

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilara KÜTÜK

BİNALARDA GRİ SU ARITILMASI

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2017

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİNALARDA GRİ SU ARITILMASI

Dilara KÜTÜK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 27/12/2017 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

Doç. Dr. Nilgün Sultan YÜCEER
DANIŞMAN

Doç. Dr. Çağatayhan B. ERSÜ
ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Hakan DULKADİROĞLU
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİNALARDA GRİ SU ARITILMASI

Dilara KÜTÜK

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Doç. Dr. Nilgün Sultan YÜCEER
Yıl: 2017, Sayfa: 39

Jüri : Doç. Dr. Nilgün Sultan YÜCEER
: Doç. Dr. Çağatayhan B. ERSÜ
: Yrd. Doç. Dr. Hakan DULKADİROĞLU

Bu çalışmada İkon Hafriyat Konut İnşaat Taahhüt Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi tarafından yapılan Gültepe Mahallesi 881 Sokak (825 Ada 5 Parsel B Blok) Adana Sarıçam adresindeki iki bloktan oluşan Ege Life Konutları gri su arıtımı konu alınmıştır. Ege Life konutlarında evsel atıksular sınıflarına göre ayrılacak olup geri dönüşümü yapılacak olan gri suların miktarı hesaplanmış ve arıtma yöntemi olarak membran bioreaktör kullanılarak gri su arıtımı gerçekleştirilmiştir. Arıtma sonrası gri su arıtımı ile doğaya olan katkısı hesaplanmıştır. Ege Life gibi sitelerde kaynağında ayırım prensibine göre yapılacak gri su arıtımı ile su ve enerji tasarrufu ve çevreye katkısı tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Evsel Atıksu, Gri Su, Arıtma Teknolojileri, Yeniden Kullanım

ABSTRACT

MSc THESIS

GREY WATER TREATMENT IN BUILDINGS

Dilara KÜTÜK

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Nilgün Sultan YÜCEER
Year: 2017, Sayfa:39

Jury : Assoc. Prof. Dr. Nilgün Sultan YÜCEER
: Assoc. Prof. Dr. Çağatayhan B. ERSÜ
: Asst. Prof. Dr. Hakan DULKADİROĞLU

In this study, sullage treatment of two blocks Ege Life Apartments, constructed by Ikon Hafriyat Ltd at Street number 881, Gültepe District, Sarıçam, Adana, was analyzed. Domestic sullage, generated at Ege Life, was separated according to their classes in the source and amount of recyclable sullage was calculated. The membrane bioreactor method was used for sullage treatment. The amount and environmental contributions of treated sullage was calculated. Sullage treatment, at housings such as Ege Life, based on separation at the source, water and energy conservation and environmental contribution issues were discussed.

Key words: Domestic wastewater, Gray water, Treatment Technologies, Reuse

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Su, canlıların yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için koşulsuz gerekli olan temel ihtiyaçlardan biridir. Yeryüzünde bulunan kullanılabilir su kaynakları sınırlı olmakla birlikte dağılımı düzensizdir. Nüfus artımı, küresel ısınma, bilinçsiz su tüketimi ve benzeri nedenlerden dolayı kullanılabilir su kaynakları azalmaktadır. Bu nedenle dünyamızdaki doğal kaynak sularımızın hızla tükenmemesi ve çevreye pozitif katkıda bulunabilmek için su tüketim oranını düşürüp su kaynaklarımızı korumamız gerekmektedir. Bu çerçevede son yıllarda gündem konusu olan evsel atık su; kirletici olmamakla birlikte yeniden değerlendirilip kullanıma uygun hale getirilmesi şeklinde ele alınmaktadır. Evsel atık suyun kaynağında ve özelliklerine göre ayrılarak uygun işlemden geçirilip yeniden kullanımda değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. Bu çalışmada tuvalet suyu haricinde kalan ve gri su olarak tanımlanan suyun yerinde arıtılıp yeniden kullanımda değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. Gri su uygun işlemden geçirildikten sonra tuvalet rezervuarları, bahçe sulama, çamaşır yıkama gibi yerlerde yeniden kullanıma elverişli hale getirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda arıtma teknolojileri incelenmiş ve geliştirilmiştir.

Bu çalışmada İkon Hafriyat Konut İnşaat Taahhüt Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi tarafından yapılan Gültepe Mahallesi 881 Sokak (825 Ada 5 Parsel B Blok) Adana Sarıçam adresindeki Ege Life Konutlarının gri su arıtımı ele alınmıştır. Ege Life Konutlarında proje aşamasında eklenen özel donanımlar sayesinde gri suların arıtımı yapılacaktır. Bu donanımlar atık suların yerinde ayrımını sağlayacak olup miktarına ve içeriğine göre uygun işlemden geçmesi sağlanacaktır. Her konutlar içerisinde bulunan iki ayrı su tesisatı, konutların dışında ise bir adet yağmur suyu toplama tesisatı bulunmaktadır. Konutların içerisinde bulunan iki su tesisatından biri gri su diğeri ise siyah sularını toplamak için kullanılmıştır. Siyah suları doğrudan kanalizasyon şebekesine bağlanmıştır. Gri sular ise bodrum katta bulunan depolama alanına iletilmektedir. Gri sular

bodrum katta bulunan paket arıtma sistemine aktarılarak uygun arıtma işleminden geçirilmiştir. Kullanıma hazır olan gri su bahçe sulama, araç yıkama ve genel apartman temizliğinde kullanılmıştır. Yağmur suları ise sisteme dahil edilip arıtıldıktan sonra yine aynı amaçla kullanılmıştır.

248 kişinin yaşadığı Ege Life Konutlarında atık su miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca Adana bölgesi yıllık ortalama yağış verileri kullanılarak yağmur suyu miktarı belirlenmiştir. Yağmur suyu ve gri su miktarına göre arıtma sisteminin kapasitesi hesaplanmıştır. Yağmur ve gri su miktarına uygun arıtma yöntemi ve boyutu seçilmiştir. Ayrıca gri su arıtma teknolojilerinden maliyet ve çevreye olan katkısı göz önünde bulundurularak uygun arıtma teknolojisi seçilmiştir. Arıtma yöntemi olarak membran bioreaktör seçilmiştir. Yatırım maliyeti olmasına karşılık zaman içerisinde maliyetinin çok daha üzerinde olmaktadır. Ayrıca çevreye olan katkısı tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde değerli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen değerli danışman hocam sayın **Doç. Dr. Sultan Nilgün YÜCEER**' e, ilgisini ve önerilerini göstermekten kaçınmayan Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın **Prof. Dr. Ahmet YÜCEER**' e sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yardım, bilgi ve tecrübeleri ile bana destek olan Çevre Mühendisliği bölümündeki tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi her konuda beni destekleyen AİLEME tez çalışmam süresince gösterdikleri sevgi ve sabır nedeniyle teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET.....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Gri Suların Karakteristiği.....	3
1.2. Gri Su Arıtma Yöntemleri.....	8
1.3. Yağmur Suyu.....	15
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	17
3. MATERYAL VE METOD.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Yapı Özellikleri.....	21
3.2. Metod.....	27
3.2.2. Gri Su ve Yağmur Suyu Arıtma Yönteminin Seçilmesi.....	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	29
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	33
KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	39



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Gri Su Kaynağına Göre Kirletici Maddeler.....	5
Çizelge 1.2. Tuvalet Rezervuarları İçin Gerekli Kalite Şartları	8
Çizelge 1.3. Yatay Akışlı Yapay Sulak Alanların Giderim Verimleri	10
Çizelge 1.4. Dikey Akışlı Yapay Sulak Alanların Giderim Verimleri	10
Çizelge 4.1. TUİK Belediye Su İstatistikleri, 2014.....	29
Çizelge 4.2. Belediye Su İstatistikleri, 2004-2012	30





ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Günlük Evsel Atık Su Tüketim Oranları	4
Şekil 1.2. Biyolojik Arıtma Teknolojilerinin karşılaştırılması	14
Şekil 3.1. Ege Life Konutları Vaziyet Planı	22
Şekil 3.2. Ege Life A Blok Oturum Planı.....	23
Şekil 3.3. Ege Life B Blok Oturum Planı	24
Şekil 3.4. Ege Life A Blok	25
Şekil 3.5. Ege Life B Blok.....	26
Şekil 4.1. Ege Life Konutları Gri Su Şebeke Planı	34
Şekil 4.2. Ege Life Konutları Yağmur Suyu Şebeke Planı.....	35



1. GİRİŞ

Dünyamızda kullanılabilir su kaynakları sınırlı olmakla birlikte günümüzde giderek bu kaynaklar azalmaktadır. Bunun en önemli etkenlerinden biri sürekli artan nüfus olmaktır. Nüfusun artmasıyla üretim ve tüketim aynı hızda artmaktadır ve bununla beraber su kaynakları giderek azalmaktadır. Her geçen yıl dünya nüfusu %1,7'lik bir oranda artmaktadır (Çamurcu, 2005). 19. yüzyıla göre 20. yüzyılda dünya nüfusu üç kat artmıştır. Bununla beraber, su kaynakları kullanımı ve dolayısıyla su ihtiyacı altı kat artmıştır. Bu nedenle su kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılabilmesi için tüketim hızının kontrolü önem kazanmaktadır. 1950'lerden itibaren tarım, kentleşme ve endüstriyellemenin artışıyla suya olan talep yoğunlaşmıştır. (Karakaya ve Gönenç, 2007). Dünyada 2000'li yıllarda, 25 yıllık bir süreçte endüstriyel su tüketiminin 1,4 kat, evsel su tüketiminin ise 1,9 kat artacağı düşünülmektedir (Postel, 1999; Shiklomanov, 2000). Dolayısıyla sürdürülebilir su kaynakları yönetimi önem kazanmıştır ve yeni yaklaşımların geliştirilmesi gerekmektedir. Talep yönetimi bu kapsamda geliştirilmiş yeni yaklaşımlardan biridir (Arlosoroff, 1999).

Son yıllarda giderek artan nüfus ihtiyaçlarını karşılamak için sürekli yeni teknolojiler gelişmektedir. Suların geri kazanımı, su tüketiminin azaltılması gibi birçok etken örnek olarak verilebilir. Su tüketiminin azaltılması için özellikle çamaşır yıkama, bahçe sulama, tuvalet rezervuarları, ve diğer temizlik işleri için su kullanımının azaltılmasına yönelik önlemler alınmalıdır. Günümüz konularından olan evsel atık su bir kirletici değil geri kazanım işlemleri neticesinde yeniden kullanılabilir bir kaynak olarak değerlendirilmelidir. Bu olguya göre, evsel atık sular kendi özelliklerine göre ayrılarak kaynağında uygun işlemlere tabii tutularak arıtılması fikri ortaya konmuştur. Günümüzde su kaynaklarının korunması için yeniden kullanım önem kazanmaya başlamıştır. Kullanılmış suların yerinde arıtılması ve tekrar kullanıcıya sunulması için çalışmalar yapılmaktadır. Bunun için bina sistemlerine eklenen arıtma yapıları kullanılmaya başlanmıştır.

Kentleşme ve sanayileşme nedeniyle oluşan çevre kirliliği ekolojik dengeleri bozarak canlı hayatına olumsuz etkilerde bulunmaktadır. İnsan yaşamının ana kaynağı olan doğal çevrenin korunması için çevre odaklı yapıların tasarlanması gerekliliği kaçınılmazdır. Bu noktada bina tasarımında, bina içi gerekli enerji tüketiminin en aza indirilerek çevreci bir anlayışla hareket etmek gerekmektedir (Yüceer, 2014). Bina teknolojilerindeki gelişmelerle, bilinen akıllı bina kavramı ortaya çıkmıştır. Akıllı bina sistemlerinde enerjinin etkili kullanılabilmesi için bazı parametreler incelenmiştir. Yapıda çevreye uygun tasarım anlayışı; sürdürülebilir mimarlık, ekolojik, enerji etkin bina tasarımı veya yeşil mimarlık gibi yeni bakış açıları ve çözümler ortaya çıkarmıştır (Yüceer, 2014). Doğal enerji kaynaklarının giderek hızlı bir biçimde tüketilmesi, fosil yakıtlarının kullanımı sonucu oluşan çevresel problemlere bağlı olarak, çevre bilincinin oluşması ile sürdürülebilirlik ve enerjinin etkili kullanımını sağlayan tasarım kavramlarına verilen önem her gün artmaktadır. Enerji tasarrufu yapan bina tasarımında yaşam alanları arasındaki ısı geçişleri, iklim, malzeme ve enerji temini gibi birçok konular değerlendirilmektedir. Bu konularla ilgili çok sayıda çizim ve denklemin birbiriyle karşılaştırılması, buna bağlı olarak enerjiyi etkili kullanan binalarda yapı ve malzemeleri ile ilgili özel bilgi ve karmaşık mühendislik hesapları gerektiren zaman alan bir çalışma olmaktadır.

Akıllı bina sistemleri öncelikle 80'li yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye'de akıllı bina sistemleri 1984 yılında uygulanmıştır fakat izleme amaçlı kullanılmıştır. Son yıllarda teknolojinin ilerlemesi doğrultusunda akıllı bina uygulamaları da gelişmiştir. Basit bir şekilde ifade edilecek olursa; akıllı bina sistemleri; binalarda enerjinin etkili kullanılması için, konutların enerji giderlerinin otomatik olarak yapı içerisinde bulunan cihazlarla kontrol edilebildiği bir sistem olarak tanımlanabilir (Yılmaz, 2006). Akıllı binanın en önemli işlevi; kullanıcı konforunu değiştirmeksizin binanın enerji tüketimini minimum düzeyde olmasını sağlamaktır.

Akıllı bina sistemi kavramı yeşil bina kavramıyla paralel doğrultudadır. Akıllı bina sisteminde bulunmayan katı atıkların ayrıştırılması, gri suların arıtılması gibi işlemlerin eklenmesiyle yeşil bina kavramı oluşmaktadır.

Gri su evsel atık suların tuvalet atık suyu haricinde kalan kısmıdır ve organik madde içeriği oldukça zengindir. Gri su, su çeşitlerinden en az kirletici özelliğe sahiptir. Gerekli arıtmadan geçtikten sonra sulama amaçlı ya da yer altı suyu beslemesi olarak kullanılmaktadır. Arıtılmış gri suyun kullanım suyu olarak yeniden kullanılmasının, su kaynaklarının korunmasına olumlu etkileri olacaktır.

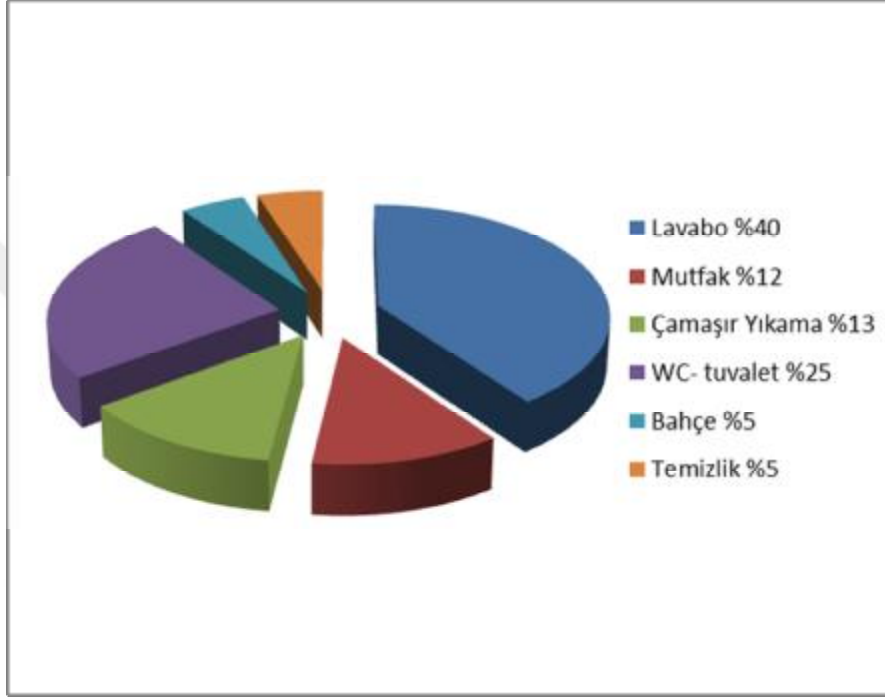
İnsanlar günlük yaşam faaliyetlerini çoğunlukla evde geçirir ve evsel faaliyetlerde kullanımları sonucu oluşan atık sular, evsel atık sular olarak adlandırılmaktadır. Evsel atık sular iki grupta değerlendirilmektedir. Bunlar gri su ve siyah su olarak oluşmaktadır.

Gri suyun başlıca kaynakları, mutfak, duş, banyo, lavabo, bulaşık ve çamaşır makinelerinin kullanılması nedeni ile oluşan sulardır. Gri su haricinde kalan sular yani tuvalet suları ise siyah su olarak tanımlanmaktadır. Gri sular az kirli gri su ve çok kirli gri sular olarak ikiye ayrılmaktadır. Az kirli gri su denilen sular banyo, lavabo, duşta kullanımı sonucu oluşan atık sular olup, çok kirli gri sular mutfak ve çamaşır makinelerinin kullanımı sonucu oluşan atık sulardır. Evsel atık suyun yaklaşık %75'ini gri sular oluşturmaktadır ve hacimsel olarak baktığımızda evsel kaynaklı atık suların en büyük miktarını oluşturmaktadır (Karahan, 2011).

1.1. Gri Suların Karakteristiği

Son yılların dikkat çeken konularından biri olan sürdürülebilirlik kavramı, çevre kirliliğinin azaltılması çalışmalarına ilaveten doğal kaynakların yeniden ve güvenilir bir şekilde kullanımı da içermektedir. Özellikle son zamanlarda gelişen yeni bir kavram olan ekolojik evsel atık su yönetimini inceleyen ECOSAN'a (Ecological Sanitation) göre evsel atık su bir kirletici olmayıp yeniden değerlendirilerek kullanılabilen bir atık kaynağıdır. Ecosan' a göre, evsel atık

suların kendi içinde ayrılarak ve her bir sınıfın özelliklerine uygun olan işlemde geçirilerek tekrar kullanılabilir olarak değerlendirilmesini savunmaktadır. (Baykal ve Allar, 2007).



Şekil 1.1. Günlük Evsel Atık Su Tüketim Oranları (Karahana, 2011)

Gri su, kimyasal maddeler neticesinde kullanılan suyun kirlenmesiyle oluşmaktadır. Tüketicinin alışkanlıkları gri suyun kirlilik seviyesini belirlemektedir. Kirletici maddeleri deterjanlar, hijyen ürünleri, vücuttan çıkan kir ve kirli kıyafetlerden oluşturmaktadır. Gri su evlerde kullanılan ihtiyaçlara göre sürekli oluşmaktadır.

Çizelge 1.1. Gri Su Kaynağına Göre Kirletici Maddeler (Allen ve Ark., 2010)

Gri Su Kaynağı	Kirletici Maddeler
Duş-Küvet	saç, sabun, organik madde, şampuan kalıntıları, askıda katı madde, bakteri
Lavabo	Yağ ve gres, bakteri, organik madde, sabun, askıda katı madde
Çamaşır Makinesi	organik madde, yağ ve gres, nitrat, sodyum, pH askıda katı madde, fosfor, çamaşır suyu,
Bulaşık Makinesi	pH, artan tuzluluk, deterjan, yağ ve gres, bakteri, askıda katı madde, organik madde,

Gri suyu saç, vücut yağı ve kir gibi kolay ayrışabilen maddeler oluşturmaktadır. Gri su uzun tutulup hemen işlemde geçirilmezse, sülfatlar yardımıyla bozulmaya başlar. Bu durum kötü koku problemine neden olacağından böyle bir problem istenmez. Organik maddeler BOİ (biyokimyasal oksijen ihtiyacı) ve KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) parametrelerinin ortalamalarıyla ölçülür. (Karahan, 2011). Banyodan ve duştan gelen gri sular az kirli gri su olarak tanımlanmaktadır. Çamaşır ve bulaşık makinelerinden gelen gri su çok kirli gri su olarak tanımlanır ve atık su konsantrasyonunu arttırmaktadır. Bununla beraber gri suyun arıtım maliyeti de artacaktır.

Gri suyun fiziksel parametreleri olarak ; sıcaklık, renk, bulanıklık, elektriksel iletkenlik ve askıda katı madde olarak sayılabilmektedir. Elektriksel iletkenlik ve bulanıklık aralığı yüksek yüklü gri suda sırasıyla; 190-3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 19-444 NTU, düşük yüklü gri suda sırasıyla; 14-1241 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 12,6-375 NTU değerleri ölçülmüştür (Boyjoo ve diğ., 2013). Su kaynağına göre daha gri suyun sıcaklığı yüksek olmaktadır. Bunun nedeni ısıtıcılarda suyun ısıtılması veya borularda bekleyen suyun sıcaklığının dış hava koşullarından etkilenmemesi olarak

gösterilebilir ve bu sıcaklık 18–30°C aralığında olmaktadır. Bu sıcaklık farklılıklarının olması biyolojik arıtma proseslerini olumsuz yönde etkilememektedir (Moral ve Ark., 2006). Sıcaklık değerleri standartların üzerinde olduğu durumlarda bakteriyel çoğalma ve çökelmelere yol açmaktadır.

Askıda Katı Madde parametresi; evlerden gelen yemek artıklarından oluşan yağ ve katı parçacıklardan meydana gelmektedir. Bu parçacıklar suda bulanıklık probleminin oluşmasına yol açmaktadır. Ayrıca arıtmada kullanılan filtre ve boruların tıkanmasına neden olabilmektedir. Düşük yüklü gri suda 12-315 mg/L aralığında AKM konsantrasyonu var iken yüksek yüklü gri suda AKM konsantrasyonu 29–505 mg/L arasında değişmektedir (Boyjoo ve Ark., 2013).

Gri suyun kimyasal parametreleri olarak kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), organik maddeler, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), toplam organik karbon (TOK), nutrientler, ağır metal içeriği, pH, alkalinite, yağ ve gres ve yüzey aktif maddeler gibi parametreler sıralanabilmektedir. Alkalinite ve pH açıklanacak olursa; bir sıvının asit ya da baz olup olmadığı pH değerinden anlaşılmaktadır. Yüksek yüklü olan gri suyun pH değeri düşük yüklü olan gri suyun pH değerinden genellikle daha yüksek çıkmaktadır. pH değeri yüksek yüklü gri suda; 6,35-10 düşük yüklü gri suda; 6,4-8,1 aralığındadır (Boyjoo ve Ark., 2013). Gri suyun genellikle alkalinite değeri 20–340 mg/L aralığında değişmektedir (Morel ve Ark., 2006).

KOİ ve BOİ konsantrasyonları gri su ve kimyasal yada biyolojik ürün miktarına bağlı olarak değişmektedir. BOİ ve KOİ değerleri yüksek yüklü gri suda; 44–1056 ve 50–2568 mg/L aralığında, düşük yüklü gri suda; 23–300 ve 23–633 mg/L aralığında değişmektedir (Boyjoo ve Ark., 2013).

Fosfor ve azot; evsel atık su içerisinde gri su daha az nutrient içermektedir. Yüksek fosfor bulunduran gri su ötrofikasyona neden olmaktadır. Oksijensiz ortamda doğal olarak oksijene ihtiyaç duymayan canlıların oluşmasına neden olmaktadır. Fosfatlar, yosun ve alglerin aşırı artmasına ve gri suda istenmeyen kötü kokuların oluşmasına sebep olmaktadır. Gri suyun içerdiği azot seviyesi çok düşüktür. Gri suda bulunan azot daha çok mutfaktan gelen gri sudan

kaynaklanmaktadır. Gri sudaki azotun içeriğini; amonyak, şampuan, temizlik ürünleri ve diğer evsel ürünler oluşturmaktadır.

Fosfor bulunmayan deterjan kullanıldığı zaman ortalama olarak fosfor konsantrasyonu 4-14 mg/L aralığında değişmektedir. Fosfor içeren deterjanların kullanıldığı ülkelerde ise fosfor konsantrasyonu 45-280 mg/L aralığında değişmektedir. Buna örnek olarak Tayland gösterilebilir (Moral ve Ark., 2006).

Yağ ve Gres; Gri sudaki yağ ve gres büyük ölçüde mutfak lavabosu ve bulaşık makinesinden kaynaklanan gri sulardan meydana gelmektedir. Gres ve yağ konsantrasyonları sırasıyla 8-35 mg/L ve 37 -78 mg/L aralığında değişmektedir (Moral ve Ark., 2006). Çamaşırhane ve banyodan gelen gri sularda da azımsanmayacak miktarda yağ ve gres konsantrasyonları gözlemlenebilmektedir.

Diğer Evsel Kimyasal Maddeler ve Yüzey Aktif Maddeler; Yüzey aktif maddelerin ana kaynağı evsel temizlik ürünleridir. Evsel temizlik amaçlı makinelerde kullanılan deterjanlar gri suda bulunsn yüzey aktif maddelerin temel bileşenidir. Kullanılan evsel temizlik ürünleri ile kişisel hijyenik ürünler diğer bir kaynaktır. Gri suda bulunan yüzey aktif maddelerin konsantrasyonları kullanılan temizlik ürünlerinin miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir.

Kullanılacak olan su alanlarının kendilerine göre kalite standartları vardır. Bundan dolayı gri su geri kazanım sistemlerinden elde edilen suyun kullanılacağı yerin standartlarına uygun olması şarttır. Arıtılmış gri su bahçe sulama, tuvalet rezervuarları, çamaşır yıkama gibi yerlerde kullanılacağı gibi uygun deşarj yerlerine deşarjının da yapılabileceği belirtilmiştir.

Berlin Senato Ofisi tarafından açıklanan değerler Çizelge 2'de verilmiştir. AB standartlarındaki yıkama suyu değerleri (76/160/EEC) doğrultusunda toplam koliform ve E-Koli değerleri tespit edilmiştir. Sınır değerler doğrultusunda insanların bu kalite şartlarını taşıyan suyla temasında sağlık riskine neden olmayacağı gözlemlenmiştir.

Çizelge 1.2. Tuvalet Rezervuarları İçin Gerekli Kalite Şartları (Karahan, 2011)

Parametre	Değerler
Dışkısal Koliform ^{A)} (E-KOLİ)	<10/mL
Psuedomonas aeriginosa ^{B)}	<1/mL
BOİ ₇	<50 mg/L
Toplam Koliform ^{A)}	<100/mL
Oksijen Doygunluğu	>50%

^{A)} AB 76/160/EEC yönetmeliğine uygun

^{B)} Alman içme suyu standartlarına uygun

DIN 19650 standartları tarafından düzenlenen sulama suyu değerleri bildirilmiştir. Bu değerler bahçecilik, tarım, parklar v.b. yerlerde kullanılan suların sağlık açısından değerlendirilmeleriyle alakalıdır. Tuvalet için kullanılan suyun kalite standartları çoğu uygulama ve sulama için kullanılacak olan suyun kalite standartlarından daha düşüktür.

1.2. Gri Su Arıtma Yöntemleri

Suriye, Güney Afrika ve Avustralya'da bahçe ve peyzaj sulamada, İsrail de ise meyve ağaçlarını sulamada gri su kullanılmaktadır (Boyjoo ve Ark., 2013). Buna rağmen gri suyun doğrudan kullanılması yerine arıtılarak kullanılması önerilmektedir. Gri su doğrudan kullanıldığı zaman, gri suyun içerdiği kimyasal maddelerin bitkilere zarar verebildiği belirtilmiştir. Bununla beraber suda yüzey aktif maddelerin, yağ ve gresin vb. birikmesine neden olmaktadır. Bu da toprağın yapısını bozarak yer altı sularının kirlenmesine neden olmaktadır.

Gri su bir arıtma işlemine tabii tutulmadan doğrudan kullanıldığı durumlarda depolanma süresi uzun tutulmamalıdır. Biriktirilen gri su, bakteri ve koku oluşmaması için 24 saat içinde kullanılmalıdır (Şahin, 2010).

Gri su arıtımında kirlilik içeriğine bağlı olarak istenilen arıtma verimini sağlamak için kimyasal fiziksel veya biyolojik arıtma yöntemleri tercih edilebilmektedir. Bu tip atıksularda fiziksel yöntem olarak çöktürme ve filtrasyon

işlemleri uygulanmaktadır. Ön arıtım amacıyla filtrasyon işlemi çoğunlukla kimyasal ya da biyolojik arıtma ünitelerinden önce uygulanmaktadır. Filtrasyon işleminde kullanılacak olan kaba filtre membran filtre veya kum filtre sayesinde askıda katı madde, bazı organik maddeler ve patojenlerin giderimi yapılabilmektedir. Nutrient giderimi biyolojik ya da kimyasal arıtma yöntemleriyle sağlanabilir.

Kimyasal arıtma teknolojileri olarak iyon değiştiriciler, granüler aktif karbon, elektrokoagülasyon, fotokatalitik oksidasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Fakat kimyasal kullanımını önlemek amacıyla biyolojik arıtma teknolojileri yöntemiyle de gri su arıtımı sağlanabilmektedir. Kullanılan biyolojik arıtma yöntemleri; döner biyolojik reaktör, ardışık kesikli reaktör, membran biyoreaktörü, yapay sulak alan, teknolojileridir. Su geri kazanımı amaçlı diğer arıtma işlemlerinde istenilen arıtma veriminin sağlanabilmesi için bir takım ön işlemlerin (filtrasyon ya çöktürme işlemi vb.) ve ikincil (son) işlemlerin (UV ya klor ile dezenfeksiyon işlemi vb.) kullanılması gerekmektedir. (Üstün, E., ve Tırpancı, 2015).

Gri suyun biyolojik arıtımında yer alan yapay sulak alan arıtımı iki çeşitten oluşmaktadır. Bunlar; yukarı-aşağı (dikey) akışlı yapay sulak alan ve yatay akışlı yapay sulak alandır. Yatay akışlı yapay sulak alan çakıl ve kumdan oluşan geçirimsiz bir zeminden meydana gelmektedir. Gri su ön arıtımı yapıldıktan sonra, sisteme gelerek yatay ve kesintisiz bir şekilde kum ve çakıl dolu maddeden geçer, aynı zamanda bitki köklerinden de geçerek akmaktadır. Sistemden elde edilen giderim verimleri Çizelge 3'te gösterilmektedir. Dolgu malzemesinin tane boyutu, sistemde tıkanmalara sebep olmayacak boyutta ve gri su akışına engel olmayacak şekilde olmalıdır.

Toprak pH değerleri 6,5 ve 8,5 arasında farklılık göstermektedir. Canlı faaliyetleri için toprağın iletkenliği 4 dS/m'den daha küçük bir iletkenlik değerine sahip olması gerekmektedir (Üstün, E. ve Tırpancı, 2015). Yatay akışlı yapay sulak alan sistemine baktığımızda hidrolik tutma süresi 3-7 gün arasında, hidrolik yük

oranı 5-8 cm/gün, organik yük oranı ise 6-10 gr BOİ/m²-gün arasında değişmektedir (Üstün, E., ve Tırpancı, 2015). Eğer bu sistemde oksijen varsa aerobik şartlar, oksijen yoksa anaerobik şartlar, nitrat kullanımı durumunda anoksik şartlar oluşmaktadır.

Çizelge 1.3. Yatay Akışlı Yapay Sulak Alanların Giderim Verimleri (Moral ve Ark., 2006)

Parametre	Giderim Oranları
Toplam Azot	% 15-40
Toplam Fosfor	% 30-45
BOİ	% 80-90
AKM	% 80-95
Lineer Alkil Benzen Sülfonat	<% 90
Fekal Koliform	<2-3log

Yukarı-aşağı akışlı yapay sulak alanlarda, birincil arıtmaya tabii tutulan gri su sisteme kesikli bir şekilde gönderilir. Gri su dolgu malzemesi ile kaplanmış veya doldurulmuş yataktan cazibeyle akarak filtrasyon işlemine tabii tutularak aynı zamanda gri suya oksijen transferi ile biyolojik arıtma için gerekli oksijen transferi sağlanmış olur. Daha sonra mevcut su sistemi çıkış borusundan terk eder.

Çizelge 1.4. Dikey Akışlı Yapay Sulak Alanların Giderim Verimleri (Moral ve Ark., 2006)

Parametre	Giderim Oranları
Toplam Fosfor	<% 35
Toplam Azot	<% 60
AKM	% 65-85
Fekal Koliform	≤2-3log
BOİ	% 75-95

Dikey akışlı yapay sulak alan sisteminde BOİ, KOİ ve patojen giderim verimi yatay akışlı yapay sulak alan sisteminde göre daha yüksektir. Ancak AKM giderimi verimi ise yatay akışlı sulak alan sisteminde daha yüksektir (Moral ve Ark., 2006).

Ön arıtım sonrası döner biyolojik diskler gri su artımı ve geri kazanımı için kullanılabilir. Gri su arıtımı için çok kademeli döner biyolojik diskler kullanılmaktadır. Döner biyolojik diskler kapladığı alan bakımından azdır. Bu sistemler plastik malzemeden yapılmış belirli ebatlardan oluşmaktadır. Diskler bir şaft üzerine birbirine paralel olarak yerleştirilir ve şaft bir motor yardımı ile dönmektedir. Gri suda bulunan organik bileşikler, mikroorganizmalar sayesinde oluşan biyofilm içine tutulup biyolojik reaksiyonun meydana gelmesini sağlamaktadır. Diskin dönüşüyle beraber mikroorganizmalar havanın temasıyla oksijen gereksinimini karşılamaktadırlar. Gri su arıtımında genel olarak döner biyolojik disklerden sonra çökeltim tankı gelir ve çökeltim tankından sonra da dezenfeksiyon ünitesi yer almaktadır.

Ardışık kesikli reaktörler atıksu arıtımında olduğu gibi gri su arıtmak için de kullanılmaktadır. Ardışık kesikli reaktör temel besin maddeleri olan organik madde, azot ve fosfordan oluşan problemleri tek bir tank içinde çözüme ulaştırması bu en büyük avantajıdır. Ardışık kesikli reaktörler giriş suyu karakterini hızlı bir şekilde düzenler. Bu sebeplerden dolayı ardışık kesikli reaktörler gri su arıtımında özellikle nutrientlerin yerinde giderimi için tercih edilen arıtma teknolojilerinin başında gelir. Doldur boşalt prensibiyle çalışan ardışık kesikli reaktörler, doldurma, havalandırma, çökme, boşaltma ve dinlenme fazlarının aynı tank içerisinde gerçekleştirir. Reaktörler bir karıştırıcı ile karıştırılır, havalandırma denilen evrede hava pompası ve difüzör ile gri suyun havalandırılması sağlanmaktadır. Diğer fazlarda karıştırma ve havalandırma işlemi yapılmamaktadır.

10 yıl içerisinde polimer endüstrisindeki gelişmeler ve membran maliyetlerindeki azalma neticesinde, MBR'ler atık su arıtımı ve geri kazanımında

potansiyel bir artışla özellikle gelişmiş batı ülkelerinde yaygın olarak uygulanmaya başlamıştır (Yiğit, 2007). Membran biyoreaktörler, membran ultrafiltre ve aerobik biyolojik arıtma reaktörünün bir araya gelmesinden meydana gelmektedir. Membran biyoreaktörlerde biyolojik arıtmanın ardından, çöktürme havuzu yerine ultrafiltrasyon veya mikrofiltrasyon membranlar yardımıyla, katı/sıvı fazı birbirinden ayırma işlemi sağlanmaktadır. Bu sistemde atık su 0,2 mikron boyutunda gözenekli filtreden geçirilmektedir. Atık suda bu boyut üzerinde olan tüm maddeler tutularak katı madde ve mikroorganizma içeriğinin çok aza indirilmiş olduğu arıtılmış su sağlanmaktadır. Filtre yüzeyinde sürekli sağlanan akış sayesinde filtrelenen katıların yüzeyde tutunup filtreyi tıkamasının önüne geçilir (Url-1).

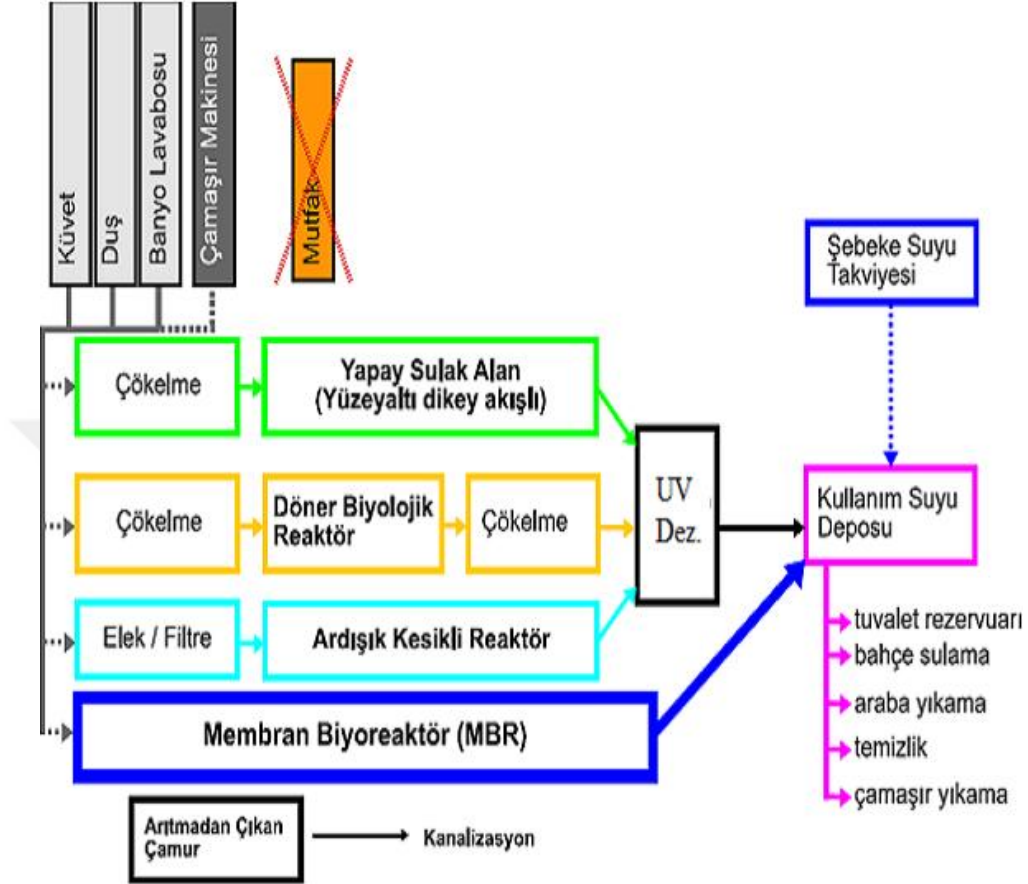
Sistem şu şekilde çalışmaktadır; ilk olarak gri su, gri su deposuna getirilmek üzere farklı bir boru tesisatı ile toplanmaktadır. Toplanan gri su pompa yardımıyla membran biyoreaktör deposuna iletilmektedir. Gri su Çeşitli filtrasyon işlemlerinden geçirilerek temiz su deposuna iletilir ve kullanıma hazır hale getirilmektedir. Klasik arıtma yöntemindeki havalandırma havuzu boyutu, membran biyoreaktörde üçte bir oranında azalabildiği gibi çökeltme havuzuna da ihtiyaç duyulmaması alan açısından % 70'lik bir pozitif etki sağlamaktadır (Url- 1).

Membran biyoreaktörler klasik aktif çamura kıyasla birçok avantajı mevcuttur. Membran biyoreaktörlerdeki yüksek askıda katı madde konsantrasyonundan dolayı hidrolik bekleme süresi azdır; bu durum küçük reaktör hacmi ve ilk yatırım maliyetinde azalma olarak olumlu bir etki oluşturmaktadır. Membran biyo reaktörlerde son çökeltme gerek olmayıp çamur şişmesi, filamentli büyümeden kaynaklanan arıtım problemleride söz konusu olmaz (Yiğit, 2007).

Membran biyoreaktörlerin klasik bir su arıtma tesisine göre avantajları aşağıda sıralanmıştır(Url-2).

- Son çökeltim tankına gerek duyulmaz,
- Üçüncül filtrasyon işlemlerine ihtiyaç yoktur,
- Alan ihtiyacı diğer arıtma tekniklerine göre azdır,
- Membran biyoreaktör sisteminin uzaktan kontrolü yapılabilmektedir,
- Sistemden çıkan çamur miktarı azdır,
- Az miktarda çıkan çamurun arıtım maliyeti düşüktür,
- Membran biyoreaktörlerde biyolojik arıtma dezenfeksiyona ihtiyaç duyulmadan yapılmaktadır,
- Sistemde arıtılan sular tekrar kullanılabilir, kullanılmaktadır,
- Otomasyonla yönetilebilmesi sayesinde iş gücü azalmaktadır,
- Sistem kolay kurulma özelliğine sahiptir,
- Sistemin konteynır haline getirilebilmesi de ayrı bir avantajdır.

Sıralanan bu avantajlar göz önüne alındığında membran biyoreaktörlerin diğer arıtma tekniklerine göre daha üstün olduğu görülmektedir.



Şekil 1.2. Biyolojik Arıtma Teknolojilerinin karşılaştırılması (Üstün E, ve Tırpancı, 2015)

Elektroliz sonucu anotun çözünmesi ile arıtımın sağlanması elektrokoagülasyon işlemidir. İşlem, arıtılmış olan su ve atık su içerisinde metal hidroksit floklarının oluşturulması esasına dayanarak yapılmaktadır. Bu teknikte genel olarak demir (Fe^{+3} , Fe^{+2}) ve alüminyum (Al^{+3}) ve metal anotları kullanılmaktadır. Kullanılan maddeler sayesinde suda bulunan kirleticiler adsorbe edilerek sudan uzaklaştırılır.

Fotokatalitik oksidasyon, gri su arıtım işleminde kullanılan arıtma yöntemleri arasındadır. Güneş ışığı veya UV ışınları, fotokatalizör ve oksijenden oluşan bir arıtma tekniğidir. Organik ve inorganik kirleticiler sudan kimyasallar

yardımıyla giderilmektedir (Akbal ve Balkaya, 2002). Fotokatalitik oksidasyon diğer arıtma teknolojileriyle kıyaslandığında yerinde arıtım olanağı ve enerji gereksinim ihtiyacının az olması gibi avantajlar sağlamaktadır.

1.3. Yağmur Suyu

Günümüzde doğal temiz su kaynaklarının kirlenmesi ve hızlı bir şekilde tüketilmesinden dolayı gri suyun arıtılıp yeniden kullanılmasına ek olarak yağmur suyunun işlemden geçirilip kullanılması konusu ortaya çıkmıştır (Şahin ve Manioğlu, 2011). Hava limanlarında, askeri bölgelerde, stadyumlarda, turistik tesislerde yağmur sularını basit bir sistemle toplayıp verimli bir arıtma işlemine tabii tutulması ve kullanıma uygun hale getirilmesi su korunumu açısından uygulanabilecek önlemler arasında bulunmaktadır. Yağmur suyunun binalarda kullanımı, ülkelerce farklı teşvik ve yasalarla desteklenerek uygulanmaktadır.

Daha önceki dönemlerde su sıkıntısı yaşayan bölgelerde yağmur suları sarnıç sistemiyle toplanılmaktaydı. Mevcut durumda ise su sıkıntısı yaşayan bölgelerde yağmur suyunun kullanılması su tüketim oranını azımsanmayacak ölçüde azaltmaktadır. Sarnıç yöntemi bu şekildeki kullanımlar için etkili bir yöntem olarak seçilmektedir. Klasik sarnıç sistemi dört adımdan meydana gelmektedir. Bunlar adımlar;

- binaların çatılarından veya zemininden yağmur suyunun toplanması,
- iletimin oluk sistemi yardımıyla sağlanması,
- toplanılan yağmur suyunun depoda biriktirilmesi,
- yağmur suyunun uygun işlemden geçirilerek bina sistemine verilmesidir.

Sarnıçlar genel olarak yere gömülü ve su sızdırmayacak şekilde olmaktadır. Yağmur suları çatı, teras vb. yerlerden toplanılarak sarnıca iletilmektedirler. Sarnıca iletilen yağmur suyunu süzecek olan kum silis kumudur.

Üçte biri kadar çakıl üst tarafı ince bir kumdan meydana getirilmiş yaklaşık olarak 1metre yüksekliğinde bir kum süzgeci iyi sonuç vermektedir.

Binalarda kullanılacak olan suyun vasfı, içme ve kullanma suyu olarak ikiye ayrılmaktadır. Yağmur suyu kullanım alanı amacına hizmet etmek için bina içinde ya da bina dışında kullanım suyu olarak iki şekilde kullanılabilir. Standart yağmur suyu toplama sistemi ve deposu ile araba yıkama, yüzme havuzu ya da süs havuzunu doldurma, ek boru tesisatı ile bahçe sulama, tuvalet rezervuarlarında kullanılabilir. Suyun kalitesi için yapılan kontroller ve eğer gerekli ise arıtılarak çamaşır makineleri ile duş ve banyolarda kullanılması mümkündür (Url-3).

Yağmur suyunun konut içerisindeki tesisat maliyeti konut dışındaki tesisat maliyetinden daha yüksek olması konut dışında kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Bundan dolayı yağmur suyu uygun şekilde arıtılarak daha çok bahçe sulamasında ya da havuz doldurmada kullanılmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Konu üzerine yapılan çalışmalar dünyada oldukça yaygın olup ülkemizde de son yıllarda çalışılmaya başlanmıştır. Dünyada konu ile ilgili birçok uygulama varken ülkemizde uygulama oldukça azdır.

Konu ile alakalı ve benzer çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir;

Manioğlu ve arkadaşları 2010 yılında yaptıkları “*Binalarda Su Korunumu*” isimli çalışmalarında nüfus artış hızı, çevre kirliliği, bilinçsiz su tüketimi gibi olumsuz etkilerden dolayı giderek azalan su kaynaklarının korunumu için özellikle su sıkıntısı yaşayan bölgelerde teknolojiler incelenmiştir. Binalardan gelen atıksuyun ve gri suyun uygun işlemlerden geçirilip arıtılarak yeniden kullanılması ele alınmıştır. Yağmur suyu toplama yöntemleri kullanılarak yağmur suyunun arıtılıp kullanılması incelenmiş, binalarda uygulama teknikleri ele alınarak Dünya ve Türkiye’de izlenen yollar ele alınmıştır.

Nazlı İpek ŞAHİN ve Gülten MANİOĞLU 2011 yılında yayınladıkları “*Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması*” isimli makalede yağmur suyunun kullanıldığı yerlere değinilmiştir. Yağmur suyunun bina içinde ve bina dışında kullanımı örneklerle açıklanmıştır. Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemleri’nde yağmur suyu değerlendirilmesinin nasıl yapıldığı incelenmiştir. Tatlı su kaynaklarının giderek hızla azalması ve kirlenmesi gibi sorunlar nedeniyle gri su arıtımı ve kullanımına ek olarak yağmur suyunun da kullanımı konusu ele alınmıştır.

G. Ekrem Üstün ve A. Tırpancı 2015 yılında yayınladıkları “*Gri Suyun Arıtımı ve Yeniden Kullanımı*” isimli makalede gri su arıtımı ve yeniden kullanılması konusu incelenmiştir. Bu doğrultuda önceden yapılmış literatür çalışmaları araştırılarak incelenmiştir. Gri su tanımlanarak gri suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakteristiği ele alınmıştır. Gri su arıtma teknolojileri ve yeniden kullanımı değerlendirilmiştir.

Gri su arıtımı ve yeniden kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar ve maliyetler ele alınmıştır.

S. Murat Hoccoğlu ve D. Orhon 2011 yılında yayınladıkları “*Ayrık evsel atık suyun membran biyoreaktörde ayrışma mekanizmaları*” isimli makalede; ayrık evsel atık suların membran biyoreaktörde ile arıtımı ele alınmıştır. Batık membran biyoreaktör kullanılarak evsel atıksuların arıtımı sağlanmıştır. Biyolojik arıtmanın kirletici üzerinde etkisi araştırılmış ve membranların verim aralığının belirlenmesi için, atık su ve aktif çamur örnekleri üstünde, KOİ için boyut dağılım analizi yapılmıştır.

Ömer KANTAROĞLU 2013 yılında yayınladığı “Yüksek Performanslı Binalarda Su Stratejileri” isimli makalede; Küresel ısınma, iklim değişikliği, çevre kirliliği vb. problemlerin giderek artması ve bunun sonucu olarak enerji ihtiyacının büyümesiyle orantılı bir şekilde artan enerji fiyatlarının artması nedeniyle sürdürülebilir enerjinin önemi ele alınmıştır. Buna ek olarak binaların tükettiği enerji kaynaklarının azımsanmayacak oranda olması yenilenebilir enerji ve az enerji harcayan bina modellemelerinin oluşmasına imkan sağlaması üzerinde durulmuştur. Çalışmada ilk olarak yüksek verim elde edilen binalarda hidrolojik döngü konusu, bunu takiben yüksek verimli binalarda su kaynağı ve atık su stratejileri konusu ve son olarak da peyzaj su verimliliği konusu ele alınmıştır.

Anıl Özdemir ve arkadaşları 2015 yılında yayınladıkları “Dünyada Sürdürülebilir Yapılarla İlgili Devlet Teşvikleri ve Uygulamalarının İncelenmesi” isimli makalelerinde; Sürdürülebilir enerji kaynakları konusu ele alınmıştır. Günümüzde giderek artan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı kapsamında birçok ülke politikası ve teşviğiyle destenlendiği gözlemlenmiştir. Bu sayede enerji üretim miktarı artarak yeşil binaların tasarımı ve inşasının gün geçtikçe daha da önem kazandığı gözlemlenmiştir. Yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji üretiminde yatırımcılar açısından kaynakların teknik olarak değerlendirilmesi, potansiyelin incelenmesi, yatırım koşulları ve oluşacak maliyetler kadar, bu kaynaklara ilişkin uygulanan politikalar ve teşvik mekanizmaları da büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma, sürdürülebilir yapıların ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini, bu

konu ile ilgili Dünya da uygulanan devlet teşviği örneklerini ve yeni teşvik önerileri sunmaktadır(A. Özdemir ve Ark.)

B. Beler Baykal ve Ayşe D. Allar 2007 yılında yayınladıkları “*ECOSAN: Ekolojik evsel atık su yönetimi*” isimli makalelerinde; Evsel atık su yönetimini benimseyen ECOSAN (Ecological Sanitation) yaklaşımı incelenmiştir.Bu yaklaşıma göre evsel atık su bir kirletici değil yeniden kullanılabilir bir kaynak olmasıdır. Evsel atık suların yerinde arıtılması önerilmekte ve kaynağında niteliklerine göre ayrılarak toplanması ve uygun işlemlerden geçirilip tekrar kullanılması konusu ele alınmıştır. Evsel atık suların özelliklerine göre tanımı yapılarak gri suyu üzerinde durulmuştur. Gri su evsel atık su içerisinde en az kirletici özelliğe sahip olduğundan dolayı gerekli arıtımlar yapılarak tekrar su döngüsüne verilmesi gibi önerilerden bahsedilmektedir.

A. Karahan 2011 yılında yaptığı “Gri Suyun Değerlendirilmesi” isimli makalesinde; gri suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak karakterizasyonundan bahsetmiştir (A. Karahan, 2011). Günümüzde gri suyun bir kirletici değil yeniden değerlendirilip kullanılması fikrinin giderek önem kazandığı görülmüştür. Evsel atık suların kaynağında ayrılıp arıtılması önerilmektedir. Uygun arıtımı yapılmış gri suyun kullanım suyu olarak değerlendirilmesinin olumlu etkileri üzerinde durulmuştur. Sonuçta enerji ve kimyasal gereksinimler, yeraltı suyunun seviyesindeki düşüş, v.b gibi olumsuz etkiler azalmış olacaktır.

Levent Gürel ve Hanife Büyükgüngör’ ün 2011 yılında yaptığı ‘Atık su arıtımında membran biyoreaktörler’ adlı çalışmada, membran proseslerin tanımı ve membran biyoreaktörlerin çalışma prensibinden bahsedilmiştir. Biyolojik arıtma teknikleri karşılaştırılıp bu tekniklerin verimliliği ve kullanım koşulları ele alınmıştır. Buna ek olarak biyokinetik verimliliğinin belirlenmesi için literatürde çeşitli çalışmalara değinilmiştir. Membran filtrelerinin kirlenmesi membran biyoreaktör sistemlerinin en önemli problemleri arasında olduğundan bu konu üzerinde incelemeler yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında membran biyoreaktör sistemleri üzerinde durulmuştur ve sistemle ilgili çalışmalardan bahsedilmiştir.

Selda MURAT Hocaođlu ve Derin Orhon' un 2011 yılında yaptığı 'Ayrık evsel atık suyun membran biyoreaktörde ayrık mekanizmaları' adlı çalışmada, ayrık evsel atık suların membran biyoreaktörde arıtılması ele alınmıştır. Çalışma, evsel atık suların batık membranlar sayesinde arıtımı gerçekleştirmiştir. Membranların verimliliği ve kirletici üzerinde etkisinin belirlenmesi amacıyla, kimyasal oksijen ihtiyacı için analiz yapılmıştır.

Züleyha Bingöl ve Aysun Altıkat' ın 2017 yılında yaptığı 'Evsel Nitelikli Atık su Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılabilirliği' adlı çalışmada, evsel atık suların yerinde arıtılarak çıkış sularının tarımsal amaç için kullanılabilirliği incelenmiştir. Biyolojik paket arıtma tesisleri incelenmiş olup ardışık kesikli reaktör tekniği seçilerek uygun arıtma sağlanmış ve projede kullanılmıştır. Seçilen arıtma tekniğiyle arıtılan evsel atık suyun tarımsal sulamaya uygunluğunun incelenmesi Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliđi ve Atık su Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliđi kapsamında ele alınmıştır.

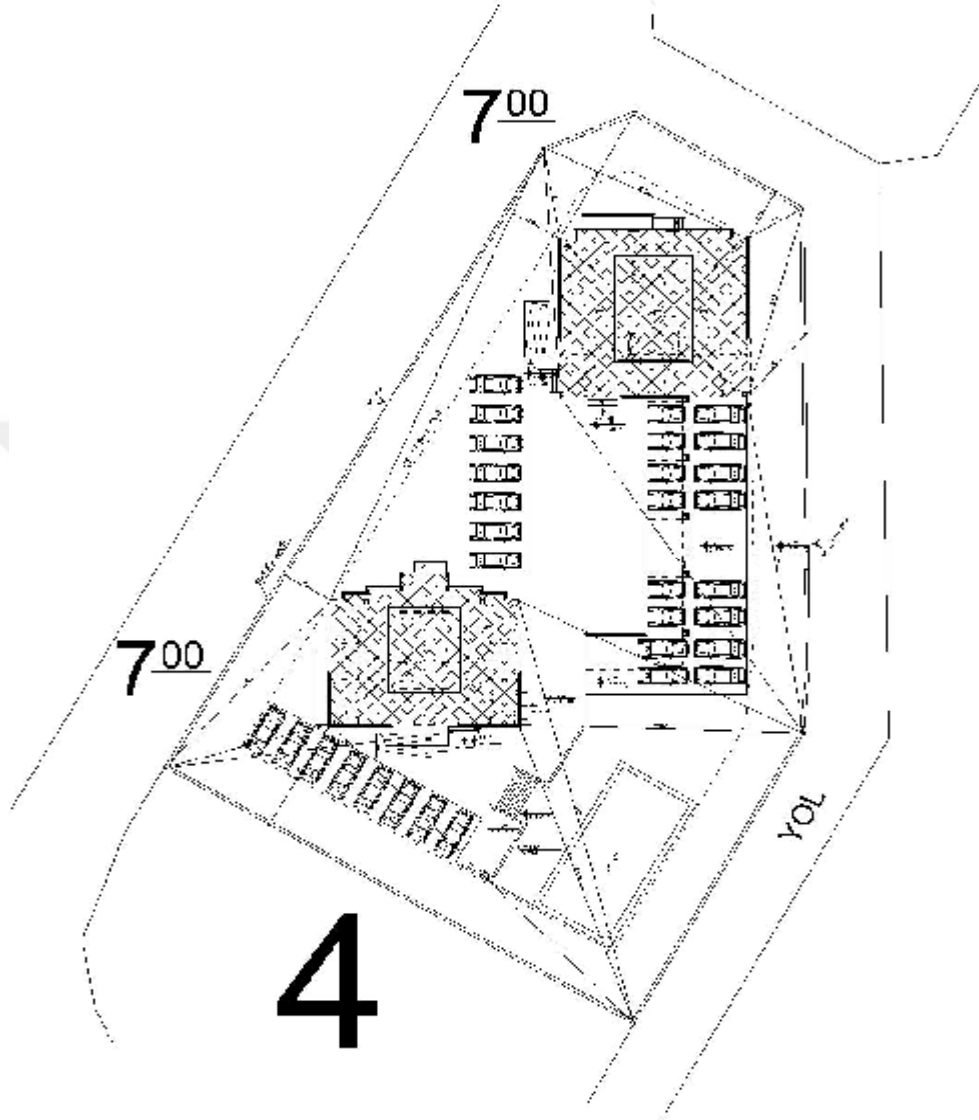
3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

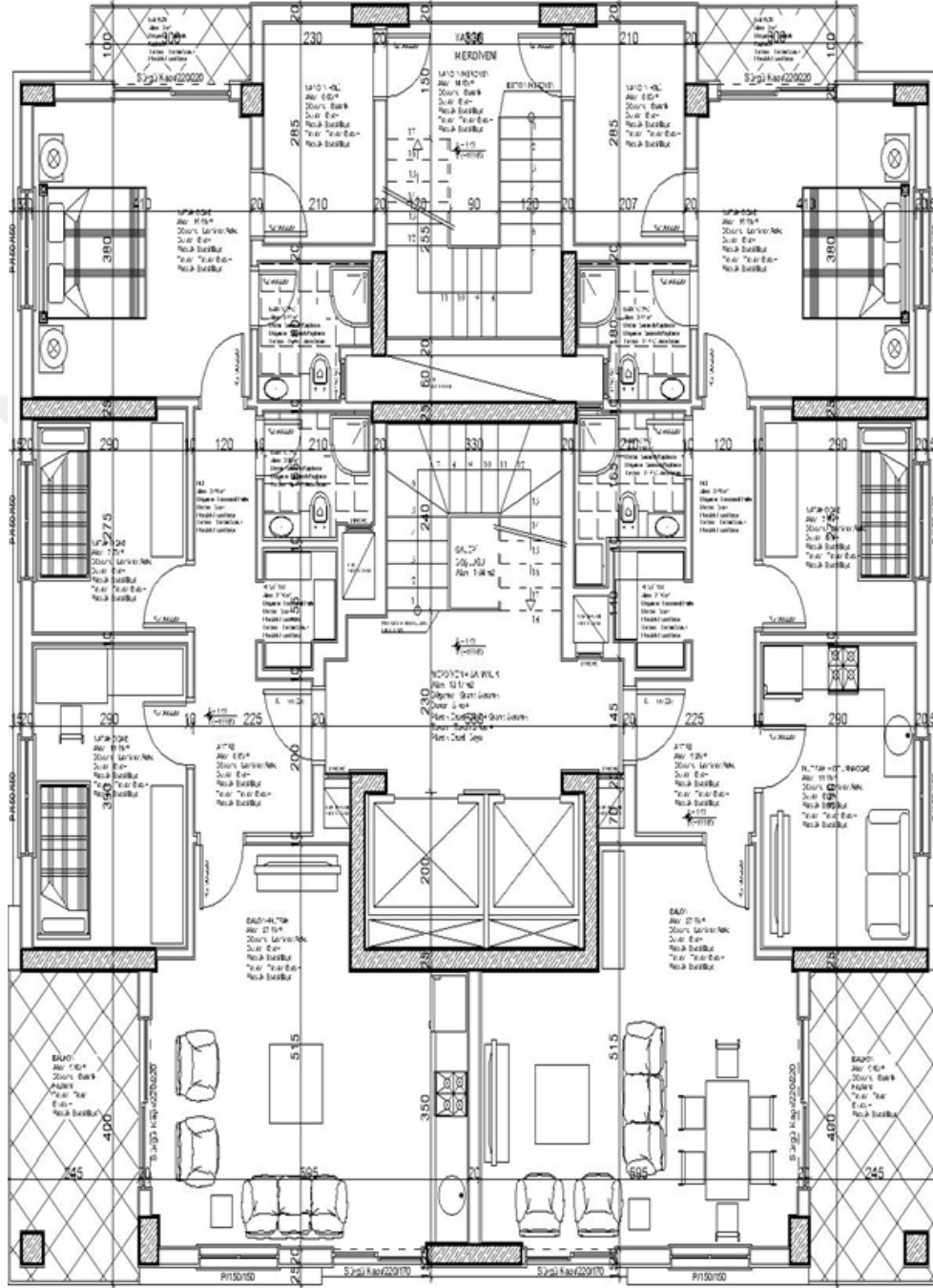
3.1.1. Yapı Özellikleri

Bu çalışma için İkon Hafriyat Konut İnşaat Taahhüt Sanayi ve Ticaret Limited Şirketinin yaptığı Ege Life Konutları seçilmiştir. Ege Life Konutları Gültepe Mahallesi 881 Sokak (825 Ada 5 Parsel B Blok) Adana Sarıçam yer almaktadır. Çalışmanın yapılacağı yapı betonarme olup 2 blok ve toplam 62 haneden oluşmaktadır. Her katta 2 daire yer almaktadır. Her bir blok zemin kat üzerine 15 kattan oluşmakta olup her hanede 4 kişinin yaşadığı ve toplamda 248 kişinin yaşadığı varsayılacaktır. Konutun yer alacağı arazi 3086 m²'dir. Konutların toplam zemin alanı 489 m²'dir. A bloğunun oturma alanı 267 m² ve B bloğunun oturma alanı 222 m²'dir. Otopark alanı 307 m²'den oluşmaktadır. Kalan 2187 m²'nin 403 m²'si oyun parkı, yürüyüş alanı ve spor sahalarından ve 1000 m²'si yeşil alandan oluşmaktadır.

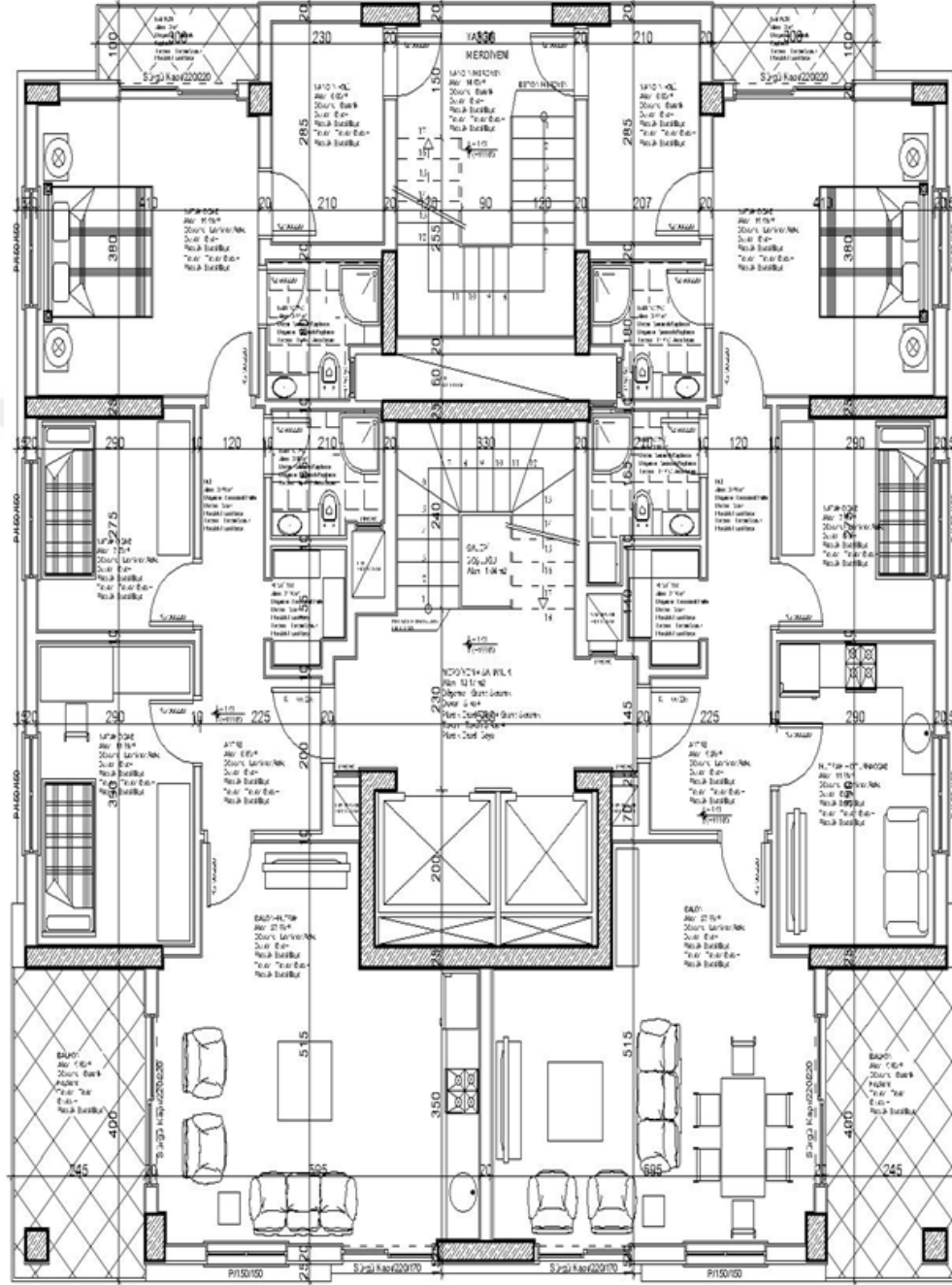
Gri suları kaynağında arıtabilmek için bina yapısında çeşitli donanımlar gerekmektedir. Bina içerisinde üç adet su şebekesi mevcuttur. Bunlardan biri kanalizasyon şebekesine bağlanacak olan siyah sular, diğeri yağmur suları toplama şebekesi, bir diğeri ise gri suları toplamak için kullanılacak şebekedir. Bina içerisinde; A blok bodrum katında iki bloktan gelen gri suların arıtılacağı bir sistem ve depolama alanı mevcut olmaktadır. Bu sistem için membran biyoreaktör seçilmiştir. Bu sistemin seçimi düşük maliyet ve en yüksek verim elde edecek şekilde planlanmıştır. Bir diğeri depolama alanı ise yağmur suyu toplama şebekesi için olmaktadır. Bu depolama alanı bina dışında olacaktır. Siyah sular direkt olarak kanalizasyon şebekesine bağlanacağından herhangi bir arıtma veya depolama alanına siyah sular için ihtiyaç duyulmamaktadır.



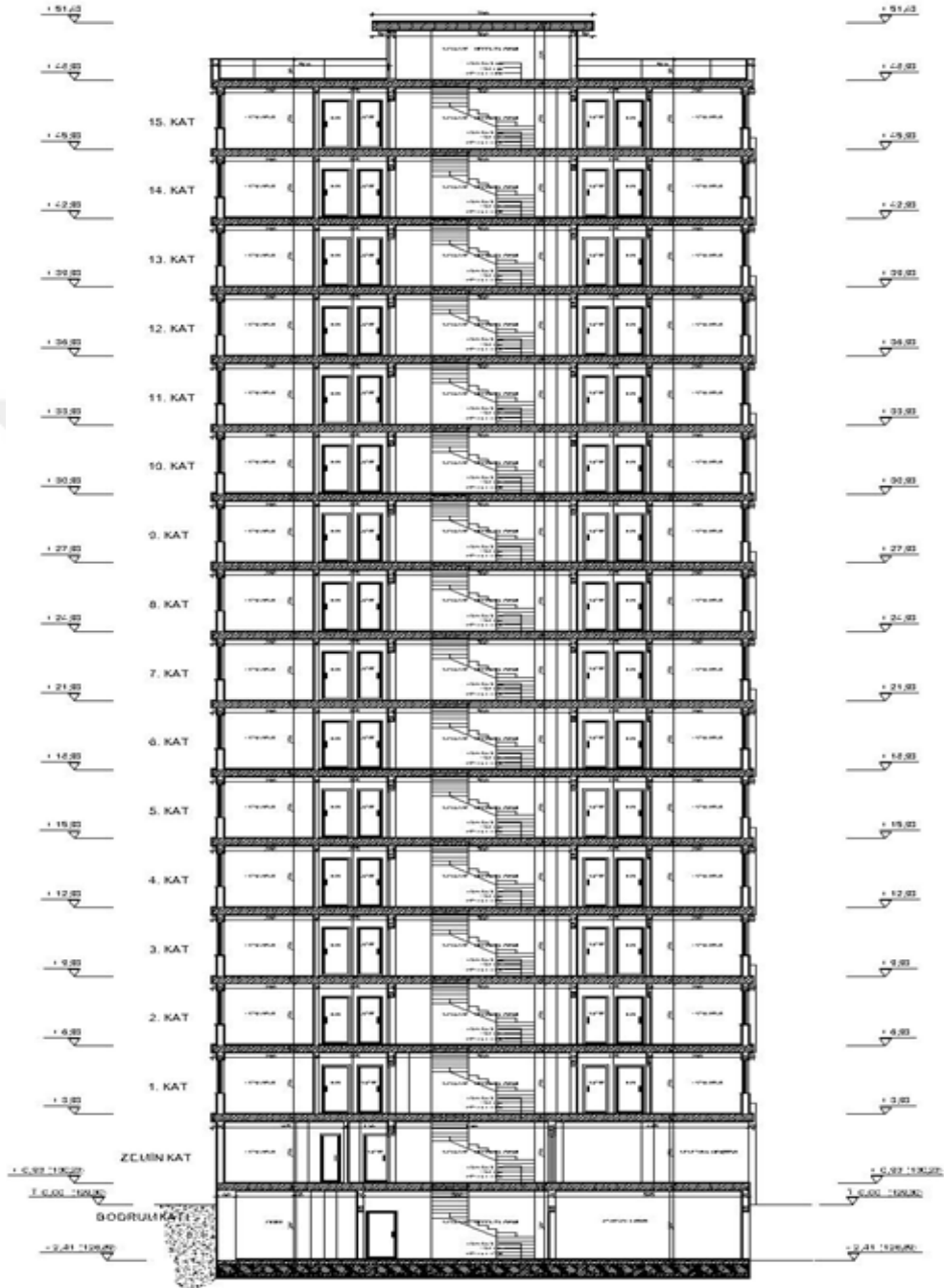
Şekil 3.1. Ege Life Konutları Vaziyet Planı



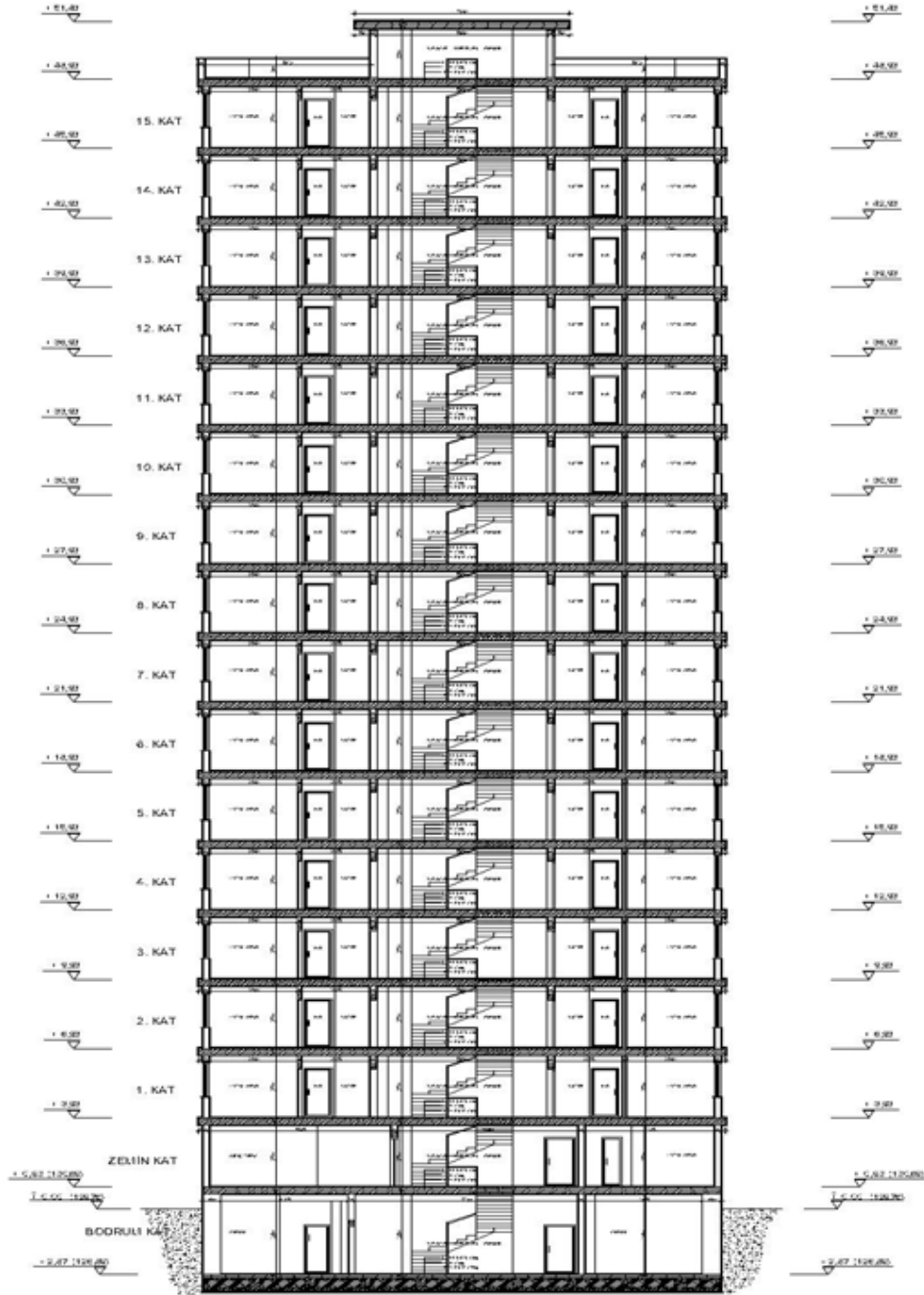
Şekil 3.2. Ege Life A Blok Oturma Planı



Şekil 3.3. Ege Life B Blok Oturma Planı



Şekil 3.4. Ege Life A Blok



Şekil 3.5. Ege Life B Blok

3.2. Metod

3.2.2. Gri Su ve Yağmur Suyu Arıtma Yönteminin Seçilmesi

Gri su evsel atık su miktarının geniş bir oranını yani %50-%80 aralığını kapsamaktadır. Ancak bu miktarın kullanıcı alışkanlıkları, sosyo-ekonomik durum, suya erişim kolaylığı, tuvalet rezervuar hacmi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişebildiği görülmüştür. Yine başka bir araştırmada ülkemizde lojman olarak kullanılan 28 dairenin atık suları üstünde gerçekleştirilen bir çalışmada kişi başı toplam su kullanımı 197 L/kişi-gün, gri su oluşumu ise 80 L/kişi-gün bulunmuştur (Hocaoglu S. M. ve Ark., 2010). Türk İstatistik Kurumu 2014 verilerine göre ise günlük su tüketimi Türkiye ortalaması 203 L/Kişi-Gün olarak verilmiştir. Adana'da ise TUİK 2012 yılı verilerine göre 228 L/Kişi-Gün su tüketimi vardır. 228 L/Gün-kişi kullanılan suyun %65'i gri su olarak kabul edilmiştir. Bu durumda 148,2 L/kişi-Gün gri su oluşumu söz konusudur.

Gri su şebekesinden gelen sular A blokta bulunan arıtma sistemine gelmektedir. Arıtma sisteminin pahalı ve işletmesi zor olmamalıdır. Ayrıca gri su karakteri çok ciddi bir arıtma prosesi gerektirmemektedir. Gri suların BOİ, KOİ, nutrient açısından zengin olmaması ve patojen içerme olasılığının düşük olması arıtma işlemi sonrasında dezenfeksiyona gerek duyulmaması anlamına gelmektedir. Bu durumlar göz önüne alındığında membran biyoreaktör arıtma işlemi seçilmiştir. Membran biyoreaktörlerde çıkış suyu kalitesinin yüksek olması ve otomasyon sistemler ile işletmesinin kolay olması ayrı bir kolaylık sağlamaktadır. Biyolojik arıtma sonrası membran filtre kullanılmıştır. Böylece katı/sıvı fazı birbirinden ayrılmaktadır. Filtrasyon işlemi için 0,2 mikron büyüklükte gözenekleri olan filtre kullanılmıştır. 0,2 mikron büyüklüğündeki ve üzerindeki bütün maddeler tutularak arıtma sağlanmaktadır.

Sistemin çalışma prensibi şu şekildedir; ilk olarak gri su ayrı bir boru tesisatı ile gri su deposuna getirilmek üzere toplanır. Depolanan gri su pompa vasıtasıyla membran biyoreaktör deposuna gönderilir. Burada çeşitli filtrasyon işlemlerinden geçen su, temiz su deposuna aktarılır ve kullanıma uygun hale gelir.

Membran biyoreaktör sisteminin tercih edildiği zamanlarda yüksek değerde arıtım verimliliği sağlanmaktadır. Ayrıca biyolojik arıtma sırasında son çökeltme havuzuna ihtiyaç duyulmadığı gibi havalandırma havuzu da standart ölçü boyutundan üçte biri kadar daha küçük yapılabilmektedir. Paket arıtma olarak kurulacak olan sistem için giriş suyu özellikleri önemlidir. Aynı zamanda gri suyun miktarı da kullanılacak paket arıtma sisteminin boyutlarında önem arz etmektedir.

Düşük yüklü gri suda sırası ile KOİ ve BOİ; 23–300 ve 23–633 mg/L aralığında değişmektedir. Giriş suyu BOİ₅ değeri 300 mg/L olan gri su ve su tüketimi 150 litre/kışı/gün' e kadar arıtımı sağlayan paket arıtmalar mevcuttur. Paket arıtmaların fiyatları ve boyutları firmadan firmaya değişmektedir. Standart bir paket arıtmada ızgara, çöktürme tankı, ön arıtma, havalandırma ve membran filtresi tanklarından oluşur. Klasik arıtmadan farklı olarak son çökeltim tankına gerek yoktur. Membran biyoreaktörde bulunan havalandırma tankı klasik arıtma sistemlerinde bulunan havalandırma tankından neredeyse üçte biri kadar daha küçüktür. klasik arıtma sistemlerinde bulunan tanktan daha küçüktür.

Ege Life Konutlarında seçilen membran biyoreaktörün elemanları sırasıyla ızgara, çöktürme tankı, ön arıtma, havalandırma tankı ve membran filtreden oluşmaktadır. Çöktürme tankı ve membran filtre olduğundan atık çamur oluşumu az da olsa söz konusudur. Çöktürme tankından çıkan çamur doğrudan atılırken, membran reaktörden çıkan çamur havalandırma tankı öncesinden olmak üzere geri besleme yapılır. En son membran reaktörden çıkan sular depolama tankında kullanılmak üzere bekletilir.

Yağmur suyu toplama ve arıtma sistemine gelecek olursak bu sistemde; çatı oluklarından gelecek olan ve taşıma borularından geçip filtre sistemine gelen yağmur suları arıtılarak depolama tankına kullanılmak üzere verilir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Şehirlerde kullanılan su tüketimi ile kırsal kesimlerde kullanılan su tüketimi bir değildir. Yine aynı şekilde, villalardaki su tüketim oranı ile apartman dairesindeki su tüketim oranları da farklılık göstermektedir. Avrupa’ da yaklaşık olarak ihtiyaç duyulan su miktarı 129 L/(kişi*gün)dür. Türkiye’de ise bu oran ortalama 203 L/(kişi*gün) olarak belirlenmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2014). Adana ili için günlük kişi başı su tüketimi aşağıdaki veriler kullanılarak hesaplanabilir.Belediye sınırları içinde içme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verilen nüfus, şebeke ile hizmet verilen nüfus yüzdesi ve belediye nüfusunun çarpılması sonucunda elde edilir. Bu toplam su miktarı 365’e ve nüfusa bölünerek kişi başına düşen su miktarı bulunmaktadır.

Çizelge 4.1. TÜİK Belediye Su İstatistikleri, 2014

Belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılan su miktarı, 2014		
Amount of water distributed by municipalities via water supply network, 2014		
İl Province	Abone sayısı Number of subscribers	Dağıtılan su miktarı (m3/yıl) Amount of water distributed (m3/year)
Türkiye Turkey	25 713 691	3 394 545 103
Adana	730 016	89 550 822

Çizelge 4.2. Belediye Su İstatistikleri, 2004-2012

AIDANA	Yıllar	İçme ve kullanma suyu şebekesi ile hizmet verilen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı (%)	Belediyeler tarafından çekilen su miktarı (Bin m ³ /yıl)	Beledilerde kişi başı çekilen günlük su miktarı (Litres/kişi-gün)	Belediler tarafından arıtılan içme ve kullanma suyu miktarı (Bin m ³ /yıl)	İçme ve kullanma suyu arıtma tesisi ile hizmet verilen belediye nüfusunun toplam belediye nüfusuna oranı (%)	Belediyeler tarafından içme ve kullanma suyu şebekesi ile dağıtılan su miktarı (m ³ /yıl)
	2004	100	177462	301	91496	45	51601426
	2006	100	180642	276	159834	80	60741017
	2008	100	182923	249	144914	83	66235680
	2010	100	165840	242	142954	84	80289051
	2012	100	159503	228	135265	82	85358157

Adana günlük su tüketimi 228 L/kişi.gün olarak Çizelgede görülmektedir. 248 kişinin yaşadığı Ege Life Konutlarında toplam günlük su miktarı 56544 L olarak hesaplanmıştır. Günlük su miktarının ortalama %65' i gri su olarak kabul edilmiştir. Günlük gri su miktarı toplamda 36753,6 L olmaktadır. Bu miktar arıtıma gelecek olan su miktarıdır. Bu miktar 36,7536 m³ demek olup m³ hesabına göre paket arıtım seçilmiştir. Paket arıtım firmaları farklı metreküplerde ve farklı fiyatlarda üretim yapmaktadır. Ege Life Konutlarında kullanılacak olan arıtma sisteminin kapasitesi günlük 50 m³' dür. Fazla tüketim ve membranın erken tıkanmasını engellemek için 50 m³' lük paket arıtma seçilmiştir. Arıtılan gri suyun 1000 m²'lik yeşil alanda kullanılması durumunda gidecek olan gri su miktarı mevsime göre değişiklik göstermektedir. Ancak ortalama bir değer olarak 1 m² çim alan için 10 L suya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda 1000 m² çim alan için ihtiyaç duyulan su ihtiyacı 10000 L (10 m³) olmaktadır. Arıtılan 36,7536 m³'lük gri sudan yeşil alan için gerekli olan su miktarı kullanılıp geriye kalan suyun genel apartman temizliği, araç yıkama veya yüksüz kullanım suyu olarak şebekeye gönderilmesi hedeflenebilir. Bu çalışmada koku problemi olmaması için günlük

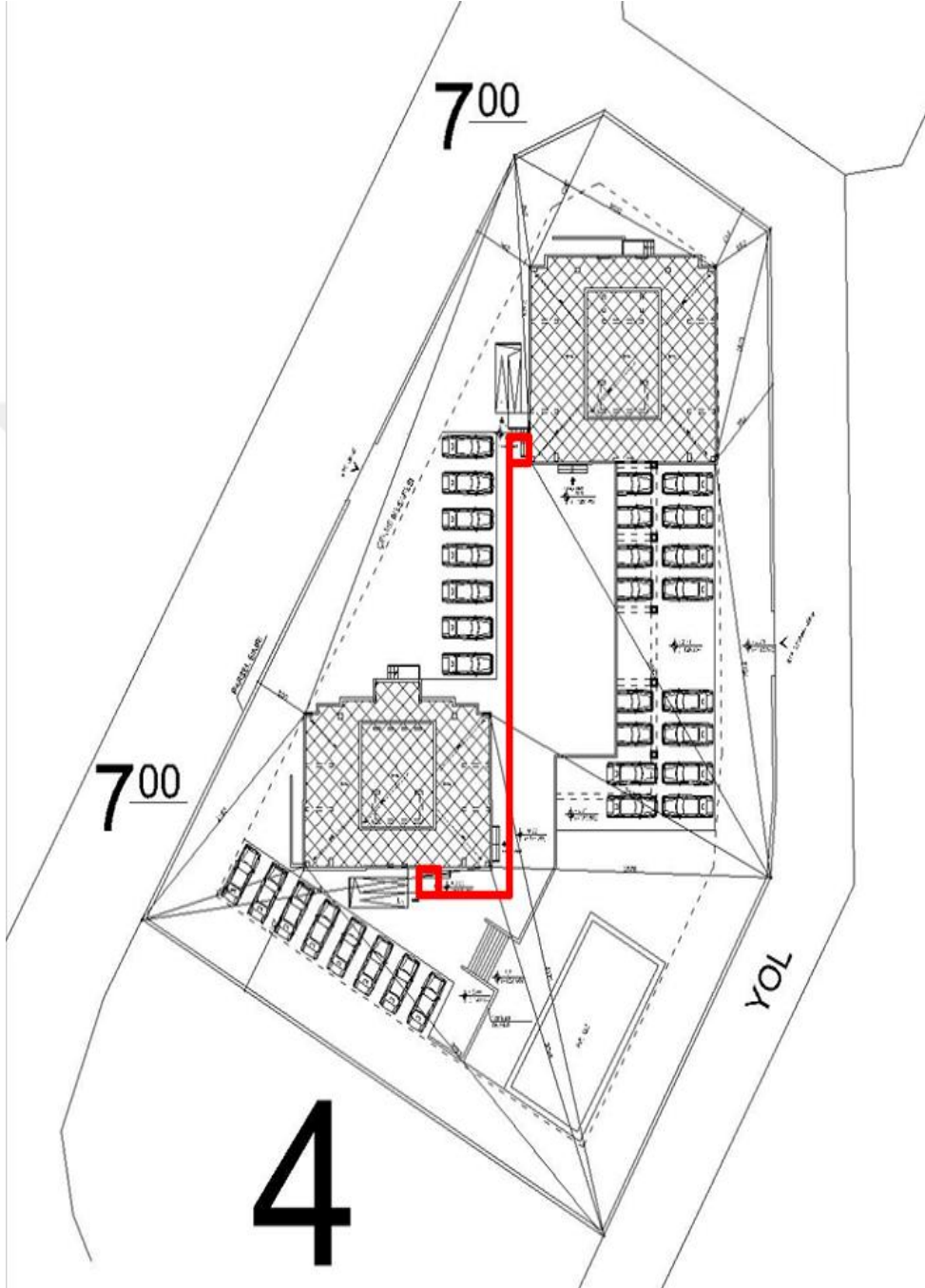
arıtım hedeflenmiştir. Arıtılan gri su temiz su deposuna gelip ihtiyaç kadar kullanılarak geriye kalan temiz kullanım suyu şebekeye verilebilmektedir. Bu doğrultuda arıtma tesisine giden kirli su yükü de hafiflemiş olmaktadır.

Adana ili 1981-2010 Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre yıllık ortalama yağış miktarı 688,2 mm'dir. Türkiye geneli ortalama yıllık yağış miktarı ise 574 mm'dir. Diğer bir deyişle Adana iline m²'ye 688,2 L yağış düşmektedir. Bu verilere göre Adana ilimiz yağmur suyu toplamaya elverişlidir. Seçilem yağmur suyu arıtma sistemi filtreleme sistemidir. Bu filtreleme sistemi genellikle çakıl ve ince kumdan yapılmıştır. Bu sistemin boyut ve fiyatları firmalara göre değişmektedir. Ancak maliyet açısından genel olarak düşük maliyetli bir sistemdir. Yağmur suyu oluklardan arıtma sistemine cazibe ile gelmektedir. Bu durum da düşünülecek olursa maliyet açısından ek bir yatırımın gerekmediği ortadadır. Toplanıp arıtılan yağmur suyu yangın söndürme, araç yıkama veya havuz doldurmada kullanılabilir. Yer altı suyu beslemesi için de uygun olmaktadır. A blok oturma alanına düşen ve oluklardan toplanacak olan yağmur suyu toplama miktarı ile düşen ortalama yıllık yağış miktarı, alanın metrekaresi ile oluktan seken su, farklı oluk sistemleri yağış düzensizlikleri, depo doluluğu gibi nedenlerden dolayı oluşacak kaçakları hesaplara katmak üzere 0,75 olan emniyet katsayısıyla çarpılarak bulunur. Yani $688,2 \text{ L} * 267 \text{ m}^2 = 183749,4 \text{ litre}$ 183,749 ton/yıl yağmur suyu toplanabilir. Bu veriyi emniyet katsayısıyla da çarparsak 137,812 ton/yıl yağmur suyu toplanarak depolanabilir.

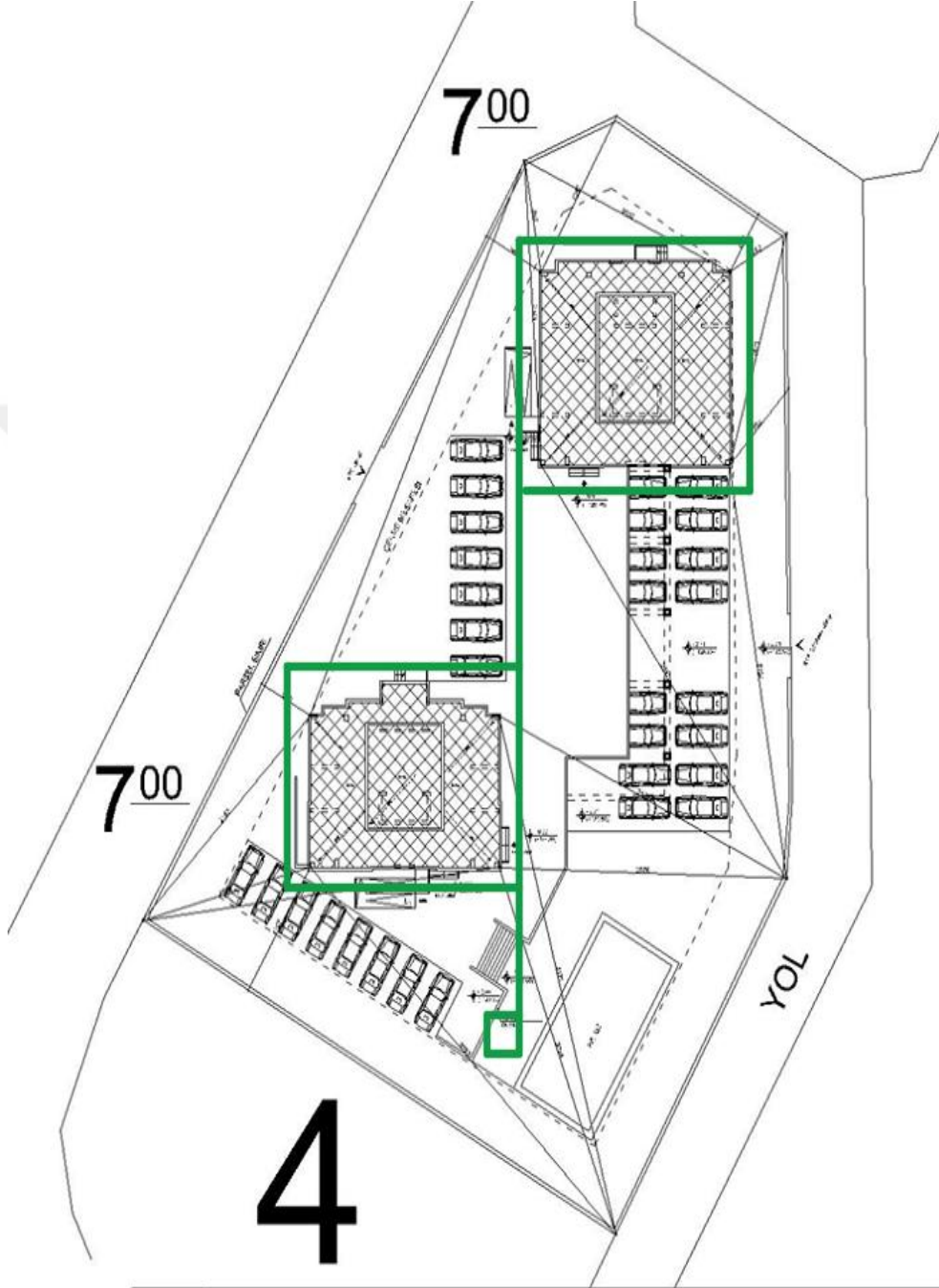


5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Su, canlılar için en temel ihtiyaçların başında gelir. Dünyamızda kullanılabilir su kaynakları giderek azalmaktadır. Bu durumun başlıca nedenleri; hızlı nüfus artışı, endüstriyel gelişim ve kirliliği, yanlış tarımsal faaliyetler, su kaynaklarının bilinçsizce kullanılması ve kirlenmesi, iklim değişikliği olarak sıralanabilir. Bu şartlarda çoğu ülke su fakiri haline gelmiştir. Türkiye su fakiri ülkelere göre daha iyi durumdadır fakat kişi başına düşen su miktarı ile dünya ülkelerinden daha geride kalmaktadır. Hızlı nüfus artışı ve kentleşme ile binalarda su tüketiminin artması olağan bir sonuç doğurmuştur. Nüfus ihtiyacını karşılamak ve doğayı korumak adına su korunumu yaklaşımıyla evsel atık suların bir kirletici olmadığı konusu su tasarrufunda büyük önem taşıdığı yapılan araştırmalarda görülmüştür. Binalarda kullanılan evsel atık suyun yerinde ayrıştırılıp gri suyun arıtılmasıyla su kirliliğinin önlenmesinin yanı sıra enerji verimliliğine de katkı sağlamıştır. Aynı zamanda gri suyun yerinde arıtılıp tekrar kullanımı ile tasarruf sağlanmış olup gelecek için yatırım yapılmış olmaktadır. Arıtılan gri su bahçe sulama, araç yıkama, genel apartman ve bahçe temizliği amaçlarına hizmet etmesi sağlanmıştır. Maliyetin de çok yüksek olmamasıyla birlikte verimli bir kullanım suyu elde edilmiştir. Aynı şekilde yağmur suyu arıtımı ile de çevreye olan pozitif etki azımsanmayacak ölçüdedir. Yağmur suyu arıtımı ile havuz doldurma işlemi yapılması sağlanmıştır. Böylece projede yer alan site için gereksiz miktarda içme suyunun kullanılması engellenmiş olmaktadır. Bu iki arıtma sisteminin yatırım maliyetleri yüksek olmamakla birlikte şehir şebekelerindeki yük de azaltılmış olmaktadır. Gelecekte su kaygısı çekmemek için binalarda su korunumu ile ilgili daha çok teşvik ve bilinçlenme gerekmektedir. Dünya’da giderek artan yeşil bina uygulaması ve su korunumu ülkemizde de yaygınlaşmalı ve desteklenmelidir.



Şekil 4.1. Ege Life Konutları Gri Su Şebeke Planı



Şekil 4.2. Ege Life Konutları Yağmur Suyu Şebeke Planı



KAYNAKLAR

- ALPASLAN, N.,TANIK, A., DÖLGEN, D., “Türkiye’de Su Yönetimi Sorunlar ve Öneriler”, TÜSİAD Yayın No: T/2008-09/469, 2008.
- Arlosoroff, S., 1999. Water Demand Management, Proceedings of the International Symposium on Efficient Water Use in Urban Areas-Innovative Ways of Finding Water for Cities, 8-10 June 1999, WHO Kobe Centre Conference Room.
- Baykal B.B. ve Allar A.D., 2007, ECOSAN:ekolojik evsel atık su yönetimi, itü dergisi 17(3):3-12
- Boyjoo, Y., Pareek, V. K., Ang, M. (2013). A Review Of Greywater Characteristics And Treatment Processes. Water Science & Technology, 67: 1403-1422.
- Çamurcu H., 2005. Dünya nNüfus Artışı ve Getirdiği Sorunlar, Balıkesir üniversitesi sosyal bilimler dergisi 8(13) :88-105
- DIN 19650.
- Karahan, A. (2011). Gri Suyun Değerlendirilmesi. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1155-1164. . Karahan, A. (2011). Gri Suyun Değerlendirilmesi. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 1155-1164.
- Morel, A., Diener, S. (2006). Grey water Management in Low and Middle-Income Countries. Eawag Aquatic Research. Switzerland.
- Postel, S., 2000. Son Vaha: Su Sıkıntısıyla Karşı Karşıya, TÜBİTAK-TEMA Vakfı Yayınları, Ankara. Shiklomanov, I.,A., 2000. Appraisal and Assessment of World Water Resources, Water International, 25, 11-32.
- Şahin N. İ., 2010. Binalarda su korunumu, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (yüksek lisans tezi)
- Şahin N.İ. ve Manioğlu G., 2011. Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması Tesisat Mühendisliği Dergisi (125):32-21
- TUIK, 2014.

- Üstün G.E., ve Tırpancı A., 2015. Gri Suyun Arıtımı Ve Yeniden Kullanımı, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi 20(2):119-139
- Yılmaz Z., 2006. Akıllı Binalar Ve Yenilenebilir Enerji, tesisat mühendisliği dergisi 2(91):7-15
- Yiğit, N.Ö. (2007). Membran biyoreaktörü (MRB) ile evsel atık su arıtımı (doktora tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yüceer N., 2014, yapıda çevre ve enerji, Nobel kitabevi, Adana, 491s.
<http://www.rielli.com/litree/mbr.asp> alındığı tarih, 03.04.2012.
- <https://www.cevreportal.com/membran-biyoreaktor-mbr-atiksu-aritma-sistemi/> > alındığı tarih, 01.09.2017.
- http://www.actpla.act.gov.au/_data/assets/pdf_file/0003/3378/Rainwater_tank_Sept_2008_updated_regulations_Oct_2009.pdf, alındığı tarih 02.03.2010.

ÖZGEÇMİŞ

28 Nisan 1991 tarihi Gaziantep ili Şahinbey ilçesi doğumluyum. İlk, orta ve liseyi Gaziantep ilinde tamamladıktan sonra, 2010 yılı Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümüne kaydoldum. 2014 yılında mezun olduğum Çevre Mühendisliği Bölümünde 2015 yılında Yüksek Lisansa başladım.

