



T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



SU KAYNAKLARINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM



YÖNETİCİ ÖZETİ



ANKARA/ŞUBAT 2023



T.C.
TARIM VE ORMAN BAKANLIĞI
SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



SU KAYNAKLARINDA İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE UYUM



YÖNETİCİ ÖZETİ



ANKARA/ŞUBAT 2023

Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından Yüklenici AKAR-SU Mühendislik Müş. Ltd. Şti & io Çevre Çözümleri Ar-Ge Ltd. Şti. Ortaklığı'na hazırlattırılmıştır.

Her hakkı saklıdır.

Bu doküman ve içeriği Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün izni alınmadan kullanılamaz ve çoğaltılamaz.

SU YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

GENEL MÜDÜR

AFİRE SEVER

GENEL MÜDÜR

YARDIMCISI

MARUF ARAS

DAİRE BAŞKANI

Satuk Buęra FINDIK

Ayşe YILDIRIM COŞGUN	Çalışma Grubu Sorumlusu
Hülya SİLKİN	Uzman
Tansel TEMUR	Uzman
Furkan Yunus Emre CEVAHİR	Mühendis
Şükrü UZUN	Mühendis

PROJE GRUBU

AKAR-SU MÜHENDİSLİK MÜŞ. LTD. ŞTİ & İO ÇEVRE ÇÖZÜMLERİ AR-GE LTD. ŞTİ. ORTAKLIĞI

Özcan Çırak	İnşaat Mühendisi/Proje Müdürü
B. Selcan Batuk	Çevre Yüksek Mühendisi/Proje Yöneticisi
Ayşegül Tanık	Prof. Dr. Kimya Mühendisi Çevre Yüksek Mühendisi
Asude Hanedar	Prof. Dr. Çevre Mühendisi
Şeyla Ergenekon	Dr. Ekonomist
Gökhan Uzungenç	İnşaat Mühendisi
Nurullah Özbey	Meteoroloji Mühendisi
Elif Ayyüce Kılınç	Çevre Mühendisi
Ferat Çaęlar	Meteoroloji Mühendisi
Kadir Bahadır	Çevre Mühendisi
Cansu Keklikkiran Ege	Çevre-İnşaat Müh.
Büşra Yıldırım	Çevre Mühendisi
Çaęla Aksel	Çevre Mühendisi
Oęulcan Doğan	İnşaat Yüksek Mühendisi
Ali Şahin	Jeoloji Mühendisi

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
TABLO LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
1 GİRİŞ.....	1
2 BÜYÜKŞEHİRLERİN İKLİM PROJEKSİYONLARI	3
3 YAĞMUR SUYU HASADI.....	9
3.1 Yağmur Suyu Hasadı Literatür Bilgileri	9
3.2 Ulusal Mevzuat	9
3.3 Yağmur Suyu Hasadı Analizleri	11
3.3.1 Fayda-Maliyet Analizi.....	13
3.3.2 Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi.....	54
4 GRİ SUYUN KULLANIMI	61
4.1 Gri Suyun Kullanımı Literatür Bilgileri	61
4.2 Ulusal ve Yerel Mevzuat ile Standartlar	61
4.3 Gri Suyun Kullanımı Analizleri	63
4.3.1 Fayda-Maliyet Analizi.....	65
4.3.2 Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi.....	93
5 YAĞMUR SUYU HASADI VE GRİ SUYUN KULLANIMININ YAYGINLAŞTIRILMASI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR VE TEŞVİKLER.....	97
5.1 Ulusal Sistemin Geliştirilmesi.....	97
5.2 Yağmur Suyu Hasadı ve Gri Suyun Yaygınlaştırılmasına Yönelik Teşvik Önerileri.....	101
5.2.1 Yağmur Suyu Hasadının Yaygınlaştırılmasına Yönelik Teşvik Önerileri ..	101
5.2.2 Gri Suyun Kullanılmasının Yaygınlaştırılmasına Yönelik Teşvik Önerileri	102
5.3 Belediye, Halk ve Sektörlerle Yapılan Anket Analizi	103



6	SU FİYATLANDIRMASI	108
6.1	Mevcut Veriler.....	108
6.2	Maliyet Karşılanma Durumu	108
6.2.1	Finansal Maliyetin Hesaplanması	108
6.2.2	Çevresel Maliyetin Hesaplanması.....	111
6.2.3	Kaynak Maliyetinin Hesaplanması	113
6.2.4	Su Açığı Maliyetinin Hesaplanması.....	114
6.3	Su Fiyatlandırması Senaryoları	117
	Unsurlar	119
6.4	Tedbirler ve Çözüm Önerileri	125
6.4.1	Mevzuat Önerileri	125
6.4.2	Ödenebilirlik Kriteri ve Kademeli Su Tarifesi	126
6.4.3	Kurak Dönem Fiyatlandırması	131
6.4.4	Mevsimsel Tahakkuk Farklılıkları Durumunda Fiyatlandırma.....	132
6.4.5	Farklı Abone Gruplarına Ayrı Tarifeler Uygulanması.....	132
7	PİLOT PROJELENDİRME	133
7.1	Yağmur Suyu Hasadı.....	133
7.1.1	Fayda-Maliyet Analizi.....	135
7.1.2	Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi.....	137
7.1.3	İşletme ve Bakım.....	138
7.2	Gri Suyun Kullanımı.....	139
7.2.1	Fayda-Maliyet Analizi.....	140
7.2.2	Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi.....	144
7.2.3	İşletme ve Bakım.....	145
7.3	İzin Prosedürü.....	145
7.4	Pilot Projelendirme Çalışmaları Değerlendirme ve Sonuç.....	147



8	DEĞERLENDİRME	149
	KAYNAKÇA	153



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Büyükşehirlerde 30’ar Yıllık Dönemlerde Toplam Yağış Anomali Değerleri, (SYGM, 2016).....	4
Tablo 2.2 Büyükşehirlerde 30’ar Yıllık Dönemlerde Ortalama Sıcaklık Anomali Değerleri, (SYGM, 2016).....	5
Tablo 2.3 Büyükşehirlerde Toplam Yağış Anomali Değerleri (SYGM, 2016)	7
Tablo 2.4 Büyükşehirlerde Ortalama Sıcaklık Anomali Değerleri (SYGM, 2016)	7
Tablo 3.1 Yağmur Suyu Hasadında Seçilen Mikro Alanlar	12
Tablo 3.2 Kullanımda Olan Otellerde Çatıdan Hasat Edilen Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları	18
Tablo 3.3 Kullanımda Olan Otellerde Çatıdan Hasat Edilen Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları	19
Tablo 3.4 Kullanımda Olan Otellerin İnşaata Başlamadan Önce YSH Sistemi Planlanması Durumunda Fayda Maliyet Analizi Sonuçları	20
Tablo 3.5 Kapalı Spor Salonlarında Hasat Edilen Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları.....	23
Tablo 3.6 Kapalı Spor Salonlarında Hasat Edilen Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları.....	24
Tablo 3.7 Yerleşik Binalarda Hasat Edilen Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları.....	26
Tablo 3.8 Yerleşik Binalarda Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları.....	27
Tablo 3.9 Yerleşik Binalarda Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 3 Sonuçları.....	28
Tablo 3.10 İnşaatı Başlamamış Toplu Konut Alanlarında Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları.....	31
Tablo 3.11 İnşaatı Başlamamış Olan Toplu Konut Alanlarında Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları.....	32
Tablo 3.12 Sanayi Bölgesinde Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları.....	35
Tablo 3.13 Sanayi Bölgesinde Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları.....	36
Tablo 3.14 Kamu Binalarında Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları.....	38
Tablo 3.15 Kamu Binalarında Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları.....	39
Tablo 3.16 Rekreasyon Alanlarında Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Sonuçları	43
Tablo 4.1 Gri Su Kullanımında Mikro Alanlar	64



Tablo 4.2 Kullanımda Olan Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları.....	67
Tablo 4.3 Kullanımda Olan Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları.....	68
Tablo 4.4 Kullanımda Olan Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1-Senaryo 3 Sonuçları	69
Tablo 4.5 İnşaatı Başlamamış Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları.....	71
Tablo 4.6 İnşaatı Başlamamış Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları.....	72
Tablo 4.7 İnşaatı Başlamamış Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1-Senaryo 3 Sonuçları	73
Tablo 4.8 Fayda Maliyet Analizi Çalışılan Otellerin Mevcut ve İnşaatı Başlamamış Halleri İçin Senaryo 1 Karşılaştırması	75
Tablo 4.9 Yerleşik Binalarda Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçlar	77
Tablo 4.10 Yerleşik Binalarda Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları.....	78
Tablo 4.11 İnşaatına Başlanmamış Olan Binalarda Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları.....	80
Tablo 4.12 İnşaatına Başlanmamış Olan Binalarda Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları.....	81
Tablo 4.13 Kamu Binalarında Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Sonuçları Senaryo 1	83
Tablo 4.14 Kamu Binalarında Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Sonuçlar Senaryo 2	84
Tablo 4.15 Kamu Binalarında Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Sonuçlar Senaryo 3	85
Tablo 4.16 İzmir İli Kamu Binası Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Sonuçları	86
Tablo 4.17 Suyun Birim Fiyatı: Toplanan Gri Su Miktarı, İlk Yatırım ve İşletme Maliyeti Aynı, Su Birim Fiyatı Farklı.....	92
Tablo 5.1 Yes-TR Bina Sertifikasyonu	97
Tablo 5.2 Sürdürülebilir Arazi Kullanımı, Ekoloji ve Afet Yönetimi Kriterleri.....	98
Tablo 5.3 Ake 05 Çevre Yönetimi Ana Teması Krediler Tablosu.....	98
Tablo 5.4 Ankete Katılan İller ve Katılım Sağlayan Kişi Sayısı.....	103
Tablo 5.5 Örneklemcilerin Yaş Aralıkları.....	104
Tablo 6.1 Büyükşehirlerde Mevcut Durum Kıyaslaması (2020)	110
Tablo 6.2 Büyükşehirlerde Birim Çevresel Maliyetler (2020).....	112
Tablo 6.3 Senaryolar Kapsamında İllerde Orta ve Uzun Vadede Su Açığı Birim Fiyatı.....	115
Tablo 6.4 Mevcut Durum ve Gelecek Dönem Senaryoları	119
Tablo 6.5 2050 Dönemi için Senaryo 1 ve Senaryo 2	121
Tablo 6.6 2030-2050 Dönemi için Senaryo 1 ve Senaryo 2.....	123



Tablo 6.7 Kademeli Tarife Uygulamayan Büyükşehir Belediyelerinde Önerilen Tarifeler ..	128
Tablo 6.8 Kademeli Tarife Uygulayan Büyükşehir Belediyeleri	129
Tablo 7.1 YSH’de Pilot Proje Hazırlanması için Seçilen Mikro Alanlar.....	133
Tablo 7.2 GS’da Pilot Proje Hazırlanması için Seçilen Mikro Alanlar.....	139
Tablo 7.3 Pilot Projelendirme Alanlarında Çalışma Sonuçları	147



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 Şehirlere Göre Su Birim Fiyatı Geri Ödeme Süresi Karşılaştırması (a. İnşaatına başlanmamış bina, b. Kamu binası, c. Mevcut otel).....	49
Şekil 3.2 Çatı Alanı Değişimine Göre Su Birim Fiyatı Geri Ödeme Süresi Karşılaştırması (a. İnşaatına başlanmamış bina, b. Kamu binası, c. Mevcut otel)	51
Şekil 3.3 Farklı Çatı Alanlarıyla Yağmur Suyu Hasadı Birim Maliyeti	52
Şekil 4.1 Projelendirilen 10 Katlı Binada Gri Su Kullanımı Fayda-Maliyet Dengesi	90
Şekil 4.2 İlk Yatırım ve İşletme Maliyeti: Su Birim Fiyatı ve Toplanan Gri Su Miktarı Aynı, İlk Yatırım ve İşletme Maliyeti Farklı.....	91
Şekil 5.1 Örneklemcilerin Hasat Edilen Yağmur Suyunu Kullanım Amacı	105
Şekil 5.2 Örneklemcilerin Gri Suyu Kullanım Amacı	106
Şekil 7.1 Galvaniz Modüler Su Deposu (URL-5, 2022)	134
Şekil 7.2 Örnek bir Vorteks Filtre (URL-6, 2022)	134
Şekil 7.3 YSH ve GS Sistemi Yapı Ruhsatı İş Akım Şeması	146



1 GİRİŞ

İklim Değişikliği, iklimde doğal değişikliklere ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak insan faaliyetleri sonucunda oluşan değişiklikler olarak tanımlanmaktadır (UNFCCC, 1992). İklim değişikliğinin doğrudan etkilerinin bazıları; kuraklık, sel, şiddetli kasırgalar gibi aşırı hava olaylarının sıklığı ve etkisinde artış, okyanus ve deniz suyu seviyelerinde yükselme, okyanusların asit oranlarında artış, buzulların erimesi olarak sıralanabilir. İklim değişikliği küresel ölçekten kent ölçeğine kadar tüm sistemleri doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Öncelikli olarak sıcaklıklardaki artış ve küresel ısınma olarak düşünülse de, iklim değişikliği kaynaklı etkilerin en önemlileri yağış rejiminin değişmesi nedeniyle gerçekleşecek etkilerdir.

Artan kentsel gelişim ve ekonomik büyüme, su ihtiyacını ve teminini etkileyen ana faktörler arasında olan iklim değişikliği ve etkilerinin her geçen gün daha fazla hissediliyor olmasına ciddi ölçüde katkı sağlamaktadır. Çalışmalar göstermektedir ki iklim normallerinin değişiyor olması Türkiye’de havza bazında su verimlerini ve su ihtiyacını önemli derecede etkilemektedir. Ülkemizde su kaynakları ilerleyen süreçte iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine maruz kalacak olup; su kullanan, suya bağlı olan pek çok sektör de doğrudan ve dolaylı olarak iklim değişikliğinden etkilenecektir.

Su kıtlığı çeken ülkeler, coğrafi konumları veya iklim şartlarından dolayı yıllardır yeterli miktarda temiz ve sağlıklı suya erişimde zorluklar yaşamaktadır. Kayıtlara göre dünya genelinde 785 milyon insan yeterli suya erişimden yoksundur ve 2 milyarı aşkın insan sağlık açısından uygun olan suya erişememektedir; hatta bu sayının 2050 yılına kadar önemli ölçüde artması beklenmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü tarafından 2020 yılında yayınlanan Gıda ve Tarım Raporu’na göre, dünya genelinde ortalama olarak kişi başına düşen su miktarı son 20 yılda %20 oranında azalmıştır (BM Gıda ve Tarım Örgütü, 2020). Üretimin ve tüketimin bu denli hızlı arttığı dünyamızdaki su kaynaklarının sınırlı oluşuna karşın nüfusun sürekli olarak artması, su kaynaklarının korunmasının önemini daha da vurgulamaktadır. Bu bağlamda iklim değişikliğinin sonuçlarından etkilenen mevcut erişilebilir su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesinin yanı sıra, alternatif su kaynakları da değerlendirilmelidir. Günümüzde, hızla gelişen teknoloji ile alternatif su kaynaklarının ortaya çıkarılması ve değerlendirilmesi adına çalışmalar yapılmaktadır. Öte yandan mevcut su kaynaklarının daha verimli, etkin ve bilinçli bir şekilde kullanılması için farkındalık artırılması da önemlidir.

Sanayide yenilikçi teknolojilere yer verilmesi ile su tüketiminin azaltılması, evsel nitelikli atıksuların arıtılarak yeniden kullanılması, su sıkıntısının yoğun olarak yaşandığı bölgelerde deniz suyundan tatlı su elde edilerek kullanılması ve bina içi/dışı yağmur suyu hasadı gibi su kaynaklarına yönelik alternatif teknolojiler tüm dünyada giderek yaygınlaşmaktadır (Öztürk, Tanık ve Cüceloğlu, 2016). Özellikle su kullanımının yüksek olduğu kentlerde artan nüfusun su talebinin karşılanması açısından bu örnekler çok önemli bir yer tutar.



Ülkemizde “yağmur suyu hasadı”, “gri su kullanımı” ve “su fiyatlandırması” faaliyetleri, uygulama alanı henüz kısıtlı ve az sayıda olan fakat uygulanması sürdürülebilir şehirler anlayışında iklim değişikliğinin etkilerinin en aza indirilmesinde bir gereklilik haline gelmiş olan 3 uyum faaliyetidir.

Su Kaynaklarında İklim Değişikliğine Uyum Projesi'nin amacı, su yönetiminde iklim değişikliğine uyum faaliyetleri kapsamında olan yağmur suyu hasadı, gri suyun kullanımı ve su fiyatlandırılmasının detaylı analizleri ile 10 adet pilot projelendirme çalışmasının yapılması ve sonuçların tüm büyükşehirler ile paylaşılmasıdır.

Proje kapsamında 30 büyükşehir iklim özellikleri, coğrafi bölgeleri ve birbirine yakınlık durumları değerlendirilerek 5 gruba ayrılmıştır. Buna göre oluşturulan 5 gruptan belirlenen mikro alanlarda yağmur suyu hasadı ile gri suyun kullanımıyla ilgili olarak fayda-maliyet analizi ile teknik yapılabilirlik ve sürdürülebilirlik analizlerinin yapılacağı 6 pilot il belirlenmiştir. Pilot iller İstanbul, İzmir, Adana, Mardin, Konya ve Ordu'dur. Seçilen pilot illerde yağmur suyu hasadı için toplam 42 mikro alanda yağmur suyu hasadına yönelik hesaplamalar ve değerlendirmeler; gri su kullanımı için toplam 30 mikro alanda gri suyun kullanımına yönelik fayda ve maliyet hesaplamaları ve değerlendirmeleri yapılmıştır. Bunun yanı sıra pilot illerde 5'i yağmur suyu hasadı, 5'i gri suyun kullanımı olmak üzere toplamda 10 adet pilot projelendirme çalışmaları yapılmıştır.

30 büyükşehir belediyesi için zaman dilimleri ve abone sınıfları bazında su tüketim verileri incelenmiş, içme suyu üretimi, arıtımı ve atıksu arıtma maliyetleri vb. unsurlar dikkate alınarak finansal maliyet, gelirler dikkate alınarak finansal maliyeti karşılayan tarife ve uygulanan ortalama tarife analizi yapılmıştır. Bunun yanı sıra su kullanımlarının çevreye, ekosisteme ve kullanıcılara verdiği zararın maliyeti olarak atıksu deşarjları ile ilgili tedbirlerin maliyeti de çevresel maliyetler olarak hesaplanmıştır. Ayrıca büyükşehir belediyelerinde su kayıplarını önleme maliyeti ve iklim değişikliği etkileri de dikkate alınarak oluşan su açığı için de maliyet hesaplanmıştır. Su tüketim miktarını düşürebilmek için iklim değişikliği etkileri de dikkate alınarak mevcut durum ve su kayıplarının kademeli olarak azaltılması ile ilgili su fiyatlandırması senaryoları çalışılmış ve yasal olarak alınabilecek tedbir ve çözüm önerileri belirtilmiştir.



2 BÜYÜKŞEHİRLERİN İKLİM PROJEKSİYONLARI

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 2016 yılında tamamlanan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi” Projesi (SYGM, 2016) kapsamında 1971-2000 referans periyodu için CMIP5 veri tabanından seçilen ve halen dünyada yaygın bir şekilde kullanılan HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1 küresel modellerinin 10x10 km çözünürlüğe sahip iklim simülasyonları gerçekleştirilmiştir.

İklim değişiminin modelleme yaklaşımıyla irdelenmesinde karşılaşılan temel güçlüklerden birisi belirsizliktir. Bu durum kullanılan modelin kaba çözünürlüğünden, iklim süreçlerini yetersiz veya hiç temsil etmemesinden ya da senaryolardan kaynaklanabilir (Wootten A., 2017). Bu durum yağış değişkeninin de özellikle daha belirgin bir biçimde görülmektedir. Bunu aşmak için model demeti kullanımı yaygın yöntemlerden birisidir. Çoklu model simülasyonlarıyla ortalama ya da medyan gibi istatistikler kullanılarak beklenen değişim hakkında daha sağlıklı bir yaklaşım elde edilir. İklim değişimi sinyalinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını sınamak için sanayi devrimi öncesi modeller arasındaki değişkenliğin iklim değişimi sinyaline göre büyüklüğü kontrol edilir. Türkiye için oluşturulmuş sınırlı sayıda model bulunması nedeniyle bu uygulamalar gerçekleştirilememiş; ancak, bu üç modelin CMIP5 model demetinin önerdiği değişim ve referans dönemi performans istatistikleri değerlendirilmiştir. SYGM bünyesinde gerçekleştirilen Seyhan-Ceyhan-Asi Havzalarında Kuraklık Eylem Planının Hazırlanması ve İklim Değişiminin Kar Erimelerine ve Akımlara Etkisi projeleri kapsamında bu üç modelin iki senaryosu CMIP5 küresel model demetlerinin ortalamalarıyla kıyaslanmış ve MPI-ESM-MR RegCM akuple modelinin ortaya koyduğu değişimlerin diğer modellere nazaran model demetine daha benzer olduğu görülmüştür. HadGEM2-ES modeli en dramatik sıcaklık artışı öneren modellerden biridir.

İllere ait elde edilen ortalama sıcaklık ve toplam yağış verilerinin 2100 yılına kadar 30'ar yıllık periyodlar halinde referans dönemden farkları (anomaliler) hesaplanmış, Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de verilmiştir.



Tablo 2.1 Büyükşehirlerde 30'ar Yıllık Dönemlerde Toplam Yağış Anomali Değerleri, (SYGM, 2016)

İl	Parametre	Model	Senaryo	Dönem	2021-2040	2041-2070	2071-2100
Adana	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-7,77	-12,26	-25,05
Ankara	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-0,19	-7,51	-9,93
Antalya	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-7,71	-14,56	-32,39
Aydın	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-5,37	-12,05	-27,58
Balıkesir	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-3,42	-3,37	-13,39
Bursa	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	0,93	0,58	-3,87
Denizli	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-7,03	-14,91	-27,07
Diyarbakır	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	0,83	-7,28	-8,27
Erzurum	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	3,94	0,38	5,65
Eskişehir	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	0,27	-8,51	-9,24
Gaziantep	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-5,76	-13,44	-21,44
Hatay	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-5,43	-16,47	-24,17
İstanbul	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	4,78	6,18	-1,26
İzmir	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-4,15	-6,23	-22,31
Kahramanmaraş	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-5,69	-10,92	-20,80
Kayseri	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	3,68	-4,12	-4,70
Kocaeli	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	3,96	3,23	-0,50
Konya	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-1,16	-12,16	-17,54
Malatya	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	0,15	-5,57	-10,80
Manisa	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-5,91	-8,80	-23,38
Mardin	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	0,22	-8,39	-8,40
Mersin	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-8,64	-15,46	-30,98
Muğla	Yağış (%)	mpi	rcp45	YILLIK	-5,10	-13,15	-13,18
Ordu	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	6,59	1,90	11,74
Sakarya	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	5,06	3,12	2,57
Samsun	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	2,55	-1,80	3,31
Şanlıurfa	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-0,95	-8,33	-12,40



İl	Parametre	Model	Senaryo	Dönem	2021-2040	2041-2070	2071-2100
Tekirdağ	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	-1,59	1,16	-11,74
Trabzon	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	4,57	4,97	16,36
Van	Yağış (%)	mpi	rcp85	YILLIK	0,57	-6,02	-5,96

Not: Referans periyodu olarak 1971- 2000 yılları esas alınmıştır.

Tablo 2.2 Büyükşehirlerde 30'ar Yıllık Dönemlerde Ortalama Sıcaklık Anomali Değerleri, (SYGM, 2016)

İl	Parametre	Model	Senaryo	Dönem	2021-2040	2041-2070	2071-2100
Adana	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,10	2,31	3,95
Ankara	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	0,96	2,30	3,72
Antalya	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,07	2,31	3,93
Aydın	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,08	2,14	3,84
Balıkesir	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	0,92	1,87	3,31
Bursa	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	0,88	1,90	3,26
Denizli	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,14	2,34	4,05
Diyarbakır	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,19	2,72	4,43
Erzurum	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,13	2,65	4,24
Eskişehir	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	0,96	2,23	3,65
Gaziantep	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,13	2,44	4,15
Hatay	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,02	2,13	3,72
İstanbul	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	0,85	1,75	3,02
İzmir	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,00	1,94	3,52
Kahramanmaraş	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,14	2,52	4,20
Kayseri	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,05	2,51	4,04
Kocaeli	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	0,82	1,82	3,06
Konya	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,01	2,41	3,93
Malatya	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,15	2,66	4,32
Manisa	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,04	2,05	3,65
Mardin	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,16	2,70	4,41
Mersin	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,08	2,37	4,01



İl	Parametre	Model	Senaryo	Dönem	2021-2040	2041-2070	2071-2100
Muğla	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp45	Yıllık	1,05	1,47	1,73
Ordu	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	0,83	2,01	3,21
Sakarya	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	0,81	1,86	3,09
Samsun	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	0,81	1,97	3,12
Şanlıurfa	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,15	2,57	4,31
Tekirdağ	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	0,91	1,78	3,23
Trabzon	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	0,85	2,09	3,34
Van	Ort. Sıcaklık (°C)	mpi	rcp85	Yıllık	1,19	2,82	4,57

Not: Referans periyodu olarak 1971- 2000 yılları esas alınmıştır.



Proje kapsamındaki her il için elde edilen ortalama sıcaklık ve toplam yağış projeksiyon verilerinden yola çıkılarak dünya çapında ensemble modellere en yakın sonuçları veren **MPI-ESM-MR modeli** sonuçları ve günümüzdeki CO₂ emisyonlarına en yakın durumu veren **RCP8.5 senaryo sonuçları** ülkemizde iklim projeksiyonları incelendiğinde 2071-2100 yılları projeksiyon değerleri tüm illerin genel değerlendirmesi için kullanılmıştır. MPI-ESM-MR modeli 2071-2100 projeksiyon yılı RCP8.5 senaryo sonuçları kullanılarak hesaplanmıştır. Ortalama sıcaklık ve toplam yağış anomali değerleri sıralanmış olarak Tablo 2.3 ve Tablo 2.4 ile verilmiştir. Günümüzde gerçekleşmekte olan CO₂ salımı RCP8.5 senaryosundan daha fazla olduğundan yüzyıl ortası için karamsar senaryonun dikkate alınmasının daha gerçekçi olacağı değerlendirilmiştir.

Görüldüğü üzere 2071-2100 yıllarında ortalama sıcaklık değerlerinde en yüksek anomali değerleri Van, Diyarbakır ve Mardin illerinde beklenmektedir. Yağış değişimlerine bakıldığında ise genel olarak büyükşehirlerde yağışta azalma yönünde bir değişim beklenirken Sakarya, Samsun, Erzurum, Ordu ve Trabzon illerinde yağış artışları beklenmektedir. En yüksek yağış azalması değerleri projeksiyon sonuçlarına göre Antalya, Mersin ve Aydın illerinde beklenmektedir.

Tablo 2.3 Büyükşehirlerde Toplam Yağış Anomali Değerleri (SYGM, 2016)

İller	Toplam Yağış Anomali (%)	İller	Toplam Yağış Anomali (%)
Antalya	-32,39	Malatya	-10,8
Mersin	-30,98	Ankara	-9,93
Aydın	-27,58	Eskişehir	-9,24
Denizli	-27,07	Mardin	-8,4
Adana	-25,05	Diyarbakır	-8,27
Hatay	-24,17	Van	-5,96
Manisa	-23,38	Kayseri	-4,7
İzmir	-22,31	Bursa	-3,87
Gaziantep	-21,44	İstanbul	-1,26
Kahramanmaraş	-20,8	Kocaeli	-0,5
Konya	-17,54	Sakarya	2,57
Balıkesir	-13,39	Samsun	3,31
Muğla	-13,18	Erzurum	5,65
Şanlıurfa	-12,4	Ordu	11,74
Tekirdağ	-11,74	Trabzon	16,36

Tablo 2.4 Büyükşehirlerde Ortalama Sıcaklık Anomali Değerleri (SYGM, 2016)

İller	Sıcaklık Anomali (°C)	İller	Sıcaklık Anomali (°C)
Van	4,57	Ankara	3,72
Diyarbakır	4,43	Hatay	3,72
Mardin	4,41	Eskişehir	3,65
Malatya	4,32	Manisa	3,65
Şanlıurfa	4,31	İzmir	3,52
Erzurum	4,24	Trabzon	3,34
Kahramanmaraş	4,2	Balıkesir	3,31
Gaziantep	4,15	Bursa	3,26



İller	Sıcaklık Anomali (°C)	İller	Sıcaklık Anomali (°C)
Denizli	4,05	Tekirdağ	3,23
Kayseri	4,04	Ordu	3,21
Mersin	4,01	Samsun	3,12
Adana	3,95	Sakarya	3,09
Antalya	3,93	Kocaeli	3,06
Konya	3,93	İstanbul	3,02
Aydın	3,84	Muğla	1,73



3 YAĞMUR SUYU HASADI

3.1 Yağmur Suyu Hasadı Literatür Bilgileri

Yağmur suyu hasadı, yağmur suyunun akıp gitmesinin engellenerek, yeniden kullanım için yüzeyde, toprağın altında, depolarda veya toprakta biriktirilmesi ve depolanmasıdır (Özdemir & Tokuş, 2017). Günümüzde şehirlerde geçirimsiz alanlar büyük yer kaplamaktadır. Beton yüzeylerin artışı ve yeşil alanların azalması sonucu yağmur suları toprağa sızma gerçekleştiremeyerek yüzey akışa geçmekte ve yağmur suyu toplama (ayrık sistem) veya kanalizasyon sistemleri (birleşik sistem) ile şehirlerden toplanmaktadır. Bu durum hidrolojik döngüyü etkileyerek yeraltı sularına yağmur suları girdisini azaltmakta ve hatta taşkınların oluşumuna neden olmaktadır. Diğer taraftan yağmurun şiddetli yağdığı zamanlarda kanalizasyon hattına karışan yağmur suları arıtma sistemlerini olumsuz yönde etkilemektedir (Timur vd., 2012) (Özdemir & Tokuş, 2017). Bu hususlar tüm dünyada yağmur suyu hasadı uygulamalarının özellikle kentlerde uygulama alanı bulmasına yol açmıştır. Bir yerleşim alanında toplanan yağmur suyunun kullanılabilmesi temel olarak üç alan vardır:

- Sulama amaçlı kullanımı
- İç mekân, içilebilir olmayan kullanım
- İçilebilir kullanım

Kullanım amacı, depo boyutu, borulama sistemi ve arıtma ihtiyacına kadar sistem konfigürasyonunun tamamını etkiler. Yağmur suyu hasadı sisteminin ana bileşenleri; filtre, su deposu, pompa, yağmur suyu içme amaçlı kullanılacağı zaman UV dezenfeksiyonu ve oluk sistemleridir.

3.2 Ulusal Mevzuat

Ülkemizde yağmur suyu ile ilgili ilk yasal mevzuat 23.06.2017 tarihli ve 30105 sayılı Resmî Gazete ile yayımlanarak yürürlüğe giren “Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik”tir. Bu yönetmelik, halk sağlığını ve güvenliğini, çevrenin korunmasını, sistemin sürdürülebilir olmasını, içme suyu kaynaklarının suyla taşınan kirliliklerden korunmasını esas alarak yağmur suyu toplama, depolama ve deşarj sistemlerinin planlanmasına, tasarımına, projelendirilmesine, yapımına ve işletilmesine ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır.

Bahsi geçen yönetmeliğin Ek 1’inde yağmur suyu hasadı sistemlerinin tasarımına ilişkin hesaplama yöntemleri ve önerileri sunulmuştur. Depo kapasitesi hesabı için farklı durumlarda değişmek üzere üç yöntem tavsiye edilmiştir:

- Günlük ihtiyacın sürekli olduğu, hiçbir hesap yapılmasına gerek olmayan evsel ihtiyaçlar için basit yaklaşım
- Basit formüllerle daha doğru depo hacimlerinin tahmin edildiği ara yaklaşım
- Standart olmayan, ihtiyacın yıl içinde değişken olduğu sistemler için detaylı hesap yaklaşımı



Yönetmelikte tank boyutları hesaplanırken, yağış miktarındaki değişimlerin göz önüne alınması gerektiği ve belirli sınırdan sonra daha büyük depo hacimleri yapmanın fayda sağlamayacağı hususuna değinilmiştir. Yönetmelikte ayrıca, basit yaklaşım metodu anlatılmış ve daha büyük yağmursuyu hasat sistemlerinde sistemin boyutunun en ekonomik çözümü seçmek için detaylı hesap yaklaşımı ile hesaplanması gerektiği belirtilmiştir.

Yönetmelikte anlatılan Basit yaklaşım yöntemine göre; öncelikle çatı yüzey alanı BS EN 12056-3 (Avrupa Yağmursuyu Tesisatı Standardı)'e göre belirlenir ve sistemin kurulacağı bölgedeki yıllık ortalama yağış miktarı tahmin edilir. Daha sonra yönetmeliğe ait EK 1'de yer alan Şekil 1.25'deki grafikte bulunan çatı yüzey alanı ve yağış miktarına karşılık gelen depo kapasitesi seçilir. Çatı yüzey alanı (30-120 m² üzeri) ve yağış miktarı (1250 mm üzeri) grafikte verilen aralığın dışındaysa hanehalkı nüfusu dikkate alınarak depo kapasitesinin belirlenmesi önerilmektedir. Verilen grafikte iki, üç, dört ve beş nüfuslu haneler olmak üzere küçük yerleşimler esas alınmış olup, çatı yüzey alanı malzemesi standart kiremit veya kaplama çatı yapıları olduğu kabul edilmiştir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığınca "Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği"nde 23.01.2021 tarihinde değişiklik yapılmış ve 2.000 m²'den büyük parsellerde yapılacak binaların çatılarından toplanan yağmur sularının gerekmesi halinde filtre edilerek yeniden kullanılmak üzere tabii zemin altında bir depoda toplanması amacıyla "Yağmur suyu toplama sistemi" yapılması belirtilmiştir. Ayrıca ilgili idarelerce daha küçük parsellere ilişkin de zorunluluk getirilebileceği ifade edilmiştir. Bu konu 11.07.2021 tarihinde bahsi geçen yönetmelikte yapılan düzenleme ile daha kapsamlı hale getirilerek toplanan yağmur sularının bina tuvalet sifonlarında kullanılması, ihtiyaçtan fazla olan kısmının da bahçe veya diğer ortak alanlarda kullanılması ifade edilmiştir. Yönetmeliğin Madde 57-7a bendinde yağmur suyu hasadı sisteminin depo kapasitesi hesabına ilişkin olarak; "Toplama tankının hacmi; yapının bulunduğu ilin aylık m²'ye düşen en fazla ortalama yağış miktarı ile binanın çatı alanı esas alınarak hesaplanır" ibaresi yer almaktadır. Bahsi geçen bu yönetmelikte, ilgili idarelere yağmur suyu toplama sisteminin daha küçük parsellerde yapılması, toplama tankı hacim hesap yöntemi ve ilave kullanım alanlarına ilişkin de zorunluluk getirebilmeleri yönünde yetki verilmiştir. Bu yönetmelikte en son değişiklik 25.02.2022 tarih ve 31761 sayı ile yürürlüğe girmiştir. Bunun üzerine büyükşehir belediyelerinde alınan meclis kararlarına göre; Ankara'da 2.000 m², Bursa'da 2.000 m², İstanbul'da 1.000 m² ve İzmir'de 1.000 m² büyüklüğünde olan parsellerde yağmur suyu hasadı uygulaması zorunlu hale gelmiştir.

İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından 14.09.2022 tarihinde Sünger Kent Uygulama Yönetmeliği yayımlanmış ve şehirde oluşabilecek taşkın ve kuraklık riskine önlem amacıyla Sünger Kent Projesi geliştirilmiştir. Projenin temel maksadı, yağmur suyu hasadına yönelik yapılan çalışmaların genişletilerek halkın katılımının sağlanmasıdır. Bu kapsamda 5.000 adet yağmur suyu deposu ve 10.000 vatandaşa yağmur bahçesine ekilecek bitkilerin verilmesi kararı alınmıştır (İZSU, 2022).



Yağmur suyu hasadı sistemlerine yönelik projelerde önemli bir husus olan depo yeri seçimi ulusal mevzuatımız kapsamında bulunan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin 7.10.7 maddesi, su depolarının bina yükünün azaltılmasına fayda sağlaması açısından bodrum katlara yerleştirilmesi yönünde tavsiyede bulunmuş olmasına karşılık bu yönde bir kısıtlama bulunmamaktadır. Ayrıca yeni yapılacak binalarda yapı projeleri onayı için 'Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'nin 57. Maddesi (28)'de; "*Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinin eki "Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar"ın 1.3. maddesinde tanımlanan nitelikteki binaların deprem etkilerine karşı tasarımının, Bakanlıktan bu amaçla belge almış inşaat mühendislerinin gözetim ve kontrolünde yapılmış olması zorunludur.*" ibaresi yer almaktadır. Genel uygulama, su deposunun çatı katına yerleştirilmesinden ziyade, su depolarının bodrum katlarda uygulanması yönünde olup hidrofor yardımı ile suyun üst katlara iletilmesi şeklindedir. Sonuç olarak bu konuda uygulama her iki şekilde de yapılabilecektir.

3.3 Yağmur Suyu Hasadı Analizleri

Öncelikle belirlenen 6 pilot ilde yağmur suyu hasadı fayda maliyet hesaplamalarının ve detaylı analizlerin yapılacağı 7'şer mikro alan olmak üzere toplam 42 adet mikro alan belirlenmiştir. Bunun için büyükşehir belediyelerinin ilgili daire başkanlıkları, su ve kanalizasyon idareleri, gençlik ve spor il müdürlükleri ve özel sektör yatırımcıları ile görüşmeler yapılmıştır. Bu aşamada temsil ediciliği artırmak açısından farklı konut tiplerinin seçimine özen gösterilmiştir. Bahsi geçen mikro alanlar Tablo 3.1'de verilmiştir.



Tablo 3.1 Yağmur Suyu Hasadında Seçilen Mikro Alanlar

İl/Mikro alan	Spor Salonu	Otel	Mevcut Toplu Konut	İnşaatı Başlamamış Toplu Konut	Sanayi Bölgesi	Kamu Binası	Rekreasyon Alanı
Adana	ASKİ Kapalı Spor Salonu	Double Tree by Hilton Otel	Buruk Mahallesi Toplu Konutları	Barbaros ve Bey Mahallesi Toplu Konutları Ada-1	Bossa Tekstil Hacı Sabancı OSB	Adana Büyükşehir Belediyesi İdari Binası Seyhan/Adana	Sarıçam Çarkıpare Parkı Sarıçam/Adana
İstanbul	Küçükçekmece Halkalı Spor Salonu	Jurnal Hotel	Kayabaşı Mahallesi 22. Bölge Toplu Konutları	Şerifali Mahallesi Toplu Konutları 3.Etap	Ömür Matbaacılık	İSKİ Eyüpsultan İlçesi Şube Hizmet Binası	Büyük Çamlıca Korusu
İzmir	Evrensel Çocuk Müzesi	Oğlakçıoğlu Park Butik Otel	Zeytinlik Mahallesi Toplu Konutları	Yenice Mahallesi Toplu Konutları	Schneider Elektrik Manisa OSB	Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi	Dr. Ekrem Akurgal Rekreasyon Alanı
Konya	Konya Spor ve Kongre Merkezi	ASKA Lara Resort Hotel	Ardıçlı Mahallesi Toplu Konutları	Bahçelievler Mahallesi Halkapınar 3.Etap Toplu Konutları	Konya Yeni Motorlu Küçük Sanayi Sitesi 1.Etap	Konya Şehir Kütüphanesi	Konya Ecdat Parkı
Mardin	Artuklu Kapalı Spor Salonu	Yay Grand Otel	Mardin S.S. Bilkent Konut Yapı Kooperatifi Konutları	Söğütözü Mahallesi Toplu Konutları	OYAK Çimento Mardin Fabrikası	Mardin İlköğretim Okulu	Kamor Millet Bahçesi
Ordu	Ünye Kapalı Spor Salonu	Akamoy Otel	Şirinevler Mahallesi Toplu Konutları	Aybastı Ortaköy Mahallesi Toplu Konutları	Tera Giyim Fatsa OSB	OSKİ Binası	Altınordu Kumsal Rekreasyon Alanı



3.3.1 Fayda-Maliyet Analizi

Pilot illerde kullanımda olan otel, kapalı spor salonu, toplu konut alanı, henüz inşaatı başlamamış olan bir toplu konut alanı, sanayi bölgesi ve kamu binalarında çatıdan hasat edilecek yağmur suyunun kullanım alanı çeşitlendirilmiş, kurulum, işletme, arıtma, bakım vb. giderlerin tümünü içeren fayda-maliyet analizleri yapılmıştır.

Yağmur suyu toplama sistemleri çatılardan ve yüzeyden olmak üzere iki farklı teknikte uygulanmış ve farklı amaçlı kullanımlar için hesaplamalar yapılmıştır. Yağmur suyu toplama ve depolama sistemi aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

- Yağmur suyu toplama sistemleri,
- Yağmur suyu taşıma sistemleri,
- Filtreleme sistemi,
- Depolama tankı (toplanan suyun kullanım öncesi depolama tanklarında depolanması),
- Toplanmış suyun dağıtım sistemi.

Fayda maliyet analizlerinde senaryolar oluşturulmuş; mikro alanların çatılarından ve/veya rekreasyon alanlarında yüzeyden toplanan yağmur sularının, tuvalet rezervuarlarında; dış ortamda bahçe sulama, araç yıkama, yangın söndürme, süs havuzları, yapay göleti doldurmak amacıyla kullanılabilmesi düşünülmüştür.

YSH fayda-maliyet analizi senaryolarında aşağıda maddeler halinde verilen unsurlara dikkat edilmiştir. Bunlar:

- Mikro alandaki çatı/alan boyutu,
- Uzun dönem aylık (asgari son 10 yıl) yağış verileri,
- Suyun kullanım amacı (sulama, rekreasyon, kullanım suyu vb.),
- Suyun ortalama tüketimi.

YSH fayda-maliyet analizi yapılırken aşağıda verilen maliyet unsurları incelenmiştir. Bunlar:

- Tank, oluk ve çatı düzeneği,
- Malzeme (fiberglas, beton, metal, ahşap, kaynaklanmış çelik, polipropilen, vinil vb.),
- Boyut,
- Basıncı tanklar ve pompalar,
- Filtre sistemleri ve kimyasallar,
- İşçilik.

Yağış Analizi:

YSH projelendirmesinin en önemli kriterlerden biri toplanacak yağmur suyunun miktarıdır (Üstün vd., 2020). Bu nedenle YSH'nın uygulanabilirliğinin belirlenebilmesi amacıyla, çalışma yapılan bölgedeki yağış rejimi ile YSH'de kullanılacak sistem bileşenleri detaylı olarak irdelenmiş ve her bir bölgeye özgü yağış potansiyeli ortaya konmuştur.

İklim değişikliğinin etkilerinin artması ile birlikte, sürekli göç alan büyükşehirlerin yağış rejimleri de değişmeye başlamıştır. Öncesinde normal şiddetli ve uzun süreli görülen yağışlar,



yerlerini yüksek şiddetli ve kısa süren yağışlara bırakmıştır. Bu nedenle bu aşamada iklim değişikliği etkileri de dikkate alınmıştır.

Çalışma kapsamında seçilen her bir il için, ilçeler (meteoroloji istasyonları) bazında toplam yağış haritaları:

- Son on yıllık yağış değerleri için yıllık ve mevsimlik ortalamalar olarak hazırlanmıştır.
- Fayda-maliyet analizleri, “*İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi*” kapsamında 2020-2100 dönemi için elde edilen MPI iklim modeli ve RCP 8,5 senaryosu sonucu iklim değişikliği projeksiyonları dikkate alınarak 10’ar yıllık dönemler için 2100 yılına kadar yapılmıştır.

Yağmur suyu hasadı hesaplamalarında çatıdan yağmur suyunun toplanarak depoya alınması ve farklı kullanım alanlarında (tuvalet rezervuarlarında sifon suyu, bahçe sulama, temizlik vb.) değerlendirilmesi çalışılmıştır. Mikro alanda toplanabilir yağmur suyu miktarı ve kullanım alanlarında ihtiyaç duyulan su hesaplanmıştır.

Başlık 3.2’de Yağmursuyu Toplama, Depolama ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik kapsamında belirtildiği üzere; standart olmayan, su ihtiyacının yıl içinde değişkenlik gösterebileceği, çatı yüzey alanı geniş ve hane sayısı büyük yerlerde depo kapasitesinin belirlenmesi için detaylı hesap yaklaşımları gerekmektedir. Proje kapsamında çalışılan bina tipolojilerinin çatı alanlarındaki genişlik aralığı, binaların nüfusu, kullanım amacındaki farklılıklar gibi çeşitli sebeplerden ötürü depo kapasitesi belirlenmesinde bölgenin aldığı aylık ortalama yağış miktarları ve binadaki su tüketimi oranları birlikte analiz edilerek çalışılmıştır.

İlaveten Başlık 3.2’de bahsedilen “Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği”nde yağmur suyu hasadı sisteminin toplama tankı hacminin; yapının bulunduğu ilin aylık m²’ye düşen en fazla ortalama yağış miktarı ile binanın çatı alanı esas alınarak hesaplandığı belirtilmiştir. Proje kapsamında da, çalışılan alanlarda bölgeye düşen yağışların aylık ortalamalarına bakılarak en fazla yağış alan aydaki yağış miktarı ve çatı alanı esas alınarak depo kapasitesi seçilmiştir. Depo seçiminde ayrıca ihtiyaç duyulan su miktarı, depo yeri mevcudiyeti ve optimum depo maliyeti unsurları da göz önüne alınmıştır. Bu kapsamda; depo kapasitesi, en fazla yağış alan ayda depoya gelebilecek günlük yağış miktarının en az 3 gün depolanabilmesini karşılayacak şekilde belirlenmiştir. Uygulamada hasat edilebilecek yağmur suyu miktarının tamamından faydalanılması ve ekonomik faydanın da göz ardı edilmemesi sağlanmıştır. Analizlerde yağış miktarından fazla olan ihtiyaç duyulan su miktarının şebeke sisteminden karşılanması ve depo hacminden fazla gelen yağışların ise deşarj edilmesi öngörülmüştür.

Yağmur suyu için depo öncesi ve sonrasında en uygun arıtma sistemi seçilmiştir. Depo girişlerinde vortex filtre; pompa girişlerinde ise herhangi bir yabancı madde kaçışına karşı pislik tutucu konulmuştur. Vortex filtre, özellikle yağmurun yağmaya başladığı ilk dakikalarda yağmur ile gelen yüzücü partikülleri ve çatının tozlanmasından kaynaklı kirleticileri santrifüj etkisi ile sudan ayırıştırarak deponun en az seviyede kirlenmesini sağlamaktadır. Deponun



yağışsız günlerde boş kalmasını önlemek için deponun ¼'lük kısmına seviye kontrollü şebeke hattı çekileceği düşünülmüştür.

Mikro alanlarda rezervuarlara YSH sistemi için tesisat çekilmesi gerekmektedir. Kullanılacak su miktarına göre boru çapları belirlenmiş ve maliyetleri hesaplanmıştır. Kritik hat sürtünme kaybı ve statik kot farkına göre pompanın toplam basma yüksekliği yaklaşık olarak belirlenmiş ve maksimum anlık kullanım miktarına göre pompa seçimi yapılmıştır. Sistemdeki tüketim anlık olarak gece saatlerinde sıfır ve gündüz saatlerinde maksimum olarak değiştiği için sistemin sürekli basınç altında kalması amacıyla pompa sonrası hidrofor tankı düşünülmüştür.

Yağmur suyu hasadı sistemindeki ekipmanlarda filtre tıkanıklığı, makine arızaları ve olası diğer problemlerin kontrolünün sağlanması için arıza ve bakım masrafı olabileceği öngörülmüştür. Sistemin çalışması için gereken elektrik bedeli işletme maliyeti içine dâhil edilmemiştir. Çünkü hali hazırda yapı tesisatlarına ait bulunan pompalar ihtiyaç duyulan su miktarını basmaktadır. Yağmur suyu hasadı sisteminin uygulanmasıyla mevcut pompanın basmış olduğu su miktarı hasat edilen su miktarı kadar azalacak ve azalan bu miktar yağmur suyu hasadı pompası tarafından sisteme dağıtılacaktır. Bu durumun geçerli olmadığı yerlerde pompanın çalışma süresi baz alınarak tüketilen elektrik bedeli işletme maliyetine dâhil edilebilir. Bahsi geçen bu unsurlar için maliyet hesabı yapılmıştır. Rekreasyon alanlarında ise geçirimli ve geçirimsiz alanlardan yüzey akışa geçerek kanalizasyona karışan suyun yeraltına sızdırılarak yeraltı suyunun beslenmesi sağlanmıştır. Ayrıca bazı rekreasyon alanlarında şebeke ya da kuyu suyu ile doldurulan yapay göletlerin yağmur suyu ile doldurulması sağlanmış, bazı alanlarda yağmur bahçeleri dizayn edilmiş, bu kullanımlara yönelik hesaplamalar yapılmıştır.

Fayda maliyet analizi aşağıda verilen hususlar göz önüne alınarak yapılmıştır.

Maliyetler:

İlk yatırım maliyeti:

YSH sisteminin bileşenlerinin ilk yatırım maliyeti; toplama, iletim, depolama, dağıtım, arıtma olarak ele alınmış ve yerel piyasa fiyatlarıyla hesaplanmıştır.

İşletme ve bakım maliyeti:

YSH sistemindeki ekipmanlarda arıza-bakım kontrolünün sağlanması için yerel bakım servisi piyasalarından edinilen bilgilere göre; üç yılda bir arıza masrafı (500 TL) ve her altı yılda bir bakım servisi masrafı (2.150 TL) öngörülmüştür.

Faydalar: Şebeke suyunun kullanımının azaltılması ve buna bağlı olarak suya ödenen maliyetin azalması olarak ele alınmıştır.



Fayda maliyet analiz kabulleri ve birim maliyetler:

- Finansal analiz 10'ar yıllık dönemler halinde 2020-2100 yıllar için yapılmıştır.
- Hesaplarda kullanılan su birim fiyatı 2022 yılı Temmuz ayına aittir. Su birim fiyatında atıksu uzaklaştırma bedeli de dikkate alınmıştır.
- Enflasyona dayalı fiyat artışları göz ardı edilmiştir.
- KDV ve diğer vergiler hesaplara dâhil edilmemiştir.
- Kamuya ait binalarda %2,5 reel iskonto oranı, diğer binalarda %5 reel iskonto oranı kullanılmıştır. Bu, Devlet Planlama Teşkilatı'nca yayınlanmış olan ulusal kılavuzla uyumludur. Ayrıca IPCC dokümanlarında da gelişmekte olan ülkeler için %1 iskonto oranı dahi kullanılabilmekte olduğu ifade edilmiştir.

Fayda maliyet analizleri kapsamında hesaplanan geri ödeme süresi yatırımın değerlendirilmesinde önemli bir kriter olarak ele alınmaktadır. Mikro alanlarda yağmur suyunun kullanımlarına ilişkin sistemlerin geri ödeme sürelerinin eşik değerinin uzman görüşü ile 20 yıl ve 20 yıldan az olduğu durumlarda bu sistemlerin rantabl olduğu kabul edilmiştir.



3.3.1.1 Kullanımda Olan Otellerde Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçlar

Yağmur suyunun kullanımda olan otellerde çatıdan toplanıp filtre edilerek kullanılmasına ilişkin fayda maliyet analizleri; Adana’da Double Tree by Hilton Adana, İstanbul’da Jurnal Hotel, İzmir’de Oğlakçıoğlu Park Butik Otel, Antalya’da Aska Lara Resort Hotel, Mardin’de Yay Grand Otel ve Ordu’da Akamoy Otel için yapılmıştır.

Kullanımda olan otellerde yağmur suyunun kullanımına yönelik her bir mikro alan için çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Öncelikle otellerin kat plan bilgileri, işletme türleri, personel sayısı, aylık konuk geceleme ve yatak sayıları ve yıl boyunca açık olduğu gün sayısı gibi genel bilgileri araştırılmıştır. Özellikle turistik bölgelerde dönemsel olarak su kaynaklarına olan baskıların azalması adına otellerde sifon suyu, sulama, araç yıkama ve temizlik suyu gibi alanlarda yağmur suyunun kullanımı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda otellerdeki personel ve ziyaretçilerin zamansal su tüketimleri, kullanım alışkanlıkları, seçilen mikro alanın bulunduğu bölgenin son 10 yılda aldığı aylık ortalama yağışları ve bölgedeki yerel fiyatlar ile yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

Otel yöneticilerinden aylık konaklama bilgileri temin edilerek otelin doluluk oranı bulunmuştur. Otellerin personel sayısı, işletme türlerine göre Türkiye’de oda ve yatak başına düşen personel sayısı verileri kullanılarak bulunmuştur. Tuvalet rezervuarlarında ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı hesabında misafir başı odalarda sifon kullanım sayısı 1 günde 10 kere olacak şekilde alınmıştır. Tuvalet rezervuar hacmi 6 litre olarak kabul edilmiştir. Otelin kat planları incelenerek tüm alanlarda bulunan klozet sayıları bulunmuş; balo salonu, spa ve havuz alanları gibi tüm kullanım alanlarındaki sifon suyu kullanım verileri hesaplanmıştır. Yeşil alan sulama suyu ihtiyacının metrekaşe başına günlük 13,5 litre olduğu ve sulamanın yağışsız günlerde yapıldığı kabul edilmiştir.

Toplanabilen yağmur suyu miktarı ile mevcut su tüketiminden su tasarruf potansiyeli ve belirli bir ücret ödenen şebeke suyu yerine yağmur suyunun kullanılması ile kazanılabilecek ekonomik tasarruf miktarları bulunmuştur. Tüm fayda ve maliyetler değerlendirilerek YSH sistemi yatırımının geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Kullanımda olan otellerde yağmur suyunun yeniden kullanımına yönelik yapılan fayda maliyet analizlerinin sonuçları Tablo 3.2-Tablo 3.4’te verilmiştir.



Tablo 3.2 Kullanımda Olan Otellerde Çatıdan Hasat Edilen Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1
Sonuçları

Kullanımda Olan Otel	Adana	İstanbul	İzmir	Antalya	Mardin	Ordu
Çatı Alanı (m ²)	1.030	130	260	2.500	2.250	1.300
Yağış Miktarı (mm)	699	642,5	749,3	803,9	631,7	1.246,4
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	453,58	56,38	140,27	1.447,00	959,41	1.093 ,74
Senaryo-1	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarında sifon suyu olarak, temizlik ve araç yıkama faaliyetleri ile bahçe sulamada kullanılması
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.223,68	881,28	669,6	3.780	2.021,76	6.264,16
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	453,58	56,38	140,27	1.421,9	959,41	1.093 ,74
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	10	2,5	5	30	15	15
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	169.688	53.505	85.750	764.970	159.025	129.823
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir					
Tasarruf (TL/yıl)	9.020	1.263	4.726	40.631	10.362	28.415
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	19,8859	22,40	39,12	28,575	10,8	25,98
Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	62	33	6
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	33	5



Tablo 3.3 Kullanımda Olan Otellerde Çatıdan Hasat Edilen Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2
Sonuçları

Kullanımda Olan Otel	Adana	İstanbul	İzmir	Antalya	Mardin
Çatı Alanı (m ²)	1.030	130	260	2.500	2.250
Yağış Miktarı (mm)	699	642,5	749,3	803,9	631,7
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	453,58	56,38	140,27	1.447,00	959,41
Senaryo-2	Yeşil alan sulamada kullanılması	Temizlik faaliyetlerinde ve araç yıkamada kullanılması	Yeşil alan sulamada ve araç yıkamada kullanılması	Yeşil alan sulamada kullanılması	Yeşil alan sulamada kullanılması
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	1.888,77	60,96	232,48	11.754	2.588
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	453,58	56,38	119,34	1.447	959,41
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	10	2,5	2,5	37,5	15
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	95.063	29.525	51.900	104.233	71.635
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir				
Tasarruf (TL/yıl)	9.020	1.091	3.907	41.348	10.362
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	19,8859	22,40	39,12	28,575	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	17	Geri ödememektedir.	28	3	10
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	19	Geri ödememektedir.	25	4	10



Tablo 3.4 Kullanımda Olan Otellerin İnşaata Başlamadan Önce YSH Sistemi Planlanması Durumunda Fayda Maliyet Analizi Sonuçları

Kullanımda Olan Otel	Adana	İstanbul	İzmir	Antalya	Mardin	Ordu
Çatı Alanı (m ²)	1.030	130	260	2.500	2.250	1.300
Yağış Miktarı (mm)	699	642,5	749,3	803,9	631,7	1.246,4
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	453,58	56,38	140,27	1.447,00	959,41	1.093 ,74
Senaryo-3	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarında sifon suyu olarak, temizlik ve araç yıkama faaliyetleri ile bahçe sulamada kullanılması
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.223,68	881,28	669,6	3.780	2.021,76	6.264,16
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	453,58	56,38	140,27	1.421,9	959,41	1.093 ,74
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	10	2,5	5	30	15	15
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	126.188	37.905	62.750	234.970	128.425	93.948
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir					
Tasarruf (TL/yıl)	9.020	1.263	4.725	40.631,5	10.361	28.415
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	19,8859	22,40	39,12	28,575	10,8	25,98
Geri Ödeme Süresi (yıl)	27	Geri ödememektedir.	27	8	16	4
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	33	Geri ödememektedir.	21	8	17	4



Fayda maliyet analizi yapılan otellerde, çatı alanına göre büyükten küçüğe doğru Antalya Aska Lara Resort Hotel, Mardin Yay Grand Otel, Ordu Akamoy Otel, Adana Double Tree by Hilton, İzmir Oğlakçioğlu Park Butik Otel ve İstanbul Jurnal Hotel olarak sıralanmaktadır. Otellerin bulunduğu bölgede görülen yağışlar değerlendirildiğinde ise yağışın en fazla olduğu il Ordu'dur. Yağış miktarının Ordu'dan sonra büyükten küçüğe doğru sıralandığında Antalya, İzmir, Adana ve İstanbul'da gerçekleştiği görülmüştür. En az yağış alan il Mardin'dir. Çatıdan toplanabilecek yağmur suyu miktarı en az İstanbul Jurnal Hotel'de, en fazla Antalya Aska Lara Resort Hotel'de olmuştur. Şebeke suyu yerine toplanan yağmur suyunun kullanılmasıyla suyun birim fiyatı dikkate alınarak sağlanacak tasarruf TL cinsinden en yüksek Antalya ve Ordu'daki otellerde bulunmuştur.

Antalya Aska Lara Resort Hotel ve Mardin Yay Grand Otel yağmur suyunun tuvalet rezervuarında sifon suyu olarak kullanılması mevcut durumda rantabl değilken YSH sistemlerinin otellerin inşaat aşamasından önce yapılmış olması halinde geri ödeme süreleri 20 yılın altına düşmekte ve rantabl olarak değerlendirilmektedir.

Ordu'da bol yağış nedeniyle çatıdan toplanan yağmur suyunun fazla olması, suyun birim fiyatı da diğer abone tipine kıyasla yüksek olması nedeniyle; yağmur, temizlik ve araç yıkama faaliyetleri ile bahçe sulamada kullanılması (Senaryo 1) durumunda geri ödeme süresi diğer otellere göre çok kısa olmuştur (Tablo 3.2). Antalya Aska Lara Resort Hotel'de de toplanan yağmur suyu miktarı ve suyun birim fiyatı fazla olsa dahi otelin mimarisinden dolayı ilk yatırım maliyeti yüksek ve geri ödeme süresi uzun olmuştur. Ancak Antalya Aska Lara Resort Hotel'de Senaryo 2'de belirtilen kullanım için (bahçe sulamada kullanılması) Senaryo 1'deki gibi fazla harcama gerektirmediğinden geri ödeme süresi kısa olmuştur.

Toplanan yağmur suyunun sadece bahçe sulamasında kullanılması durumunda ise ilk yatırım maliyeti diğer kullanım için yapılan harcamadan daha az olacaktır. Bu kullanım için yatırımın geri ödeme süresi Antalya Aska Lara Resort Hotel, Mardin Yay Grand Otel, Adana Double Tree by Hilton ve İzmir Oğlakçioğlu Park Butik Otel için rantabl olarak bulunmuştur (Tablo 3.4). Hasat edilen yağmur suyunun bahçe sulamada kullanılması istendiğinde otel içerisinde herhangi bir kırım yapılmayacağından bu kullanım şekli bu ve benzer oteller için daha avantajlı olmaktadır.



3.3.1.2 Kapalı Spor Salonlarında Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçlar

Yağmur suyunun kapalı spor salonlarında çatıdan toplanıp filtre edilerek kullanılmasına ilişkin fayda maliyet analizleri; Adana'da ASKİ Kapalı Spor Salonu, İstanbul'da Küçükçekmece Halkalı Spor Salonu, İzmir Evrensel Çocuk Müzesi, Konya Spor ve Kongre Merkezi, Mardin'de Artuklu Kapalı Spor Salonu ve Ordu'da Ünye Kapalı Spor Salonu için yapılmıştır.

Kapalı spor salonlarında yağmur suyunun kullanımına yönelik her bir mikro alan için çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Öncelikle toplanabilecek yağmur suyu miktarları belirlenmiş daha sonra bu senaryolarda belirtilen kullanım ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bu kapsamda spor salonunda çalışan ve ziyaretçi kişi sayısı ve spor salonunun seyirci kapasitesine göre zamansal su tüketimleri, yapının kat ve plan bilgileri, seçilen mikro alanın bulunduğu bölgenin son 10 yılda aldığı aylık ortalama yağışları ve bölgedeki yerel fiyatlar ile yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Hasat edilebilecek toplam yağmur suyu miktarının hesaplanmasında bölgeye en yakın meteoroloji istasyonunun 2010-2020 yılları aylık ortalama yağış verileri göz önüne alınmıştır.

Tuvalet rezervuarlarında ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı hesabında personel/sporcu başına sifon kullanım sayısı günde 4 kere, seyirci başına günde 1 kere olacak şekilde alınmıştır. Spor salonunda maç, gösteri vs. yapıldığı günler seyircilerde hesaba katılarak, diğer günler personel ve sporcu kişi sayıları üzerinden sifon suyu ihtiyacı hesabı yapılmıştır. Tuvalet rezervuarı hacmi 6 litre olarak kabul edilmiştir. Yeşil alan sulama suyu ihtiyacının metrekare başına günlük 13,5 litre olduğu ve sulamanın yağışsız günlerde yapıldığı kabul edilmiştir.

Toplanabilen yağmur suyu miktarı ile mevcut su tüketiminden su tasarruf potansiyeli ve belirli bir ücret ödenen şebeke suyu yerine yağmur suyunun kullanılması ile kazanılabilecek ekonomik tasarruf miktarları bulunmuştur. Tüm fayda ve maliyetler değerlendirilerek YSH sistemi yatırımının geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Kapalı spor salonları için yağmur suyunun kullanımına yönelik yapılan fayda maliyet analizlerinin sonuçları Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da verilmiştir.



Tablo 3.5 Kapalı Spor Salonlarında Hasat Edilen Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları

Kapalı Spor Salonu	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
Çatı Alanı (m ²)	3.500	2.184	1.000	12.250	4.384	4.800
Yağış Miktarı (mm)	699	642,5	749,3	364,6	631,7	1.246,4
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	1.762	947,19	606,92	3.014,49	1.869,35	4.038,42
Senaryo 1	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması, yeşil alan sulamada kullanılması ile temizlik faaliyetlerinde kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında a sifon suyu olarak kullanılması ile yeşil alanda sulama suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	12.377	1.496,5	15.309	7.632	5.184	5.955,84
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	1.761,5	947,2	606,92	3.014,49	1.869,35	4.038,42
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	40	15	15	40	30	50
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	180.196	94.325	97.050	303.636	128.150	186.870
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir					
Tasarruf (TL/yıl)	22.788	7.804	13.941	36.716	16.824	43.615
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	12,937	8,33	22,97	12,18	9,00	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	10	16	8	10	9	5
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	11	15	9	10	10	5



Tablo 3.6 Kapalı Spor Salonlarında Hasat Edilen Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları

Kapalı Spor Salonu	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
Çatı Alanı (m ²)	3.500	2.184	1.000	12.250	4.384	4.800
Yağış Miktarı (mm)	699	642,5	749,3	364,6	631,7	1.246,4
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	1.762	947,19	606,92	3.014,49	1.869,35	4.038,42
Senaryo 2	Yeşil alan sulamada kullanılması	Yeşil alan sulama, araç yıkama ve zemin temizlemede kullanılması	Yeşil alan sulamada kullanılması	Yeşil alan sulamada kullanılması	Yeşil alan sulamada kullanılması	Temizlik faaliyetlerinde, çim saha sulamada ve araç yıkamada kullanılması
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	9.443,86	2.676	15.007	14.826	22.647	9.019
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	1.762	947,19	607	3.014,49	1.869,35	4.038
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	40	15	15	40	30	50
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	125.821	64.075	70.150	134.361	90.680	148.445
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir					
Tasarruf (TL/yıl)	22.788	7.890	607	36.716	16.824	43.615
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	12,937	8,33	22,97	12,18	9,00	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	7	10	6	4	7	4
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	7	10	6	4	8	5



Yağmur suyu hasadı fayda-maliyet analizleri kapsamında farklı pilot illerdeki kapalı spor salonlarında çalışılan senaryoların tamamı rantabl olarak değerlendirilmiştir. Bunun nedeni kapalı spor salonları/müzenin çatısının diğer mikro alanlara oranla daha büyük olmasıyla toplanan yağmur suyu dolayısıyla tasarruf edilen su miktarının daha fazla olmasıdır. Ordu'daki kapalı spor salonu çatısının büyük olması ve yağışın bol olmasıyla toplanan yağmur suyu miktarı da fazla olmuştur. Suyun birim fiyatı da yüksek olduğundan geri ödeme süresi diğer kapalı spor salonu/müzeyle kıyasla daha kısa olmuştur (Tablo 3.5).

3.3.1.3 Toplu Konut Alanlarında Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçları

Yağmur suyunun toplu konut alanlarında çatıdan toplanıp filtre edilerek kullanılmasına ilişkin fayda maliyet analizleri; Adana'da Buruk Mah. Toplu Konutları, İstanbul'da Kayabaşı Mah. 22. Bölge Toplu Konutları, İzmir'de Zeytinlik Mah. Toplu Konutları, Konya'da Ardıçlı Mah. Toplu Konutları, Mardin'de S.S. Bilkent Konut Yapı Kooperatifi Konutları ve Ordu'da Şirinevler Mah. Toplu Konutlarındaki binalar için yapılmıştır.

Toplu konut alanlarında yağmur suyunun kullanımına yönelik her bir mikro alan için çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Öncelikle toplanabilecek yağmur suyu miktarları belirlenmiş daha sonra bu senaryolarda belirtilen kullanım ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bu kapsamda binalarda yaşayan kişilerin zamansal su tüketimleri, kullanım alışkanlıkları, seçilen mikro alanın bulunduğu bölgenin son 10 yılda aldığı aylık ortalama yağışları hesaplanmıştır. Tuvalet rezervuarlarında ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı hesabında; binada yaşayan kişilerin günde 10 kere ve ziyaretçilerin günde 1 kere sifon kullandığı kabul edilmiştir. Tuvalet rezervuarı hacmi 6 litre olarak kabul edilmiştir. Yeşil alan sulama suyu ihtiyacı ise metrekaresine başına günlük 13,5 litre olduğu ve sulamanın yağışsız günlerde yapıldığı kabul edilmiştir. Hasat edilebilecek toplam yağmur suyu miktarının hesaplanmasında bölgeye en yakın meteoroloji istasyonunun 2010-2020 yılları aylık ortalama yağış verileri göz önüne alınmıştır.

Toplanabilen yağmur suyu miktarı ile mevcut su tüketiminden su tasarruf potansiyeli ve belirli bir ücret ödenen şebeke suyu yerine yağmur suyunun kullanılması ile kazanılabilecek ekonomik tasarruf miktarları bulunmuştur. Bölgedeki yerel fiyatlar ile yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Tüm fayda ve maliyetler değerlendirilerek YSH sistemi yatırımının geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Yerleşik binalarda yağmur suyunun yeniden kullanımına yönelik yapılan fayda maliyet analizlerinin sonuçları Tablo 3.7 ve Tablo 3.9'da verilmiştir.



Tablo 3.7 Yerleşik Binalarda Hasat Edilen Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları

Yerleşik Bina	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
Çatı Alanı (m ²)	920	2.151	1.830	8.544	800	2.200
Yağış Miktarı (mm)	699	642,5	582,2	364,6	631,7	1.246,4
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	463,02	870,68	719,19	2.103	341,12	1.851
Senaryo 1	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması					
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	2.116,8	15.182,64	4.190,40	17.452,8	1.512	3.036
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	463,02	870,68	719,19	2.103	341,12	1.851
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	10	15	15	30	5	25
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	121.993	310.225	128.585	606.560	96.195	245.516
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir					
Tasarruf (TL/yıl)	4.010	7.253	11.025	17.030	2.047	19.990
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	8,6601	8,33	15,33	8,1	6	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	20	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	21
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	21	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	18



Tablo 3.8 Yerleşik Binalarda Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları

Yerleşik Bina	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
Çatı Alanı (m ²)	920	2.151	1.830	8.544	800	2.200
Yağış Miktarı (mm)	699	642,5	582,2	364,6	631,7	1.246,4
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	463,02	870,68	719,19	2.103	341,12	1.851
Senaryo	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.400	3.148	3.579	5.560	1.797	6.516
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	463,02	870,68	719,19	2.103	341,12	1.851
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	10	15	15	30	5	25
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	64.993	113.275	89.900	154.360	60.945	132.511
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir					
Tasarruf (TL/yıl)	4.010	7.253	11.025	17.030	2.047	19.990
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	8,6601	8,33	15,33	8,1	6	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	47	37	12	13	Geri ödememektedir.	9
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	32	12	14	Geri ödememektedir.	8



Tablo 3.9 Yerleşik Binalarda Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 3 Sonuçları

Yerleşik Bina	Adana	İstanbul	Konya	Mardin
Çatı Alanı (m ²)	920	2.151	8.544	800
Yağış Miktarı (mm)	699	642,5	364,6	631,7
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	463,02	870,68	2.103	341,12
Senaryo	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması (su birim fiyatı apt. ve konut sulama tarifesinden alınarak)	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması (inşaatı başlamamış hali için)	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması (inşaatı başlamamış hali için)	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması (inşaatı başlamamış hali için)
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.400	15.182,64	17.452,8	1.512
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	463,02	870,68	2.103	341,12
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	10	15	30	5
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	64.993	193.225	175.410	73.195
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir			
Tasarruf (TL/yıl)	8.911	7.253	17.030	2.047
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	19,2447	8,33	8,1	6
Geri Ödeme Süresi (yıl)	10	Geri ödememektedir.	16	Geri ödememektedir.
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	12	Geri ödememektedir.	16	Geri ödememektedir.



Toplanabilir yağmur suyu miktarının en fazla olduğu binalar sırasıyla Konya, Ordu, İstanbul, İzmir, Adana ve Mardin olarak belirlenmiştir. Meskenler için su birim fiyatı en yüksek İzmir’de ve sonrasında Ordu, Adana, İstanbul, Konya ve Mardin’de uygulanmaktadır. Şebeke suyu yerine toplanan yağmur suyunun kullanılmasıyla suyun birim fiyatı dikkate alınarak sağlanacak tasarruf TL cinsinden en yüksek Ordu’daki toplu konutta bulunmuştur. Konya’da bulunan binaların çatı alanı diğer binalara göre büyük olmasına rağmen YSH sistemi için yapılacak yatırımın maliyetinin yüksek olması nedeniyle bu yatırım rantabl çıkmamıştır. Konya’daki bu binalarda yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması için yapılacak yatırımın toplam maliyetinin %70’i tesisatta yapılacak kırımla ilgili tadilatın maliyetidir. Benzer tipte olan binalarda inşaata başlamadan bu sistemin kurulması halinde yatırımın geri ödeme süresinin 16 yıl olacağı ve yatırımın rantabl olacağı belirlenmiştir.

Toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması halinde hem ilk yatırım maliyeti diğer illerdeki binalara göre düşük olması hem de su birim fiyatının yüksek olması nedeniyle sadece İzmir’deki yatırım rantabl bulunmuştur. Mardin’de bulunan binaların çatı alanı ve bulunduğu bölgedeki yağış az olduğundan, toplanan yağmur suyu miktarı dolayısıyla tasarruf miktarı da az olmuştur. Bunun yanı sıra Mardin’de suyun birim fiyatı da diğer illere göre düşüktür. Tüm bu faktörler değerlendirildiğinde bu binalar için yatırım rantabl olmamıştır.

Binalarda yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması için yapılacak yatırımın toplam maliyetinin %25-70’i tesisatta yapılacak kırımla ilgili tadilatın maliyetidir. Bu binalarda toplanan yağmur suyunun yeşil alan sulamada kullanılması halinde yatırım İzmir, Konya ve Ordu’da rantabl hale gelebilmektedir. Hasat edilen yağmur suyunun yeşil alan sulamada kullanılması istendiğinde bina içerisinde herhangi bir kırım yapılmayacağından bu kullanım şekli bu ve benzer yapılar için daha avantajlı olmaktadır.

İzmir’de suyun birim fiyatının yüksek olması (15,33 TL) Zeytinlik Mah. Toplu Konutlarında çatıdan toplanan yağmur suyu miktarı çok olmasa da yapılacak yatırımın geri ödeme süresinin kısa olmasını sağlamıştır. Konya’da suyun birim fiyatı ucuz olmasına rağmen Ardıçlı Mah. Toplu Konutlarında çatı alanı büyük olduğundan toplanan yağmur suyu miktarı fazla olmuş ve geri ödeme süresi kısa bulunmuştur (Tablo 3.7, Tablo 3.8).



3.3.1.4 İnşaatı Başlamamış Olan Toplu Konut Alanlarında Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçları

Yağmur suyunun toplu konut alanlarında çatıdan toplanıp filtre edilerek kullanılmasına ilişkin fayda maliyet analizleri; Adana’da Barbaros ve Bey Mah. Toplu Konutları, İstanbul’da Şerifali Mah. Toplu Konutları, İzmir’de Yenice Mah. Toplu Konutları, Konya’da Bahçelievler Mah. Toplu Konutları, Mardin’de Söğütözü Mah. Toplu Konutları ve Ordu’da Aybastı Ortaköy Mah. Toplu Konutlarında bir bina için yapılmıştır.

İnşaatına başlanmamış toplu konut alanlarında yağmur suyunun kullanımına yönelik her bir mikro alan için çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Öncelikle toplanabilecek yağmur suyu miktarları belirlenmiş daha sonra bu senaryolarda belirtilen kullanım ihtiyaçları hesaplanmıştır. Projelendirilen binaların kat-daire sayılarına göre hane sayıları belirlenerek kişilerin zamansal su tüketimleri, seçilen mikro alanın bulunduğu bölgenin son 10 yılda aldığı aylık ortalama yağışları hesaplanmıştır. Hasat edilebilecek toplam yağmur suyu miktarının hesaplanmasında bölgeye en yakın meteoroloji istasyonunun 2010-2020 yılları aylık ortalama yağış verileri göz önüne alınmıştır. Tuvalet rezervuarlarında ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı hesabında; binada yaşayan kişilerin günde 10 kere ve ziyaretçilerin günde 1 kere sifon kullandığı kabul edilmiştir. Tuvalet rezervuarı hacmi 6 litre olarak kabul edilmiştir. Yeşil alan sulama suyu ihtiyacı ise metrekaşe başına günlük 13,5 litre olduğu ve sulamanın yağışsız günlerde yapıldığı kabul edilmiştir.

Toplanabilen yağmur suyu miktarı ile mevcut su tüketiminden su tasarruf potansiyeli ve belirli bir ücret ödenen şebeke suyu yerine yağmur suyunun kullanılması ile kazanılabilecek ekonomik tasarruf miktarları bulunmuştur. Bölgedeki yerel fiyatlar ile yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Tüm fayda ve maliyetler değerlendirilerek YSH sistemi yatırımının geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Henüz inşaatı başlamamış olan binalarda yağmur suyunun yeniden kullanımına yönelik yapılan fayda maliyet analizlerinin sonuçları Tablo 3.10 ve Tablo 3.11’de verilmiştir.



Tablo 3.10 İnşaatı Başlanmamış Toplu Konut Alanlarında Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1
Sonuçları

Henüz İnşaatına Başlanmamış Bina	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
Çatı Alanı (m ²)	1.545	4.600	1.500	5.463	3.241	2.125
Yağış Miktarı (mm)	699	569,9	582,2	319,7	631,7	1.246,4
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	728,97	1.769,6	589,5	1.179	1.382	1.788
Senaryo 1	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması					
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.175,2	5.562	1.309	5.346	5.020	3.849
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	728,97	1.769,6	589,5	1.179	1.382	1.788
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	15	30	10	15	25	20
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	110.145	250.050	91.038	161.113	174.661	173.388
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir					
Tasarruf (TL/yıl)	6.313	14.741	9.037	9.550	8.292	14.517
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	8,6601	8,33	15,33	8,1	6	8,12
Geri Ödeme Süresi (yıl)	59	43	16	45	Geri ödememektedir.	20
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	37	17	56	Geri ödememektedir.	12



Tablo 3.11 İnşaatı Başlamamış Olan Toplu Konut Alanlarında Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2
Sonuçları

Henüz İnşaatına Başlanmamış Bina	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
Çatı Alanı (m ²)	1.545	4.600	1.500	5.463	3.241	2.125
Yağış Miktarı (mm)	699	569,9	582,2	319,7	631,7	1.246,4
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	728,97	1.769,6	589,5	1.179	1.382	1.788
Senaryo 2	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulama ile temizlik faaliyetlerinde kullanılması
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	5.836,3	6.337,6	2.684,05	3.853,6	7.548,8	3.248,8
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	728,97	1.769,6	589,5	1.179	1.382	1.788
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	15	30	15	15	25	20
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	80.535	156.600	91.700	135.118	128.351	145.638
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir					
Tasarruf (TL/yıl)	6.313	15.920	9.037	9.550	8.292	14.517
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	8,6601	8,33	15,33	8,1	6	8,12
Geri Ödeme Süresi (yıl)	24	15	16	31	35	15
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	29	15	17	30	34	14



Toplanabilir yağmur suyu miktarının en fazla olduğu binalar sırasıyla Ordu, Adana, Mardin, İzmir, İstanbul ve Konya olarak belirlenmiştir. Meskenler için su birim fiyatı en yüksek İzmir’de ve sonrasında Ordu, Adana, İstanbul, Konya ve Mardin’de uygulanmaktadır. Şebeke suyu yerine toplanan yağmur suyunun kullanılmasıyla suyun birim fiyatı dikkate alınarak sağlanacak tasarruf TL cinsinden en yüksek İstanbul’daki toplu konutta bulunmuştur. Ancak, İstanbul’daki toplu konutta YSH sisteminin ilk yatırım maliyeti yüksek olduğundan yatırım rantabl olarak değerlendirilememiştir.

Toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması halinde çatı alanı diğer illerdeki binaların çatı alanına göre küçük, toplanan yağış miktarı da az olmasına rağmen hem ilk yatırım maliyeti diğer illerdeki binalara göre düşük olması hem de su birim fiyatının yüksek olması nedeniyle İzmir’de yatırım rantabl bulunmuştur. Ordu’da ise ilk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen yağışın dolayısıyla toplanan yağmur suyunun fazla olması nedeniyle rantabldır. Mardin’de de suyun birim fiyatı diğer illere göre düşük ve ilk yatırım maliyeti yüksek olması nedeniyle yatırım rantabl olmamıştır.

Çatıdan toplanan yağmur suyunun yeşil alan sulamasında/temizlik faaliyetlerinde/araç yıkamada kullanılması, yağmur suyunun tuvalet rezervuarında sifon suyu olarak kullanılması için yapılacak olan kırım vb. gibi tadilat gerektirmediğinden daha avantajlı olmaktadır. Senaryo 2’deki yatırım maliyetlerindeki azalma sayesinde geri ödeme süreleri de kısalmıştır.



3.3.1.5 Sanayi Bölgelerinde Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçları

Yağmur suyunun sanayi bölgelerinde kullanımına ilişkin fayda maliyet analizleri; Adana'da Bossa Tekstil, İstanbul'da Ömür Matbaacılık, Manisa'da Schneider Elektrik, Konya'da Yeni Motorlu Küçük Sanayi Sitesi Etap-1 İdari Binası, Mardin'de Oyak Çimento ve Ordu'da Tera Giyim Fabrikası'nda yapılmıştır.

Sanayi bölgelerinde yağmur suyunun kullanımına yönelik her bir mikro alan için çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Öncelikle toplanabilecek yağmur suyu miktarları belirlenmiş daha sonra bu senaryolarda belirtilen kullanım ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bu kapsamda sanayi bölgesindeki personel ve ziyaretçilerin zamansal su tüketimleri, kullanım alışkanlıkları, seçilen mikro alanın bulunduğu bölgenin son 10 yılda aldığı aylık ortalama yağışları hesaplanmıştır. Hasat edilebilecek toplam yağmur suyu miktarının hesaplanmasında bölgeye en yakın meteoroloji istasyonunun 2010-2020 yılları aylık ortalama yağış verileri göz önüne alınmıştır. Tuvalet rezervuarlarında ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı hesabında, tesisteki kullanımlara göre değişmekle birlikte; personelin günde 5-7 kere ve ziyaretçilerin günde 1 kere sifon kullandığı kabul edilmiştir. Tuvalet rezervuarı hacmi, beyan edilen miktara göre değişmekle birlikte 6-8 litre arası kabul edilmiştir. Yeşil alan sulama suyu ihtiyacı ise metrekaşe başına günlük 13,5 litre olduğu ve sulamanın yağışsız günlerde yapıldığı kabul edilmiştir. Ayrıca sanayilerde yağmur suyunun proses suyu olarak kullanılması senaryoları da çalışılarak imalatta kullanılan su miktarından tasarruf potansiyelleri incelenmiştir.

Toplanabilen yağmur suyu miktarı ile mevcut su tüketiminden su tasarruf potansiyeli ve belirli bir ücret ödenen şebeke suyu yerine yağmur suyunun kullanılması ile kazanılabilecek ekonomik tasarruf miktarları bulunmuştur. Tüm fayda ve maliyetler değerlendirilerek YSH sistemi yatırımının geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Sanayi alanlarında yağmur suyunun kullanımına yönelik yapılan fayda maliyet analizlerinin sonuçları Tablo 3.12 ve Tablo 3.13 ile verilmiştir.



Tablo 3.12 Sanayi Bölgesinde Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları

Sanayi Bölgesi	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
Çatı Alanı (m ²)	100.000	900	22.400	2.400	5.722	4.480
Yağış Miktarı (mm)	693,7	642,5	749,8	364,6	631,7	1.246,4
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	46.822,3	390,32	12.092,5	590,6	2.440	3.769,2
Senaryo 1	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu ve proses suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu ve proses suyu olarak kullanılması ile temizlik faaliyetlerinde ve yeşil alan sulamasında kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Yol sulama suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması ile temizlik faaliyetlerinde ve araç yıkamada kullanılması
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	1.457.391	1.958	64.743	1.322	6.000	4.829
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	46.822,3	390,32	12.092,5	590,6	2.440	3.725
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	50	5	45	10	40	40
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	6	1	2	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	774.200	73.385	183.700	159.598	113.481	199.063
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir					
Tasarruf (TL/yıl)	166.219	8.743	325.167	9.638	26.351	96.779
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	3,55	22,4	26,89	16,32	10,8	25,98
Geri Ödeme Süresi (yıl)	6	12	1	41	5	3
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	6	11	1	49	6	3



Tablo 3.13 Sanayi Bölgesinde Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları

Sanayi Bölgesi	Adana	İstanbul	Konya	Mardin
Çatı Alanı (m ²)	100.000	900	2.400	5.722
Yağış Miktarı (mm)	693,7	642,5	364,6	631,7
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	46.822,3	390,32	590,6	2.440
Senaryo 2	Proses suyu olarak kullanılması	Yeşil alan sulamasında kullanılması	Yeşil alan sulamasında kullanılması	Yeşil alan sulamasında kullanılması
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	1.436.367	944,39	1.297,27	947.015
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	46.822,3	383,61	590,6	2.440
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	50	5	10	40
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	6	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	630.780	52.925	76.385	113.481
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir			
Tasarruf (TL/yıl)	166.219	8.593	9.638	26.351
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	3,55	22,4	16,32	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	5	9	11	5
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	5	8	12	6



Çatısından toplanan yağmur suyu miktarına göre sanayi tesisleri büyükten küçüğe sıralandığında Adana Bossa Tekstil, Manisa Schneider Elektrik, Ordu Tera Giyim Fabrikası, Mardin Oyak Çimento, Konya Yeni Motorlu Küçük Sanayi Sitesi Etap-1 İdari Binası ve İstanbul Ömür Matbaacılık olmuştur. Sanayi için su birim fiyatı en yüksek İzmir’de, sonrasında Ordu, İstanbul, Konya ve Mardin de uygulanmaktadır. Bossa Tekstil OSB içerisinde bulunduğu Hacı Sabancı OSB’nin su satış birim fiyatı dikkate alınmıştır.

Sanayi tesisleri genel olarak geniş bir alanda kurulmakta ve çatıları büyük olmaktadır. Dolayısıyla toplanan yağmur suyu miktarı fazla olmaktadır.

Toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması halinde Konya Yeni Motorlu Küçük Sanayi Sitesi Etap-1 İdari Binası hariç fayda maliyet analizi yapılan tüm tesislerde rantabl çıkmıştır. Konya Yeni Motorlu Küçük Sanayi Sitesi Etap-1 İdari Binasında yatırımın rantabl çıkmamasının nedeni hem yağışın az olması hem de ilk yatırım maliyetinin yüksek çıkmasından kaynaklanmaktadır. Senaryo 2’de toplanan yağmur suyunun yeşil alan sulamada/proses suyu olarak kullanılması halinde ise herhangi bir kırım ihtiyacı olmayacağından ilk yatırım maliyeti daha düşük bulunmuş böylelikle yatırım rantabl bulunmuştur.

3.3.1.6 Kamu Binalarında Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçları

Yağmur suyunun kamu binalarında kullanımına ilişkin fayda maliyet analizleri; Adana’da Adana Büyükşehir Belediye Binası, İstanbul’da İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) Eyüpsultan İlçesi Şube Hizmet Binası, İzmir’de Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi, Konya’da Konya Şehir Kütüphanesi, Mardin’de İlköğretim Okulu ve Ordu’da Ordu Su ve Kanalizasyon İdaresi (OSKİ) binası için yapılmıştır.

Kamu binalarında yağmur suyunun kullanımına yönelik her bir mikro alan için çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Öncelikle toplanabilecek yağmur suyu miktarları belirlenmiş daha sonra bu senaryolarda belirtilen kullanım ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bu kapsamda kamu binasında personel ve ziyaretçilerin zamansal su tüketimleri, kullanım alışkanlıkları, seçilen mikro alanın bulunduğu bölgenin son 10 yılda aldığı aylık ortalama yağışları hesaplanmıştır. Tuvalet rezervuarlarında ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı hesabında, binadaki kullanımlara göre değişmekle birlikte; personelin günde 3-5 kere ve ziyaretçilerin günde 1 kere sifon kullandığı kabul edilmiştir. Tuvalet rezervuarı hacmi 6 litre olarak kabul edilmiştir. Yeşil alan sulama suyu ihtiyacı ise metrekare başına günlük 13,5 litre olarak kabul edilmiştir. Hasat edilebilecek toplam yağmur suyu miktarının hesaplanmasında bölgeye en yakın meteoroloji istasyonunun 2010-2020 yılları aylık ortalama yağış verileri göz önüne alınmıştır. Toplanabilen yağmur suyu miktarı ile mevcut su tüketiminden su tasarruf potansiyeli ve belirli bir ücret ödenen şebeke suyu yerine yağmur suyunun kullanılması ile kazanılabilecek ekonomik tasarruf miktarları bulunmuştur. Tüm fayda ve maliyetler değerlendirilerek YSH sistemi yatırımının geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Kamu binalarında yağmur suyunun kullanımına yönelik yapılan fayda maliyet analizlerinin sonuçları Tablo 3.14 ve Tablo 3.15’te verilmiştir.



Tablo 3.14 Kamu Binalarında Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları

Kamu Binası	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
Çatı Alanı (m ²)	1.100	775	4.583	6.220	1.615	694,40
Yağış Miktarı (mm)	699	642,5	749,3	364,6	631,7	1.246,4
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	519,01	336,11	2.163,39	1.632,66	688,64	584,23
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.124,80	878,4	5.369,40	3.024,00	1.071,54	1.053,36
Senaryo 1	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu ve yeşil alan sulama suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması	Tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	519,01	336,11	2.163,39	1.632,66	688,64	584,53
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	15	5	50	25	10	10
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	117.190	66.355	138.175	179.171	97.212,5	103.075
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir					
Tasarruf (TL/yıl)	6.714	2.800	49.693	19.886	6.198	6.310
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	12,937	8,33	22,97	12,18	9,00	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	26	49	3	11	22	24
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	29	44	4	11	22	23



Tablo 3.15 Kamu Binalarında Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları

Kamu Binası	Adana	İstanbul	Konya	Mardin	Ordu
Çatı Alanı (m ²)	1.100,00	775,00	6.220,00	1.615,00	694,40
Yağış Miktarı (mm)	699	642,5	364,6	631,7	1.246,4
Toplanan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	519,01	336,11	1.632,66	688,64	584,23
İhtiyaç Duyulan Su Miktarı (m ³ /yıl)	8.688	2.581	11.119	4.376,9	584,23
Senaryo 2	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması	Bahçe sulama, temizlikte kullanılması	Araç yıkamada ve temizlik faaliyetlerinde kullanılması ile tanker dolumu için kullanılması
Kullanılan Yağmur Suyu Miktarı (m ³)	519,01	336,11	1.632,66	689	584,23
Yağmur Suyu Depo Hacmi (m ³)	15	5	25	10	10
Yağmur Suyu Depo Sayısı (adet)	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	104.215	45.675	96.396	59.662,5	76.595
Bakım Maliyeti (TL)	500 TL, 3 yılda bir 2.150 TL, 6 yılda bir				
Tasarruf (TL/yıl)	6.714,4	2.800	19.886	6.198	6.310
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	12,937	8,33	12,18	9,00	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	22	27	6	13	16
İklim Değişikliği Projeksiyonu Dikkate Alındığında Geri Ödeme Süresi (yıl)	22	25	6	13	15



Toplanan yağmur suyu miktarına göre kamu binaları büyükten küçüğe sıralandığında Konya Şehir Kütüphanesi, Mardin İlköğretim Okulu, Ordu OSKİ hizmet binası, Adana Büyükşehir Belediye binası ve İSKİ Eyüpsultan İlçesi Şube Hizmet Binası olmuştur. Resmi daireler için su birim fiyatı en yüksek İzmir’de ve sonrasında Adana, Konya, Ordu, Mardin ve İstanbul’da uygulanmaktadır. Şebeke suyu yerine toplanan yağmur suyunun kullanılmasıyla suyun birim fiyatı dikkate alınarak sağlanacak tasarruf TL cinsinden en yüksek Konya ve Ordu’daki tesislerde bulunmuştur. İzmir’de hem suyun birim fiyatının en yüksek olması hem de çatının büyük olmasından kaynaklı tasarruf edilen miktar fazla olmaktadır.

Toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması halinde İzmir Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi, Konya Şehir Kütüphanesinde; yeşil alan sulamasında kullanılması halinde ise Konya Şehir Kütüphanesi, Ordu Su ve Kanalizasyon İdaresi (OSKİ) hizmet binası, Mardin’de İlköğretim Okulunda rantabl olmaktadır.

Hasat edilen yağmur suyunun yeşil alan sulamada kullanılması istendiğinde binalar içerisinde herhangi bir kırım yapılmayacağından bu kullanım şekli bu ve benzer yapılar için daha avantajlı olmaktadır.

3.3.1.7 Rekreasyon Alanlarında Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçları

Yağmur suyunun rekreasyon alanlarında kullanımına ilişkin fayda maliyet analizleri; Adana’da Çarkıpare Parkı, İstanbul’da Büyük Çamlıca Korusu, İzmir’de Prof. Dr. Ekrem Akurgal Rekreasyon Alanı, Konya’da Ecdat Parkı, Mardin’de Kamor Millet Bahçesi ve Ordu’da Kumsal Peyzaj Düzenleme Alanı için yapılmıştır. Rekreasyon alanlarında akışa geçen suların park içinde tutulması ile arıtma tesisi giriş debisinin düşmesi ve arıtma maliyetinin azalması, sistemin ekonomik faydası olarak değerlendirilmiştir. Ekonomik faydanın hesaplanması için arıtılan birim atıksu başına atıksu arıtma tesisinde gerçekleşen işletme ve bakım gideri 2 TL/m³ alınmıştır (Tablo 3.16).

Adana Sarıçam Çarkıpare Parkı 40.000 m² alan kaplamaktadır. Parkta yağışlı günlerde yüzey akışa geçebilecek olan yağmur suyunun yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır. Parkta bulunan otopark, yürüyüş yolları, oyun ve spor alanları gibi geçirimsiz yüzeyler 13.880 m² ve yeşil alanların yayıldığı geçirimli yüzeylerin toplam alanı 26.120 m² olarak ölçülmüştür. Yağmur hendekleri için yüzey akış suyu miktarının hesaplanmasında geçirimli ve geçirimsiz alanların geçirimsizlik kapasitesine göre verilen eğri numaraları (CN) sırasıyla 72 ve 98 olarak alınmıştır. Yapılan hesaplamalara göre, Adana İli Sarıçam İlçesinde bulunan Spor - Macera ve Dinlenme Parkında en yüksek yüzey akış potansiyeli yağış miktarının fazla olduğu aralık ayında yaşanmaktadır. Aralık ayında park alanından yüzey akışa geçebilecek toplam su miktarı 384,5 m³ olarak hesaplanmıştır. Parkın genel yapısına uygun olarak tasarlanan toplamda 160 m yağmur hendekleri ile akışa geçen suyun tutulması sağlanabilmektedir. Rekreasyon alanında yapılacak yatırımın maliyeti (kazı işlemi bedeli) 12.723 TL olmaktadır. Park içinde tutulan sular sayesinde arıtma tesisi giriş debisinin düşmesi ve arıtma maliyetinin azalması sonucu olarak yıllık 7.849 TL ekonomik tasarruf sağlanmış



olacaktır. Tasarlanan yağış suyu yönetim sistemlerinin geri ödeme süresinin yaklaşık 3 yıla karşılık geldiği ve rantabl olduğu görülmektedir.

İstanbul Büyük Çamlıca Korusu yaklaşık 182.500 m² alan kaplamaktadır. Parkta yağışlı günlerde yüzey akışa geçebilecek olan yağmur suyunun yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır. Yapılan ölçümlere göre alanın büyük bölümünün (%87) yeşil alanlardan oluştuğu görülmektedir. Bunun yanı sıra binalar, otopark, çocuk parkı gibi geçirimsiz sosyal donatılar bulunmaktadır. Yapılan hesaplamalara göre, en yüksek yüzey akış potansiyeli yağış miktarının fazla olduğu aralık ayında yaşanmaktadır. Aralık ayında park alanından yüzey akışa geçebilecek toplam su miktarı 1.621 m³ olarak hesaplanmıştır. Parkın genel yapısına uygun olarak tasarlanan toplamda 630 m yağmur hendekleri ile akışa geçen suyun tutulması sağlanabilmektedir. Rekreasyon alanında yapılacak yatırımın maliyeti (kazı işlemi bedeli) 73.524 TL olmaktadır. Park içinde tutulan sular sayesinde arıtma tesisi giriş debisinin düşmesi ve arıtma maliyetinin azalması sonucu olarak yıllık 35.196 TL ekonomik tasarruf sağlanmış olacaktır. Tasarlanan yağış suyu yönetim sistemlerinin geri ödeme süresinin yaklaşık 3 yıla karşılık geldiği ve rantabl olduğu görülmektedir.

İzmir Prof. Dr. Ekrem Akurgal Yaşam Parkı 65.755 m² alan kaplamaktadır. Parkta yağışlı günlerde yüzey akışa geçebilecek olan yağmur suyunun yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır. Ayrıca parkta bulunan binaların çatı yüzeyinden hasat edilebilecek yağmur suyunun depolanarak park içinde ihtiyaç duyulan sulama suyunun karşılanması öngörülmüştür. Parkta bulunan otopark, yürüyüş yolları, oyun ve spor alanları gibi geçirimsiz yüzeyler 24.980 m² ve yeşil alanların yayıldığı geçirimli yüzeylerin toplam alanı 40.775 m² olarak ölçülmüştür. Yapılan hesaplamalara göre, İzmir İli Bayraklı İlçesinde bulunan Ekrem Akurgal Parkında en yüksek yüzey akış potansiyeli yağış miktarının en fazla olduğu ocak ayında park alanından yüzey akışa geçebilecek toplam su miktarı 1.259,15 m³ olarak hesaplanmıştır. Parkın genel yapısına uygun olarak tasarlanan toplamda 150 m yağmur hendekleri ve çatı yağmur suyu hasadı sistemi ile akışa geçen suyun tutulması sağlanabilmektedir. Parkta yer alan binaların 3168 m² çatı alanlarından toplanabilecek yağmur suları için 20 m³'lük bir su deposu uygun görülmüştür. Rekreasyon alanında yapılacak yatırımın maliyeti (kazı işlemi bedeli, boru bedeli, depo bedeli ve arıtma (filtre) bedeli dâhil) 132.659 TL olmaktadır. Park içinde tutulan sular sayesinde arıtma tesisi giriş debisinin düşmesi ve arıtma maliyetinin azalması ayrıca şebeke suyu yerine yağmur suyunun kullanılmasının sonucu olarak yıllık 42.381 TL ekonomik tasarruf sağlanmış olacaktır. Tasarlanan yağış suyu yönetim sistemlerinin geri ödeme süresinin yaklaşık 4 yıla karşılık geldiği ve rantabl olduğu görülmektedir.

Konya Ecdat Parkı 130.841 m² alan kaplamaktadır. Parkta yağışlı günlerde yüzey akışa geçebilecek olan yağmur suyunun yağmur bahçesi ve yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır. Parkta bulunan yürüyüş yolları, bina çatıları ve yapay gölet gibi geçirimsiz yüzeyler 97.499 m² ve yeşil alanların yayıldığı geçirimli yüzeylerin toplam alanı 33.342 m² olarak ölçülmüştür. Park için oluşturulan senaryo örneğinde parktaki göletin



kuzeyinde bulunan binanın çatı alanından toplanabilecek yağmur suyu için binanın yanındaki yeşil alanda yağmur bahçesi yapılması ve park genelinde diğer geçirimli ve geçirimsiz alanlardan yüzey akışa geçen suyun tutulması için ise yağmur hendekleri yapılması uygun görülmüştür. Yapılan hesaplamalara göre, en yüksek yüzey akış potansiyeli yağış miktarının fazla olduğu ocak ve aralık ayında park alanından yüzey akışa geçebilecek toplam su miktarı 3.833 m^3 olarak hesaplanmıştır. Parkın genel yapısına uygun olarak tasarlanan toplamda 730 m yağmur hendekleri ile akışa geçen suyun tutulması sağlanabilmektedir. Çatıdan gelen yağmur sularının tutulması için oluşturulması düşünülen yağmur bahçesinin büyüklüğü ise 38 m^3 olarak belirlenmiştir. Rekreasyon alanında yapılacak yatırımın maliyeti (kazı işlemi bedeli) 175.507 TL olmaktadır. Park içinde tutulan sular sayesinde arıtma tesisi giriş debisinin düşmesi ve arıtma maliyetinin azalması sonucu olarak yıllık 25.039 TL ekonomik tasarruf sağlanmış olacaktır. Tasarlanan yağış suyu yönetim sistemlerinin geri ödeme süresinin yaklaşık 9 yıla karşılık geldiği ve rantabl olduğu görülmektedir.

Mardin Kamor Millet Bahçesi 51.275 m^2 alan kaplamaktadır. Parkta yağışlı günlerde yüzey akışa geçebilecek olan yağmur suyunun yağmur bahçesi ve yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır. Parkta bulunan yürüyüş yolları, bina çatıları ve yapay gölet gibi geçirimsiz yüzeyler 15.999 m^2 ve yeşil alanların yayıldığı geçirimli yüzeylerin toplam alanı ise 35.276 m^2 olarak ölçülmüştür. Yapılan hesaplamalara göre, en yüksek yüzey akış potansiyeli yağış miktarının fazla olduğu aralık ayında park alanından yüzey akışa geçebilecek toplam su miktarı 482 m^3 olarak hesaplanmıştır. Parkın genel yapısına uygun olarak tasarlanan toplamda 1374 m^2 yağmur hendekleri ve 229 m^2 yağmur bahçesi ile akışa geçen suyun tutulması sağlanabilmektedir. Rekreasyon alanında yapılacak yatırımın maliyeti (kazı işlemi bedeli) 21.848 TL olmaktadır. Park içinde tutulan sular sayesinde arıtma tesisi giriş debisinin düşmesi ve arıtma maliyetinin azalması sonucu olarak yıllık 7.466 TL ekonomik tasarruf sağlanmış olacaktır. Tasarlanan yağış suyu yönetim sistemlerinin geri ödeme süresinin yaklaşık 4 yıla karşılık geldiği ve rantabl olduğu görülmektedir.

Ordu Altınordu Kumsal Parkı 6.104 m^2 alan kaplamaktadır. Parkta yağışlı günlerde yüzey akışa geçebilecek olan yağmur suyunun yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır. Parkta bulunan yürüyüş yolları ve spor alanları gibi geçirimsiz yüzeyler 3.297 m^2 ve yeşil alanların yayıldığı geçirimli yüzeylerin toplam alanı ise 2.807 m^2 olarak ölçülmüştür. Yapılan hesaplamalara göre, en yüksek yüzey akış potansiyeli yağış miktarının fazla olduğu aralık ayında park alanından yüzey akışa geçebilecek toplam su miktarı $669,5 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Parkın genel yapısına uygun olarak tasarlanan toplamda 60 m yağmur hendekleri ile akışa geçen suyun tutulması sağlanabilmektedir. Rekreasyon alanında yapılacak yatırımın maliyeti 132.659 TL olmaktadır. Park içinde tutulan sular sayesinde arıtma tesisi giriş debisinin düşmesi ve arıtma maliyetinin azalması sonucu olarak yıllık 42.381 TL ekonomik tasarruf sağlanmış olacaktır. Tasarlanan yağış suyu yönetim sistemlerinin geri ödeme süresinin yaklaşık 4 yıla karşılık geldiği ve rantabl olduğu görülmektedir.



Tablo 3.16 Rekreasyon Alanlarında Yağmur Suyunun Kullanımına Yönelik Fayda Maliyet Analizi Sonuçları

Kamu Binası	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
	<i>Sarıçam Çarkıpare Parkı</i>	<i>Büyük Çamlıca Korusu</i>	<i>Prof.Dr. Ekrem Akurgal Yaşam Parkı</i>	<i>Ecdat Parkı</i>	<i>Kamor Millet Bahçesi</i>	<i>Altınordu Kumsal</i>
Yağış Miktarı (mm)	699	642,5	749,3	364,6	631,7	1.246,4
Toplanan/Tutulan Yağmur Suyu Miktarı (m ³ /yıl)	3.925	17.598	9.398	12.520	4.443	670
Senaryo	Yağmur suyunun bir kısmının gölete iletilmesi bir kısmının da yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır.	Yağmur suyunun bir kısmının gölete iletilmesi bir kısmının da yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır.	Yağmur suyunun bir kısmının gölete iletilmesi bir kısmının da yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır.	Alanda yağmur bahçesi yapılması ve yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır.	Alanda yağmur bahçesi yapılması ve yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır.	Alanda yağmur bahçesi yapılması ve yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır.
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	17.433	73.524	132.659	175.507	21.848	132.659
Tasarruf (TL/yıl)	7.849	35.196	42.381	25.039	7.466	42.381
Artılan Atıksu Başına Atıksu Arıtma Tesislerinde Gerçekleşen İşletme ve Bakım Gideri (TL/m ³)	2	2	2	2	2	2
Geri Ödeme Süresi (yıl)	3	3	4	9	4	4



3.3.1.8 Genel Değerlendirme ve Sonuçlar

Yapılan çalışmaların sonuçlarının genel değerlendirmesi ve çıkarımlar

Fayda maliyet analizi yapılan kullanımda olan otellerden Akamoy Otel’de çatıdan toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarında sifon suyu olarak, temizlik ve araç yıkama faaliyetleri ile bahçe sulamada kullanılması; Adana Double Tree by Hilton Hotel, İzmir Oğlakçioğlu Park Butik Otel, Antalya Aska Lara Resort Hotel ve Mardin Yay Grand Otel’de çatıdan toplanan yağmur suyunun sadece bahçe sulamada kullanılması ile ilgili olan yatırımın rantabl olduğu belirlenmiştir.

Kapalı spor salonu/müzelerde yapılan fayda maliyet analizi sonuçlarına bakıldığında çalışılan her mikro alanda yatırımın hem toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarında sifon suyu olarak kullanılması hem de bahçe sulamada kullanılması ile ilgili olan yatırımın rantabl olduğu belirlenmiştir. Kapalı spor salonlarının çatısı diğer mikro alanlara oranla daha büyük olduğundan toplanan yağmur suyu miktarı fazla olmaktadır.

Toplu konutlarda ise yerleşik binalarda İzmir’deki binada toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarında kullanılması rantabl bulunmuştur. Yerleşik binalarda yağmur suyunun tuvalet rezervuarında sifon suyu olarak kullanılması için tadilat yapılması gerektiğinden, ilk yatırım maliyeti kırım-yapım bedeli içermektedir. Ancak yağmur suyunun bahçe sulama, araç yıkama ve temizlik faaliyetlerinde kullanılması halinde tadilat gerekmeyecek ve ilk yatırım maliyeti kırım-yapım bedeli içermediğinden daha düşük olacaktır. Sadece bahçe sulamada kullanılması durumunda yatırımın geri ödeme süresi İzmir, Konya ve Ordu’daki toplu konutlarda rantabl olarak bulunmuştur.

Henüz inşaatı başlamamış toplu konutlarda ise toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması halinde İzmir ve Ordu’da; sadece bahçe sulama/temizlik faaliyetlerinde kullanılması halinde İstanbul, İzmir ve Ordu’da rantabl bulunmuştur.

Sanayi tesisleri genel olarak geniş bir alanda kurulmakta ve çatıları büyük olmaktadır. Dolayısıyla toplanan yağmur suyu miktarı fazla olmaktadır. Sanayi alanlarında toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması halinde Konya Yeni Motorlu Küçük Sanayi Sitesi Etap-1 İdari Binası hariç fayda maliyet analizi yapılan tüm tesislerde rantabl çıkmıştır. Konya Yeni Motorlu Küçük Sanayi Sitesi Etap-1 İdari Binasında yatırımın rantabl çıkmamasının nedeni hem yağışın az olması hem de ilk yatırım maliyetinin yüksek çıkmasından kaynaklanmaktadır. Fakat Konya’da çalışılan sanayi bölgesinde hasat edilen yağmur suyunun yeşil alan sulama suyu olarak kullanılması senaryosunda geri ödeme süresinin 11 yıla indiği ve rantabl olduğu görülmüştür. Tesislerin çatısından toplanan yağmur suyunun yeşil alan sulamada/proses suyu olarak kullanılması halinde tesislerde herhangi bir kırım ihtiyacı olmayacağından ilk yatırım maliyeti daha düşük bulunmuş böylelikle yatırım daha rantabl bulunmuştur.



Kamu binalarından İzmir Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi binasında çatıdan toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu ve yeşil alan sulamada kullanılması ile Konya Şehir Kütüphanesi çatısından toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması için yapılacak yatırımların rantabl olduğu; aynı zamanda Konya Şehir Kütüphanesi ve Mardin'deki ilköğretim okulunda toplanan yağmur suyunun bahçe sulamada kullanılması ile OSKİ Ana Hizmet Binası'ndan toplanan yağmur suyunun araç yıkama ve temizlik faaliyetlerinde kullanılması ile tanker doldurulması için yapılacak yatırım rantabl olduğu belirlenmiştir.

Geri ödeme sürelerini etkileyen unsurlar için yapılan kurgu çalışmaları ve sonuçları

Kuraklık ve susuzlukla mücadele için alternatif su kaynağı olarak yağmur suyunun, ihtiyaçları karşılamak üzere kullanılması şart olmuştur. Kentlerimizi yağmur suyu hasadı sistemini uygulamaya yönlendirmek üzere sistemin geri ödeme süresine etki eden unsurlar analiz edilmiştir. Her mikro alanda çeşitli senaryolar üretilerek; bina tipolojilerinin, illerin ve fayda-maliyet analizine etki eden parametrelerin karşılaştırmaları yapılmıştır.

YSH sistemlerinin geri ödeme sürelerini etkileyen en önemli unsurlar aşağıda verilmiştir. Bunlar:

- Yağış miktarı,
- Çatı alanı ve
- Suyun birim fiyatıdır.

Bu unsurlara ek olarak yağmur suyu hasadı sistemi yatırım maliyetini doğrudan etkileyen hususlar bulunmaktadır:

İnşaatına başlanmamış-projelendirilmiş binalarda yağmur suyu sistemi uygulanması için tesisat veya döşeme değişikliği gerekmeyeceğinden kırım-yapım maliyeti bulunmamaktadır. Dolayısıyla yapılara projelendirme aşamasında yağmur suyu sistemi tasarlanması halinde ilk yatırım maliyeti düşmekte ve yatırımın geri ödeme süresi kısalmaktadır. Örneğin; kullanımda olan oteller kapsamında çalışılan Antalya'daki otelde YSH sisteminin tuvalet rezervuarlarında kullanılması için gereken yatırım "geri ödenememektedir" olarak sonuçlanırken, aynı otelin inşaatına başlanmadan önce YSH sistemi uygulanması durumunda geri ödeme süresi 8 yıl olarak bulunmuştur (Bknz. Tablo 3.2 ve Tablo 3.4).

Toplanan suyun kullanım alanı ise sistemin tasarımında gerekli olan ekipmanları belirlediği için sistemin yatırım maliyetine doğrudan etki etmektedir. Bina tipolojilerinde toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarları, bahçe sulama ve temizlik gibi çeşitli faaliyetlerde kullanılması durumları değerlendirilmiştir. Toplanan yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması durumunda boru, boru-montaj ve kırım-yapım maliyetleri artmaktadır. Dolayısıyla yeniden kullanım alanının bahçe sulama veya zemin temizliği gibi amaçlar olması halinde yatırımın geri ödeme süresi daha kısa olmaktadır. Ekonomik faydanın, bahsi geçen maliyeti karşılayamadığı alanlar için toplanan suyun kullanım alanının bahçe sulama veya



zemin temizliği olarak belirlenmesi çözüm olarak sunulmuştur. Örneğin; Ordu'da bulunan yerleşik binada yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması senaryosunda geri ödeme süresi 21 yıl olarak hesaplanırken, yağmur suyunun yeşil alan sulama suyu olarak kullanılması halinde geri ödeme süresi 9 yıla inmektedir (Bknz. Tablo 3.7 ve Tablo 3.8).

Fayda-maliyet analizi çalışılan alanlarda sistemlerin yatırım maliyeti, bulunduğu bölgedeki yerel piyasa fiyatlarına göre alınmış olup, iller arasında değişiklik göstermektedir. Farklı illerdeki maliyetler, rekabet koşulları, talep ve arz dengesi gibi faktörler, birim fiyatları üzerinde etkili olabilmektedir. İllere göre yerel piyasa fiyat farkını analiz edebilmek için her ilde aynı yapı özelliklerine sahip bir binanın bulunduğu varsayılmıştır. Aynı yapı özelliğine sahip binada YSH sisteminin kurulmasının ilk yatırım maliyeti büyükten küçüğe sırasıyla; Ordu, İstanbul, Mardin, İzmir, Adana ve Konya şeklindedir. Ancak aradaki farkların çok yüksek olmamasından dolayı yerel piyasa fiyatları arasındaki farklılıkların, sistemin uygulanabilirliği açısından önemli bir unsur olmadığı söylenebilmektedir.

İlaveten, binanın kat yüksekliği ve binadaki ıslak hacimlerin dağılımı da yatırım maliyetini etkileyen unsurlardan biridir. Bir yapıda bulunan mutfak, banyo, tuvalet, duş yerleri gibi içinde su bulunan hacimlere verilen genel adlandırma ıslak hacimdir. Islak hacimleri dağınık olmayan ve kat sayısı az olan yapılarda boru, boru-montaj ve kırım-yapım maliyetleri daha düşüktür. Bu özelliklere sahip binalarda geri ödeme süreleri daha kısa bulunmuştur. Örneğin; Mardin İlinde projelendirme aşamasında olan mesken konut için 3.241 m² çatı alanına sahip binalarda dahi rantabiliteye ulaşamamıştır ancak ıslak hacmi dağınık olmayan ve kat sayısının az olmasından dolayı daha az boru ihtiyacı gereken, yaklaşık 1.600 m² çatı alanına sahip bir ilkokulda geri ödeme süresi 22 yıl olarak bulunmuştur. Hatta toplanan yağmur suyunun bahçe sulama amaçlı kullanılması halinde geri ödeme süresinin 13 yıla indiği görülmektedir (Bknz. Tablo 3.14-Tablo 3.15). Aynı şekilde Mardin İlinde bulunan 400 yataklı, 2.250 m² çatı alanına sahip bir otelde yağmur suyu hasadı sisteminin bahçe sulama amaçlı kullanılması için gereken yatırım bedelinin geri ödeme süresi 10 yıl olarak bulunmuştur (Bknz. Tablo 3.3).

Yukarıda bahsi geçen unsurların geri ödeme süresine etkisi alt başlıklar halinde örneklerle anlatılmıştır.



3.3.1.8.1 Yağış Miktarı

Bölgeye düşen yağış miktarı, yağmur suyu hasadı sistemi uygulanmasıyla tasarruf edilebilecek su miktarını doğrudan etkilemektedir. 1990-2020 yılları arasında ortalama toplam yıllık yağış değerlerine bakıldığında pilot iller arasında çalışılan mikro alanlar için büyükten küçüğe yağış miktarı sırasıyla; Ordu (1.049 mm), İzmir (709,9 mm), Mardin (675,6 mm), Adana (668,8 mm), İstanbul (660,9 mm), ve Konya (331,8 mm) olduğu bilinmektedir (MGM, 2023). Mikro alanlarda toplanabilecek yağmur suyu miktarının hesaplanmasında bölgeye en yakın meteoroloji istasyonunun yağış verileri kullanılmıştır. Aynı il sınırlarında farklı bölgelere göre yağış miktarı değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca iklim değişikliği etkileri ile de yağış rejiminin şiddet ve bölgesel olarak çok değiştiğini söylemek mümkündür.

Yağış miktarının geri ödeme süresine etkisinin anlaşılması için her ilde aynı yapı özelliklerine sahip inşaatına başlanmamış bina, kamu binası ve mevcut otel bulunduğu varsayılarak bu yapılarda yağmur suyu hasadı sisteminin yapılmasının maliyeti, yatırımdan kaynaklı sağlanacak fayda ve yatırımın geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Her ilde olduğu varsayılan farklı tipolojilerdeki binaların yapı özellikleri aşağıdaki gibidir:

İnşaatına başlanmamış binanın 1000 m² çatı alanına sahip, 10 katlı ve her katında 6 daire olduğu, her dairede de 3 kişinin yaşadığı kabul edilmiştir. İnşaatına başlanmamış binada hasat edilen yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması planlanmıştır.

Mevcut otelin çatı alanı ve yeşil alan büyüklüğü 1000 m² olarak alınmıştır. Otel, 20 yatak kapasitesine sahip olup 365 gün boyunca hizmet vermektedir. Otelin doluluk oranı %55 olarak belirlenmiştir. Ayrıca otelde 12 personel çalıştırmakta olup, 1 katlı ve 5 yıldızlı bir oteldir. Kullanımda olan otelde hasat edilen yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu, yeşil alan sulaması, araç yıkama ve zemin temizleme amaçları için kullanılması planlanmıştır.

Kamu binasının çatı alanı 1000 m² büyüklüğünde ve bina kat sayısı 5'dir. Kamu binasında 88 kişi çalışmakta ve günlük ortalama 2300 kişi ziyaretçi olarak gelmektedir. Kamu binasında hasat edilen yağmur suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu ve yeşil alan sulama suyu olarak kullanılması planlanmıştır.

Varsayılan bu yapılarda şehirlere göre su birim fiyatı ve geri ödeme süresi karşılaştırması Şekil 3.1 ile verilmektedir. Görüldüğü üzere yağış miktarı ile geri ödeme süresi arasında ters orantı bulunmaktadır. Kurgusu yapılan binaların buldukları bölgelere göre yağışı fazla olan alanda toplanan yağmur suyu miktarı dolayısıyla tasarruf edilen su miktarı fazla olmakta ve yatırımın geri ödeme süresi daha kısa olmaktadır.

İllerdeki seçilen meteoroloji istasyonlarının yağış verilerine göre yağış miktarı, 320 mm ile en düşük Konya – 1.247 mm ile en yüksek Ordu arasında değişmektedir. Yağış miktarı arasındaki yaklaşık ¼ oranında olan bu farktan dolayı Ordu'da 1000 m² çatı alanına sahip yapıda YSH

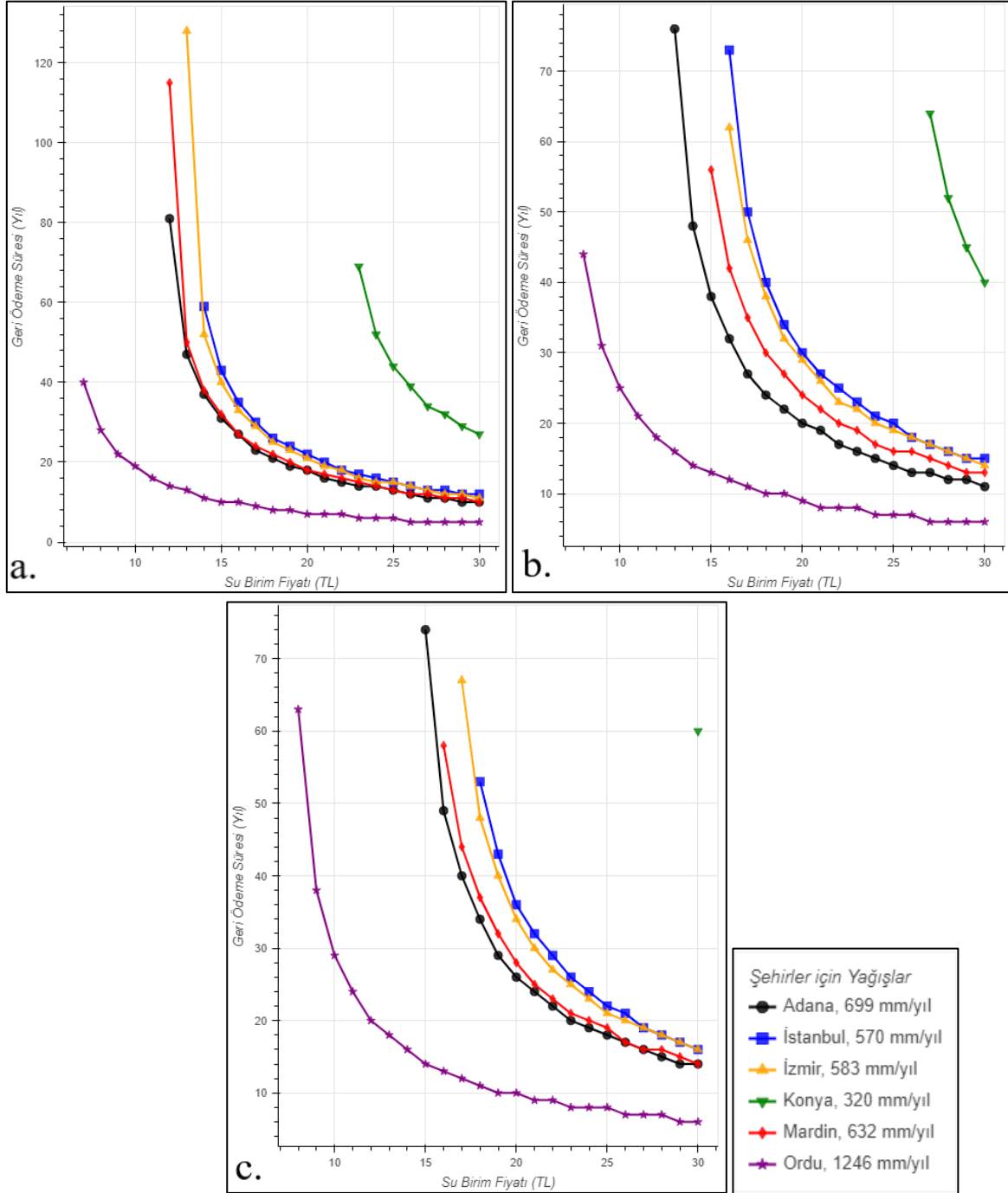


sisteminden sağlanabilecek aynı ekonomik tasarrufun, Konya’da elde edilebilmesi için 4000 m² bir çatı alanına ihtiyaç olduğunu söylemek mümkündür.

Sonuçları gerçek örnekler ile destekleyecek olursak; yıllık ortalama 1.246 mm yağış alan Ordu’daki 2000 m² çatı alanına sahip binada 1.850 m³/yıl su tasarrufu sağlanırken, aynı çatı alanına sahip 643 mm yağış alan İstanbul’daki binada 870 m³ su tasarrufu edilebildiğinin mümkün olduğu görülmektedir (Bknz. Tablo 3.7-Tablo 3.8).

Buna göre yağış miktarı fazladan aza doğru sıralandığında Ordu, Adana, Mardin, İzmir, İstanbul ve Konya olduğu görülmektedir. Geri ödeme sürelerine bakıldığında ise kısa vadeden uzun vadeye doğru Ordu, Adana, Mardin, İzmir, İstanbul ve Konya’da olmuştur. Şekil 3.1, a’da görülen inşaatına başlanmamış konut için çalışılan kurguda su birim fiyatı 25 TL olarak alındığında; YSH sisteminin yatırımı Ordu İlinde 6 yılda geri ödenebilirken, Konya İlinde 44 yıl olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.1, b’deki kamu binalarının geri ödeme sürelerine baktığımızda su birim fiyatının 25 TL olduğu durumda yatırım İstanbul’da 20 yılda, Adana’da ise 14 yılda geri ödenebilmektedir. Otellerde de benzer neticelere varılmış olup; su birim fiyatının 25 TL üzeri olduğu durumlarda, Konya İli hariç olmak üzere, YSH sisteminin geri ödeme süresinin tüm illerde 20 yılın altına indiği ve rantabl olduğu görülmüştür. Ancak unutulmaması gereken nokta; bahsedilen değerler toplanan yağmur suyunun sifon suyu olarak kullanımı için çalışılan senaryolara aittir. Buradan anlaşılması gereken nokta Konya İlinde, 1000 m² çatı alanına sahip benzer alanlarda, toplanan suyun bahçe sulama suyu olarak kullanılmasıyla rantabiliteyi yakalamak mümkündür.





Şekil 3.1 Şehirlere Göre Su Birim Fiyatı Geri Ödeme Süresi Karşılaştırması (a. İnşaatına başlanmamış bina, b. Kamu binası, c. Mevcut otel)



3.3.1.8.2 Çatı Alanı

Bölgelere düşen yağış miktarında olduğu gibi yapıların çatı alanı büyüklüğü arttıkça toplanabilen yağmur suyu miktarı artmaktadır. Çatı alanının geri ödeme süresine olan etkisinin anlaşılması için yağış miktarı aynı tutularak farklı çatı alanlarına sahip yapıların yağmur suyu hasadı sistemi yatırım maliyeti, yatırımdan kaynaklı sağlanacak fayda ve yatırımın geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

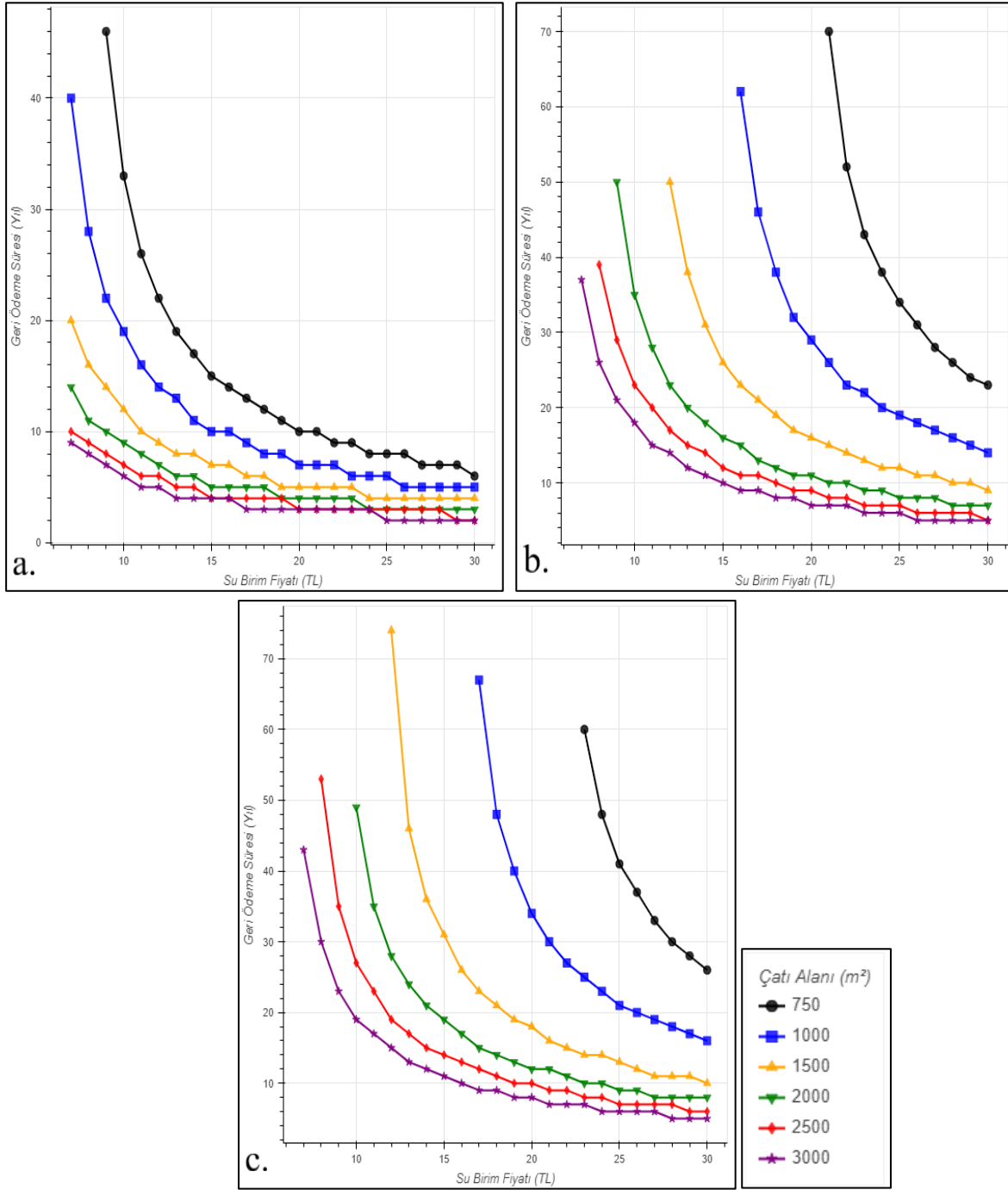
Şekil 3.2, a'da sonuçları görülen kurguda 1.246 mm/yıl yağış alan Ordu İlinde 750, 1000, 1500, 2000, 2500 ve 3000 m² çatı alanlarına sahip inşaatına başlanmamış binaların su birim fiyatı ile geri ödeme süresi karşılaştırması yapılmıştır. Su birim fiyatının 10 TL/m³ olduğu durumda; 750 m² çatı alanına sahip bir binada YSH sisteminin geri ödeme süresinin 33 yıl, 2500 m² çatı alanına sahip bina için ise 6 yıl olacağı bulunmuştur. Ordu İlinde su birim fiyatının 13 TL/m³ ve üzeri olduğu durumlarda 750 m² ve üzeri tüm çatı alanlarında YSH sisteminin geri ödeme süresinin 20 yıldan daha kısa olacağı görülmüştür.

Şekil 3.2, b'de 583 mm/yıl yağış alan İzmir İlinde 750, 1000, 1500, 2000, 2500 ve 3000 m² çatı alanlarına sahip kamu binalarının su birim fiyatı ile geri ödeme süresi karşılaştırması yapılmıştır. Bu durumda su birim fiyatı 25 TL/m³ olduğunda, 3000 m² çatı alanına sahip kamu binasında geri ödeme süresi 6 yıl iken, 750 m² çatı alanına sahip kamu binasında 34 yıl olmaktadır.

Şekil 3.2, c'de 1.246 mm/yıl yağış alan Ordu İlinde 750, 1000, 1500, 2000, 2500 ve 3000 m² çatı alanlarına sahip otellerin su birim fiyatı ile geri ödeme süresi karşılaştırması yapılmıştır. Buna göre Ordu ya da benzer yağışlı bir ilde bulunan aynı yapı özelliklerine sahip, 1500 m² ve üzeri çatı alanı olan oteller için; su birim fiyatının 20 TL/m³ ve üzeri olduğu durumlarda YSH sisteminin geri ödeme süresinin 20 yılın altında kalacağı ve yatırımın rantabl olacağı görülmüştür.

Kurgusu yapılan binaların çatı alanı arttıkça toplanan yağmur suyu miktarı dolayısıyla tasarruf tasarruf edilen su miktarı fazla olmakta ve yatırımın geri ödeme süresi daha kısa olmaktadır. Buna göre çatı alanı ile geri ödeme süresi arasında ters orantı bulunmakta; çatı alanı arttıkça geri ödeme süresi kısalmaktadır.





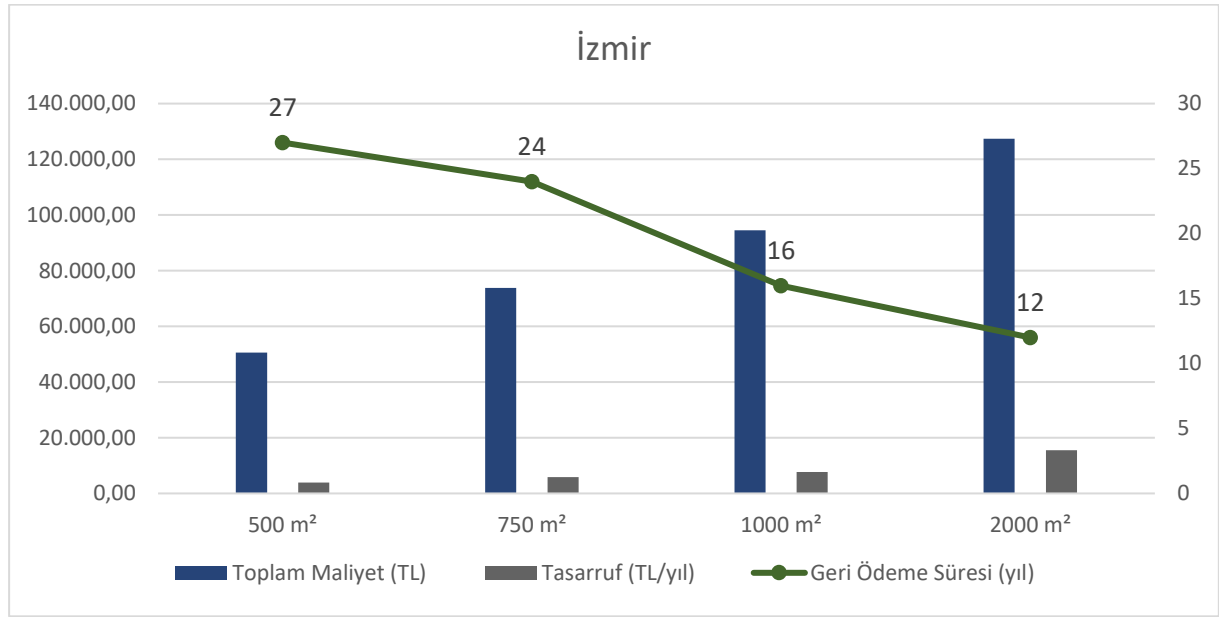
Şekil 3.2 Çatı Alanı Değişimine Göre Su Birim Fiyatı Geri Ödeme Süresi Karşılaştırması (a. İnşaatına başlanmamış bina, b. Kamu binası, c. Mevcut otel)

Çatı alanı değişimine göre geri ödeme süresi karşılaştırmasında dikkat edilmesi gereken husus; çatı alanı büyüdükçe, binanın büyüklüğünün ve gereken yağmur suyu depo hacminin artması, dolayısıyla ilk yatırım maliyetinin de yükselmesidir. Tam da bu hususun aydınlatılması için, İzmir İlinde aynı yapı özelliklerine sahip olacak şekilde, 4 ayrı çatı alanına sahip binaların olması varsayılarak bir karşılaştırma çalışması hazırlanmıştır (Şekil 3.3). Hazırlanan senaryoda yağmur suyu hasadı için proje aşamasında olan bir binada çatı alanı değerlerinin



değiştirilmesiyle tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılmak üzere hasat edilebilecek yağmur suyu miktarı, yatırım maliyetleri ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

İlde bulunan inşaatına başlanmamış binanın 500, 750, 1000 ve 2000 m² olmak üzere farklı kat-hane sayıları için yağmur suyu hasadı sistemi ekonomik analizi yapılmıştır. Öngörülebileceği üzere, çatı alanı arttıkça toplanabilir yağmur suyu miktarı artmakta ve buna bağlı olarak şebekeden tasarruf edilen su miktarının artmasıyla ekonomik fayda yükselmektedir. Diğer yandan bina büyüklüğü ve çatı alanı arttıkça ihtiyaç duyulan boru, boru montajı ve depolama gibi yatırım maliyetleri de artmaktadır. Bu durum tüm illerde aynı şekilde seyretmekte ve yağmur suyu hasadı fayda-maliyet dengesinin temelini oluşturmaktadır.



Şekil 3.3 Farklı Çatı Alanlarıyla Yağmur Suyu Hasadı Birim Maliyeti

Şekil 3.3’de görülen grafikte İzmir İlinde 500 m² çatı alanı için 5 m³; 750 m² çatı alanı için 15 m³; 1000 m² çatı alanı için 20 m³; 2000 m² çatı alanı için 25 m³ yağmur suyu deposu seçilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında çatı alanı arttıkça; doğal olarak toplam ilk yatırım maliyeti yükselse de 1 m³ yağmur suyu başına yatırım maliyeti azalmakta ve sistemin kazandırdığı yıllık ekonomik tasarruf artmaktadır. Dolayısıyla yağmur suyu sistemi uygulanan yapının çatı alanı arttıkça sistemin rantabilitesi yükselmektedir. İzmir’de bulunan henüz inşaatına başlanmamış binada 500, 750, 1000 ve 2000 m² çatı alanları için sırasıyla geri ödeme süreleri 27, 24, 16 ve 12 yıl olarak bulunmuştur. İzmir İlinde benzer bir yapıda yağmur suyu sistemi kurulacağı zaman rantabilitenin sağlanması için 1000 m² ve üzeri yapıların tercih edilmesi önerilmektedir.



3.3.1.8.3 Su Birim Fiyatı

Kurgusu yapılan binaların buldukları şehirdeki suyun birim fiyatı arttıkça şebeke suyu yerine yağmur suyunun kullanımı ile faturadan tasarruf edilebilecek miktar (TL cinsinden) fazla olmakta ve yatırımın geri ödeme süresi daha kısa olmaktadır. Buna göre suyun birim fiyatı ile geri ödeme süresi arasında ters orantı bulunmaktadır. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de görüldüğü üzere suyun birim fiyatı arttıkça geri ödeme süresi kısalmıştır.

İzmir ve Adana’da gerçek örneklerin sonuçlarına bakarsak; bölgeye düşen yağış miktarının yaklaşık miktarda olduğu bu iki ilde su birim fiyatının, geri ödeme sürelerine etkisi açıkça görülmektedir. Su birim fiyatının 15,33 TL/m³ olduğu İzmir İlinde 1500 m² çatı alanı olan inşaatına başlanmamış binada YSH sisteminin yapılması ekonomik olarak uygun görülürken; su birim fiyatının 8,66 TL/m³ olduğu Adana’da aynı ekonomik tasarrufun sağlanması için yaklaşık iki katı su tasarrufu sağlanması, dolayısıyla iki katı (3000 m²) ve üzeri çatı alanı büyüklüğündeki binalara ihtiyaç duyulmaktadır (Bknz. Tablo 3.10).

Su tarifesinin yüksek olduğu sanayi tesisi, otel gibi abone tiplerinde yağmur suyu hasadı sisteminin rantabilitesi yüksek olmaktadır. Örneğin; İstanbul’da su birim fiyatının 22,4 TL olduğu 900 m² çatı alanı olan sanayi binasında geri ödeme süresi 12 yıl iken; su birim fiyatı 8,33 TL altı olan benzer çatı büyüklüğüne sahip kamu binasında 20 yılın üzerinde kalmaktadır (Bknz. Tablo 3.12-Tablo 3.14). İlave olarak; Şekil 3.1, a’da Mardin’de inşaatına başlanmamış 1000 m² çatı alanı olan bina için YSH sistemi yatırımının geri ödeme süresi, su birim fiyatı 15 TL/m³ olduğu durumda 32 yıl, su birim fiyatı 25 TL/m³ olduğunda ise 13 yıl olmaktadır. Şekil 3.1’de görüldüğü üzere, su birim fiyatının 10 TL/m³’ün altında olduğu illerde yatırımın geri ödeme süresi çok uzun olmaktadır.

Genel bir sonuç oluşturmak adına;

- Bulunduğu bölgede yağış miktarı yıllık ortalama 700 mm’nin üzerinde,
- 2021 yılı verilerine göre su birim fiyatı 10 TL/m³’nin üzerinde tarifelenen abone tipinde,
- Çatı alanı 1000 m²’nin üzerinde,

olan yapıların geri ödeme sürelerinin oldukça düşük olduğu ve ekonomik olarak rantabl olduğu bulunmuştur.



3.3.2 Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Fayda maliyet analizi yapılan mikro alanlarda YSH sistemlerinin kurulumuna, işletme ve bakımına bağlı problemler, uygulama zorlukları, avantaj ve dezavantajları, oluşabilecek sorunlar ve sorunlara çözüm önerileri sunulmuştur.

3.3.2.1 Kullanımda Olan Otellerde Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Mevcut yapılarda ıslak hacimlerin kırılması gerektiğinden yapılacak tadilatın, otelin yoğun olmadığı dönemlerde hatta ölü sezonda yapılması önerilmektedir. Böylelikle konukların tadilat dolayısıyla rahatsız olmaması sağlanabilecektir. Hatta tadilat işinin, otelde yapılması muhtemel başka bir tadilat ile birleştirilerek programlama yapılması faydalı olacaktır.

Yağmur suyu deposu için otelde uygun bir yer bulunması gerekmektedir. Genellikle bu depolar binaların bodrum katına ya da yeraltına yerleştirilmektedir. Proje kapsamında seçilen depolar galvaniz modüler tiptedir. Bu tip depolar paslanmaz hijyenik özelliklere sahip olup, paslanmaz malzemenin kendi yapısından kaynaklanan mikrop barındırmama özelliği bulunmaktadır. Montajı kolay ve sızdırmazlık elemanlarına sahiptir. İnsan gücüyle parçalar istenilen yere kolayca taşınmakta ve yerleştirilebilmektedir. Otelde depoyu periyodik olarak kontrol eden ve arıza olması durumunda tedarikçiye haber veren birinin görevlendirilmesi gerekmektedir. Depo kapasiteleri genel olarak en az üç günlük kullanımı sağlayacak şekilde seçildiğinden beş, altı günlük anlık yoğun yağışlar, depo dolduktan sonra yağmursuyu hattı, dere, mazgal, yol vb. deşarj edilmelidir. Yağışlı mevsimlerde yoğun yağışlardan sonra filtreye yaprak vb. gibi maddelerin girip girmediği ve düzgün çalıştığı kontrol edilmelidir.

Yağmur suyu nispeten az kirli çatılardaki suyu aldığı için buradan gelebilecek yabancı maddeler sınırlıdır. Kullanılan vorteks filtre mekanik olarak yaprak ve çamurun depoya girmesini önlemektedir. Filtreler mekanik ve kendini temizleyen sistemler olduğu için sık sık bakım gerektirmemektedir. Ancak, suda askıda madde olarak az miktarda çamur (silt) depoya girebilmektedir. Bu nedenle yılda bir kere temizliğinin yapılması gerekmektedir. Benzer sorunlar veya daha fazlası, su kesintisinden sonra gelen ilk suyun çamurlu olarak kullanım suyu deposuna çamur dolmasından fazla değildir. Ayrıca deponun yağışsız günlerde boş kalmasını önlemek için deponun ¼'lük kısmına seviye kontrollü şebeke hattı çekilmesi uygun görülmektedir.

3.3.2.2 Kapalı Spor Salonlarında Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Mevcut yapılarda ıslak hacimlerin kırılması gerektiğinden sporcu ve öğrencilerin yoğun olduğu dönemin seçilmemesi önerilmektedir. Hatta tadilat işinin, spor salonunda yapılması muhtemel başka bir tadilat ile birleştirilerek programlama yapılması faydalı olacaktır.

Ayrıca deponun yerleştirilebileceği uygun bir yerin olması gerekmektedir. Bu tip binalarda bodrum katı boş olmaktadır. Depolar, genellikle binaların bodrum katına ya da yeraltına yerleştirilmektedir. Proje kapsamında seçilen depolar galvaniz modüler tiptedir. Bu tip depolar



paslanmaz hijyenik özelliklere sahip olup paslanmaz malzemenin kendi yapısından kaynaklanan mikrop barındırmama özelliği bulunmaktadır. Montajı kolay ve sızdırmazlık elemanlarına sahiptir. İnsan gücüyle parçalar istenilen yere kolayca taşınmakta ve yerleştirilebilmektedir. Salonda depoyu periyodik olarak kontrol eden ve arıza olması durumunda tedarikçiye haber veren birinin görevlendirilmesi gerekmektedir.

Depo kapasiteleri genel olarak en az üç günlük kullanımı sağlayacak şekilde seçildiğinden beş, altı günlük anlık yoğun yağışlar, depo dolduktan sonra yağmursuyu hattı, dere, mazgal, yol vb. deşarj edilmelidir.

Yağmur suyu nispeten az kirli çatılardaki suyu aldığı için buradan gelebilecek yabancı maddeler sınırlı sayılmaktadır. Kullanılan vorteks filtre mekanik olarak yaprak ve çamurunun depoya girmesini önlemektedir. Filtreler mekanik ve kendini temizleyen sistemler olduğu için sık sık bakım gerektirmemektedir. Ancak suda askıda madde olarak az miktarda çamur (silt) depoya girebilmektedir. Bu nedenle yılda bir kere temizliğinin yapılması gerekmektedir. Benzer sorunlar veya daha fazlası, su kesintisinden sonra gelen ilk suyun çamurlu olarak kullanım suyu deposuna çamur dolmasından fazla değildir. Yağışlı mevsimlerde yoğun yağışlardan sonra filtreye yaprak vb. gibi maddelerin girip girmediği ve düzgün çalıştığı kontrol edilmelidir.

3.3.2.3 Toplu Konut Alanlarında Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Apartman ya da toplu konutlarda sürdürülebilirliğin sağlanması için ev sahiplerinin ya da kiracıların bu konuya ilgili ve istekli olması önemli bir husustur.

Projenin uygulanması halinde yeni bir hat için binada tadilat yapılması gerekmektedir. Tadilat işi kapsamında kırım işlemi yapılacaktır. Hatta tadilat işinin, evde yapılması muhtemel başka bir tadilat ile birleştirilerek yapılması faydalı olacaktır.

Binada depoyu periyodik olarak kontrol eden ve arıza olması durumunda ilgililere haber veren birinin görevlendirilmesi gerekmektedir. Yönetici ve apartman görevlisine konu hakkında detaylı bilginin verilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca bu konuda görevlendirilen kişiye ne yapacağı ile ilgili bilgiler de önceden verilmelidir. Bununla birlikte sistemde arıza olması durumunda arızanın kısa sürede giderilebilmesi için konuyla ilgili bir bütçenin ayrılması gerekmektedir. Depo kapasiteleri genel olarak en az üç günlük kullanımı sağlayacak şekilde seçildiğinden beş, altı günlük anlık yoğun yağışlar, depo dolduktan sonra yağmursuyu hattı, dere, mazgal, yol vb. deşarj edilmelidir. Yağışlı mevsimlerde yoğun yağışlardan sonra filtreye yaprak vb. gibi maddelerin girip girmediği ve düzgün çalıştığı kontrol edilmelidir.

Binalarda balkon giderlerinin çatı oluklarının bağlanmaması, su deposuna deterjan gibi kimyasal maddelerinin girişinin engellenmesi adına önemli bir husustur. Mühendislik kriterlerine uygun bir projelendirmeyle yapılacak yağmur suyu hasadı sistemi, mikro alanda uygulanırken ustanın inisiyatifine bırakılmamalı ve projeye uygun yapılmalıdır. Eğer bölgede yağmur suyu kanalı varsa balkon gideri bu kanala bağlanmalıdır. Balkon giderlerinin yağmur



suyu hasadı sistemi hattından ayrı tutularak yağmur suyu kanalına yönlendirilmesi hususunun, yapıların projelendirilmesi aşamasında mekanik tesisat projelerinde belirtilmesi gerekmektedir. Bu ayrıntının mevcut imar yönetmeliklerinde belirtilmesiyle inşaat işleri sürecine bırakılmaması önerilmektedir.

3.3.2.4 Henüz İnşaatı Başlamamış Olan Toplu Konut Alanlarında Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

İnşaatı başlamamış konutlarda projelendirme baştan yapılacağından teknik yapılabilirlik konusunda herhangi olumsuz bir husus söz konusu değildir.

Binalarda müteahhitler ilk yatırım bedelini karşılamak istememektedir. Bununla birlikte bu sistemlerin sürdürülebilirliği için konut sahiplerinin bu sistemleri uygulamaya karşı istekli olması gerekmektedir. Konutlarda kullanım suyu bedelinin nispeten düşük tutulması ve çatı alanlarının küçük olması, kullanım noktalarının az olmasından dolayı ekonomik olamamaktadır.

Binada depoyu periyodik olarak kontrol eden ve arıza olması durumunda ilgililere haber veren birinin görevlendirilmesi gerekmektedir. Yönetici ve apartman görevlisine konu hakkında detaylı bilginin verilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca bu konuda görevlendirilen kişiye ne yapacağı ile ilgili bilgiler de önceden verilmelidir. Bununla birlikte sistemde arıza olması durumunda arızanın kısa sürede giderilebilmesi için konuyla ilgili bir bütçenin ayrılması gerekmektedir. Depo kapasiteleri genel olarak en az üç günlük kullanımı sağlayacak şekilde seçildiğinden beş, altı günlük anlık yoğun yağışlar, depo dolduktan sonra yağmursuyu hattı, dere, mazgal, yol vb. deşarj edilmelidir. Yağışlı mevsimlerde yoğun yağışlardan sonra filtreye yaprak vb. gibi maddelerin girip girmediği ve düzgün çalıştığı kontrol edilmelidir.

Mühendislik kriterlerine uygun bir projelendirmeyle yapılacak yağmur suyu hasadı sistemi, mikro alanda uygulanırken ustanın inisiyatifine bırakılmamalı, balkon giderleriyle çatı oluklarının bağlantılı olmamasına özellikle dikkat edilmeli ve projeye uygun yapılmalıdır. Eğer bölgede yağmur suyu kanalı varsa balkon gideri bu kanala bağlanmalıdır.

3.3.2.5 Sanayi Bölgelerinde Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Yağmur suyu geri kazanımında ana parametre yapılan hasat ile sağlanacak tasarruf miktarıdır. Genel olarak hem suyun daha pahalı olduğu hem de çatı alanı büyük olan alanlarda kullanılması daha uygun olmaktadır. Yağışın yüksek ve çatı alanı büyük olduğu durumlarda gelen aylık yağış miktarı 200-300 m³ olmaktadır. Depo maliyeti m³ başına 1.500 TL olduğu için maksimum yağış yerine tüm aylara göre kullanılabilir deponun seçilmesi daha ekonomik olacaktır. Sistemde su olmadığı aylarda mevcut kullanım suyu deposu var ise bu depodan besleme yapılabilmektedir. Yağmur suyu deposundaki suyun kritik seviye altına (%15-%20) düşmemesi için şamandıra konularak seviyenin kontrol edilmesi önerilmektedir. Ayrıca deponun yağışsız



günlerde boş kalmasını önlemek için deponun ¼'lük kısmına seviye kontrollü şebeke hattı çekilmesi uygun görülmektedir.

Diğer taraftan suyu abonelere göre en yüksek seviyeden ödeyen ve suyu kendi üretimi içinde yoğun şekilde kullanan sanayi için suyun geri kullanımı çok ekonomik olmaktadır. Bu tür yapılar tek katlı geniş bir alana yayıldıkları için yüksek miktarda su hasat edebilmekte, su ve proses hatları genel olarak açıkta boru köprüleri içinde taşındığı için kırım ve müdahale maliyetleri de düşük olmaktadır. Yoğun işçi çalıştırmaları durumunda yüksek su tüketimi veya üretim prosesinde su kullanımları olması durumunda da her zaman gelen suyu 1-2 gün gibi kısa zamanda tüketme kapasitelerine sahiptirler.

Yağmur suyu nispeten az kirli çatılardaki suyu aldığı için buradan gelebilecek yabancı maddeler sınırlıdır. Kullanılan vorteks filtre mekanik olarak yaprak ve çamuru depoya girmeden ayırmaktadır. Filtreler mekanik ve kendini temizleyen sistemler olduğu için sık sık bakım gerektirmemektedir. Yine de suda askıda madde olarak az miktarda çamur (silt) depoya girebilir. Bu da depoda zamanla dibe çökelecektir. Tüm binaların su depolarında olduğu gibi yılda bir kere yıkanması gerekmektedir. Benzer sorunlar veya daha fazlası, su kesintisinden sonra gelen ilk suyun çamurlu olarak kullanım suyu deposuna çamur dolmasından fazla değildir. Ayrıca deponun yağışsız günlerde boş kalmasını önlemek için deponun ¼'lük kısmına seviye kontrollü şebeke hattı çekilmesi uygun görülmektedir. Depo kapasiteleri genel olarak en az üç günlük kullanımı sağlayacak şekilde seçildiğinden beş, altı günlük anlık yoğun yağışlar, depo dolduktan sonra yağmursuyu hattı, dere, mazgal, yol vb. deşarj edilmelidir. Yağışlı mevsimlerde yoğun yağışlardan sonra filtreye yaprak vb. gibi maddelerin girip girmediği ve düzgün çalıştığı kontrol edilmelidir.

Seçilen sanayi bölgesinden biri olan çimento fabrikasında aşırı toz olduğundan bu suyun tuvalette sifon suyunda kullanılması önerilmemekte, yolda toz oluşumunu engellemek için ya da proses suyu olarak kullanılması önerilmektedir. Ayrıca bu tip oluklar gelen tozdan dolayı kısa bir süre içinde dolmakta ve bu toz yükünden dolayı kırılarak yere düşmektedir.

3.3.2.6 Kamu Binalarında Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Mevcut yapılarda ıslak hacimlerin kırılması gerektiğinden yapılacak tadilatın, resmi tatillerde yapılması önerilmektedir. Böylelikle hem çalışanların hem de misafirlerin tadilat dolayısıyla rahatsız olmaması sağlanabilecektir. Hatta tadilat işinin, binanın yapılması muhtemel başka bir tadilat ile birleştirilerek programlama yapılması faydalı olacaktır.

Binalarda tesisatın YSH sistemine uygun olarak yeniden tasarlanması (projelendirilmesi) ve bu projenin uygulanması halinde yeni bir hat için binada tadilat yapılması gerekmektedir. Hem tadilat hem yatırım hem de bu sistemlerin bakımlarının yapılması, oluşabilecek arızaların kısa sürede giderilmesi için bütçe ayrılması gerekmektedir.



Bununla birlikte deponun düzenli olarak kontrolünü sağlayan, arıza olması durumunda ilgililere haber veren bir çalışanın görevlendirilmesi ve bu konuda detaylı bilginin verilmesi gerekmektedir. Yağmur suyu nispeten az kirli çatılardaki suyu aldığı için buradan gelebilecek yabancı maddeler sınırlıdır. Kullanılan vorteks filtre mekanik olarak yaprak ve çamuru depoya girmeden ayırmaktadır. Filtreler mekanik ve kendini temizleyen sistemler olduğu için sık sık bakım gerektirmemektedir. Yine de suda askıda madde olarak az miktarda çamur (silt) depoya girebilir. Bu da depoda zamanla dibe çökecektir. Tüm binaların su depolarında olduğu gibi yılda bir kere yıkanması gerekmektedir. Benzer sorunlar veya daha fazlası, su kesintisinden sonra gelen ilk suyun çamurlu olarak kullanım suyu deposuna çamur dolmasından fazla değildir.

Depo kapasiteleri genel olarak en az üç günlük kullanımı sağlayacak şekilde seçildiğinden beş, altı günlük anlık yoğun yağışlar, depo dolduktan sonra yağmursuyu hattı, dere, mazgal, yol vb. deşarj edilmelidir. Yağışlı mevsimlerde yoğun yağışlardan sonra filtreye yaprak vb. gibi maddelerin girip girmediği ve düzgün çalıştığı kontrol edilmelidir.

3.3.2.7 Rekreasyon Alanlarında Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Yağmur suyu hasadında yağış suyu yönetim stratejilerinde rekreasyon alanları büyük paya sahiptir. Rekreasyon alanlarında yağmur suyu hasadı uygulanması, teknik ve işletme faaliyetleri açısından kolay olduğu söylenebilmektedir. Ancak bu alanlarda sıklıkla uygulanan yağmur bahçesi ve yağmur hendekleri tekniklerinin yapımında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda anlatılmaktadır.

- Yağmur hendekleri, şehirleşme oranı yüksek olan ve buna bağlı olarak yüzey geçirimsizliği ve yüzey kirliliği fazla olan bölgelerde özellikle yol kenarlarında kullanılması önerilmektedir. Bu sayede; trafik etkisinden dolayı kirlenen yağmur suyunun arıtılması ve taşınması sağlanabilmektedir. Yol kenarları gibi büyük alanlı bölgelerde hendekler birbirlerine menfezler ile bağlanarak bir bütün halinde çalıştırılması uygun olacaktır.
- Dik yamaçlara, altyapı tesisat hatlarının yakınına, bina saçak kenarından yaklaşık 3 metreden daha yakına, fosseptik çukurunun yakınına, iyi drenaj yapılamayan düşük kotlara, sağlıklı toprak içeren, ağaç ve diğer bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlara, yüksek yeraltı sularının bulunduğu yerlere, içme suyu kanalları ve depoları yakınına yağmur bahçesi uygulamaları yapılmamalıdır (Müftüoğlu, V. & Perçin, H.).
- Yağmur bahçesinin drenaj kapasitesinin iyi olması için toprak yapısının elverişli olması gerekmektedir. Kolay parçalanabilen ve yumuşak topraklar yağmur bahçesi yapımına elverişlidir. Pürüzsüz ve kolayca şekil alabilen toprakların kil oranı yüksektir ve yağmur bahçesi için uygun değildir. Aynı zamanda toprağın, akışa geçen yağmur suyunu tahliye edebilmesi için geçirgenlik özelliği de önemlidir. İki gün içinde suyu tahliye etmeyen toprak alanlarda yağmur bahçesi planlanmamalıdır.



- Göllenme alanı derinliğinin 20 cm üzerinde olduğu durumlarda geç süzülme olacağı ve 10 cm'den az olduğu durumlarda da suyun taşma tehlikesi olduğundan, yağmur bahçesi için ideal göllenme alanı derinliği 10- 20 cm olarak önerilmektedir (Doğangönül & Doğangönül, 2009).
- Yağmur bahçesinde toprağın erozyona karşı korunması için eğim göz önüne alınmalıdır. Yağmur bahçesi uygulanacak alan en fazla %12 eğime sahip olmalıdır (Doğangönül & Doğangönül, 2009). Eğimin %2'den fazla olduğu yerlerde toprağı erozyona karşı korumak ve gelen suyu yavaşlatmak için her 150 cm ile 300 cm arasında küçük kaya kütlelerinden taşma sınırı oluşturularak barajlar yapılabilir (WSU, 2013).
- Zararlı organizmaların toprakta üremesini engellemek için yağmur bahçesine alınan fazla suyun, tahliye edilmesi gerekmektedir. Yağmur suyu, kazılan alandan çakıl taşları ile basit bir kanal oluşturularak uzaklaştırılır ya da bahçe zemininde oluşturulan sistemle kentin altyapı sistemine bağlanabilir.
- Yağmur bahçesine bölgeye uyum sağlamış yerel bitkiler seçilmelidir. Çimler ve köklü büyük ağaçların su ihtiyacı yüksek olduğu için yağmur bahçesinde kullanımından kaçınılmalıdır.

Yağmur bahçesi ve hendeklerinin sürdürülebilirliğin sağlanması için bakım aşamasında su akışı kontrolü, malç ve toprak kontrolü ve bitki kontrolü yapılması gerekmektedir (ÇŞİDB, 2018).

- Yağışlı günlerde yüzey akışa geçen su ile beraber gelen yabancı maddeler yağmur bahçesinden ve giriş borularından temizlenmelidir. Yağışlar başlamadan önce, erozyonu önlemek için, yağmur bahçesinin korunmasız alanları kontrol edilmelidir. Erozyona meyilli alanlar varsa zemine dekoratif taş parkelerle set yapılabilir ve akışları yaymak için bölgeye kayalar yerleştirilebilir.
- Özellikle kuru yaz ve yağışlı kış ayları için faydalı olan malç tabakası her sene kontrol edilerek derinliği korunmalıdır.
- Sulama yapılırken toprağın üst yüzeyinin kuruluğu ve bitkilerin suya ihtiyaç duyup duymadığı kontrol edilmelidir. Buharlaşmayı önlemek için sabah erkenden veya akşam saatlerinde sulama yapılmalıdır.

3.3.2.8 Genel Değerlendirme ve Sonuçlar

Sonuç olarak, YSH'nin alternatif su kaynakları arasında yer aldığı topluma çeşitli organlar (yazılı ve görsel medya, kamu spotları, eğitim faaliyetleri, vs.) vasıtasıyla tanıtımının yapılması son derece önemlidir. Halkın bu konudaki bilinç ve farkındalığının artırılması gereklidir. Ülkemizde halen su fiyatı geniş bir yelpazede farklılıklar göstermesine rağmen diğer ülkelere oranla daha ucuzdur. Bu nedenden dolayı bu alternatif su kaynağının geri ödeme süreleri yüksek



çıkılmaktadır. Diğer bir husus da mevcut yapılardaki çatı alanlarının YSH düşünülmezsizin yapıldıklarından dolayı yağmur toplama yüzeylerinin yetersiz oluşudur.

Ancak özellikle iklim değişikliği ile mücadelenin bir ihtiyaç olarak karşımıza çıktığı bu dönemde YSH sistemlerinin teknik yapılabilirlik ve sürdürülebilirlik değerlendirmelerinde sağlanacak faydalara su tasarrufunu yanında pek çok hususun da eklenmesi gerekmektedir. Bu anlamda bu uygulamalara teşviki özendirerek ve geri ödeme sürelerinin değerlendirilmesinde gereken bazı konular aşağıda sıralanmıştır:

- Dünyadaki uygulamalarda, yağış eksikliği yanında ülkemizde özellikle son yıllarda artan bir şekilde yaşandığı gibi “yağış düzensizliği” yaşanan alanlarda YSH sistemleri önemli bir alternatif su kaynağıdır. Bu hususun göz önüne alınması önemlidir.
- Mevcut su kaynaklarının korunması ülkemizde pek çok bölgede üzerinde önemle durulması gereken hususlardandır. Bu anlamda yerüstü ve yeraltı suyu kaynaklarından içme-kullanmaya tahsis edilen suyun azaltılması bu kaynakların sürdürülebilirliği açısından en önemli koşuldur. Tüm dünyada bu anlamda YSH uygulamaları ilk başvurulan çözüm önerileri arasındadır.
- Özellikle su temini zorluklarına neden olacak deprem vb. doğal afetler sırasında su ve atıksu arıtım ve dağıtımını sağlayan altyapı sistemleri zarar görebilmektedir. Bu anlamda suyun yeniden kullanım sistemleri ve özellikle YSH gibi yerinde yapılan uygulamalar bu tür acil durumlar için en uygun çözümleri sunmaktadır.
- YSH vb. uygulamalarının artması aynı zamanda ülkemizde ilgili teknolojide uygulama çeşitliliğinin ve Ar-Ge faaliyetlerinin de artması anlamına gelecektir. Bu anlamda atılacak adımlar dünyada var olan bu pazardan ülkemizin hâlihazırdaki potansiyelini de kullanarak önemli bir pay almasını sağlayacak bir husus olacaktır.



4 GRİ SUYUN KULLANIMI

4.1 Gri Suyun Kullanımı Literatür Bilgileri

Günümüzde evsel atıksular, siyah ve gri su olarak iki gruba ya da sarı, kahverengi ve gri su olarak üç gruba ayrılabilir. Siyah su tuvalet sularını, sarı su kaynakta ayrılmış insan idrarını, kahverengi su kaynağında ayrılmış olan esasen insan dışkısını, gri su evsel kullanımdan kaynaklanan her türlü yıkama sularını içeren ve tuvalet kullanımından kaynaklananlar haricindeki tüm atıksuları ifade etmektedir. Evsel atıksularda siyah su (tuvaletlerden gelen ve fosseptik atığı içeren su) içermeyen yani duştan, küvetten, lavabodan, mutfaktan, bulaşık ve çamaşır makinesinden gelen atıksuyun az kirlenmiş kısmı “gri su” olarak tanımlanmaktadır (Akkurt, 2017). Gri sular genellikle duştan, banyodan, lavabodan, çamaşır ve bulaşık makinelerinden gelen sular olarak tanımlanırken, az kirli gri su ve çok kirli gri sular olarak iki ayrı şekilde de değerlendirilebilmektedir (Üstün ve Tırpancı, 2015).

Diğer sistemlerle kıyaslandığında gri suyun arıtılması daha hızlı, daha kolay ve daha düşük maliyetlidir. Gri su geri kazanımıyla içme suyu kalitesine gerek olmayan kullanım alanlarında gri su kullanımıyla içme suyu tüketiminin azaltılması sağlanmaktadır. Genel olarak peyzaj ve tarımsal sulama, tuvalet rezervuarları, süs havuzları, soğutma suyu ve araç yıkama, arıtım teknolojisine bağlı olarak çamaşır yıkama gibi çeşitli kullanımlar mümkündür. Gri su kullanımıyla atıksu oluşumu azalacağı gibi şebeke suyu tüketimi ve buna bağlı olarak su faturaları da düşecektir.

Banyo, duş ve lavabodan gelen sular, mutfak ve bulaşık makinesinden gelen sulara göre daha az kirli olduklarından geri kazanım teknolojilerinde en çok kullanılan gri sulardır. Gri suyun yeniden kullanımı için önemli gri su arıtma teknolojileri aşağıdaki gibi sayılabilir:

- Yapay Sulak Alan
- Döner Biyolojik Reaktörler
- Ardışık Kesikli Reaktörler
- Membran Biyoreaktörler
- Elektrokoagülasyon
- Fotokatalitik Oksidasyon
- Filtrasyon (membran veya konvansiyonel prosesler)
- Dezenfeksiyon (yukarıda sayılan arıtma proseslerinden sonra uygulanmaktadır)

4.2 Ulusal ve Yerel Mevzuat ile Standartlar

Ülkemizde gri su kullanımını zorunlu kılan bir mevzuat bulunmamaktadır. Ancak **Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımı 31.12.2004** tarihli ve 25687 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “**Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği**”nin 28. maddesinde yer alan hükümlere **tabidir**, ifadesi bulunmaktadır. Bahsi geçen bu maddede yer alan **Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği**, “**Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği**”nin yayımlanmasıyla yürürlükten kaldırılmıştır. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği’nin yedinci bölümünde arıtılmış atıksuların kullanım alanları, atıksu geri kazanım tesisinin yeri, arıtılmış



atıksuların depolanması, atıksu geri kazanımı için teknoloji seçimi ve arıtılmış atıksuların sulama suyu kullanım kriterlerine ilişkin düzenlemeler yapılmıştır. **Sulamada tekrar kullanılacak arıtılmış atıksularda aranan özellikler bahsi geçen Tebliğin Ek 7'sinde yer alan Tablo E7.1'de verilmiştir.** Tablo E7.1'de sulamada tekrar kullanılacak arıtılmış atıksular Sınıf A ve Sınıf B olarak sınıflandırılmıştır.

17 Aralık 2022 tarihli ve 32046 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan **“Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”**in 4. maddesi gereğince yapılan değişiklikler sonucunda **“Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”**nin 4 üncü maddesinin birinci fıkrasına aşağıdaki bentler eklenmiştir.

“k) Atıksu yönetiminde döngüsel ekonomi ilkelerine uygun olarak geri dönüşümün ve yeniden kullanımın teşviki,

1) Gri suyun yeniden kullanımına uygun altyapının oluşturulması,”

Ayrıca, aynı yönetmeliğin 9. Maddesine göre **“Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”**nin 28 inci maddesinde Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı ile ilgili

“Sulama suyunun kıt olduğu ve ekonomik değer taşıdığı yörelerde, 20/3/2010 tarihli ve 27527 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğinde verilen sulama suyu kalite kriterlerini sağlayacak derecede arıtılmış atıksuların, tarımsal sulama suyu olarak kullanılması teşvik edilir. Bu amaçla uygulanacak ön işlemler ve yapılması gereken incelemeler Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğine göre yapılır. Bir atıksu kütlesinin bu tür kullanımlara uygunluğu, valilikçe Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, Tarım ve Orman İl Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğünden oluşturulacak komisyonca belirlenir.

Evsel ve/veya endüstriyel nitelikli arıtılmış atıksular, Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğinde belirlenen farklı alanlarda Bakanlık uygun görüşü ile döngüsel ekonomi ilkelerine uygun olarak yeniden kullanılabilir. **Gri su ve yağmur sularının yeniden kullanım imkânlarının değerlendirilmesi esastır.**

Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı için yapılan arıtım sonucunda oluşabilecek konsantre suların alıcı ortama deşarjında, alıcı ortamın ve konsantre suyun özellikleri dikkate alınarak Bakanlıkça belirlenecek alıcı ortam deşarj kriterlerinin sağlanması zorunludur.

Arıtılmış atıksuyunu yeniden kullananlar, kullanılan arıtılmış atıksuyun miktarını ve kullanım amacını atıksu bilgi sistemine girmekle yükümlüdür.”

güncellemesi yapılmış olup bu sayede gri suyun yeniden kullanımına yönelik teşvik edici bir mevzuat geliştirilmiştir.

İlave olarak **08.01.2006** tarih ve 26047 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren **“Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği”**nde 5.maddenin e bendinde **uygun şartlarda arıtılmış**



atıksuyun yeniden kullanılabilmesi belirtilmiştir. Bertaraf yöntemleri çevreye olacak olumsuz etkileri en aza indirecek şekilde belirlenmektedir.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Meclisinde 2020 yılında alınan kararda toplam inşaat alanı 30.000 m²'nin üzerinde olan yapılarda gri su şebekelerinin depo ve sıhhi tesisatlarının yapılması zorunlu hale getirilmiştir (İBB, 2020). Bu durum Kadıköy Belediyesince 2.000 m² ve üzerindeki tüm parsellerde yapılacak yapılarda; gri suların toplanması için tabii zemin altında gri su toplama tankı tesis edilecek olup, toplanan bu sular tuvalet rezervuarlarında, bahçe sulama ve benzeri işlerde kullanılacaktır.

Bursa Büyükşehir Belediyesince hazırlanan ve 14.09.2022 tarih ve 31953 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Bursa Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği kapsamında 2.000 m² ve üzeri kamu yapılarında, gri su tesisatının yapılması zorunlu hale getirilmiştir. Bunun yanı sıra yönetmelikte "5.000 m² ve üzeri otel, alışveriş merkezi, sağlık tesisleri, eğitim yapıları, spor salonları, sosyal tesisler ve benzeri yapılarda ise gri su sistemlerinin yapılması, ilgili idaresince talep edilebilir" ifadesi bulunmaktadır. Yönetmelikte, gri su arıtma sisteminin ilgili teknik usul ve esaslar çerçevesinde, ikincil amaçlı kullanım (tuvalet rezervuarları, yangın su depoları, bahçe sulama ve benzeri) su kalitesinde yapılması zorunlu olduğu belirtilmiştir.

Standartlar

Şubat 2021 tarihinde Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından TS EN 16941-2 Yerinde içilemez su sistemleri- Bölüm 2: Arıtılmış gri suyun (lavabo atık suyu) kullanımına yönelik sistemler isimli Türk Standardı olarak yayımlanmıştır.

4.3 Gri Suyun Kullanımı Analizleri

Öncelikle belirlenen 6 pilot ilde gri suyun kullanımına yönelik fayda maliyet hesaplamalarının ve detaylı analizlerin yapılacağı 5'şer mikro alan olmak üzere toplam 30 adet mikro alan belirlenmiştir. Bunun için büyükşehir belediyelerinin ilgili daire başkanlıkları, su ve kanalizasyon idareleri, gençlik ve spor il müdürlükleri ve özel sektör yatırımcıları ile görüşmeler yapılmıştır. Bu aşamada temsil ediciliği artırmak açısından farklı konut tiplerinin seçimine özen gösterilmiştir. Bahsi geçen mikro alanlar Tablo 4.1'de verilmiştir.



Tablo 4.1 Gri Su Kullanımında Mikro Alanlar

İl/ Mikroalan	Kullanımda Olan Otel	İnşaatı Başlamamış Olan Otel	Yerleşik Bir Bina	İnşaatı Başlamamış Olan Bina	Kamu Binası
Adana	Double Tree by Hilton Otel Adana	Mevcut otelin inşa edilmeden hali çalışılmıştır.	Buruk Mahallesi Toplu Konutları	Barbaros ve Bey Mahallesi Toplu Konutları Ada-1	Adana Büyükşehir Belediyesi
İstanbul	Jurnal Hotel İstanbul		Kayabaşı Mahallesi 22. Bölge Toplu Konutları	Şerifali Mahallesi Toplu Konutları 3.Etap	İSKİ Eyüpsultan İlçesi Şube Hizmet Binası
İzmir	Oğlakçioğlu Park Butik Otel		Zeytinlik Mahallesi Toplu Konutları	Yenice Mahallesi Toplu Konutları	Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi
Konya	ASKA Lara Resort Otel Antalya		Ardıçlı Mahallesi Toplu Konutları	Bahçelievler Mahallesi Halkapınar 3.Etap Toplu Konutları	Mevlâna Kültür Merkezi
Mardin	Yay Grand Otel		Mardin S.S. Bilkent Konut Yapı Kooperatifi Konutları	Söğütözü Mahallesi Toplu Konutları	24 Derslikli Mardin İlkokulu
Ordu	Akamoy Otel		Şirinevler Mahallesi Toplu Konutları	Aybastı Ortaköy Mahallesi Toplu Konutları	OSKİ Binası



4.3.1 Fayda-Maliyet Analizi

Pilot illerde kullanımda olan otel, inşaatı başlamamış otel, yerleşik bina, inşaatı başlamamış bina ve kamu binalarında gri suyun yeniden kullanımına göre kullanım alanı çeşitlendirilmiş, kurulum, işletme, arıtma, bakım vb. giderlerin tümünü içeren fayda-maliyet analizleri yapılmıştır.

Fayda-maliyet analizi aşağıda verilen hususlar göz önüne alınarak yapılmıştır.

Maliyetler:

İlk yatırım maliyeti:

GS sisteminin bileşenlerinin ilk yatırım maliyeti; toplama, iletim, depolama, dağıtım, arıtma olarak ele alınmış ve yerel piyasa fiyatlarıyla hesaplanmıştır.

İşletme maliyeti:

İşletme maliyetleri kapsamında sistemin sürdürülebilirliği açısından gerekli olan bakım, onarım, enerji ve yenileme maliyetleri bulunmaktadır. Bakım, onarım ve yenileme maliyetleri içine; bakım ve sarf malzemeleri, servis bedelleri, elektrik ve pompa giderleri dahil edilmiştir.

Faydalar: Şebeke suyunun kullanımın azaltılması ve buna bağlı olarak suya ödenen maliyetin azalması olarak ele alınmıştır.

Fayda-maliyet analiz kabulleri ve birim maliyetler:

- Finansal analiz 10'ar yıllık dönemler halinde 50 yıl için yapılmıştır.
- Hesaplarda kullanılan su birim fiyatı 2022 yılı Temmuz ayına aittir. Su birim fiyatında atıksu uzaklaştırma bedeli de dikkate alınmıştır.
- Enflasyona dayalı fiyat artışları göz ardı edilmiştir.
- KDV ve diğer vergiler hesaplara dâhil edilmemiştir.
- Kamuya ait binalarda %2,5 reel iskonto oranı, diğer binalarda %5 reel iskonto oranı kullanılmıştır. Bu, Devlet Planlama Teşkilatı'nca yayınlanmış olan ulusal kılavuzla uyumludur. Ayrıca IPCC dokümanlarında da gelişmekte olan ülkeler için %1 iskonto oranı dahi kullanılabilmekte olduğu ifade edilmiştir.

Net Bugünkü Değer (NBD) ölçütü, uygulanacak olan gri su sisteminin karlılığını analiz etmek için kullanılmıştır. NBD, gri su sistemi yatırımının ekonomik ömrü boyunca sağladığı getirinin bugünkü değerinden yatırım giderlerinin bugünkü değerinin düşülmesi ile elde edilen farkı ifade etmektedir. NBD'nin pozitif olduğu durumlarda yapılması düşünülen gri su sisteminin karlı olduğu anlamına gelmektedir.

Fayda-maliyet analizleri kapsamında hesaplanan geri ödeme süresi yatırımın değerlendirilmesinde önemli bir kriter olarak ele alınmaktadır. Geri ödeme süresi NBD'nin



pozitif olduğu yıl olarak belirlenmiştir. Mikro alanlarda gri suyun yeniden kullanımına ilişkin sistemlerin geri ödeme sürelerinin eşik değerinin uzman görüşü ile 20 yıl ve 20 yıldan az olduğu durumlarda bu sistemlerin rantabl olduğu kabul edilmiştir.

4.3.1.1 Kullanımda Olan Otellerde Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçlar

Kullanımda olan otellerde gri suyun yeniden kullanımına yönelik fayda-maliyet analizleri; 6 pilot ilde 5 ayrı mikro alanda çalışılmıştır. Bunlar: Adana'da Double Tree by Hilton Adana, İstanbul'da Jurnal Hotel, İzmir'de Oğlakçioğlu Park Butik Otel, Antalya'da Aska Lara Resort Hotel, Mardin'de Yay Grand Otel ve Ordu'da Akamoy Otel'dir.

Kullanımda olan otellerde gri suyun kullanımına yönelik her bir mikro alan için çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Öncelikle otellerin kat ve plan bilgileri, işletme türleri, personel sayısı, aylık konuk geceleme ve yatak sayıları ve yıl boyunca açık olduğu gün sayısı gibi genel bilgileri araştırılmıştır. Özellikle turistik bölgelerde dönemsel olarak su kaynaklarına olan baskıların azalması adına otellerde sifon suyu, sulama, araç yıkama ve temizlik suyu gibi alanlarda gri suyun kullanımı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda otellerdeki personel ve ziyaretçilerin zamansal su tüketimleri, kullanım alışkanlıkları, duş, küvet, spa, hamam ve lavabo kullanımlarından kaynaklanan gri su miktarı ve bölgedeki yerel fiyatlar ile yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

Otel yöneticilerinden aylık konaklama bilgileri temin edilerek otelin doluluk oranı bulunmuştur. Otellerin personel sayısı, işletme türlerine göre Türkiye'de oda ve yatak başına düşen personel sayısı verileri kullanılarak bulunmuştur. Otelin kat planları incelenerek tüm alanlarda bulunan duş, lavabo, klozet ve küvet sayıları bulunmuş; bala salonu, spa ve havuz alanları gibi tüm kullanım alanlarındaki su kullanım verileri hesaplanmıştır. Gri su miktarı hesaplanırken Türk Standartları Enstitüsünde yer alan su kullanım referans değer aralıklarına göre; duşlar için dakikada 5 litre ve küvetler için dakikada 150 litre tüketim değerleri seçilmiştir. Lavabolardan kaynaklanan gri su miktarı hesabı için yeni nesil lavabo bataryalarının tüketim katalog değerleri incelenmiş ve lavabo su tüketim değeri 2,5 lt/dk olarak belirlenmiştir. Tuvalet rezervuarlarında ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı hesabında misafir başı odalarda sifon kullanım sayısı 1 günde 10 kere olacak şekilde alınmıştır. Tuvalet rezervuarı hacmi 6 litre olarak kabul edilmiştir. Yeşil alan sulama suyu ihtiyacının metrekare başına günlük 13,5 litre olduğu kabul edilmiştir.

Geri kazanılan gri su miktarı ile mevcut su tüketiminden su tasarruf potansiyeli ve belirli bir ücret ödenen şebeke suyu yerine gri suyun kullanılması ile kazanılabilecek ekonomik tasarruf miktarları bulunmuştur. Tüm fayda ve maliyetler değerlendirilerek GSK sistemi yatırımının geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Kullanımda olan otellerde gri suyun yeniden kullanımına yönelik yapılan fayda-maliyet analizlerinin sonuçları Tablo 4.2-Tablo 4.4'de verilmiştir.



Tablo 4.2 Kullanımda Olan Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları

Otelin Bulunduğu Pilot İl/Adresi	Adana	İstanbul	İzmir	Antalya	Mardin	Ordu
	Double Tree by Hilton	Jurnal Hotel	Oğlakçıoğlu Park Butik Otel	ASKA Lara Resort	Yay Grand Otel	Akamoy Otel
Yatak Kapasitesi (kişi)	130	64	130	1.200	400	20
Gri Su Kullanabilecek Alanların Su İhtiyacı (m ³ /yıl)	3.406	1.095	3.541	46.604	20.225	5.444
Senaryo 1	<i>Duş, küvet, spa, hamam ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve araç yıkama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve zemin temizleme suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Duş ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu, bahçe sulama ve araç yıkama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Duş, spa ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Duş, küvet ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu, bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Duş, spa ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>
Toplanan Gri Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.650	1.095	3.650	29.200	13.737	1.095
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	10	3	10	40	40	3
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	1	1	1	2	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	534.800	338.234	528.751	3.570.465	1.117.308	240.418
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	146,52	308,89	144,86	122,28	76,53	219,56
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	33.083	8.340	25.641	160.103	80.051	8.282
Tasarruf (TL/yıl)	72.584	24.528	135.566	834.390	148.357	28.448
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	19,8859	22,40	39,12	28,575	10,8	25,98
Geri Ödeme Süresi (yıl)	24	Geri ödememektedir.	6	7	35	19



Tablo 4.3 Kullanımda Olan Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları

Kullanımda Olan Otel	Adana	İstanbul	İzmir	Antalya	Mardin
	Double Tree by Hilton	Jurnal Hotel	Oğlakçıoğlu Park Butik Otel	ASKA Lara Resort	Yay Grand Otel
Yatak Kapasitesi (kişi)	130	64	130	1.200	400
Gri Su Kullanabilecek Alanların Su İhtiyacı (m ³ /yıl)	6.388	1.095	5.767	46.604	9.855
Senaryo 2	<i>Duş, küvet, spa, hamam ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra tuvalet rezervuarlarında sifon suyu ve araç yıkamak ve yeşil alan sulamak için kullanılması öngörülmüştür.</i>	<i>Otelin İzmir'de olması ve Senaryo 1'de belirtilen kullanım</i>	<i>Duş ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra senaryo 1'de belirtilen bahçeden daha büyük bir bahçenin (yaklaşık 470 m²) sulanması ile tuvalet rezervuarında sifon suyu olarak kullanılması ile araç yıkamak için kullanılması öngörülmüştür.</i>	<i>Otelin İzmir'de olması ve Senaryo 1'de belirtilen kullanım</i>	<i>Duş, küvet ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>
Toplanan Gri Su Miktarı (m ³ /yıl)	6.388	1.095	5.767	29.200	7.300
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	20	3	20	40	20
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	1	1	1	2	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	664.175	290.406	658.095	2.306.350	934.170
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	104,10	265,21	114,11	78,98	127,97
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	50.283	7.699	40.855	134.023	47.520
Tasarruf (TL/yıl)	127.038	41.166	221.413	1.125.572	78.840
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	19,8859	39,12	39,12	39,12	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	12	12	5	2	Geri ödememektedir.



Tablo 4.4 Kullanımda Olan Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1-Senaryo 3 Sonuçları

Kullanımda Olan Otel	Antalya ASKA Lara Resort		Mardin Yay Grand Otel	
	Senaryo 1	Senaryo 3	Senaryo 1	Senaryo 3
Yatak Kapasitesi (kişi)	1.200	1.200	400	400
Gri Su Kullanabilecek Alanların Su İhtiyacı (m ³ /yıl)	46.604	46.604	20.225	20.225
Senaryolar	<i>Duş, spa ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Otelin Konya'da olması ve Senaryo 1'de belirtilen kullanım</i>	<i>Duş, küvet ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu, bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Otelin İstanbul'da olması ve Senaryo 1'de belirtilen kullanım</i>
Toplanan Gri Su Miktarı (m ³ /yıl)	29.200	29.200	13.737	13.737
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	40	40	40	40
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	2	2	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	3.570.465	3.570.465	1.117.308	1.389.328
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	122,28	122,28	76,53	95,16
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	160.103	160.103	80.051	80.051
Tasarruf (TL/yıl)	834.390	476.544	148.357	307.704
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	28,575	16,32	10,8	22,40
Geri Ödeme Süresi (yıl)	7	18	35	8



Gri su sistemlerinin kullanımda olan otellerde uygulanmasına yönelik yapılan çeşitli senaryolarla yatırımın Adana Double Tree by Hilton, İzmir Oğlakçioğlu Park Butik Otel, Antalya Aska Lara Resort Hotel ve Akamoy Otel’de rantabl olduğu belirlenmiştir. İstanbul Jurnal Hotel ve Mardin Yay Grand Otel’de ise toplanan gri suyun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması halinde geri ödeme süreleri oldukça yüksek bulunmuştur. Sonuçları Tablo 4.2-Tablo 4.4’de görüldüğü üzere Antalya Aska Lara Resort Hotel’de toplanıp arıtılarak yeniden kullanılan gri suyun kullanım alanının çeşitliliği dolayısıyla tasarruf edilen su miktarının fazla olması (29.200 m³/yıl) ile birlikte su birim fiyatının Antalya’da yüksek olması (39,12 TL) bu yatırımın geri ödeme süresini daha da kısaltmıştır. Benzer şekilde İzmir’de suyun birim fiyatının yüksek olması (28,575 TL) İzmir Oğlakçioğlu Park Butik Otel’de yapılacak yatırımın geri ödeme süresinin kısa olmasını sağlamıştır. Buradan da anlaşıldığı üzere suyun birim fiyatının yüksek olması, toplanan gri suyun miktarı ve gri suyun yeniden kullanım alanlarının çeşitliliği yatırımın geri ödeme süresinde etkili bir rol almaktadır.

4.3.1.2 İnşaatı Başlamamış Otellerde Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçlar

Gri suyun inşaatı başlamamış otellerde yeniden kullanımına ilişkin fayda-maliyet analizleri; şu anda yerleşik durumda olan ve Bölüm 4.3.1.1’de fayda-maliyet analizi yapılan Adana’da Double Tree by Hilton Adana, İstanbul’da Jurnal Hotel, İzmir’de Oğlakçioğlu Park Butik Otel, Antalya’da Aska Lara Resort Hotel, Mardin’de Yay Grand Otel ve Ordu’da Akamoy Otel için yapılmıştır. Bunun nedeni GS sisteminin bahsi geçen bu otellerin inşaat başlamadan önce yapılması halinde maliyetinin ve faydasının karşılaştırılabilmesidir. İnşaatına başlanmamış halinde otellerde gri suyun kullanımına yönelik her bir mikro alan için çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Otellerin sifon, sulama ve temizlik gibi çeşitli kullanım alanlarında ihtiyaç duyulan su miktarı ve duş, küvet, spa, hamam ve lavabo kullanımlarından kaynaklanan gri su miktarı değiştirilmeden yatırım maliyetindeki azalmalar göz önüne alınmıştır. Tüm fayda ve maliyetler değerlendirilerek GSK sistemi yatırımının geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

İnşaatı başlamamış otellerde gri suyun yeniden kullanımına yönelik yapılan fayda-maliyet analizlerinin sonuçları Tablo 4.5, Tablo 4.6’da verilmiştir.



Tablo 4.5 İnşaatı Başlanmamış Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları

Henüz İnşaatına Başlanmamış Otel	Adana	İstanbul	İzmir	Antalya	Mardin	Ordu
	Double Tree by Hilton	Jurnal Hotel	Oğlakçioğlu Park Butik Otel	ASKA Lara Resort	Yay Grand Otel	Akamoy Otel
Yatak Kapasitesi (kişi)	130	64	130	1.200	400	20
Gri Suyu Kullanabileceğimiz Alanların Su İhtiyacı (m ³ /Yıl)	3.650	1.095	3.541	29.565	20.225	1.095
Senaryo	<i>Duş, küvet, spa, hamam ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra rezervuarda sifon suyu ve araç yıkama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Duş ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra rezervuarda sifon suyu, bahçe sulama ve araç yıkama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Duş, spa ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Duş, küvet ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra rezervuarda sifon suyu, bahçe sulama ve araç yıkama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Duş, spa ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>
Toplanan Gri Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.650	1.095	3.650	29.200	13.737	1.095
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	10	3	10	40	40	3
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	1	1	1	2	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	410.390	255.866	408.632	1.662.965	813.708	226.888
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	112,44	233,67	111,95	56,95	55,73	207,20
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	33.083	8.340	25.641	160.103	80.051	8.282
Tasarruf (TL/yıl)	67.735	24.528	135.566	834.390	68.306	28.448
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	19,8859	22,40	39,12	28,575	10,8	25,98
Geri Ödeme Süresi (yıl)	19	33	5	3	19	18



Tablo 4.6 İnşaatı Başlamamış Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları

Henüz İnşaatına Başlanmamış Otel	Adana	İstanbul	İzmir	Antalya	Mardin
	Double Tree by Hilton	Jurnal Hotel	Oğlakçioğlu Park Butik Otel	ASKA Lara Resort	Yay Grand Otel
Yatak Kapasitesi (kişi)	130	64	130	1.200	400
Gri Suyu Kullanabileceğimiz Alanların Su İhtiyacı (m ³ /Yıl)	6.389	1.095	5.767	29.565	9.855
Senaryo 2	Duş, küvet, spa, hamam ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra tuvalet rezervuarlarında sifon suyu ve araç yıkamak ve yeşil alan sulamak için kullanılması öngörülmüştür.	Otelin İzmir'de olması ve Senaryo 1'de belirtilen kullanım	Duş ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra senaryo 1'de belirtilen bahçeden daha büyük bir bahçenin (yaklaşık 470 m ²) sulanması ile tuvalet rezervuarında sifon suyu olarak kullanılması ile araç yıkamak için kullanılması öngörülmüştür.	Otelin İzmir'de olması ve Senaryo 1'de belirtilen kullanım	Duş, küvet ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.
Toplanan Gri Su Miktarı (m ³ /yıl)	6.380	1.095	5.767	29.200	7.300
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	20	3	20	40	20
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	1	1	1	2	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	539.765	231.270	537.975	1.428.900	630.570
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	84,60	211,21	93,29	48,93	86,38
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	50.283	7.699	40.855	134.023	47.520
Tasarruf (TL/yıl)	127.038	42.836	221.413	1.125.572	78.840
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	19,8859	39,12	39,12	39,12	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	9	9	4	3	Geri ödememektedir.



Tablo 4.7 İnşaatı Başlamamış Otellerde Gri Suyun Kullanımına Yönelik Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1-Senaryo 3 Sonuçları

Henüz İnşaatına Başlanmamış Otel	Antalya ASKA Lara Resort		Mardin Yay Grand Otel	
	Senaryo 1	Senaryo 3	Senaryo 1	Senaryo 3
Yatak Kapasitesi (kişi)	1.200	1.200	400	400
Gri Suyu Kullanabileceğimiz Alanların Su İhtiyacı (m ³ /Yıl)	29.565	29.565	20.225	20.225
Senaryolar	<i>Duş, spa ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Otelin Konya'da olması ve Senaryo 1'de belirtilen kullanım.</i>	<i>Duş, küvet ve lavabolardan (toplantı salonları dâhil) kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu, bahçe sulama ve araç yıkama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Otelin İstanbul'da olması ve Senaryo 1'de belirtilen kullanım</i>
Toplanan Gri Su Miktarı (m ³ /yıl)	29.200	29.200	13.737	13.737
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	40	40	40	40
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	2	2	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	1.662.965	1.662.965	813.708	874.528
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	56,95	56,95	55,73	59,90
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	160.103	160.103	80.051	80.051
Tasarruf (TL/yıl)	834.390	476.544	68.306	307.704
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	28,575	16,32	10,8	22,40
Geri Ödeme Süresi (yıl)	3	7	19	5



Gri su sistemlerinin kullanımda olan otellerde uygulanmasına yönelik yapılan çeşitli senaryolarla fayda-maliyet analizlerinde 4 otelde (Adana, İzmir, Antalya ve Ordu) yatırımın geri ödeme süresinin 20 yıldan az olduğu görülmüş ve yatırımlar rantabl olarak değerlendirilmiştir. İstanbul Jurnal Hotel ve Mardin Yay Grand Otel’de ise toplanan gri suyun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması halinde geri ödeme süreleri oldukça yüksek bulunmuştur. Bunun nedenlerinden biri kullanımda olan bahsi geçen bu otellerde GS sistemi için yapılacak kırım ve yapım tadilatından kaynaklıdır. Otellerin inşaat aşamasından önce GS sisteminin yapılmış olması halinde ise Adana, İzmir, Antalya, Mardin ve Ordu’da geri ödeme süresi daha da kısalmakta ve bu yatırımlar rantabl olarak değerlendirilmektedir. Örneğin; Mardin Yay Grand Hotel’de gri suyun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması için yapılacak mevcut altyapının gri su sistemine göre yeniden düzenlenmesi için döşemelerde yapılacak kırım maliyeti toplam maliyetin yaklaşık %27’sidir. İnşaatı başlamamış otelde kırım işine ilişkin harcama olmayacağından yatırımın ilk yatırım maliyeti daha az olmakta buna bağlı olarak da geri ödeme süresi 35 yıldan 19 yıla inmektedir.

Tüm otellerde çalışılan Senaryo 1’in inşaatına başlanmadan önce tasarlanması ve mevcut haliyle tasarlanması arasındaki farkların analizi için karşılaştırmaları Tablo 4.8 ile sunulmaktadır. Kırım-yapım faaliyetleri için gerekli maliyet her otelin bina yapısına bağlı olarak değişiklik göstermekte ve kırım-yapım maliyetinin büyüklüğüne göre geri ödeme sürelerinde farklı oranda azalmalara sebep olmaktadır. Tüm otellerde inşaatına başlanmadan önce sistemin tasarlanması daha rantabl olmaktadır.



Tablo 4.8 Fayda Maliyet Analizi Çalışılan Otellerin Mevcut ve İnşaatı Başlamamış Halleri İçin Senaryo 1 Karşılaştırması

Otel	Adana Double Tree by Hilton		İstanbul Jurnal Hotel		İzmir Oğlakçıoğlu Park Butik Otel		Antalya ASKA Lara Resort		Mardin Yay Grand Otel		Ordu Akamoy Otel	
	Mevcut	İnşa	Mevcut	İnşa	Mevcut	İnşa	Mevcut	İnşa	Mevcut	İnşa	Mevcut	İnşa
Gri Suyun Yeniden Kullanım Alanı	<i>Tuvalet rezervuarında sifon suyu Araç yıkama</i>		<i>Tuvalet rezervuarında sifon suyu Zemin temizleme</i>		<i>Tuvalet rezervuarında sifon suyu, Bahçe sulama Araç yıkama</i>		<i>Bahçe sulama</i>		<i>Tuvalet rezervuarında sifon suyu, Bahçe sulama</i>		<i>Tuvalet rezervuarında sifon suyu Bahçe sulama</i>	
Toplanan Gri Su Miktarı (m³/yıl)	3.650		1.095		3.650		29.200		13.737		1.095	
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m³)	10		3		10		2 adet 40		40		3	
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	534.800	410.390	338.234	255.866	528.751	408.632	3.570.465	1.662.965	1.117.308	813.708	240.418	226.888
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m³)	146,52	112,44	308,89	233,67	144,86	111,95	122,28	56,95	76,53	55,73	219,56	207,20
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	33.083	33.083	8.340	8.340	25.641	25.641	160.103	160.103	80.051	80.051	8.282	8.282
Tasarruf (TL/yıl)	72.584	67.735	24.528	24.528	135.566	135.566	834.390	834.390	148.357	68.306	28.448	28.448
Su Birim Fiyatı (TL/m³)	19,8859	19,8859	22,40	22,40	39,12	39,12	28,575	28,575	10,8	10,8	25,98	25,98
Geri Ödeme Süresi (yıl)	24	19	Geri ödememektedir.	33	6	5	7	3	35	19	19	18



4.3.1.3 Yerleşik Binalarda Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçları

Gri suyun yerleşik binalarda yeniden kullanımına yönelik fayda-maliyet analizleri; Adana'da Buruk Mah. Toplu Konutları Ada-1 B1 Blok, İstanbul'da Kayabaşı Mah. 22. Bölge Toplu Konutları A Blok, İzmir'de Zeytinlik Mah. Toplu Konutları A Blok, Konya'da Ardıçlı Mah. Toplu Konutları K Blok, Mardin'de S.S. Bilkent Konut Yapı Kooperatifi Konutları A Blok ve Ordu'da Şirinevler Mah. Toplu Konutları A Blok için yapılmıştır.

Toplu konut alanlarında gri suyun kullanımına yönelik her bir mikro alan için çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Tekil binalara ek olarak, toplu konut örnekleri de çalışılarak avantajları değerlendirilmiştir. Öncelikle binalardaki duş ve lavabo kullanımından üretilen gri su miktarları belirlenmiş daha sonra sifon suyu, sulama ve temizlik gibi alanlarda su ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bu kapsamda binalarda yaşayan kişilerin zamansal su tüketimleri, kullanım alışkanlıkları incelenmiştir. Gri su miktarı hesaplanırken Türk Standartları Enstitüsünde yer alan su kullanım referans değer aralıklarına göre; duşlar için 5 litre/dakika ve küvetler için 150 litre/dakika tüketim değerleri seçilmiştir. Lavabo kullanımı için yeni nesil lavabo bataryalarının tüketim katalog değerleri incelenmiş ve lavabo su tüketim değeri 2,5 lt/dk olarak belirlenmiştir. Tuvalet rezervuarlarında ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı hesabında; binada yaşayan kişilerin günde 10 kere ve ziyaretçilerin günde 1 kere sifon kullandığı kabul edilmiştir. Tuvalet rezervuarı hacmi 6 litre olarak kabul edilmiştir. Yeşil alan sulama suyu ihtiyacı ise metrekaresine başına günlük 13,5 litre olarak kabul edilmiştir. Toplanabilen gri su miktarı ile mevcut su tüketiminden su tasarruf potansiyeli ve şebeke suyu yerine gri suyun kullanılması ile kazanılabilecek ekonomik tasarruf miktarları bulunmuştur. Bölgedeki yerel fiyatlar ile yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Tüm fayda ve maliyetler değerlendirilerek GSK sistemi yatırımının geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Yerleşik binalarda gri suyun yeniden kullanımına yönelik yapılan fayda-maliyet analizlerinin sonuçları Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da verilmiştir.



Tablo 4.9 Yerleşik Binalarda Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçlar

Bina	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
	Buruk Mahallesi Toplu Konutları	Kayabaşı Mahallesi 22. Bölge Toplu Konutları	Zeytinlik Mahallesi Toplu Konutları	Ardıçlı Mahallesi Toplu Konutları	Mardin S.S. Bilkent Konut Yapı Kooperatifi Konutları	Şirinevler Mahallesi Toplu Konutları
Gri Su Kullanabilecek Alanların Su İhtiyacı (m ³ /yıl)	3.351	5.133	4.248	12.145	8.739	7.788
Senaryo	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>
Toplanan Gri Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.650	3.650	4.249	7.300	7.300	7.300
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	10	10	20	20	20	20
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	408.220	570.214	578.660	836.374	610.740	665.565
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	111,84	156,22	136,20	114,57	83,66	91,17
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	26.698	24.541	35.204	39.107	39.040	36.143
Tasarruf (TL/yıl)	29.072	30.405	65.131	59.130	-1.443	78.840
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	8,6601	8,33	15,33	8,1	6	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	70 yıl	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	31 yıl



Tablo 4.10 Yerleşik Binalarda Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları

Bina	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
	Buruk Mahallesi Toplu Konutları	Kayabaşı Mahallesi 22. Bölge Toplu Konutları	Zeytinlik Mahallesi Toplu Konutları	Ardıçlı Mahallesi Toplu Konutları	Mardin S.S. Bilkent Konut Yapı Kooperatifi Konutları	Şirinevler Mahallesi Toplu Konutları
Gri Su Kullanabilecek Alanların Su İhtiyacı (m ³ /yıl)	43.616	8.927	5.639	196.370	8.739	7.788
Senaryo	<i>Toplu konutta 16 binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra tuvalet rezervuarında sifon suyu olarak kullanılması ile araç yıkamak ve ortak bahçeyi sulamak için kullanılması ortaya konulmuştur.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Toplu konutta 13 binada duş ve lavabolardan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Binanın İzmir'de olması ve Senaryo 1'de belirtilen kullanım</i>	<i>Binanın İzmir'de olması ve Senaryo 1'de belirtilen kullanım</i>
Toplanan Gri Su Miktarı (m ³ /yıl)	43.800	7.300	5.639	127.368	7300	7.300
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	40	20	20	10 adet 40, 3 adet 20	20	20
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	3	1	1	13	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	3.015.960	698.589	578.660	12.194.398	597.155	607.215
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	68,86	95,70	79,27	95,74	81,80	83,18
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	200.607	39.037	35.204	753.187	35.204	36.143
Tasarruf (TL/yıl)	495.897	56.735	86.450	1.031.678	60.856	111.909
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	8,6601	8,33	15,33	8,1	15,33	15,33
Geri Ödeme Süresi (yıl)	15	Geri ödememektedir.	18	Geri ödememektedir.	14	11



Yerleşim birimlerinde rantabl olan kullanımlar genelde fazla nüfus barındıran alanlardır. Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'da görüldüğü üzere Adana'da Buruk Mah. Toplu Konutları Ada 1'de bulunan bloklarda toplanan gri su miktarının (43.800 m³/yıl) dolayısıyla tasarruf edilen suyun fazla olması bu yatırımın geri ödeme süresini kısaltmıştır. Benzer şekilde Konya'da Ardıçlı Mah. Toplu Konutları Ada 1'de bulunan bloklarda da toplanan gri su miktarı (180.487 m³/yıl) fazla olmuş ancak arıtma maliyetinin yüksek olması ve suyun birim fiyatının da (8,1 TL) ucuz olmasından mütevellit geri ödeme süresi uzun olmuştur. İzmir'de suyun birim fiyatının yüksek olması (15,33 TL) Zeytinlik Mah. Toplu Konutları A Blok'ta yapılacak yatırımın geri ödeme süresinin kısa olmasını sağlamıştır. Buradan da anlaşıldığı üzere suyun birim fiyatının yüksek olması ve toplanan gri suyun miktarı geri ödeme süresinde etkili bir rol almaktadır.

4.3.1.4 İnşaatı Başlamamış Olan Binalarda Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçları

Gri suyun inşaatı başlamamış binalarda yeniden kullanımına yönelik fayda-maliyet analizleri; Adana'da Buruk Mah. Toplu Konutları Ada-1 B1 Blok, İstanbul'da Kayabaşı Mah. 22. Bölge Toplu Konutları A Blok, İzmir'de Zeytinlik Mah. Toplu Konutları A Blok, Konya'da Ardıçlı Mah. Toplu Konutları K Blok, Mardin'de S.S. Bilkent Konut Yapı Kooperatifi Konutları A Blok ve Ordu'da Şirinevler Mah. Toplu Konutları A Blok için yapılmıştır.

İnşaatına başlanmamış olan binalarda gri suyun kullanımına yönelik her bir mikro alan için çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Tekil binalara ek olarak, toplu konut örneği de çalışılarak avantajları değerlendirilmiştir. Öncelikle projelendirilen binaların kat-plan bilgilerine göre duş ve lavabo kullanımından üretilen gri su miktarları belirlenmiş daha sonra sifon suyu, sulama ve temizlik gibi alanlarda su ihtiyaçları hesaplanmıştır. Gri su miktarı hesaplanırken Türk Standartları Enstitüsünde yer alan su kullanım referans değer aralıklarına göre; duşlar için 5 litre/dakika ve küvetler için 150 litre/dakika tüketim değerleri seçilmiştir. Lavabo kullanımı için yeni nesil lavabo bataryalarının tüketim katalog değerleri incelenmiş ve lavabo su tüketim değeri 2,5 lt/dk olarak belirlenmiştir. Binadaki her konutta ortalama 4 kişi yaşadığı düşünülerek kişi sayısı hesaplanmıştır. Tuvalet rezervuarlarında ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı hesabında; binada yaşayan kişilerin günde 10 kere ve ziyaretçilerin günde 1 kere sifon kullandığı kabul edilmiştir. Tuvalet rezervuarı hacmi 6 litre olarak kabul edilmiştir. Yeşil alan sulama suyu ihtiyacı ise metrekare başına günlük 13,5 litre olarak kabul edilmiştir. Toplanabilen gri su miktarı ile mevcut su tüketiminden su tasarruf potansiyeli ve şebeke suyu yerine gri suyun kullanılması ile kazanılabilecek ekonomik tasarruf miktarları bulunmuştur. Bölgedeki yerel fiyatlar ile yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Tüm fayda ve maliyetler değerlendirilerek GSK sistemi yatırımının geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

İnşaatı başlamamış binalarda yapılan fayda-maliyet analiz sonuçları Tablo 4.11 ve Tablo 4.12 ile verilmiştir.



Tablo 4.11 İnşaatına Başlanmamış Olan Binalarda Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 1 Sonuçları

Henüz İnşaatına Başlanmamış Bina	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
	Barbaros ve Bey Mahallesi Toplu Konutları Ada-1	Şerifali Mahallesi Toplu Konutları 3.Etap	Yenice Mahallesi Toplu Konutları	Bahçelievler Mahallesi Halkapınar 3.Etap Toplu Konutları	Söğütözü Mahallesi Toplu Konutları	Aybastı Ortaköy Mahallesi Toplu Konutları
Gri Su Kullanabilecek Alanların Su İhtiyacı (m ³ /yıl)	1.605	2.921	10.002	12.145	1.787	2.124
Senaryo	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun aritildikten sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>
Toplanan Gri Su Miktarı (m ³ /yıl)	1.095	3.650	3.460	7.300	1.095	2.124
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	3	10	10	20	3	10
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	212.440	397.344	368.432	569.374	211.996	394.275
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	194,01	108,86	106,48	78,00	193,60	109,52
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	17.221	24.541	22.222	39.107	7.524	22.791
Tasarruf (TL/yıl)	15.889	30.405	53.045	59.130	6.570	17.249
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	8,6601	8,33	15,33	8,1	6	8,12
Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	19	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.



Tablo 4.12 İnşaatına Başlanmamış Olan Binalarda Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Senaryo 2 Sonuçları

Henüz İnşaatına Başlanmamış Bina	Adana	İstanbul	Konya	Mardin	Ordu
	Barbaros ve Bey Mahallesi Toplu Konutları Ada-1	Şerifali Mahallesi Toplu Konutları 3.Etap	Bahçelievler Mahallesi Halkapınar 3.Etap Toplu Konutları	Söğütözü Mahallesi Toplu Konutları	Aybastı Ortaköy Mahallesi Toplu Konutları
Gri Su Kullanabilecek Alanların Su İhtiyacı (m³/yıl)	93.790	3.881	22.875	1.787	7.963
Senaryo	<i>49 binada Duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Bir binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>90 binada duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>
Toplanan Gri Su Miktarı (m³/yıl)	58.400	3.650	14.600	1.095	7.300
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m³)	20	10	40	3	20
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	8	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	5.059.310	397.344	937.976	211.996	606.525
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m³)	86,63	108,86	64,24	193,60	29,01
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	326.271	24.541	63.586	7.155	36.143
Tasarruf (TL/yıl)	470.184	32.335	118.260	16.786	59.276
Su Birim Fiyatı (TL/m³)	8,6601	8,33	8,1	6	8,12
Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	40	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.



İnşaatına başlanmamış binalarda çalışılan senaryolarda su birim fiyatının gri su kullanımı sistemi yatırımının geri ödeme süresine etkisi açıkça görülmektedir. Bilindiği üzere, mesken abonelerin tarifelendirildiği su birim fiyatı, otel ve ticarethane gibi abone tiplerine göre düşük olmaktadır. İzmir İlinde projelendirilen toplu konut binasında su birim fiyatının yüksek olması (15,33 TL) Yenice Mah. Toplu Konutlarında yapılacak yatırımın geri ödeme süresinin kısa olmasını sağlamıştır. Su birim fiyatının düşük fiyattan tarifelendirildiği bu yapılarda, sistemin hizmet ettiği nüfusun olabildiğince artırılması geri kazanılacak gri su miktarının artırılması birim gri su maliyetini düşürebilmektedir. Örneğin; Adana Barbaros ve Bey Mahallesi Toplu Konutları'nda 3 m³/gün kapasiteli sistem için gri suyun kullanımı için birim maliyet 194,01 TL/m³ olurken, 49 binanın beraber çalışılmasıyla 20 m³/gün kapasiteli sistem için birim maliyet 86,63 TL/m³'e inmektedir. İlaveten, sisteminin rantabilitesinin artırılması için tuvalet rezervuarlarında sifon suyu kullanımından ziyade sistemin yatırım maliyetini düşürecek bahçe sulama ve temizlik gibi gri su yeniden kullanım alanları seçilebilir.

4.3.1.5 Kamu Binalarında Fayda-Maliyet Analizi ve Sonuçları

Gri suyun kamu binalarında yeniden kullanımına ilişkin fayda-maliyet analizleri; Adana'da Adana Büyükşehir Belediye Binası, İstanbul'da İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) Eyüpsultan İlçesi Şube Hizmet Binası, İzmir'de Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi, Konya'da Mevlâna Kültür Merkezi, Mardin'de İlköğretim Okulu ve Ordu'da Ordu Su ve Kanalizasyon İdaresi (OSKİ) binası için yapılmıştır.

Kamu binalarında gri suyun kullanımına yönelik her bir mikro alan için çeşitli senaryolar çalışılmıştır. Öncelikle lavabo kullanımlarından geri kazanılabilecek gri su miktarları belirlenmiş daha sonra bu senaryolarda belirtilen kullanım ihtiyaçları hesaplanmıştır. Bu kapsamda kamu binasında personel ve ziyaretçilerin zamansal su tüketimleri, kullanım alışkanlıkları incelenmiştir. Lavabo kullanımı için yeni nesil lavabo bataryalarının tüketim katalog değerleri incelenmiş ve lavabo su tüketim değeri 2,5 lt/dk olarak belirlenmiştir. Tuvalet rezervuarlarında ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı hesabında; personelin günde 10 kere ve ziyaretçilerin günde 1 kere sifon kullandığı kabul edilmiştir. Tuvalet rezervuarı hacmi 6 litre olarak kabul edilmiştir. Yeşil alan sulama suyu ihtiyacı ise metrekare başına günlük 13,5 litre olarak kabul edilmiştir.

Toplanabilen gri su miktarı ile mevcut su tüketiminden su tasarruf potansiyeli ve şebeke suyu yerine gri suyun kullanılması ile kazanılabilecek ekonomik tasarruf miktarları bulunmuştur. Bölgedeki yerel fiyatlar ile yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Gri su miktarının ihtiyaç duyulan su miktarını karşılayamadığı durumlarda yağmur suyu hasadı ve gri su kullanımı sistemlerinin birlikte uygulanması düşünüldükçe ilave analizler yapılmıştır. Tüm fayda ve maliyetler değerlendirilerek GSK sistemi yatırımının geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Kamu binalarında yapılan fayda-maliyet analiz sonuçları Tablo 4.13 -

Tablo 4.16'da verilmiştir.



Tablo 4.13 Kamu Binalarında Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Sonuçları Senaryo 1

Kamu Binası	Adana	İstanbul	İzmir	Konya	Mardin	Ordu
	Adana Büyükşehir Belediyesi	İSKİ Eyüpsultan İlçesi Şube Hizmet Binası	Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi	Mevlâna Kültür Merkezi	Mardin 24 Derslikli İlkokul	OSKİ Binası
Gri Suyu Kullanabileceğimiz Alanların Su İhtiyacı (m ³ /yıl)	7.455	2.453	5.369	22.083	4.160	1.755
Senaryo	<i>Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>
Tasarruf Edilen Su Miktarı (m ³ /yıl)	2.500	700	3.000	6.045	3.000	731
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	10	3	10	20	10	3
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	1	1	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	409.180	261.790	382.682	573.265	417.582	257.915
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	163,67	373,99	127,56	94,83	139,19	352,82
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	27.622	8.340	25.641	47.520	24.542	8.282
Tasarruf (TL/yıl)	32.343	5.381	68.910	60.900	27.000	7.898
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	12,937	8,33	22,97	12,18	9	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	11	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.



Tablo 4.14 Kamu Binalarında Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Sonuçlar Senaryo 2

Kamu Binası	Adana Adana Büyükşehir Belediyesi	İzmir Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi		Konya Mevlâna Kültür Merkezi
		Senaryo 1	Senaryo 2	
Gri Suyu Kullanabileceğimiz Alanların Su İhtiyacı (m ³ /yıl)	7.455	5.369	5.369	22.083
Senaryo	Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra bahçe sulamada kullanılabilirliği öngörülmüştür.	Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.	Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.	Binanın İstanbul'da olması, lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.
Tasarruf Edilen Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.105	3.000	3.850	6.045
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	20	10	20	20
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	1	1	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	531.800	382.682	512.070	573.265
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	171,27	127,56	132,99	94,83
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	47.518	25.641	40.857	47.520
Tasarruf (TL/yıl)	40.186	68.910	88.446	41.650
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	12,937	22,97	22,97	9
Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	11	13	Geri ödememektedir.



Tablo 4.15 Kamu Binalarında Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Sonuçlar Senaryo 3

Kamu Binası	Adana Adana Büyükşehir Belediyesi	İstanbul İSKİ Eyüpsultan İlçesi Şube Hizmet Binası	İzmir Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi		Ordu OSKİ Binası
			Senaryo 1	Senaryo 3	
Gri Suyu Kullanabileceğimiz Alanların Su İhtiyacı (m ³ /yıl)	7.455	1.680	5.369	5.369	1.755
Senaryo	<i>Gri su ve yağmur suyunun arıtıldıktan sonra bahçe sulamada kullanılabilirliği öngörülmüştür.</i>	<i>Gri su ve yağmur suyunun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Gri su ve yağmur suyunun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Gri su ve yağmur suyunun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>
Tasarruf Edilen Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.105	1.036	3.000	5.163	1.316
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	20	3	10	10	3
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	1	1	1	1	1
YSH Depo Kapasitesi (m ³)	15	5	-	20	10
YSH Depo Sayısı (adet)	1	1	-	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)*	448.170	277.455	382.682	440.457	360.990
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	144,34	267,81	127,56	146,82	274,31
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	27.622	8.340	25.641	25.641	8.282
Tasarruf (TL/yıl)	39.057	8.631	68.910	118.603	14.207
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	12,937	8,33	22,97	22,97	10,8
Geri Ödeme Süresi (yıl)	Geri ödememektedir.	Geri ödememektedir.	11	6	Geri ödememektedir.



Tablo 4.16 İzmir İli Kamu Binası Gri Suyun Kullanımı Fayda-Maliyet Analizi Sonuçları

Kamu Binası	İzmir Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi			
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Gri Suyu Kullanabileceğimiz Alanların Su İhtiyacı (m ³ /yıl)	5.369	5.369	5.369	13.874
Senaryo	<i>Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Gri su ve yağmur suyunun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Gri su ve yağmur suyunun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu ve bahçe sulama suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>
Tasarruf Edilen Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.000	3.850	5.163	6.014
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	10	20	10	20
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	1	1	1	1
YSH Depo Kapasitesi (m ³)	-	-	20	20
YSH Depo Sayısı (adet)	-	-	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)*	382.682	512.070	440.457	569.845
Gri Suyun Kullanımı için Birim Maliyet (TL/m ³)	127,56	132,99	146,82	94,75
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	25.641	40.857	25.641	40.857
Tasarruf (TL/yıl)	68.910	88.446	118.603	138.139
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	22,97	22,97	22,97	22,97
Geri Ödeme Süresi (yıl)	11	13	6	7



Kamu binaları resmi tatil, hafta sonu ve akşam saatlerinde faal olmaması ve gri su üreten kaynakların lavabolar ile sınırlı olmasından dolayı toplanabilen gri su diğer mikro alanlara göre azdır. Geri kazanılabilecek gri su miktarın düşük olduğu bu yerlerde gri su sistemlerinin YSH sistemleri ile birlikte düşünülmesi ile geri ödeme sürelerinin düştüğü görülmektedir. Örneğin; İzmir İlin Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesinde gri suyun rezervuarda sifon suyu olarak kullanılması senaryosunda yatırım geri ödeme süresi 11 yıl olarak bulunurken, gri su ve yağmur suyunun entegre şekilde uygulandığı senaryoda geri ödeme süresi 6 yıl olarak hesaplanmıştır.



4.3.1.6 Genel Değerlendirme ve Sonuçlar

Yapılan çalışmaların sonuçlarının genel değerlendirmesi ve çıkarımlar

Proje kapsamında Adana'da Double Tree by Hilton Adana, İstanbul'da Jurnal Hotel, İzmir'de Oğlakçioğlu Park Butik Otel, Antalya'da Aska Lara Resort Hotel, Ordu Akamoy Otel ve Mardin'de Yay Grand Otel'de hem kullanımda hem de inşaatına başlanmamışken GS sisteminin yapılması; yerleşik binalarda Adana'da Buruk Mah. Toplu Konutları, İzmir'de Zeytinlik Mah. Toplu Konutları, Mardin'de S.S. Bilkent Konut Yapı Kooperatifi Konutları ve Ordu'da Şirinevler Mah. Toplu Konutlarında; inşaata başlanmamış binalarda sadece İzmir Yenice Mah. Toplu Konutlarında; kamu binalarında da sadece İzmir Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi'nde GS sisteminin yapılması rantabl olarak değerlendirilmiştir.

Fayda-maliyet analizi yapılan her bir mikro alan için öncelikle gri suyun toplanabileceği kullanımlar ve toplanan bu suyun kullanılabilmesi alanlar incelenmiştir. Toplanan gri su çoğunlukla tuvalet rezervuarlarında sifon suyu ve bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılmakta, bu su ile araç yıkanabilmekte, temizlik yapılabilmekte ve klimalarda soğutma suyu olarak kullanılabilir. Toplanan gri suyun bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması halinde 20.03.2010 tarih ve 27257 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek 7: Arıtılmış Atıksuların Sulama Suyu Olarak Geri Kullanım Kriterlerinde Tablo E7.1 Sulamada geri kullanılacak arıtılmış atıksuların sınıflandırılmasında belirtilen kriterleri sağlanması gerekmektedir.

Gri su sistemlerinin kullanımda olan otel ile inşaatı başlamamış otellerde uygulanmasına yönelik yapılan fayda-maliyet analizlerinde otellerde yatırımın geri ödeme süresinin 20 yıldan az olduğu görülmüş ve yatırım rantabl olarak değerlendirilmiştir. Otellerde duş, küvet, spa, hamam vb. gibi gri su üreten birçok kaynak bulunmaktadır. Buna ilave olarak otellerde yatak kapasitesinin artmasıyla üretilen gri su miktarı da artış göstermektedir. Aynı zamanda otellerde yapılan toplantı, yemek vb. gibi faaliyetlerin de olması gri suyun üretilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte otellerde gri suyun kullanılabilmesi kaynaklar da diğer mikro alan tiplerine göre fazla sayılmaktadır. Oteller genel itibarıyla konaklama amaçlı olarak kullanıldığından hem gri su üretimi fazla olmakta hem de geri kullanım alanları çeşitli olabilmektedir. Haliyle çeşitli bina tipolojileri arasında gri suyun kullanılabilirliğinin en fazla olduğu birimler otellerdir. Fayda maliyet analizlerinde örneğin 20 m³/gün kapasiteli gri su sistemi uygulanması planlanan; 130 yataklı Adana'daki bir otelde yapılacak yatırımın geri ödeme süresi 12 yıl olarak hesaplanmışken, İzmir'de bulunan 150 yataklı bir otelde 5 yıl olarak hesaplanmıştır (Bknz. Tablo 3.3).

Kamu binalarında ise bu durum daha farklıdır. Kamu binaları resmi tatil, hafta sonu ve akşam saatlerinde faal olmaması ve gri su üreten kaynağın da sınırlı olmasından dolayı toplanabilen gri su diğer mikro alanlara göre azdır. Kamu binalarında (resmi daireler) gri su üreten kaynaklar lavabolar ile sınırlıdır. Dolayısıyla gri su üretimi de, buna paralel olarak gri suyun yeniden kullanılabilirliği de bu birimlerde son derece düşüktür. Beklendiği üzere bu alanlarda gri su



sistemi rantabl olmamaktadır. Suyun birim fiyatının yüksek olduğu illerde GS sistemlerinin YSH sistemleri ile birlikte düşünülmesi ile geri ödeme sürelerinin düştüğü görülmektedir. Örneğin; İzmir İlinde gri suyun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanıldığı senaryoda geri ödeme süresi 11 yıl olarak hesaplanırken, gri su ve yağmur suyu sistemlerinin birleşik olarak uygulandığı senaryoda geri ödeme süresi 6 yıl olarak bulunmuştur. Bu durumda olan kamu binalarında GS ve YSH sistemlerinin birlikte kullanılması önerilmektedir.

Yerleşim birimlerinde de rantabl olan kullanımlar genelde fazla nüfus barındıran toplu konut alanlarıdır. Tekil ve az katlı binalarda daha az nüfus bulunduğundan fayda-maliyet analizlerinde geri dönüşüm yılları genelde ekonomik olarak değerlendirilmemektedir.

Geri ödeme sürelerini etkileyen unsurlar

Gri su kullanımı sistemlerinin geri ödeme sürelerini etkileyen en önemli unsurlar aşağıda verilmiştir. Bunlar:

- Toplanan gri su miktarı,
- İllere göre değişen yatırım ve işletme maliyeti ve
- Suyun birim fiyatıdır.

Bu unsurlara ek olarak gri su kullanımı sistemi yatırım maliyetini dolayısıyla geri ödeme süresini doğrudan etkileyen unsurlar bulunmaktadır:

İnşaatına başlanmamış-projelendirilmiş binalarda gri su sistemi uygulanması için tesisat veya döşeme değişikliği gerekmeceğinden kırım-yapım maliyeti bulunmamaktadır. Dolayısıyla yapılara projelendirme aşamasında gri su sistemi tasarlanması halinde yatırımın geri ödeme süresi kısalmaktadır. Örneğin; Antalya'da kullanımda olan otelde gri su sistemi yatırımının geri ödeme süresi 7 yıl; otelin inşaatına başlanmadan önce gri su sisteminin tasarlanması düşünüldüğünde geri ödeme süresi 3 yıl olmaktadır.

Toplanan suyun kullanım alanı ise sistemin tasarımında gerekli olan ekipmanları belirlediği için sistemin yatırım maliyetine doğrudan etki etmektedir. Bina tipolojilerinde geri kazanılan gri suyun tuvalet rezervuarları, bahçe sulama ve temizlik gibi çeşitli faaliyetlerde kullanılması durumları değerlendirilmiştir. Toplanan gri suyunun tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması durumunda boru, boru-montaj ve kırım-yapım maliyetleri artmaktadır. Dolayısıyla yeniden kullanım alanının bahçe sulama veya zemin temizliği gibi amaçlar olması halinde yatırımın geri ödeme süresi kısalmaktadır.

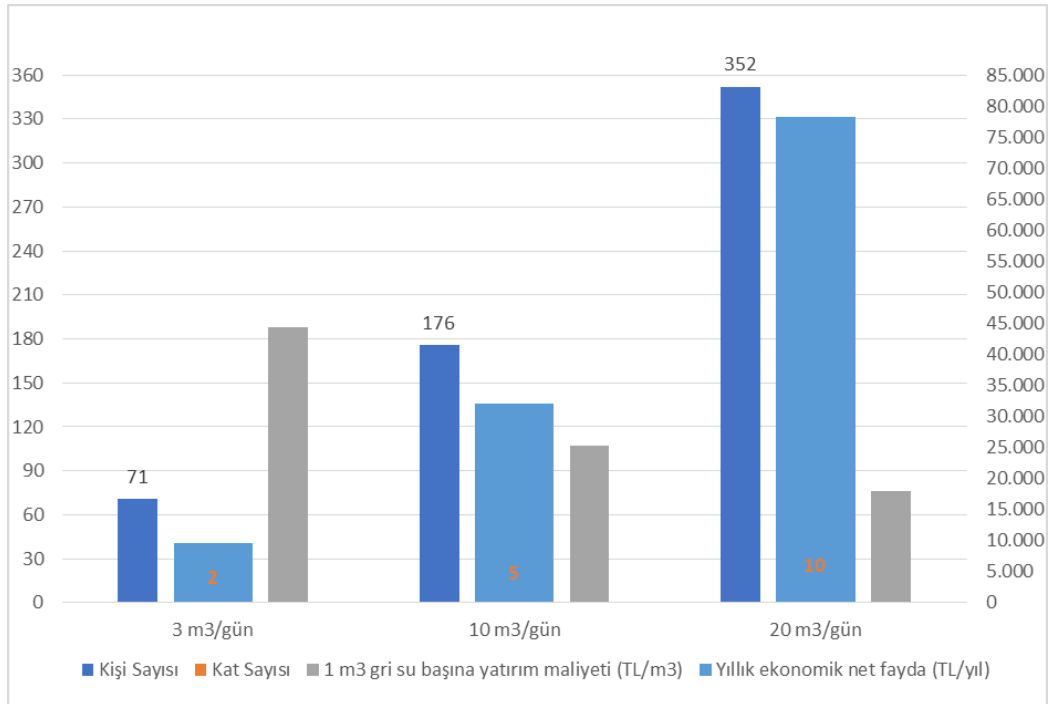
İlaveten, binanın kat yüksekliği ve binadaki ıslak hacimlerin dağılımı da yatırım maliyetini etkileyen unsurlardan biridir. Bir yapıda bulunan mutfak, banyo, tuvalet, duş yerleri gibi içinde su bulunan hacimlere verilen genel adlandırma ıslak hacimdir. Islak hacimleri dağınık olmayan ve kat sayısı az olan yapılarda boru, boru-montaj ve kırım-yapım maliyetleri daha düşüktür. Bu özelliklere sahip binalarda geri ödeme süresi daha kısa bulunmuştur.



4.3.1.6.1 Toplanan Gri Su Miktarı

Gri su kullanımı sistemleri uygulanacak binalarda toplanan (geri kazanılan) gri su miktarı arttıkça sistemin kazandırdığı su tasarrufu ve ekonomik tasarruf artmakta dolayısıyla geri ödeme süresi kısalmaktadır. Toplanan gri su miktarının gri suyun yeniden kullanımı sistemine etkisini inceleyebilmek için proje aşamasında olan 10 katlı bir binada her pilot il özelinde farklı senaryolar çalışılmıştır. Çalışılan senaryolarda gri suyun yeniden kullanımı için nüfus-hane-kat sayısı değerlerinin değiştirilmesiyle geri kazanılacak gri su miktarı ve buna bağlı olarak kazanılabilecek ekonomik fayda hesaplanmıştır. Hane-kat sayısının artmasıyla 1 m³ gri suyun yeniden kullanımı için gerekli olan yatırım ve işletme maliyetleri de kıyaslanmıştır.

Her ilde bulunan 10 katlı binanın ilk 2 katı, ilk 5 katı ve 10 katı olmak üzere farklı kat-hane sayıları için gri su sistemi tasarımı yapılmıştır. Öngörülebileceği üzere, kat-hane sayısı arttıkça geri kazanılabilecek gri su miktarı artmakta ve buna bağlı olarak şebekeden su tasarrufunun artmasıyla ekonomik fayda yükselmektedir. Diğer yandan kat sayısı ve gri su miktarı arttıkça ihtiyaç duyulan boru-montaj ve arıtma gibi yatırım maliyetleri; elektrik, bakım-onarım gibi işletme maliyetleri de artmaktadır. Bu durum tüm illerde aynı şekilde seyretmekte ve gri su sisteminin fayda-maliyet dengesinin temelini oluşturmaktadır. İzmir ilinde projelendirilen 10 katlı binada farklı kat-hane sayılarına göre gri su kullanımının fayda-maliyet dengesi verilmiştir.



Şekil 4.1 Projelendirilen 10 Katlı Binada Gri Su Kullanımı Fayda-Maliyet Dengesi

71 kişi bulunan 2 kat için 3 m³/gün; 176 kişi bulunan 5 kat için 10 m³/gün; 352 kişi bulunan 10 kat için 20 m³/gün gri su arıtma sistemi seçilmiştir. Çıkan sonuçlara bakıldığında kat-kişi sayısı

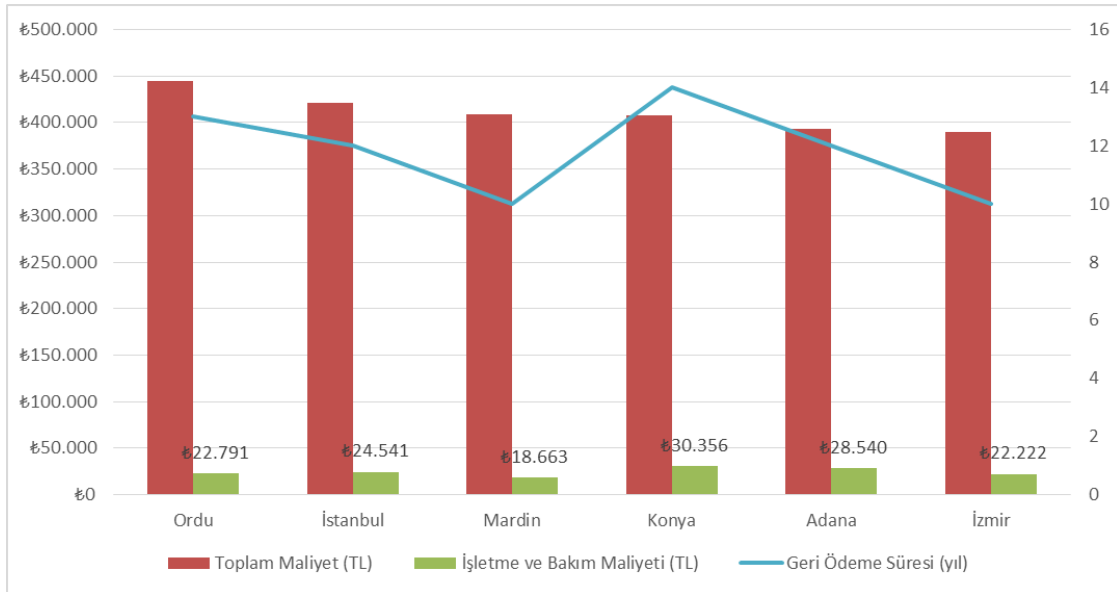


arttıkça; her ne kadar ilk yatırım maliyeti yükselse de 1 m³ gri su başına yatırım maliyeti azalmakta ve sistemin kazandırdığı yıllık ekonomik net fayda artmaktadır. Dolayısıyla gri su sistemi ile hizmet verilen kişi sayısı arttıkça sistemin rantabilitesi yükselmektedir. Henüz inşaatına başlanmamış İzmir’de bulunan binada; 2 kat, 5 kat ve 10 kat için sırasıyla geri ödeme süreleri 200, 19 ve 9 yıl olarak bulunmuştur. Benzer bir yapıda gri su sistemi kurulacağı zaman rantabilitenin sağlanması için 5 kat/40 hane (175 kişi) ve üzeri yapıların tercih edilmesi önerilmektedir.

4.3.1.6.2 İllere Göre Değişen Yatırım ve İşletme Maliyeti

Gri su sistemi yatırım maliyeti ve işletme maliyeti olarak büyükşehirlerin bulunduğu bölgedeki yerel piyasa fiyatlarına göre alınmış olup, iller arasında değişiklik göstermektedir. İşletme maliyeti, elektrik enerji bedeli ve makine bakım-onarım bedeli olarak ele alınmıştır. Yatırım maliyeti ise; boru bedeli, boru montaj bedeli, kırım-yapım ve gri su arıtma sistemi bedeli olarak alt başlıklar halinde toplanmıştır. Maliyetlerde; elektrik bedeli, boru ve boru montaj bedeli, kırım-yapım bedeli büyükşehirlerin yerel piyasalarında farklılık göstermektedir.

Yatırım maliyetlerinde farklılıklara yol açan yerel piyasa fiyatlarının geri ödeme sürelerine etkisini değerlendirebilmek için; inşa edilmesi planlanan 10 katlı bir binanın tüm özellikleri aynı kalacak şekilde tüm illerde olması durumu çalışılmıştır. Su birim fiyatı 20 TL/m³ ve toplanabilen gri su miktarı ise 3.650 m³/yıl olarak tüm illerde aynı alınmıştır.



Şekil 4.2 İlk Yatırım ve İşletme Maliyeti: Su Birim Fiyatı ve Toplanan Gri Su Miktarı Aynı, İlk Yatırım ve İşletme Maliyeti Farklı

Yatırım maliyetinin en yüksek olduğu il Ordu iken, işletme maliyetinin en yüksek olduğu il Konya olmuştur. İlk yatırım maliyetinin en düşük olduğu il İzmir ve işletme maliyetinin en düşük olduğu il ise Mardin olarak hesaplanmıştır. İşletme ve yatırım maliyetinin beraber değerlendirildiği fayda-maliyet analizi sonuçlarına göre sistemin geri ödeme süresi 14 yıl ile en



yüksek Konya ilinde çıkmıştır. İzmir ve Mardin illeri ise 10 yıl ile en rantabl sistemler olarak değerlendirilmiştir.

4.3.1.6.3 Su Birim Fiyatı

Şehirlerdeki su birim fiyatı, şebeke suyu yerine gri suyun yeniden kullanımından kaynaklı sağlanabilen ekonomik tasarrufa direk etki etmektedir. Sistemin uygulanacağı binaların buldukları şehirdeki suyun birim fiyatı arttıkça şebeke suyu yerine gri suyun kullanımı ile faturadan tasarruf edilebilecek miktar (TL cinsinden) fazla olmakta ve yatırımın geri ödeme süresi daha kısa olmaktadır. Buna göre suyun birim fiyatı ile geri ödeme süresi arasında ters orantı bulunmaktadır. Su birim fiyatının geri ödeme süresine etkisinin anlaşılması için Konya İlinde projelendirilen bina için toplanan gri su miktarı, ilk yatırım ve işletme maliyeti sabit tutulmuş, suyun birim fiyatının 20 TL ve 35 TL olması durumu için hesaplamalar yapılmıştır (Tablo 4.17).

Tablo 4.17 Suyun Birim Fiyatı: Toplanan Gri Su Miktarı, İlk Yatırım ve İşletme Maliyeti Aynı, Su Birim Fiyatı Farklı

Henüz İnşaatına Başlanmamış Bina	Konya	
	Halkapınar 3.Etap Bahçelievler Mah. Halkapınar/Konya	
Gri Su Kullanabilecek Alanların Su İhtiyacı (m ³ /yıl)	3.981	3.981
Senaryo	<i>Duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>	<i>Duş ve lavabolardan kaynaklanan gri suyun arıtıldıktan sonra rezervuarda sifon suyu olarak tekrar kullanılacağı öngörülmüştür.</i>
Toplanan Gri Su Miktarı (m ³ /yıl)	3.650	3.650
Gri Su Arıtma Sistemi Kapasitesi (m ³)	10	10
Gri Su Arıtma Sistemi Sayısı (adet)	1	1
İlk Yatırım Maliyeti (TL)	₺408.087	₺408.087
İşletme ve Bakım Maliyeti (TL)	₺30.356	₺30.356
Tasarruf (TL/yıl)	₺42.644	₺127.750
Su Birim Fiyatı (TL/m ³)	₺20	₺35
Geri Ödeme Süresi (yıl)	14	5

Konya'da yapılacak bu binada ilk yatırım ve işletme maliyeti, toplanan gri su miktarı sabit tutularak, suyun birim fiyatı arttırıldığında tasarruf edilen su bedeli artmış, buna bağlı olarak geri ödeme süresi kısalmıştır.

Aynı ilde bulunan abone tiplerine göre su birim fiyatında da farklılıklar olduğu için otel, sanayi gibi suyu daha yüksek tarifelerden temin eden abone tiplerinde gri su sistemi daha rantabl olmaktadır. Örneğin; Ordu'da su birim fiyatının 25,98 TL olduğu bir otelde 3 m³/gün kapasiteli gri su sistemi için geri ödeme süresi 19 yıl iken; su birim fiyatı 10,8 TL'ye satıldığı kamu



binasında aynı gri su kapasitesi için yatırım çok uzun sürede kendini karşılamaktadır (Bknz. Tablo 4.2 ve Tablo 4.13).

4.3.2 Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Fayda-maliyet analizi yapılan mikro alanlarda GS sistemlerinin kurulumuna, işletme ve bakımına bağlı problemler, uygulama zorlukları, avantaj ve dezavantajları, oluşabilecek sorunlar ve sorunlara çözüm önerileri sunulmuştur.

4.3.2.1 Kullanımda Olan Otellerde Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Kullanımda olan otellerde tesisatın GS sistemine uygun olarak yeniden tasarlanması (projelendirilmesi) ve sisteme yapılan şebeke suyu besleme hattı DIN EN 1717 standardına uygun olacak şekilde belirli bir uzaklıktan serbest akış olarak yapılması sağlanmalı ve geri akışa olasılık vermeyecek şekilde olması gerekmektedir. Sistemde kullanılan depolarda oluşabilecek kokuları önlemek için havalandırma hattının yapılmalıdır.

Yapılan projenin uygulanması halinde yeni bir hat için binada tadilat yapılması gerekmektedir. Yapılan hattın şebeke ve kullanım suyu hatlarının birbiriyle bağlantısının olmaması ve bu hatların ayrımının yapılabilmesi için farklı renkte olması sağlanmalıdır. Saç gibi gri su içerisindeki bazı maddeler uygulama problemlerine sebep olabilmektedir. Arıtılmamış gri su ile temas eden borular, saçların tutunabileceği keskin köşe yerine saçların çökmesini sağlayacak şekilde dizayn edilmesi sağlanmalıdır. Tadilat işi kapsamında kırım işlemi yapılacaktır. Tadilatın, otelin yoğun olmadığı dönemlerde hatta ölü sezonda yapılması önerilmektedir. Böylelikle konukların tadilat dolayısıyla rahatsız olmaması sağlanabilecektir. Hatta tadilat işinin, otelde yapılması muhtemel başka bir tadilat ile birleştirilerek programlama yapılması faydalı olacaktır.

Gri su arıtma sistemi için uygun bir yer bulunması gerekmektedir. Genellikle binaların bodrum katına yerleştirilmektedir. Bu sistemler her yıl bakıma ihtiyacı olan tesislerdir. Bu nedenle her yıl bakım yapılması gerekmekte ve buna bağlı olarak da servis bedeli ortaya çıkmaktadır. Bu sistemlerde oluşabilecek kokuları önlemek için havalandırma hattının kullanılması önerilmektedir. Seçilen sistemde filtrelerin temizlenmesi ters yıkama hattı ile sağlanmaktadır. Sistemde taşmalara karşı önlem alınmıştır. Ayrıca arıtılan suyun gün içerisinde tüketilemediği durumda en az 3 gün sonra suyun kanalizasyona deşarj edilmesi sağlanmalıdır.

Otelde gri su arıtma sisteminin düzenli olarak kontrolünü sağlayan, arıza olması durumunda tedarikçiye haber veren birinin görevlendirilmesi gerekmektedir. Sorumlu kişiye tedarikçi ile ilgili bilgiler önceden verilmelidir.

4.3.2.2 İnşaatı Başlamamış Otellerde Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

İnşaatı başlamamış otellerde projelendirme baştan yapılacağından teknik yapılabilirlik konusunda herhangi bir husus söz konusu değildir.



Gri su arıtma sistemi her yıl bakıma ihtiyacı olan tesislerdir. Bu nedenle her yıl bakım yapılması gerekmekte ve buna bağlı olarak da servis bedeli ortaya çıkmaktadır. Seçilen sistemde filtrelerin temizlenmesi ters yıkama hattı ile sağlanmaktadır. Sistemde taşmalara karşı önlem alınmıştır. Ayrıca arıtılan suyun gün içerisinde tüketilemediği durumda en az 3 gün sonra suyun kanalizasyona deşarj edilmesi sağlanmalıdır.

GS sisteminin sürdürülebilirliği için otelde gri su arıtma sisteminin düzenli olarak kontrolünü sağlayan, arıza olması durumunda tedarikçiye haber veren birinin görevlendirilmesi gerekmektedir. Sorumlu kişiye tedarikçi ile ilgili bilgiler önceden verilmelidir.

4.3.2.3 Yerleşik Binalarda Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Apartman ya da toplu konutlarda sürdürülebilirliğin sağlanması için ev sahiplerinin ya da kiracıların bu konuya ilgili ve istekli olması önemli bir husustur.

Yerleşik binalarda tesisatın GS sistemine uygun olarak yeniden tasarlanması (projelendirilmesi) ve sisteme yapılan şebeke suyu besleme hattı DIN EN 1717 standardına uygun olacak şekilde belirli bir uzaklıktan serbest akış olarak yapılması sağlanmalı ve geri akışa olasılık vermeyecek şekilde olması gerekmektedir. Sistemde kullanılan depolarda oluşabilecek kokuları önlemek için havalandırma hattının yapılmalıdır. Eğer mümkünse havalandırma hattı evin drenaj hattı havalandırmasından ayrı bir şekilde çatıya kadar çıkarılmalıdır.

Projenin uygulanması halinde yeni bir hat için binada tadilat yapılması gerekmektedir. Tadilat işi kapsamında kırım işlemi yapılacaktır. Kırım, boru uzunluğu kadar bir alanda yapılacaktır. Bu tadilat evde yapılması muhtemel başka bir tadilat ile birleştirilerek yapılabilecektir.

GS kapsamında olan gri su arıtma sistemi her yıl bakıma ihtiyacı olan tesislerdir. Bu nedenle her yıl bakım yaptırılması gerekmekte olup buna bağlı olarak da servis bedeli ortaya çıkmaktadır. Binadaki kiracılar her yıl ödenecek olan servis bedelini ödemek istemekten kaçınabilecektir. Sonradan sorun çıkmaması için kiracıya bu konuda bilgi verilmesi ve yönetim kararı doğrultusunda bu işlerin yapılması gerekmektedir. Ayrıca arıtılan suyun gün içerisinde tüketilemediği durumda en az 3 gün sonra suyun kanalizasyona deşarj edilmesi sağlanmalıdır.

GS sisteminin sürdürülebilirliği için binada gri su arıtma sisteminin düzenli olarak kontrolünü sağlayan, arıza olması durumunda tedarikçiye haber veren birinin görevlendirilmesi gerekmektedir. Yönetici ve apartman görevlisine konu hakkında detaylı bilginin verilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu konuda görevlendirilen kişiye tedarikçi ile ilgili bilgiler de önceden verilmelidir. Bununla birlikte sistemde arıza olması durumunda arızanın kısa sürede giderilebilmesi için konuyla ilgili bir bütçenin ayrılması gerekmektedir.

Bunun yanı sıra özellikle yerleşik küçük binalarda gri suların toplanıp arıtılıp tekrar kullanılması uygulamada çok kolay olmamaktadır. Bu nedenle bu tür yerleşimlerde her hane



için uygulaması basit, el yıkama sularını direkt sifona aktaran basit teçhizatlar da alternatif olarak değerlendirilebilecektir.

4.3.2.4 İnşaatı Başlamamış Olan Binalarda Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

İnşaatı başlamamış otellerde projelendirme baştan yapılacağından teknik yapılabilirlik konusunda herhangi bir husus söz konusu değildir.

Binalarda GS sistemleriyle ilgili herhangi bir mevzuat ve zorunluluk olmadığından müteahhitler ilk yatırım bedelini karşılamak istememektedir. Bununla birlikte bu sistemlerin sürdürülebilirliği için konut sahiplerinin bu sistemleri uygulamaya karşı istekli olması gerekmektedir.

Gri su arıtma sistemi her yıl bakıma ihtiyacı olan tesislerdir. Bu nedenle her yıl bakım yapılması gerekmekte ve buna bağlı olarak da servis bedeli ortaya çıkmaktadır. GK sisteminin sürdürülebilirliği için binada gri su arıtma sisteminin düzenli olarak kontrolünü sağlayan, arıza olması durumunda tedarikçiye haber veren birinin görevlendirilmesi gerekmektedir. Yönetici ve apartman görevlisine konu hakkında detaylı bilginin verilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu konuda görevlendirilen kişiye tedarikçi ile ilgili bilgiler de önceden verilmelidir. Bununla birlikte sistemde arıza olması durumunda arızanın kısa sürede giderilebilmesi için konuyla ilgili bir bütçenin ayrılması gerekmektedir. Ayrıca arıtılan suyun gün içerisinde tüketilemediği durumda en az 3 gün sonra suyun kanalizasyona deşarj edilmesi sağlanmalıdır.

4.3.2.5 Kamu Binalarında Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Binalarda tesisatın GS sistemine uygun olarak yeniden tasarlanması (projelendirilmesi) ve bu projenin uygulanması halinde yeni bir hat için binada tadilat yapılması gerekmektedir. Hem tadilat hem yatırım hem de bu sistemlerin bakımlarının yapılması, oluşabilecek arızaların kısa sürede giderilmesi için bütçe ayrılması gerekmektedir.

Bununla birlikte gri su arıtma sisteminin düzenli olarak kontrolünü sağlayan, arıza olması durumunda tedarikçiye haber veren bir çalışanın görevlendirilmesi ve bu konuda detaylı bilginin verilmesi gerekmektedir. Ayrıca arıtılan suyun gün içerisinde tüketilemediği durumda en az 3 gün sonra suyun kanalizasyona deşarj edilmesi sağlanmalıdır.

4.3.2.6 Genel Değerlendirme ve Sonuçlar

Gri su sistemlerinin teknik yapılabilirliği konusunda ülkemizde faaliyet gösteren birçok firma bulunmaktadır. Özellikle gri su arıtımında son yıllarda membran teknolojilerinin kullanılması yaygınlaşmıştır. Bilimsel olarak bu konuda ulusal ölçekte herhangi bir sıkıntı bulunmamaktadır. Ancak gri suyun yeniden çeşitli amaçlarla kullanımının henüz yaygınlaşmış bir uygulaması bulunmamaktadır. Kısıtlı uygulama örneklerinden de anlaşıldığı kadarı ile mevcut binalarda gri su sistemlerinin yerleştirilmesi yeni planlanan binalara göre daha az tercih



edilmektedir. Ayrıca, havaalanı, alışveriş merkezleri, oteller, sanayi tesisleri gibi insan hareketliliğinin daha yoğun olduğu yerleşimlerde kullanımı ciddi bir şekilde şebeke suyu tasarrufuna katkı sağlamaktadır. Diğer taraftan binalarda, örneğin ısı eşanjörleri aracılığıyla ısı geri kazanımının yapılabileceği sistemler, toplam verimliliği arttırmak için ideal bir yöntem olarak uygulanabilir. Taze gri suyun sahip olduğu nispeten yüksek sıcaklıklar kullanıcı tercihiyle bağlı olarak sistemde var olan ısı geri kazanım potansiyelinin değerlendirilmesinde bir alternatif olarak düşünülebilir.

Etkin ve verimli su kullanımının sürdürülebilirliği bağlamında gri suyun alternatif bir su kaynağı olarak değerlendirilmesi tüm dünyada olduğu gibi 'su azlığı' ile karşı karşıya kalan ülkemizde de önemli su kaynaklarından biri olarak değerlendirilmektedir.



5 YAĞMUR SUYU HASADI VE GRİ SUYUN KULLANIMININ YAYGINLAŞTIRILMASI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR VE TEŞVİKLER

5.1 Ulusal Sistemin Geliştirilmesi

Ulusal Yeşil Bina ve Yeşil Yerleşim Sertifikasyon Sistemi Geliştirme Çalışmaları

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) koordinasyonundaki üniversite-kamu-özel sektör iş birliği ile hazırlanan ve geliştirilen Ulusal Yeşil Bina ve Yerleşim Sertifikasyon Sistemi Temel Değerlendirme Kılavuzu temel alınarak 23.12.2017 tarih ve 30279 sayılı Resmî Gazete’de “Binalar ile Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği” yürürlüğe konulmuştur. Bu çerçevede yönetmeliğin uygulanabilirliğinin esaslarını oluşturan tebliğ ise 09.06.2021 tarih ve 31506 sayılı Resmî Gazete’de “Binalar ile Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Uygulama Tebliği” yayınlanmıştır. Sertifikasyon Sisteminin Değerlendirme Kılavuzu ise tebliğin eki olarak yer almaktadır. Tebliğin yayınlanmasını takip eden aylarda Ulusal Yeşil Bina ve Yeşil Yerleşim Sertifikasyon Eğitimi yine İTÜ koordinasyonunda verilmektedir. Kasım 2021 ve Mart 2022 aylarda 2 kez verilen 1’er haftalık eğitimlerde başarılı olanlar YeS-TR değerlendiricisi olarak belgelerini almışlardır. Bu ulusal sistemde Bina ve Yerleşmeler üzerinde su yönetimi konusuna yer verilmiştir. Tablo 5.1’de Yeşil Bina sertifikasyonunun özellikleri yer almaktadır (ÇŞB Değerlendirme Kılavuzu, 2021a).

Tablo 5.1 Yes-TR Bina Sertifikasyonu

Sistem Adı	Yeşil Sertifika v1.
Sertifika Kategorisi	Yeşil Sertifika Bina
Yetkilendirilmiş Uzmanlar	Yeşil Sertifika Uzmanı Yeşil Sertifika Değerlendirme Uzmanı
Denetleme Yetkisi	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
Uzman Sertifika Yetkisi	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
Uzman Sertifika Eğitimi ve Sınavı	Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
Referans Sistem ve Dokümanlar	1) Yeşil Sertifika PLATFORMU yestr.csb.gov.tr 2) Yeşil Sertifika BİNA DEĞERLENDİRME KILAVUZU 3) Yeşil Sertifika UZMAN EĞİTİM KILAVUZU
Değerlendirme Modülleri	Yeşil Sertifika Bina Modülleri BBT Bütünleşik Bina Tasarım, Yapım ve Yönetimi YMD Yapı Malzemesi ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi İOK İç Ortam Kalitesi EKV Enerji Kullanımı ve Verimliliği SAY Su ve Atık Yönetimi İNO İnovasyon Bina
Sertifika Aşamaları	Planlama ve Tasarım Aşaması-Hazırlık Aşaması İnşaat / Geliştirme Sırası-Uygulama Aşaması İnşaat / Geliştirme Sonrası-Uygulama Sonrası ve İşletme Aşaması
Sertifika Dereceleri	Geçer İyi Çok İyi Ulusal Üstünlük



YeS-TR Yerleşme sertifikasyonunda yağmur suyu ve grisu kullanımı Sürdürülebilir Arazi Kullanımı, Ekoloji ve Afet Yönetimi (AKE) modülü içerisinde yer almaktadır. Tablo 5.2’de AKE modülünün kriterleri tanıtılmaktadır. AKE 05 alt modülü içerisindeki 3 kriterlerden ilk ikisi alternatif su kaynaklarının kullanımı üzerinedir. Tablo 5.2 ise AKE 05 Çevre Yönetimi Ana Teması kredilerini göstermektedir. Gerek mevcut gerekse yeni yerleşmelerde yağmur suyu toplama sistemi ve/veya atıksu yönetimi ve arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımı durumunda 5’er kredi verilmesi uygun bulunmuştur. Her iki olasılıkta da ilgili belgelerin bulunması puanların alınması için yeterli olacaktır.

Tablo 5.2 Sürdürülebilir Arazi Kullanımı, Ekoloji ve Afet Yönetimi Kriterleri

AKE 01 Planlama ve Ekolojik Değer Varlığı	AKE 01 K1	Projenin içinde yer aldığı alana/bölgeye ait ‘Üst Ölçekli Doğal, Tarihi ve Kültürel Çevre Koruma Kararları Raporu’nun hazırlanmış olması
	AKE 01 K2	Proje Alanında ‘Ekolojik Değer Varlığı Envanteri’ Raporunun hazırlanmış olması
	AKE 01 K3	Proje Alanında ‘Biyocoşunluluğu Koruma ve Geliştirme Raporu’nun hazırlanmış olması
AKE 02 Sürdürülebilir Yer Seçimi ve Enerji Etkin Planlama	AKE 02 K1	Proje alanına ait ‘Yerleşime Uygunluk Etüdü ve Değerlendirme Raporu’nun hazırlanmış olması
	AKE 02 K2	Proje alanına ait ‘Sürdürülebilir Arazi Etüdü ve Değerlendirme Raporu’ nun hazırlanmış olması
	AKE 02 K3	Planlama Alanında Yenilenebilir Enerji Kullanılması
	AKE 02 K4	Güneşlenme ve Rüzgâr Durumuna Göre Yerleşilebilir Alan Tercih Edilmesi
AKE 03 Sürdürülebilir Kentsel Gelişme ve Arazi Kullanım	AKE 03 K1	Proje alanı seçimi
		Seçenek 1-Daha önce herhangi bir işlev ile kullanılmış hâlihazırda boş olan alanın yeniden kullanımı
		Seçenek 2-Hâlihazırda kullanılan eskimiş yapı stoku bulunan alanın temizlenerek yeniden kullanımı
		Seçenek 3-Hâlihazırda kentsel dönüşüm /iyileştirme vb. ilan edilmiş alanın tercih edilmesi
		Seçenek 4-Kentsel dönüşüm alanı ilan edilmeksizin sosyal/fiziksel/ekonomik çöküntü alanının tercih edilmesi
	AKE 03 K2	Açık ve yeşil alan oranında artış sağlanması
AKE 04 Afetlere Dayanıklılık	AKE 04 K1	Afet Risk Raporu ve Yerleşim Afet Yönetim Planı Oluşturulması
	AKE 04 K2	Proje Alanının Afet Yönetim Planı Kapsamında Afet Anında Toplanma Alanı ve Gerekli Donatılarının Belirlenmesi
AKE 05 Çevre Yönetimi ve Altyapı Planlama	AKE 05 K1	Yağmur Suyu Toplama Sistemi Kullanılması
	AKE 05 K2	Atıksu Yönetimi ve Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanımı
	AKE 05 K3	Atık Toplama ve Değerlendirme Yapılması

Tablo 5.3 Ake 05 Çevre Yönetimi Ana Teması Krediler Tablosu

		Yeni Yerleşme	Mevcut Yerleşme
AKE 05 Çevre Yönetimi ve Altyapı Planlama	AKE 05 K1	Yağmur Suyu Toplama Sistemi Kullanılması	5
	AKE 05 K2	Atıksu Yönetimi ve Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanımı	5
	AKE 05 K3	Atık Toplama ve Değerlendirilme Yapılması	5
		TOPLAM	15

Haziran 2021 tarihinde yürürlüğe giren tebliğin 5 yıl süre ile uygulanması uygun bulunmuştur. Süreç içerisinde uzmanların yetiştirilip bina ve yerleşmelerde bu sertifikasyon sisteminin



uygulamaya geçilmesi ile alternatif su kaynaklarının da daha yaygın ve etkili kullanımı mümkün olabilecektir.

Çevreye Duyarlı Konaklama Tesisleri (Yeşil Yıldız) Belgesi

Turizm Sektörü ve Konaklama Tesisleri, küreselleşen dünyada daha fazla ilgi çekme ve gelir elde edebilmek için farklı yöntemler benimsemeye başlamışlardır. Bu yöntemler arasında “Sürdürülebilir Turizm” uygulamaları dikkat çekmektedir. “Sürdürülebilir Turizm” kapsamında, Turistik Tesis İşletmeleri

- Doğal kaynakların korunması,
- Çevre bilincinin geliştirilmesi,
- Turistik tesislerin çevreye olan olumlu katkılarının teşvik edilmesi ve özendirilmesi amacıyla

Ülkelerin yetkili kuruluşları tarafından mevzuatlarında tanımlı kriterlerle ölçülebilir, değerlendirilebilir ve belgelendirilebilir ilkeler benimsemişlerdir.

Ülkemizde de ilk olarak 1993 yılından itibaren Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından “Çevre Dostu Kuruluş Belgesi (Çam Simgesi)” verilmiştir. Sektörün gelişiminin hedeflenmesi ve çevre kirliliği problemlerinin daha fazla önem kazanmasıyla “Çevreye Duyarlı Konaklama İşletmeleri” için uygulanmakta olan sınıflandırma formu güncellenmiş, geliştirilmiş ve 2008 yılında yürürlüğe giren “Turizm İşletmesi Belgeli Konaklama Tesislerine Çevreye Duyarlı Konaklama Tesisleri Belgesi Verilmesine Dair Tebliğ” ile İşletmeleri bu konuda yönlendirme ve teşvik etme imkânı verilmiştir. Bu Tebliğ en son 2017 yılında yeni kriterler ve prensipler ile güncellenerek, daha etkin hale getirilmiştir. Bu Tebliğ ile;

- Enerji ve su gibi kaynak kullanımları ile çevreye zararlı maddelerin tüketiminin ve atık miktarının azaltılması,
- Enerji verimliliğinin artırılması,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi,
- Konaklama işletmelerinin yatırım aşamasından itibaren çevreye duyarlı olarak planlanması ve gerçekleştirilmesi,
- Tesisin çevreye uyumlu işletilmesi,
- Çevreyi koruyucu ve iyileştirici etkinliklerin artırılması,
- Ekolojik mimari ile çevreye duyarlılık konusunda bilinçlendirmelerin-egitimlerin verilmesi ve
- İlgili kurum ve kuruluşlarla yapıcı iş birliğinin yapılması amaçlanmaktadır.

Tebliğ’in ekinde bulunan “Çevreye Duyarlılık Kriterleri Başvuru Formu” (Ek-2), çevreye duyarlılık konusunda çalışma yapan turistik işletmelerin talebi üzerine, formun uygulama esaslarında belirlenen, 3 Bölüm altında değerlendirilen yaklaşık 100 temel kritere sahip olan konaklama tesislerine uygulanacaktır.



Asgari puanlar, konaklama işletmelerinin kapasiteleri ve çevreye olan etkileri dikkate alınarak, işletmelerin tür ve sınıflarına göre belirlenmiştir. Konaklama işletmelerinin bu formda bulunan bütün kriterleri yerine getirmesinin uygulanabilir olmadığı düşüncesiyle, tesislerin tür ve sınıfları dikkate alınarak, asgari puanlar formda bulunan bütün kriterlerin puanlarının toplamı olan azami puandan düşük tutulmuştur. Böylece, işletmelere temel kriterler dışında kalan, diğer kriterler arasında seçim yapma imkânı sağlanmıştır.

Tür ve sınıfına ilişkin belirlenen asgari puanı aşan tesislerden, hizmet kalitesi ve sınıfı yıldız simgesi ile tanımlanan konaklama tesislerinin plakette bu sınıfları gösteren yıldızlar “Yeşil” renkli olarak düzenlenecektir. Bu belge ile Bakanlık tarafından yapılan değerlendirme sonunda “Çevreye Duyarlı Konaklama Tesisi (Yeşil Yıldız) Belgesi” alacak tesislerin, çevrenin korunmasına katkıda bulunurken, aynı zamanda tanıtım ve gerek ülkeler arasında gerekse aynı ülkedeki Turistik İşletmeler arasındaki artan rekabet nedeniyle işletmelerin pazarlamalarında bir farklılık ayrıcalık yaratabilecekleri, hizmet kalitelerinden ödün vermeden, kendi işletmelerine ve ülkemiz ekonomisine kaynakların korunmasıyla tasarruf sağlayabilecekleri, çevrenin korunmasında üstlenecekleri roller ile yörelerinde diğer tesislere örnek olabilecekleri düşünülmektedir.

Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın 2013'te ‘Yeşil Yıldız’ adıyla başlattığı ve teşvik ettiği “Çevreye Duyarlı Konaklama Tesisleri”nin sayısı giderek artmıştır. Bakanlığın Resmî web sayfasındaki bilgiler uyarınca; 2016 yılı sonu itibarıyla; Turizm İşletmesi Belgeli 3.641 konaklama tesisi içerisinde, belgelendirilmiş “Çevreye Duyarlı Konaklama Tesisi” sayısı 381 olmuştur. Bir başka deyişle, tüm tesislerin %10,5'i “Yeşil Yıldız” ile belgelendirilmiştir.

Tebliğ kapsamında belirtilen Dilekçe, Form ve ilgili kayıtlarla birlikte resmi Başvuru yapılmadan önce Tesiste “Mevcut Durum Analizi” yapılmalıdır. Analiz sonucu, tesisin temel kriterleri yerine getirip getirmediği ve mevcut durumda alabileceği puan hesaplanmalı, eğer mevcut durumu başvuru taban puanına ulaşmak için yeterli değilse, başvuru öncesi eksikler tanımlanmalı ve Eylem (iyileştirme) planı yapılmalıdır. Eylem planına uygun takipler yapılarak, bu eksiklikler tamamlanmalıdır.

“Yeşil Yıldız” alan tesisler 2 yılda bir denetlenmekte ve mevcut durumları kontrol edilmektedir. Yeniden değerlendirme sonucunda limit puanı tekrar geçen tesislerin sertifika süresi 2 yıl daha uzatılmaktadır.

Tesisin değerlendirmeye alınması için yerine getirmesi gereken temel kriterler aşağıdaki gibidir;

1. İşletmelerin Çevre Politikası, Faaliyetler Sunumu ve Eylem Planının olması.
2. Tesiste Eylem Planını uygulayacak özel bir yetkilinin olması veya uzman kişi ve yetkili firmalardan destek alınması.



3. İşletme tarafından, çevre bilincinin artırılması, çevresel tedbirlerin ve Eylem Planının uygulanmasını temin etmek için personele Eğitim Verilmesi.
 4. Çevreye duyarlı şekilde Atıksuların Bertarafına yönelik planlama ve uygulamaların olması.
 5. Turizm konaklama işletmesinde kullanılan tüm tesisat, teçhizat ve donanımların koruyucu bakım ve onarımının periyodik olarak yaptırıldığına dair kayıtların tutulması.
 6. İşletmenin çevresel unsurların (su tüketimi, ısıtma ve soğutma için enerji tüketimi, elektrik tüketimi, genel enerji tüketimi, kullanılan kimyasal maddeler, tesiste ortaya çıkan atık miktarları, vb. gibi) izlenmesi, verilerin toplanması ve kayıtların tutulması.
- Bakanlık, Yeşil Yıldız Belgesini alma konusunda Turizm İşletmelerini teşvik etmektedir.

Bu Belge kapsamında istenen belgeler ve uygulamalar, aynı zamanda Uluslararası Yönetim Sistemleri arasında yer alan ISO 14001 (2018) Çevre Yönetim Sistemi ile ISO 50001 (2018) Enerji Yönetim Sistemi Standartlarının Turizm Tesislerinde uygulanabilmesi ve Belgelendirilebilmesi için de destekleyici olmaktadır.

5.2 Yağmur Suyu Hasadı ve Gri Suyun Yaygınlaştırılmasına Yönelik Teşvik Önerileri

5.2.1 Yağmur Suyu Hasadının Yaygınlaştırılmasına Yönelik Teşvik Önerileri

Yağmur suyu hasadının özünde doğal kaynak kullanımının azaltılmasını sağlayan gerçek ve tüzel kişilere yatırım teşviki verilmesi ile ilgili olarak 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 29 uncu maddesine hükümler eklenmesi önerilmektedir. Bu teşvikler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır. İlave olarak yağmur suyu hasadını yapacaklar için uygulamanın nasıl yapılacağına basit ve nitelikli bilgiye kolay erişim için kılavuz niteliği taşıyan belgelerin hazırlanması ve yayımlanması sağlanmalıdır.

Teşvik önerileri:

- Yeni yapılacak binalarda yağmur suyu hasadının uygulanması için yatırımın finansmanına yönelik sıfır/düşük faiz oranlı kredi imkânlarının sağlanması,
- Yeni yapılacak konutlar için eğer yağmur suyu hasadı uygulanacak olursa emsal artışının yapılması,
- Yeni yapılacak binalarda yağmur suyu hasadının yapılması halinde vergi indiriminin yapılması, hatta bir sonraki senede de yağmur suyu hasadını uygulamaya devam etmesi halinde emlak vergisinde belli bir oranda daha indirim yapılmasının ve/veya belediyelere ödenecek harçlardan muaf olunmasının sağlanması,
- Yağmur suyu hasadı yapan konutlarda su birim fiyatının indirimli olarak satılmasının sağlanması,
- Yağmur suyu hasadının yaygınlaştırılması için belediyelerin bu konuda bütçe ayırması ve depoların belediyeler tarafından temin edilerek dağıtılmasının sağlanması ya da depo maliyetinin bir kısmının belediye tarafından karşılanmasıdır.



- Bununla birlikte yağmur suyu hasadının tarım faaliyetlerinde özellikle kurulumu da kolay olduğu için seralarda kullanımının yaygınlaştırılmasının sağlanması için de çiftçiye kredi desteğinin sağlanması önerilmektedir.

Teşvik önerilerinin yanı sıra yağmur suyu hasadının uygulanması için apartman/site gibi yerlerde meydana gelebilecek sorunların/dar boğazların/engellerin ortadan kaldırılması için aşağıda önerilen önlemlerin alınması gerekmektedir. Bunlar:

- Kat mülkiyetine yönelik kanunlarda bina yönetiminin görevlerine yağmur suyu hasadı sisteminin kullanımı ile ilgili bölümler eklenmesi, görev tanımlarının yapılması,
- Yağmur suyu hasadına yönelik sistemlerin tasarımına yönelik kullanılacak malzemelerin ne tipte olmasına yönelik bilgileri içeren standartların/teknik şartnamelerin/teknik usuller tebliğinin hazırlanması,
- Kullanım amaçlarına göre yağmur suyu hasadı arıtma standartlarını tanımlayacak ve bu standartları sağlamak için denetimler yapılmasını ve bu denetimlerin hangi kurum/kuruluş tarafından yapılmasını tarif eden bir mevzuatın geliştirilmesi,
- İlave olarak sistemlerin kalıcı olması amacıyla sistemlerin düzenli olarak kullanılıp kullanılmadığını incelemek amacıyla belirli zaman aralıklarında denetim yapılmasına ilişkin genelgelerin hazırlanmasıdır.

5.2.2 Gri Suyun Kullanılmasının Yaygınlaştırılmasına Yönelik Teşvik Önerileri

Gri su ile ilgili olarak öncelikle yönetmelik hazırlanarak hayata geçirilmelidir.

Gri suyun kullanımı özünde doğal kaynak kullanımının azaltılmasını sağlayan gerçek ve tüzel kişilere yatırım teşviki verilmesi ile ilgili olarak 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 29 uncu maddesine hükümler eklenmesi önerilmektedir. Bu teşvikler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır. İlave olarak gri suyu tekrar kullanacaklar için uygulamanın nasıl yapılacağına basit ve nitelikli bilgiye kolay erişim için kılavuz niteliği taşıyan belgelerin hazırlanması ve yayımlanması sağlanmalıdır. Su ve kanalizasyon idareleri, gri suyu tekrar kullanan ticari binalara veya sitelere özel bir sertifikasyon verebilir. Bu sertifikasyon ile o binanın değerinin artmasına dönük tanıtım ve reklam kampanyaları (P&R) yapılabilir. Ancak, bu uygulamaların, binanın su tüketimini azaltması nedeniyle, SUKİ'lerde gelir kaybına yol açacağı ve bu yüzden kuvvetle desteklenmeyeceği de göz önüne alınmalıdır. Çözüm olarak bu konuda da bir mevzuat gerekebilecektir.

Teşvik önerileri:

- Yeni yapılacak binalarda gri suyun geri kazanılarak tekrar kullanılması amacıyla yapılacak yatırımın finansmanı için sıfır/düşük faiz oranlı kredi imkânlarının sağlanması,
- Yeni yapılacak konutlar için gri suyun kullanımı ile ilgili bir proje geliştirildiyse ve bu projeyi de uygulayacak olursa emsal artışının yapılması,
- Yeni yapılacak binalarda gri suyun kazanılarak tekrar kullanılması halinde vergi indiriminin yapılması, hatta bir sonraki senede de gri su kullanımının devam etmesi



halinde emlak vergisinde belli bir oranda daha indirim yapılmasının ve/veya belediyelere ödenecek harçlardan muaf olunmasının sağlanması,

- Gri suyun geri kazanılarak tekrar kullanımı sağlanan konutlarda su birim fiyatının indirimli olarak satılmasının sağlanması,
- Gri su sistemlerinde yıllık yapılacak bakımların ve/veya elektrik enerjisi giderlerinin bir kısmının Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından geri ödenmesi,
- Belediyelerin bu konuda yatırımcılara destek olmak amacıyla bütçe ayırmasının sağlanmasıdır.

Teşvik önerilerinin yanı sıra gri su projelerinin uygulanması için apartman/site gibi yerlerde meydana gelebilecek sorunların/dar boğazların/engellerin ortadan kaldırılması için aşağıda önerilen önlemlerin alınması gerekmektedir. Bunlar:

- Kat mülkiyetine yönelik kanunlarda bina yönetiminin görevlerine gri su sisteminin kullanımı ile ilgili bölümler eklenmesi, görev tanımlarının yapılması,
- Gri su sistemlerinin tasarımına yönelik kullanılacak malzemelerin ne tipte olmasına yönelik bilgileri içeren standartların/teknik şartnamelerin/teknik usuller tebliğinin hazırlanması,
- Kullanım amaçlarına göre gri suyun arıtma standartlarını tanımlayacak ve bu standartları sağlamak için denetimler yapılmasını ve bu denetimlerin hangi kurum/kuruluş tarafından yapılmasını tarif eden bir mevzuatın geliştirilmesi,
- İlave olarak sistemlerin kalıcı olması amacıyla sistemlerin düzenli olarak kullanılıp kullanılmadığını incelemek amacıyla belirli zaman aralıklarında denetim yapılmasına ilişkin genelgelerin hazırlanmasıdır.

5.3 Belediye, Halk ve Sektörlerle Yapılan Anket Analizi

Su yönetiminde iklim değişikliğine uyum faaliyetleri kapsamında yağmur suyu hasadı ve gri suyun tekrar kullanılması konusunda bilgi, farkındalık, arz ve talep düzeyini belirlemek için 30 büyükşehir belediyesinin çalışanları, halk ve özel sektör çalışanları arasında bir anket çalışması yapılmıştır. Anketler 21.12.2021-16.04.2022 tarihleri arasında çevrimiçi olarak 49 ilde toplam 979 örnekleme ile yapılmıştır (Tablo 5.4). Örneklemeçilerin yaş aralıkları Tablo 5.5’de verilmiştir.

Tablo 5.4 Ankete Katılan İller ve Katılım Sağlayan Kişi Sayısı

İl	Kişi Sayısı	İl	Kişi Sayısı
Adana	20	Kayseri	8
Ankara	267	Kocaeli	9
Antalya	21	Konya	11
Aydın	1	Malatya	1
Balıkesir	11	Manisa	3
Bursa	13	Mardin	2
Denizli	6	Mersin	1
Diyarbakır	1	Muğla	6



İl	Kişi Sayısı	İl	Kişi Sayısı
Erzurum	1	Ordu	56
Eskişehir	51	Sakarya	18
Gaziantep	3	Samsun	33
Hatay	-	Tekirdağ	16
İstanbul	220	Trabzon	11
İzmir	117	Şanlıurfa	8
Kahramanmaraş	2	Van	1
Diğer iller	61	Toplam	979

Tablo 5.5 Örneklemcilerin Yaş Aralıkları

Yaş Aralığı	Kişi Sayısı	Yaş Aralığı	Kişi Sayısı
<20	20	41-50	240
21-30	190	51-60	158
30-40	249	>60	122

Örneklemcilerin 541'si (55,1) kadın, 428'si (%43,9) erkek olup, 10 kişi (%1,1) cinsiyetini belirtmek istememiştir.

Örneklemcilerden 823 kişi lisans ve lisansüstü dereceye sahip olup 125 kişi lise, 29 kişi ilköğretim mezunudur. 2 kişi ilköğretimi tamamlamamıştır.

Örneklemcilerin 53'ü (%5,5) halen öğrenim hayatına devam etmektedir. 692 kişi (%70,5) çalışmakta olup 154 kişi (%15,9) emeklidir. 79 kişi (%8,2) de çalışmamaktadır.

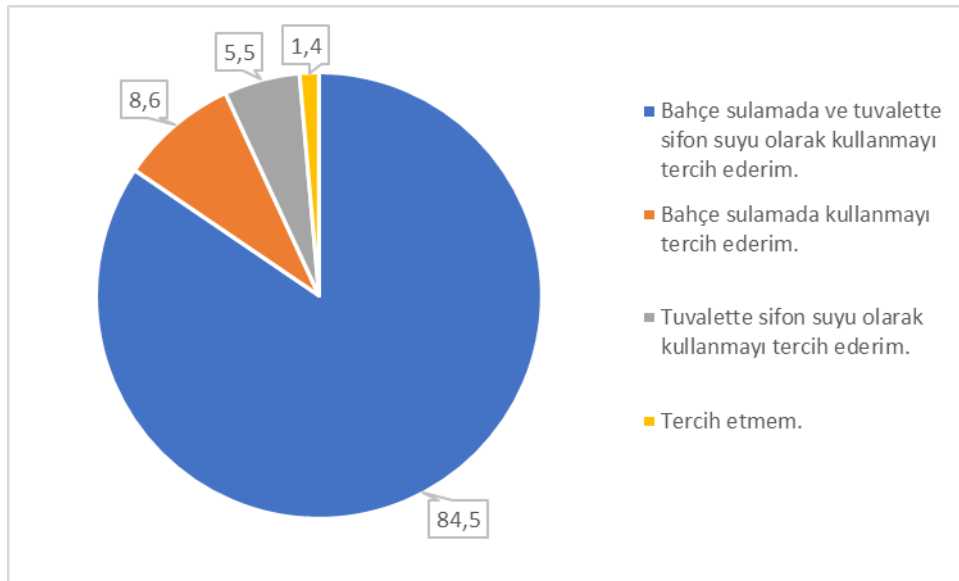
Öncelikle örneklemcilerden aylık tükettikleri su miktarını bilip bilmedikleri ve kullandıkları suya göre faturalarının yüksek gelip gelmediği öğrenilmek istenmiştir. Örneklemcilerin %62'si tükettiği su miktarını kontrol ettiğini belirtmiştir. %24,6'sının 10 m³ten fazla su kullandığı, %30,1'nin 5-10 m³ arasında su kullandığı, %38,3'ünün 5 m³ten az su kullandığı, %7'sinin de kullandığı suyun miktarını bilmediği belirlenmiştir.

Örneklemcilerin %95'inin suyu tasarruflu kullandıkları tespit edilmiş, hanelerinde daha az su tüketen musluk vb. satın almak, daha az su tüketen bulaşık/çamaşır makinesi tercih etmek, bulaşık makinesi ve çamaşır makinesini tam doluyken çalıştırmak, duş süresini kısaltmak, meyve/sebze yıkama sularını başka amaçlarla da kullanmak, diş fırçalarken musluğu kapatmak, sifon suyunu azaltmak gibi önlemler aldıkları/alacaklarını belirtmiştir. Ayrıca örneklemcilerin %99,3'ü su tasarrufu yapmaya devam etmek istemişlerdir.

Örneklemcilerden yağmur suyu hasadı konusunda bazı sorulara yanıt vermeleri istenmiştir. Öncelikle yağmur suyu hasadı konusunda bilgi sahibi olup olmadıkları sorulmuştur. Bu soruya 550 kişi (%56,8) bildikleri yönünde cevap vermiştir.



Örneklemcilerin çoğunluğu hasat edilen suyun bahçe sulamada sulama suyu olarak, tuvalette sifon suyu olarak ve toprağa sızması sağlanarak yeraltı suyu beslemede kullanıldığını belirtmiştir. Örneklemciler öğrenim durumlarına göre değerlendirildiğinde lisans ve lisansüstü olanların %60'nın yağmur suyu hasadı konusunda bilgiye sahip olduğu, %40'nın yağmur suyu hasadını bilmedikleri anlaşılmaktadır. Öğrenim durumları lisans ve lisansüstü olan örneklemcilerin %58'i yağmur suyu hasadını uygulayabileceğini, %2'si de uygulamayacağını belirtmiştir. Sorulara verilen cevaplardan bunun gerekçesinin mevcut binalarda tadilat yapmak istemedikleri olduğu anlaşılmıştır. Lise mezunlarının %46'sı ve ilköğretim mezunlarının da %28'inin yağmur suyu hasadını bildikleri anlaşılmaktadır. Lise mezunları ile ilköğretim mezunlarının tamamına yakını yağmur suyu hasadını uygulayabileceklerini bildirmişlerdir. Kuraklık/su kısıntısı olduğunda çatıdan yağmur suyunu toplayıp biriktirerek bu alanlarda kullanmayı tercih edip etmeyecekleri sorusuna örneklemcilerin 819'u (%84,5) bahçe sulamada ve tuvalette sifon suyu olarak kullanmayı, 53'ü (%5,5) sadece tuvalette sifon suyu olarak kullanmayı, 83'ü (%8,6) de sadece bahçe sulamada kullanmayı tercih edeceğini belirtmiştir. Yağmur suyunun yeniden kullanımını tercih etmeyenlerin oranı ise %1,4 (14 kişi)'tür. Hasat edilen suyun toplanıp biriktirilerek tuvalette sifon suyu olarak kullanılmasını tercih etmeyen örneklemciler mevcut binalarında tadilat istemediklerini, sistemin maliyetinin yüksek olabileceğini düşündüklerini, sistemin işletmesinin zor olacağını, yağmur suyunun kalitesinden emin olmadıklarını belirtmiştir. Hasat edilen suyun toplanıp biriktirilerek bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılmasını tercih etmeyen örneklemciler daha çok bahçeleri olmadığından bu cevabı verdikleri anlaşılmıştır.



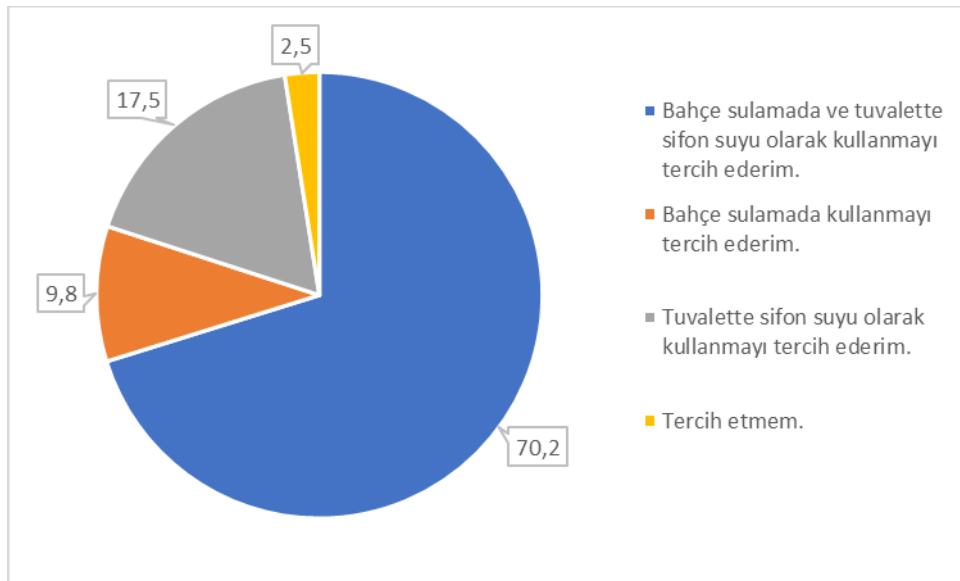
Şekil 5.1 Örneklemcilerin Hasat Edilen Yağmur Suyunu Kullanım Amacı

Örneklemcilerin yarısından fazlası (%64,3) kullandığı suyu temin ederken çevreye ve doğaya verilen zararın ve maliyetinin farkında olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çoğunluk (%95,5) iklim değişikliği hakkında bilgi sahibi olduğunu ve yakın zamanda kuraklık/su kısıntısı



yaşanacağına farkında olduğu belirlenmiştir. Örneklemcilerden gri su hakkında bazı sorulara yanıt vermeleri istenmiştir. Öncelikle gri su hakkında bilgi sahibi olup olmadıkları sorulmuştur. Bu soruya 434 kişi (%44,8) bildikleri yönünde cevap vermiştir.

Örneklemcilerin çoğunluğu gri suyun arıtılarak bahçe sulamada sulama suyu olarak, tuvalette sifon suyu olarak kullanıldığını bildiğini belirtmiştir. Örneklemciler öğrenim durumlarına göre değerlendirildiğinde lisans ve lisansüstü dereceye sahip olanların %48'inin gri su konusunda bilgiye sahip olduğu, %52'sinin gri su konusunu bilmedikleri anlaşılmaktadır. Öğrenim durumları lisans ve lisansüstü olan örneklemcilerin %44'ü gri suyu kullanabileceğini; lise mezunu olanların %30'unun gri su hakkında bilgiye sahip olduğu ve bu kişilerin tamamının gri suyu kullanabileceği belirlenmiştir. İlköğretim mezunlarının ise %43'nün gri suyu bildiği ve gri suyu kullanabileceği belirlenmiştir. Kuraklık/su kısıntısı olduğunda duş, lavabo, mutfak vb. yerlerden gelen atıksuyun (gri su) arıtılarak bu alanlarda kullanmayı tercih edip etmeyecekleri sorusuna örneklemcilerin 680'i (%70,2) bahçe sulamada ve tuvalette sifon suyu olarak kullanmayı tercih edeceğini, 170'i (%17,5) sadece tuvalette sifon suyu olarak kullanmayı tercih edeceği, 95 kişi (%9,8) sadece bahçe sulamada kullanmayı tercih edeceğini belirtmiştir. Gri suyun yeniden kullanımını tercih etmeyenlerin oranı ise %2,5 (24 kişi)'dir. Gri suyu bahçede kullanmayı tercih etmeyenlere nedeni sorulmuş suyun kalitesi için endişelendikleri, sistemin maliyetli olduğu belirtilmiş, çoğunun da bahçesi olmadığından tercih etmedikleri için bu cevabı verdikleri anlaşılmıştır. Gri suyu sifon suyu olarak kullanmayı tercih etmeyenlere nedeni sorulmuş ancak bu soruya cevap veren olmamıştır.



Şekil 5.2 Örneklemcilerin Gri Suyu Kullanım Amacı

Örneklemcilerden 937 kişi (%96,7) kurak dönemlerde su miktarı kullanımını azaltmak için gri su ve yağmur suyu hasadı yapmayı isteyeceklerini belirtmiştir.



YSH konusundaki farkındalığın yettirilmesinin gereği de ortaya çıkmaktadır. Hal böyle iken, her iki su kaynağının topluma anlatılması, faydalarının yanı sıra mahsurlarının ve/veya yetersizliklerinin aktarılması kısacası bilinirliğin ve farkındalığın artırılması önemlidir. Bu konuda ilgili kurum ve kuruluşların bilinç ve farkındalık arttırmaya yönelik, sesli/yazılı/görsel ve benzeri sosyal medya vasıtasıyla her iki alternatifin tanıtılması öncelikli bir görev olduğu anket sonuçlarından ortaya çıkmaktadır. İkinci olarak her iki alternatifin kullanılabilirliğinin artırılması ve de yaygınlaştırılması amacıyla pilot ölçekte uygulamaların çeşitli bina tiplerinde hayata geçirilmesinin sağlanması ve bu uygulamaların toplumda ses getirebilecek şekilde yerinde tanıtılmasının gereğidir. Aksi takdirde henüz her iki alternatifin kullanılması için zorlayıcı bir unsur bulunmamakta ve uygulamalar ağırlıklı gönüllülük esasına dayanmaktadır. Hatta anket sonuçlarından gri suyun üretim kaynağından dolayı kullanıp kullanmama konusunda kararsızlık yaşandığı belirlenmiştir. Bu konu ile ilgili olarak proje kapsamında gri suyun arıtılması için arıtma teknolojilerinin seçenekli olarak sunulmuş olması ve ilerleyen aşamalarda uygulama yerlerine yönelik tip projelerin hazırlanacak olması YSH ve GS sistemlerini uygulayacaklara yol gösterecektir.



6 SU FİYATLANDIRMASI

6.1 Mevcut Veriler

Su fiyatlandırması, su hizmeti veren kurum ve kuruluşlar tarafından su hizmet bedelinin tahsiline karşılık olacak parasal değer belirlenmesidir. Suyun en uygun şekilde fiyatlandırılması, su tahsisinin sektörler arası dengesinin sağlanması ve suyun doğal bir kaynak olarak korunmasını desteklemektedir. Ayrıca su fiyatlandırma eylemi, entegre su yönetimine ilişkin su politikalarının sürdürülebilir kalkınmaya uygun bir çerçevede uygulanmasını sağlayabilecek önemli bir ekonomik araçtır. Suyun fiyatlandırması çalışmaları kapsamında suyun insani ve çevresel boyutu gözetilerek doğru fiyatlandırma politikaları üzerinde durulmuştur. Bu doğrultuda su kullanımına ilişkin tüm maliyetleri içerecek şekilde gerçekleştirilen “tam maliyet esaslı fiyatlandırma” hesaplamaları çalışılmıştır.

Su fiyatlandırması analizi için büyükşehir belediye teşkilatına sahip 30 ilde su fiyatlandırması için su ve kanalizasyon idaresi genel müdürlüklerinin aşağıdaki verileri:

1. Gelir ve gider kesin hesap tabloları,
2. Su ve atıksu tarife cetvelleri,
3. Su ve kanalizasyon idarelerinin varlık envanteri,
4. İnşa edilmesi planlanan yeni atıksu arıtma tesisi ya da revizyona ihtiyaç duyulan atıksu arıtma tesisi ve diğer tesislere ait yatırım programına dair detay bilgileri,
5. Yeraltı suyu rezerv ve çekim bilgileri,
6. Su tahakkuk verileri ve kayıp bilgileri,
7. Su kayıplarını önleme maliyeti bilgileri

İlaveten,

8. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi 2021 ile 2100 dönemi yağış projeksiyonu çıktıları,
9. Türkiye Su Enstitüsü, Büyükşehir Su ve Kanalizasyon İdareleri arasında Mukayeseli Değerlendirme Çalışması çıktılarından idarelerin varlık envanterleri

verileri kullanılmıştır.

Proje kapsamında ülkemizdeki büyükşehirlerin su ve kanalizasyon idarelerinden edinilen veriler kullanılarak suyun tam maliyet esasıyla fiyatlandırılması için güncel şartlar için finansal maliyet ve çevresel maliyet hesabı yapılmış; sonrasında gelecek dönem için ise “Mevcut Durumun Korunması” ve “Su Kayıplarının Kademeli Olarak Azaltılması” olmak üzere iki farklı senaryo çalışılmıştır.

6.2 Maliyet Karşılama Durumu

6.2.1 Finansal Maliyetin Hesaplanması

Birim su fiyatının hesaplanabilmesi için öncelikle finansal maliyet hesabı yapılmıştır. Finansal maliyet, su hizmetlerinin sağlanması ve yönetilmesi için, işletme ve bakım maliyetlerini,



amortisman giderleri ve faiz ödemesi dahil bütün sermaye maliyetlerini ve uygun olduğu durumlarda öz sermaye getirisini içeren maliyetlerdir (T.O.B., 2012).

Finansal maliyet; yatırım harcamaları, işletme giderleri ve finansman giderleri olmak üzere üç başlıkta hesaplanmaktadır. Yatırım harcamaları, işletme giderlerinden ayrıştırılarak yıllık eşdeğer maliyeti cinsinden hesaba katılır. İşletme giderleri, personel harcamaları, mal ve hizmet alımlarını; finansman giderleri ise faiz ödemelerini kapsamaktadır.

Finansal maliyetin belirlenmesi için 30 büyükşehirdeki su ve kanalizasyon idarelerine ait su üretim ve dağıtım hizmetlerine ait giderlerin maliyeti, atıksu uzaklaştırma ve arıtma hizmetleri giderlerinin maliyetleri dikkate alınarak toplam işletme giderleri, merkezi idareden gelen vergi gelirleri, kira gelirleri ve abonelik açma kapatma işlemlerinden elde edilen gelirler hesaplanmıştır. Su-En tarafından su ve kanalizasyon idarelerinden temin edilen 2021 yılı duran varlıklar toplam değeri, inşaat ve makine ekipman amortisman süresini ortak temsil ettiği düşünülerek 30 yıl üzerinden yıllık değere dönüştürülerek amortisman değeri ve net gider hesaplanmıştır.

Harcamalar su üretim ve dağıtım sisteminin sabit ve değişken giderleri ile atıksu arıtma sisteminin sabit ve değişken giderleri arasında şu şekilde dağıtılmıştır: Genel bir kural olarak, tüm daire başkanlıklarında çalışan personelin maliyeti sabit olarak kabul edilmiş ve su-atıksu arasında eşit olarak bölüşülmüştür.

Toplam yönetim ve işletme gideri ve amortisman değeri ile gelir getiren su miktarı dikkate alınarak **birim finansal maliyet** hesaplanmıştır. Birim finansal maliyetlere %10 öngörülemeyen gider ve %10 özkaynak getirisi ilave edilmiştir.

$$\text{Birim finansal maliyet} = \frac{\text{Toplam yıllık gider (TL)}}{\text{Tahakkuk eden su (m}^3\text{)}}$$

Finansal maliyeti karşılayan tarife ise, su ve kanalizasyon idarelerinin yıllık net giderlerinden merkezi idare vergi gelirlerinin düşülmesi ile hesaplanmıştır. Bu yaklaşımın nedeni, idarelerin tüm maliyetlerini su tarifesi ile karşılama zorunluluğu olmamasıdır zira başka gelir kaynakları da mevcuttur. Maliyetlere %10 öngörülemeyen gider ve %10 özkaynak getirisi ilave edilmiştir.

$$\text{Finansal maliyeti karşılayan tarife} = \frac{\text{Yıllık gider} - \text{Merkezi idare vergi gelirleri (TL)}}{\text{Tahakkuk eden su (m}^3\text{)}}$$

Uygulanan ortalama tarife, idarelerin 1 m³ su ve atıksu hizmetini ortalama olarak kaç liraya sunduğunu göstermektedir. Hizmet verilen tüm abone çeşitlerine uygulanan farklı tarifelerin ağırlıklı ortalamasıdır. İdarelerin toplam TL tahakkuk bedelinin, toplam metreküp satılan su miktarına bölünmesiyle hesaplanır.



Ödeyebilirlik eşik değeri, su kullanıcılarının su ve atıksu hizmetine ödeyebileceği azami tarifeyi göstermektedir. Hanelerin su ve atıksu harcamalarına ödeyebilecekleri azami miktar, ildeki medyan hanehalkı gelirinin %2,5'i olarak kabul edilmiştir. Bu doğrultuda, medyan hanehalkı gelirinin azami su bütçesinin, hanenin su tüketimine bölünmesiyle azami ödenebilir tarife (ödeyebilirlik eşik değeri) bulunmaktadır.

Büyükşehirlerdeki su ve kanalizasyon idarelerinin 2020 yılı verilerine dayanarak proje kapsamında hesaplanan ve uygulanan ortalama tarifenin, finansal maliyeti karşılayan tarife ve ödeyebilirlik eşik değeri ile karşılaştırılması Tablo 6.1'de verilmiştir.

Hesaplanan değerler 2020 yılından 2100 yılına kadar projekte edilmiş olup, hesaplamalarda enflasyon oranı dikkate alınmamıştır. Bunun sebebi, gelecek için enflasyon tahmini yapmanın oldukça zor olmasıdır. Ayrıca, gerçekleşen enflasyonun tahminden sapma göstermesi durumunda, raporda sunulan değerler tamamen hatalı olacaktır. O nedenle, çalışma sabit 2020 fiyatlarıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarından faydalanmak isteyen okuyucunun/yerel yönetimlerin bu çalışmada sunulan 2020 yılı sonrasına ait değerleri, her yılın gerçekleşen enflasyonu ile yeniden değerleyerek kullanması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı bugünün verileriyle geleceği öngörmek ve kıyas yapmaktır.

Gelecek dönemler için hesaplanan finansal maliyet Tablo 6.5'te yer alan "Birim Finansal Maliyet" sütunlarında gösterilmektedir.

Tablo 6.1 Büyükşehirlerde Mevcut Durum Kıyaslaması (2020)

İl	Uygulanan Ortalama Tarife (TL)	Mesken Tarife (Ort.)	Finansal Maliyeti Karşılayan Tarife (TL/m ³)	Ödeyebilirlik Eşik Değeri (%60-medyan)	Ödeyebilirlik Eşik Değeri (ilk %20)
ADANA	4,75	3,22	3,60	8,31	3,60
ANKARA	4,79	5,00	3,81	13,57	6,34
ANTALYA	4,78	3,43	5,29	11,23	4,25
AYDIN	8,22	6,02	3,78	7,27	3,34
BALIKESİR	3,44	4,68	6,09	9,00	3,81
BURSA	5,07	4,71	5,08	11,56	5,69
DENİZLİ	5,51	3,60	5,38	11,19	5,13
DİYARBAKIR	3,18	3,74	5,60	6,48	2,83
ERZURUM	3,81	4,07	5,02	7,89	3,43
ESKİŞEHİR	3,98	4,40	5,47	16,22	7,45
GAZİANTEP	6,21	4,82	6,38	7,65	3,14
HATAY	2,96	3,97	6,08	6,75	3,15
İSTANBUL	4,86	3,97	4,56	13,45	5,06
İZMİR	4,63	4,25	7,81	12,84	4,78
KAHRAMANMARAŞ	1,66	2,61	2,46	2,91	2,52
KAYSERİ	4,23	2,07	4,09	10,74	4,48
KOCAELİ	4,84	3,87	6,82	11,55	3,96
KONYA	4,29	3,31	5,96	9,84	3,77



İl	Uygulanan Ortalama Tarife (TL)	Mesken Tarife (Ort.)	Finansal Maliyeti Karşıllayan Tarife (TL/m ³)	Ödeyebilirlik Eşik Değeri (%60-medyan)	Ödeyebilirlik Eşik Değeri (ilk %20)
MALATYA	3,96	3,71	4,45	6,84	3,44
MANİSA	3,21	3,97	5,07	10,18	3,64
MARDİN	1,48	4,38	9,78	8,46	1,15
MERSİN	4,55	4,98	7,05	13,99	6,05
MUĞLA	3,36	3,68	9,68	7,38	3,39
ORDU	5,15	3,43	5,79	15,45	17,14
SAKARYA	4,85	4,04	7,92	12,07	5,91
SAMSUN	3,83	7,79	5,70	10,45	4,41
ŞANLIURFA	3,30	3,93	4,35	6,61	2,89
TEKİRDAĞ	6,28	4,96	7,22	14,94	6,60
TRABZON	4,44	4,31	3,89	8,13	3,49
VAN	3,35	2,72	6,02	5,04	2,21

Tablo 6.1’de verilen sonuçlara göre, finansal maliyeti karşılayan tarife ile karşılaştırıldığında uygulanan ortalama tarife farklı idareler arasında değişiklik göstermektedir. Bu değişiklikler aşağıdaki gibidir:

22 idarede uygulanan ortalama tarife finansal maliyeti karşılayan tarifenin altındadır, yani bu su idareleri maliyetlerini karşılamak için gereken tarifeye kıyasla daha düşük bir tarife uygulamaktadır. Bu durumda mali açıdan bir kaynak eksikliği yaşayabilir veya diğer faktörler (rekabet, politikalar vb.) nedeniyle tarifeyi düşük tutmuş olabilir.

7 idarede uygulanan ortalama tarife finansal maliyeti karşılayan tarifenin üzerindedir. Bu durumda, su idaresi maliyetlerini karşılamak için mevcut tarifeye kıyasla daha yüksek bir tarife uygulamaktadır. Su idaresi muhtemelen büyük yatırımlar yapmış ve artan maliyetlerle başa çıkmak amacıyla tarifeyi yükseltmiş olabilir.

1 idarede ise uygulanan ortalama tarife, finansal maliyeti karşılayan tarife ile aynı düzeydedir.

Suya ilişkin hizmetlerin sürdürülebilir yönetimi için tarifelerin, finansal maliyeti karşılayan tarife düzeyinin altında kalmayacak şekilde uygulanması gerekmektedir.

Bunun yanı sıra, hiçbir idarede uygulanan ortalama tarifenin o ildeki ödeyebilirlik eşik değerinin üzerinde olmadığı görülmüştür. Uygulanan tarifelerin ödenebilirlik açısından sorun teşkil etmediği görülmektedir.

6.2.2 Çevresel Maliyetin Hesaplanması

Çevresel maliyet, su kullanımının çevreye, ekosisteme ve çevreyi kullananlara verdiği zararın maliyeti (örneğin, su ekosistemlerinin ekolojik kalitesinde düşüş, ya da verimli toprakların tuzlanması gibi maliyetler) veya zararın önlenmesinin maliyeti olarak tanımlanmaktadır (WATECO, 2003). Bu çalışmada çevresel maliyet, çevreye verilen zararın önlenmesinin maliyeti (tedbirlerin maliyeti) esas alınarak hesaplanmıştır. Çevresel maliyetlerin belirlenebilmesi için, tedbirlerin ortaya konmuş olması esastır. Çevresel maliyetler, alınması gereken tedbirlerin yıllık eşdeğer maliyeti olarak tanımlanır.



Bu çalışmada çevresel maliyetlerin belirlenmesinin ilk adımı olarak atıksuların arıtımına yönelik tedbirlerin maliyeti hesaplanmıştır. Atıksuların alıcı ortamları daha az kirletmesi, dolayısıyla temiz su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla inşa edilecek olan atıksu arıtma tesisleri, çevresel maliyetle aktarılan tedbir türü olarak kabul edilmiştir.

İl su ve kanalizasyon idarelerinin planladığı atıksu arıtma tesislerine ait; debi, eşdeğer nüfus ve yaklaşık maliyet verileri ile hesaplamalar yapılmıştır. Yatırım maliyet verileri, illerin su ve kanalizasyon idarelerinden temin edilmiş ve yıllık eşdeğer maliyetler hesaplanmıştır. Yıllık eşdeğer maliyet hesaplamasında kullanılan iskonto oranı %5, tesislerin varsayılan ekonomik ömrü 25 senedir. Bunun yanı sıra yıllık eşdeğer maliyetin oranı toplam yatırım maliyetinin %7,1'i olarak hesaplanmıştır. İşletme maliyeti ise Su Yönetimi Genel Müdürlüğü'nün Türkiye'de işletilmekte olan atıksu arıtma tesislerine ait verilere dayanarak toplam yatırım maliyetinin %7,5'i olarak kabul edilmiştir.

Toplam çevresel maliyet ise; hesaplanan yıllık eşdeğer maliyetin %10 fazlası olarak alınmıştır. Hâlihazırda çevresel maliyet olarak ele alınan, atıksu arıtma tesislerinin revizyon ve yapımına yönelik ihtiyaçlardır. Son olarak, illerin toplam su tahakkuk miktarı (m³/yıl) kullanılarak, tedbirlerin tüketilen birim su miktarı başına yıllık maliyeti (birim çevresel maliyet) hesaplanmıştır. (Tablo 6.2)

Çevresel maliyetler gelecek dönem hesaplarında finansal maliyet kalemi altında değerlendirilmiştir. Bunun nedeni şöyle açıklanabilir. İllerin şu anda arıtma yapmayarak çevreye verdiği zarardan dolayı suyun bedelinin daha ucuza satıldığı, tüm arıtmalar yapılmış olsaydı su birim fiyatının birim çevresel maliyet kadar artacağı kabul edilmiştir. Bu doğrultuda, idareler tarafından planlanan arıtma tesisi yatırımları tesislerin işletmeye alındığı yıldan itibaren çevresel maliyet olmaktan çıkarılıp finansal maliyete eklenmiştir. Mevcut durumda (2020 yılı) illerin birim çevresel maliyetleri Tablo 6.2 ile verilmiştir. Gelecek dönemler için çevresel maliyetler, finansal maliyet altında hesaplandığı için Tablo 6.5'te Birim Çevresel Maliyet kalemi yer almamaktadır.

Tablo 6.2 Büyükşehirlerde Birim Çevresel Maliyetler (2020)

İl	Birim Çevresel Maliyet (TL)	İl	Birim Çevresel Maliyet (TL)
ADANA	0,35	KAYSERİ	0,18
ANKARA	1,17	KOCAELİ	0,01
ANTALYA	5,53	KONYA	0,10
AYDIN	0,05	MALATYA	0,00
BALIKESİR	0,08	MANİSA	0,38
BURSA	0,11	MARDİN	0,17
DENİZLİ	0,03	MERSİN	0,07
DİYARBAKIR	1,34	MUĞLA	0,08
ERZURUM	0,02	ORDU	3,36
ESKİŞEHİR	0,03	SAKARYA	0,00
GAZİANTEP	0,05	SAMSUN	0,06



İl	Birim Çevresel Maliyet (TL)	İl	Birim Çevresel Maliyet (TL)
HATAY	0,03	ŞANLIURFA	0,03
İSTANBUL	3,42	TEKİRDAĞ	2,12
İZMİR	0,01	TRABZON	0,24

6.2.2.1 Su Kayıplarının Azaltılması İçin Gereken Harcamalar

Her ilde su kayıplarının, 08.05.2014 tarih ve 28994 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği’ne göre kademeli olarak azaltılması gerekmektedir. Belediyelerin su kayıplarının azaltılması için yapması gereken harcamalar, kayıpların önlenmediği dönemler için çevresel maliyet kapsamında değerlendirilmiştir. Yatırımlar yapılarak kayıpların önlenmesi durumunda, bu azaltımın maliyeti metreküp başına hesaplanarak, her yıl için önlenen su kaybı oranında çevresel maliyet kapsamından çıkarılıp finansal maliyetlere ilave edilmiştir. Hesaplama yapılırken, 30 büyükşehir belediyesinde mevzuat gereğince büyükşehir belediyelerinin su kayıplarını 2023 yılına kadar en fazla %30, 2028 yılına kadar ise en fazla %25 düzeyine indirmek için gerekli olan yatırım bedeli birim maliyet 115 TL/m³ baz alınarak hesaplanmıştır.

Su kayıplarını önlemek için yapılacak yatırımların maliyeti yıllık eşdeğer maliyet olarak ve faydalı ömür dikkate alınarak projekte edilmiş ve yatırımların 2100 yılına kadar devam edeceği kabul edilmiştir. Zira eskiden şebekelerde su kayıpları tekrar ortaya çıkacak ve su kayıplarının azaltılması devam eden bir süreç olacaktır. İşletme maliyeti ise öngörülmemiştir. Çünkü su kayıplarının önlenmesi işletme maliyetlerinde tasarrufa yol açacaktır. Bu tasarruf ise hesaplamalarda dikkate alınmıştır.

Gelecek dönemler için hesaplanan su kayıplarının azaltılması için gereken harcamalar Tablo 6.5’te yer alan “Su kayıplarını önleme birim maliyeti” sütununda gösterilmektedir.

6.2.3 Kaynak Maliyetinin Hesaplanması

Kaynak maliyeti, kaynağın kendini doğal olarak yenilemesi veya yenileme hızının da ötesinde kaynağın tükenmesine neden olan su kullanımından doğan fırsat maliyetidir (WFD, 2003). Diğer bir deyişle, kaynak maliyeti, su kaynaklarının aşırı kullanımından yani su kaynağının doğal beslenme oranı veya eski haline dönme kapasitesinin ötesinde olacak şekilde azalmasından dolayı diğer kullanıcıların katlanmak zorunda olduğu kaybolan fırsatlar olarak yorumlanır. Kaynak maliyeti su kaynaklarının aşırı kullanımının parasal ifadesi olarak hesaplanmaktadır. Ülkemizde yapılan çalışmalarda aşırı kullanım, yeraltı suları için doğal beslenme oranının üzerinde aşırı çekilen suyun maliyeti olarak ele alınmaktadır.

Ülkemizde, kaynak maliyeti ilk defa SYGM tarafından hazırlanan nehir havza yönetim planları kapsamında hesaplanmıştır. Bu planlarda, kaynak maliyeti, su kütlesi bazında aşırı tüketilen



yeraltı suyu miktarının tespit edilmesi ardından, bu su miktarının hangi sektör kapsamında ne kadar kullanıldığı da ortaya konarak belirlenmiştir. İçme kullanma suyu sektörü için, aşırı tüketilen su miktarı ile su tarifesi çarpılarak elde edilmiştir.

Bu proje kapsamında, NHYP’lerde kullanılan metodoloji doğrultusunda bir hesaplama yapabilmek için illerde aşırı çekim yapılan yeraltı su kütlelerinin belirlenmesi, bu kütlelerden hangi sektör için ne kadar çekim olduğunun tespit edilmesi gerekmektedir. Ancak NHYP’lerde yapılan hesaplar coğrafi sınırlara göre yani havza sınırlarına göre yapılmıştır, oysa su tarifeleri illerin siyasi sınırları için geçerlidir. İlaveten, sayılan bu çalışmalar için çok detaylı veri temin çalışmalarının yanı sıra sektöre özel çekim-beslenme oranlarının ortaya konması gerekmektedir. Bu nedenlerle, söz konusu projenin süresi, bütçesi ve amacı da göz önünde bulundurularak bu proje kapsamında kaynak maliyeti hesaplanmamıştır.

6.2.4 Su Açığı Maliyetinin Hesaplanması

Proje kapsamında iklim değişikliğinin etkileri dikkate alınarak illerde su açığı oluşması muhtemel olan dönemler belirlenmiştir. Bunun için SYGM tarafından daha önce hazırlanan “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi” kapsamında yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi kapsamında iklim projeksiyon modellerinde belirlenen referans döneme (1960-2000) ve projeksiyon yıllarına (2021-2100) göre iklim değişikliği etkileriyle yağışlarda 10’ar yıllık dönemler halinde meydana gelen değişimler ildeki mevcut su miktarına yansıtılarak oluşabilecek su açığı miktarı hesaplanmıştır.

Şehirde su açığı oluşması muhtemel dönemlerde, su talebi ile satılabilecek su miktarı arasındaki fark dikkate alınmıştır. Karşılanamayan talep, azami ödenebilir su tarifesi ile çarpılarak su açığının değeri hesaplanmıştır. Azami ödenebilir su tarifesi, hanehalkı yıllık kullanabilir gelirinin %2,5’inin su ve atıksu harcamalarına ayrılabilmesi ve 4 kişilik bir ailenin yıllık ortalama su tüketimi dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır. Belirlenen su açığı değeri, satılan su miktarına bölünerek birim fiyatı tespit edilmiştir. Su açığı maliyetinin birim fiyata yansıtılmasıyla su açığı oluşan dönemlerde suyun daha verimli tüketilmesi ve bu dönemlerde oluşabilecek fazladan maliyetlerin karşılanabilmesi beklenmektedir. Gelecek dönemler için hesaplanan su açığı maliyetleri hem Tablo 6.3’te, hem de Tablo 6.5’te yer alan “**Su açığının fiyatı**” sütunlarında gösterilmektedir. Tabloda veri bulunmayan illerde su açığı oluşmayacağı öngörülmüş ve su açığı fiyatı hesaplanmamıştır.



Tablo 6.3 Senaryolar Kapsamında İllerde Orta ve Uzun Vadede Su Açığı Birim Fiyatı

İl	Senaryo1				Senaryo2			
	Mevcut Durumun Korunması Senaryosu		Su Kayıplarının Kademeli Olarak Azaltılması Senaryosu		(Orta vade için- 2030)		(Uzun vade için-2050)	
	(Orta vade için- 2030)	(Uzun vade için-2050)	(Orta vade için- 2030)	(Uzun vade için-2050)	Su Açığı Miktarı (m ³)	Su Açığının Fiyatı (TL/m ³)	Su Açığı Miktarı (m ³)	Su Açığının Fiyatı (TL/m ³)
ADANA	14.347.868	1,08	17.535.881	1,54				
ANKARA								
ANTALYA	43.701.000	3,47	87.150.911	8,71	17.760.532	1,21	62.003.147	5,32
AYDIN	18.908.944	1,58	28.262.651	2,77	18.908.944	1,58	28.262.651	2,77
BALIKESİR	6.772.883	0,88	13.316.038	2,07				
BURSA	14.972.642	1,17	42.642.210	4,02	4.021.676	0,29	31.611.844	2,80
DENİZLİ								
DİYARBAKIR	3.515.436	0,43	6.729.413	0,91				
ERZURUM								
ESKİŞEHİR	1.344.823	0,61	7.936.406	4,48	221.799	0,10	6.831.638	3,75
GAZİANTEP	19.218.403	1,91	27.612.432	3,02	10.136.659	0,91	17.521.044	1,73
HATAY	9.367.039	0,95	16.887.600	2,01	3.882.612	0,37	11.196.738	1,24
İSTANBUL	35.667.976	0,58	208.310.449	4,11	35.667.976	0,58	208.310.449	4,11
İZMİR	19.649.783	1,37	34.974.240	2,79	4.450.511	0,29	18.745.850	1,39
KAHRAMANMARAŞ	11.319.886	0,53	11.276.872	0,59				
KAYSERİ								
KOCAELİ	34.160.391	3,51	51.659.932	6,37	28.720.716	2,83	46.124.833	5,45
KONYA								
MALATYA	3.602.262	0,79	4.658.333	1,15				
MANİSA	7.545.984	1,28	7.325.895	1,41				



İl	Senaryo1				Senaryo2			
	Mevcut Durumun Korunması Senaryosu		Su Kayıplarının Kademeli Olarak Azaltılması Senaryosu		(Orta vade için- 2030)		(Uzun vade için-2050)	
	(Orta vade için- 2030)	(Uzun vade için-2050)	(Orta vade için- 2030)	(Uzun vade için-2050)	(Orta vade için- 2030)	(Uzun vade için-2050)	(Orta vade için- 2030)	(Uzun vade için-2050)
	Su Açığı Miktarı (m ³)	Su Açığının Fiyatı (TL/m ³)	Su Açığı Miktarı (m ³)	Su Açığının Fiyatı (TL/m ³)	Su Açığı Miktarı (m ³)	Su Açığının Fiyatı (TL/m ³)	Su Açığı Miktarı (m ³)	Su Açığının Fiyatı (TL/m ³)
MARDİN	35.197.295	16,93	39.077.171	20,39	19.071.869	5,01	20.938.171	5,97
MERSİN	42.670.700	13,68	52.523.862	20,19			1.465.599	0,28
MUĞLA								
ORDU			1.281.246	0,97				
SAKARYA	12.904.025	2,71	27.442.962	6,99				
SAMSUN			7.468.414	1,56				
ŞANLIURFA	2.283.665	0,16	4.170.067	0,31				
TEKİRDAĞ	8.003.875	2,68	21.096.840	8,31		0,27		4,74
TRABZON			2.448.598	0,80				
VAN	4.732.261	0,64	7.983.787	1,29				

Not: Veri olmayan illerde su açığı oluşmayacağı öngörülmüştür.



Su kayıplarının aynı kaldığı Senaryo 1 ve su kayıplarının kademeli olarak azaltıldığı Senaryo 2 kıyaslandığında su kayıplarını önlemenin ileride iklim değişikliği etkisiyle oluşabilecek su açığı ihtimalini daha ileri yıllara taşıyabildiği görülmüştür. Orta vadede su kayıplarının önlenmediği durumda su açığı oluşabilecek il sayısı 21 olurken, su kayıplarının kademeli olarak azaltıldığı Senaryo 2’de bu sayı 11’e inmektedir. Örneğin; Adana’da 2020 yılında gelir getirmeyen su oranının (%43,87) aynı kaldığı düşünülüğünde 2021 yılından itibaren su açığı oluşacağı ve 2030 yılında oluşacak su açığına biçilen bedelin 1,08 TL/m³ olduğu görülmüştür. Ancak su kayıplarının önlem alınarak kademeli olarak azaltıldığı durumda su açığının uzun vadeye kadar oluşmayacağı öngörülmüştür. Bir diğer örnek; su açığı miktarının yüksek olduğu Mardin’de gelir getirmeyen su oranının (%59,38) aynı kaldığı düşünülüğünde 2030 yılında oluşacak 35.197.295 m³ su açığı için biçilen bedelin 16,93 TL/m³ olduğu görülmüştür. Su kayıplarının önlem alınarak kademeli olarak azaltıldığı durumda da su açığının oluşacağı öngörülse de bu miktar orta vadede 19.071.869 m³’e inmekte ve su açığının fiyatı 5,01 TL/m³ olarak hesaplanmıştır. Tüm illerde olduğu gibi; mevcut su kaynaklarının yetersiz kaldığı Mardin İlinde su kayıplarının önlenmesinin su açığı miktarında ve maliyetinde faydası önem arz etmektedir.

6.3 Su Fiyatlandırması Senaryoları

Proje kapsamında su kayıplarının azaltılmasında farklılıkların olduğu iki senaryo çalışılmış ve bu durumların tarifelere olan etkisi irdelenmiştir. Her iki senaryoda da değişen iklimin su kaynaklarını etkileyeceği ve nüfusun artacağı kabul edilmiştir. Bu çalışmada “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (İklimSu)” kapsamında elde edilen veriler dikkate alınmıştır (SYGM, 2016). İklimSu Projesinde tüm Türkiye’yi kapsayacak şekilde, CMIP5 arşivinden seçilen üç küresel modelin (HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR ve CNRM-CM5.1) çıktılarıyla ve RCP4.5 ve RCP8.5 salım senaryoları ile bir bölgesel iklim modeli çalıştırılmış ve model çıktılarıyla tüm havzalar ölçeğinde 10x10 km çözünürlükte başta sıcaklık, yağış, kar-su eşdeğer ve bağıl nem olmak üzere toplam 8 iklim parametresi için projeksiyonlar belirlenmiştir.

Bu çalışmada 2021 ile 2100 projeksiyon dönemi için MPI-ESM-MR iklim modeli ile kuple edilen RegCM4.3 bölgesel iklim modelinin RCP8.5 senaryo çıktıları kullanılmıştır. Belirlenen referans döneme (1960-2000) ve projeksiyon yıllarına göre iklim değişikliği etkileriyle yağışlarda 10’ar yıllık dönemler halinde meydana gelen değişimler ildeki mevcut su miktarına yansıtılarak oluşabilecek su açığı miktarı hesaplanmıştır.

Senaryo 1: Mevcut durumun korunması senaryosunda su kayıplarının herhangi bir önlem alınmadan aynı kalacağı ancak nüfus arttıkça ihtiyaç duyulan alt yapı yatırımlarının da devam edeceği, iklim değişikliği neticesinde su potansiyelinin de değişeceği varsayılmıştır.

Senaryo 2: Su kayıplarının kademeli olarak azaltılması senaryosunda ise su kayıplarının “İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği”nde belirtildiği gibi 2028 yılında %30 değeri ve 2033 yılında %25 oranı kabul edilerek 2020 yılındaki mevcut



durumdan mezkûr yıllara kadar orantılı bir şekilde azalma gerçekleştirildiği, ilaveten Senaryo 1’de olduğu gibi iklim değişikliği neticesinde su potansiyelinin de değişeceği varsayılmıştır.

Yukarıdaki senaryoların sonuçları Tablo 6.4 ve Tablo 6.5 ile verilmiştir. Bu sonuçlar 2020 yılı diğerleriyle gelecek dönem için hesaplanmıştır. Elbette bahsekonu gelecek dönemlerde enflasyon artışı olacaktır. Ancak enflasyon projeksiyonları öngörülemediği için bu çalışmanın sonuçlarından faydalanmak isteyen okuyucunun/yerel yönetimlerin bu çalışmanın yapıldığı yıl olan 2020’ye göre gerçekleşmiş verilerle enflasyon değerlemesi yaparak kullanması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı bugünün verileriyle geleceği öngörmek ve kıyas yapmaktır. Tablo 6.5’de 2050 yılında önlem alınmayan ya da su kaybının azaltıldığı senaryolar altında suyun tam maliyeti ve bu maliyeti oluşturan ana kalemlerin projeksiyonları yer almaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi değişen iklim nedeniyle değişen su potansiyeli ve artan nüfus her 2 senaryoda da dikkate alınmıştır.

Tablo 6.4’de ise mevcut durumda (2020 yılı) tüm büyükşehirlerde uygulanan ortalama tarife ile finansal maliyeti karşılayan tarife dokümanete edilmiş; bunun yanı sıra tedbir alınmayan ve su kaybının azaltıldığı senaryolar altında hem orta vadede hem de uzun vadede tam maliyet ve ödeyebilirlik eşik değerleri gösterilmektedir.

Senaryo 1 ve senaryo 2 kapsamında dikkate alınan unsurlar Tablo 6.4 ve Tablo 6.5’de verilmiştir.



Tablo 6.4 Mevcut Durum ve Gelecek Dönem Senaryoları

Unsurlar	Mevcut Durum Analizi	Gelecek Dönem Projeksiyonu (2021-2100)
Nüfus (kişi)	TÜİK ADNS’de 2020 yılı nüfusları alınmıştır	
Tahakkuk eden su (m ³)	İllerde tahakkuk eden su bilgileri il geneli toplamında faturalandırılan suya karşılık gelmektedir.	Tahakkuk verileri nüfusa oranlanarak bulunmuştur.
Gelir Getirmeyen Su	Toplam su kayıplarının ve faturalandırılmamış izinli ve izinsiz su tüketimlerinin toplamını ifade etmektedir.	
Üretilen Su	Kaynaktan çekilen sudur. $\frac{\text{Tahakkuk Eden Su Miktarı}}{\%100 - \% \text{Gelir Getirmeyen Su Miktarı}}$ formülü ile hesaplanmıştır.	
Su arzı	Su tahsis maddesi yer altı ve yüzeysel su kaynaklarından il için içme kullanmaya tahsis edilen toplam su miktarını ifade etmektedir. Tahsis edilen su miktarının belirlenen senaryo kapsamında 2100 yılına kadar değişmeden, sabit olarak kalacağı varsayılmıştır.	
Su açığı	Şehirdeki gelir getirmeyen su miktarı ve tahakkuk eden su miktarının toplamı üretilmesi gereken su olarak tanımlanmıştır. Tahsis edilen su miktarı ve üretilmesi gereken su miktarı farkı ile “su açığı” bulunmaktadır.	
Net Gider	$\text{Net Gider} = \text{Toplam yönetim ve işletme gideri} + \text{amortisman değeri} - \text{merkezi idare vergi gelirleri}$ formülü ile hesaplanmıştır.	
Çevresel Maliyetler	İl su ve kanalizasyon idarelerinin planladığı atıksu arıtma tesislerinin yapım ve işletme maliyetlerinin %10 fazlası, çevresel maliyet olarak değerlendirilmiştir. Tesislerin yapımı ve işletmeye alınmaları sonrasında ise, çevresel maliyetler finansal maliyete dönüşmektedir.	
Finansal Birim Maliyet	İşletme ve amortisman giderleri toplamının satılan su miktarına bölünmesi ile hesaplanır.	
Tam Maliyet	Finansal maliyet, çevresel maliyet ve su açığı birim maliyetinin toplamıdır.	



Unsurlar	Mevcut Durum Analizi	Gelecek Dönem Projeksiyonu (2021-2100)
Finansal Maliyeti Karşıl原因an Tarife-TL/m³	Su ve kanalizasyon idaresinin yıllık net gideri, toplam tahakkuk eden su miktarına bölünmesi ile maliyet karşılayan tarife bulunacaktır. Maliyetlere %10 öngörülemeyen gider ve %10 öz kaynak getirisi ilave edilmiştir.	
Uygulanan Ortalama Tarife	İdarelerden gelen verilerde toplam TL tahakkuk rakamının, toplam metreküp tahakkuka bölünmesiyle hesaplanır.	
SENARYO 1		
Su Kaybı	SUKİ'lerin beyan ettiği su kayıpları dikkate alınmıştır.	Su kayıplarının 2100 yılına kadar değişmeden, sabit olarak kalacağı varsayılmıştır.
Su kayıplarının azaltılması için gereken harcamalar	Su kayıpları herhangi bir önlem alınmadan aynı kalacağı için harcama olmayacaktır.	
SENARYO 2		
Su Kaybı	Su kayıplarının "İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği"nde belirtildiği gibi 2028 yılında %30 değeri ve 2033 yılında %25 oranı kabul edilerek 2020 yılındaki mevcut durumdan mezkûr yıllara kadar orantılı bir şekilde azalma gerçekleştirildiği varsayılmıştır.	
Su kayıplarının azaltılması için gereken harcamalar	24 Büyükşehir Belediyesinin (Adana, Ankara, Antalya, Balıkesir, Bursa, Denizli, Diyarbakır, Erzurum, Eskişehir, Gaziantep, Hatay, İzmir, Kahramanmaraş, Kayseri, Kocaeli, Konya, Mardin, Mersin, Muğla, Ordu, Sakarya, Samsun, Tekirdağ, Van) beyan ettiği maliyetler alınmış olup diğer büyükşehirler için ise su kayıplarını önlemeye yönelik harcamalar ise 115 TL/m ³ birim maliyet esas alınarak hesaplanmıştır.	



Tablo 6.5 2050 Dönemi için Senaryo 1 ve Senaryo 2

İller	Senaryo 1 Mevcut Durumun Korunması Senaryosu				Senaryo 2 Su Kayıplarının Kademeli Olarak Azaltılması Senaryosu			
	Birim Finansal Maliyet	Su Açığının Fiyatı (TL/m ³)	Su Kayıplarını Önleme Birim Maliyeti (TL)	Tam Maliyet	Birim Finansal Maliyet	Su Açığının Fiyatı (TL/m ³)	Su Kayıplarını Önleme Birim Maliyeti (TL)	Tam Maliyet
ADANA	5,27	1,54	-	6,80	4,57		0,32	4,89
ANKARA	4,89		-	4,89	4,82		0,08	4,90
ANTALYA	9,18	8,71	-	17,89	8,03	5,32	0,19	13,53
AYDIN	5,35	2,77	-	8,12	5,35	2,77	0,00	8,12
BALIKESİR	8,28	2,07	-	10,35	7,00		0,80	7,80
BURSA	7,77	4,02	-	11,79	7,33	2,80	0,36	10,49
DENİZLİ	6,61		-	6,61	6,48		0,01	6,48
DİYARBAKIR	8,58	0,91	-	9,50	7,28		0,12	7,40
ERZURUM	6,59		-	6,59	6,43		1,53	7,96
ESKİŞEHİR	8,51	4,48	-	12,99	8,29	3,75	0,70	12,74
GAZİANTEP	9,86	3,02	-	12,88	8,98	1,73	0,46	11,17
HATAY	8,89	2,01	-	10,90	8,28	1,24	0,20	9,71
İSTANBUL	7,00	4,11	-	11,11	7,00	4,11	0,00	11,11
İZMİR	10,27	2,79	-	13,07	9,66	1,39	0,34	11,40
KAHRAMANMARAŞ	4,04	0,59	-	4,64	3,36		0,04	3,40
KAYSERİ	5,75		-	5,75	5,75		0,00	5,75
KOCAELİ	8,96	6,37	-	15,32	8,63	5,45	0,55	14,62
KONYA	8,13		-	8,13	8,01		0,86	8,87
MALATYA	6,80	1,15	-	7,94	5,91		0,12	6,03



İller	Senaryo 1 Mevcut Durumun Korunması Senaryosu				Senaryo 2 Su Kayıplarının Kademeli Olarak Azaltılması Senaryosu			
	Birim Finansal Maliyet	Su Açığının Fiyatı (TL/m ³)	Su Kayıplarını Önleme Birim Maliyeti (TL)	Tam Maliyet	Birim Finansal Maliyet	Su Açığının Fiyatı (TL/m ³)	Su Kayıplarını Önleme Birim Maliyeti (TL)	Tam Maliyet
MANİSA	7,15	1,41	-	8,56	6,16		0,13	6,29
MARDİN	14,30	20,39	-	34,68	8,63	5,97	0,65	15,26
MERSİN	11,83	20,19	-	32,03	6,09	0,28	0,40	6,76
MUĞLA	11,47		-	11,47	10,96		2,20	13,16
ORDU	8,01	0,97	-	8,99	7,25		3,09	10,34
SAKARYA	11,14	6,99	-	18,13	8,01		0,50	8,51
SAMSUN	7,48	1,56	-	9,04	6,61		0,61	7,23
ŞANLIURFA	6,24	0,31	-	6,55	5,74		0,10	5,84
TEKİRDAĞ	11,56	8,31	-	19,87	10,25	4,74	0,23	15,23
TRABZON	6,10	0,80	-	6,90	5,33		0,13	5,46
VAN	9,09	1,29	-	10,38	7,10		0,28	7,38



Tablo 6.6 2030-2050 Dönemi için Senaryo 1 ve Senaryo 2

İller	Mevcut		Senaryo 1 Mevcut Durumun Korunması Senaryosu						Senaryo 2 Su Kayıplarının Kademeli Olarak Azaltılması Senaryosu					
			(Orta vade için- 2030)			(Uzun vade için-2050)			(Orta vade için- 2030)			(Uzun vade için-2050)		
	Uygulanan Ort. tarife	Finansal maliyeti karşılayan tarife	Tam maliyet	Ödeyebilirlik aralığı (%20-%60medyan)		Tam maliyet	Ödeyebilirlik aralığı (%20-%60medyan)		Tam maliyet	Ödeyebilirlik aralığı (%20-%60medyan)		Tam maliyet	Ödeyebilirlik aralığı (%20-%60 medyan)	
ADANA	4,75	3,60	6,28	3,97	9,18	6,80	4,85	11,20	4,91	3,97	9,18	4,89	4,85	11,20
ANKARA	4,79	3,81	4,89	7,00	14,99	4,89	8,54	18,29	4,91	7,00	14,99	4,90	8,54	18,29
ANTALYA	4,78	5,29	11,22	4,69	12,41	17,89	5,73	15,14	8,19	4,69	12,41	13,53	5,73	15,14
AYDIN	8,22	3,78	6,67	3,69	8,04	8,12	4,50	9,81	6,67	3,69	8,04	8,12	4,50	9,81
BALIKESİR	3,44	6,09	8,73	4,21	9,94	10,35	5,13	12,13	7,89	4,21	9,94	7,80	5,13	12,13
BURSA	5,07	5,08	8,14	6,29	12,77	11,79	7,67	15,58	7,24	6,29	12,77	10,49	7,67	15,58
DENİZLİ	5,51	5,38	6,61	5,67	12,36	6,61	6,92	15,08	6,48	5,67	12,36	6,48	6,92	15,08
DİYARBAKIR	3,18	5,60	8,61	3,13	7,16	9,50	3,82	8,74	7,42	3,13	7,16	7,40	3,82	8,74
ERZURUM	3,81	5,02	6,59	3,79	8,72	6,59	4,63	10,64	7,94	3,79	8,72	7,96	4,63	10,64
ESKİŞEHİR	3,98	5,47	8,19	8,23	17,92	12,99	10,04	21,86	8,17	8,23	17,92	12,74	10,04	21,86
GAZİANTEP	6,21	6,38	11,42	3,47	8,46	12,88	4,23	10,32	10,08	3,47	8,46	11,17	4,23	10,32
HATAY	2,96	6,08	9,20	3,49	7,45	10,90	4,25	9,09	8,27	3,49	7,45	9,71	4,25	9,09
İSTANBUL	4,86	4,56	6,77	5,59	14,86	11,11	6,82	18,13	6,77	5,59	14,86	11,11	6,82	18,13
İZMİR	4,63	7,81	11,24	5,28	14,19	13,07	6,44	17,31	9,94	5,28	14,19	11,40	6,44	17,31
KAHRAMANMARAŞ	1,66	2,46	4,61	2,78	3,21	4,64	3,39	3,92	3,40	2,78	3,21	3,40	3,39	3,92
KAYSERİ	4,23	4,09	5,75	4,95	11,86	5,75	6,04	14,47	5,75	4,95	11,86	5,75	6,04	14,47
KOCAELİ	4,84	6,82	11,86	4,38	12,76	15,32	5,34	15,56	11,44	4,38	12,76	14,62	5,34	15,56
KONYA	4,29	5,96	8,13	4,16	10,87	8,13	5,08	13,26	8,92	4,16	10,87	8,87	5,08	13,26
MALATYA	3,96	4,45	7,50	3,80	7,56	7,94	4,64	9,22	6,03	3,80	7,56	6,03	4,64	9,22



İller	Mevcut		Senaryo1 Mevcut Durumun Korunması Senaryosu						Senaryo2 Su Kayıplarının Kademeli Olarak Azaltılması Senaryosu					
			(Orta vade için- 2030)			(Uzun vade için-2050)			(Orta vade için- 2030)			(Uzun vade için-2050)		
	Uygulanan Ort. tarife	Finansal maliyeti karşılayan tarife	Tam maliyet	Ödeyebilirlik aralığı (%20-%60medyan)		Tam maliyet	Ödeyebilirlik aralığı (%20-%60medyan)		Tam maliyet	Ödeyebilirlik aralığı (%20-%60medyan)		Tam maliyet	Ödeyebilirlik aralığı (%20-%60 medyan)	
MANİSA	3,21	5,07	8,49	4,02	11,25	8,56	4,91	13,72	6,29	4,02	11,25	6,29	4,91	13,72
MARDİN	1,48	9,78	31,31	1,27	9,35	34,68	1,55	11,41	14,43	1,27	9,35	15,26	1,55	11,41
MERSİN	4,55	7,05	24,70	6,69	15,46	32,03	8,16	18,86	6,32	6,69	15,46	6,76	8,16	18,86
MUĞLA	3,36	9,68	11,47	3,74	8,16	11,47	4,57	9,95	13,56	3,74	8,16	13,16	4,57	9,95
ORDU	5,15	5,79	7,63	18,93	17,07	8,99	23,10	20,83	10,46	18,93	17,07	10,34	23,10	20,83
SAKARYA	4,85	7,92	12,54	6,53	13,33	18,13	7,97	16,27	8,61	6,53	13,33	8,51	7,97	16,27
SAMSUN	3,83	5,70	6,76	4,87	11,55	9,04	5,94	14,09	7,25	4,87	11,55	7,23	5,94	14,09
ŞANLIURFA	3,30	4,35	6,20	3,19	7,30	6,55	3,89	8,91	5,84	3,19	7,30	5,84	3,89	8,91
TEKİRDAĞ	6,28	7,22	12,63	7,29	16,50	19,87	8,89	20,14	9,35	7,29	16,50	15,23	8,89	20,14
TRABZON	4,44	3,89	5,66	3,86	8,98	6,90	4,71	10,95	5,46	3,86	8,98	5,46	4,71	10,95
VAN	3,35	6,02	9,33	2,44	5,57	10,38	2,98	6,80	7,41	2,44	5,57	7,38	2,98	6,80



Sonuç olarak; mevcut durumun korunması senaryosunda (Senaryo 1), iklim değişikliği dolayısıyla su kaynaklarının azalması ve su kayıplarının engellenmemesi sonucunda, satılabilecek su miktarı da azalmakta ve idareler, sabit maliyetlerini karşılayabilmek için suyu daha pahalı satmak zorunda kalmaktadırlar.

Bunun sonucunda, 2030 yılı itibarıyla **Kahramanmaraş, Mardin, Muğla ve Van**'da tam maliyet, ödenebilirlik eşik değerini çok aşmaktadır. Su kayıplarının kademeli olarak azaltıldığı senaryoda da (Senaryo 2) benzer sorun devam etse de, tam maliyet ile ödeme gücü arasındaki fark azalmaktadır. Senaryolar kıyaslandığında, su kayıplarının önlenmesinin maliyetleri ve tarifeleri düşüren bir etkisi olduğu açık bir şekilde görülmüştür.

Su kayıplarının önlenmediği durumda, 2030 yılında oluşacak su açığının birim maliyeti, Aydın, Kocaeli, Mardin illerinde finansal maliyetin %30-40'ına ulaşmakta, hatta Mardin ve Mersin'de finansal maliyeti aşmaktadır. Su kayıplarının önlenmemesi durumunda, bu illerin çok ciddi bir su sıkıntısı tehdidi altında oldukları ve talebi karşılamakta büyük sıkıntı yaşayacakları anlamına gelmektedir. Su kayıplarının önlendiği Senaryo 2'de ise, Kocaeli ve Mardin illerinde su açığı ağır bir sorun olmaya devam etmekte, bazı illerde sorun tamamen ortadan kalkmakta, bazılarında ise sonraki yıllara ertelenmektedir.

Sonuç olarak, iklim değişikliği etkileri ile birlikte gelecekte su pek çok ilimiz için kıt bir kaynak olacaktır. Suyun fiyatının tam maliyet esasına göre belirlenmesi ve halkı tasarruflu olmaya yönlendirecek şekilde fiyatlandırılması esastır. Su sıkıntısı yaşanan dönemlerde, idarelerin satabilecekleri su azalırken su üretim maliyetleri de yükseleceğinden, bu tür yıllara özel zamlı tarifelerin kullanılması yönünde mevzuat düzenlemeleri yapılmalıdır. Bu şekilde, suyun daha tasarruflu ve dikkatli kullanılması ve su açığının en aza indirilmesi mümkün olabilecektir.

6.4 Tedbirler ve Çözüm Önerileri

6.4.1 Mevzuat Önerileri

Ülkemizde, tam maliyet esaslı su tarifesinin hesaplanması ve uygulanması konusunda yönetmelik mevcut değildir. O nedenle, su ve kanalizasyon idareleri tam maliyeti karşılayan tarife düzeyini hesaplamakta zorluk çekmektedirler. Kendi yöntemleri ile maliyet hesaplamış olsalar dahi, bu maliyetleri tarifeye yansıtma istediklerinde mevzuat engeliyle karşılaşmaları kaçınılmazdır. Çevresel maliyetler, kaynak maliyetleri gibi maliyet unsurlarının tarifeye yansıtılması şu aşamada yasal değildir.

Atıksu Altyapı ve Evsel Katı Atık Bertaraf Tesisleri Tarifelerinin Belirlenmesinde Uyulacak Usul ve Esaslara İlişkin Yönetmeliğin 17. maddesinin dördüncü fıkrasında "Belirlenen metre-küp temelindeki atıksu ücreti, metre-küp su ücretinin %50'sini aşamaz." hükmü bulunmaktadır. Belirlenecek olan atıksu bedelinin maliyete dayalı olması gerekirken, bu şekilde mevzuat hükmüne bağlanmış olması yanlıştır. Mevzuatın, tüm tarifelerin tam maliyet esasıyla hesaplanması yönünde güncellenmesi gerekir. Ayrıca, belirli bir yılda uygulanacak su ve atıksu ücret tarifesinin, yine mevzuat gereği önceki iki yıl öncesine ait masraflar esas alınarak



belirlenmektedir. Enerji fiyatlarının hızla arttığı ve enflasyonun yüksek olduğu yıllarda, bu durum idareleri zora sokmaktadır. Bu konuda da bir düzenlemeye gidilmesi elzemdir.

Amortisman giderlerinin hesaplanmasında da yine benzer bir durum yaşanmaktadır. Yıllar öncesinin fiyatlarıyla yapılmış olan tesisler için hesaplanan yıllık amortisman bedelleri, günümüzde çok düşük kalmakta ve bu tesislerin yenisinin yapılmasına asla olanak vermemektedir. Amortisman değerlerinin güncellenmesi zaruridir.

6.4.2 Ödenebilirlik Kriteri ve Kademeli Su Tarifesi

Ödenebilirlik eşik değeri, tüketicilerin su ve atıksu faturasını ödeyebilmek için harcanabilir gelirlerinden ayırdıkları payın önemli göstergesidir ve ildeki medyan eşdeğer harcanabilir hanehalkı gelirinin en fazla %2,5'inin su ve atıksu bedeli olarak ödeyebileceği kriterine dayanır. Proje kapsamında yapılan hesaplamalar sonucunda, her yıl için tam maliyeti karşılayan tarifeler belirlenmiştir. Tam maliyeti karşılayan tarifeler, ödenebilirlik eşik değeri ile kıyaslanmıştır. Ayrıca bu tarifelerin en düşük %20'lik gelir grubu açısından da ödenebilir olabilmesi için su satışında kademeli tarifeye geçilmesi, mesken su satışı tarifesinin ilk kademede 0-10 m³ olarak ele alınması ve bu tarifenin en düşük gelir grubunun ödeme gücünü aşmayacak şekilde (gelirin %2,5'ini) belirlenmesi önerilmiştir.

Bilindiği üzere su satışında kademeli tarifeye geçilmesi kişilerin su kullanım alışkanlıklarını değiştirmesine vesile olabilmektedir. Ayrıca kademeli su satışına geçilmesi yağmur suyu hasadı ve gri suyun tekrar kullanımını teşvik etmek için önemli bir husustur. Ülkemizde ise 2022 yılı Temmuz ayı su tarifelerine göre; büyükşehirlerin 19 tanesinde kademeli tarife uygulanırken, 11 tanesinde kademeli tarife uygulanmamaktadır. Kademeli tarife uygulanan illerin bir kısmında ise kademe aralıklarının su tüketiminde caydırıcılığı sağlayamayacak kadar dar olması nedeniyle etkin olmadığı değerlendirilmektedir.

Kademeli tarifelendirme ile kişilerin su tasarrufuna teşvik edilmesi gerekir. Ancak, su temel bir insan hakkıdır. Dar gelirli kesimlerin suya ulaşımının yüksek fiyatlarla kısıtlanması, halk sağlığını tehlikeye sokabilir. O nedenle, bir hanenin asgari su ihtiyacını karşılayacağı kadar miktar (örneğin ilk 5 metreküp), sübvansiyonlu bir tarife üzerinden fiyatlandırılabilir. Bunun üzerindeki 2. ve 3. Kademeler ise belirgin bir artış içermeli ve maliyeti karılar düzeyde olmalıdır. Proje kapsamında kademeli tarife uygulamayan belediyelere rehber olması amacıyla mevcut durumda (2022 Yılı Temmuz Ayı) uygulanabilecek ve tasarrufu teşvik edecek kademe önerileri hesaplanmıştır. Bahsekonu kademe önerileri, illerde hanehalkı tiplerinin büyük çoğunluğunu yansıtan tek çekirdek aileden oluşan hanehalkının su faturaları ve su bedeli için ödeme gücü Tablo 6.7 ile verilmiştir.

Kademeli tarife uygulayan büyükşehirlerde ise farklı hanehalkı tarafından ödenen su faturaları illerin ödeme gücü ile kıyaslanmış ve hanelerin ortalama su tüketimi miktarına göre uygulanan kademelerin su tüketimi üzerindeki caydırıcılığı tartışılmıştır (Tablo 6.8).



Bu çalışmada, TÜİK tarafından belirlenen hanehalkı tiplerine göre su tüketimi ve su faturaları belirlenmiş, belirlenen su bedelleri ödeme güçleri ile kıyaslanmıştır. Tüm illerde tek çekirdek aileden oluşan hanehalkı, nüfusun büyük çoğunluğunu temsil ettiği için su ve atıksu tarifesi kademeleri, tek çekirdek ailelerin su tüketimine göre belirlenmiştir. Bu sayede, ilde bulunan en tipik ailenin su tüketimine karşılık gelen su faturasının, ödeme gücü değerini aşmadan bu değere yaklaştırılarak su tüketimine yönelik caydırıcılık sağlanması hedeflenebilmektedir.

İllerde kabul edilen su bedeli için ödeme gücü değerleri hesaplanmasında TÜİK “Hanehalkı kullanılabilir gelire göre sıralı yüzde 20'lik gruplar itibarıyla yıllık hanehalkı kullanılabilir gelirin dağılımı, 2014-2021” verileri dikkate alınmıştır. Orta gelir grubuna (medyan) mensup bir hanenin 2021 yılında yıllık kazancının %2,5'i alınarak su bedeli için ödeme gücü bulunmuştur. 2021 için yapılan hesaplama enflasyon oranı %50 kabul edilerek bugüne taşınmıştır. Ödenebilirlik Kriteri ve Kademeli Su Tarifesi çalışması kapsamında yapılan hesapların ayrıntıları proje kapsamında hazırlanan Nihai Raporda sunulmuştur.

Kademeli tarife uygulamayan büyükşehirlerde uygulanan su ve atıksu bedelinin, tüketicinin suyu tasarruflu kullanmasına teşvik edecek oranda, örneğin en az %50 fazlası 2. kademe olarak; iki katı ise 3. kademe olarak belirlenmiştir. 1. Kademe 0-10 m³, 2. Kademe 10-20 m³ ve 3. Kademe 20 m³ üzeri su tüketimi için geçerlidir. Bu kapsamda illere özgü verilere göre ödeme güçleri ve su tüketimleri kıyaslanmıştır. Kademeli tarife uygulanmayan büyükşehir belediyelerinde yapılan kademe çalışmalarına ait özet bilgiler Tablo 6.7 ile verilmektedir. Buradan hareketle illerde belirlenen su fiyatları, ödeme gücünü aşmayacak ve suyun değerinin korunmasını sağlayacak şekilde düzenlenebilmektedir.

Kademeli tarife uygulayan büyükşehir belediyelerine ait özet bilgiler ise Tablo 6.8 ile sunulmaktadır. Buna göre, tek çekirdek ailenin su tüketimi ve buna karşılık gelen su faturasını ödeme gücü değerlendirilerek şehirde kademeli tarife uygulamanın su tüketimi üzerinde etkisinin olup olmadığı incelenmiştir.



Tablo 6.7 Kademeli Tarife Uygulamayan Büyükşehir Belediyelerinde Önerilen Tarifeler

Büyükşehirler	Adana	Antalya	Aydın	Erzurum	Eskişehir	Hatay	Ordu	Sakarya	Samsun	Trabzon	Van	Adana
Nüfus (kişi)	2.258.718	2.548.308	1.119.070	758.279	888.828	1.659.320	761.400	1.042.649	1.356.079	811.901	1.149.342	2.258.718
Mesken tahakkuk eden su miktarı (m ³ /yıl)	98.151.370	117.924.796	63.977.448	16.734.957	29.684.216	72.883.976	21.447.821	48.724.340	54.722.159	25.114.854	31.645.181	98.151.370
Kişi başı ayda tahakkuk eden su miktarı (m ³ /kişi.ay)	3,62	3,86	4,76	1,84	2,78	3,66	2,35	3,89	3,36	2,58	2,29	3,62
Tek çekirdek aileden oluşan hanehalkı su tüketimi (m ³ /ay)	12,64	11,41	13,39	6,71	7,38	13,36	6,60	12,77	10,56	7,71	10,58	12,64
Tek çekirdek aileden oluşan hanehalkı su faturası (TL/ay)	120,87	170,19	106,92	59,61	58,49	73,40	80,08	77,17	147,46	66,82	70,41	120,87
Su bedeli için ödeme gücü (TL/ay)	142,47	181,28	169,87	162,26	200,21	129,94	176,38	201,36	164,11	133,33	135,52	142,47
1. kademe (TL/m ³)	8,66	14,04	7,09	8,88	7,93	4,88	12,14	5,45	13,61	8,67	6,48	8,66
2. kademe (TL/m ³)	12,99	21,06	10,64	13,32	11,90	7,32	18,21	8,18	20,41	13,01	9,72	12,99
3. kademe (TL/m ³)	17,32	28,08	14,18	17,76	15,86	9,76	24,28	10,90	27,21	17,34	12,96	17,32



Tablo 6.8 Kademeli Tarife Uygulayan Büyükşehir Belediyeleri

Büyükşehirler	Kayseri	Kocaeli	Konya	Malatya	Manisa	Mardin	Mersin	Muğla	Tekirdağ
Nüfus (kişi)	1.421.455	1.997.258	2.250.020	806.156	1.450.616	854.716	1.868.757	1.000.773	1.081.065
Mesken tahakkuk eden su miktarı (m ³ /yıl)	53.375.700	88.636.527	54.382.168	31.719.210	13.774.573	14.605.324	49.305.831	29.629.077	37.753.931
Kişi başı ayda tahakkuk eden su miktarı (m ³ /kişi.ay)	3,13	3,70	2,01	3,28	0,79	1,42	2,20	2,47	2,91
Tek çekirdek aileden oluşan hanehalkı su tüketimi (m ³ /ay)	10,29	12,17	6,67	11,15	2,37	6,61	7,04	6,76	8,73
Tek çekirdek aileden oluşan hanehalkı su faturası (TL/ay)	90,80	105,43	58,93	58,64	24,98	39,64	46,08	70,88	138,12
Su bedeli için ödeme gücü (TL/ay)	164,65	201,36	166,56	149,31	159,18	223,03	142,47	169,87	181,79
1. kademe (TL/m ³)	8,82	7,56	8,84	5,26	10,56	6,00	6,55	10,49	15,82
2. kademe (TL/m ³)	10,37	13,78	34,16	7,89	15,97	8,00	9,87	21,26	22,30
3. kademe* (TL/m ³)	-	-	-	-	-	-	14,80	-	27,48



Tablo 6.8 Kademeli Tarife Uygulayan Büyükşehir Belediyeleri (Devamı)

Büyükşehirler	Kayseri	Kocaeli	Konya	Malatya	Manisa	Mardin	Mersin	Muğla	Tekirdağ
Nüfus (kişi)	1.421.455	1.997.258	2.250.020	806.156	1.450.616	854.716	1.868.757	1.000.773	1.081.065
Mesken tahakkuk eden su miktarı (m ³ /yıl)	53.375.700	88.636.527	54.382.168	31.719.210	13.774.573	14.605.324	49.305.831	29.629.077	37.753.931
Kişi başı ayda tahakkuk eden su miktarı (m ³ /kişi.ay)	3,13	3,70	2,01	3,28	0,79	1,42	2,20	2,47	2,91
Tek çekirdek aileden oluşan hanehalkı su tüketimi (m ³ /ay)	10,29	12,17	6,67	11,15	2,37	6,61	7,04	6,76	8,73
Tek çekirdek aileden oluşan hanehalkı su faturası (TL/ay)	90,80	105,43	58,93	58,64	24,98	39,64	46,08	70,88	138,12
Su bedeli için ödeme gücü (TL/ay)	164,65	201,36	166,56	149,31	159,18	223,03	142,47	169,87	181,79
1. kademe (TL/m ³)	8,82	7,56	8,84	5,26	10,56	6,00	6,55	10,49	15,82
2. kademe (TL/m ³)	10,37	13,78	34,16	7,89	15,97	8,00	9,87	21,26	22,30
3. kademe* (TL/m ³)	-	-	-	-	-	-	14,80	-	27,48



Uygulanan m³ kademe eşiğinin ortalama hane su tüketiminden daha yüksek olduğu yerlerde kademelendirme uygulamasının su tüketimi azaltımında kayda değer etkisi bulunmamaktadır. İllerin hanehalkı tiplerinin büyük çoğunluğunu “tek çekirdek aileden oluşan hanehalkı” oluşturmaktadır. Dolayısıyla kademe eşiğinin belirlenmesinde “tek çekirdek aileden oluşan hanehalkı”nın aylık ortalama su tüketiminin göz önüne alınması gerekmektedir. Bir diğer husus; aylık su tüketimi açısından ilk kademe eşiğini aşan hanehalkı su faturasının sadece ilk kademeyi geçtiği miktar kadar ikinci kademe fiyatı uygulanmaktadır. Örneğin 1. kademenin <10 m³ olarak belirlendiği bir yerde 12 m³/ay su tüketimi olan bir ailenin su faturasında su tüketiminin yalnızca 2 m³/ay kısmına ikinci kademe fiyatı uygulanmaktadır. Dolayısıyla ilk kademeyi aşan bir hanenin m³ başına ödenen su bedeli ile ilk kademe eşiğini aşmayan bir hanenin m³ başına ödenen su bedeli arasında büyük bir fark oluşmamaktadır. Tüm bunlar göz önüne alınarak; kademeli tarifelerde, birinci kademenin ödeme gücünü geçmemesi; ikinci ve üçüncü kademelerin ise ödeme gücü göz önüne alınarak yükseltilmesiyle su tüketiminde belirleyici unsurlar olması sağlanmalıdır.

6.4.3 Kurak Dönem Fiyatlandırması

İklim değişikliği, nüfus artışı, şehirleşme gibi faktörlerden dolayı su kaynaklarının sınırlı olduğu ülkemizde su açığı yaşanması muhtemeldir.

Su kaynaklarının sınırlı olduğu bir ortamda su temin etmek için alternatif yöntemler kullanılması, suyun daha uzak bölgelerden getirilmesi veya arıtma işlemlerinin maliyeti gibi faktörler önemli bir mali yüke neden olacakları için su fiyatlarını etkileyebilir. Bu maliyeti bilerek, su tarifelerine yansıtarak suyun daha az tüketilmesini sağlamak teşvik edilebilir. Daha yüksek su tarifeleri, suyu israf etmeden kullanmaya teşvik edici bir etki yaratabilir ve kurak dönemlerde suyun daha verimli kullanılmasına katkıda bulunabilir. Bu bahsedilen hususlar uzun vadeli tedbirlerdir.

Bunun yanısıra, iklim değişikliği neticesinde kuraklık afetinin daha sık ve şiddetli ortaya çıkması beklenmektedir. Kurak dönemlerde su tüketiminin azaltılması;

- Araç yıkama, halı yıkama gibi sektörlerde kısıtlamaya gidilmesi,
- Konut ve işyeri önlerinin ve içlerinin hortumla yıkanmasının yasaklanması,
- Bahçe sulamalarının buharlaşmanın daha az olduğu sabah ve akşam saatlerinde mümkünse yağmurlama/damlama sistemleri kullanılarak yapılması,
- Yağmur suyu ya da gri su gibi alternatif su kaynaklarını kullanan aboneler için farklı tarifeler ya da teşvikler uygulanması,

yöntemleri ile sağlanabilir.

Kurak dönemlerde su sıkıntısı yaşanmaması için; İlde kurak dönemlerin yaşanacağı zamanlarda su tüketiminin azaltılması ve su kıtlığının yaşanmaması için durumun önceden ilan edilerek, su satışı tarifesinde artış yapılması gerekmektedir. Bu artış, ödeyebilirlik eşik değeri üzerinden oluşacak m³ su açığı miktarı ile hesaplanan “su açığı birim değeri” kadar olabilir. Su



fiyatlarındaki artış, tüketici davranışlarını etkileyebilir ve suyun daha az tüketilmesine yönelik teşvikler sağlayabilir.

6.4.4 Mevsimsel Tahakkuk Farklılıkları Durumunda Fiyatlandırma

Kimi illerde, yaz ve kış dönemi arasında çok büyük nüfus farkları ve dolayısıyla su tüketim farklılıkları oluşmaktadır. Bu illerimizde, sayfiye bölgeleri için altyapı yatırımları gerçekleştirilmekte, ancak bu yatırıma karşılık sadece birkaç ay su bedeli tahakkuk ettirilebilmektedir. Hâlbuki sabit maliyetler ve amortisman maliyetleri tüm yıla yayılmaktadır. O nedenle, su ve kanalizasyon idarelerinin, bu tür ilçelerde, tüm yıla ait giderlerin sadece tahakkuk yapılabilen dönemde tahsiline izin veren bir tarife oluşturulması uygun olacaktır.

6.4.5 Farklı Abone Gruplarına Ayrı Tarifeler Uygulanması

Su fiyatlandırmasında, farklı abone gruplarına uygulanan tarifenin ağırlıklı ortalamasının maliyeti karşılayan düzeyde olması esastır. SUKİ'ler, bu prensibe bağlı kalmak şartı ile farklı abone türleri için farklı tarifeler uygulamak konusunda serbesttir. Genel olarak ülkemizde, mesken abonelerine daha düşük tarife uygulanırken, ticari abonelere (iş yerleri, bankalar, hastaneler vs.) daha yüksek tarifeler uygulanmaktadır. Bu uygulamanın devam ettirilmesi gerekir. Kimi illerde "ham su" adı altında, sanayi tesislerine büyük miktarlarda indirimli su satışı yapılabilmektedir ancak bu uygulama yanlıştır. Düşük gelir grubundaki mesken aboneleri dışında, hiçbir aboneye finansal maliyeti karşılayan tarifeden daha düşük ücretle su satışı yapılmamalıdır.



7 PİLOT PROJELENDİRME

Pilot projelendirme kapsamının yağmur suyu hasadına yönelik 5 mikro alanda; gri suyun kullanımına yönelik 5 mikro alanda olmak üzere toplam 10 adet proje yapılmıştır.

7.1 Yağmur Suyu Hasadı

Yağmur suyu hasadı için Adana’da bir otel, Ordu’da Ünye Kapalı Spor Salonu, İzmir’de Zeytinlik Mahallesi’nde yer alan toplu konut alanı, Ankara MTA Genel Müdürlüğü Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi ve Adana’da Sarıçam Çarkıpare Parkı için beş adet uygulama projesi hazırlanmıştır (Tablo 7.1).

Tablo 7.1 YSH’de Pilot Proje Hazırlanması için Seçilen Mikro Alanlar

Mikro Alan Tipi	Mikro Alan Adı/Adresi
Spor salonu	Ünye Kapalı Spor Salonu Liseler Mah. Niksar Cad. Ünye/Ordu
Otel	Veri gizliliği kapsamında bu bilgi İdarede saklıdır. Adana
Toplu konut alanı	Ödemiş Zeytinlik Mah. Toplu Konut Alanı Ödemiş/İzmir
Kamu binası	MTA Genel Müdürlüğü Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi Çukurambar Mahallesi Dumlupınar Bulvarı No:11 Çankaya/Ankara
Rekreasyon alanı	Çarkıpare Parkı Sarıçam/Adana

Uygulama projelerinde, mevcut ve yeni yapılarda yağmur suyu hatlarının ne şekilde uygulanabileceği, depo uygulama şekilleri konusunda görsel örneklemeler yapılmıştır. Depoya yağmur suyunun alınış şekli, filtreleme, yağmur suyu taşkanı ve depoya şebeke suyu bağlantı şekilleri gösterilmiştir. Mevcut yapılarda ise hatların geçiş güzergâhına bağlı olarak kırımların nerelerde yapılacağı görülmektedir. Genel olarak yeni çekilecek hatlar müdahale kolaylığı açısından mevcut hatların yanından geçirilmiş ve kırım alanlarının azaltılması için yapıdaki mevcut şaftlar kullanılmıştır.

Öncelikle çatıya gelecek yağmur suyu miktarı ve burada günlük kullanılacak su miktarı hesaplanmış ve birbiriyle kıyaslanarak yağmur suyu depolamak için uygun depo boyutları belirlenmiştir. Proje kapsamında seçilen depo galvaniz modüler depodur (Şekil 7.1). Bu tür depolar paslanmaz hijyenik özelliklere sahip olup paslanmazın kendi yapısından kaynaklanan mikrop barındırmama özelliği bulunmaktadır. Montajı kolay ve sızdırmazlık elemanlarına sahiptir. İnsan gücüyle parçalar istenilen yere kolayca taşınmakta ve yerleştirilebilmektedir.





Şekil 7.1 Galvaniz Modüler Su Deposu (URL-5, 2022)

Yağmur suyu için depo öncesi ve sonrasında en uygun arıtma sistemi seçilmiştir. Depo girişlerinde vortex filtre, pompa girişlerinde ise herhangi yabancı madde kaçışına karşı pislik tutucu öngörülmüştür. **Yağmur suyunun içme suyu olarak kullanımı önerilmediğinden, kullanımı tuvalet rezervuarlarında sifon suyu, bahçe sulama ile bina içi temizlik ve araç yıkamayla sınırlı olduğundan sağlanması gereken herhangi bir kriter bulunmamaktadır. Ayrıca, yağmur suyunun özellikleri dikkate alındığında yukarıda bahsedilen kullanımlarda da sağlık açısından bir risk oluşturmayacaktır. Bu nedenle depo girişlerinde vorteks filtre; pompa girişlerinde ise herhangi bir yabancı madde kaçışına karşı pislik tutucu konulması öngörülmüştür. Vortex filtre, özellikle yağmurun yağmaya başladığı ilk dakikalarda yağmur ile gelen yüzücü partikülleri ve çatının tozlanmasından kaynaklı kirleticileri santrifüj etkisi ile sudan ayırıştırarak deponun en az seviyede kirlenmesini sağlamaktadır.**



Şekil 7.2 Örnek bir Vorteks Filtre (URL-6, 2022)

Çatıdan yağmur suyunun toplanarak depoya alınması sağlanmaktadır. Deponun yağışsız günlerde boş kalmasını önlemek için deponun ¼ lük kısmına seviye kontrollü şebeke hattı çekilmiştir. Yağmur suyunun en etkili olarak tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanıldığı düşünülerek, rezervuarlara yağmur suyu tesisatı çekilmiştir. Kullanılacak su miktarlarına göre boru çapları belirlenmiş, kullanım noktalarının konumları, boru uzunluk ve

çaplarına göre sürtünme kaybı hesapları yapılmıştır. Kritik hat sürtünme kaybı ve statik kot farkına göre pompanın toplam basma yüksekliği belirlenecek ve maksimum anlık kullanım miktarına göre pompa seçimi yapılmıştır. Sistemdeki tüketim anlık olarak gece saatlerinde sıfır ve gündüz saatlerinde maksimum olarak değiştiği için sistemin sürekli basınç altında kalması için pompa sonrası hidrofor tankı düşünülmüştür. Bu şekilde pompanın gereksiz yere düşük debilerde çalışması da önlenmiştir.

7.1.1 Fayda-Maliyet Analizi

Yağmur suyu hasadına yönelik yapılan fayda-maliyet analizleri sonuçları aşağıda özet olarak verilmiştir.

Ordu Ünye Kapalı Spor Salonu çatı alanı 4.800 m²'dir. Çatıdan toplanabilen yağmur suyu miktarı 4.038 m³/yıl'dır. Hasat edilen yağmur suyunun **tuvalet rezervuarında kullanılması halinde** ihtiyaç duyulan su miktarı 5.956 m³/yıl'dır. Bu doğrultuda ihtiyaç duyulan suyun %68'i hasat edilen yağmur suyu ile karşılanabilmektedir. Yapılan hesaplar sonucunda deponun kapasitesinin 50 m³ (1 adet) olması uygun bulunmuştur. Binada, yapılacak YSH sistemi için **ilk yatırım maliyeti** (deponun maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu ve mekanik teçhizat dâhil) **189.870 TL** bulunmuştur. Ordu Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'nün 2022 yılı Temmuz ayı su fiyatlarında resmi kurumlar için belirlenen suyun birim fiyatı (KDV hariç) **10,8 TL**'dir. Mevcut durumda şebeke suyu yerine **4.038 m³/yıl** hasat edilen yağmur suyunun kullanılmasıyla **1 yılda 43.615 TL tasarruf** sağlanmış olacaktır. Fayda maliyet analizleri sonucunda yatırımın geri ödeme süresinin **5 yıl** olacağı ve yatırımın rantabl olduğu belirlenmiştir.

Adana Otel'de çatı alanı 1.030 m²'dir. Çatıdan toplanabilen yağmur suyu miktarı 453,6 m³/yıl'dır. Hasat edilen yağmur suyunun **tuvalet rezervuarında kullanılması halinde** ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı 3.224 m³/yıl'dır. Bu doğrultuda ihtiyaç duyulan suyun %14'ü hasat edilen yağmur suyu ile karşılanabilmektedir. Yapılan hesaplar sonucunda deponun kapasitesinin 10 m³ (1 adet) olması uygun bulunmuştur. Binada, yapılacak YSH sistemi için **ilk yatırım maliyeti** (deponun maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu ve mekanik teçhizat dâhil) **169.688 TL** bulunmuştur. ASKİ Genel Müdürlüğü'nün 2022 Yılı Temmuz Ayı Tahakkukuna Uygulanan Su ve Kullanılmış Suların Uzaklaştırılması Bedeli Tarifesinde işyeri ve sanayi kuruluşları için belirlenen suyun birim fiyatı (KDV hariç) **19,8859 TL**'dir. Mevcut durumda şebeke suyu yerine 453,6 m³/yıl hasat edilen yağmur suyunun kullanılmasıyla **1 yılda 9.020 TL tasarruf** sağlanmış olacaktır. Fayda maliyet analizleri sonucunda yatırımın geri ödeme süresinin olmadığı ve yatırımın rantabl olmadığı belirlenmiştir.

İzmir Zeytinlik Mahallesi Toplu Konutları'nda çatı alanı 1.830 m²'dir. Çatıdan toplanabilen yağmur suyu miktarı 719 m³/yıl'dır. Hasat edilen yağmur suyunun **tuvalet rezervuarında kullanılması halinde** ihtiyaç duyulan su miktarı 1.588 m³/yıl'dır. Bu doğrultuda ihtiyaç duyulan suyun %45'i hasat edilen yağmur suyu ile karşılanabilmektedir. Yapılan hesaplar sonucunda deponun kapasitesinin 15 m³ (1 adet) olması uygun bulunmuştur. Binada, yapılacak



YSH sistemi için **ilk yatırım maliyeti** (deponun maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu ve mekanik teçhizat dâhil) **128.585 TL** bulunmuştur. İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'nün 2022 Yılı Temmuz Ayı Su ve Atıksu Tarifesinde konut abone tipi için (KDV hariç) **15,33 TL**'dir. Mevcut durumda şebeke suyu yerine **719 m³/yıl** hasat edilen yağmur suyunun kullanılmasıyla **1 yılda 11.025 TL tasarruf** sağlanmış olacaktır. Fayda maliyet analizleri sonucunda yatırımın geri ödeme süresinin **20 yıl** olacağı ve yatırımın **rantabl** olduğu belirlenmiştir.

Ankara MTA Genel Müdürlüğü Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi çatı alanı 3.470 m²'dir. Çatıdan toplanabilen yağmur suyu miktarı 1.055 m³/yıl'dır. Hasat edilen yağmur suyunun **tuvalet rezervuarında kullanılması halinde** ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı 3.370 m³/yıl'dır. Bu doğrultuda ihtiyaç duyulan suyun %31'i hasat edilen yağmur suyu ile karşılanabilmektedir. Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliği'ne uygun olarak deponun kapasitesi 37,5 m³ (1 adet) olarak seçildiğinde, yapılacak YSH sistemi için **ilk yatırım maliyeti** (deponun maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu ve mekanik teçhizat dâhil) **206.883 TL** bulunmuştur. Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından belirlenen 2022 Yılı Temmuz Ayı su ve atıksu birim fiyatı resmi kurum ve kuruluşlar için **18,71 TL**'dir. Mevcut durumda şebeke suyu yerine **1.055 m³/yıl** hasat edilen yağmur suyunun kullanılmasıyla **1 yılda 19.729 TL tasarruf** sağlanmış olacaktır. Fayda maliyet analizleri sonucunda yatırımın geri ödeme süresinin **13 yıl** olacağı ve yatırımın rantabl olduğu belirlenmiştir. Depo kapasitesi, gelebilecek en fazla günlük yağış miktarının en az 3 gün depolanabilmesi esas alınarak hesaplandığında 15 m³ depo hacmi uygun bulunmaktadır. Depo hacmi 15 m³ seçilerek uygulanacak olan YSH sistemi için ise **ilk yatırım maliyeti** (deponun maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu ve mekanik teçhizat dâhil) **190.970 TL** bulunmuştur. Fayda maliyet analizleri sonucunda 15 m³ depo kapasitesine sahip yatırımın geri ödeme süresinin **12 yıl** olacağı ve yatırımın rantabl olduğu belirlenmiştir.

Adana Sarıçam Çarkıpare Parkı 40.000 m² alan kaplamaktadır. Parkta yağışlı günlerde yüzey akışa geçebilecek olan yağmur suyunun yağmur hendekleri ile toprağa sızdırılması amaçlanmıştır. Parkta bulunan otopark, yürüyüş yolları, oyun ve spor alanları gibi geçirimsiz yüzeyler 13.880 m² ve yeşil alanların yayıldığı geçirimli yüzeylerin toplam alanı 26.120 m² olarak ölçülmüştür. Yağmur hendekleri için yüzey akış suyu miktarının hesaplanmasında geçirimli ve geçirimsiz alanların geçirimsizlik kapasitesine göre verilen eğri numaraları (CN) sırasıyla 72 ve 98 olarak alınmıştır. Yapılan hesaplamalara göre, Adana İli Sarıçam İlçesinde bulunan Spor - Macera ve Dinlenme Parkında en yüksek yüzey akış potansiyeli yağış miktarının fazla olduğu aralık ayında yaşanmaktadır. Aralık ayında park alanından yüzey akışa geçebilecek toplam su miktarı 384,5 m³ olarak hesaplanmıştır. Parkın genel yapısına uygun olarak tasarlanan toplamda 160 m yağmur hendekleri ile akışa geçen suyun tutulması sağlanabilmektedir. Rekreasyon alanında yapılacak yatırımın maliyeti (kazı işlemi bedeli) 12.723 TL olmaktadır. Park içinde tutulan sular sayesinde arıtma tesisi giriş debisinin düşmesi ve arıtma maliyetinin azalması sonucu olarak yıllık 7.849 TL ekonomik tasarruf sağlanmış olacaktır. Ekonomik faydanın hesaplanması için arıtılan birim atıksu başına atıksu arıtma



tesisinde gerçekleşen işletme ve bakım gideri 2 TL/m³ alınmıştır. Tasarlanan yağış suyu yönetim sistemlerinin geri ödeme süresinin yaklaşık 3 yıla karşılık geldiği ve rantabl olduğu görülmektedir.

7.1.2 Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Yapılarda yapılacak gri su sisteminin sürdürülebilirliğin sağlanması için kullanıcıların bu konuya ilgili ve istekli olması önemli bir husustur.

Mevcut yapılarda yağmur suyu kullanımı istendiğinde, yapıda ıslak hacimlerin kırılması gerekmektedir. tadilatın yapının kullanımının yoğun olmadığı dönemlerde, kısım kısım yapılması önerilmektedir. Hatta tadilat işinin, otele yapılması muhtemel başka bir tadilat ile birleştirilerek programlama yapılması faydalı olacaktır.

Yağmur suyu deposu bodrum kata yerleştirilmiştir. Proje kapsamında seçilen depolar galvaniz modüler tiptedir. Bu tip depolar paslanmaz hijyenik özelliklere sahip olup, paslanmaz malzemenin kendi yapısından kaynaklanan mikrop barındırmama özelliği bulunmaktadır. Montajı kolay ve sızdırmazlık elemanlarına sahiptir. İnsan gücüyle parçalar istenilen yere kolayca taşınmakta ve yerleştirilebilmektedir. Yapılarda depoyu periyodik olarak kontrol eden ve arıza olması durumunda tedarikçiye haber veren birinin görevlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu konuda görevlendirilen kişiye ne yapacağı ile ilgili bilgiler de önceden verilmelidir. Bununla birlikte sistemde arıza olması durumunda arızanın kısa sürede giderilebilmesi için konuyla ilgili bir bütçenin ayrılması gerekmektedir.

Yağmur suyu nispeten az kirli çatılardaki suyu aldığı için buradan gelebilecek yabancı maddeler sınırlıdır. Kullanılan vorteks filtre mekanik olarak yaprak ve çamurun depoya girmesini önlemektedir. Filtreler mekanik ve kendini temizleyen sistemler olduğu için sık sık bakım gerektirmemektedir. Ancak, suda askıda madde olarak az miktarda çamur (silt) depoya girebilmektedir. Bu nedenle yılda bir kere temizliğinin yapılması gerekmektedir. Benzer sorunlar veya daha fazlası, su kesintisinden sonra gelen ilk suyun çamurlu olarak kullanım suyu deposuna çamur dolmasından fazla değildir. Ayrıca deponun yağışsız günlerde boş kalmasını önlemek için deponun ¼'lük kısmına seviye kontrollü şebeke hattı çekilmesi uygun görülmektedir.

Yağmur bahçesi ve hendeklerinin sürdürülebilirliğin sağlanması için bakım aşamasında su akışı kontrolü, malç ve toprak kontrolü ve bitki kontrolü yapılması gerekmektedir (ÇŞİDB, 2018). Yağışlı günlerde yüzey akışa geçen su ile beraber gelen yabancı maddeler yağmur bahçesinden ve giriş borularından temizlenmelidir. Yağışlar başlamadan önce, erozyonu önlemek için, yağmur bahçesinin korunmasız alanları kontrol edilmelidir. Erozyona meyilli alanlar varsa zemine dekoratif taş parkelerle set yapılabilir ve akışları yaymak için bölgeye kayalar yerleştirilebilir. Özellikle kuru yaz ve yağışlı kış ayları için faydalı olan malç tabakası her sene kontrol edilerek derinliği korunmalıdır. Sulama yapılırken toprağın üst yüzeyinin kuruluğu ve



bitkilerin suya ihtiyaç duyup duymadığı kontrol edilmelidir. Buharlaşmayı önlemek için sabah erkenden veya akşam saatlerinde sulama yapılmalıdır.

7.1.3 İşletme ve Bakım

Proje kapsamında seçilen depolar galvaniz modüler tiptedir. Bu tip depolar paslanmaz hijyenik özelliklere sahip olup, paslanmaz malzemenin kendi yapısından kaynaklanan mikrop barındırmama özelliği bulunmaktadır. Montajı kolay ve sızdırmazlık elemanlarına sahiptir. İnsan gücüyle parçalar istenilen yere kolayca taşınmakta ve yerleştirilebilmektedir. İşletilmesi sırasında da binada depoyu periyodik olarak kontrol eden ve arıza olması durumunda tedarikçiye haber veren birinin görevlendirilmesi ve görevlendirilen kişiye de bu konuda detaylı bilginin verilmesi gerekmektedir.

Depo kapasiteleri genel olarak en az üç günlük kullanımı sağlayacak şekilde seçilmiştir. Beş, altı günlük anlık yoğun yağışlar, depo dolduktan sonra yağmursuyu hattı, dere, mazgal, yol vb. deşarj edilmelidir.

Proje kapsamında kullanılması tavsiye edilen vortex filtre, özellikle yağmurun yağmaya başladığı ilk dakikalarda yağmur ile gelen yüzücü partikülleri ve çatının tozlanmasından kaynaklı kirleticileri santrifüj etkisi ile sudan ayırarak deponun kirlenmemesini sağlamaktadır. Yağıştan kısa bir süre sonra hasat edilen yağmur suyunun mikrobiyal kirlenmesi, E.koli konsantrasyonuna bakılarak belirlenir. Yağmur suyunda Cryptosporidium, Giardia, Campylobacter, Vibrio, Salmonella, Shigella ve Pseudomonas gibi patojenler de bulunabilmektedir (Anonim, 2008). Kullanım amacına göre gerektiğinde, klorlama gibi dezenfeksiyon işlemleri uygulanmalıdır.

Yağışlı mevsimlerde yoğun yağışlardan sonra filtreye yaprak vb gibi maddelerin girip girmediği ve düzgün çalıştığı kontrol edilmelidir. Çatı alanı 3000 m² den büyük işletmeler için periyodik bakım sözleşmesi yapılarak tedarikçi firmalardan profesyonel destek alınması önerilmektedir.

Yağmur suyu nispeten az kirli çatılardaki suyu aldığı için buradan gelebilecek yabancı maddeler sınırlı olmaktadır. Kullanılan vorteks filtre mekanik olarak yaprak ve çamuru depoya girmeden ayırmaktadır. Filtreler mekanik ve kendini temizleyen sistemler olduğu için sık sık bakım gerektirmemektedir. Yine de suda askıda madde olarak az miktarda çamur (silt) depoya girebilir. Bu da depoda zamanla dibe çökecektir. Tüm binaların su depolarında olduğu gibi yılda bir kere yıkanarak temizlenmesi gerekmektedir. Benzer sorunlar veya daha fazlası, su kesintisinden sonra gelen ilk suyun çamurlu olarak kullanım suyu deposuna çamur dolmasından fazla olmamaktadır. Tüm sistemler de olduğu gibi pompa öncesi pislik tutucu konularak pompa ve tesisat korunmuş olacaktır.

Yağmur suyunun ihtiyaçtan az olduğu zamanlarda (yağışın az olduğu dönemlerde), ihtiyaç duyulan miktar şebeke suyuyla karşılanmalıdır. Sistemde su olmadığı dönemlerde binada



mevcut kullanım suyu deposu var ise bu depodan besleme yapılmalıdır. Binada mevcut durumda su deposu yok ise ihtiyaç duyulan miktar şebeke suyuyla karşılanmalıdır. Yağmur suyu deposundaki suyun kritik seviye altına (%15-%20) düşmemesi için şamandıra konularak seviyenin kontrol edilmesi önerilmektedir.

İlaveten okullarda yağmur suyu hasadı yapılmak istendiği takdirde tatil dönemlerinde deponun temizlenerek kapatılması tavsiye edilmektedir.

7.2 Gri Suyun Kullanımı

Gri suyun kullanımına yönelik İstanbul'da Kayabaşı'nda yer alan toplu konut alanı, Ankara'da MTA Genel Müdürlüğü Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi ile Gölbaşı'nda müstakil bir ev, Adana'da Adana Otel ve Manisa'da Sanayi Tesisi için beş adet uygulama projesi hazırlanmıştır (Tablo 7.2).

Tablo 7.2 GS'da Pilot Proje Hazırlanması için Seçilen Mikro Alanlar

Mikro Alan Tipi	Mikro Alan Adı/Adresi
Müstakil ev	Müstakil Ev Gölbaşı/Ankara
Otel	Veri gizliliği kapsamında bu bilgi İdarede saklıdır. Adana
Toplu konut alanı	Kayabaşı Mahallesi 22. Bölge Toplu Konutları Başakşehir/İstanbul
Kamu binası	MTA Genel Müdürlüğü Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi Çukurambar Mahallesi Dumlupınar Bulvarı No:11 Çankaya/Ankara
Sanayi alanı	Veri gizliliği kapsamında bu bilgi İdarede saklıdır. Manisa

Uygulama projelerinde gri su hatlarının ne şekilde toplanarak ham su elde edileceği ve hangi arıtma sistemlerinden geçirilerek tekrar depolanıp üretilen ürün suyunun ne şekilde dağıtılacağı, depolama ve basınçlandırma işlemlerinin uygulama şekilleri konusunda görsel örneklemeler yapılmıştır. Lavabo, duş ya da küvetlerden gelen suların toplanması, otomatik klor dozaj ünitesinden klorlama yapılarak geçirilmesi ve gri su toplama deposunda toplandıktan sonra sistem besleme hidroforu aracılığı ile kum tutucu filtrelerle in filtreleme yapılmış, aktif karbon1 ve aktif karbon-2 filtrelerinden geçirilerek daha ileri filtrelemeden geçirilmiş ve filtrelenmiş su depolanmıştır. Depolanan su ultrafiltrasyon sistemi pompaları



aracılığıyla MBR tipindeki arıtmadan geçirilecek ve tekrar otomatik dozlama ünitesi aracılığı ile klorlanarak ürün suyu deposunda toplanmış ve besleme hidroforu aracılığı ile gri su kullanma noktalarına besleme yapılmıştır. Tekil evde ise kum filtresi, aktif karbon ve ultrafiltrasyon sistemi kullanılmamıştır. Mevcut yapılarda ise hatların geçiş güzergahına bağlı olarak kırımaların nerelerde yapılacağı görülmektedir. Genel olarak yeni çekilecek hatlar müdahale kolaylığı açısından mevcut hatların yanından geçirilmiş ve kırım alanlarının azaltılması için yapıdaki mevcut şaftlar kullanılmıştır.

Gri suyun yeniden kullanımına yönelik pilot projelerde (tip proje) ön hesaplamaları önceden yapılmış mikro alanlarda lavabolardan ve duşlardan toplanacak gri su miktarına bağlı olarak arıtma sisteminin kapasite seçimi yapılmaktadır. Membran kapasiteleri standart kapasiteler olduğu için buna bağlı olan ham su deposu, ürün deposu ve bağlantı pompaları ve filtre gruplarının kapasiteleri standart olacaktır. Farklı kapasitelerde çalışmak da mümkündür, ancak ara kapasitelerde özel üretim söz konusu olmakta bu da maliyeti artırmaktadır.

Sistem seçiminde ihtiyaç duyulan ürün suyu miktarı hesaplanmaktadır. Toplanabilecek su miktarı ve ihtiyaç duyulan su miktarı birbirine yakın ya da eşitse kapasitelerine uygun olarak veya bu kapasitelerin kombinasyonundan oluşturulacak olan kapasite tayini yapılmıştır.

Sistemdeki, ham su deposu, filtrelenmiş su deposu, ürün suyu deposu sistemin kurgulanacağı yerin uygunluk durumuna göre toplam kapasitesi sistem kapasitesine eşit olmak kaydıyla özel olarak dizayn edilmiştir. İlk yatırım maliyetlerinin düşük olması açısından PE depoları tercih edilmiştir. Toplanacak su miktarı ihtiyaç duyulan sudan fazla ise suyun belli bir bölümünün toplanmasından vazgeçilerek ihtiyaç kadarı toplanmıştır. Toplanan su miktarının fazla olduğu durumda kapasite, ihtiyaç olan su kapasitesine uygun olarak belirlenmiştir. Toplanan su miktarı ihtiyacımızdan az ise bu durumda, yağmur suyu debisi de devreye alınmıştır. Daha çok kamu yapılarında ve işyerlerinde karşımıza çıkabilen bir durumdur. Bu durumda da kapasite topladığımız su kapasitesine uygun olarak belirlenmiştir.

Prototip projelerde genel olarak sistem dizaynında önemli parametrelere göre kapasite tayini yapılacak ve gerekli sistem şemaları çizilecektir. Kritik hat sürtünme kaybı ve statik kot farkına göre pompanın toplam basma yüksekliği belirlenecek ve maksimum anlık kullanım miktarına göre ürün suyu hidroforu seçimi yapılacaktır.

7.2.1 Fayda-Maliyet Analizi

Gri suyun yeniden kullanımına yönelik yapılan fayda-maliyet analizleri sonuçları aşağıda özet olarak verilmiştir.

Ankara Gölbaşı Tekil Ev 2 katlı olan müstakil bir evdir. Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'nün 2022 yılı Temmuz ayı su ve atıksu bedelinin genel toplamı mesken tipi aboneler için (KDV hariç) **12,47 TL**'dir.



- **Tekil evde** duş ve lavabolardan toplanan gri suyun arıtıldıktan sonra **tuvalet rezervuarlarında ve bahçe sulamada kullanılması halinde** ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı 0,37 m³/gün, bahçe sulama suyu miktarı ise 1,35 m³/gün'dür. Tekil evde toplanabilen gri su miktarı 0,5 m³/gün'dür. Bu doğrultuda ihtiyaç duyulan sifon suyunun tamamı arıtılan gri su ile karşılanabilmekte, sifon suyu ihtiyacından arta kalan gri su bahçe sulamada kullanılabilir. Yapılan hesaplar sonucunda gri su arıtma sisteminin 3 m³ kapasiteli ve membran tipinde olması belirlenmiştir. Binada, yapılacak GS sistemi için **ilk yatırım maliyeti** (gri su arıtma maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu ve mekanik teçhizat dâhil) **204.436 TL** bulunmuştur. Gri su arıtma sisteminin kapasitesine göre (enerji sarfiyatı, bakım-onarım dâhil) işletme maliyeti **yıllık 6.961 TL** öngörülmüştür. Mevcut durumda şebeke suyu yerine 626,4 m³/yıl gri suyun arıtılıp tekrar kullanılmasıyla **1 yılda 13.655 TL tasarruf** sağlanmış olacaktır. Fayda maliyet analizleri sonucunda yatırımın geri ödemediği ve rantabl olmadığı belirlenmiştir.

Adana Otel 130 yatak kapasiteli 5 katlı bir oteldir. Adana Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'nün 2022 yılı Temmuz ayı su ve atıksu bedelinin genel toplamı işyeri ve sanayi kuruluşları için (KDV hariç) **12,47 TL**'dir.

- Otelin duş, küvet, spa, hamam ve lavabolarından (toplantı salonları dâhil) toplanan gri suyun arıtıldıktan sonra **tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması halinde** ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı 8,83 m³/gün'dür. Otelde toplanabilen gri su miktarı 17,5 m³/gün'dür. Yapılan hesaplar sonucunda gri su arıtma sisteminin 10 m³ kapasiteli ve membran tipinde olması belirlenmiştir. Bu doğrultuda ihtiyaç duyulan sifon suyunun tamamı arıtılan gri su ile karşılanabilmekte ve sifon suyu ihtiyacından arta kalan günlük 1,17 m³ gri su, araç yıkama ve zemin temizleme gibi amaçlar için kullanılabilir. Binada, yapılacak GS sistemi için ilk yatırım maliyeti (gri su arıtma maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu ve mekanik teçhizat dâhil) 534.800 TL bulunmuştur. Gri su arıtma sisteminin kapasitesine göre (enerji sarfiyatı, bakım-onarım dâhil) işletme maliyeti toplamı yıllık 33.084 TL öngörülmüştür. Mevcut durumda şebeke suyu yerine 3.650 m³/yıl gri suyun arıtılıp tekrar kullanılmasıyla **1 yılda 72.584 TL tasarruf** sağlanmış olacaktır. Fayda maliyet analizleri sonucunda yatırımın geri ödeme süresinin **24 yıl** olacağı ve yatırımın rantabl olmadığı belirlenmiştir.
- Binada **yağmur suyu hasadı ve gri suyun yeniden kullanımı sistemlerinin birlikte uygulanmasıyla** toplanan suyun **tuvalet rezervuarlarında sifon suyu, araç yıkama, zemin temizleme ve bahçe sulama suyu** olarak kullanılması değerlendirilmiştir. 10 m³ kapasiteli, membran tipi gri su arıtma sistemi ile 3.650 m³/yıl gri su geri kazanılabilmektedir. 1030 m² çatı alanına sahip olan otelde 10 m³ depo hacmi seçilerek yağmur suyu hasadı sisteminin kurulmasıyla 454 m³/yıl yağmur suyu toplanabileceği hesaplanmıştır. Toplamda 4.104 m³/yıl su tasarrufu sağlanması ile tuvalet



rezervuarlarında sifon suyu ihtiyacının (3.224 m³/yıl) tamamının karşılanabileceği ve arta kalan 880 m³/yıl suyun zemin temizleme, araç yıkama ve bahçe sulama amaçlı kullanılabilmesi görülmüştür. Binada yapılacak 10 m³ gri su sistemine ve 10 m³ yağmur suyu deposuna sahip YSH&GS birleşik sisteminin **ilk yatırım maliyeti** (gri su arıtma maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu, gri su ve yağmur suyu mekanik teçhizatı, yağmur suyu deposu dâhil) **557.138 TL** bulunmuştur. Sistemin **işletme maliyeti** (enerji sarfiyatı, bakım-onarım dâhil) **yıllık 33.084 TL** öngörülmüştür. Mevcut durumda şebeke suyu yerine 4.103,6 m³/yıl gri su ve yağmur suyu kullanılmasıyla **1 yılda 81.603 TL tasarruf** sağlanmış olacaktır. Fayda maliyet analizleri sonucunda yatırımın geri ödeme süresinin **18 yıl** olacağı ve yatırımın rantabl olduğu belirlenmiştir.

İstanbul Kayabaşı Mahallesi 22. Bölge Toplu Konutları A Blokta 58 daire bulunmakta olup yaşayan kişi sayısı 256 olarak alınmıştır. Binanın **duş ve lavabolardan toplanabilen gri su miktarı 18,6 m³/gün'dür**. İSKİ Genel Müdürlüğü'nün 09.04.2022 Tarihli Su ve Kullanılmış Suların Uzaklaştırılması Bedeli Tarifesinde meskenler için belirlenen suyun birim fiyatı (KDV hariç) **8,33 TL**'dir.

- Binada lavabolardan toplanan gri suyun **tuvalet rezervuarlarında kullanılması halinde** ihtiyaç duyulan su miktarı 14 m³/gün'dür. Yapılan hesaplar sonucunda gri su arıtma sisteminin 10 m³ kapasiteli, membran tipinde olması uygun bulunmuştur. Binada, yapılacak GS sistemi için **ilk yatırım maliyeti** (gri su arıtma maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu ve mekanik teçhizat dâhil) **570.214 TL** bulunmuştur. Gri su arıtma sisteminin kapasitesine göre **işletme maliyeti** (enerji sarfiyatı, bakım-onarım dâhil) **yıllık 24.541 TL** öngörülmüştür. Mevcut durumda şebeke suyu yerine 3.650 m³/yıl gri suyun arıtılıp tekrar kullanılmasıyla **1 yılda 30.405 TL tasarruf** sağlanmış olacaktır. Fayda maliyet analizleri sonucunda yatırımın geri ödemediği ve rantabl olmadığı belirlenmiştir.

Ankara MTA Genel Müdürlüğü Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi'nde lavabolardan toplanabilen gri su miktarı 19 m³/gün'dür. Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi tarafından belirlenen 2022 Yılı Temmuz Ayı su ve atıksu birim fiyatı resmi kurum ve kuruluşlar için (KDV hariç) **18,71 TL**'dir.

- Binada lavabolardan toplanan gri suyun **tuvalet rezervuarlarında kullanılması halinde** ihtiyaç duyulan sifon suyu miktarı 10,8 m³/gün'dür. Bu doğrultuda ihtiyaç duyulan sifon suyunun tamamı toplanan gri su ile karşılanabilmektedir. Yapılan hesaplar sonucunda gri su arıtma sisteminin 10 m³ kapasiteli, membran tipinde olması uygun bulunmuştur. Binada, yapılacak GS sistemi için **ilk yatırım maliyeti** (gri su arıtma maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu ve mekanik teçhizat dâhil) **476.021 TL** bulunmuştur. Gri su arıtma sisteminin kapasitesine göre **işletme maliyeti** (enerji sarfiyatı, bakım-onarım dâhil) **yıllık 24.591 TL** öngörülmüştür. Mevcut durumda şebeke suyu yerine 3.120 m³/yıl gri suyun arıtılıp



tekrar kullanılmasıyla **1 yılda 58.375 TL tasarruf** sağlanmış olacaktır. Fayda maliyet analizleri sonucunda yatırımın geri ödeme süresinin **18 yıl** olacağı ve yatırımın rantabl olduğu belirlenmiştir.

- Binada **yağmur suyu hasadı ve gri suyun yeniden kullanımı sistemlerinin birlikte uygulanmasıyla** toplanan suyun **tuvalet rezervuarlarında sifon suyu ve bahçe sulama suyu** olarak kullanılması değerlendirilmiştir. Yılda 312 gün açık olan müzede; 10 m³ kapasiteli, membran tipi gri su arıtma sistemi ile 3.120 m³/yıl gri su geri kazanılabilmektedir. Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar Yönetmeliğine uygun olacak şekilde 3470 m² çatı alanına sahip olan müzede 37,5 m³ depo hacmi seçilerek yağmur suyu hasadı sisteminin kurulmasıyla 1.055 m³/yıl yağmur suyu toplanabileceği hesaplanmıştır. Toplamda 4.174 m³/yıl su tasarrufu sağlanması ile tuvalet rezervuarlarında sifon suyu ihtiyacının (3.370 m³/yıl) ve yaklaşık 300 m² büyüklüğünde yeşil alanın sulama suyu ihtiyacının (805 m³/yıl) tamamının karşılanabileceği görülmüştür. Binada yapılacak 10 m³ gri su sistemine ve 37,5 m³ yağmur suyu deposuna sahip YSH&GS birleşik sisteminin **ilk yatırım maliyeti** (gri su arıtma maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu, gri su ve yağmur suyu mekanik teçhizatı, yağmur suyu deposu dâhil) **659.634 TL** bulunmuştur. Sistemin **işletme maliyeti** (enerji sarfiyatı, bakım-onarım dâhil) **yıllık 24.591 TL** öngörülmüştür. Mevcut durumda şebeke suyu yerine 4.174,5 m³/yıl gri su ve yağmur suyu kullanılmasıyla **1 yılda 78.104 TL tasarruf** sağlanmış olacaktır. Fayda maliyet analizleri sonucunda yatırımın geri ödeme süresinin **16 yıl** olacağı ve yatırımın rantabl olduğu belirlenmiştir. Yağmur suyu depo kapasitesi, gelebilecek en fazla günlük yağış miktarının en az 3 gün depolanabilmesi esas alınarak hesaplandığında 15 m³ depo hacmi uygun bulunmaktadır. Depo hacmi 15 m³ seçilerek uygulanacak olan YSH&GS birleşik sistemi için ise **ilk yatırım maliyeti** (deponun maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu, gri su ve yağmur suyu mekanik teçhizatı, yağmur suyu deposu dâhil) **643.721 TL** bulunmuştur. Fayda maliyet analizleri sonucunda 15 m³ yağmur suyu depo kapasitesine sahip yatırımın geri ödeme süresinin **15 yıl** olacağı ve yatırımın rantabl olduğu belirlenmiştir.

Manisa Sanayi Tesisi'nde duş ve lavabolardan kaynaklanan gri su miktarı **30,7 m³/gün** olarak hesaplanmıştır. Mardin Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'nün 2022 Yılı Temmuz Ayı Su ve Atıksu Ücreti Tarifesinde ticarethane ve sanayi abone tipi için su birim fiyatı **10,8 TL**'dir.

- Tesiste duş ve lavabolarından toplanan gri suyun arıtıldıktan sonra **tuvalet rezervuarlarında kullanılması halinde sifon suyu ihtiyacı 25,6 m³/gün**'dür. Bu doğrultuda ihtiyaç duyulan sifon suyunun tamamı arıtılan gri su ile karşılanabilmekte ve sifon suyu ihtiyacından artı kalan gri su (5,1 m³/gün) bahçe sulama suyu olarak kullanılabilmektedir. Yapılan hesaplar sonucunda gri su arıtma sisteminin 40 m³ kapasiteli ve membran tipinde olması belirlenmiştir. Binada, yapılacak GS sistemi için



ilk yatırım maliyeti (gri su arıtma maliyeti, kırım, yapım, boru ve boru montaj bedellerinin pompa istasyonu ve mekanik teçhizat dâhil) **800.048 TL** bulunmuştur. Gri su arıtma sisteminin kapasitesine göre (enerji sarfiyatı, bakım-onarım dâhil) işletme maliyeti toplamı yıllık **47.759 TL** öngörülmüştür. Mevcut durumda şebeke suyu yerine 11.187,3 m³/yıl gri suyun arıtılıp tekrar kullanılmasıyla **1 yılda 300.825 TL tasarruf** sağlanmış olacaktır. Fayda maliyet analizleri sonucunda yatırımın geri ödeme süresinin **4 yıl** olacağı ve yatırımın rantabl olduğu belirlenmiştir.

7.2.2 Teknik Yapılabilirlik ve Sürdürülebilirlik Analizi

Fayda maliyet analizi yapılan mikro alanlarda GS sistemlerinin kurulumuna, işletme ve bakımına bağlı problemler, uygulama zorlukları, avantaj ve dezavantajları, oluşabilecek sorunlar ve sorunlara çözüm önerileri sunulmuştur.

Mevcut yapılarda tesisatın GS sistemine uygun olarak yeniden tasarlanması (projelendirilmesi) ve sisteme yapılan şebeke suyu besleme hattı DIN EN 1717 standardına uygun olacak şekilde belirli bir uzaklıktan serbest akış olarak yapılması sağlanmalı ve geri akışa olasılık vermeyecek şekilde olması gerekmektedir. Sistemde kullanılan depolarda oluşabilecek kokuları önlemek için havalandırma hattı yapılmalıdır.

Yapılan projenin uygulanması halinde yeni bir hat için binada tadilat yapılması gerekmektedir. Yapılan hattın şebeke ve kullanım suyu hatlarının birbiriyle bağlantısının olmaması ve bu hatların ayrımının yapılabilmesi için farklı renkte olması sağlanmalıdır. Saç gibi gri su içerisindeki bazı maddeler uygulama problemlerine sebep olabilmektedir. Arıtılmamış gri su ile temas eden borular, saçların tutunabileceği keskin köşe yerine saçların çökmesini sağlayacak şekilde dizayn edilmesi sağlanmalıdır. Tadilat işi kapsamında kırım işlemi yapılacaktır. Tadilat işinin, otelin yoğun olmadığı dönemlerde kısım kısım yapılması ile konukların rahatsız olmaması sağlanabilecektir. Hatta tadilat işinin, otelde yapılması muhtemel başka bir tadilat ile birleştirilmesi de söz konusu olabilecektir.

Gri su arıtma sistemi için uygun bir yer bulunması gerekmektedir. Genellikle binaların bodrum katına yerleştirilmektedir. Bu sistemler her yıl bakıma ihtiyacı olan tesislerdir. Bu nedenle her yıl bakım yapılması gerekmekte ve buna bağlı olarak da servis bedeli ortaya çıkmaktadır. Bu sistemlerde oluşabilecek kokuları önlemek için havalandırma hattının kullanılması önerilmektedir. Seçilen sistemde filtrelerin temizlenmesi ters yıkama hattı ile sağlanmaktadır. Sistemde taşmalara karşı önlem alınmıştır. Ayrıca arıtılan suyun gün içerisinde tüketilemediği durumda en az 3 gün sonra suyun kanalizasyona deşarj edilmesi sağlanmalıdır.

Yapıda gri su arıtma sisteminin düzenli olarak kontrolünü sağlayan, arıza olması durumunda tedarikçiye haber veren birinin görevlendirilmesi gerekmektedir. Sorumlu kişiye tedarikçi ile ilgili bilgiler önceden verilmelidir.



7.2.3 İşletme ve Bakım

Gri suda kullanılan tesisat boruları açık mor (RAL 4005) renkte, geri kazanım sularına ait tesisat boruları ise koyu mor (RAL 4006) renkte olmalı, gri su veya geri kazanım suyu tesisatı olduğu yazı ve işaret ile borular üzerine etiketlenmeli ve tesisat arızası durumunda karışıklık olması önlenmelidir.

Toplanan gri suyun bahçe sulamada sulama suyu olarak kullanılması halinde 20.03.2010 tarih ve 27257 sayılı Remi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği’nde Ek 7’de yer alan ‘Arıtılmış Atıksuların Sulama Suyu Olarak Geri Kullanım Kriterleri’nde Tablo E7.1’de bulunan ‘Sulamada Geri Kullanılacak Arıtılmış Atıksuların Sınıflandırılmasında Belirtilen Kriterleri’ sağlaması gerekmektedir.

Gri su arıtma sistemine her yıl yetkili firma tarafından bakım yapılmalıdır. Bu sistemlerde oluşabilecek kokuları önlemek için havalandırma hattının kullanılması önerilmektedir. Gri su arıtma sisteminde filtrelerin temizlenmesi ters yıkama hattı ile sağlanmaktadır. Sistemde taşmalara karşı önlem alınmıştır. Ayrıca arıtılan suyun gün içerisinde tüketilemediği durumda en az 3 gün sonra bekletilmeden, kanalizasyona deşarj edilmesi sağlanmalıdır.

Arıtılmış su deposunda suyun tükenmesi ya da yetersiz kalması durumunda, şehir şebeke hattından tek yönlü olarak depoya besleme yapılması önerilmektedir.

Depo tasarımında kullanılan malzeme kötü kokuya sebebiyet vermemeli, tüm sızdırmazlık önlemleri alınmalıdır.

Geri kazanım suyu deposu ile yağmursuyu hasadı deposu tek haznede yapılamayacağı gibi yağmursuyu hasadı deposuna geri kazanım suyundan besleme yapılması istenmemektedir. Ancak, yağmursuyu hasadı deposundan geri kazanım suyu deposuna besleme yapılabilmektedir.

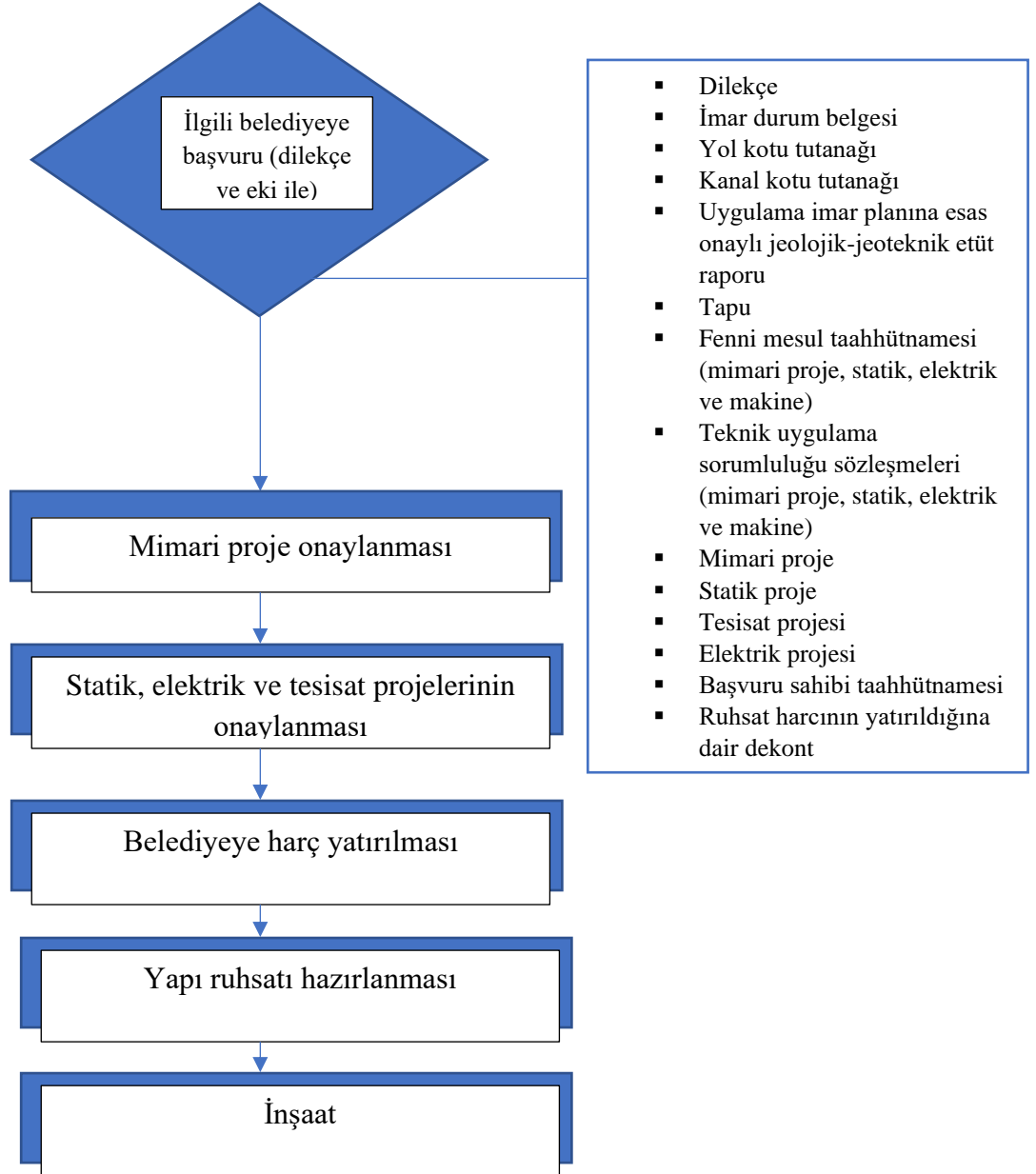
İlaveten okullarda gri su kullanımına yönelik proje uygulanmak istendiği takdirde tatil dönemlerinde deponun temizlenerek kapatılması tavsiye edilmektedir.

7.3 İzin Prosedürü

Mevcut binalarda yağmur suyu hasadına yönelik proje uygulanması halinde bu iş esaslı tadilat olarak tanımlanmadığından yapı ruhsatı alınması ve projenin onaylatılması zorunlu olmamaktadır. Yeni yapılacak binalarda ise yağmur suyu hasadı projeleri (depo ve sıhhi tesisat), yapı projeleri ile birlikte yapı ruhsatı başvurusunda bulunulan kuruma (ilgili belediye, OSB’de ise OSB) onaya sunulacaktır. Yeni yapılacak binalarda yapı projeleri, ‘Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği’nin 57. maddesinde belirtilmiştir (PAİY, 2021). 2.000 m²’den büyük parsellerde yapılacak yapıların yapı ruhsatı işlemleri için düzenlenen iş akım şeması Şekil 7.3’de verilmiştir.



Ülkemizde gri su kullanımı ile ilgili bir mevzuat bulunmamaktadır. Ancak İstanbul'da 30.000 m², Kadıköy'de 2.000 m², Bursa 2.000 m² ve üzeri kamu yapılarında gri su tesisatının yapılması zorunludur. bu büyüklükteki yeni binalarda **gri su projeleri** (depo ve sıhhi tesisat), **yapı projeleri ile birlikte yapı ruhsatı başvurusunda bulunulan kuruma (ilgili belediyeye) onaya sunulması gerekmektedir.** Bahsi geçen şehirlerdeki yapılacak yapıların yapı ruhsatı işlemleri için düzenlenen iş akım şeması Şekil 7.3'de verilmiştir.



Şekil 7.3 YSH ve GS Sistemi Yapı Ruhsatı İş Akım Şeması



7.4 Pilot Projelendirme Çalışmaları Değerlendirme ve Sonuç

Yukarıda projelendirme ve işletme hususlarına dair ayrıntıları verildiği üzere; proje kapsamında, uygulamayı talep eden kişi ve kurumlara rehber olması amacıyla 10 alanda yağmur suyu hasadı ve gri su kullanımı sistemleri için projelendirme çalışmaları yapılmıştır. Yapılan projelendirme çalışmalarının sağlayacağı su ve ekonomik tasarrufların yanı sıra sistemlerin uygulanması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için gerekli mali kalemler ve işletilmesine dair teknik hususlar sunulmuştur.

Tablo 7.3 Pilot Projelendirme Alanlarında Çalışma Sonuçları

YSH/GS	Projelendirilen Alanlar	Su Tasarrufu (m ³ /yıl)	Ekonomik Tasarruf (TL/yıl)	İlk Yatırım Maliyeti (TL)	İşletme Maliyeti (TL/yıl)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
Yağmur Suyu Hasadı Sistemi	Ünye Kapalı Spor Salonu	4.038	₺43.615	₺189.870	3 yılda bir 500 TL, 6 yılda bir 2.150 TL	5
	Adana Otel	454	₺9.020	₺169.688		Geri ödememekte dir.
	İzmir Toplu Konut Alanı	719	₺11.025	₺128.585		20
	Ankara Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi	1.055	₺19.729	₺206.883		13
	Adana Sarıçam Çarkıpare Parkı	3.925	₺7.849	₺17.433		3
Gri Su Kullanımı Sistemi	Ankara Gölbaşı Müstakil ev	626	₺13.655	₺204.436	₺6.961	Geri ödememekte dir.
	Adana Otel	3.650	₺72.584	₺534.800	₺33.084	24
	İstanbul Kayabaşı 22. Bölge Toplu Konutları	3.650	₺30.405	₺570.214	₺24.541	Geri ödememekte dir.
	Ankara Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi	3.120	₺58.375	₺476.021	₺24.591	18
	Manisa Sanayi Tesisi	11.187	₺300.825	₺800.048	₺47.759	4
Yağmur Suyu&Gri Su Birleşik Sistemi	Adana Otel	4.104	₺81.603	₺557.138	₺33.084 500 TL/3 yıl 2.150 TL/6 yıl	18
	Ankara Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi	4.174	₺78.104	₺659.634	₺24.591 500 TL/3 yıl 2.150 TL/6 yıl	16

Projelendirilen alanlarda, her alan için kendi ölçeğinde kayda değer su tasarrufu sağladığı ve bu sayede kazandırdığı ekonomik tasarruf ile sistemlerin sürdürülebilirliği için gerek duyulan işletim maliyetlerini karşılayabildiği görülmüştür. Yağmur suyu hasadı sistemi kapsamında çalışılan otel ve gri su sistemi kapsamında çalışılan müstakil ev ve toplu konut alanlarında yatırımlar çok uzun sürede karşılanabilmektedir. Yağmur suyu hasadı sistemi otel projesinde,



kullanım alanının değiştirilmesiyle (örn; sulama suyu) aynı su ve ekonomik tasarruf, daha düşük yatırım maliyeti ve daha kısa geri ödeme süresi ile sağlanabilecektir. Gri su sistemi projesinde, müstakil evlerde üretilen gri su miktarının düşük olması; toplu konut alanlarında ise yüksek kırım-yapım maliyeti, uzun geri ödeme sürelerine sebep olmuştur. Gri su sisteminin kapsadığı kişi-hane sayısının arttırılması ve binaların inşa edilmeden sistemin tasarlanması geri ödeme sürelerini kısaltabilecek hususlardır. Aynı zamanda yağmur suyu ve gri su sistemlerinin birleşik olarak uygulanmasıyla projelendirilecek alanda su tasarrufu artmakta ve yapılacak yatırımın rantabilitesi yükselmektedir (Tablo 7.3).



8 DEĞERLENDİRME

Yağmur suyu hasadı hesaplamalarında çatıdan yağmur suyunun toplanarak tuvalet rezervuarlarında sifon suyu olarak kullanılması ile bahçe sulamada/temizlikte/araç yıkamada kullanılması çalışılmıştır. Rekreasyon alanlarında ise geçirimli ve geçirimsiz alanlardan yüzey akışa geçerek kanalizasyona karışan suyun yeraltına sızdırılarak yeraltı suyunun beslenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bazı rekreasyon alanlarında şebeke ya da kuyu suyu ile doldurulan yapay göletlerin yağmur suyu ile doldurulması sağlanmış, bazı alanlarda yağmur bahçeleri dizayn edilmiş, bu kullanımlara yönelik hesaplamalar yapılmıştır.

YSH sistemlerinin geri ödeme sürelerini etkileyen en önemli unsurların bölgedeki yağış miktarı, çatı alanı ve şehirdeki suyun birim fiyatı olduğu anlaşılmıştır. Binaların buldukları bölgede fazla yağış alan alanda toplanan yağmur suyu miktarı dolayısıyla tasarruf edilen su miktarı fazla olmuş ve yatırımın geri ödeme süresi daha kısa olmuştur. Aynı şekilde çatı alanı büyüdükçe geri ödeme süresi kısaldığı anlaşılmıştır. İlâveten şehirdeki suyun birim fiyatı arttıkça tasarruf edilen miktar (TL cinsinden) fazla olmakta ve yatırımın geri ödeme süresi daha kısa olmuştur.

Henüz inşaata başlanmamış binalarda YSH sistemlerinin mevcut yapılarda kırım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle daha avantajlı olduğu belirlenmiştir. İlâveten binaların çatısından toplanan yağmur suyunun bahçe sulama ve/veya araç yıkama ve/veya temizlik faaliyetlerinde kullanılması halinde yatırım için yapılan harcama, tuvalet rezervuarında sifon suyu olarak kullanılması için yapılan harcamadan daha az olduğundan bu kullanımlarında daha avantajlı olduğu belirlenmiştir.

Pilot iller özelinde YSH sistemlerini karşılaştırdığımızda Adana, Konya, İzmir, Mardin ve İstanbul illerinde yağış miktarı, çatı alanı ve su birim fiyatı değişiklik göstermektedir. Ayrıca, pilot illerde seçilmiş olan aynı bina tipolojisine sahip (örn. *kapalı spor salonu*) yapılar ilden ile farklı yapı özelliklerine sahip olmaktadır ve dolayısıyla pilot illerdeki fayda-maliyet ilişkisinin kıyaslanması sağlıklı olmamaktadır. Bu kapsamda pilot illerin birbiri ile kıyasını sağlayabilmek adına tamamen aynı özelliklerdeki hayali yapıların farklı illerde olma durumları için senaryolar çalışılmıştır.

Gri suyun kullanımı konusunda ise henüz herhangi bir mevzuat bulunmamaktadır. Ancak literatüre bakıldığında yeni yapılacak binalarda, kamu binası, hastane ve otel gibi yerlerde sifon suyu olarak kullanılmasının %40'a varan oranda su tasarrufu sağlanacağı bilinmektedir. Gri su yağmur suyu ile birlikte değerlendirildiğinde büyük oranda tasarrufa gidilebileceği anlaşılmıştır. Aynı zamanda yağmur suyu ve gri su birleşik sistemlerinde su ve ekonomik tasarrufun artmasıyla yapılacak yatırımın rantabilitesinin yükseldiği, tek sistemlere kıyasla geri ödeme süresinin daha kısa olduğu görülmüştür.

Otellerde duş, küvet, spa, hamam vb. gibi gri su üreten birçok kaynak bulunmaktadır. Buna ilave olarak otellerde yatak kapasitesinin artmasıyla üretilen gri su miktarı da artış göstermektedir. Aynı zamanda otellerde yapılan toplantı, yemekli organizasyonlar vb. gibi



faaliyetlerin de olması gri suyun diğer bina tiplerine oranla daha fazla üretilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte otellerde gri suyun kullanılabilceği kaynaklar da diğer mikro alan tiplerine göre fazla sayılmaktadır. Oteller genel itibarıyla konaklama amaçlı olarak kullanıldığından hem gri su üretimi fazla olmakta, hem de geri kullanım alanları çeşitli olabilmektedir. Haliyle çeşitli bina tipolojileri arasında gri suyun kullanılabilirliğinin en fazla olduğu birimler otellerdir.

Resmi daireler gibi binanın kullanım amacı gereğince duş giderleri olmayan kamu binalarında sadece lavabolardan kaynaklanan gri su ihtiyaç duyulan su miktarını karşılamakta yetersiz kalmaktadır. İlaven binanın kullanım süresinin çalışma günleri ile sınırlı olması da uygulanacak gri su sisteminin kapasitesini azaltmaktadır. Kamu yapıları için yapılan etüdler neticesinde gri su sistemlerinin yağmur suyu ile birlikte kullanılmasının daha verimli olduğu yönünde değerlendirme yapılmıştır.

Toplu konut çalışmalarında detaylı incelemeler yapılarak Adana'da ve Konya'da binalardaki gri su sistemleri birleştirilerek etüdler yapılmış en verimli sistemler seçilmiş olmasına rağmen tekli yapılarda verimli bir sonuç elde edilemezken toplu konutlarda geri ödeme sürelerinin 25 yılın altına indiği görülmüştür. Buna göre, müstakil evler yerine nüfusun daha yoğun olduğu toplu konut alanlarında gri su sistemi uygulanması önceliklendirilebilir.

Gri su sistemlerinin aynı bina tipolojisi için farklı illerde karşılaştırmasının yapılması adına pilot illerde ve pilot illerin bulunduğu gruptaki diğer illerde “proje aşamasında olan aynı tipteki bir binada (kurgu)” gri su sisteminin yapılmasının fayda-maliyet analizi çalışılmıştır. Binanın kat-hane ve yaşayan kişi sayısının dolayısıyla oluşan gri su miktarının tüm illerde aynı tutulduğu senaryoda, su birim fiyatı ve piyasa fiyatları illere göre farklı alınmıştır. Aynı grupta bulunan illerde piyasa fiyatları da aynı kabul edildiği için aynı gruptaki illerde geri ödeme süresini etkileyen farklı parametre su birim fiyatı olmuştur. Buradan çıkarılabilecek sonuç; suyun yoğun tüketildiği, ulaşımının ve arıtılmasının daha pahalı olduğu illerde gri su sisteminin uygulanmasının ekonomik olarak daha kazançlı olabileceği yönündedir. Gruplar arasında sistem maliyeti farklarına bakıldığında en yüksek yatırım maliyeti Grup E (Karadeniz+Doğu Anadolu Bölgesi)'de bulunurken, en yüksek işletme maliyeti (elektrik+bakım maliyeti) Grup D (İç Anadolu+Doğu Anadolu Bölgesi)'de karşımıza çıkmaktadır. Ancak yatırım maliyetleri 390.032 – 445.050 TL; işletme maliyetleri 22.222 – 30.356 TL arasında kalıp iller arasında büyük farklılıklar oluşturmamaktadır. Proje çıktılarına göre gri su sisteminin fayda-maliyet ilişkisini dengede tutmak için bulunan bölgeden ziyade uygulanacak mikro alandaki gri su oluşumunun daha önemli bir husus olduğunu söylemek mümkündür.

Su fiyatlandırması bölümünde ise mevcut durum değerlendirmesi yapılmış, mevcut durumun devamı senaryosu ile su kayıplarının kademeli olarak azaltılması olmak üzere iki (2) senaryo çalışılmıştır. Bu kapsamda yapılan genel değerlendirmeler ve öneriler sunulmuştur.



Senaryo 1

1. Su ve kanalizasyon idarelerinin çoğunda SUKİ’de uygulanan ortalama tarife, finansal maliyeti karşılayan tarifinin altındadır. Bunun anlamı, bu idarelerin giderlerinin önemli bir kısmını, tarife dışı çeşitli gelirlerle karşıladıklarıdır. Ancak, tam maliyet esaslı tarifinin uygulanması, sadece idarelerin mali sürdürülebilirliklerini sağlamayı amaçlamaz, aynı zamanda su kullanıcılarına su fiyatı ile doğru mesajın verilmesi anlamına gelir. Suyun kıt ve tasarruflu kullanılması gereken değerli bir kaynak olduğunun tüketiciye anlatılmasında en önemli enstrüman tarifedir. O nedenle, en azından finansal maliyeti karşılar düzeyde olmalıdır.
2. 30 büyükşehirde uygulanan ortalama su tarifelerinden hiçbiri ödeyebilirlik eşik değerini aşmamaktadır. Dolayısıyla, su hizmetlerinde bir ödenebilirlik sorunu yoktur. Ancak, 3 ilde, Mardin, Muğla ve Van’da, finansal maliyeti karşılayan tarife ödeyebilirlik eşik değerinin üzerindedir. Yani bu tarifelerin uygulanması halinde ödeme gücü sorunu yaşanabilir. Bunun için, tarife düzenlenmesinde, ağırlığın işyeri abonelerine verilmesi, yani mesken abonelerinden daha düşük tarife alınması gerekir.
3. Kamu muhasebesindeki sağlıklı uygulamaların bir sonucu olarak, hesaplanan duran varlık değerleri ve amortismanlar gerçek değerlerin çok altında kalmaktadır. İdareler, amortisman giderleri karşılığında topladıkları tarife gelirleri ile ekonomik ömrünü doldurmuş altyapının yerine yenisini yapamamaktadırlar. Bu durum da, yatırımların finansmanında borçlanma yoluna gidilmesine ve idarelerin yüksek faiz yükü altına girmesine sebep olmaktadır. İdarelerin varlık değerlerini ve amortismanlarını doğru şekilde hesaplayacakları bir sisteme geçilmesi şarttır. Aksi halde, tam maliyetin hesaplanması mümkün değildir.
4. Su ve kanalizasyon idarelerinden 3’ünde uygulanan ortalama tarife, finansal maliyeti karşılayan tarifinin %20 veya daha fazla üzerindedir. Aydın su ve kanalizasyon idaresinde bu değer %117’lere çıkmaktadır. Bunun anlamı, uygulanan su tarifesinin, maliyetin neredeyse 2,2 katı olduğudur. Maliyetin çok üzerinde olan tarifeler, idarelerin yoğun olarak yatırım yaptıkları anlamına gelebileceği gibi, yüksek borç stoklarına ve yoğun borç geri ödemesine de işaret ediyor olabilir.
5. Atıksu arıtma tesisi ihtiyaçlarına dayanılarak yapılan çevresel maliyet hesaplamasında, birim çevresel maliyetler çoğu il için 1 TL’nin altında tespit edilmiştir. Yalnızca Antalya, Ankara, Diyarbakır, İstanbul, Ordu ve Tekirdağ’da çevresel maliyetler 1 TL’nin üzerindedir. Antalya en yüksek birim çevresel maliyete sahip olan ildir (5,2 TL/m³).

Senaryo 2

1. Senaryo 1’de iklim değişikliği dolayısıyla su kaynaklarının azalmasına rağmen, su kayıplarının engellenmemesi sonucunda, satılabilecek su miktarı da azalmakta ve idareler, sabit maliyetlerini karşılayabilmek için suyu daha pahalı satmak zorunda kalmaktadırlar. Bunun sonucunda, 2030 yılı itibarıyla Kahramanmaraş, Mardin, Muğla ve Van’da finansal



maliyet, ödeyebilirlik eşik değerini çok aşmaktadır. Senaryo 2’de de benzer sorun devam etse de, finansal maliyet ile ödeme gücü arasındaki fark azalmaktadır.

2. Su kayıplarının önlenmediği durumda, 2030 yılında oluşacak su açığının birim maliyeti, Aydın, Kocaeli, Mardin illerinde finansal maliyetin %30-40’ına ulaşmakta, hatta Mardin ve Mersin’de finansal maliyeti aşmaktadır. Su kayıplarının önlenememesi durumunda, bu illerin çok ciddi bir kuraklık tehdidi altında oldukları ve talebi karşılamakta büyük sıkıntı yaşayacakları anlamına gelmektedir. Su kayıplarının önlendiği Senaryo 2’de ise, Kocaeli ve Mardin illerinde su açığı ağır bir sorun olmaya devam etmekte, bazı illerde- sorun tamamen ortadan kalkmakta, bazılarında ise sonraki yıllara ertelenmektedir.
3. Sonuç olarak, iklim değişikliği etkileri ile birlikte gelecekte su pekçok ilimiz için kıt bir kaynak olacaktır. Suyun fiyatının tam maliyet esasına göre belirlenmesi ve halkı tasarruflu olmaya yönlendirecek şekilde fiyatlandırılması esastır. Kurak dönemlerde, idarelerin satabilecekleri su azalırken su üretim maliyetleri de yükseleceğinden, bu tür yıllara özel zamlı tarifelerin kullanılması yönünde mevzuat düzenlemeleri yapılmalıdır. Bu şekilde, suyun daha tasarruflu ve dikkatli kullanılması ve su açığının en aza indirilmesi mümkün olabilecektir.



KAYNAKÇA

- Abdulla & Al-Shareef. (2009). Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. *Desalination*, 195–207.
- Adeniyi, & Olabanji. (2005). The physico-chemical and bacteriological quality of rainwater collected over different roofing materials in Ile-Ife, southwestern Nigeria. *Chem. Ecol.*, 149-166.
- Ahmed vd. (2010a). Implications of faecal indicator bacteria for the microbiological assessment of roof-harvested rainwater quality in Southeast Queensland, Australia. *J. Microbiol.* 56, 471–479.
- Ahmed vd. (2010b). Health risk from the use of roof-harvested rainwater as potable or nonpotable water, determined using quantitative microbial risk assessment in Southeast Queensland, Australia. *Appl. Environ. Microbiol.*, 76(22), 7382-7391.
- Ahmed vd. (2011a). Microbiological quality of roof-harvested rainwater and health risks: a review. *J. Environ. Qual.* 40 (1), 13–21.
- Ahmed vd. (2011b). Occurrence of intestinal and extraintestinal virulence genes in *Escherichia coli* isolates from rainwater tanks in Southeast Queensland, Australia. *Appl. Environ. Microbiol.*, 77.
- Ahmed vd. (2012a.). An attempt to identify the likely sources of *Escherichia coli* harbouring toxin genes in rainwater tanks. *Environ. Sci. Technol.* 46, 5193–5197.
- Ahmed vd. (2012b). Speciation and frequency of virulence genes of *Enterococcus* spp. isolated from rainwater tank samples in Southeast Queensland, Australia. *Environ. Sci. Technol.* 46 (12), 6843–6850.
- Akkurt, Ş. (2017). Gri Suyun Türkiye’deki Uygulama Örnekleri (Konferans Bildirisi). 12. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Ankara: https://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/af38668080e8dfd_ek.pdf.
- Alamdari vd. (2018). Assessing climate change impacts on the reliability of rainwater harvesting systems. . *Resour. Conserv. Recycl.* 132, 178–189.
- Al-Jayoussi. (2002). Focused environmental assessement of greywater reuse in Jordan. *Environ. Eng. Policy* 2002, 3, 67–73. *Environ. Eng. Policy*, 3, 67–73.



- Anchan vd. (2021). Feasibility of roof top rainwater harvesting potential - A case study of South Indian University. *Cleaner Engineering and Technology*.
- Anonim. (2008). Guidelines for Drinking-water Quality (WHO). Geneva.
- Atanasova vd. (2017). Optimized MBR for greywater reuse systems in hotel facilities. *Journal of Environmental Management*, 193, 503-511.
- Bangira, C. M. (2007). The spatial and temporal variation of pH and lead in rain water in Harare city, Zimbabwe. *J. Sustainable Dev*, 1–19.
- Baykal B. (2021). İstanbul için Yeni ve Yenilebilir Bir Su Kaynağı Olarak Gri Su ve Gri Suyun Sifon Suyu Olarak Kullanımı ile ilgili Bir Değerlendirme. *Su ve İnovasyon Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Bülteni*.
- BEMP. (2017). *Best Environmental Management Practice in the Tourism Sector*. Publication Office of the European Union.
- BM Gıda ve Tarım Örgütü. (2020). *Gıda ve Tarım Raporu*. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü.
- BSI. (2009). *Rainwater harvesting systems – code of best practice*. UK: BSI.
- Chang vd. (2004). Roofing as a source of nonpoint water pollution. *Journal of Environmental Management*, 73, 307-315.
- CWC. (2019). Grey Water. *Association for Rainwater Harvesting and Water Utilization*.
- ÇŞB Değerlendirme Kılavuzu. (2021a). *Binalar ile Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Uygulama Tebliği, Ek 1, YeS-TR Yeşil Bina Değerlendirme Kılavuzu*.
- ÇŞİDB. (2018). *Yağmur Bahçesi Uygulama Kılavuzu*. Ankara: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.
- Dingman, S. L. (2015). *Physical Hydrology*. Long Grove: Waveland Press.
- Doğangönül, C., & Doğangönül, Ö. (2009). *Küçük ve Orta Ölçekli Yağmursuyu Kullanımı*. Ankara: Teknik Yayınevi.
- DSİ. (2020). *81 İl Merkezi İçme Suyu Temini Eylem Planı*.
- EA. (2010). *Environment Agency Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide*. . Bristol.



- EPA. (2013). *Rainwater Harvesting, Conservation, Credit, Codes, and Cost Literature Review and Case Studies*.
- Fakıoğlu vd. (2020). Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanımı: Bilimsel Gerçekler, Psikolojik Ve Dini Tereddütler. *Helal ve Etik Araşt. Derg.* , 1-20.
- Filali vd. (2022). Greywater as an Alternative Solution for a Sustainable Management of Water Resources—A Review. . *Sustainability*, 665.
- Förster. (1996). Patterns of roof runoff contamination and their potential implications on practice and regulation of treatment and local infiltration. . *Water Sci. Technol.* , 39-48.
- Förster. (1999). Variability of roof runoff quality. *Water Sci. Technol.*, 137-144.
- Gikas, G., & Tsihrintzis, V. (2012). Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. *Journal of Hydrology*, 466, 115-126.
- Gwenzi vd. (2015). Water quality and public health risks associated with roof rainwater harvesting systems for potable supply: Review and perspectives. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 6, 107-118.
- Haggard, B., & Bartsch, L. (2009). Net changes in antibiotic concentrations downstream from an effluent discharge. *J. Environ. Qual.*, 343-352.
- Haut vd. (2019). *Evolution of rainwater harvesting and heritage in urban areas through the millennia: A sustainable technology for increasing water availability.* .
- Heberer. (2002). Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data. *Toxicol. Lett.* , 5-17.
- Huston vd. (2012). Source apportionment of heavy metals and ionic contaminants in rainwater tanks in a subtropical urban area in Australia. *Water Res.*, 1121-1132.
- Imteaz, M., & Shanableh, A. (2012). Feasibility of Recycling Grey-water in Multi-Storey Buildings in Melbourne.
- IPA. (2020). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*. Directorate-General for Regional and Urban policy.
- ITP. (2008). Environmental Management for Hotels. *ITP*.
- İZSU. (2022). *Sünger Kent İzmir*. <https://sunkerent.izmir.bel.tr/> adresinden alındı



- Juan vd. (2016). Greywater Reuse System Design and Economic Analysis for Residential Buildings in Taiwan. *Water*.
- Karahan. (2011). Gri Suyun Değerlendirilmesi. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, (s. 1155-1164).
- King, & Bedient. (1982). Effect of acid rain upon cistern water quality. *Proceedings of an International Conference on Rainwater Cistern Systems.*, (s. 244-248). Manoa.
- Lazarova vd. (2003). Using recycled water for non-potable, urban uses: a review with particular reference to toilet flushing. *Water Science and Technology: Water Supply Vol 3 No 4*, 69–77.
- Lim & Jiang. (2013). Reevaluation of health risk benchmark for sustainable water practice through risk analysis of rooftop-harvested rainwater. . *Water Res.* 47 (20), 7273–7286.
- Lye. (2002). Health risks associated with consumption of untreated water from household roof catchment systems. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 38(5), 1301-1306.
- Lye. (2014). Rooftop Runoff as a Source of Contamination: A Review. *USEPA. Rainwater Resources*.
- Mao vd. (2021). *Effect of roof materials and weather patterns on the quality of harvested rainwater in Shanghai, China*. Shanghai: Journal of Cleaner Production.
- Mao vd. (2021). Effect of roof materials and weather patterns on the quality of harvested rainwater in Shanghai, China. *Journal of Cleaner Production*.
- Mendez vd. (2011). The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. *Water Res.*, 45, 2049-2059.
- MGM. (2023). *T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Resmi İstatistikler, İllere Ait Mevsim Normalleri*: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H> adresinden alındı
- Mishra vd. (2020). Design of rooftop rainwater harvesting structure in a university campus. *Int. J. Recent Technol. Eng*, 3591-3595.
- Munoz. (2016). "What Is The Economic Feasibility Of Implementing Grey Water Infrastructure At The Citywide Level?" . *Master's Projects and Capstones*, 353.



- Müftüoğlu, V., & Perçin, H. (tarih yok). *Sürdürülebilir Kentsel Yağmur Suyu Yönetimi Kapsamında Yağmur Bahçesi*. İnönü.
- Oweis vd. (2001). *Water Harvesting Indigenous Knowledge for the Future of the Drier Environments*. Aleppo: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas.
- Özdemir, G., & Tokuş, C. M. (Dü). (2017). *Yağmur Hasadı Uygulamalarına Giriş Rehberi: İklim Değişikliğine Uyum Kapsamında Bir Çözüm Önerisi*. Ankara: Peyzaj Araştırmaları Derneği.
- PAİY. (2021). 23.01.2021 tarih ve 31373 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği.
- Peacock. (2011). peacock-irrigation: <http://www.peacock-irrigation.co.uk/rainwater.html> adresinden alındı
- Radaideh vd. (2009). Quality assesment of harvested rainwater for domestic uses. *Jordan J. Earth Environment Science* 2, 26-31.
- Radaideh vd. (2009). Quality assessment of harvested rainwater for domestic uses. *Jordan J. Earth Environ. Sci.*, 26-31.
- Ridderstolpe. (2004). Introduction to Greywater Management. *Ecosanres, WRS Uppsala AB*.
- Rodda vd. (2011). Use of domestic greywater for small-scale irrigation of food crops: Effects on plants and soil. . *Phys. Chem. Earth Parts A/B/C*, 1051-1062.
- Rouvalis vd. (2009). Determination of pesticides and toxic potency of rainwater samples in western Greece. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 828-833.
- Rudolph. (2001). *THE GERMAN WATER SECTOR POLICIES AND EXPERIENCES*. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- Sazaklı vd. (2007). Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece. *Water Res.*, 2039-2047.
- Stenstrom, M., & Kayhanian, M. (2005). First flush phenomenon characterization. *California department of transportation. Division of environmental analysis.*, 69.
- SYGM. (2016, Haziran). *İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi*. İklim-Su, Proje Dökümanları: <http://iklim.tarimorman.gov.tr/Dokumanlar.aspx> adresinden alındı



- T.O.B. (2012, Ekim 17). Su Havzalarının Korunması ve Yönetim Planlarının Hazırlanması Hakkında Yönetmelik. *Mülga Orman ve Su İşleri Bakanlığı*. Ankara: Resmi Gazete.
- Timur vd. (2012). Kentsel Alanlar ve Yerleşkelerde Su Hasadı Teknikleri; Planlama ve Tasarım. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 170-174.
- TÜİK. (2021). *İllere ve hanehalkı tiplerine göre hanehalkı sayısı, 2021*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-ve-Konut-Sayimi-2021-45866> adresinden alındı
- TWAD. (2022). *Roof top Rain Water Harvesting (RRWH)*. TamilNadu Water Supply and Drainage Board.
- UNFCCC. (1992). *UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE Article:1*. UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE.
- URL-1. (2022). <https://www.watercache.com/education/rainwater-harvesting-101> adresinden alındı
- URL-2. (2022). <https://www.greywaterlandscapedesign.com/rainwater-catchment> adresinden alındı
- URL-3. (2022). <https://www.neoakruthi.com/blog/rainwater-harvesting-for-apartments.html#:~:text=Roof%20rainwater%20harvesting%20is%20the,on%20the%20roof%20of%20apartment> adresinden alındı
- URL-4. (2022). <https://www.greywaterlandscapedesign.com/laundry-to-landscape/entry-level-system> adresinden alındı
- URL-5. (2022). <http://www.novasantek.com/?product=5666006&pt=Galvaniz%20Mod%C3%BCler%20Su%20Depolar%C4%B1&DosNo=0> adresinden alındı
- URL-6. (2022). <https://www.tankplast.com/yagmur-suyu-gri-su-tanklari> adresinden alındı
- Üstün vd. (2020, 12 22). Binalarda Yağmur Suyu Hasadı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 25(3), 1593-1605. doi: 10.17482/uumfd.765561
- Üstün ve Tırpancı. (2015). Gri Suyun Arıtımı Ve Yeniden Kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt 20, 2.



- Vazquez vd. (2003). A rainwater quality monitoring study of the composition of rainwater in Galicia. *Chemosphere*, 51(5), 375-385.
- Vinnerås, B. (2001). Vinnerås, Björn. 2001. Faecal separation and urine diversion for nutrient management of household biodegradable waste and waste water. . *SLU. Report 244*.
- WATECO. (2003). . *Guidance Document No 1: Economics and the Environment – The Implementation Challenge of the Water Framework Directive*.
- WFD. (2003). *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No 1, page:72 - Economics and the Environment*. European Communities.
- Wilderer. (2004). Applying sustainable water management concepts in rural and urban areas: Some thoughts about reasons, means and needs. *Water Sci. Technol.* 49 , 7–16.
- Winward vd. (2008). Chlorine disinfection of grey water for reuse: Effect of organics and particles. *Water Research*, 42, 483-491.
- WSU. (2013). *Rain Garden Handbook for Western Washington*. Washington State University (WSU).
- Yannopoulos vd. (2019). Giannopoulou I., Kaiafa-Saropoulou, M. Investigation of the Current Situation and Prospects for the Development of Rainwater Harvesting as a Tool to Confront Water Scarcity Worldwide. *Water. Water*.
- Yaziz, M. G. (1989). Variations in rainwater quality from roof catchments. *Water Res.* 23, 761–765.

