SKKY deşarj standartlarını sağlamaktadır. Bölgede yapılan yoğun hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan yapay sulak alan giriş suyunda yüksek AKM konsantrasyonuna rağmen SKKY deşarj standardının sağlanması yapay sulak alan yatak malzemesinin etkin bir filtreleme gerçekleştirdiğini göstermektedir. Şekil 4.8'de Meydanlı AAT AKM analiz sonuçlarının SKKY Tablo 21.5'de ki deşarj standartları ile birlikte verilmektedir. Tablo 4.13'de Meydanlı AAT pH analiz sonuçları verilmektedir.



Şekil 4.8. Meydanlı AAT AKM Analiz Sonuçları

Tablo 4.13. pH Analiz Sonuçları

	pH Analizleri	
Tarih	Meydanlı AAT Giriş	Meydanlı AAT Çıkış
26.01.2016	8,41	8,41
04.05.2016	7,96	7,95
12.07.2016	7,34	8,42
20.10.2016	7,78	8,16

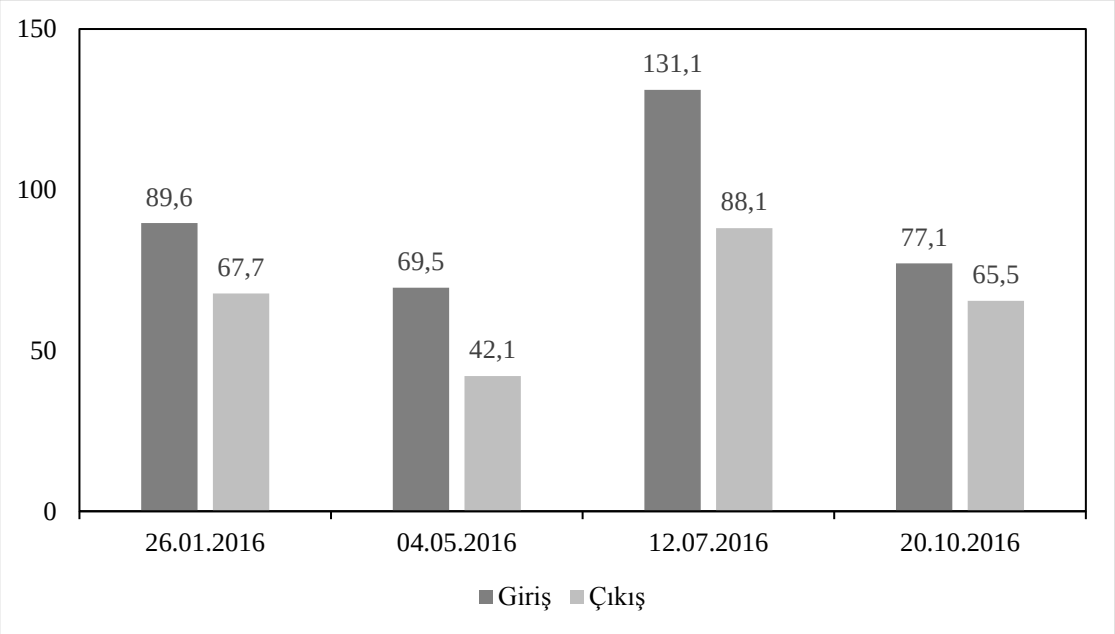
Meydanlı AAT analiz sonuçları incelediğinde pH giriş değeri 7,34-8,41 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 7,95-8,42 mg/L aralığında değişmektedir. Meydanlı AAT pH parametresi bakımından SKKY deşarj standartlarını sağlamaktadır. Tablo 4.14'de Meydanlı AAT toplam azot (TN) analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.14. Toplam Azot Analiz Sonuçları

	TN Analizleri	
Tarih	Meydanlı AAT Giriş	Meydanlı AAT Çıkış
26.01.2016	89,6	67,7
04.05.2016	69,5	42,1
12.07.2016	131,1	88,1
20.10.2016	77,1	65,5

Meydanlı AAT analiz sonuçları incelediğinde TN giriş değeri 69,5-131,1 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 42,1-88,1 mg/L aralığında değişmektedir. SKKY Tablo 21.5'de yapay sulak alanlar için toplam azot ve toplam fosfor için herhangi bir

deşarj standartı belirlenmemiştir. Yapay sulak alanlarda nütrient giderim verimini de hesaplamak için incelenen tesislerde toplam azot ve toplam fosfor analizleri yapılmıştır. Meydanlı AAT' de 12.07.2016 tarihli numunede TN giriş değeri 131,1 mg/L olarak okunmuştur bu değer küçük bir yerleşim yeri için oldukça yüksek bir değer olmakla birlikte o gün tesise hayvansal atığın verildiği düşünülmektedir. Şekil 4.9'da Meydanlı AAT TN analiz sonuçları grafik olarak verilmektedir. Tablo 4.15'de Meydanlı AAT toplam fosfor (TP) analiz sonuçları verilmektedir

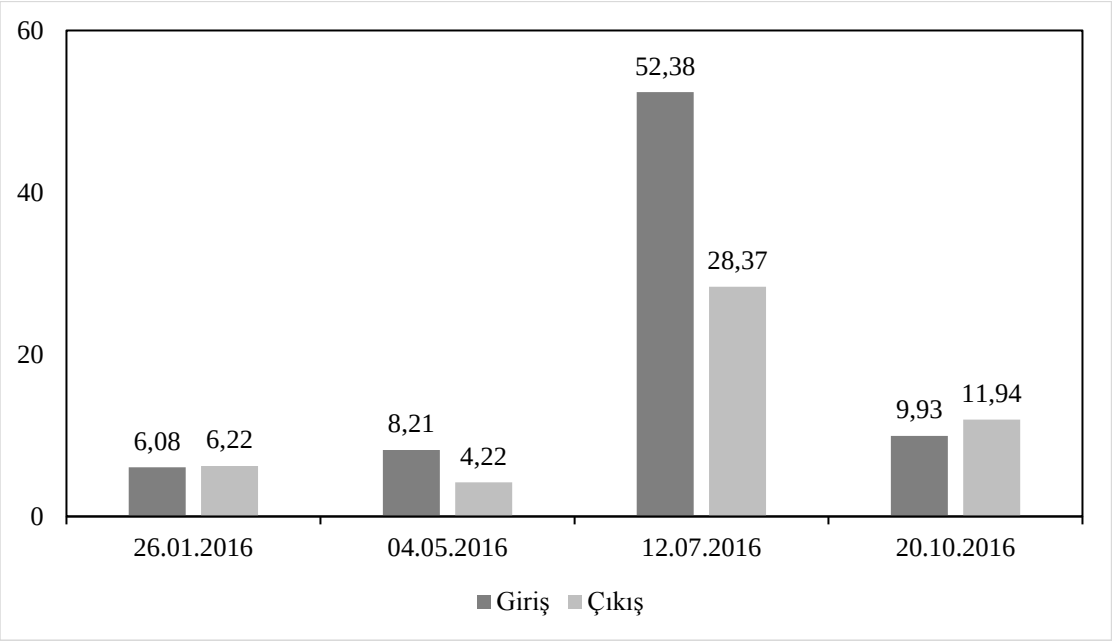


Şekil 4.9. Meydanlı AAT TN Analiz Sonuçları

Tablo 4.15. Toplam Fosfor Analiz Sonuçları

	TP Analizleri	
Tarih	Meydanlı AAT Giriş	Meydanlı AAT Çıkış
26.01.2016	6,08	6,22
04.05.2016	8,21	4,22
12.07.2016	52,38	28,37
20.10.2016	9,93	11,94

Meydanlı AAT analiz sonuçları incelediğinde TP giriş değeri 6,08-52,38 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 4,22-28,37 mg/L aralığında değişmektedir. Meydanlı AAT' de 12.07.2016 tarihli numunede TP giriş değeri 52,38 mg/L olarak okunmuştur bu değer küçük bir yerleşim yeri için oldukça yüksek bir değer olmakla birlikte o gün tesise hayvansal atığın verildiği düşünülmektedir.



Şekil 4.10. Meydanlı AAT TP Analiz Sonuçları

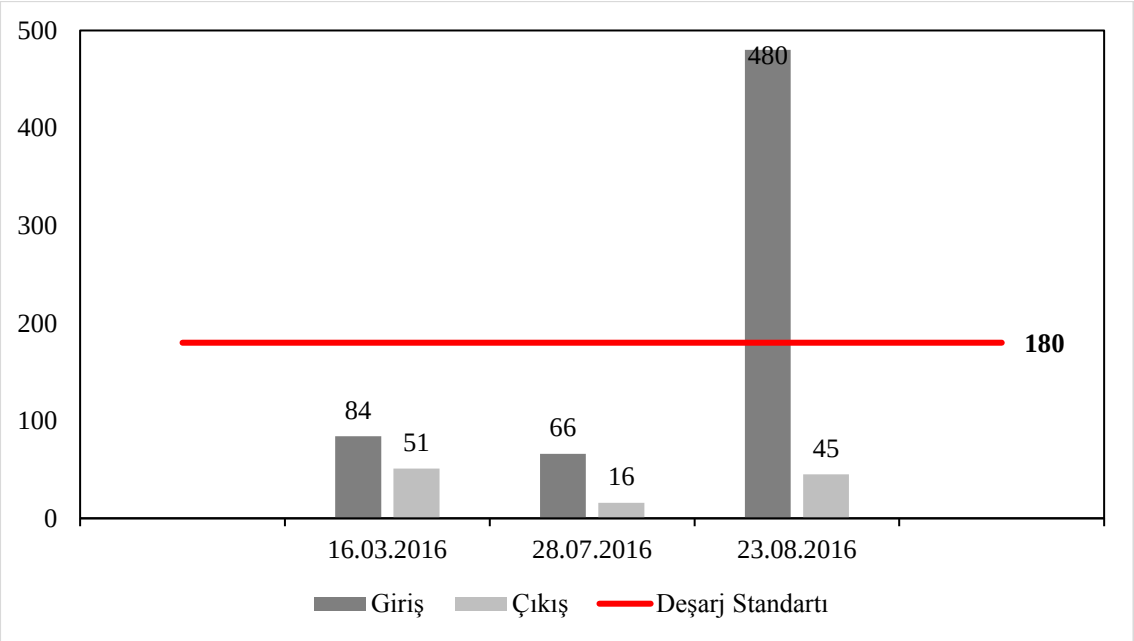
4.3.3. Zincirlikuyu AAT Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Zincirlikuyu AAT'de 2016 yılı içerisinde farklı tarihlerde alınan giriş ve çıkış numunelerinin analizleri Konya AAT merkez laboratuvarında yapılmıştır. Tablo 4.16'da Zincirlikuyu AAT KOİ analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.16. KOİ Analiz Sonuçları

	KOİ ANALİZLERİ	
Tarih	Zincirlikuyu AAT Giriş	Zincirlikuyu AAT Çıkış
23.03.2016	84	51
14.04.2016	66	16
29.07.2016	480	45

Zincirlikuyu AAT analiz sonuçları incelediğinde KOİ giriş değeri 66-480 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 16-51 mg/L aralığında değişmektedir. SKKY deşarj standartlarını sağlayan Zincirlikuyu AAT' de 29.07.2016 tarihli numunede KOİ giriş değeri 480 mg/L olarak ölçülmüştür bu değerler küçük bir yerleşim yeri için oldukça yüksek değerlerdir. Bu değerin tesise o gün hayvansal atığın verilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 4.11'de Zincirlikuyu AAT KOİ analiz sonuçlarının SKKY Tablo 21.5'de ki deşarj standartları ile birlikte verilmektedir. Tablo 4.17'de Zincirlikuyu AAT AKM analiz sonuçları verilmektedir.

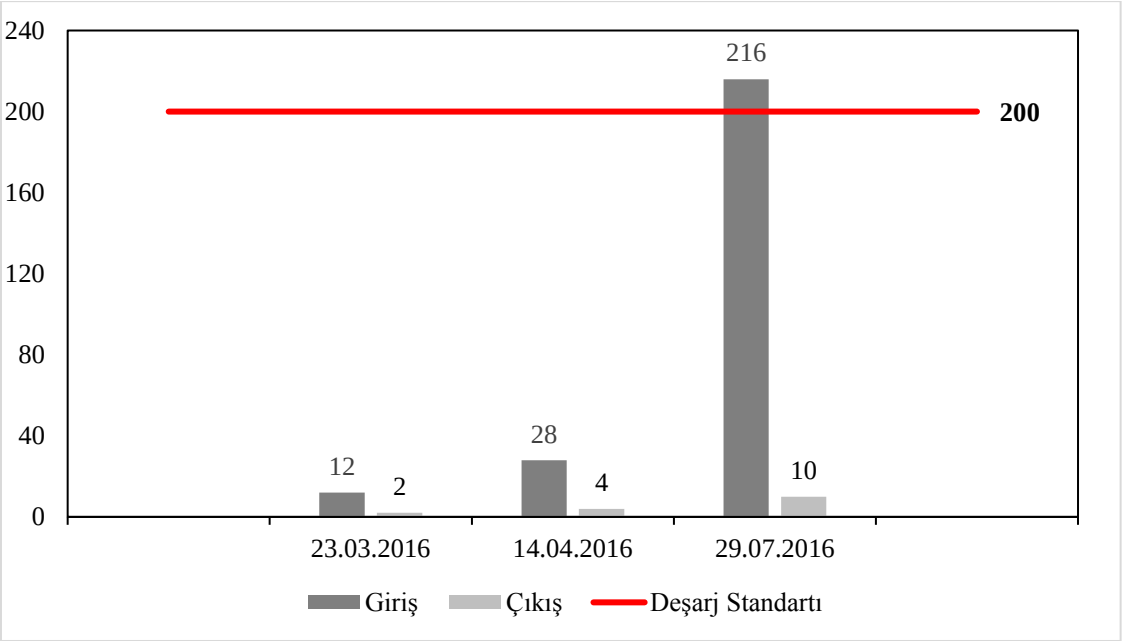


Şekil 4.11. Zincirlikuyu AAT KOİ Analiz Sonuçları

Tablo 4.17. AKM Analiz Sonuçları

	AKM ANALİZLERİ	
Tarih	Zincirlikuyu AAT Giriş	Zincirlikuyu AAT Çıkış
23.03.2016	12	2
14.04.2016	28	4
29.07.2016	216	10

Meydanlı AAT analiz sonuçları incelediğinde AKM giriş değeri 12-216 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 2-10 mg/L aralığında değişmektedir. Zincirlikuyu AAT AKM parametresi açısından SKKY deşarj standartlarını sağlamaktadır. Şekil 4.12'de Zincirlikuyu AAT AKM analiz sonuçlarının SKKY Tablo 21.5'de ki deşarj standartları ile birlikte verilmektedir. Tablo 4.13'de Zincirlikuyu AAT pH analiz sonuçları verilmektedir.



Şekil 4.12. Zincirlikuyu AAT AKM Analiz Sonuçları

Tablo 4.18. pH Analiz Sonuçları

	pH Analizleri	
Tarih	Zincirlikuyu AAT Giriş	Zincirlikuyu AAT Çıkış
23.03.2016	7,68	7,62
14.04.2016	7,77	7,62
29.07.2016	7,8	7,78

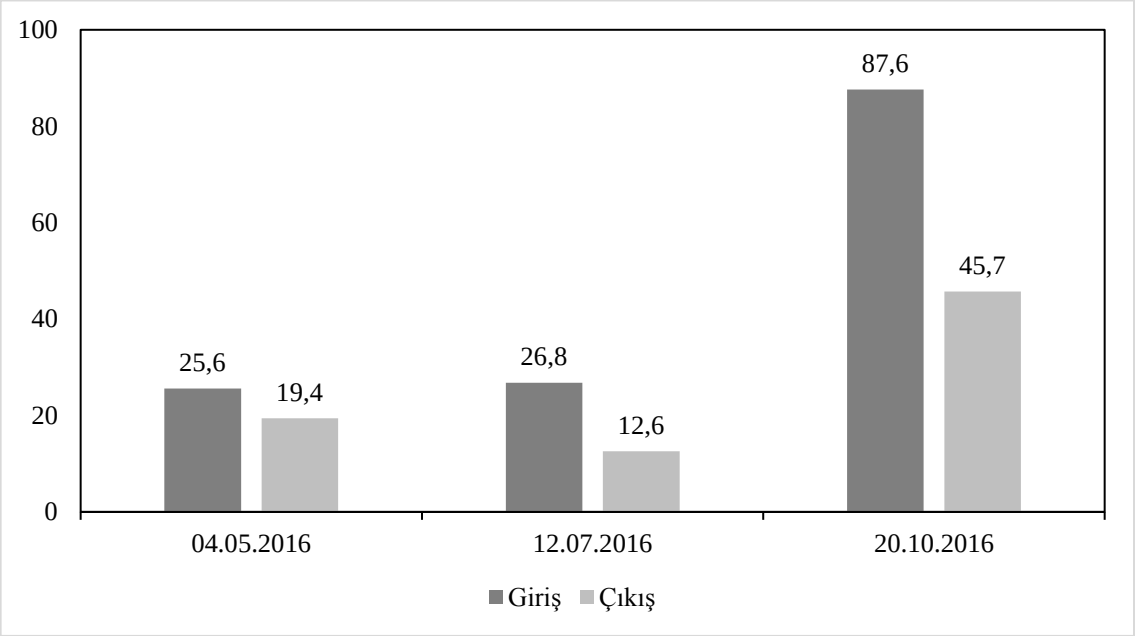
Zincirlikuyu AAT analiz sonuçları incelediğinde pH giriş değeri 7,68-7,80 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 7,62-7,78 mg/L aralığında değişmektedir. Zincirlikuyu AAT pH parametresi bakımından SKKY deşarj standartlarını sağlamaktadır. Tablo 4.19'de Zincirlikuyu AAT toplam azot (TN) analiz sonuçları verilmektedir.

Tablo 4.19. Toplam Azot Analiz Sonuçları

	TN Analizleri	
Tarih	Zincirlikuyu AAT Giriş	Zincirlikuyu AAT Çıkış
04.05.2016	25,6	19,4
12.07.2016	26,8	12,6
20.10.2016	87,6	45,7

Zincirlikuyu AAT analiz sonuçları incelediğinde TN giriş değeri 25,6-87,6 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 12,6-45,7 mg/L aralığında değişmektedir. SKKY Tablo 21.5'de yapay sulak alanlar için toplam azot ve toplam fosfor için herhangi bir deşarj standartı belirlenmemiştir. Yapay sulak alanlarda nütrient giderim verimini de

hesaplamak için incelenen tesislerde toplam azot ve toplam fosfor analizleri yapılmıştır. Zincirlikuyu AAT' de 20.10.2016 tarihli numunede TN giriş değeri 87,6 mg/L olarak okunmuştur bu değer küçük bir yerleşim yeri için oldukça yüksek bir değer olmakla birlikte o gün tesise hayvansal atığın verildiği düşünülmektedir. Şekil 4.13'de Zincirlikuyu AAT TN analiz sonuçları grafik olarak verilmektedir. Tablo 4.20'de Zincirlikuyu AAT toplam fosfor (TP) analiz sonuçları verilmektedir

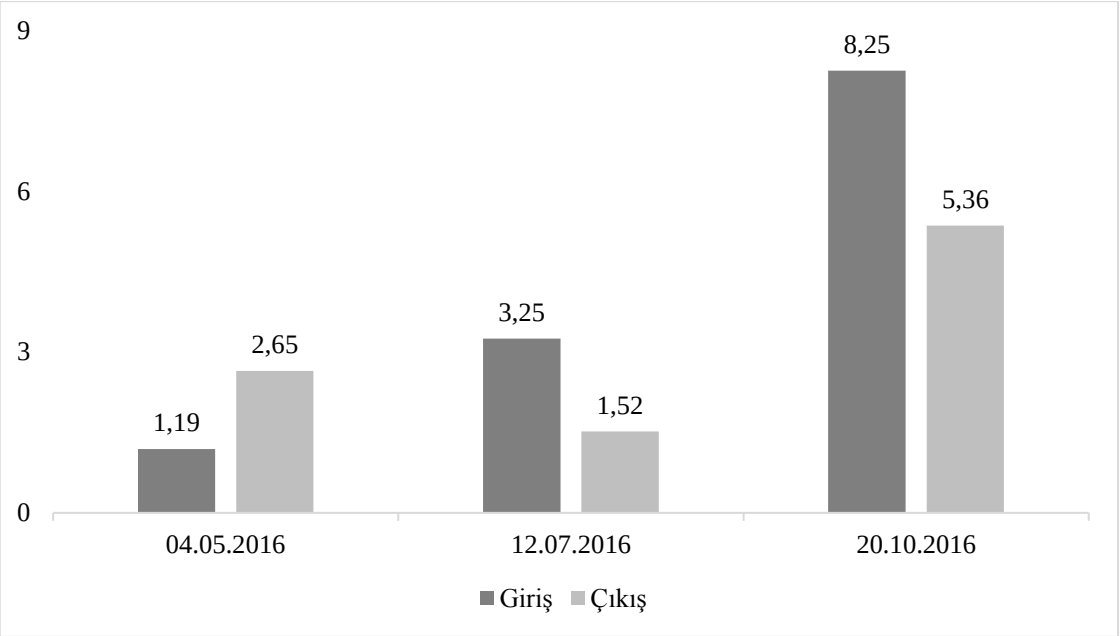


Şekil 4.13. Zincirlikuyu AAT TN Analiz Sonuçları

Tablo 4.20. Toplam Fosfor Analiz Sonuçları

	TP Analizleri	
Tarih	Zincirlikuyu AAT Giriş	Zincirlikuyu AAT Çıkış
04.05.2016	1,19	2,65
12.07.2016	3,25	1,52
20.10.2016	8,25	5,36

Zincirlikuyu AAT analiz sonuçları incelediğinde TP giriş değeri 1,19-8,25 mg/L aralığında değişirken çıkış değerleri ise 1,52-5,36 mg/L aralığında değişmektedir. 04.05.2016 tarihide Zincirlikuyu atıksu arıtma tesisi giriş ve çıkış fosfor değerleri sırası ile 1,19 mg/L ve 2,65 mg/L olarak ölçülmüştür. Çıkış fosfor değerlerindeki artışın anaerobik koşullarda meydana gelen fosfor salınımından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.14. Zincirlikuyu AAT TP Analiz Sonuçları

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Tez konusu çalışma için Konya ilinde bulunan 48 adet yapay sulak alan yerinde incelenmiştir. İncelenen yapay sulak alanlarda revizyon ve bakım ihtiyaçları belirlenirken; tüm tesisler girişinden çıkışına kadar yerince incelenmiş, tesislerin gerçek boyutları ölçülerek tesis çizimleri Autocad ortamında yapılmış ve tesislerin revizyon ve bakım ihtiyaçları için keşif ve metraj listeleri çıkarılarak maliyetleri belirlenmiştir. Yapılan saha çalışmalarında Konya ilinde bulunan 48 adet yapay sulak alanda karşılaşılan ortak sorunların tespiti için bir matris hazırlanmıştır. Tablo 5.1'de Konya İli için yapay sulak alanlarda karşılaşılan ortak problemlerin tespitinde kullanılan matris verilmektedir.

Tablo 5.1. Konya İli Yapay Sulak Alan Matrisi

YSA ADI	YSA İŞLETİLİYOR MU?	IZGARA MEVCUT MU?	IZGARA UYGUN İŞLETİLİYOR MU?	FOSSEPTİK UYGUN İŞLETİLİYOR MU?	GİRİŞ-ÇIKIŞ YAPISI UYGUN TEŞKİL EDİLMİŞ Mİ?	YSA YATAK MALZEMESİ UYGUN MU?	YSA BİTKİ MEVCUT MU?	YSA BİTKİ HASADI YAPILMIŞ MI?
Altuntaş	-	-		-	-	-	-	
Çakıllar	+	-		-	+	+	-	
Çamlı	+	-		-	+	+	+	-
Değirmenköy	+	-		-	-	-	+	-
Karahüyük	-	-		-	-	-	+	-
Yazla	+	-		-	-	-	-	
Altınekin	+	+	-	+	-	-	-	
Avdancık	+	-		-	-	-	-	
Bayafşar	+	-		-	-	-	-	
Bayındır	+	-		+	-	-	-	
Karaali	-	-		-	-	-	-	
Karahisar	+	-		-	-	-	-	
Kurucuova	-	-		-	-	-	-	
Günyüzü	+	-		-	+	+	+	-
Deştiğin	+	-		+	+	+	+	+
Kemer	+	-		-	-	-	-	
Konakkale	+	-		-	-	-	-	

İvriz-1	+	-		-	-	-	-	
İvriz-2	+	-		-	-	-	-	
Çavuş	-	-		-	-	-	-	
Göçeri	+	-		+	+	+	+	+
Hüyük	-	-		-	-	-	-	
Avdan	+	-		-	-	-	-	
Beykonak	+	-		+	-	-	-	
Bulcuk	+	-		-	-	-	-	
Büyükoba	+	-		-	-	-	-	
Çavuşçugöl	+	+	+	+	+	+	+	+
Çobankaya	+	-		+	-	-	-	
Kapaklı	+	-		+	+	+	+	-
Çavdar	+	-		-	-	-	-	
Kökez	+	-		-	-	-	-	
Meydanlı	+	-		+	-	-	-	
Yeşilyurt	+	-		-	-	-	-	
Zincirlikuyu	+	-		-	+	+	+	-
Bayat	+	-		-	-	-	-	
İnlice	+	+	+	+	-	-	-	
Karaağaç	+	-		-	-	-	-	
Kızılören	+	+	-	-	-	-	-	

Sağlık	+	+	-	-	-	-	-	
Güvenç	+	-		-	-	-	-	
Meydan	+	-		+	-	-	-	
Selahattin	+	-		-	-	-	-	
Sızma	+	-		+	+	+	-	
Gevrekli	-	-		-	-	-	-	
Gökçehüyük	+	-		-	+	-	-	
Kuran	+	-		-	-	-	-	
Erdoğdu	+	-		-	-	-	-	
Hacıömeroğlu	+	-		+	-	-	-	

Konya ili için hazırlanmış olan matris incelendiğinde, Konya ilinde bulunan yapay sulak alanların %14,5' i çeşitli nedenler (ilçe merkezine bağlanma, yerleşim yeri için alternatif arıtma yöntemlerinin tercihi, bakımsızlık vb.) yüzünden işletilememektedir. Yapay sulak alanların %10 'unda ızgara bulunurken bu tesislerden %40 ızgaraları verimli bir şekilde işletebilmektedir. Yine Konya ilinde bulunan yapay sulak alanlarda yalnızca %27'sinin fosseptik bakımları ve temizlikleri düzenli bir şekilde yapılmaktadır. Giriş çıkış yapısı uygun yapay sulak alanların oranı %20 iken yapay sulak alan havuz medya malzemesi uygun olan yapay sulak alan oranı %18'dir. Son olarak yapay sulak alanlarda bitki mevcut olan tesis oranı %20 iken bu tesislerde bitki hasadının yapılma oranı ise % 33'dür. Tesislerin mevcut durumu göz önüne alınarak Konya ilinde bulunan toplam 48 adet yapay sulan kendi içerisinde 500 kişilik, 1000 kişilik ve 2000 kişilik olarak sınıflandırılarak bakım ve revizyon maliyetleri çıkarılmıştır. Buna göre Konya ilinde bulunan yapay sulak alanlarda;

- 500 kişilik yapay sulak alanlar için yaklaşık **20000-25000** TL'lik revizyon ihtiyacı
- 1000 kişilik yapay sulak alanlar için yaklaşık **70000-80000** TL'lik revizyon ihtiyacı
- 2000 kişilik yapay sulak alanlar için yaklaşık **110000-125000** TL'lik revizyon ihtiyacı

olduğu tespit edilmiştir. Yine Konya ilinde bulunan toplam 48 adet yapay sulak alan için yaklaşık **1750000** TL'lik bakım ve revizyon ihtiyacı belirlenmiştir.

Tez konusu çalışma için Konya ilinde bulunan 48 adet yapay sulak alan yerinde incelenmiştir. Yapay sulak alanların revizyon durumları göz önünde bulundurularak Konya'nın farklı ilçelerinde inşa edilmiş ve çalışır durumda ki 3 adet yapay sulak alan belirlenmiştir. Belirlenen yapay sulak alanlar; Konya ili Ilgın ilçesinde bulunan Çobankaya atıksu arıtma tesisi, Konya ili Kadınhanı ilçesinde bulunan Meydanlı atıksu arıtma tesisi ve Konya ili Kulu ilçesinde bulunan Zincirlikuyu atıksu arıtma tesisleridir.

Belirlenen yapay sulak alanların her birinden farklı tarihlerde giriş ve çıkış numuneleri alınmıştır. Alınan numuneler Konya atıksu arıtma tesisi laboratuvarına getirilmiş ve burada Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21.5'de bulunan parametreler ile birlikte TN ve TP analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda her bir yapay sulak alanda parametrelerin giderim verimi hesaplanmıştır. Yapay sulak alanlarda gerçekleşen giderme verimleri Tablo 5.1'de verilmektedir.

Tablo 5.2. Yapay Sulak Alanlarda Gerçekleşen Giderme Verimleri

PARAMETRE	**GİDERME VERİMLERİ (%)**		
	Çobankaya AAT	Meydanlı AAT	Zincirlikuyu AAT
$BOİ_5$	83	56	-
KOİ	73	44	68
AKM	80	51	88
TN	33	29	41
TP	40	47	44

Çobankaya atıksu arıtma tesisi en yüksek ortalama verimi %83 ile $BOİ_5$ parametresinde gerçekleştirirken en düşük ortalama giderme verimini ise %33 ile toplam azot parametresinde gerçekleştirmiştir. Çobankaya atıksu arıtma tesisinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21.5 'de deşarj limitleri verilen parametrelerde deşarj standartlarını sağladığı görülmüştür. Deşarj limitlerinde olmayan toplam azot ve toplam fosfor parametrelerinde iyi oranda giderme sağladığı görülmüştür.

Meydanlı atıksu arıtma tesisi en yüksek ortalama verimi %56 ile $BOİ_5$ parametresinde gerçekleştirirken en düşük ortalama giderme verimini ise %29 ile toplam azot parametresinde gerçekleştirmiştir. Meydanlı atıksu arıtma tesisinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21.5 'de deşarj limitleri verilen parametrelerde deşarj standartlarını sağlamakta zorlandığı görülmüştür. Deşarj limitlerinde olmayan toplam azot ve toplam fosfor parametrelerinde iyi oranda giderme sağladığı görülmüştür.

Zincirlikuyu atıksu arıtma tesisi en yüksek ortalama verimi %88 ile $BOİ_5$ parametresinde gerçekleştirirken en düşük ortalama giderme verimini ise %41 ile toplam azot parametresinde gerçekleştirmiştir. Zincirlikuyu atıksu arıtma tesisinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21.5 'de deşarj limitleri verilen parametrelerde deşarj standartlarını sağladığı görülmüştür. Deşarj limitlerinde olmayan toplam azot ve toplam fosfor parametrelerinde iyi oranda giderme sağladığı görülmüştür.

İncelenen yapay sulak alanlarda Çobankaya ve Meydanlı atıksu arıtma tesislerinin en yüksek ortalama giderme verimini $BOİ_5$ parametresinde gerçekleştirdiği görülürken Zincirlikuyu atıksu arıtma tesisinde ise en yüksek ortalama giderme veriminin askıda katı madde parametresinde gerçekleştirdiği görülmüştür. Her üç tesisin de en düşük ortalama giderme verimini toplam azot parametresinde gerçekleştirdiği görülmüştür. Nütrient giderimi açısından ise her üç tesisin de toplam fosfor parametresini toplam azot parametresine göre daha yüksek oranda giderdiği görülmüştür.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21.5'de ki deşarj standartlarına göre Çobankaya ve Zincirlikuyu atıksu arıtma tesisleri alıcı ortama deşarj standartlarını genellikle sağlarken Meydanlı atıksu arıtma tesisinin alıcı ortam deşarj standartlarını sağlayamadığı görülmüştür. Çobankaya ve Meydanlı atıksu arıtma tesislerinin yatak medya malzemesi uygun teşkil edilmemiş ve bitki ekimi gerçekleşmemiştir. Uygun yatak malzemesi ile teşkil edilip bitki ekimi gerçekleştikten sonra Çobankaya ve Meydanlı atıksu arıtma tesislerinin giderme verimlerinde artış olacağı öngörülmektedir.

5.2 Öneriler

Ülkemizde genellikle ilk yatırım maliyeti diğer alternatif arıtma yöntemlerine göre daha uygun olduğu için özellikle küçük yerleşim yerleri için düşünülen yapay sulak alanlar, çeşitli sebeplerden dolayı verimli işletilememektedir. Zamanla atıl duruma gelen yapay sulak alanların arıtma verimleri de düşmektedir.

Tez çalışması için Konya ilinde farklı ilçelerde bulunan 3 adet yapay sulak alan seçilmiş ve yerinde incelenmiştir ancak saha çalışmaları Konya ilinde bulunan toplam 48 adet yapay sulak alan için de gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmaları sırasında yapay sulak alan uygulamalarında karşılaşılan problemler tespit edilmiştir.

Küçük yerleşim yerleri için düşünülen yapay sulak alanlarda alan ihtiyacı hesaplanırken hidrolik olarak sadece nüfus sayısı değil aynı zamanda organik yük de göz önünde bulundurulmalıdır.

Yapay sulak alanlar yapısı itibarı ile havuz ve bitkiden oluşmakta olup herhangi bir mekanik ekipman içermemektedir. Ülkemizde genellikle yapay sulak alanların bu özelliğinden dolayı yapıldıktan sonra kendi kendine çalışacağı düşünülmektedir. İşletme aşamasında herhangi bir personel bulunmayan yapay sulak alanlar zamanla atıl durumda kalmaktadır. Her ne kadar mekanik bir ekipman olmasa bile yapay sulak alanlarında günlük, aylık, 3 aylık ve senelik bakımların aksatılmadan yapılması gerekmektedir. 2012 yılında 6360 sayılı kanun ile Büyükşehir Belediyeleri Su ve Kanalizasyon İdarelerine devrolan yapay sulak alanlarda tesisten sorumlu biri bulunurken Büyükşehir sınırları içerisinde olmayan ilçe, belde ve mahallelerde personel sıkıntısı devam etmektedir.

Yapay sulak alanlarda arıtma bitki köklerinde biyolojik aktivite ile gerçekleşmektedir. İncelenen yapay sulak alanların birçoğunda bitki ekimi gerçekleşmemiş, bitki olan yapay sulak alanlarda ise bitki hasadı yapılmamış veya bitkilerin bakımsızlıktan kuruduğu tespit edilmiştir. Yapay sulak alanlarda bitki ekimi gerçekleştirilmeli ve bitkilerin hasadı etkin bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Aksi halde arıtma verimi düşüşü kaçınılmaz olacaktır.

Yapay sulak alan havuz medya malzemesi çeşitli çaplarda çakıllardan oluşmaktadır. İncelenen tesislerin bir kısmında havuz medyası olarak mıcır kullanıldığı gözlemlenmiştir. Mıcır köşeli yapısı nedeni ile yapay sulak alanlarda tıkanmalara neden olmaktadır. Yapay sulak alan havuz medyası olarak kullanılan bir diğer malzeme ise tuvenan kum çakıldır. Havuz medyası olarak tuvenan kum çakıl kullanılan yapay sulak alanlarında tıkandığı tespit edilmiştir. Yapay sulak alan havuz medyası olarak yıkanmış elenmiş dere çakılı seçilmiştir. Yıkanmış elenmiş dere çakılı ile teşkil edilen yapay sulak alanlarda tıkanma gözlemlenmemiştir.

Yapay sulak alanlarda yaz aylarında meydana gelecek olan sineklenme ve koku problemleri göz önünde bulundurularak yer seçimi gerçekleştirilmelidir. Yerleşim yerlerinden uzak, insan sağlığı ve psikolojisini etkilemeyecek bir yer belirlenmelidir.
Yapay sulak alanlar mutlaka bir tel çit ile muhafaza edilerek yapay sulak alanların içine insan ve hayvanların girişi engellenmelidir. İncelenen tesislerin bir kısmında büyükbaş hayvanların otladığı ve küçük çocukların yapay sulak alan etrafında oyun oynadığı gözlemlenmiştir.

Yapay sulak alan yapılmadan önce bölgenin iklim özellikleri, bölgenin zemin özellikleri, bölgenin tarım hayvancılık durumu ve bölgenin sosyokültürel durumu göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca yapay sulak alan inşasına başlamadan atıksu karakterizasyonu iyi belirlenmelidir. Köy içerisinde bulunan açık çeşmeler atıksu debisini artırmakta ve atıksu kirliliğini seyreltmektedir bu yüzden köy içi açık çeşmeler kapatılmalı ve dere geçişlerinde kanalizasyona sızmalar engellenmelidir.

Günümüzde uygun projelendirilen ve projesine uygun inşa edilen yapay sulak alan ilk yatırım maliyetleri diğer arıtma yöntemlerine (paket biyolojik arıtma, modüler arıtma vb.) yaklaşmıştır. İlk yatırım maliyetleri artmış olsa da işletme ve bakım maliyetleri halen en ekonomik arıtma yöntemi olan ve yaygın kullanımı düşünüldüğünde ülke ekonomisinde ciddi bir yeri olan yapay sulak alanlar atıl olarak bırakılmamalı küçük revizyon maliyetleri ile tekrar işletmeye alınmalıdır. Böylece yerleşim yeri için yeni tesis ihtiyacı karşılanarak ülke ekonomisine ciddi katkıda bulunulacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akten, M. ve Akten, S., 2008, Kentsel Atıksu Yönetimi ve Atıksuların Yeniden Kazanımında Yapay Sulak Alanların Çevresel Sürdürülebilirlik Üzerindeki Etkileri, *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, 483-492.

Anonim, 2010, Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Sculler Emboli, Çevre ve Orman Bakanlığı. Sayı 27527.

Arroyo, P., Ansola, G. ve de Luis, E., 2010, Effectiveness of a full-scale constructed wetland for the removal of metals from domestic wastewater, *Water, Air, & Soil Pollution*, 210 (1-4), 473-481.

ATV-A 262E, 1998, Principles for the Dimensioning,Construction and Operation of Plant Beds for Communal Wastewater with Capacities up to 1000 Total Number of Inhabitants and Population Equivalents. , German Rules and Standards.

Ayaz, S., Fındık, N., Kınacı, C., Tunçsiper, B. ve Güneş, E., 2011, Yapay Sulak Alanlar El Kitabı, p.

Ayaz, S. C. ve Akça, L., 2001, Treatment of wastewater by natural systems, *Environment international*, 26 (3), 189-195.

Caselles-Osorio, A. ve García, J., 2007, Impact of different feeding strategies and plant presence on the performance of shallow horizontal subsurface-flow constructed wetlands, *Science of the total Environment*, 378 (3), 253-262.

Cooper, P. F., Job, G. D. ve Green, M. B., 1996, Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment, Water Research Centre, p.

Crites, R. ve Technobanoglous, G., 1998, Small and decentralized wastewater management systems, McGraw-Hill, p.

Dağlı, S., 2006, Evsel Atıksulardan Yapay Sulak Alan Sistemleriyle Fosfor Gideriminin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

Demirörs, B., 2006, Çukurova Bölgesinde Yapay Sulak Alan Teknolojisinin Kırsal Alanda Kullanımının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.

Godfrey, S., 2007, Greywater management in low and middle income countries–review of different treatment systems for households or neighbourhoods, JSTOR.

Kostel, J., 2017, A simplified illustration of the nitrogen and phosphorus cycles in a wetland [01.08.2017].

OEMC, 2001, Treating Wastewater With Constructed Wetlands Project.

Öztürk, I., Timur, H. ve Koşkan, U., 2005, Atıksu Arıtımının Esasları: Evsel, Endüstriyel Atıksu Arıtımı ve Arıtma Çamurlarının Kontrolü Principals of Wastewater Treatment: Municipal, *Industrial Wastewater Treatment and Sludge Control). Çevre ve Orman Bakanlığı (Ministry of Environment and Foresty), Ankara, Turkey*.

Reed, S. C., Crites, R. W. ve Middlebrooks, E. J., 1995, Natural systems for waste management and treatment, Ed. 2, McGraw-Hill, Inc., p.

Saraçoğlu, S., 2006, Eskikaraağaç Köyü Evsel Atıksularının Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Arıtma Yöntemiyle Arıtılması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Steiner, G. R. ve Watson, J. T., 1993, General design, construction, and operation guidelines: Constructed wetlands wastewater treatment systems for small users including individual residences, *Tennessee Valley Authority, Chattanooga, TN (United States)*.

Temel, F. A., 2013, Türkiye'de Atıksu Arıtımında Yapay Sulak Alanların Tasarımı ve Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Örnek Çalışma, Kızılcaören, Doktora Tezi.

UN-HABITAT, 2008, Constructed Wetlands Manual

Vymazal, J., 1998, Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe, Backhuys Publishers, p.

Water Environment Federation, 2010, Natural System for Wastewater Treatment.

Yıldız, E., 2011, Türkiye'de Ve İsrail'de Yapay Sulak Alanlar İle Atıksu Arıtımı Ve Atıksuyun Sulama Amaçlı Olarak Tekrar Kullanımı, 56.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Mustafa COP
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Konya/1985
Telefon	**:**	0532 486 89 82
Faks	**:**	-
e-mail	**:**	mstfcop@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Muhittin Güzelkılınç Lisesi, Meram, Konya	2003
Üniversite	:	Atatürk Üniversitesi, Merkez, Erzurum	2010
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2017
Doktora	:	-	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2011 – Devam	Arbiotek Çevre Çözümleri	Çevre Mühendisi

YABANCI DİLLER

İngilizce