T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSA İLİ HARMANCIK İLÇESİ EVSEL NİTELİKLİ ATIKSULARIN DİP AKIŞLI YAPAY SULAK ALAN ARITMA SİSTEMİ İLE ARITILMASI

Aslan SEVİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
YÖNETİCİ : Yrd. Doç. Dr. A. Rıza DİNÇER

2006 - ÇORLU

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSA İLİ HARMANCIK İLÇESİ EVSEL NİTELİKLİ ATIKSULARIN DİP AKIŞLI YAPAY SULAK ALAN ARITMA SİSTEMİ İLE ARITILMASI

Aslan SEVİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Bu tez 26/09/2006 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Kabul Edilmiştir:

Yrd.Doç.Dr. A. Rıza DİNÇER (Danışman) Prof.Dr. Cemil CANGİR Yrd.Doç.Dr. M. Şükrü YILDIRIM

ÖZET

TEZİN CİNSİ : Yüksek Lisans Tezi

ADI : Bursa İli Harmancık İlçesi Evsel Nitelikli Atıksuların Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Arıtma Sistemi İle Arıtılması

HAZIRLANDIĞI ÜNİVERSİTE : Trakya Üniversitesi

HAZIRLANDIĞI ENSTİTÜ: Fen Bilimleri Enstitüsü

HAZIRLANDIĞI ANA BİLİM DALI : Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez, Bursa İli Harmancık İlçesi evsel nitelikli atıksuların dip akışlı yapay sulak alan arıtma sistemi ile arıtılması konusunda hazırlanmıştır. Konvansiyonel arıtma sistemlerine göre yatırım maliyetinin çok düşük olması ve işletme maliyetinin olmaması, konunun çalışılmasına gerekçe teşkil etmektedir.

Sistem; farklı tane büyüklüklerine sahip yatak malzemeleri ile oluşturulmuş, sızdırmazlık sağlanmış yataklarda yetiştirilen Typha Latifolia sulak alan bitkisi vasıtasıyla atık suyun arıtılması esasına dayanmaktadır.

Nüfus verilerinden yola çıkılarak projeksiyon yılları için gelecekteki nüfus ve debiler hesaplanmıştır. 2006 projeksiyon yılı için 3538 nüfuslu Harmancık İlçesinin evsel nitelikli atıksularını arıtmak için tasarlanan yapay sulak alan sisteminde; fosseptik, dağıtım - toplama yapıları ile 110 m uzunluğunda ve 15 m genişlikte, 50 cm giriş ve 70 cm çıkış yatak derinliğine sahip 6 adet yapay sulak alan haznesi boyutlandırılarak $BOİ_5$ ve AKM giderimi hedeflenmiştir.

Sistem tasarımında, çıkış suyu kirlilik yükü AKM için 150 mg/l ve $BOİ_5$ için 50 mg/l limit değer olarak kabul edilmiştir.

Dip akışlı yapay sulak alan sisteminin her bir ünitesi için detaylı metraj hesaplamaları yapılarak metraj özetleri çizelge olarak verilmiştir.

Çalışma sonunda projelendirilen sistemle yasal atık su deşarj standartları teorik olarak sağlanmıştır.

Yüksek Lisans Tezi 2006 yılında yapılmıştır.

Yüksek Lisans Tezi 64 sayfa ile 8 Ek paftadan oluşmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER : Harmancık, Yapay Sulak Alan, AKM, $BOİ_5$, Typha Latifolia, Atıksu Arıtma.

SUMMARY

TYPE OF THESIS : Master Thesis

NAME : Treatment of Domestic Wastewater of Harmancık County of Bursa City with Subsurfaces Flow Constructed Wetland Treatment System

PREPARED AT: Trakya University, Institute of Natural and Applied Sciences, Environmental Engineering Department

The thesis is about treatment of domestic wastewater of Harmancık County of the city of Bursa with subsurfaces flow (SSF) wetland treatment system. The SSF wetland treatment system was preferred in this study, due to the fact that, compared with conventional treatment systems, the investment cost is very low and there is no management cost.

The system is based on the treatment of wastewater through Typha Latifolia that is formed by basin material with different sized pieces and grows in watertight basins.

Future population and rate of flow were calculated for projection years according to population data. For 2006 projection year, constructed wetlands were projected for the treatment of domestic wastewater of Harmancık County which has a population of 3538. In this system, the aim was to remove BOD_5 and TSS with determination of dimension of septic tank, distribution and collection constructions and 6 constructed wetland divisions which are 110 m length, 15 m width, 50 cm basin entrance depth and 70 cm exit depth.

In the system project, 150 mg/l for TSS and 50 mg/l for BOD_5 pollution charge of exit water were accepted as value of limit.

In the thesis, a detailed measurement in metres was prepared for each unit of SSF constructed wetland system and a summary of measurement in metres is given as a table.

The system projected at the end of study is theoretically within the limits of the legal standards of wastewater discharge.

The master thesis was done in 2006.

The master thesis consists of 64 pages and 8 application sketchs.

KEY WORDS : Harmancık, Constructed Wetlands, TSS, BOD_5, Typha Latifolia, Wastewater Treatment.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Gelişmekte olan ülkemizde; atıksu arıtma tesislerinin yatırım – işletme maliyetleri ve personel giderleri nedeniyle, sürdürülebilir kalkınma ilkesi hedefine yönelik çevre koruma çalışmaları arzulanan hedeflere ulaşamamaktadır.

Yapay Sulak Alan Arıtma Sistemleri, sıfır işletme maliyeti ve ilk yatırım maliyetlerinin düşüklüğü nedeniyle özellikle evsel nitelikli atıksuların arıtılması amacıyla ciddi bir ihtiyacı karşılayabilecek teknik ve ekonomik şartlara sahip sistemlerdir.

Bu düşünceler doğrultusunda alternatif bir çözüm olarak ortaya koymaya çalıştığım bu çalışmamda benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen başta Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza DİNÇER'e (T.Ü. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı), halen yapay sulak alan arıtma tesisleri konusunda çalışma imkanını bana sağlayan Sayın Kemal DEMİREL'e (Bursa İl Özel İdaresi Genel Sekreter Yardımcısı), Sayın Ali AYDIN'a (Bursa İl Özel İdaresi İnşaat İskan Şube Müdürü) ve tüm mesai arkadaşlarıma, meslektaşım ve bu çalışmanın her anında desteğini benden esirgemeyen eşim Çevre Mühendisi Sayın Tülay SEVİ' ye teşekkürü borç biliyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i

SUMMARY ii

ÖNSÖZ iii

İÇİNDEKİLER iv

SİMGELER DİZİNİ viii

ŞEKİLLER DİZİNİ ix

ÇİZELGELER DİZİNİ x

1. GİRİŞ 1

1.1 Genel Bilgiler 1

1.2. Evsel Nitelikli Atıksuların Yapay Sulak Alanlar Sistemi İle Arıtılması 3

1.3 Dip Akışlı Yapay Sulak Alanlar Arıtma Sisteminin Harmancık İlçesi İçin Uygulanması 7

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 8

3. MATERYAL VE METOD 15

3.1. Materyal 15

3.2. Metod 19

4. ARAŞTIRMA BULGULARI 23

4.1. Harmancık İlçesi Evsel Nitelikli Atıksuların Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Sistemi İle Arıtılması (Projeksiyon Yılı:2006) 23

4.1.1. Projede Kullanılan Nüfus Değerlerinin Belirlenmesi 23

4.1.2. İller Bankası Nüfus Tahmin Metodu İle 2006 Yılı Nüfusunun Hesaplanması 24

4.1.3. Proje Debisi 24

4.1.4. Kirlilik Yükleri 25

4.1.5. Fosseptik Sonrası Kirlilik Yükleri 26

4.1.5.1. Fosseptik Çıkış, Sistem Giriş BOİ Yükü 26

4.1.5.2. Fosseptik Çıkış, Sistem Giriş AKM Yükü 26

4.1.6. Arıtma Sistemi Tasarım Parametreleri 27

4.1.7. Projede Kullanılan Tipik Ortam Karakteristikleri 28

4.1.8. Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Sistemi 28

4.1.8.1. Su Derinliği 28

4.1.8.2. Kış Şartlarında 29

4.1.8.3. Yaz Şartlarında 31

4.1.8.4. Hidrolik Yükleme Kontrolü 33

4.1.8.5. Tasarım Boyutlandırma Kontrolü 33

4.2. Harmancık İlçesi Evsel Nitelikli Atıksuların Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Sistemi İle Arıtılması (Projeksiyon Yılı:2026) 34

4.2.1. İller Bankası Nüfus Tahmin Metodu İle 2026 Yılı Nüfusunun Hesaplanması 34

4.2.2. Proje Debisi 34

4.2.3. Kirlilik Yükleri 35

4.2.4. Fosseptik Sonrası Kirlilik Yükleri 36

4.2.4.1. Fosseptik Çıkış, Sistem Giriş BOİ Yükü 36

4.2.4.2. Fosseptik Çıkış, Sistem Giriş AKM Yükü 36

4.2.5. Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Sistemi 37

4.2.5.1. Kış Şartlarında 37

4.2.5.2. Yaz Şartlarında 39

4.2.5.3. Hidrolik Yükleme Kontrolü 41

4.2.5.4. Tasarım Boyutlandırma Kontrolü 41

4.3. Metraj 42

4.3.1. Beton Hesabı 42

4.3.1.1. Dağıtım Yapısı 42

4.3.1.2. Toplama Yapısı 43

4.3.2. Demir Hesabı 44

4.3.2.1. Dağıtım Yapısı 44

4.3.2.2. Toplama Yapısı 46

4.3.3. Kalıp Hesabı 47

4.3.3.1. Dağıtım Yapısı 47

4.3.3.2. Toplama Yapısı 48

4.3.4. Sulak Alan Boru Hesabı 49

4.3.5. Metraj Toplamları 50

4.3.5.1. Metraj Özeti 50

4.3.5.2. Fosseptik Yapısı Metrajı 51

4.3.5.3. Dağıtım Yapısı Metrajı 52

4.3.5.4. Sulak Alan Metrajı 52

4.3.5.5. Toplama Yapısı Metrajı 53

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR 54

KAYNAKLAR 61

ÖZGEÇMİŞ 64

EKLER

EK – A : Yerleşim Planı

EK – B : 1500 Kişilik Çürütmeli Fosseptik Plan ve Kesitleri

EK – C : Dağıtım Yapısı Betonarme Plan ve Kesitleri

EK – D : Dağıtım Yapısı Demir ve Epoksi Kapak Plan ve Kesitleri

EK – E : Hazne Yapısı Plan ve Kesitleri

EK – F : Toplama Yapısı Betonarme Plan ve Kesitleri

EK – G : Toplama Yapısı Demir ve Epoksi Kapak Plan ve Kesitleri

EK – H : Sistem Hidrolik Profili

SİMGELER DİZİNİ

A_c	Kesit Alanı (m^2)
A_s	Gerekli Yüzey Alanı (m^2)
AKM	Askıda Katı Madde Yükü (mg/l)
$BOİ_5$	5 Günlük Biyolojik Oksijen İhtiyacı (mg/l)
$BOİ_ç$	Çıkış Biyolojik Oksijen İhtiyacı (mg/l)
$BOİ_g$	Giriş Biyolojik Oksijen İhtiyacı (mg/l)
Ç	İller Bankası Nüfus Artış Katsayısı
DAS/SSF	Dip Akışlı Sistem
K_{20}	20 ^{0}C deki Oran Sabiti (d^{-1})
k_s	Hidrolik İletkenlik ($m^3/m^2.d$)
KDAS/CSFS	Kombine Dip Akışlı Sistem
L	Uzunluk (m)
$L_{BOİ}$	1 Kişinin Günlük BOİ Yükü (BOİ/gün.kişi)
L_{KM}	1 Kişinin Günlük KM Yükü (KM/gün.kişi)
L_W	Hidrolik Yükleme Oranı ($m^3/m^2.d$)
$Q_{atıksu}$	Atıksu Debisi (m^3/gün)
$q_{ihtiyaç}$	1 Kişi İçin Günlük Su İhtiyacı (l/gün.kişi)
S	Eğim
SKKY	Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği
t	Alıkonma Süresi (gün)
T_{min}	Minimum Atıksu Sıcaklığı (^{0}C)
W	Genişlik (m)
α	Porozite
YAS/FWS	Yüzey (Serbest) Akışlı Sistem

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. : Tipik Bir Yapay Sulak Alan Sistemi Kesiti 3
Şekil 1.2 : Typha Latifolia Yapay Sulak Alan Bitkisi Örneği 5
Şekil 1.3. : Tipik Bir Yapay Sulak Alan Sistemi Akış Diyagramı 6

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. : Kil Sızdırmazlık Malzemesi Özellikleri 16
Çizelge 3.2. : Çakıl Yatak Malzemesi Özellikleri 17
Çizelge 3.3. : Tuvenan Yatak Malzemesi Özellikleri 18
Çizelge 4.1. : Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği 21-5, Atıksu Deşarj Standartları Sektör ; Evsel Nitelikli Atıksular 27
Çizelge 4.2. : Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Sistemi Metraj Özeti 50
Çizelge 4.3. : Fosseptik Yapısı Metrajı 51
Çizelge 4.4. : Dağıtım Yapısı Metrajı 52
Çizelge 4.5. : Sulak Alan Metrajı 52
Çizelge 4.6. : Toplama Yapısı Metrajı 53

1. GİRİŞ

1.1 Genel Bilgiler

Harmancık; 1987 yılına kadar Bursa İli Orhaneli İlçesine bağlı bir nahiye durumunda iken 04.07.1987 tarih ve 1950 sayılı Resmi Gazete' de yayınlanan Kanunla Bursa İline bağlı olarak İlçe statüsüne kavuşmuştur.

Harmancık İlçesi Bursa İli ile Orhaneli İlçesinin güneyinde, Bursa'ya 96, Orhaneli'ne 38 km uzaklıktadır. İlçenin doğusunda Kütahya İline bağlı 35 km uzaklıkta Tavşanlı, batısında Balıkesir İline bağlı 60 km uzaklıkta Dursunbey, kuzeyinde 45 km uzaklıkta Keles, güneyinde ise yine Kütahya İline bağlı 100 km uzaklıkta Simav İlçeleri bulunmaktadır. Etrafı çam ormanları ile kaplı İlçenin güneyinde Domaşa, batısında Dede, doğusunda Kaklık, kuzeyinde Top başı tepeleri bulunmaktadır. Harmancık ilçesi yerleşim yeri olarak Bursa-Balıkesir ve Kütahya İllerinin il sınırlarının birleştiği bölgede engebeli bir arazide kurulmuştur. Yüzölçümü 38,928 hektar ve Rakımı 650 m dir.

Harmancık; Marmara, Ege, İç Anadolu Bölgelerinin kesiştiği yerde bulunmaktadır. Genellikle kuzey ve iç kısımlarda Ege iklimi özellikleri hakimdir. Buna göre yazlar kurak ve sıcak, kışlar yağışlı ve sıcak geçer. Yağışlar kar ve yağmur şeklindedir. Yaz aylarında bazı yıllar hiç yağmur yağmaz. Nisan ayına kadar aralıklarla kırağı yağışı sürer.

Harmancık İlçesinin üç tarafı küçük derelerle çevrilidir. Batısında Şadırvan Deresi, güneydoğusunda Eskici Deresi, güneyinde Kocadere (Çardı Deresi) bulunmaktadır. Derelerden akan su ile etraflarındaki tarla ve bahçeler sulanabilmektedir. Çardı Deresinden azda olsa balık tutulmaktadır.

İlçenin 2000 genel nüfus sayımındaki durumuna göre, merkez nüfusu:3537, köylerle birlikte nüfusu 6446'dir. Toplam nüfus 9983'dür. Nüfusun çoğu çevre köylerden gelip yerleşenlere aittir. Son yıllarda ilçe nüfusunda azalma görülmektedir.

Bunun sebebi olarak, ekonomik sıkıntı ve İlçedeki çalışma alanlarının kapanması gösterilmektedir.

İlçe çevresinin dağlık ve ormanlık olması sebebi ile işlenebilir tarım arazisi fazla değildir. Sadece tarımla geçinebilen aile sayısı çok azdır. Buğday, arpa, mısır, ayçiçeği, baklagiller, ailelerin kendilerine yetecek kadar mevsimlik sebzeler, ticari amaçla satışı yapılamayacak kadar az miktarda elma, armut, erik, ayva, kiraz ve vişne yetiştirilmektedir. Tarımsal faaliyetler traktör ve teknik ekipmanlarla yapılmaktadır. Arazisi olmayan veya az olan kişiler ortaklık ve işçilik yaparak geçimlerini sağlamaktadır.

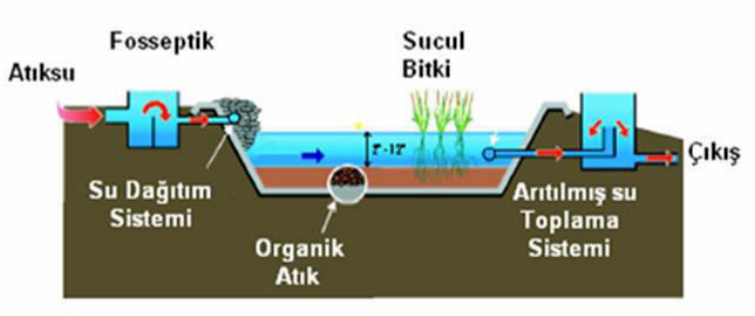
Son yıllara kadar maden işletmelerinin faaliyetleri , ekonomik açıdan İlçe ve köyleri etkilemiş, çoğunlukla ailelerde bir maden işçisi veya emeklisine rastlamak mümkün olmuştur. Ancak madencilik alanındaki genel kriz bölgeyi olumsuz olarak etkilemiş, günümüzde işsiz sayısı oldukça artmıştır (www.harmancik.bel.tr).

1.2 Evsel Nitelikli Atıksuların Yapay Sulak Alanlar Sistemi İle Arıtılması

- **Yapay Sulak Alan Arıtma Şekilleri**

Yapay sulak alan arıtma sistemleri; yüzey akışlı ve dip akışlı sistemler olarak iki şekilde tasarlanmaktadır. Tez konusu sistemde, dip akışlı yapay sulak alan sistemi tercih edilmiştir. Bu sistemde hidrolik yükleme oranına ve alıkonma süresine bağlı olarak alan ihtiyacı daha az olmaktadır (U.S.EPA, 1993).

Ayrıca; yüzey akışlı sistemlerde koku ve sinek oluşumu mevcut iken, dip akışlı yapay sulak alan sistemlerinde, su yatak malzemesinde öngörülen derinlikte ve yüzeye çıkmaksızın akışa sahip olduğundan her hangi bir koku ve sinek oluşumu söz konusu değildir.



Şekil 1.1 Tipik Bir Yapay Sulak Alan Sistemi Kesiti (www.khgm.gov.tr)

- **Yapay Sulak Alan Arıtma Sisteminde Bitki Uygulaması**

Sistem, özel olarak tasarlanan yataklarda yetiştirilen bitkiler vasıtasıyla atık suyun arıtılması esasına dayanmaktadır.

Çevredeki doğal malzeme kullanılarak ihtiyaç büyüklüğünde hazırlanan havuzlarda atık suyun filtre edilmesi ve yetiştirilen sulakalan bitkileri ile suyun arıtılması esasına dayanan bu sistem, doğal yapının küçük taklitleridir. Sulakalanlar, ortamdaki güneş enerjisini kullanabilme ve kendi kendini yenileyebilme kapasitesine sahiptirler. Birçok canlı türüne yaşam alanı sağlayarak yabani hayat oluştururlar. Ortamdaki karbondioksiti tüketip oksijen üreterek atmosferin doğal dengesinin korunmasını sağlarlar. Organik maddeyi, askıda katı maddeyi, besinleri, toksik maddeleri, ağır metalleri ve biyolojik unsurları giderebilmesinden dolayı yüksek miktarda arıtım kapasitesine sahiptirler.

Yapay sulak alan atıksu arıtma sistemlerinde çok farklı sulak alan bitki türü kullanımı mümkündür. Yapay sulak alan arıtma sistemlerinde kullanılan bitki türlerine örnek olarak; Scirpus, Phragmites, Typha Latifolia verilebilir. Seçimde ekili olan faktörler; bitkinin kolay bulunabilirliği, iklimsel şartlara uygunluğu ve dayanıklılığı, bitkinin sahip olduğu optimum kök derinliğinin sistemde tasarlanan yatak derinliği ile karşılanabilmesi, estetik unsurlar vb. olarak sıralanabilir.

Yukarıda sıralanan gerekçelerden ötürü, teze konu dip akışlı yapay sulak alan arıtma sisteminde; Typha Latifolia yapay sulak alan bitkisi tercih edilmiştir. Typha Latifolia; özellikle bataklık alanlarda, dere boylarında, durgun su kaynaklarının kenarlarında, sulama kanal/kanaletlerin akış yatakları boyunda yetişmektedir. Anılan tür, ülkemizin hemen hemen her yerinde kendi doğal şartlarında ve teze konu Bursa İli Harmancık İlçesi yakın çevresinde de mevcuttur.

Typha Latifolia bitkisi; kış şartlarına dayanıklı, doğal yaşam şartlarına uyumlu, doğada kendiliğinden yetişen ve çoğalan, yaklaşık 30 cm kök derinliğine sahip bir yapay sulak alan bitki türdür. Yapılan örnek bir çalışmada, 118 mg/l $BOİ_5$, 57 mg/l TKM ve 25 mg/l NH_3 kirlilik yüküne sahip bir atıksuda, Typha Latifolia bitki türü

kullanılan yapay sulak alan sistem çıkışında 30 mg/l $BOİ_5$, 6 mg/l TKM ve 18 mg/l NH_3 değerlerine ulaşıldığı görülmüştür (U.S.EPA, 1993).



Şekil 1.2 Typha Latifolia Yapay Sulak Alan Bitkisi Örneği (www.apms.org)

- **İklimsel Faktörler**

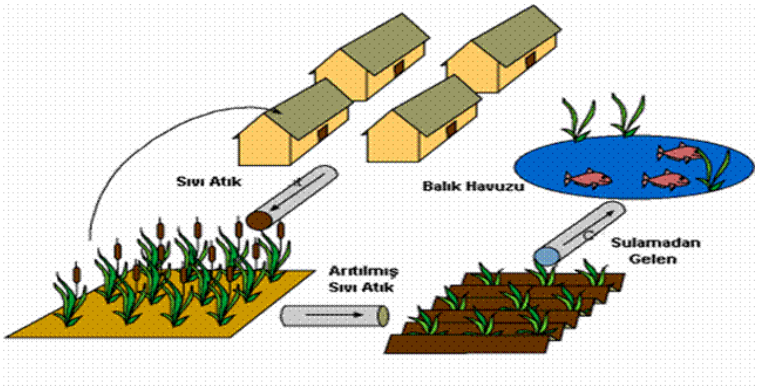
Seçilen sistem vejatasyonu, çok ağır kış şartlarına dayanıklı bir türdür. Kar altında bile yaşamını aylar boyunca sürdürebilme özelliğine sahiptir. Atıksu sıcaklığının etkisi de sistemi destekleyici bir unsurdur.

Sistemin inşa edileceği Harmancık İlçesinde Ege İklimi özellikleri hakimdir. Buna göre yazlar kurak ve sıcak, kışlar yağışlı ve sıcak geçer. Yağışlar kar ve yağmur şeklindedir. Yazları kurak geçmesi nedeniyle sistem çıkışında atıksu debisinde azalma olacağı, bitki tarafından sızdırmazlık sağlanmış hazne yapılarında suyun tutulacağı beklenmektedir.

- **Sistem Arıtma Verimi ve Çalışma Prensibi**

Yapay sulak alan arıtma sistemleri, yapılan bilimsel çalışmalarla arıtma verimliliği ispatlanmış güvenilir sistemlerdir. Yapılan çalışmalara göre, farklı bitki türüne ve akış şekline sahip sulakalanlarda evsel atıksu arıtımında, genel olarak, %80-99 $BOİ_5$, KOİ ve bakteri giderimi, %92-95 AKM, %30-80 toplam azot ve %20-70 toplam fosfor giderimi elde edilmiştir (Metcalf-Eddy, 1991).

Sistemin birinci kademesini fosseptik yapıları oluşturmaktadır. Fosseptik çıkış suları ile beslenen yapay sulakalanlarda yapılan arıtma sonucunda, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinin öngördüğü değerlerin altında kirletici konsantrasyonlarına ulaşmak mümkündür. Bu sistemlerle kırsal yerleşim yerlerimize ait atıksular alıcı su ortamlarına güvenle deşarj edilebilir değerlere ulaşacaktır.



Şekil 1.3 Tipik Bir Yapay Sulak Alan Sistemi Akış Diyagramı (www.khgm.gov.tr)

Yapay sulakalanlardan hasat edilen bitkiler ve çıkış suyunun tekrar değerlendirilmesi ile ilgili çok çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Kendi içinde ekolojik bir denge kuran sulakalan sitemleri oldukça üretkendir. Sistem, pahalı ithal ekipmanlara ihtiyaç duymamaktadır. Enerji ihtiyacı yoktur. Bakımı, onarımı ve işletmesi kolaydır.

1.3 Dip Akışlı Yapay Sulak Alanlar Arıtma Sisteminin Harmancık İlçesi İçin Uygulanması

Ülkemizde Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü nezdinde başlatılan çalışmalarla daha çok köylere uygulanan sistem; nüfusu, sanayileşmenin mevcut olmaması, tarımsal arazi varlığı imkanı vb. nedenlerle Harmancık İlçesi için oldukça ekonomik ve uygulanabilir bir yöntem olmaktadır.

Konvansiyonel arıtma teknolojileri maliyetleri, kamuoyunda doğal arıtma olarak adlandırılan yapay sulak alanlar yöntemiyle atıksu arıtımı sistemleri maliyetine göre çok yüksek değerlere sahiptir. Ayrıca anılan arıtma sistemleri için sürekli enerji gereksinimi, sık aralıklı periyodik bakım-onarım giderleri, personel istihdamı zorunluluğu, nüfusu ve arazi şartları itibarı ile Harmancık İlçesi için yapay sulak alanlar sistemini cazip kılmaktadır.

Proje; Harmancık İlçesi evsel nitelikli atık suları için, 2872 sayılı Çevre Kanununa dayanılarak çıkartılmış olan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde öngörülen yasal atıksu deşarj standartları dikkate alınarak hazırlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yapay sulak alan sistemleri ile atıksuların arıtılması konusunda değişik ülkelerde geçen yüzyılın ortalarından bu yana bir çok çalışma yapılmıştır. Avrupa ve Amerika'da yapılan çalışmalar farklı karaktere sahip evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılması ve tekrar değerlendirilmesi konusunda çeşitlenerek sürdürülmektedir.

Magmedov (2002), yaptığı araştırmada Temmuz 2002 yılı itibariyle A.B.D.'nde 500 civarında işletmeye alınan yapay sulak alan atıksu arıtma sistemi olduğunu tespit etmiştir.

Haberl vd. (1995), Avrupa'da yaptıkları çalışmalarda wetlands sitemleri kullanılarak BOİ kirlilik yükünün 20 mg/l seviyelerine kadar düşürülebileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Kiracofe ve Novak (2000), Ocak 1998 – Mayıs 2000 tarihinde Monterey Belediyesinin evsel nitelikli atıksuları için yaptıkları izleme çalışması ile, Phragmites bitkisi ekimi gerçekleştirilen, % 35-40 poroziteye sahip yatak malzemesi uygulanmış dip akışlı yapay sulak alan sistemi ile atıksu arıtma veriminin $BOİ_5$ cinsinden % 71 ve AKM cinsinden % 88 seviyesinde olduğu sonucuna varmışlardır.

Ahn vd. (2000), yapay sulak alan sistemlerinin farklı akış tiplerine göre verimliliklerini incelemişlerdir. Phragmites japonica bitkisinin Kore için iris ve typha bitkilerine göre daha uygun olduğu sonucunu elde etmişlerdir. 25 m^3/gün debiye sahip sistemin atıksu arıtma verimliliğinin g/m^2.gün olarak BOİ cinsinden, 2 m genişlik ve 20 m uzunlukta bağımsız 10 hazneli yüzey akışlı sistemde (YAS/FWS) % 31,8 – 84,9, 2 m genişlik ve 15 m uzunlukta bağımsız 8 hazneli dip akışlı sistemlerde (DAS/SFS) % 56,2 – 77,7 ve 2 m genişlik, 20 m uzunlukta ve 0,6 m yatak derinlikte birbirleriyle kombine edilmiş 20 hazneli dip akışlı sistemlerde (KDAS7CSFS) % 73,1 – 90,3 aralığında gerçekleşmektedir. Ayrıca, Ahn ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada; sistem atıksu arıtma verimliliğinin g/m^2.gün olarak KM cinsinden serbest (yüzey) akışlı sistemlerde (YAS/FWS) % 30,6 – 83,0, dip akışlı sistemlerde (DAS/SFS) % 28,2 –

81,8 ve kombine dip akışlı sistemlerde (KDAS/CSFS) % 78,5 – 95,0 aralığında sonuç verdiğini ortaya koymuşlardır.

Cueto (1993) tarafından Texas'ta yapılan çalışmada, karışık karakterli atıksu örneği ile farklı akış şekline sahip yapay sulak alan sistemlerine göre BOİ ve AKM giderim performansları incelenmiştir. BOİ cinsinden; serbest akışlı sistem ile % 53 – 89, dip akışlı sistem ile % 80 – 82 ve kombine edilmiş sistemler ile % 58 – 96 giderim performansı elde edilmiştir. TKM cinsinden; serbest akışlı sistem ile % 76 - 88, dip akışlı sistem ile % 90 - 92 ve kombine edilmiş sistemler ile % 77 - 94 giderim performansı elde edilmiştir.

Hammer vd. (1993) tarafından Livestock'ta domuz ahırları atıksularının arıtılması için yüzey akışlı yapay sulak alan çalışması yapılmış, BOİ ve TKM arıtma verimi incelenmiştir. Çalışma sonunda % 90,4 BOİ ve % 91,4 TKM giderme verimi elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada % 99,4 Fekal koliform giderimi sağlanmış olup, % 75,9 Toplam fosfor giderme verimi elde edilmiştir.

Menfrinato vd. (1993) tarafından sulak alan bitkileri üzerine yapılan çalışmada, evsel nitelikli atıksuların arıtılması için doğal toprak malzemeden oluşan filtre yataklarına ekimi gerçekleştirilen sulak alan bitkileri ile oluşturulmuş yapay sulak alan sisteminde, % 70 BOİ ve KOİ, % 99 Fekal ve Toplam Koliform, % 90 renk giderimi sağlanmıştır.

Amerika Çevre Koruma Ajansı (1993) tarafından Kuzey Amerika'da evsel nitelikli atıksuların arıtılması amacıyla yapılan yapay sulak alan sistemlerinde % 73 BOİ giderimi sağlanarak 8 mg/l çıkış BOİ kirlilik yüküne, % 72 KM giderimi sağlanarak 13 mg/l çıkış KM kirlilik yüküne, % 53 toplam azot giderimi sağlanarak 4,5 mg/l çıkış toplam azot kirlilik yüküne, % 56 toplam fosfor giderimi sağlanarak 1,7 mg/l çıkış toplam fosfor kirlilik yüküne ulaşılmıştır.

McBrien (1996), Massachusetts, New England'da yaptığı çalışmada, sulak alan bitkileri ekiminin yapıldığı yapay sulak alan arıtma sistemleri ile % 75 kurşun, % 50 çinko ve % 15 organik karbon giderme verimine ulaşabileceğini ortaya koymuştur.

Taner (2002) Yeni Zelanda'da yaptığı çalışmada; 0,1 ha alan yüzey alana sahip, 0,13 m^3/m^2.gün yükleme oranına sahip dip akışlı yapay sulak alan sistemi ile çalışmıştır. Tuvenan ve çakıl kullanarak oluşturduğu yatak haznelerine sahip, kümes, ev hayvanları, evsel nitelikli atıksular vb. farklı kaynaklı atıksuların arıtılması için tasarlanan sistemde, 24 mg/l BOİ, 28 mg/l TKM, 4,2 mg/l çözünmüş oksijen çıkış suyu kalitesi elde etmiştir.

Gladden vd. yapay sulak alan sistemi ile arıtımı gerçekleştirilen atıksuyun kimyasal karakteri ile ilgili sonuçlar elde etmişlerdir. Yapılan çalışma sonunda, pH aralığının 6,0 – 7,8, sertlik aralığının 4 – 28 mg/l $CaCO_3$, alkalinite aralığının 21 – 59 mg/l $CaCO_3$, iletkenlik aralığının 80 – 164 µS/cm, çözünmüş oksijen aralığının 4,0 – 11,8 mg/l olduğunu tespit etmişlerdir.

1994 – 1998 yılları arasında Bölgesel İlçe Sağlık Koruma İdaresince Sacramento'da yapılan pilot çalışma ile, yapay sulak alan arıtımının atıksuda bulunan metalleri giderme verimlerinin ölçülmesi amacıyla sistem giriş ve çıkış atıksu numunesi analizlerinde µg/l olarak; Ag için 0,32 giriş ve 0,033 çıkış değeri, As için 2,2 giriş ve 2 çıkış değeri, Cd için 0,1 giriş ve 0,245 çıkış değeri, Cr için 1,2 giriş ve 0,55 çıkış değeri, Cu için 7,3 giriş ve 3,3 çıkış değeri, Hg için 0,0096 giriş ve 0,0033 çıkış değeri, Ni için 6 giriş ve 3,2 çıkış değeri, Pb için 0,67 giriş ve 0,175 çıkış değeri, Zn için 32 giriş ve 4,25 çıkış değeri elde etmişlerdir.

Smith vd. (2001-2002) yapay sulak alan sistemlerinin kış şartlarında hidrolik akış karakteri üzerine çalışma yapmışlardır. 20 m uzunluğunda ve 5 m genişliğinde, 1,0 m yatak derinliğine sahip, 50 kg/ha.gün BOİ yüklemesinin yapıldığı, Typha Latifolia ekimi gerçekleştirilen yapay sulak alan hazneleri kullanarak yürütülen çalışmada, Nisan 2001'de sudaki Br^- iyonunun sistemde tutulma yüzdesi % 78-81, alıkonma süresi (d) 14,0 – 16,5, varyant (d^2) 20,6 – 18,7, aktif hacim (%) 50,2 – 56,5 olarak elde edilmiştir.

Aynı çalışma Ocak 2002'de aynı sistem şartlarında gerçekleştirildiğinde; Br^- iyonunun sistemde tutulma yüzdesi % 75 - 72, alıkonma süresi (d) 16,0 – 19,0, varyant (d^2) 19,7 – 21,0, aktif hacim (%) 53,5 – 65,0 olarak elde edilmiştir.

Reimold ve Margaret (1997), evsel nitelikli atıksu arıtımı amaçlı yapay sulak alan sistemlerinde kullanılan bitkiler üzerine yaptıkları çalışmada, 38 m^3/gün ve 54 m^3/gün atıksu yükleme debisine sahip iki ayrı hazne yapısında, katı madde giderme ve ağır metal tutabilme kriterine göre Phragmites sp., Typha sp. ve Scirpus sp. türlerinin oldukça uygun vejetasyon oluşturduklarını tespit etmişlerdir.

Rousseau (2006), Belçika'da yüzey akışlı ve dip akışlı yapay sulak alan arıtma sistemleri ile ilgili yaptığı çalışmada, çalışma yapılan coğrafi bölge için anılan akış türlerine göre kullanılabilecek bitki türlerini belirlemiştir. Yapılan çalışmada atıksu karakterine bağlı olmaksızın, bitki türlerinin yapay sulak alan sistemini yaşam alanı olarak kabul edebilirlikleri dikkate alınmıştır. Buna göre yüzey akışlı sistemler için Phragmites australias, Typha spp., Scirpus spp., Nymphaea spp., Nelumbo spp., Eichhornia crassipes, Lemna spp., Elodea spp., Myriophyllum spp. ve Glyceria maxima türlerinin uygun olduğu sonucuna ulaşmıştır. Dip akışlı sistemler için ise Phragmites australias, Typha spp., Scirpus spp. türlerinin uygun olduğu sonucuna varmıştır.

Tayade vd. (2005), Hindistan'da yaptıkları çalışmada, iki ayrı yapay sulak alan haznesi tasarlayarak, birinci yatağa Typha Latifolia ikinci hazne yatağına Canna Indica bitkisi ekimi yaparak atıksu numune analiz sonuçlarını incelemişlerdir. Yapılan inceleme sonunda; Typha Latifolia ekimi yapılan birinci hazne çıkış suyunda mg/l cinsinden TKM değerinin 144 ten 25 e düştüğü, BOİ değerinin 152 den 23 e düştüğü, Fekal Koliform miktarının % 96 oranında giderildiği sonucuna ulaşmışlardır. Canna Indica ekimi yapılan ikinci hazne çıkış suyunda mg/l cinsinden TKM değerinin 152 ten 38 e düştüğü, BOİ değerinin 198 den 45e düştüğü, Fekal Koliform miktarının % 82 oranında giderildiği sonucuna ulaşmışlardır.

Hunt vd. (2002) yaptıkları çalışmada, domuz ahırlarının atıksularında azot ve fosfor giderimi için yapay sulak alan sistemini kullanmışlar ve kirlilik yükleme oranı ile

kirlilik giderim imkanı arasındaki ilişkiyle ilgili sonuçlara ulaşmışlardır. İkili seri bağlı 3,5 m genişliğinde ve 33,5 m uzunluğunda 4 adet hazneden oluşan sistemde, bitki olarak Scirpus americanus, Sparganium americanum ve Typha Latifolia kullanılmıştır. Sistemde, 3 – 40 kg/ha.gün aralığında azot yüklemesi için atıksuda azot giderimi sağlanırken, fosfor için max. 4 kg/ha.gün kirlilik yüklemesine kadar giderim sağlanmış, bu değerin üzerindeki kirlilik yüklemesinden sonra atıksuda fosfor giderimi sağlanamamıştır.

Sukias ve Taner (2004), Waikato Bölgesinin farklı noktalarında evsel nitelikli atıksuların arıtılması amacıyla yapılan dip akışlı ve kombine dip akışlı yapay sulak alan arıtma sistemlerinde BOİ giderme verimlerini incelemişlerdir. Buna göre; Huntly'de yapılan sistemde dip akışlı sistem ve Glyceria maxima kullanılarak, ortalama 1.065 m^3/gün akış debisi ve 0,79 g/m^2.gün yükleme oranına sahip atıksuda 30 mg/l den 12 mg/l ye indiği ve % 59 oranında arıtma verimi elde edildiği sonucuna varmıştır.

Cambridge'de yapılan sistemde kombine dip akışlı sistem ile tek başına dip akışlı sistem birlikte kullanılmış ve karışık yapay sulak alan bitkilerinden oluşturulan vejetasyon kullanılarak, ortalama 3.234 m^3/gün akış debisi ve 2,6 g/m^2.gün yükleme oranına sahip atıksuda 52 mg/l den 13 mg/l ye indiği ve % 75 oranında arıtma verimi elde edildiği sonucuna varmıştır.

Miller (2003) tarafından yapılan çalışmada, evsel nitelikli atıksuların artımı amacıyla dairesel kesitli yapay sulak alan sistemi kullanılmış ve yaz – kış şartları için sistem çıkış suyu kirlilik yükleri incelenmiştir. Sistemde, dairesel kesitli PE malzeme kullanılarak sızdırmazlık sağlanmış havuzlar kullanılmıştır. Sistem çıkış suyunda yaz şartlarında % 66,3 KOİ, % 84,4 BOİ, % 81,7 TKM ve % 81,8 NH_4 giderimi sağlanmıştır. Aynı sistemde kış şartlarında % 78,7 KOİ, % 96 BOİ, % 89,1 TKM ve % 63,9 NH_4 giderimi sağlanmıştır. Typha Latifolia sulak alan bitkisi ile yapılan çalışmada, bitkinin ağır kış şartlarında da yaşamını sürdürdüğü görülmüştür.

Amerika Silahlı Kuvvetler Komutanlığı (2003) tarafından, ordu birliklerine ait evsel nitelikli atıksuların arıtılması amacıyla yapay sulak alan sistemlerinin

uygulanabilirliği konusunda çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada sızdırmazlık sağlanması için farklı yöntemlere göre maliyet hesapları çıkarılmıştır. Buna göre; yüzey akışlı sistemlerde doğal arazi zemini yerine plastik membran kullanılması halinde maliyetin % 68, dip akışlı sistemlerde % 28 oranında maliyetin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Aynı çalışma ile ayrıca; konvansiyonel arıtma sistemlerine göre yapay sulak alan arıtma sistemlerinin yatırım maliyetlerinin kıyaslandığı çalışmada, aynı niteliklere ve debi değerine sahip atıksuların arıtılmasında yüzey akışlı yapay sulak alan sistemi için 274.000 $, dip akışlı yapay sulak alan sistemi için 494.000 $ ve konvansiyonel arıtma sistemi için 1.169.000 $ maliyet hesap edilmiştir.

Middlebrooks ve Dee (2001), farklı zaman ve yerlerde, farklı akış tipine sahip yapay sulak alan sistemlerinin yatırım maliyetleri konusunda çalışmalar yapmışlardır. Buna göre; yüzey akışlı sistemlerden 1994 yılında Agency'de yapılan 1,4 ha lık sistemin yatırım maliyeti 21.427,5 $/ha, 1990 yılında Chelsea'de yapılan 0,104 ha lık sistemin yatırım maliyeti 192.307,5 $/ha, 1991 yılında Dows'da yapılan 0,92 ha lık sistemin yatırım maliyeti 57.827,5 $/ha, 1998-1999 yılında Iowa City'de yapılan 0,22 ha lık sistemin yatırım maliyeti 113.637,5 $/ha olarak bulunmuştur. Ortalama olarak yüzey akışlı yapay sulak alan sisteminin yatırım maliyeti 96.300 $/ha'dır.

Ülkemizde ilk yapay sulak alan sistemi, 2003 yılında Ankara İli Haymana İlçesi Dikilitaş Köyünde pilot proje olarak Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılmış ve evsel nitelikli atıksuların arıtılması amacıyla yapımıştır. (www.khgm.gov.tr).

Ayrıca bir diğer çalışma, 2004 yılında Çevre Mühendisleri Odası tarafından Viranşehir'de yapılmıştır. Bu uygulamada evsel nitelikli atıksuların arıtılması amacıyla inşa edilen yapay sulak alan sisteminde, doğal zeminin kazılarak açılan yatakların sıkıştırılması ile oluşturulan hazne yatakları ve hazne yatak malzemesi olarak tuvenan malzeme kullanılmıştır (www.cmo.org.tr).

Bursa Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü tarafından 2004 yılında Bursa İli, Karacabey İlçesi, Eskikarağaç Köyü'nde Dip Akışlı Yapay Sulak Arıtma Sistemi

Projesi hazırlanmıştır. Yıl sonunda inşası tamamlanan sistem Mart 2005 tarihinde devreye alınmıştır. Sistem; 450 eşdeğer nüfusa karşılık gelecek şekilde, toplam 1.050 m^2 yüzey alana sahip 3 hazneli şekilde tasarlanmıştır. Evsel nitelikli atıksular öncelikle 4 gözlü sızdırmaz fosseptik yapısına alınarak dağıtım yapısına verilmiştir. Buradan bağımsız hatlarla haznelere verilip, haznelerden yine bağımsız hatlarla toplama yapısına alındıktan sonra Uluabat Gölü'ne deşarj hattı ile verilmiştir. Haznelerde sızdırmazlık malzemesi olarak 3 mm kalınlıkta membran kullanılmıştır. Sistemde Typha Latifolia yapay sulak alan bitkisi olarak kullanılmıştır. Ortalama hazne yatak derinliği 80 cm dir. Yatak malzemesi olarak tabanda kaba çakıl ve üstte tuvenan dere malzemesi kullanılmıştır (E.Karaağaç Köyü Arıtma Tesisi Projesi, 2004).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Çalışmada; referans veri olarak Harmancık İlçesi nüfus verileri ve Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği ile getirilen atıksu deşarj kirlilik yük limitleri kullanılmıştır. Nüfus verileri Devlet İstatistik Enstitüsü'nün Nüfus Envanter Tablolarından, kirlilik yük limitleri anılan Yönetmelik eklerinden alınmıştır.

Arıtma sistemi tasarım ve boyutlandırma materyali olarak İlçe merkezinde oluşacak ve mevcut merkezi kanalizasyon sistemi ile taşınacak insan kaynaklı evsel nitelikli atıksu kullanılmıştır.

Yapay Sulak Alan Arıtma Sisteminin, Harmancık – Bursa Yolu üzerinde ve yol ile Kocadere arasındaki 15 dönüm arazi üzerine inşa edilmesi planlanmaktadır. Harmancık Belediyesi kanalizasyon sistemi anılan sahaya yaklaşık 200 m mesafede sonlanmakta ve her hangi bir arıtma işlemine tabi tutulmadan doğrudan Kocadereye deşarj edilmektedir. Bir kısmı özel mülkiyete sahip kamulaştırılacak parçalı arazilerden oluşan sahada, dere boyunca mevcut doğal eğim yapay sulak haznelerinde öngörülen giriş ve çıkış taban kotlarını sağlamada uygun şart oluşturacaktır.

Yerinde yapılan araştırmada; sistem için gerekli olan alan ihtiyacını karşılayacak büyüklükte, terfilendirmeye gerek olmaksızın atıksuların kendi cazibesi ile ulaşabileceği, arazinin tamamının kazı metrajını optimum değerlerde tutacak topoğrafik yapıya sahip ve sistem çıkışında işlenmiş atıksu deşarjının gerçekleştirileceği alıcı su ortamına en yakın saha olarak yukarıda anılan saha belirlenmiştir.

Yapay sulak alan haznelerinin sızdırmazlığının sağlanması için kil malzemesi kullanılacaktır. Sızdırmazlık malzemesinin; Harmancık İlçesine yaklaşık 35 km mesafede bulunan, sulama baraj/gölet inşaatlarında sızdırmazlık sağlanması için ihtiyaç

duyulan kilin karşılanması amacıyla açılmış kamuya ait Keles İlçesi Dedeler Köyü Büyükyayır Mevkiindeki kil ocağından karşılanması planlanmaktadır.

Kil mineralleri genel olarak; demir ve alüminyum oksitler ile çeşitli hidratasyon safhasındaki silisten oluşmaktadır. Kristal bir yapı gösterirler. Kil parçacıkları tanelerinin küçüklüğü nedeniyle çok geniş bir yüzey toplamına sahiptir. Buna ek olarak kil parçacıkları her bir parçacığı oluşturan levha şeklindeki kristal üniteleri arasında da iç yüzeylere sahiptirler.

Kil parçacıkları etrafında fazla miktarda su adsorbe edilir. Suyun bir kısmı bu parçacıklara bağlı bulunan katyonların hidratasyonu sonucunda tutulmaktadır. Kil parçacıkları etraflarında su tuttukları gibi kristalleri oluşturan levhalar da su tutarlar (Ergene, 1972).

Kullanılacak CL sınıfına ait, elek analizi sonucunda ağırlıkça %28' i kil olarak tespit edilen sızdırmazlık malzemesinin deney sonuçları aşağıda verilmiştir;

Çizelge 3.1. Kil Sızdırmazlık Malzemesi Özellikleri
(Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Zemin Mekaniği Laboratuarı, 2006)

Likit Limit	:	% 62,15
Plastik Limit	:	% 23,32
Plastik İndeks	:	38,83
Büzülme Limiti	:	% 18,33
Düşey Permeabilite	:	$2{,}020 \times 10^{-7}$ cm/s
Optimum Su İçeriği	:	% 16,30
Max. Kuru Bir. Ağ.	:	1,800 gr/cc
95% Sıkış. K.B.Ağ.	:	1,710 gr/cc
Özgül Ağırlık	:	2,50
Org. Mad. İçeriği	:	-1- iyi

Kil malzemesinin sıkıştırılması amacıyla hazne tabanında keçiayağı ve trapez yan kenarlarda kompaktör kullanılacaktır. Bu uygulama ile kilin sızdırmazlık özelliğine ek olarak, ayrıca adsorbsiyon özelliği de kirlilik olarak tanımlanan su içindeki kimi iyonların hazne yatak tabanında tutulmasına katkıda bulunacaktır.

Yapay sulak alan haznelerinde yatak dolgu malzemesi olarak elenmiş-yıkanmış dere çakılı ve tuvenan dere malzemesi kullanılacaktır. Hazne yatakları yarı derinlikte ve hazne giriş ve çıkışlarında hazneye dağıtım yapısından alınacak suları hazneye verecek derin kuyu sondaj borularının tıkanmasını önlemek amacıyla elenmiş-yıkanmış dere çakılı, yatakların üst yarı derinliklerinde ise ekimi yapılacak yapay sulak alan bitkisinin kök tutmasını kolaylaştıracak ve su akışına da imkan verecek tuvenan dere malzemesi kullanılacaktır.

Yıkanmış-elenmiş dere çakılı, Harmancık İlçesine yaklaşık 25 km. uzaklıktaki Piribeyler'de bulunan Kum-Çakıl Ocağından temin edilecektir. Çakıl malzemesi, karışık dere malzemesinin sırasıyla yıkama tesisinden ve 8 - 12 mm elekten geçirilmesi ile elde edilecektir.

Kullanılacak çakıl yatak malzemesinin özellikleri aşağıda verilmiştir;

Çizelge 3.2. Çakıl Yatak Malzemesi Özellikleri

Çakıl Birim Ağırlık	:	1,50 – 1,70 t/m^3
Çakılın Kum İçeriği (%)	:	0 – 5
Çakıl Max. Dane Çapı	:	1 ½"

Tuvenan dere malzemesi, Kocadere'den dere yatağından temin edilerek, herhangi bir işlemden geçirilmeksizin malzemenin doğal hali korunarak doğrudan sistemde yatak dolgu malzemesi olarak kullanılacaktır.

Kullanılacak tuvenan yatak malzemesinin özellikleri aşağıda verilmiştir;

Çizelge 3.3. Tuvenan Yatak Malzemesi Özellikleri

Tuvenan Malzeme Bir. Ağ.	:	1,50 – 1,70 t/m^3
Tuv. Mal. Kum İçeriği (%)	:	0,30 – 0,35 (200 No.lu elekten geçen malzeme)
Tuv. Mal. İncelik Modülü	:	3,00 – 4,00
Tuv. Mal. Max. Dane Çapı	:	3/4”

Dip akışlı yapay sulak alan arıtma sisteminde Typha Latifolia yapay sulak alan bitkisi tercih edilmiştir. Typha Latifolia, özellikle bataklık alanlarda, dere boylarında, durgun su kaynaklarının kenarlarında, sulama kanal/kanaletlerin akış yatakları boyunda ve Harmancık İlçesi yakın çevresinde de yetişmektedir.

Typha Latifolia bitkisi; kış şartlarına dayanıklı, doğal yaşam şartlarına uyumlu, doğada kendiliğinden yetişen ve çoğalan, yaklaşık 30 cm kök derinliğine sahip bir yapay sulak alan bitki türdür.

3.2. Metod

Sistemin tasarlanmasında dip akışlı sistem kullanılmıştır. Yüzey akışlı sisteme göre koku, sinek vb. olumsuz etkilerinin daha az olması ve daha az yüzey alana ihtiyaç duyulması sebebiyle tercih edilmiştir.

Yapay sulak alan sistemi ile atıksu arıtımında; yüzey akışlı (YAS/FWS), yatay (YDAS/HSSF) - düşey (DDAS/VSSF) – sürekli kombine (KDAS/CSSF) dip akışlı sistemler kullanılmaktadır. Hesaplamalara esas yöntem olarak, dip akışlı yapay sulak alan sistemi (DAS/SSF) kullanılmıştır. Boyutlandırma ve tasarımda elde edilen sonuçlar, akış hızı ve Çevre ve Orman Bakanlığı'nca Çevre Yasasına dayanılarak çıkarılan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde öngörülen kirlilik yük limitlerine göre Hidrolik Yükleme ve Boyutlandırma Kontrol Hesapları değerlendirilerek teyit edilmiştir.

Sistem tasarımında kullanılan debi ve kirlilik yükleri hesaplamalarında DİE'nin nüfus verilerinden yola çıkılarak, İller Bankası tarafından kullanılan kişi başına ihtiyaç duyulan günlük su ihtiyacı verilerinden teorik olarak hesaplanmıştır. Kirlilik yüklerinin hesabında literatür derlemesiyle elde edilen kişi başı kirlilik yük değerlerine ilişkin kabuller, gelecekteki nüfus hesabı için ise İller Bankası Nüfus Tahmin Yöntemi kullanılmıştır.

İlçe merkezi kanalizasyon sistemi eşit debilerde inşa edilecek iki ayrı 1500 kişilik 4 gözlü ve sızdırmasız fosseptik yapısına alınacaktır. Fosseptik yapıları arıtma sisteminin birinci ayağını oluşturmaktadır. 4 gözlü olarak inşa edilecek betonarme yapıların Katı Madde tutma ve buna bağlı olarak BOİ giderme verimlerinden istifade edilecektir.

Fosseptik yapılarının yapımına kazı çalışması ile başlanacaktır. Daha sonra stabil bir zemin elde edilmesi için tabandan itibaren zemin tesviyesi, kum ferşi, blokaj ve 250 dozlu demirsiz beton dökme işlemleri gerçekleştirilecektir. Stabil bir zemin elde edildikten sonra tabana ait demir bağlama işlemleri gerçekleştirilip, taban betonu için

kalıplar çakılarak 300 dozlu taban betonu atılacaktır. Beton dökme işleminden önce yan duvar ve perde duvarların demirleri için tabandaki demirlere gerekli bağlantılar yapılarak beton döküldükten sonra yapının yukarıya doğru demir örülmesine imkan verilecektir. Taban betonunun prizini almasından sonra, yan duvarlar ve perde duvarlar için demirlerin bağlanması ve kalıpların çakılarak 300 dozlu beton atılır ve priz süresi beklenecektir. Yan duvarların betonu atılmadan dalgıç perdelerin bağlanma demirleri ve tavan demirlerinin bağlantıları yapılarak tavan betonu atılmadan önce kalıp ve beton için hazırlanacaktır. Tavan ve dalgıç perdelerin betonu dökülürken kırdöküm havalandırma bacası betona saplanarak beton içinde yer alması sağlanacaktır. Ayrıca fosseptik yapısının her bir gözü için 60 cm X 60 cm boyutlarında kontrol bacaları için tavan betonunda boşluklar bırakılacaktır. Bu boşluklar tavan betonunun prizini almasından sonra 50 cm yükseltilecektir. Kapakları ise ayrı bir yerde dökülerek daha sonra bu bölümleri kapatacak şekilde üstlerine konacaktır.

Fosseptik yapısının yapımından sonra yapay sulak alan sisteminin yapımı için öncelikle hesaplanan boyutlarda hazne yatakları açılacaktır. Hazne yatakları trapez kesitte olacaktır. Hazne giriş ve çıkış kısımlarında, atıksuyun cazibeli akışına olanak verecek şekilde kot farkı oluşturulacaktır. Buna göre hazne girişindeki atıksu akar kotu, hazne çıkışındaki akar kottan daha yüksek olacaktır. Öngörülen kot farkı 20 cm dir. Kazı işleminin gerçekleştirilmesinde ekskavatör, çıkan malzemenin sahadan uzaklaştırılması için kepçe ve kamyon kullanılacaktır.

Açılan yapay sulak alan haznelerinde, sızdırmazlığın sağlanması için kullanılacak kil malzemesi, açılan trapez yataklara serilerek sıkıştırılacaktır. Sıkıştırma işleminde taban için keçiayağı, trapez yan kenarlar için kompaktör kullanılacaktır. Kil malzemesi atıksuyun temas ettiği tüm noktalara uygulanarak atıksuyun sistem içinde hiçbir kaçağa sebebiyet vermeden tutulması sağlanacaktır.

Kil zemin üzerine yapay sulak alan haznelerinin her birine hazne genişliği boyunca derin kuyu sondaj boruları yerleştirilecektir. Derin kuyu sondaj boruları hazne giriş ve çıkış kısımlarında haznenin orta noktasına gelecek şekilde ve hazne kenar iç yüzeyine 10 – 20 cm uzaklıkta konacak pik (döküm) Te parçaları ile iki eşit parça

olacak şekilde uygulanacaktır. Hazne giriş ve çıkış kısımlarında derin kuyu sondaj borularının her iki ucuna konacak pik (döküm) kör tapalar ile suyun yalnızca boru kesiklerinden çıkması/alınması sağlanacaktır.

Sızdırmazlık malzemesi olarak kullanılan 10 cm kil tabakasının üzerine orta irilikte (10 – 12 mm) çakıl serilecektir. Çakıl derinliği girişte 25 cm ve çıkışta 35 cm olacak şekilde uygulanacaktır. Ancak derin kuyu sondaj borularının yer alacağı hazne giriş ve çıkış kısımlarında, boruların tıkanmalarının engellenmesi amacıyla girişte 150 cm ve çıkışta 200 cm boyunca hazne yatak malzemesinin tamamı çakıl olacaktır. Bu kısımlarda tuvenan malzeme kullanılmayacaktır.

Sızdırmazlık malzemesi olarak kullanılan 10 cm kil tabakasının ve üzerine uygulanan girişte 25 cm – çıkışta 35 cm derinlikteki çakıl malzemesinden sonra yine giriş ve çıkışta 25 cm ile 35 cm derinlikte olacak şekilde tuvenan malzeme uygulaması gerçekleştirilecektir. Yapay sulak alan bitkisinin ekimi bu katmanda gerçekleştirilecektir.

Yapay sulak alan haznelerinin tamamlanmasını müteakip dağıtım ve toplama yapılarının yapımı gerçekleştirilecektir. Dağıtım ve toplama yapıları betonarme yapılar olup, yapımlarında BS 20 betonu ve Ø 8 demir kullanılacaktır. Ø 8 demir malzemesi 30 cm aralıkla uygulanacaktır. Yapıların yapımında demir kalıp kullanılacaktır.

Dağıtım yapısı iki gözlü olup ilk göz su alma yapısıdır. Atıksu ikinci göze Ø 150 PVC borular aracılığı ile alınacaktır. Boruların betonu kestiği noktalarda GE parçaları kullanılacaktır. İkinci gözde yapay sulak alan haznelerine alınacak atıksuyun kontrolü amacıyla Ø 150 volanlı vanalar konulacaktır. Her bir yapay sulak alan haznesine ait bağımsız volanlı vana kullanılacaktır. Dağıtım yapısından her bir yapay sulak alan haznesine bağımsız hatlar şeklinde Ø 150 PVC borular ile atıksu verilecektir. Bu borular hazne girişindeki Te parçaları ile sonlanacaktır. Hattaki yatay yön değiştirmeler için 90^0 lik PVC dirsekler kullanılacaktır. Dağıtım yapısının üstü iki kanatlı olacak şekilde ST 37 çelikten mamul kapaklar ile kapatılacaktır. Her bir göz

ayrı bir kanatın açılması ile görülebilecektir. Kapaklara paslanmaya karşı epoksi boya uygulaması yapılacaktır.

Toplama yapısı iki gözlü olarak yapılacaktır. Yapıya işlenmiş atıksu Ø 150 PVC borular aracılığı ile alınacaktır. Boruların betonu kestiği noktalarda GE parçaları kullanılacaktır. Birinci gözde yapay sulak alan haznelerinden alınacak atıksuyun kontrolü amacıyla Ø 150 volanlı vanalar konulacaktır. Her bir yapay sulak alan haznesine ait bağımsız volanlı vana kullanılacaktır. Toplama yapısında her bir yapay sulak alan haznesinden gelen bağımsız hatlardaki yatay yön değiştirmeler için 90^0 lik PVC dirsekler kullanılacaktır. Toplama yapısının üstü dağıtım yapısında olduğu gibi iki kanatlı olacak şekilde ST 37 çelikten yapılmış kapaklar ile kapatılacaktır. Her bir göz ayrı bir kanatın açılması ile görülebilecektir. Kapaklara paslanmaya karşı epoksi boya uygulaması yapılacaktır.

Toplama yapısının ikinci gözüne, yapay sulak alan haznelerinde alınan işlenmiş suyun dere deşarj hattının başlangıcı olacak şekilde düşey doğrultuda 1 adet Ø 150 PVC 90^0 lik dirsek ve 100 cm uzunluğunda PVC boru konulacaktır. Böylece bu hareketli dirsek ve ucuna bağlı seviye kontrol düzeneği ile tüm sistemdeki su seviyesinin tek bir noktadan kontrolü mümkün olacaktır.

Yapay sulak alan sisteminde kullanılacak Typha Latifolia bitkisi için, haznelerde 20 cm derinlikte ve 30-40 cm çapında ekim yatakları hazırlanacaktır. Ekim yatakları 1 m^2 ye en az 4 adet olacak şekilde hazırlanacaktır. Yatak kazısından çıkan malzeme, ekimden sonra tekrar yatağa doldurulacak ve hafifçe sıkıştırılacaktır. Bitki ekimi türün özelliğine bağlı olarak sistemin yapımını takip eden ilk Mart ayında gerçekleştirilecektir.

Bitki sağlanması, bitkilerin mevcut yaşam alanlarından kök ve saçakları ile birlikte sökülerek gerçekleştirilecektir. Sökülen bitkiler kökünden itibaren 0,50 – 0,60 cm yukarıdan kesilerek dikim sonrası ekilen bitkinin rüzgar etkisi ile yerinden çıkma riski en aza indirilecektir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Harmancık İlçesi Evsel Nitelikli Atıksuların Dip Akışlı Yapay Sulak Sistemi İle Arıtılması (Projeksiyon Yılı : 2006)

4.1.1. Projede Kullanılan Nüfus Değerlerinin Belirlenmesi

$$Ç = \left(\sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) \times 100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$1990 \rightarrow 3210 \rightarrow Ç = +0,97$
$1997 \rightarrow 3750 \rightarrow Ç = -1,93$
$2000 \rightarrow 3537$

Ç = 1 olarak kabul edilmiştir.

Belediye sınırları içerisinde kalan İlçe merkezi ve Ece, Saçaklı ve Çamoğlu mahallelerinin atıksularından; İlçe merkezi ve Ece mahallesi atıksuları ortak Belediyeye ait kanalizasyon şebekesine verilmektedir.

Çamoğlu ve Saçaklı mahallelerinin bağımsız kanalizasyon şebekeleri mevcut olup, ilçeye olan uzaklıkları nedeniyle projeye dahil edilmemiştir.

İlçe merkezi ve Ece mahallesine ait 2000 yılı nüfus değerleri;

İlçe Merkezi : 2970
Ece Mahallesi : 363

2000 YILI KABUL EDİLEN PROJE EŞDEĞER NÜFUSU : 3333

4.1.2. İller Bankası Nüfus Tahmin Metodu İle 2006 Yılı Nüfusun Hesaplanması

(1) numaralı bağıntı kullanılarak 2006 nüfusu hesaplanmıştır:

$$Ç = 1 = \left(\sqrt[6]{\frac{N_{2006}}{3333}} - 1 \right) \times 100$$

$$N_{2006} = 3538 \ kişi$$

4.1.3. Proje Debisi

$$q_{ihtiyaç} = 200 \ l / gün.kişi$$

$$Q_{evsel} = q \times N \times 0,7 \text{ (Toprak, 1996)}$$

$$Q_{2006} = 0,2 \ m^3 / gün \times 3538 \ kişi \times 0,7$$

$$Q_{2006} \cong 495 \ m^3 / gün$$

4.1.4. Kirlilik Yükleri

Kişi başına kirlilik yükü ; 45 gr BOİ/gün.kişi
80 gr KM/gün.kişi

$$L_{BOİ} = 3538 \times 0,045 = 159,21\ kgBOİ\ /\ gün$$
$$\frac{1000 \times 159,21}{495} = 321,64\ mg/l$$

$$L_{KatıMadde} = 3538 \times 0,080 = 283,04\ kgAKM\ /\ gün$$
$$\frac{1000 \times 283,04}{495} = 571,80\ mg/l$$

Dip akışlı yapay sulak alan sistemler için olmazsa olmaz nitelik taşıyan ön çökeltim ünitesi (fosseptik) kurulu olmadığından ve sistem girişinde olası atıksu kirlilik yüklerinin ölçüm sonucu tespiti yapılamadığından, kirlilik yükleri hesabında kişi başı kirlilik yük üretiminden hareketle değerler hesaplanmıştır (Metcalf-Eddy, 1991).

4.1.5. Fosseptik Sonrası Kirlilik Yükleri

Yapılan hesaplamalarda Belediye kanalizasyon sisteminin çok gözlü fosseptik ile sonlandığı kabul edilmiştir.

4.1.5.1. Fosseptik Çıkış, Sistem Giriş BOİ Yükü

Fosseptik BOİ giderme verimi = % 35 kabul edilmiştir (www.iowdnr.com).

$$321,64 \times 0,65 = 209,07 \ \ mg/l$$

4.1.5.2. Fosseptik Çıkış, Sistem Giriş AKM Yükü

Fosseptik AKM giderme verimi = % 80 kabul edilmiştir (Uslu vd., 1994, www.iowdnr.com).

$$571,80 \times 0,20 = 114,36 \ \ mg/l$$

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından çıkartılan, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde yer alan ve projelendirilen atıksu arıtma tesisine karşılık gelen Sektörel Tablolardan 21- 5 te (Evsel Nitelikli Atıksular (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin) AKM ile ilgili yasal limit değer 2 saatlik kompozit numune için 200 mg/l ve 24 saatlik kompozit numune için 150 mg/l olarak verildiği ve fosseptikten çıkış atıksu AKM değeri bu değerlerden düşük olduğu için, projelendirmede $BOİ_5$ parametresi esas alınmıştır.

4.1.6. Arıtma Sistemi Tasarım Parametreleri

Giriş BOİ = $BOİ_g$ = 209,07 mg/l

Çıkış BOİ = $BOİ_ç$ = 50 mg/l

Çizelge 4.1. S.K.K.Y. 21- 5: Sektör: 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 ($BOİ_5$)	(mg/l)	75	50
KİMYASAL OKSİJEN İHTİYACI (KOİ)	(mg/l)	150	100
ASKIDA KATI MADDE (AKM)	(mg/l)	200	150
pH		6-9	6-9

$Q_{atıksu}$ = 495 m^3/gün

Minimum atıksu sıcaklığı = T_{min} = 6 ^{0}C (Metcalf-Eddy, 1991)

Eğim = S = 0,010 seçilmiştir (www.iees.ch).

Dolgu malzemesi = 10-12 mm dere çakılı, Tuvenan dere malzemesi

Kullanılacak bitki (sistem vejetasyonu) = Typha Latifolia (geniş yapraklı su kamışı)

Giriş havuz derinliği = 50 cm

4.1.7. Projede Kullanılacak Tipik Ortam Karakteristikleri

α (Porozite) = 0,32 (U.S.EPA, 1993)

k_s (Hidrolik İletkenlik) = 1000 $m^3/m^2.d$ (U.S.EPA, 1993)

K_{20} (20 ^{0}C de oran sabiti) = 1,104 $(d)^{-1}$ (U.S.EPA, 1993)

4.1.8. Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Sistemi

4.1.8.1.Su Derinliği

Yapay sulak alanda Typha latifolia kullanılacaktır. Bu tür için; ≅ 30 cm kök derinliğine ihtiyaç vardır. (www.apms.org)

Dip akışlı sistemler için 30 cm – 75 cm arasında su derinliliğine ihtiyaç vardır (U.S.EPA, 1993).

Derinlik 50 cm olarak kabul edilmiştir.

4.1.8.2.Kış Şartlarında

- 6^0C İçin K_T Değeri

$K_T = K_{20}(1.06)^{(T-20)}$ …….. (2) (U.S.EPA, 1993)

$= 1,104 \times (1,06)^{(6-20)}$

$= 0,49\ (d)^{-1}$

- Boşluklar Arası Alıkonma Süresi

$$t' = \frac{-\ln(\frac{BO\dot{I}_{ç}}{BO\dot{I}_{g}})}{K_T} \text{ ……} \quad \text{(3) (Metcalf-Eddy, 1991)}$$

$$t' = \frac{-\ln(\frac{50}{209,07})}{0,49}$$

$$t' = 2,92\ d$$

- Kesit Alanı

$$A_c = \frac{Q}{k_s \times S} = \frac{495}{1000 \times 0,010} = 49,5\ m^2 \text{ ……..(4) (Metcalf-Eddy, 1991)}$$

- Havuz Genişliği

$$W = \frac{A_c}{d} = \frac{49,5}{0,5} = 99 \ m \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$ (5) (Metcalf-Eddy, 1991)

- Havuz Uzunluğu

$$L = \frac{t \times Q}{W \times d \times \alpha} = \frac{2,92 \times 495}{99 \times 0,5 \times 0,32} = 91,25 \ m \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$ (6) (Metcalf-Eddy, 1991)

- Gerekli Yüzey Alanı

$$A_s = L \times W = 91,25 \times 99 = 9033,75 \ m^2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$ (7) (Metcalf-Eddy, 1991)

4.1.8.3.Yaz Şartlarında

- 6^0C İçin K_T Değeri

(2) numaralı bağıntı kullanılarak K_T Değeri hesaplanmıştır:

$K_T = 1,104 \times (1,06)^{(20-20)}$ (U.S.EPA, 1993)

$= 1,17\ (d)^{-1}$

- Boşluklar Arası Alıkonma Süresi

(3) numaralı bağıntı kullanılarak Boşluklar Arası Alıkonma Süresi hesaplanmıştır:

$$t' = \frac{-\ln(\frac{50}{209,07})}{1,17}$$ (Metcalf-Eddy, 1991)

$t' = 1,22\ d$

- Kesit Alanı

(4) numaralı bağıntı kullanılarak Kesit Alanı hesaplanmıştır:

$$A_c = \frac{495}{1000 \times 0,010} = 49,5\ m^2$$ (Metcalf-Eddy, 1991)

- Havuz Genişliği

(5) numaralı bağıntı kullanılarak Havuz Genişliği hesaplanmıştır:

$$W = \frac{49,5}{0,5} = 99 \ m \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

- Havuz Uzunluğu

(6) numaralı bağıntı kullanılarak Havuz Uzunluğu hesaplanmıştır:

$$L = \frac{1,22 \times 495}{99 \times 0,5 \times 0,32} = 38,13 \ m \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

- Gerekli Yüzey Alanı

(7) numaralı bağıntı kullanılarak Gerekli YüzeyAlanı hesaplanmıştır:

$$A_s = L \times W = 38,13 \times 99 = 3774,87 \ m^2 \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

4.1.8.4. Hidrolik Yükleme Kontrolü

Havuz uzunluğu 110 m ve toplam havuz genişliği 90 m olarak kabul edildiğinde;

$$L_W = \frac{Q}{L \times W} = \frac{495}{110 \times 90} = 0,050 \ m^3 / m^2.d(uygun) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

$0,015 < L_W < 0,050$ (Metcalf-Eddy, 1991)

4.1.8.5.Tasarım Boyutlandırma Kontrolü

$$t' = \frac{L \times W \times d \times \alpha}{Q} = \frac{110 \times 90 \times 0,5 \times 0,32}{495} = 3,20 \ d \ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$ (Metcalf-Eddy, 1991)

$$B\dot{O}I_{ç} = \frac{B\dot{O}I_{g}}{e^{(t' \times K_t)}} = \frac{209,07}{e^{(3,20 \times 0,49)}} = 43,58 < 50 \ mg/l \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$ (Metcalf-Eddy, 1991)

4.2. Harmancık İlçesi Evsel Nitelikli Atıksuların Dip Akışlı Yapay Sulak Sistemi İle Arıtılması (Projeksiyon Yılı : 2026)

4.2.1. İller Bankası Nüfus Tahmin Metodu İle 2026 Yılı Nüfusun Hesaplanması

$1990 \rightarrow 3210 \rightarrow Ç = +0,97$
$1997 \rightarrow 3750 \rightarrow Ç = -1,93$
$2000 \rightarrow 3537$

Ç= 1 olarak alınmıştır.

(1) numaralı bağıntı kullanılarak 2026 nüfusu hesaplanmıştır:

$$Ç = 1 = \left(\sqrt[26]{\frac{N_{2026}}{3333}} - 1 \right) \times 100$$

$$N_{2026} = 4317 \ kişi$$

4.2.2. Proje Debisi

$q_{ihtiyaç} = 200 \ l / gün.kişi$

$Q_{evsel} = q \times N \times 0,7$ (Toprak, 1996)

$Q_{2026} = 0,2 \ m^3 / gün \times 4317 \ kişi \times 0,7$

$Q_{2026} \cong 605 \ m^3 / gün$

4.2.3. Kirlilik Yükleri

Kişi başına kirlilik yükü ; 45 gr BOİ/gün.kişi
80 gr KM/gün.kişi

$$L_{BOİ} = 4317 \times 0,045 = 194,27 \ kgBOİ / gün$$
$$\frac{1000 \times 194,27}{605} = 321,10 \ mg/l$$

$$L_{KatıMadde} = 4317 \times 0,080 = 345,36 \ kgAKM / gün$$
$$\frac{1000 \times 345,36}{605} = 570,84 \ mg/l$$

Dip akışlı yapay sulak alan sistemler için olmazsa olmaz nitelik taşıyan ön çökeltim ünitesi (fosseptik) kurulu olmadığından ve sistem girişinde olası atıksu kirlilik yükleri tespiti yapılamadığından, kirlilik yükleri hesabında kişi başı kirlilik yük üretiminden hareketle değerler hesaplanmıştır (Metcalf-Eddy, 1991).

4.2.4. Fosseptik Sonrası Kirlilik Yükleri

4.2.4.1. Fosseptik Çıkış, Sistem Giriş BOİ Yükü

Fosseptik mevcut olduğu kabul edilmiştir.

Fosseptik BOİ giderme verimi = % 35 kabul edilmiştir (www.iowdnr.com).

$$321,10 \times 0,65 = 208,72 \ mg/l$$

4.2.4.2. Fosseptik Çıkış, Sistem Giriş AKM Yükü

Fosseptik AKM giderme verimi = % 80 kabul edilmiştir (Uslu vd., 1994, www. iowdnr.com).

$$570,84 \times 0,20 = 114,17 \ mg/l$$

Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından çıkartılan, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürülüğe giren Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde yer alan ve projelendirilen atıksu arıtma tesisine karşılık gelen Sektörel Tablolardan 21- 5 te (Evsel Nitelikli Atıksular (Eşdeğer Nüfusun Ne Olduğuna Bakılmaksızın Doğal Arıtma (Yapay Sulak Alan) Yapan Kentsel Atıksu Arıtma Tesisleri İçin) AKM ile ilgili yasal limit değer 2 saatlik kompozit numune için 200 mg/l ve 24 saatlik kompozit numune için 150 mg/l olarak verildiği ve fosseptikten çıkış atıksu AKM değeri bu değerlerden düşük olduğu için, projelendirmede $BOİ_5$ parametresi esas alınacaktır.

4.2.5. Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Sistemi

Giriş BOİ = $BOİ_g$ = 208,72 mg/l

$Q_{atıksu}$ = 605 m^3/gün

4.2.5.1. Kış Şartlarında

- 6^0C İçin K_T Değeri

(2) numaralı bağıntı kullanılarak K_T Değeri hesaplanmıştır:

$$K_T = 1,104 \times (1,06)^{(6-20)} \quad \text{(U.S.EPA, 1993)}$$

$$= 0,49 \ (d)^{-1}$$

- Boşluklar Arası Alıkonma Süresi

(3) numaralı bağıntı kullanılarak Boşluklar Arası Alıkonma Süresi hesaplanmıştır:

$$t' = \frac{-\ln(\frac{50}{208,72})}{0,49} \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

$$t' = 2,92 \ d$$

- Kesit Alanı

(4) numaralı bağıntı kullanılarak Boşluklar Arası Kesit Alanı hesaplanmıştır:

$$A_c = \frac{605}{1000 \times 0,010} = 60,50 \ m^2 \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

- Havuz Genişliği

(5) numaralı bağıntı kullanılarak Havuz Genişliği hesaplanmıştır:

$$W = \frac{60,50}{0,5} = 121 \ m \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

- Havuz Uzunluğu

(6) numaralı bağıntı kullanılarak Havuz Uzunluğu hesaplanmıştır:

$$L = \frac{2,92 \times 605}{121,0 \times 0,5 \times 0,32} = 91,25 \ m \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

- Gerekli Yüzey Alanı

(7) numaralı bağıntı kullanılarak Gerekli Yüzey Alanı hesaplanmıştır:

$$A_s = 91,25 \times 121,0 = 11041,25 \ m^2 \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

4.2.5.2. Yaz Şartlarında

- 6^0C İçin K_T Değeri

(2) numaralı bağıntı kullanılarak K_T Değeri hesaplanmıştır:

$$K_T = 1,104 \times (1,06)^{(20-20)} \quad \text{(U.S. EPA, 1993)}$$
$$= 1,17\ (d)^{-1}$$

- Boşluklar Arası Alıkonma Süresi

(3) numaralı bağıntı kullanılarak Boşluklar Arası Alıkonma Süresi hesaplanmıştır:

$$t' = \frac{-\ln(\frac{50}{208,72})}{1,17} \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

$$t' = 1,22\ d$$

- Kesit Alanı

(4) numaralı bağıntı kullanılarak Kesit Alanı hesaplanmıştır:

$$A_c = \frac{605}{1000 \times 0,010} = 60,5\ m^2 \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

- Havuz Genişliği

(5) numaralı bağıntı kullanılarak Havuz Genişliği hesaplanmıştır:

$$W = \frac{60,50}{0,5} = 121 \ m \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

- Havuz Uzunluğu

(6) numaralı bağıntı kullanılarak Havuz Uzunluğu hesaplanmıştır:

$$L = \frac{1,22 \times 605}{121,0 \times 0,5 \times 0,32} = 38,13 \ m \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

- Gerekli Yüzey Alanı

(7) numaralı bağıntı kullanılarak Gerekli Yüzey Alanı hesaplanmıştır:

$$A_s = L \times W = 38,13 \times 121,00 = 4613,73 \ m^2 \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

4.2.5.3. Hidrolik Yükleme Kontrolü

Havuz uzunluğu 110 m ve toplam havuz genişliği 105 m olarak kabul edildiğinde; (8) numaralı bağıntı kullanılarak Hidrolik Yükleme Değeri hesaplanmıştır:

$$L_W = \frac{Q}{L \times W} = \frac{605}{110 \times 105} = 0,052 \ m^3 / m^2.d \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

$$0,015 < L_W < 0,050$$

Tasarım Boyutlandırma Kontrolü sağlandığından, hidrolik yükleme değeri uygun kabul edilmiştir.

4.2.5.4. Tasarım Boyutlandırma Kontrolü

(9) ve (10) numaralı bağıntılar kullanılarak Tasarım Boyutlandırma Kontrolü hesaplanmıştır:

$$t' = \frac{L \times W \times d \times \alpha}{Q} = \frac{110 \times 105 \times 0,5 \times 0,32}{605} = 3,05 \ d \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

$$B\dot{O}I_{ç} = \frac{B\dot{O}I_{g}}{e^{(t' \times K_t)}} = \frac{208,72}{e^{(3.05 \times 0,49)}} = 46,83 < 50 \ mg/l \quad \text{(Metcalf-Eddy, 1991)}$$

4.3 METRAJ

4.3.1. Beton Hesabı

4.3.1.1. Dağıtım Yapısı

TABAN

(3,9 X 0,3 X 1,2) = 1,40 m^3

(3,9 X 0,2 X 0,6) = 0,47 m^3

YÜZ - 1

(3,9 X 0,2 X 2,3) X 2 = 3,59 m^3

(3,9 X 0,2 X 1,2) = 0,94 m^3

YÜZ - 2

(1,2 X 0,2 X 2,0) X 2 = 0,96 m^3

(0,6 X 0,2 X 1,0) X 2 = 0,24 m^3

DAĞITIM YAPISI İHTİYAÇ DUYULAN BETON MİKTARI = 8 m^3

4.3.1.2. Toplama Yapısı

TABAN

(3,5 X 0,2 X 2,0) = 1,40 m^3

YÜZ - 1

(3,9 X 0,2 X 2,4) X 3 = 5,62 m^3

YÜZ - 2

(2,2 X 0,2 X 2,0) X 2 = 1,76 m^3

TOPLAMA YAPISI İHTİYAÇ DUYULAN BETON MİKTARI = 9 m^3

4.3.2. Demir Hesabı

4.3.2.1.Dağıtım Yapısı

TABAN

2,05X((3,9/0,3)+1)X2 = 57,4 m^2

4,35X((1,6/0,3)+1)X2 = 52,2 m^2

1,45X((3,9/0,3)+1)X2 = 40,6 m^2

4,15X((1,0/0,3)+1)X2 = 33,2 m^2

KENAR - 1

2,55X((3,9/0,3)+1)X2X2 = 142,8 m^2

4,35X((2,3/0,3)+1)X2X2 = 139,2 m^2

1,45X((3,9/0,3)+1)X2 = 40,6 m^2

4,15X((1,2/0,3)+1)X2 = 41,5 m^2

KENAR - 2

$2,05X((2,3/0,3)+1)X2X2 = 65,6\ m^2$

$2,55X((1,6/0,3)+1)X2X2 = 61,2\ m^2$

$1,45X((1,2/0,3)+1)X2X2 = 29\ m^2$

$1,45X((1,0/0,3)+1)X2X2 = 23,2\ m^2$

DAĞITIM YAPISI TOPLAM DEMİR İHTİYACI

$726,5\ m^2 X\ 0,395\ kg/\ m^2 = 287\ kg$

4.3.2.2. Toplama Yapısı

TABAN

2,65 X ((3,9/0,30)+1) X 2 = 74,2 m^2

4,15 X ((2,4/0,30)+1) X 2 = 74,7 m^2

KENAR - 1

2,65 X ((3,9/0,30)+1) X 2 X 3 = 222,6 m^2

4,15 X ((2,4/0,30)+1) X 2 X 3 = 224,1 m^2

KENAR - 2

2,65 X ((2,4/0,30)+1) X 2 = 47,7 m^2

2,65 X ((2,4/0,30)+1) X 2 = 47,7 m^2

TOPLAMA YAPISI TOPLAM DEMİR İHTİYACI

691 m^2 X 0,395 kg/ m^2 = 273 kg

4.3.3. Kalıp Hesabı

4.3.3.1. Dağıtım Yapısı

BÜYÜK HAVUZ

(3,9 X 2,3) X 2 = 17,94 m^2
(1,6 X 2,3) X 2 = 7,36 m^2

(3,5 X 2,0) X 2 = 14,00 m^2
(1,2 X 2,0) X 2 = 4,80 m^2

KÜÇÜK HAVUZ

(3,9 X 1,2) = 4,68 m^2
(3,9 X 0,8) = 3,12 m^2

(3,9 X 1,0) = 3,90 m^2

DAĞITIM YAPISI KALIP İHTİYACI = 55, 80 m^2

4.3.3.2. Toplama Yapısı

DIŞ

(3,9 X 2,4) X 2 = 18,72 m^2
(2,4 X 2,4) X 2 = 11,52 m^2

İÇ

(0,6 X 2,2) X 2 = 2,64 m^2
(1,2 X 2,2) X 2 = 5,28 m^2
(3,5 X 2,2) X 4 = 30,80 m^2

TOPLAMA YAPISI KALIP İHTİYACI = 69,00 m^2

4.3.4. Sulak Alan Boru Hesabı

Ø 150 PVC BORU METRAJI

= (1,40 m + 2,05 m + 2,60 m + 4,60 m + 2,60 m + 2,05 m)
+ (48,60 m + 32,50 m + 16,40 m + 16,40 m + 32,50 m)
+ (3,10 m + 2,40 m + 1,90 m + 1,90 m + 2,40 m) X 2
= 346.80 m = 350 m olarak kabul edilmiştir.

---- X2 = 1 dağıtım yapısından sisteme kadar olan kısım, 1 sistemden toplama yapısına kadar olan kısım.

Ø 150 PVC KUYU DRENAJ BORUSU METRAJI

= (6,90 m X 2 adet) X 6 adet) X 2 = 165,60 m
= 170 m kabul edilmiştir.

---Toplam 6 hazne olacağı düşünülerek, her bir haznede 6,90 m lik iki kısımda kullanılacağı öngörülerek hesaplama yapılmıştır.
--- X2 = 1 dağıtım yapısı ve 1 toplama yapısı kısımları

Ø 200 PVC BORU METRAJI

= 15 m (toplama yap. dan dereye kadar olan kısım) + 5 m (fosseptik çıkışından dağ. yap. a kadar olan kısım)

= 20 m

4.3.5. Metraj Toplamları

4.3.5.1. Metraj Özeti

Çizelge-4.2 : Harmancık İlçesi Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Sistemi Metraj Özeti

SIRA NO	MALZEME	ÖZELLİK	MİKTAR	BİRİM
1	FOSSEPTİK YAPISI	(1500 kişilik)	2	Ad
2	DAĞITIM YAPISI		1	Ad
3	YAPAY SULAKALAN HAZNESİ		6	Ad
4	TOPLAMA YAPISI		1	Ad

4.3.5.2. Fosseptik Yapısı Metrajı

Çizelge-4.3 : Fosseptik Yapısı Metrajı

SIRA NO	MALZEME	ÖZELLİK	MİKTAR	BİRİM
1	PAÇAL GENİŞ DERİN KAZI		1081,569	m^3
2	MAK. İLE DOLGU YAPILMASI		540,220	m^3
3	KUM ÇAKIL SERİLMESİ		3,633	m^3
4	DEMİRSİZ BETON	250 Dz	12,813	m^3
5	B.A. BETONU	300 Dz	111,849	m^3
6	BLOKAJ YAPILMASI		12,813	m^3
7	DÜZ YÜZEYLİ KALIP		722,68	m^2
8	AHŞAP KALIP İSKELESİ		747,891	m^3
9	İNCE BETONARME DEMİRİ		6,544	ton
10	KALIN BETONARME DEMİRİ		0,503	ton
11	KIRDÖKÜM HAVA BACASI		4	Ad
12	ÇİMENTO NAKLİ BOŞ. İSTF.		37,500	ton
13	KUM – ÇAKIL YÜK. BOŞ.		160,000	ton
14	TAŞ YÜK. BOŞ. İSTF.		14,000	ton
15	DEMİR BOŞ. İSTF.		7,700	ton

4.3.5.3. Dağıtım Yapısı Metrajı

Çizelge-4.4 : Dağıtım Yapısı Metrajı

SIRA NO	MALZEME	ÖZELLİK	MİKTAR	BİRİM
1	KAZI		25	m^3
2	BETON	BS 20	8	m^3
3	BETONARME DEMİRİ	8 mm	0,3	kg
4	VOLANLI VANA	Ø 150	6	Ad
5	GE	Ø 150	176,4	kg
6	KALIP		55,8	m^2
7	KAPAK	Paslanmaz	2 (185)	Ad(kg)

4.3.5.4. Sulak Alan Metrajı

Çizelge-4.5 : Sulak Alan Metrajı

SIRA NO	MALZEME	ÖZELLİK	MİKTAR	BİRİM
1	KAZI		9450	m^3
2	HAVUZ SIZ. MALZEMESİ.	İnce Kil	945	ton
3	ELENMİŞ DERE ÇAKILI	12 mm	2835	m^3
4	TUVENAN MALZEME		2835	m^3
5	PVC BORU	Ø 150	350	m
6	Te Parçası	Ø 150	316,8	kg
7	PVC Drenaj Borusu	Ø 150	170	m
8	Kör Tapa	Ø 150	204	kg
9	PVC DİRSEK (90^0)	Ø 150	20	Ad
10	TOPL. YAPISI - DERE ARASI BORU	Ø 200	15	m
11	FOSS. - DAĞ. YAP. ARASI BORU	Ø 200	5	m

4.3.5.5. Toplama Yapısı Metrajı

Çizelge-4.6 : Toplama Yapısı Metrajı

SIRA NO	MALZEME	ÖZELLİK	MİKTAR	BİRİM
1	KAZI		25	m^3
2	BETON	BS 20	9	m^3
3	BETONARME DEMİRİ	8 mm	0,3	ton
4	VOLANLI VANA	Ø 150	6	Ad
5	PVC DİRSEK (90^0)	Ø 150	1	Ad
6	GE	Ø 150	176,4	kg
7	KALIP		69	m^2
8	KAPAK	Paslanmaz	2 (185)	Ad(kg)

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Konvansiyonel arıtma teknolojileri maliyetleri; kamuoyunda doğal arıtma olarak adlandırılan yapay sulak alanlar yöntemiyle atıksu arıtımı sistemleri maliyetine göre çok yüksek değerlere sahiptir.

Ayrıca anılan arıtma sistemleri, sürekli enerji gereksinimi ve projeye konu sisteme göre sık aralıklı periyodik bakım - onarım ihtiyacı, personel istihdamı gerektirdiğinden, nüfusu ve arazi şartları dikkate alındığında Harmancık İlçesi için yapay sulak alanlar sistemini cazip kılmaktadır.

Halihazırda merkezi sistemle toplanan belediye atıksuları hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmadan doğrudan alıcı ortama deşarj edilmektedir. Bu da alıcı su ortam kalitesini bozmaktadır. Belediye Başkanlığının ekonomik imkanları ölçüsünde konvansiyonel arıtma teknolojileri ile arıtma tesisi yapımını daha da önemlisi yapılması durumunda bile belediye gelirlerinin sabit işletme giderlerini karşılaması olanaklı görülmemektedir.

Belediye sınırlarında toplanan atıksuların yürürlükteki yasalar çerçevesinde arıtma işlemine tabi tutulması zorunlu olduğundan, teze konu sistemin işletme maliyetinin olmaması yerli ve yabancı kurum/kuruluşlara yapılacak hibe ve yardım başvurularının yörenin Bursa İlinin ekonomik olarak alt gelir grubu nüfusuna sahip olduğu göz önüne alındığında olumlu karşılanacağı umulmaktadır.

Sistemin yapılacağı sahanın mülkiyetinin bir kısmının Belediyeye ait olması nedeniyle sahanın tamamı için kamulaştırma gereği olmayacak ve ciddi bir ekonomik kazanç elde edilecektir.

Sistemin inşa edilerek devreye alınmasından sonra, halen ülkemizde köy yerleşim yerlerinde uygulamasına başlanılmış çalışmalara ek olarak, arazi sağlama olanağı olan ve 5.000 – 10.000 nüfusa sahip yerleşim yerleri, özellikle Belediyeler için örnek olması beklenmektedir.

Sistemin dezavantajları ise; kurulması için büyük alanlara gereksinim duyulması, uygun topoğrafik yapıda arazi sağlama şartı ve değerli tarım topraklarının kısıtlayıcı olmasıdır.

Harmancık İlçesi 2006 yılı nüfusu 3538 kişi olarak hesaplanmıştır. Günlük BOİ kirlilik yükü 45 gr BOİ/gün.kişi kabulüyle 321,64 mg/l dir. Günlük KM kirlilik yükü 80 gr KM/gün.kişi kabulüyle 571,80 mg/l dir. İnşa edilecek fosseptik yapılarının %35 BOİ ve % 80 KM giderme verimlerine sahip olduğu göz önüne alınarak yapılan hesaplamalar sonunda, yapay sulak alan sistemi giriş BOİ ve AKM kirlilik yükleri sırasıyla 209,07 mg/l ve 114,36 mg/l dir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21- 5 te BOİ yasal limit değeri 2 saatlik kompozit numune için 75 mg/l ve 24 saatlik kompozit numune için 50 mg/l, AKM yasal limit değeri 2 saatlik kompozit numune için 200 mg/l ve 24 saatlik kompozit numune için 150 mg/l verilmiştir. AKM değeri yasal limit değerlerden düşük olduğu için, projelendirmede $BOİ_5$ parametresi esas alınmıştır.

2006 yılı için üretilen sistem tasarımında, giriş BOİ yükü 209,07 mg/l ve çıkış BOİ yükü 50 mg/l alınmıştır. Günlük atıksu debisi 495 m^3/gün dür. Minimum atıksu sıcaklığı 6^0C dir. Sistem giriş yatak derinliği 50 cm ve eğim 0,010 dur. Porozite değeri 0,32, Hidrolik İletkenlik 1000 m^3/m^2.d ve K_{20} değeri 1,104 olarak alınmıştır.

Hesaplamalar kış ve yaz şartları için ayrı ayrı yapılmış ve sistem tasarımında en olumsuz şartlar olan kış şartları dikkate alınmıştır. Atıksu alıkonma süresi kış şartları için 2,92 gün ve yaz şartları için 1,22 gün dür.

Yapılan hesaplamalar sonucunda oluşan atıksuyun arıtılması için ihtiyaç duyulan teorik arıtma yüzey alanı 2006 yılı için kış şartlarında 9.033,75 m^2 ve yaz şartlarında ise 3.774,87 m^2 dir. Sistem tasarımında en olumsuz şart olan kış şartları kullanılmıştır. Ancak elde edilen teorik alan ihtiyaçlarının 50 mg/l limit BOİ yükü sağlanması amaçlı Tasarım Boyutlandırma Kontrolü ve akış hızının 0,015 ile 0,050 aralığında kalması amaçlı Hidrolik Yükleme Kontrolü ile yapılan teyit hesaplamalarında 6 adet hazne yapısı olmak üzere toplam sistem alan ihtiyacı 110 m X

90 m olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak tasarıma esas sistemde ihtiyaç duyulan yapay sulak alan hazne yapısı; toplam 6 adet hazne yapısı olmak üzere, her biri 110 m X 15 m boyutlarında ve yüzey alan her biri için 1.650 m^2 olarak oluşturulacaktır. Toplam hazne boyutları, hazneler arasındaki 1 m genişliğindeki ayırma bantları dahil 110 m X 95 m dir. Yapay sulak alan hazne sisteminin kaplayacağı toplam net arıtma yüzey alanı 9.900 m^2 ve arıtma hazne yapısının oturacağı alan 1 m genişliğindeki ayırma bantları dahil 10.450 m^2 dir.

Tasarım boyutlandırma Kontrolü sonucu hesaplanan çıkış BOİ değeri 43,58 mg/l dir. Böylece yasal sınır olan 50 mg/l değerinin altında kirlilik yüküne sahip çıkış atıksuyu elde edilmiştir.

Harmancık İlçesi 2026 yılı nüfusu 4317 kişi olarak hesaplanmıştır. Günlük BOİ kirlilik yükü 45 gr BOİ/gün.kişi kabulüyle 321,10 mg/l dir. Günlük KM kirlilik yükü 80 gr KM/gün.kişi kabulüyle 571,84 mg/l dir. İnşa edilecek fosseptik yapılarının %35 BOİ ve % 80 KM giderme verimlerine sahip olduğu göz önüne alınarak yapılan hesaplamalar sonunda, yapay sulak alan sistemi giriş BOİ ve AKM kirlilik yükleri sırasıyla 208,72 mg/l ve 114,17 mg/l dir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 21- 5 te BOİ yasal limit değeri 2 saatlik kompozit numune için 75 mg/l ve 24 saatlik kompozit numune için 50 mg/l, AKM yasal limit değeri 2 saatlik kompozit numune için 200 mg/l ve 24 saatlik kompozit numune için 150 mg/l verilmiştir. AKM değeri yasal limit değerlerden düşük olduğu için, projelendirmede $BOİ_5$ parametresi esas alınmıştır.

2006 yılı için üretilen sistem tasarımında, giriş BOİ yükü 208,72 mg/l ve çıkış BOİ yükü 50 mg/l alınmıştır. Günlük atıksu debisi 605 m^3/gün dür. Diğer sistem tasarım parametreleri 2006 için kabul edilen değerler ile aynıdır.Atıksu alıkonma süresi kış şartları için 2,92 gün ve yaz şartları için 1,22 gün dür.

2026 yılı için oluşan atıksuyun arıtılmasında ihtiyaç duyulan teorik arıtma yüzey alanı kış şartlarında 11.041,25 m^2 ve yaz şartlarında ise 4.613,73 m^2 dir. Sistem tasarımında en olumsuz şart olan kış şartları kullanılmıştır. Ancak elde edilen teorik

alan ihtiyaçlarının Tasarım Boyutlandırma Kontrolü ve Hidrolik Yükleme Kontrolü ile yapılan teyit hesaplamalarında toplam sistem alan ihtiyacı 110 m X 105 m olarak hesaplanmıştır. Bu alan zaten mevcut olan ve 2006 yılı için yapılmış 6 adet hazne yapısına 1 adet 110 m X 15 m boyutlarında hazne ilave edilerek elde edilecektir. Sonuç olarak ihtiyaç duyulan yapay sulak alan hazne yapısı; her biri 110 m X 15 m boyutlarında ve yüzey alan her biri için 1.650 m^2 olmak üzere 7 adet hazne yapısından oluşacaktır. Toplam hazne boyutları, hazneler arasındaki 1 m genişliğindeki ayırma bantları dahil 110 m X 111 m dir. Yapay sulak alan hazne sisteminin kaplayacağı toplam net arıtma yüzey alanı 11.550 m^2 ve arıtma hazne yapısının oturacağı alan 1 m genişliğindeki ayırma bantları dahil 12.210 m^2 dir.

Tasarım boyutlandırma Kontrolü sonucu hesaplanan çıkış BOİ değeri 46,83 mg/l dir. Böylece yasal sınır olan 50 mg/l değerinin altında kirlilik yüküne sahip çıkış atıksuyu elde edilmiştir.

Yukarıda özetlenen sonuçların elde edilmesi için ihtiyaç duyulan uygulama ve yapım aşamaları sırasıyla şöyledir;

Atıksu, merkezi kanalizasyon sistemi aracılığıyla yapılacak 2 adet 1500 lük 4 gözlü sızdırmasız, çürütmeli betonarme fosseptik yapısına alındıktan sonra, kapalı PVC borular ile dağıtım yapısına alınacaktır. Yapımı düşünülen fosseptikler Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünce tasarlanan 1500 kişilik tip projelerdir. Fosseptik yapılarının her biri 16,35 m eninde, 8,60 m genişliğinde ve 4,10 m yüksekliktedir. Fosseptik giriş akar kotu yapı beton üst koduna göre -1,10 m ve çıkış akar kotu -1,20 m dir. Fosseptiklerin yapımında her biri için 12,813 m^3 250 Dz.lu Demirsiz Beton ve 111,849 m^3 300 Dz.lu Demirli Betonarme Betonu kullanılacaktır. Ayrıca Ø 8-12 mm çap aralığında 6,544 ton İnce Betonarme Demiri ve 0,503 ton Ø 14 Kalın Betonarme Demiri kullanılacaktır. 4 gözlü yapılacak yapıların her bir gözünde gaz sıkışmasının önüne geçmek, yapının içini kontrol etmek ve bakım - temizlik amaçlı kontrol bacası ile kırdöküm havalandırma bacaları bulunacaktır. (EK-B : 1500 Kişilik Çürütmeli Fosseptik Plan ve Kesitleri)

Dağıtım yapısında her bir hazneye atıksu girişini kontrol edebilmek amacıyla volanlı vanalar konulacaktır. İhtiyaç olması halinde (bakım, tadilat, yatak malzemesi değişimi vb.) hazne atıksu girişi bu vanalar aracılığı ile kesilerek çalışma olanağı sağlanacaktır. Çok hazneli yapay sulak alan olarak tasarlanan sistemde; bakım, tadilat vb. çalışmalar yapılırken sistemin tümüyle devre dışı kalmasının önüne geçmek ve sadece çalışılan hazneye su girişini kesmek amacıyla konulacak bu vanalarla suyun diğer çalışır haznelere yönlendirilmesi sağlanacaktır. Böylelikle sistemin tümünde sürdürülebilirlik sağlanmış olacaktır. (EK-C : Dağıtım Yapısı Plan ve Kesitleri)

Dağıtım yapısından öngörülen hazne sayısınca dağıtımı gerçekleştirilen atıksu, derin kuyu sondaj boruları ile tabandan ayrı ayrı yapay sulak alan haznelerine alınacaktır. Genel yerleşim planı üzerinde, sürekli çizgilerle gösterilen kısım 2006 yılı ihtiyacına cevap verecek uygulamayı ifade etmektedir. (EK-E : Hazne Plan ve Kesitleri)

Hesaplanan 2026 yılı verileri doğrultusunda, ihtiyaca cevap verecek ek uygulama için dosyada proje üretilmiş ve planlar üzerinde kesik çizgilerle ifade edilmiştir.

Derin Kuyu Drenaj (Sondaj) Boruları ile yapay sulak alan hazne tabanından toplanacak arıtılmış atıksu ayrı bağımsız hatlarla toplama yapısına alınarak, buradan seviye kontrollü deşarj borusu ile alıcı ortama deşarj edilecektir. Toplama yapısına her bir hazneden atıksu çıkışını kontrol edebilmek amacıyla volanlı vanalar konulacaktır. İhtiyaç olması haline (yataklarda su tutmak, deşarjın engellenmesi vb.) hazne atıksu çıkışı bu vanalar aracılığı ile kesilerek çalışma olanağı sağlanacaktır. Dağıtım yapısında olduğu gibi burada da haznelere ait bağımsız vanalarla, işlem yapılan haznede su tutulurken diğer haznelerden atıksu deşarjı sağlanacak ve böylelikle sistemde süreklilik sağlanmış olacaktır. (EK-F : Toplama Yapısı Plan ve Kesitleri)

Kabul edilen net toplam hazne yüzey alanları değeri teorik olarak hesaplanan en olumsuz şartlar olan kış şartlarına göre değerlendirildiğinden ve minimum yüzey alanı ihtiyacından daha fazla olduğundan sistem çalışma verimine katkıda bulunacak ve yasal

olarak öngörülen kirlilik yükü değerlerinden daha az kirlilik yüküne sahip atıksu deşarjı elde dilmiş olacaktır.

Yapay sulak alan haznelerinin taban ve trapez kenarlarında sıkıştırılmış kil ile sızdırmazlık sağlanacaktır. Kilin sıkıştırılmasında tabanda keçiayağı, trapez yan kenarlarda kompaktör kullanılacak ve sürekli ıslatılarak malzemede optimum sıkışma ve su tutma olanağı elde edilecektir. Kil malzemesinin optimum su içeriği %16,30, max. kuru birim ağırlığı 1,800 gr/cc ve özgül ağırlığı : 2,50' dir. Metraja hesaplamalarına esas 2006 yılı projeksiyonuna göre sistemde toplam 945 ton kil kullanılacaktır. Kilin uygulama kalınlığı 10 cm dir.

Hazne giriş yatak derinliği 50 cm ve çıkış yatak derinliği 70 cm dir. Yataklara yarı derinlikte tabandan itibaren çakıl ve tuvenan dere malzemesi konacaktır. Çakıl malzemesinin dane çapı 10-12 mm dir. Tuvenan dere malzemesi dane çapı 3/4" dir. Metraja hesaplamalarına esas 2006 yılı projeksiyonuna göre sistemde toplam 2.835 m^3 çakıl malzemesi ve 2.835 m^3 dere tuvenan malzemesi kullanılacaktır. Malzemelerin uygulama kalınlığı her biri için girişte 25 er cm olmak üzere toplam 50 cm ve çıkışta her biri için 35 er cm olmak üzere toplam 70 cm dir.

Ancak hazne giriş ve çıkış kısımlarında sırasıyla 150 cm ve 200 cm lik kısımda tüm yatak derinliği boyunca çakıl malzemesi konacaktır. Böylece derin kuyu sondaj borularında meydana gelmesi olası tıkanmanın önüne geçilecektir.

Sulak alan hazneleri ile dağıtım ve toplama yapıları arasında bağlantı için toplam 350 m Ø 150 PVC boru ve toplam 20 adet Ø 150 - 90^0 dirsek kullanılacaktır. Girişte haznelere su alınması ve çıkışta suyun toplanması için, sızdırmazlık malzemesi kilin üzerine ve yatak tabanında olacak şekilde toplam 170 m Ø 150 PVC drenaj borusu kullanılacaktır. Drenaj boruları uçlarında pik kör tapa kullanılarak su çıkışının yalnızca drenaj borusu yarıklarından olması sağlanacaktır. Toplam sistem kör tapa ihtiyacı 204 kg olarak hesaplanmıştır. İki eşit parça olarak hazne tabanlarının giriş ve çıkış kısımlarında genişlik boyunca konulacak drenaj boruları pik Te Parçaları ile birbirine bağlanacaktır. Sistemde ihtiyaç duyulan toplam Te parçası 316,8 kg dır.

Sistemin yapımını takip eden ilk Mart ayı içerisinde yapay sulak alan bitkisi olan Typha Latifolia ekimi gerçekleştirilecektir. Ekim miktarı, 1 m^2 ye 4 adet kök olacak şekilde 2006 yılı projeksiyonuna göre her bir hazne için 1.526 kök ve 6 adet yapay sulak alan haznesi için toplam 9.156 köktür. Ekim, öngörülen aralıklarda 30-40 cm çapında ve 20 cm derinliğinde açılacak yataklara bitkinin konulması ve yatak malzemesinin seviyesine kadar kazıdan çıkan tuvenan malzemenin geri doldurulması ile gerçekleştirilecektir. Ekim yapılacak tarihe kadar yapay sulak alan haznesi su alıp tutacağından bitkinin su almama sorunu yoktur. Ekim hazne yataklarındaki ortalama 30 cm malzeme kalınlığına sahip tuvenan dere malzemesi katmanında gerçekleştirilecektir.

Kabul edilen arazi kotları doğrultusunda sisteme ait Hidrolik Profil ile, arıtma tesisine ait yapıların oturacağı arazi kotları belirlenmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda, fosseptikten dağıtım yapısına alınan su, buradan 20 cm düşümle yapay sulak alan haznelerine alınacaktır. Yapay sulak alan haznelerinin girişinde ve çıkışında suyun cazibeli akışını olanaklı kılacak şekilde 20 cm düşüm sağlanacaktır.

Haznelerden toplanan sular; toplama yapısında verilecek 100 cm lik düşümle, nihai deşarj hattı aracılığıyla dere deşarj hattına verilecektir. Toplama yapısında haznelerdeki su seviyesinin ayarlanmasına imkan verecek hareketli dirsek ve entegre PVC boru konacaktır. Dirseğin yatayda hareketi ile yapay sulak alan haznelerinin içindeki su seviyesi kontrol edilecektir. Dirseğin dik konumunda su seviyesi maksimum olacaktır. (EK-H : Sistem Hidrolik Profili)

Hesaplara esas metraj 2006 yılı için üretilen proje dikkate alınarak hazırlanmış olup, 2026 yılı için ilave edilecek kısım dosyada yer alan metraja dahil edilmemiştir.

KAYNAKLAR

(1) AHN, T.S., PARK, H.J., KIM, D.S., WON, J.B., 2000, "Evaluation of Three Types of Artifical Wetland for Wastewater Treatment", Kangwon National University.

(2) Department of the Army, 2003, "Applicability of Constructed Wetlands for Army Installations", U.S. Army Corps of Engineers, Washington, A-14, Table-7

(3) CUETO, A.J., 1993, "Development of Criteria for the Design and Construction of Engineered Aquatic Treatment Units in Texas", in Constructed Wetlands for Water Quality and Improvement, G.A. Moshiri, ed., CRC Pres, Boca Raton, FL., Chapter 9

(4) ERGENE, A., 1972, "Toprak Biliminin Esasları", Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum, syf. 158-161

(5) Eski Karaağaç Köyü, Dip Akışlı Yapay Sulak Alan Arıtma Tesisi Projesi, Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü, Bursa

(6) GLADDEN, J.B., SPEHT, W.L., NELSON, E.A., "Comparison of Constructed Wetland Mescosoms Designed for Treatment of Copper-Contaminated Wastewater", Westinghouse Savannah River Company, Aiken, Table 1

(7) GÖZCELİOĞLU, B., Ağustos-2004, "Yapay Sulak Alanlar", Bilim ve Teknik Dergisi, syf. 61, 62

(8) HABERL,R., PERFLER,R., ve MAYER, H., 1995, Constucted Wetlands in Europe, Wat.Sci.Tech., 32:305-315

(9) HAMMER, D.A., PULLIN, B.P., McCASKEY, T.A., EASON, J. And PAYNE, V.W.E., 1993, "Treating Livestock Wastewaters with Constructed Wetlands", in Constructed Wetlands for Water Quality and Improvement, G.A. Moshiri, ed., CRC Pres, Boca Raton, FL., Chapter 35

(10) http:// cecommerce.vwex.edu; "Artificial Wetland Storm Water Management Systems"

(11) HUNT, P.G., SZOGİ, A.A., HUMENIK, F.J., RICE, J.M., MATHENY, T.A., STONE, K.C., 2002, "Constructed Wetlands for Treatment of Swine Wastewater from An Anaerobic Lagoon", Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, North Carolina, V.45, syf. 639-647

(12) İçme Suları Teknik Şartnamesi, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara

(13) Kanalizasyon Özel ve Teknik Şartnamesi, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara

(14) KIRACOFE, B., NOVAK, J., 2000, "Performance Evaluation of the Town or Monterey Wastewater Treatment Plant Utilizing Subsurface Flow Constructed Wetlands", Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg

(15) "Keles, Dedeler Köyü Büyükyayır Mevkii Malzeme Ocağı Numune Analiz Raporu", 2006, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Zemin Mekaniği Lab., 13-B/3, Ankara

(16) MAGMEDOV, V., 2002, "Background on Constructed Wetland Development", Environmental Probe, www.constructedwetlands.org, Ontanio, Canada

(17) MARGARET, M.A., 1996, "Wetlands: From Bane to Water Quality Boon", Wetlands News – January'96, Wetlands Committee of the New England Water Environment Association, Wilmington, Massachusetts

(18) MENFRİNATO, E.S., FİLHO, E.S. and SALATİ, E., 1993, "Water Supply System Utilizing the Edaphic-Phytodepuration Technique", in Constructed Wetlands for Water Quality and Improvement, G.A. Moshiri, ed., CRC Pres, Boca Raton, FL., Chapter 34

(19) Metcalf-Eddy, 1991, "Environmental Engeneering-Natural Treatment System", Mc Graw Hill New York, Table : 13-21

(20) MIDDLEBROOKS, E.J., DEE, P.E., 2001, "Constructed Wetlands:Efficiency, Economy, Power Savings Environmental Considerations and Design", Iowa Energy Center and Iowa Association of Municipal Utilities, Iowa, Table-4

(21) MILLER, Paul T., 2003, "City of Missoula – Wastewater Division Constructed Wetlands Research Assistantship Progress Report", The University of Montana, Missoula, Table-1

(22) REIMOLD, R., MARGARET, M., 1997, "Evaluating Ewtlands Treatment Systems for Alexandria, Egypt", Water Environment & Technology, V.9, No 3, syf. 29-32

(23) ROUSSEAU, D, 2006, "Performance of Constructed Treatment Wetlands:Model-Based Evaluation and Impact of Operation and Maintenance"", Universiteit Gent, Bio-ingenieurswetenschappen,, syf. 7

(24) Sacramento Regional County Sanitation District, 1998, "Sacramento Constructed Wetlands Demonstration Project", Five-Year Summary Report 1994-1998, Table 8 – 5

(25) SMITH, E., GORDON, R., MADANİ, A., STRATTON, G., 2005, "Cold Climate Hydrological Flow Characteristics of Constructed Wetlands", Canadian Biosystem Engineering, Engineering Department and Environmental Science Department, Nova Scotia Agricultural College, Nova Scotia, V. 47, syf.1.1,

(26) Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete, Ankara, Tablo : 21-5

(27) SUKİAS, J., TANNER, C, 2004, "Evaluation of the Performance of Constructed Wetlands Treating Domestic Wastewater in the Waikato Region", Environment Waikato Technical Report, Hamilton, syf.2

(28) TANNER, C, 2002, "Status of Wastewater Treatment Wetlands in N. Zeland", National Institute of Water and Atmospheric Research, Hamilton, Table-2

(29) TAYADE, S.T., OJHA, A.R., KUMAR, R., SINGH, R.N., 2005, "Feasibility Study of Constructed Wetland for Treatment of Municipal Wastewater", National Environmental Engineering Research Institute, India, Table: 1-2

(30) TOPRAK, Hikmet, 1996, "Atıksu Arıtma Sistemlerinin Tasarım Esasları", DEÜ Müh. Fak. Yayınları, İzmir, syf. 1-5

(31) U.S. Environmental Protection Agency, 1994, "North American Wetlands for Water Quality Treatment Database", Office Of Research & Development, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati

(32) U.S. Environmental Protection Agency, 1993, "Subsurface Flow Constructed Wetlands For Wastewater Treatment",Office Of Water, Washington, syf. 3-12, Table : 3 - 6

(33) USLU, Orhan - ÖZER, Adem - TOPRAK, Hikmet, 1994, "Su ve Atıksu Arıtımında Çökeltme, Yüzdürme ve Mekanik Filtrasyon", DEÜ Müh. Fak. Yay., İzmir, syf.122

(34) www.apms.org/plants/cattail.htm

(35) www.cmo.org.tr

(36) www.constructedwetlands.org/cw/index.cfm

(37) www.harmancik.bel.tr

(38) www.iees.ch - Evaluation of Three Types of Artificial Wetland for Wastewater

(39) www.iowadnr.com

(40) www.khgm.gov.tr/aritma_prj.htm

ÖZGEÇMİŞ

Aslan SEVİ

1975 yılında Bursa İli Harmancık İlçesine bağlı Delicegüney Köyünde dünyaya geldi. 3 yaşında ailesinin işçi olarak çalıştığı Almanya'ya gitti ve 10 yaşında yurda geri döndü.

Almanya' da başladığı öğrenimine yurda döndükten sonra devam ederek ilk ve orta öğrenimini Bursa' da tamamladı. Yüksek Öğrenimini 1998 yılında İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde tamamladı. Halen Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalındaki yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

Üniversiteden mezun olduktan sonra 1 yıl süreyle Bilgisayar Destekli Tasarım alanında çalıştı ve eğitim seminerleri verdi.

1999 yılında askerlik hizmetini tamamlayarak özel bir Katı Atık Yönetim Şirketinde Ar-Ge Mühendisi olarak çalışmaya başladı.

2001 yılı Ocak ayında DMS sonucu gerçekleştirilen atama ile kamu hizmetine başladı. İlk memuriyetine Edirne İl Çevre ve Orman Müdürlüğünde Mühendis olarak başladı. 2004 yılında Bursa İl Çevre ve Orman Müdürlüğüne tayin oldu. Burada 6 ay çalıştıktan sonra (Mülga) Bursa Köy Hizmetleri İl Müdürlüğü İnşaat İskan Şube Müdürlüğü emrine atandı. Halen atıksu arıtma tesisleri ve altyapı-kanalizasyon konularında Proje ve Kontrol Mühendisi olarak buradaki görevine devam etmektedir.