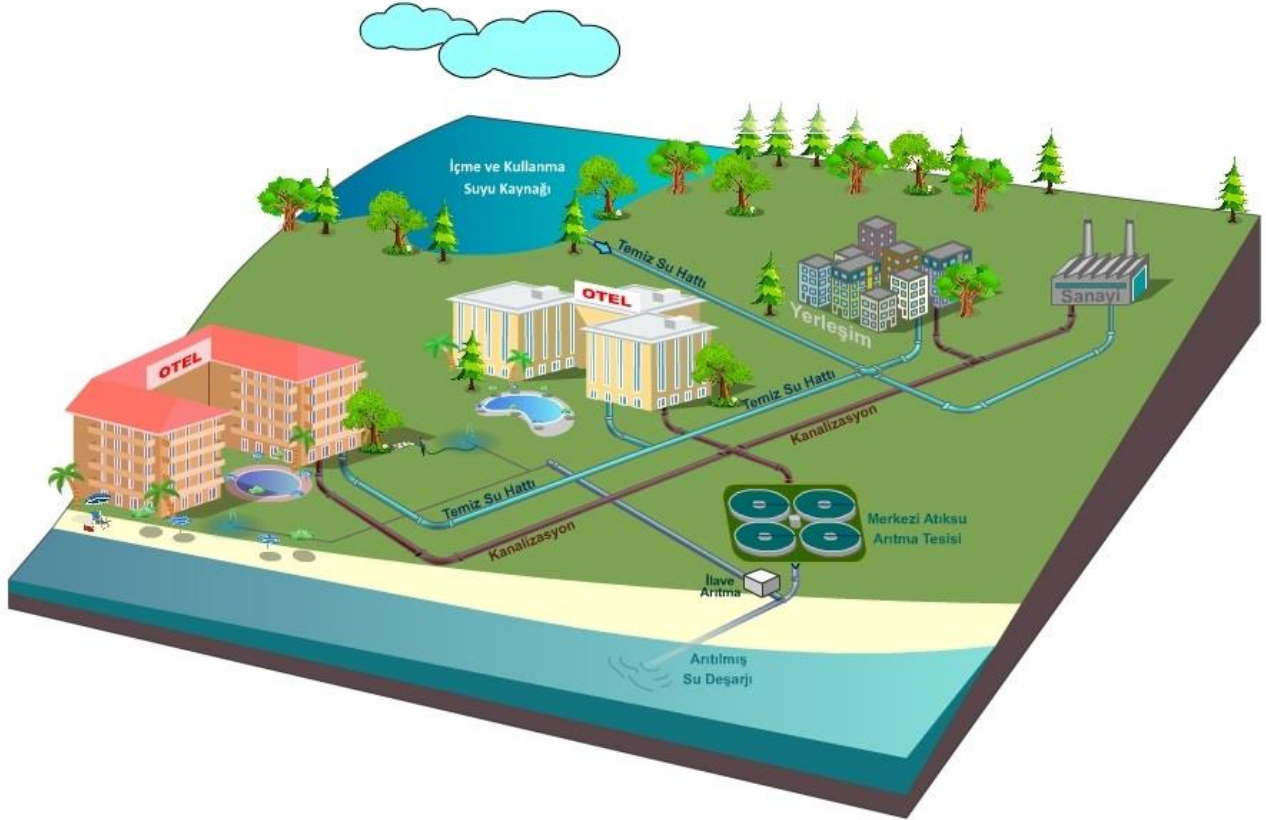


TURİZMDE ÇEVRE DOSTU ATIKSU YÖNETİMİ REHBERİ

5128703

(ÇTÜE.14.173)

DESTEKLEYEN KURULUŞ: T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK
BAKANLIĞI Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü



03/10/2014

GEBZE, KOCAELİ



TÜBİTAK MAM ÇE

Hazırlayanlar:

Dr. Selda MURAT HOCAOĞLU, Işıl ATAÇOĞLU, Dr. İpek ERZİ, Doç. Dr. Kemal GÜNEŞ, İrfan BAŞTÜRK, Pamir TALAZAN, Dr. Şeyla ERGENEKON.

Basım Yeri: TÜBİTAK MAM Matbaası Gebze/KOCAELİ

Basım Yılı: Ekim 2014

ÖNSÖZ

Su kaynaklarının kirlenmesi ve iklim değişikliği etkileri, buna karşın nüfusa paralel olarak artan su ihtiyacı, kısıtlı su kaynakları üstündeki baskıları giderek arttırmış ve alternatif su kaynaklarının önemi ortaya çıkmıştır. Bu durum, atıksuların arıtılarak yeniden kullanımı alternatifini gündeme getirmiştir. Atıksu geri kazanımı, gerek temiz su kaynağından temin edilecek su miktarının, gerekse de deşarj edilecek atıksu miktarının azalmasını sağlar. Atıksu geri kazanımı uygulamaları, kuraklığa dayanma gücünün artırılması, doğal su kaynaklarının kullanımının azaltılması ve pik içme-kullanma suyu ihtiyacının dengelenmesi açısından avantajlıdır. Turizm sektörü su kullanımının yoğun olduğu sektörler arasında yer almaktadır. Kullanım alanları incelendiğinde ise özellikle büyük otellerde yeşil alanların sulanması için kullanılan su miktarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Ülkemizdeki su kaynaklarının korunması amacıyla, özellikle su kullanımının yoğun olduğu sektörlerin atıksu geri kazanım ve yeniden kullanım uygulamalarının yaygınlaştırılmasına ve bunun için altyapı ve kapasitenin geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu çerçevede, müşteri kurumun Çevre ve Şehircilik Bakanlığı olduğu, “Turizmde Atıksu Yönetimi” Çalışması, 18 Ekim 2012 tarihinde imzalanan sözleşme ile TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü tarafından yürütülmeye başlanmış ve 9 Ekim 2014 tarihinde tamamlanmıştır (Türkiye Kıyılarında Yüzme Suyu Profillerinin Belirlenmesi projesi kapsamında Bileşen 2: Turizmde Atıksu Yönetimi alt projesi olarak yer almıştır). Turizmde çevre dostu atıksu yönetim modelinin oluşturulmasının hedeflendiği projede, atıksu geri kazanımı tüm boyutlarıyla ele alınmış ve atıksu geri kazanımının analiz edildiği bir program geliştirilerek web üzerinden sektörün kullanımına sunulmuştur.

Bu kılavuzun amacı, atıksu geri kazanım yapmayı planlayan turizm sektörüne ve atıksu geri kazanımından sorumlu kurum ve kuruluşlara, turizmde atıksu geri kazanım alternatifleri, uygun yöntemin seçimi, dikkat edilecek hususlar ve alınması gereken önlemler hakkında bilgi vermek ve yol göstermektir.

Dr. Selda MURAT HOCAOĞLU

Proje Yürütücüsü (Bileşen 2)

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	5
ŞEKİL LİSTESİ	6
1 GİRİŞ	7
1.1 Amaç ve Kapsam.....	8
1.2 Tanımlar.....	8
1.3 Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanımıyla İlgili Yasal Düzenlemelere Örnekler	9
1.4 Ülkemizde Atıksuların Sulama Suyu Olarak Kullanımına Dair Yasal Düzenleme	17
2 TURİZM SEKTÖRÜNDE SU KULLANIMI VE ATIKSU GERİ KAZANIMI.....	21
2.1 Turizm sektöründe su kullanımı	21
2.2 Turizm Sektöründe Atıksuların Geri Kazanımı.....	22
3 ALTERNATİF ARITMA TEKNOLOJİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	29
3.1 Konvansiyonel Filtrasyon Prosesleri	31
3.2 Membran Filtrasyonu Uygulamaları	31
3.3 İleri Oksidasyon.....	34
3.4 Dezenfeksiyon	34
3.5 Gri Suların Arıtılması	37
4 ATIKSU GERİ KAZANIM YÖNTEMİ VE ARITMA TEKNOLOJİSİNİN SEÇİMİ	39
4.1 ATIKSU GERİ KAZANIMINDA MALİYET ANALİZİ	43
4.1.1Kamusal Bakış Açısı ile Atıksu Geri Kazanımında Fizibilite Analizi	43
4.1.2 Yatırımcı Bakış Açısı ile Atıksu Geri Kazanımında Fizibilite Analizi	44
4.2 KARAR AĞAÇLARI.....	50
5 RİSKLER VE ÖNLEMLER	53
5.1 Arıtılmış suların sulama amaçlı kullanımındaki riskler	53
5.2 Dağıtım Sistemi Özellikleri ve Güvenlik Önlemleri	56
5.3 Kalite Güvencesi: İzleme Programları	61
5.4 Öneriler.....	62
6 REFERANSLAR	63
EK 1: ATIKSU GERİ KAZANIMI UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....	66

TABLO LİSTESİ

Tablo 1 Çeşitli Ülkelerde Arıtılmış Atıksuların Kullanım Amacına Göre Sağlaması Gereken Kriterler.....	12
Tablo 2. Arıtılmış Suların Sınırlanmamış Kentsel Kullanım Amacıyla Kullanım Kriterleri.	14
Tablo 3. NSF/ANSI Standart 350 Çıkış Suyu Kriterleri	16
Tablo 4 Sulamada Kullanılacak Arıtılmış Atıksuların Sınıflandırılması	19
Tablo 5. Atıksu Geri Kazanım Alternatiflerinin Teknik, Çevresel Ve Sosyal Kriterler Açısından Karşılaştırılması	24
Tablo 6 Su Geri Kazanımı Uygulamaları Kategorileri, Kısıtlamalar Ve Karşılaşılan Sorunlar	28
Tablo 7 Yeniden Kullanım Amacına Göre Arıtma Yöntemleri	30
Tablo 8 Klorlama, Ozonlama Ve UV İle Dezenfeksiyonun, Bakteri, Protozoa Ve Virüslere Olan Etkisi	36
Tablo 9 Klorlama, Ozonlama Ve UV'nin Atıksu Dezenfeksiyonundaki Üstün Ve Zayıf Yönleri	36
Tablo 10. Kriterler Listesi Örneği	40
Tablo 11 Alternatif Arıtma Teknolojilerinin Teknik, Çevresel, Sosyal Ve Mali Kriterler Açısından Karşılaştırılması	42
Tablo 12 Arıtılmış Karışık Atıksu, Gri Su Ve Kahverengi Suyun Sulama Amaçlı Kullanımı Veya Alıcı Ortama Deşarjında Muhtemel Risk Ve Etkiler.	55
Tablo 13 . SKKY (Teknik Usuller Tebliği EK 7) Kentsel Alanların Sulanması Kalite İzleme Periyodu.....	61

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 Turizm tesislerinde en yaygın su kullanım alanları	21
Şekil 2 Merkezi atıksu arıtma tesisinde ileri arıtılan suların turizm tesislerinde peyzaj sulamada kullanılması.....	25
Şekil 3 Turizm tesislerinde oluşan atıksuların yerinde arıtım yapılarak peyzaj sulamada kullanılması.....	26
Şekil 4 Turizm tesislerinde oluşan gri atıksuların ayrı toplaması ve arıtılarak peyzaj sulama ve sifon suyu olarak kullanılması	27
Şekil 5. Membran proseslerinin sınıflandırılması (Hocaoğlu 2010, Baker, Richard 2004, ve Kommedal 2003'ten uyarlanmıştır).	33
Şekil 6. Batık düz tabaka tipi membran modülü şematik gösterimi(Judd 2006'dan uyarlanmıştır).	33
Şekil 7 Kaynağına göre gri suların arıtılması yöntemleri (Fangyue vd., 2009).....	38
Şekil 8 Kamusal Bakış Açısı ile Atıksu Geri Kazanımında Fizibilite Analizi	43
Şekil 9 Yatırımcı Bakış Açısı ile Atıksu Geri Kazanımında Fizibilite Analizi	45
Şekil 10. Merkezi kanalizasyona bağlı turizm tesisleri için atıksu geri kazanım karar ağacı.....	52
Şekil 11 Şebekeye geriye akışın önlenmesi için hava boşluğu uygulamasının şematik gösterimi	58
Şekil 12 Uyarı levhası ve etiketleme örnekleri a) Sulama alanında uyarı levhası, b) bina içinde geri dönüş hattı olması durumunda uyarı işaretleri c) uyarı işaretinin rezervuar üstünde gösterilmesi örneği	60

1 GİRİŞ

Kısıtlı su kaynaklarının kirlenmesi ve suya olan ihtiyacın artması neticesinde sürdürülebilirlik ve doğal kaynakların kontrollü kullanımı, özellikle son yirmi yılda, tüm dünyada önem kazanmış ve alternatif su kaynakları üzerine çalışmalar artmıştır. Gelişen teknolojinin bu süreçte ivme kazandırıcı olumlu etkileri olmuş, güvenli bir şekilde atıksu geri kazanımının sağlanabilmesiyle uygulamalar yaygınlaşmıştır. Dünya genelinde, atıksu geri kazanımı uygulamalarına bakıldığında, özellikle tarım faaliyetlerinde, arıtılmış su kullanımının yaygın olduğu ve sulama ihtiyacının yüksek olduğu bölgelerde, tarımsal sulama amaçlı uygulamaların ön plana çıktığı görülmektedir. Bunun yanı sıra, kentsel amaçlı kullanım, yeraltı suyu beslemesi, çevresel iyileştirme ve insani tüketim amaçlı uygulamaların yoğunluğu da dikkat çekicidir. Atıksu geri kazanımı uygulamalarının başlıca faydaları, kuraklığa dayanma gücünün artırılması, doğal su kaynaklarının kullanımının azaltılması ve pik içme-kullanma suyu ihtiyacının dengelenmesidir. Genel olarak, merkezi atıksu geri kazanımı uygulamaları daha yaygındır. Bununla birlikte, müstakil ve yerinde evsel atıksu geri kazanım uygulamaları ve gri su geri kazanım uygulamaları da mevcuttur (örneğin Ürdün ve Japonya).

Atıksu geri kazanımı için en uygun yöntem (merkezi ya da müstakil olması, ayrık akım ya da karışık evsel atıksuda yapılması, vb.), geri kazanılmış suyun kullanım amacı, uygulama yapılan yerin özellikleri, arazi şekli, su kaynaklarının durumu, kullanıcıların sosyo-ekonomik özellikleri gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Aynı zamanda, yerel yönetimlerin planlamaları, atıksu geri kazanım politikaları ve yasal düzenlemeler de önemlidir. Bu nedenle, atıksu geri kazanımı açısından, ülkeler arasında olduğu gibi aynı ülke içinde farklı bölgeler arasında dahi ciddi uygulama farklılıkları görülmektedir.

1.1 Amaç ve Kapsam

Doğal su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak amacıyla atıksu geri kazanım ve yeniden kullanım yöntemlerinin uygulanabilmesi için gerekli alt yapı ve kapasitenin oluşturulması ve bu uygulamaların turizm tesislerinin gündemine getirilerek atıksu geri kazanım uygulamalarının yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır.

Rehber kapsamında, arıtılmış atıksuların yeniden kullanımıyla ilgili ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler özetlenmiş, turizm tesislerinde su kullanım alanları ve sektör için uygun olabilecek atıksu geri kazanım alternatifleri anlatılmış, alternatif arıtma teknolojileri hakkında bilgiler verilmiştir. Bunun yanı sıra, turizm tesislerinin en uygun atıksu geri kazanım yöntemini seçebilmelerine yardımcı olmak için adımlar tanımlanmış, maliyet analizi yöntemi anlatılmış ve faydalanabilecekleri bir karar ağacı sunulmuştur. Rehberin son bölümünde, atıksu geri kazanım uygulamasında dikkat edilmesi gereken hususlar ve alınması gereken önlemler anlatılmıştır. Rehberin ekinde ise atıksu geri kazanım uygulama örnekleri verilmiştir.

1.2 Tanımlar

Yağmur suyu hasadı: Yağmur suyunun turizm tesisi çatısından toplanarak arıtılması ve depolanarak çeşitli amaçlarla yeniden kullanması (bahçe sulama, araç yıkama, yapay gölet vb.)

Kentsel atıksu geri kazanımı: Merkezi arıtma tesislerinde arıtılan suyun yeniden kullanılması (bu çalışma kapsamında turizm tesislerinde yeşil alan sulanmasını ifade etmektedir),

Yerinde atıksu geri kazanımı: Atıksuların olduğu yerde arıtılarak kullanılması (bu çalışma kapsamında turizm tesislerinin atıksularını tekil arıtma kurarak arıtması ve yeniden kullanılmasını ifade etmektedir),

Karışık evsel atıksu: Turizm tesisinde bina içinde oluşan tüm atıksuların karışık hali (odalar, mutfak, çamaşırhane, genel alanlar vb.).

İki kademe akım ayırımı: Turizm tesisinde atıksuların gri su ve siyah su olarak ayrılması,

Üç kademe akım ayırımı: Turizm tesisinde atıksuların gri su, sarı su ve kahverengi su olarak ayrılması,

Gri su: Turizm tesisinde odalarda oluşan duş ve lavabo suları (bu çalışma kapsamında mutfak ve çamaşırhane atıksuları yüksek kirlilik içeriğinden dolayı, gri su kapsamı dışında bırakılmıştır).

Siyah su: Turizm tesisinde bina içinde oluşan gri su haricindeki tüm atıksular (sifon suyu ile beraber tuvalet atıkları, mutfak ve çamaşırhane suları),

Sarı su: Ayrı toplanmış idrar (az miktarda sifon suyunu da içermektedir),

Kahverengi su: Ayrı toplanmış dışkı.

1.3 Arıtılmış Atıksuyun Yeniden Kullanımıyla İlgili Yasal Düzenlemelere Örnekler

Uygulanabilir politikaların oluşturulabilmesi için risk yönetimi içeren, yerel şartlara uygun yaklaşımların doğru şekilde analiz edilmesi gereklidir. Atıksuların güvenli bir şekilde yeniden kullanımı ile ilgili gereklilikleri ve limit değerleri içeren yasal düzenlemelerin oluşturulması veya geliştirilmesinde genel olarak aşağıda aşamaları verilen süreç izlenebilir:

- Mevcut politikalar ile uyumlu bir mekanizmanın oluşturulması,
- Hedeflerin belirlenmesi,
- Durum analizi, politikaların değerlendirilmesi ve ihtiyaç analizi,
- Siyasi destek,
- Araştırma.

Atıksuların geri kazanımında birincil riskler patojenler ve kimyasal kalıntılardan kaynaklanır. Bu nedenle, yasal düzenlemeler söz konusu riskleri engelleyecek nitelikte olmalıdır.

Bununla birlikte, yasal düzenleme ve buna bağlı olarak oluşturulacak standartların belirlenmesinde aşağıda verilen temel hedefler dikkate alınmalıdır:

- Yeraltı suyunun korunması,
- Yüzey sularının korunması,
- Ekim alanları ve toprağın korunması,
- Halk sağlığı ile ilgili risklerin engellenmesi,
- Toplumun atıksuyun yeniden kullanımından kaynaklanabilecek hastalıkların bulaşmasından korunması,
- Çevreye ve halk sağlığına zarar vermeyecek arıtma sistemleri teknolojilerinin kurulması ve kullanılmasının sağlanması (WHO, 2006).

Dünyada Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanım Kriterleri

Ülkelerin atıksu geri kazanımı açısından yasal düzenlemeleri farklılıklar göstermektedir. Genel olarak yasal düzenlemeler değerlendirildiğinde belirli miktar suyun üzerinde kullanım olduğunda atıksu geri kazanımının zorunluluk olmasından, teşviklere ya da geri kazanımın her koşulda yasak olmasına kadar çok farklı yaklaşımlar olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, diğer bir dikkat çeken husus ise çok sıkı yasal düzenlemelerin bulunmasının, yasa dışı atıksu geri kazanım uygulamalarına zemin hazırladığıdır. Yasal düzenlemelerin, çok sıkı olmasının tamamen kontrolsüz ve istenmeyen uygulamaların önünü açtığı görülmektedir. Bu nedenle, atıksu geri kazanımı ile ilgili yasal düzenlemeler, yasal olmayan atıksu geri kazanım uygulamalarına yönlendirmeyecek kadar rahat ancak halk sağlığını tehlikeye atmayacak kadar detaylı ve sıkı olmalıdır. Kullanım amaçlarına göre geri kazanım kriterleri ile ilgili yapılan uluslararası yasal düzenlemeler

Tablo 1 ve Tablo 2’de özetlenmiştir. Çeşitli ülkelerdeki durumu özetlemek gerekirse; İspanya’da su arıtımı ve geri kazanımı ile ilgili hazırlanmış ve uygulanmakta olan yasal düzenlemeler bulunmaktadır (Royal Decree 1620/2007). Geri kazanılmış suyun kalitesi kentsel kullanım, tarımda sulama suyu olarak kullanım, endüstriyel kullanım, rekreasyonel kullanım ve çevresel kullanım olmak üzere 5 ayrı kategoride ele alınmış ve bu kullanımlarda parazitik helmint yumurtası, E. coli, askıda katı madde ve bulanıklık olmak üzere 4 ana parametre esas alınarak tanımlanmıştır. Uygunluk durumuna, suyun geri kazanımı periyodu süresince kalite parametreleri ölçümlerinin %90’nının standardın şartlarını sağlaması ile karar verilmektedir. Avustralya’da ise tüm gri su arıtma tesisleri işletmelerinin Altyapı ve Planlama Bölümü’nden izin alması zorunludur. Resmi onay, arıtılmış gri suyun 26 hafta boyunca izlenmesi ve limit değerlere uygun olduğunun görülmesi sonucunda verilmektedir.

Tablo 1 Çeşitli Ülkelerde arıtılmış atıksuların kullanım amacına göre sağlaması gereken kriterler

KULLANIM ALANI	KENTSEL SULAMA ve YOL YIKAMA		TUVALET REZERVUARI		
	İspanya ^a (karışık atıksu)	Avustralya– Victoria ^a (karışık atıksu)	Çin ^b	Japonya ^a (gri su)	Avustralya– Queensland ^a (gri su)
ÜLKELER					
PARAMETRELER					
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ), mg/L	-	<20	<10	<20	<10
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), mg/L	-	-	-	<30	-
Askıda Katı Madde, mg/L	20	< 30	-	-	< 10
Amonyum Azotu, mg/L	-	-	<10	-	-
Toplam Fosfor, mg/L	-	-	-	-	-
Serbest Klor, mg/L	-	-	-	0,1 (serbest) 0,4 (bağlı)	-
Bulanıklık, NTU	10	-	<5	-	< 5 (maksimum) < 2 (%95)
pH	-	6-9	-	5,8-8,6	-
Koku	-	-	-	olmamalı	-
Renk ve şeffaflık, l/m	-	-	-	Renksiz ve şeffaf	-
E. coli, cfu/100 mL	200	<1000	-	bulunmamalı	<10 (maksimum) <1 (%95)
Fekal coli, sayı/100 ml	-	-	3	-	-
Parazitik helmitler	1 yumurta/10 L	-	-	-	-

a:Bu değerler ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından (EPA) 2012 de yayınlanan ‘Guidelines for water reuse’ dan alınmıştır.

b: Bu değerler Greywater Treatment with a Submerged Membrane Sequencing Batch Reactor (Scheumann, 2010)’den alınmıştır.

ABD’de atıksu geri kazanım açısından eyaletler arasında ciddi farklılıklar görülmektedir (örn. Kaliforniya ve Florida, Kaliforniya’da geri kazanılan atıksuların % 48’i tarımsal sulama amacıyla kullanılırken –Florida’da geri kazanılan atıksuların %66’sı kentsel yeşil alanların sulanmasında, %14’ü yeraltı suyu beslenmesinde ve %13’ü endüstriyel amaçlı kullanılmaktadır). Kaliforniya Bina Standartları

Komisyonu tarafından hazırlanmış olan yasal düzenlemelere göre gri su duş, küvet, banyo lavabosu ve çamaşır makinesi veya çamaşır küvetinden kaynaklanan atıksulardan oluşmakta mikrobiyal kontaminasyon riskinin azaltılması için diğer atıksu kaynaklarının karışmasına izin verilmemektedir (EPA, 2012). Florida’da ise çoğu belediye tarafından gri su geri kazanımına izin verilmemektedir. Gerekçe olarak da kanalizasyona gelecek atıksu miktarında azalma ve buna bağlı problemler ile merkezi arıtma çıkışında geri kazanılacak atıksu miktarının azalması gösterilmektedir (Bahman, 2010).

Aşağıda Arıtılmış Suların Sınırlandırılmamış Kentsel Kullanım Amacıyla Kullanım Kriterleri Tablosunda (Tablo 2’de) yer alan “Sınırlandırılmamış Kentsel Kullanım” Peyzaj sulamanın bütün çeşitleri (golf sahaları, parklar, mezarlıklar), araç yıkama, tuvalet rezervuarlarında kullanım, yangın söndürme sistemlerinde ve soğutma kulelerinde kullanım ile diğer benzeri kullanım alanlarını içermektedir.

Tablo 2. Arıtılmış Suların Sınırlandırılmamış Kentsel Kullanım Amacıyla Kullanım Kriterleri (EPA, 2012).

Yeniden Kullanım Amacı	Arıtma Tipi	Geri Kazanılmış Suyun Kalitesi ¹	İzleme Periyodu	Açıklamalar
Sınırlandırılmamış Kentsel Kullanım	- İkincil Arıtım ² - Filtrasyon ³ - Dezenfeksiyon ⁴	-pH=6,0-9,0 -BOİ ₅ ≤ 10 mg/l -Bulanıklık ≤ 2 NTU ⁵ -Fekal koliform: 0/100 ml ^{6,7} -Bakiye klor > 1 mg/l ⁸ (min)	-pH: Haftalık -BOİ: Haftalık - Bulanıklık: Sürekli -Koliform: günlük -Bakiye klor: sürekli	- Erişimi kontrollü olan sulama alanlarında, tasarım ve işletme şartlarının halkın su ile temasını en aza indirdiği durumlarda, halkın geri kazanılmış su ile temas edebileceği durumlarda en az ikincil arıtma ve dezenfeksiyon sonrası fekal koliform değeri <14 adet/ 100 ml'den küçük olmalıdır. - Su kalitesini sağlamak üzere filtrasyon öncesinde kimyasal (koagülan ve/veya polimer) ilavesi gerekebilir. - Geri kazanılmış su ölçülebilir seviyede patojen içermemelidir. - Geri kazanılmış su berrak ve kokusuz olmalıdır. - Virüs ve diğer parazitlerin inaktif hale gelmesi veya yok edilmesi için daha fazla bakiye klor ya da daha uzun dezenfeksiyon temas süreleri kullanılabilir. - Arıtılmış atıksu dağıtım sisteminde (en son uygulama noktasında), koku ve şlam oluşum, ile bakteri gelişimini önlemek için bakiye klor değeri 0,5 mg/l'nin üzerinde olmalıdır.

1:Bu değerler, Amerika bulanık, özellikle yasal düzenleme ve kuralları olmayan eyaletlerde doğrudan kullanılır. Bu kurallar, Amerika'nın dışındaki birçok yerlerde kullanılmasına karşın bazı ülkelerdeki bölgesel şartlar nedeniyle tam uygulanamayabilir.

2: İkincil arıtma, aktif çamur sistemleri, biyodisk, damlatmalı filtreler, stabilizasyon havuzları, havalandırılmalı lagünleri vb içerebilir.

3: Kum filtreleri veya mikrofiltrasyon ile ultrafiltrasyon gibi membran filtreler olabilir.

4: Dezenfeksiyon, geri kazanılmış atıksudan, kimyasal, fiziksel ve biyolojik yolla patojenik mikroorganizmaların giderilmesidir. Dezenfektan olarak klor, UV, ozon ve diğer kimyasal dezenfektanlar kullanılabilir. Dezenfektan olarak klor kullanılması, diğer dezenfeksiyon yöntemlerinin de kullanımını kısıtlamaz.

5: Tavsiye edilen bulanıklık değeri dezenfeksiyon öncesinde sağlanmalıdır. Hiç bir zaman 5 NTU'yu geçmemelidir. Bulanıklık yerine AKM'nin kullanıldığı durumlarda, AKM değeri 5 mg/l'nin altında olmalıdır.

6: 7 günlük ortalama değerleri karakterize eder.

7: Fekal koliform değeri hiç bir zaman 14 ad/100 ml'yi geçmemelidir

8: Bakiye klor değeri 30 dk temas süresi sonrasındaki değeri karakterize etmektedir.

ABD’de gri su açısından ulusal politika bulunmamakla birlikte, ilgili mevzuata eyaletler bakmaktadır ve yaklaşık 30 eyalette gri su mevzuatı bulunmaktadır (Bahman, 2010). Bazı eyaletlerde gri su çalışmaları NSF, UPC ve IPC gibi enstitülerde yürütülmektedir (EPA, 2012). Su kullanımında risklerin minimize edilmesine yönelik 2011 yılında NSF/ANSI Standard 350 serisi standartları oluşturulmuştur (NSF, 2011a ve 2011b). Oluşturulan standartlarda ürün özellikleri, tasarım kriterleri, inşa edilmesi ve arıtım performansına yönelik değerlendirmeler yer almaktadır. Bu standartta (NSF/ANSI Standart 350, 2011) yerinde geri kazanılacak atıksular için su kalite kriterleri yer almaktadır (Tablo 3). NSF/ANSI Standardı, debisi 5.7 m³/gün’e kadar veya daha büyük olan gri su arıtma sistemleri için hazırlanmıştır. Standart, 5.7 m³/gün’e kadar kapasitesi olan gri su arıtma, 5.7 m³/gün’e kadar kapasitesi olan konuta özgü atıksu arıtma, ve kapasitesi 5.7 m³/gün’nün üzerinde ticari atıksu ve çamaşırhane atıksu arıtımı için kullanılan ticari arıtma sistemlerine uygulanmaktadır. Bu sistemler kullanılarak arıtılmış suyun son kullanımı rezervuarlar gibi bina içi kısıtlanmış kullanım ve bina dışı bahçe sulaması gibi kısıtlanmamış kullanım için uygundur. Çıkış suyu kriterleri konutlarda arıtım için kısıtlanmış bina içi ve kısıtlanmamış bina dışı (Sınıf R), veya çok konutlu ve ticari sistemler için kısıtlanmış bina içi ve kısıtlanmamış bina dışı (Sınıf C) olarak sınıflandırılmıştır. ANSI/NSF 350 ve 350-1 standartlarının gerekliliklerini karşılayabilecek arıtma proseslerinin son üniteleri ileri filtrasyon ve dezenfeksiyon olmalıdır denmektedir. Membran biyoreaktör (MBR) sistemlerinin yerinde uygulamaları sonucu elde edilen su, sulama amaçlı ve bina içinde insani tüketim amaçları dışında kullanılabilir. Membran biyoreaktör (MBR) sistemlerinin yerinde uygulamaları sonucu elde edilen su, sulama amaçlı ve bina içinde insani tüketim amaçları dışında kullanılabilir.

Tablo 3. NSF/ANSI Standart 350 çıkış suyu kriterleri

Parametre	Sınıf R		Sınıf C	
	Ortalama	Tek Örnek (maksimum)	Ortalama	Tek Örnek (maksimum)
pH	6,0-9,0	-	6,0-9,0	-
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	10	25	10	25
Askıda Katı Madde	10	30	10	30
Bulanıklık	5	10	2	5
E. coli (EMS/100mL)	14	240	2,2	200
Depolama Tankı Dezenfeksiyonu ⁽¹⁾ (mg/L)	≥0,5-≤2,5	-	≥0,5-≤2,5	-
Renk	Değer raporlanacak	-	Değer raporlanacak	-
Koku	Tespit edilmemeli	-	Tespit edilmemeli	-
Yağ ve köpük	Tespit edilmemeli	Tespit edilmemeli	Tespit edilmemeli	Tespit edilmemeli
Enerji sarfiyatı	Değer raporlanacak	-	Değer raporlanacak	-

¹toplam klorür; diğer dezenfektanlar da kullanılabilir.

1.4 Ülkemizde Atıksuların Sulama Suyu Olarak Kullanımına Dair Yasal Düzenleme

Ülkemizde, arıtılmış atıksuların sulama suyu olarak kullanılması ile ilgili yasal düzenlemeler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY), Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (20.03.2010) ve Ekleridir. Sulama suyu kriterleri, Tebliğ ekinde yer alan “EK 7-Arıtılmış Atıksuların Sulama Suyu Olarak Geri Kullanım Kriterleri”nde tanımlanmaktadır. Arıtılmış atıksuların sulamada yeniden kullanılması için sulama amacına bağlı olarak iki sınıf (Sınıf A ve Sınıf B) kriter tanımlanmıştır (**Tablo 4**). Sınıf A-Ticari olarak işlenmeyen gıda ürünlerinin ve park, bahçe, kentsel alanların sulanması, Sınıf B- Ticari olarak işlenen gıda ürünleri (meyve bahçeleri ve üzüm bağları), çim üretim ve kültür tarımı gibi halkın girişinin kısıtlı olduğu yerler ve otlak hayvanları için mera ve saman yetiştiriciliğidir. Sınıf A için sağlanması gereken kriterler, Sınıf B’ye kıyasla daha sıkıdır. Ticari olarak işlenmeyen gıda ürünlerinin ve park, bahçe gibi kentsel alanların sulanmasında, hem yenen ürün ile hem de park, bahçe gibi alanlarda insanların bitkiler ile teması olabileceği için iyi kalitede sulama suyu gerekmektedir ve sulama suyunun mikrobiyolojik kalitesi çok iyi kontrol edilmelidir. Bunun yanında, ticari olarak işlenen gıda ürünleri (Meyve bahçeleri ve üzüm bağları), çim üretim ve kültür tarımı gibi halkın girişinin kısıtlı olduğu yerler ve otlak hayvanları için mera ve saman yetiştiriciliğinde, sulama suyu daha düşük kalitede olabilmektedir. Ayrıca, ilgili Tebliğ Ekinde, bazı özel uygulamalarda, ilave kriterlerin de uygulanabildiği belirtilmektedir.

Tebliğe göre evsel nitelikli atıksuların EK7-Tablo E7.1’ de belirtilen parametrelerin temelinde yapılan analiz sonucuna göre aynı Tablonun Sınıf A veya Sınıf B bölümünde belirlenen alanlarda ve bitki türlerinde sulama suyu olarak kullanılmasına izin verilir. Kentsel nitelikli atıksularda Tablo E7.1’e ilaveten Tablo E7.2’de belirtilen parametreler temelinde yapılacak analiz sonuçlarına göre Tablo E7.3, Tablo E7.4, Tablo E7.5 ve Tablo E7.6’da belirtilen bitkilerin hassasiyet durumları da sulamada dikkate alınır. Atıksuda bulunan çözünmüş tuzlar, bor, ağır metal ve

benzeri toksik maddeler yörenin iklim yapısına ve toprak özelliklerine bağlı olarak ortamda birikebilmekte ve bunlar bitkiler tarafından kullanımı söz konusu olabilmektedir. Bunun için arıtılan atıksuların arazilerde kullanılması durumunda suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerinin yanı sıra yörenin toprak özellikleri ile iklim, bitki örtüsü ve sulama yöntemleri de dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, Tebliğde yer alan Tablo E7.7’de sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları verilmiştir. Bu elementlerden yüksek konsantrasyonlarda alındığında, yaprakların zarar görmesi veya büyümede gerileme gibi etkiler görülebilmektedir. Normal koşullarda, evsel atıksularda ağır metal ve eser elementlerin konsantrasyonu, genellikle kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmaktadır. Ancak, endüstriyel deşarjların karışmasının muhtemel olduğu durumlarda, konsantrasyonlar yükselebilmektedir. Bu durumda, ilgili Tebliğ’de yer alan E7.2-E7.8’de yer alan kriterlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Tablo 4 Sulamada kullanılacak arıtılmış atıksuların sınıflandırılması (Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek-7-Tablo 7.1)

Geri kazanım türü	Arıtma tipi	Geri kazanılmış suyun kalitesi ^a	İzleme periyodu	Uygulama mesafesi ^b
Sınıf A				
a-Tarımsal sulama: Ticari olarak işlenmeyen gıda ürünleri ¹				
b-Kentsel alanların sulanması				
a)Yüzeysel ve yağmurlama sulama ile sulanan ve ham olarak direkt olarak yenilebilen her tür gıda ürünü	-İkincil arıtma ^c -Filtrasyon ^d -Dezenfeksiyon ^e	-pH=6-9 -BOİ ₅ < 20 mg/L -Bulanıklık < 2 NTU -Fekalkoliform: 0/100 mL ^{g,h}	-pH: Haftalık -BOİ ₅ : Haftalık -Bulanıklık: Sürekli -Koliform: günlük	İçme suyu temin edilen kuyulara en az 50 m mesafede
b)Her türlü yeşil alan sulaması (Parklar, golf sahaları vb.)		-Bazı durumlarda, spesifik virüs, protozoa ve helmint analizi istenebilir. -Bakiye klor > 1 mg/L ⁱ	-Bakiye klor: sürekli	
Açıklamalar:				
-Tarımsal sulamada tavsiye edilen ağır metal analizlerine dikkat edilmelidir.				
-Standartları sağlamak üzere filtrasyon öncesinde koagülant ilavesi yapılabilir.				
-Geri kullanılacak arıtılmış atıksu renksiz ve kokusuz olmalıdır.				
-Virüs ve diğer parazitlerin yok edilmesi için daha uzun dezenfeksiyon temas süreleri kullanılabilir.				
-Arıtılmış atıksu dağıtım sisteminde (en son uygulama noktasında) bakiye klor değeri 0.5 mg/L'nin üzerinde olmalıdır.				
-Virüs ve diğer parazitlerin yok edilmesi için daha uzun dezenfeksiyon temas süreleri kullanılabilir.				
-Yüksek nütrient içeriği besinleri büyüme aşamasında etkileyebilir.				
Sınıf B				
a-Tarımsal sulama: Ticari olarak işlenen gıda ürünleri ^m				
b-Girişi kısıtlı sulama alanları				
c- Tarımsal sulama: Gıda ürünü olmayan bitkiler				
a)Meyve bahçeleri ve üzüm bağları gibi ürünlerin salma sulama ile sulanması	-İkincil arıtma ^c -Dezenfeksiyon ^e	-pH=6-9 -BOİ ₅ < 30 mg/L -AKM < 30 mg/L -Fekalkoliform< 200 ad/100 mL ^{g,j,k}	-pH: Haftalık -BOİ ₅ : Haftalık -AKM: günlük -Koliform: günlük	-İçme suyu temin edilen kuyulara en az 90 m mesafede.
b)Çim üretimi ve kültür tarımı gibi halkın girişinin kısıtlı olduğu yerler		-Bazı durumlarda, spesifik virüs, protozoa ve helmint analizi istenebilir. -Bakiye klor > 1 mg/L ⁱ	-Bakiye klor: sürekli	-Yağmurlama sulama yapıyor ise halkın bulunduğu
c)Otlak hayvanları için mera sulaması				bulunduğu ortama en az 30m mesafede
Açıklamalar:				
-Tarımsal sulama için tavsiye edilen limitlerde göz önünde bulundurulmalıdır.				
-Püskürtmeli sulama yapıyor ise AKM < 30 mg/L olmalıdır.				
-Yüksek nütrient içeriği besinleri büyüme aşamasında etkileyebilir.				

-Süt hayvanlarının meralara girişi sulama yapıldıktan 15 gün sonra olmalıdır. Bu süre kısa olması gerektiği durumlarda, Fekal koliform değeri en fazla 14 ad/100 mL olabilir.

^aAksi belirtilmedikçe, arıtılmış atıksu kalitesini belirtmektedir.

^bSu kaynaklarını ve dolayısıyla insanları arıtılmış atıksuyun etkisinden korumak için konuluş bir sınırlamadır.

^cİkincil arıtma, aktif çamur sistemleri, biyodisk, damlatmalı filtreler, stabilizasyon havuzları, havalandırılmalı lagünleri vb içerebilir.

^dKum filtreleri veya mikrofiltrasyon ile ultrafiltrasyon gibi membran filtreler olabilir.

^eDezenfektan olarak klor kullanılması, diğer dezenfeksiyon yöntemlerinin de kullanımını kısıtlamaz.

^fTavsiye edilen bulanıklık değeri dezenfeksiyon öncesinde sağlanmalıdır. Hiç bir zaman 5 NTU'yu geçmemelidir. Bulanıklık yerine AKM'nin kullanıldığı durumlarda, AKM değeri 5 mg/L'nin altında olmalıdır.

^g7günlük ortalama değerleri karakterize eder.

^hFekal koliform değeri hiç bir zaman 14 ad/100 mL'yi geçmemelidir.

ⁱBakiye klor değeri 30 dk temas süresi sonrasındaki değeri karakterize etmektedir.

^jFekal koliform değeri hiç bir zaman 800 ad/100 mL'yi geçmemelidir.

^kStabilizasyon havuzları Fekal koliform değerini dezenfeksiyon olmadan da sağlayabilir.

^lİleri arıtma uygulanmalıdır.

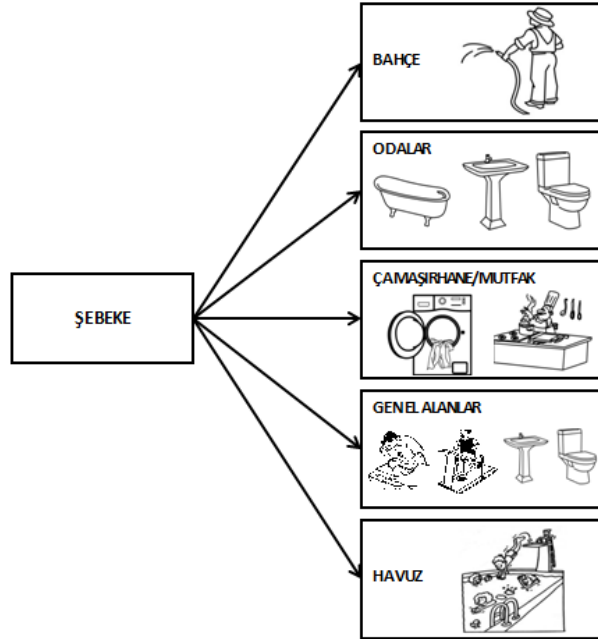
^mTicari olarak işlenen gıda ürünleri halka satılmadan önce patojen mikroorganizmaların öldürülmesi için fiziksel veya kimyasal bir işlemde geçirilen ürünlerdir.

2 TURİZM SEKTÖRÜNDE SU KULLANIMI VE ATIKSU GERİ KAZANIMI

2.1 Turizm sektöründe su kullanımı

Turizm, su kullanımının yoğun olduğu sektörler arasında yer almaktadır. Otellerde oluşan atıksu otelin sınıfına, fiziksel özelliklerine, otelin yönetim sistemine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Genel olarak su kullanım alanları aşağıda verilmiştir (Şekil 1)

- odalar,
- çamaşırhane ve mutfak,
- genel alanlar (spor salonu, sauna, genel alanlardaki tuvaletler vb.),
- bahçe sulama,
- golf sahası sulama
- yüzme havuzlarının beslenmesi,
- süs havuzları ve göletlerin beslenmesi,
- iklimlendirme (soğutma kulesi ve kazanlarda)



Şekil 1 Turizm tesislerinde en yaygın su kullanım alanları

Kullanılan su miktarını etkileyen faktörlerin başında otelin büyüklüğü, yüzme havuzu, golf sahası ve otelin yönetim sistemi gelmektedir (Tortella vd. 2011). Bununla birlikte, yeşil alanların ve golf sahalarının sulanması ile havuzlar için besleme suyu miktarları misafir sayısından etkilenmemektedir. Otel işletmede olduğu sürece otelin özelliklerine bağlı olarak sabit bir su kullanım miktarı olacak ve doluluğa bağlı olarak su kullanım miktarı artacaktır. Bu çerçevede, misafir başına hesaplanan toplam su tüketimi doluluğa bağlı olarak değişecektir.

Özellikle yeşil alanın geniş olduğu otellerde peyzaj sulama en büyük su kullanım alanıdır. Sulama yapılan yeşil alanın büyüklüğü ve diğer kullanımlara bağlı olarak değişmekle birlikte, peyzaj sulamadaki su kullanım miktarının toplam miktar içindeki payı %50-60'lara ulaşabilmektedir (TÜBİTAK MAM, 2014). Turizm yörelerinde en çok tercih edilen sulama sistemi yağmurlama ve mikro yağmurlama sulama sistemleridir. Sulama suyu ihtiyacı sulama sistemi yöntemine göre değişmektedir. Suyun en verimli kullanıldığı yöntemden, en verimsiz kullanıldığı yönetime göre yapılan sıralamanın damla sulama > mikro yağmurlama > yağmurlama > karıkvari sulama > salma sulama şeklinde olduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle, damla sulama yöntemi ile kullanılacak su miktarı en düşük, salma sulama yöntemiyle kullanılacak su miktarı ise en yüksek miktar olacaktır.

2.2 Turizm Sektöründe Atıksuların Geri Kazanımı

Turizm sektöründe su kullanımı yoğun olmasına karşın, atıksu geri kazanım uygulamaları ile ilgili bazı kaygılar, söz konusu uygulamaların yaygınlaşması önünde engel teşkil etmektedir. Arıtma teknolojilerinin gelişmesi ve arıtılmış su kalitesinin iyileşmesi sayesinde, son yıllarda uygulamalar artmaya başlamıştır. Turizm tesislerinde arıtılmış atıksuların en yaygın kullanım alanı peyzaj sulamadır. Ancak kış aylarında sulamaya ihtiyaç olmadığından, geri kazanılan atıksuların kullanım alanı sınırlanmakta ve arıtılmış atıksular sifon rezervuarlarında olduğu gibi kentsel amaçlı ya da yapay gölet besleme gibi çevresel restorasyon amacıyla kullanılabilir.

Turizm tesislerinde yerinde atıksu geri kazanımı yapılabileceği gibi merkezi arıtma tesislerinden elde edilen geri kazanılmış su da kullanılabilir. Tesislerin yerinde ve müstakil olarak atıksu geri kazanımı yapmaları durumunda alternatifler şunlardır;

- Karışık evsel atıksuyun arıtılması ve sulama amaçlı yeniden kullanması,
- İki kademe akım ayırımı yapılarak gri suların ayrılması ve gri suyun peyzaj sulama ve/veya rezervuarda yeniden kullanılması,
- Üç kademe akım ayırımı yapılarak, bileşenlerin geri kazanılması (gri suyun su olarak, sarı suyun gübre olarak geri kazanımı, kahverengi sudan enerji elde edilmesi).

Ayrıca bu alternatiflerden ayrı olarak ya da bu alternatiflerle birlikte yağmur suyu hasadı yapılması da söz konusudur. Yerinde atıksu geri kazanım alternatifleri teknik, çevresel ve sosyal kriterler açısından karşılaştırılmış ve Tablo 5’te verilmiştir. Buna göre, kurulum kolaylığı ve performans açısından en iyi alternatifin karışık evsel atıksuyun sulama amaçlı kullanılması olduğu görülmektedir. Misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli en düşük olan alternatif yağmur suyu hasadı iken, rahatsızlık verme potansiyeli en yüksek alternatif, üç kademe akım ayırımı uygulamasıdır (TÜBİTAK MAM, 2014.). Üç kademe akım ayırımı uygulaması kurulum kolaylığı açısından en dezavantajlı olan alternatiftir. Buna karşın, üç kademe akım ayırımı uygulaması, çevresel fayda açısından en avantajlı alternatif olarak öne çıkmaktadır. Bu çerçevede, turizm tesislerinin, üç kademe akım ayırımı yaparak, bileşenleri geri kazanması, hem ekonomik, hem de teknik ve idari problemler sebebiyle, günümüz koşullarında öncelikli bulunmamıştır.

Tablo 5. Atıksu geri kazanım alternatiflerinin teknik, çevresel ve sosyal kriterler açısından karşılaştırılması

Alternatifler	Kurulum Kolaylığı*		İşletme kolaylığı ve performansı**	Misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli***	Çevresel fayda****
	Eski Otel	Yeni Otel			
Yağmur suyu hasadı	++	+++	+++	+++	+
Karışık evsel atıksu geri kazanımı (sulama amaçlı)	+++	+++	+++	+	++
Gri su geri kazanımı (sulama ve/veya rezervuar amaçlı)	+	++	++	++	++
Üç kademe akım ayırımı (gri su, sarı su, kahverengi su) geri kazanımı	+	+	+	+	+++

Açıklama: birbirine kıyasla performanslarını göstermektedir, +: kötü, ++:iyi, +++: çok iyi

*Tadilat ve özel ürün gerektirmesi vb.

**İşletme ve bakım kolaylığı, kaynak gereksinimi, vb.

***koku, görüntü kirliliği, misafirler tarafından kabul edilebilirliği, sağlık açısından riski

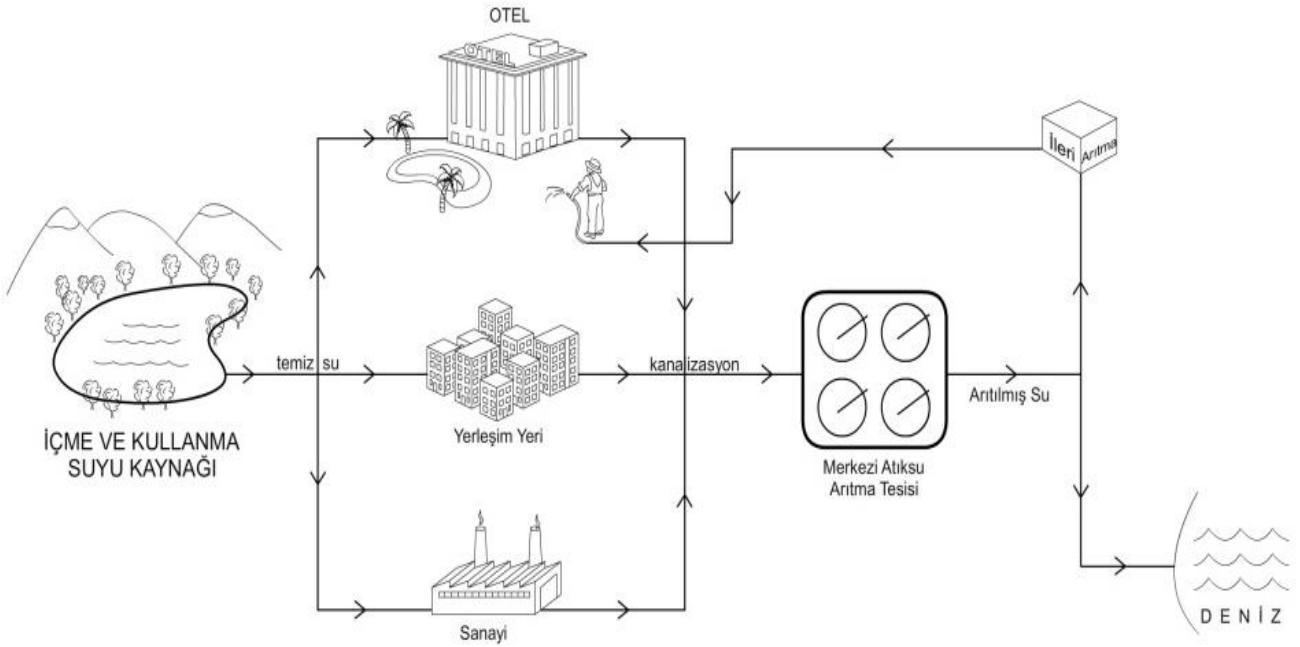
****doğal kaynakların korunması/geri kazanımı

Buna göre turizm tesisleri için uygun olabilecek atıksu geri kazanım alternatifleri aşağıda detaylandırılmıştır;

➤ **Kentsel Atıksu Geri Kazanımı: Merkezi Arıtma Tesisinde İleri Arıtılmış Suların Turizm Tesislerinin Peyzaj Sulamasında Kullanılması**

Kentsel atıksular (evsel, endüstriyel, turizm vb.) kanalizasyon sistemi ile toplanıp, merkezi atıksu arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra borular yardımıyla turizm tesislerine taşınabilir ve peyzaj sulamada yeniden kullanılabilirler (Şekil 2). Bu durumda, yeniden kullanılacak arıtılmış suların, merkezi arıtmada en az kum filtrasyonundan geçirilmesi ve dezenfekte edilmesi önerilmektedir. Alternatif olarak, merkezi olarak ileri arıtma yapılması ve membran filtrasyonu sonrasında (mikrofiltrasyon ve/veya ultrafiltrasyon) dezenfeksiyon yapılmış suların peyzaj sulamada kullanılması da söz konusudur. Bu durumda, daha iyi kalitede arıtılmış su elde edilmesi mümkündür.

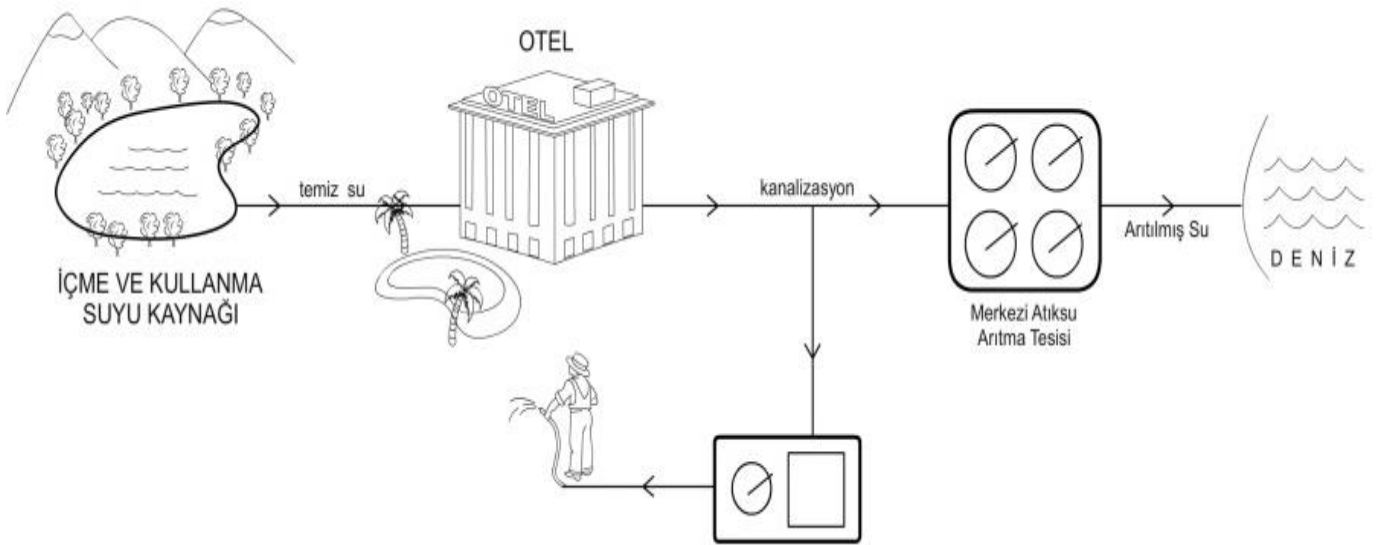
Merkezi atıksu geri kazanımı yapılması durumunda, arz ve talep dengelenmekte ve bunun sonucunda müstakil geri kazanıma kıyasla daha fazla miktarda atıksu geri kazanılabilmektedir. Ayrıca, merkezi geri kazanımın gerek yatırım, gerekse de işletme maliyetleri müstakil atıksu geri kazanımına kıyasla daha düşüktür. Özellikle merkezi arıtma tesisinin yeterli olduğu ve topoğrafyanın uygun olduğu yerlerde merkezi atıksu geri kazanımı avantajlıdır. Bununla birlikte, sistemin uzmanlar tarafından işletilmesi ve arıtılmış suyun düzenli kontrolünün mümkün olması, merkezi atıksu geri kazanımını ön plana çıkarmaktadır.



Şekil 2 Merkezi atıksu arıtma tesisinde ileri arıtılan suların turizm tesislerinde peyzaj sulamada kullanılması

➤ **Tesisin Karışık Evsel Atıksuyunu Yerinde Arıtarak Yeniden Kullanması**

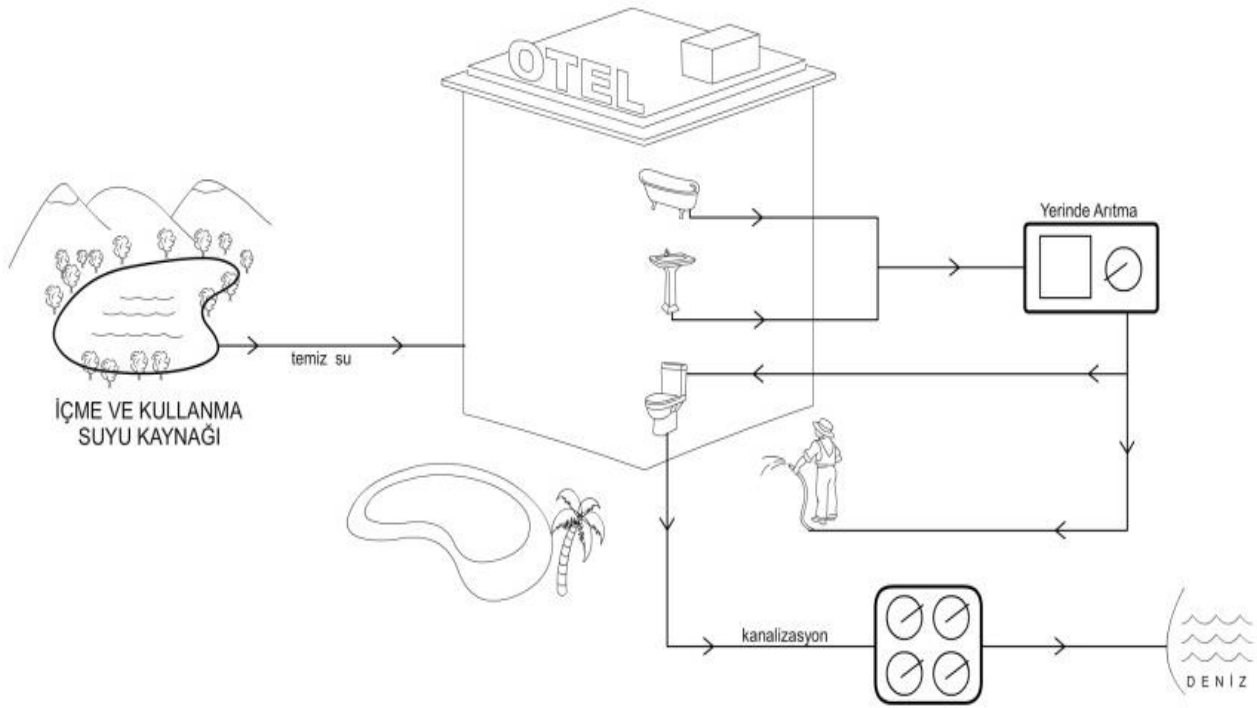
Turizm tesisinde oluşan evsel nitelikli atıksular (bina içinde oluşan evsel nitelikli atıksuların karışık hali örneğin odalar, tuvaletler, mutfak, çamaşırhane atıksuları), turizm tesisi alanı içerisinde arıtıldıktan sonra, peyzaj sulamada yeniden kullanılabilirler (Şekil 3).



Şekil 3 Turizm tesislerinde oluşan atıksuların yerinde arıtım yapılarak peyzaj sulamada kullanılması

➤ **Tesisin İki Kademeli Akım Ayırımı Yapması ve Gri Atıksuyunu Yerinde Arıtarak Yeniden Kullanması (diğer atıksuların kanalizasyona deşarjı)**

Turizm tesisinde, odalarda oluşan gri atıksular ayrılarak, turizm tesisi alanı içerisinde arıtıldıktan sonra, peyzaj sulamada ve/veya tuvalet rezervuarlarında yeniden kullanılabilirler (Şekil 4).



Şekil 4 Turizm tesislerinde oluşan gri atıksuların ayrı toplaması ve arıtılarak peyzaj sulama ve sifon suyu olarak kullanılması

➤ **Tesisin, Çatıdan Yağmur Suyunu Toplayarak Arıtması ve Çeşitli Amaçlarla Kullanması**

Yağışın fazla olduğu ve/veya diğer atıksu geri kazanım alternatiflerinin uygulanmadığı turizm tesisleri için uygun olabilir. Toplanan yağmur suyu, peyzaj sulama, araç yıkama, yapay gölet besleme gibi çeşitli amaçlar için kullanılabilir.

Bir otel örneği için, evsel nitelikli atıksuyun ve ayrık akımlarının arıtıldıktan sonra peyzaj sulama ve kentsel amaçlı yeniden kullanımının avantajları, olası güçlükleri ve

pratikte karşılaşılabilecek sorunlar ve kısıtlamalarla ilgili bilgiler **Tablo 6**'de özetlenmiştir.

Tablo 6 Su geri kazanımı uygulamaları kategorileri, kısıtlamalar ve karşılaşılan sorunlar (Lazarova vd, 2013 ve Urkiaga vd., 2008).

Kategori	Potansiyel Uygulama	Kısıtlamalar/olası sorunlar	Kazanılan dersler/ tecrübeler
Peyzaj Sulama	<ul style="list-style-type: none">- çim alan- bahçe- golf sahası	<ul style="list-style-type: none">- su kalitesinin süs bitkilerini etkilemesi- patojenlerle ilgili olarak halk sağlığının etkilenmesi- yüksek maliyet ve halkın kabulü- yüzey akış ve aerosol kontrolü- yeraltı suyu ve toprak kirliliği	<ul style="list-style-type: none">- başarılı uzun dönemli deneyim mevcut,- iyi örnekler mevcut,- suyun sürekli kontrolü ile sağlık güvenliğinin sağlandığından emin olunması.
Kentsel Kullanım	<ul style="list-style-type: none">- tuvalet rezervuarları- yangın söndürme- araç yıkama- yol ve tenis kortu gibi alan sulama/yıkama	<ul style="list-style-type: none">- hatlarda/tanklarda korozyon, birikim, biyolojik üreme,- aerosol yolu ile patojen geçişinin halk sağlığını etkilemesi- şebeke suyuna karışma- kullanımdan sonra ulaştığı diğer su kaynaklarında kirlilik	<ul style="list-style-type: none">- çift dağıtım sisteminin bakımı ve sürekli kontrolü gerekli,- dezenfeksiyonun uygulanması durumunda şebeke suyuna karışma durumunda dahi ciddi sağlık probleminin raporlanmamış olması

3 ALTERNATİF ARITMA TEKNOLOJİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Atıksu geri kazanım uygulamalarında, arıtma yöntemi ve kademesi, yeniden kullanım amacına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bazı ülkelerde kentsel atıksu geri kazanımı için minimum arıtma gereksinimi vardır. Örneğin ABD’de tüm kentsel atıksuların en az ikincil arıtmaya tabi tutulması gerekmektedir. İkincil arıtmada askıda katı madde ve biyolojik olarak ayrışabilir organik maddenin giderilmesi gerçekleştirilmektedir. Kentsel ve evsel atıksuların arıtımında kullanılan konvansiyonel arıtma uygulamalarında arıtma kademeleri şu şekildedir:

Birincil arıtma	→	Askıda katı madde ve onunla birlikte bir miktar organik madde gideriminin gerçekleştiği fiziksel, mekanik ve/veya kimyasal işlemler
İkincil arıtma	→	Karbon giderimi / biyolojik arıtma ile atıksuda bulunan askıda katı madde ve biyolojik olarak ayrışabilir organik maddenin giderimi
Üçüncül / ileri arıtma	→	İkincil arıtmadaki karbon giderimine ilave olarak atıksuda bulunan besin maddelerinin giderimi / genel olarak atıksu geri kazanımı amacıyla biyolojik arıtma sonrasında uygulanan filtrasyon, adsorpsiyon, oksidasyon ve membran filtrasyon prosesleri de ileri arıtma olarak ifade edilmektedir.

Arıtma yöntemini ve özelliklerini belirleyen en önemli husus, arıtılmış suyun kullanım amacı ve sağlanması gereken minimum su kalitesi kriteridir. Sağlanması gereken şartlar kullanım amaçlarına göre farklılık göstermektedir. Örneğin arıtılmış atıksuyun sulama amaçlı kullanılması durumunda sudaki besi maddeleri avantaj sağlarken, arıtılmış suyun içme suyu kaynaklarını etkilemesi söz konusu ise; örneğin yeraltı suyu besleme vb., fazla besin maddesinin giderilmesi gerekmektedir. Ayrıca arıtılmış atıksuyun sadece sulama amaçlı kullanılması durumunda bile sulanacak ürün özelliklerine göre sağlanması gereken şartlar farklılık gösterebilmektedir.

Tablo 7'de uygulanabilecek arıtma yöntemleri yer almaktadır (EPA, 2012).

Tablo 7 Yeniden kullanım amacına göre arıtma yöntemleri(EPA,2012)

ARITMA SEVİYESİ →				
<u>Arıtma seviyesi</u>	<u>Birincil arıtma</u>	<u>İkincil arıtma</u>	<u>Filtrasyon ve dezenfeksiyon</u>	<u>İleri arıtma</u>
Proses	Çöktürme	Biyolojik arıtma ve dezenfeksiyon	Kimyasal koagülasyon, biyolojik ya da kimyasal besin maddesi giderimi, filtrasyon ve dezenfeksiyon	Aktif karbon, ters osmoz, ileri oksidasyon prosesi, toprakta arıtma vb.
Yeniden kullanım amacı	Kullanılamaz	Bağ bahçe sulamasında salma sulama Tarımsal sulama (yenmeyen ürünler) Sınırlı peyzaj sulama uygulaması İçme amaçlı kullanılmayan akifer beslemesi, Sulakalan, habitat geliştirme Endüstriyel soğutma suyu	Peyzaj ve golf sahası sulaması Tuvalet rezervuarında kullanım Araç yıkama Tarımsal sulama (yenen ürünler) Sınırlamasız çevresel uygulamalar Endüstriyel kullanım	Dolaylı insani amaçlı tüketim (yeraltı suyu besleme, içme suyu kaynağının beslenmesi ve yüzeysel su kaynağı beslemesi ve insani amaçlı tüketim dahil)
İNSAN TEMASI	İnsan teması seviyesinde artış →			
MALİYET	Maliyet artışı →			

Kentsel atıksu geri kazanımı için ikincil ve üçüncül arıtma sonrasında uygulanan arıtma yöntemleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

3.1 Konvansiyonel Filtrasyon Prosesleri

Filtrasyon prosesi filtre tipine bağlı olarak askıda katı madde, partiküller ve bir miktar da çözünmüş madde giderebilen sistemlerdir. Dezenfeksiyonun verimi açısından filtrasyon prosesi önemlidir. Patojenler genellikle partiküllere tutunma eğiliminde olduğundan bu durum patojenlerin çeşitli proseslerle giderimini zorlaştırmaktadır (EPA,2012). Bu nedenle filtrasyon prosesi partikül giderimi ile birlikte bir kısım patojenler uzaklaştırıldığından dezenfeksiyon verimi de olumlu etkilemektedir. Filtrasyon prosesi, derin yatak filtrasyonu (depthfiltration) ve kek filtrasyonu (surfacefiltration) olmak üzere temel 2 başlıkta gruplanabilir.

Derin yatak filtrasyonunda (depthfiltration) partiküller, gözenekli malzemelerle dolu derin bir yatakta malzeme aralarında tutulur ve giderilirler, örneğin hızlı kum filtresi bu sınıftadır. Hızlı filtrasyonda yaygın olarak silika kumu kullanılmakla birlikte farklı malzemeler de kullanılabilir (Soyer vd., 2010; Soyer vd., 2011). Örneğin silika kumu haricinde en yaygın kullanılanlar garnet ve antrasittir. Kek filtrasyonunda ise partikül gideriminde etkili olan mekanizma partiküllerin malzeme yüzeyinde birikerek tutulması ve giderilmesidir, örneğin membran filtrasyonu ve yavaş kum filtresi bu sınıftadır. Kek filtrasyonu genellikle gravite ile gerçekleşir.

3.2 Membran Filtrasyonu Uygulamaları

Yarı geçirgen bir membrana basınç uygulanarak partikülleri, organik maddeleri, bakteri vb. mikroorganizmaları ve mineralleri vb. maddeleri ayırma amacıyla tercih edilen sistemlerdir. Bu sistemler uzun yıllardır içme, kullanma suyu (örn. deniz suyundan tatlı su eldesi) ve yüksek kalitede su gerektiren proses suyu elde etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Atıksu geri kazanımında kullanılan membranlar; inorganik (seramik vb.) veya organik esaslıdır (polimerik; selüloz asetat, polyamid, polysulphon vb.). Membran filtrasyon prosesleri, mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters osmoz (RO) olmak üzere dörde

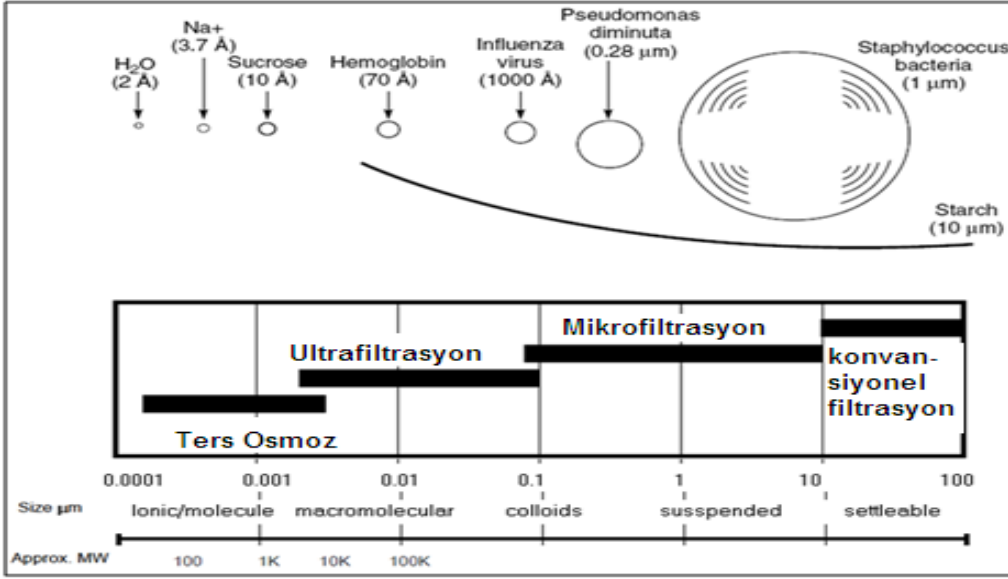
ayrılır. Bu prosesler arasındaki temel fark gözenek çapı ve ayırım mekanizmasındaki farktan kaynaklanmaktadır. Şekil 5’de membran filtrasyon prosesleri sınıflandırması şematik olarak gösterilmiştir. Membran filtrasyon sınıfları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Mikrofiltrasyon (MF); gözenek açıklığı yaklaşık 0,03-10 µm olan ve kum, çamur, balçık, algler ve bazı bakteri türlerini ayırırlar. Mikrofiltrasyon, virüsler için bariyer oluşturmaz, ancak dezenfeksiyon ile birlikte kullanıldığında sudaki bu tür mikroorganizmaları da kontrol altında tutabilir.

Ultrafiltrasyon (UF); gözenek açıklığı 0,001-0,1 µm olan ve mikrofiltrasyona göre yüksek uygulama basıncına sahiptir. Mikrofiltrasyonda tutulabilen tüm mikrobiyolojik materyalleri tutar, virüsler için mutlak bir bariyer oluşturmaz. Ultrafiltrasyon ile bulanıklık %99 civarında giderilebilir.

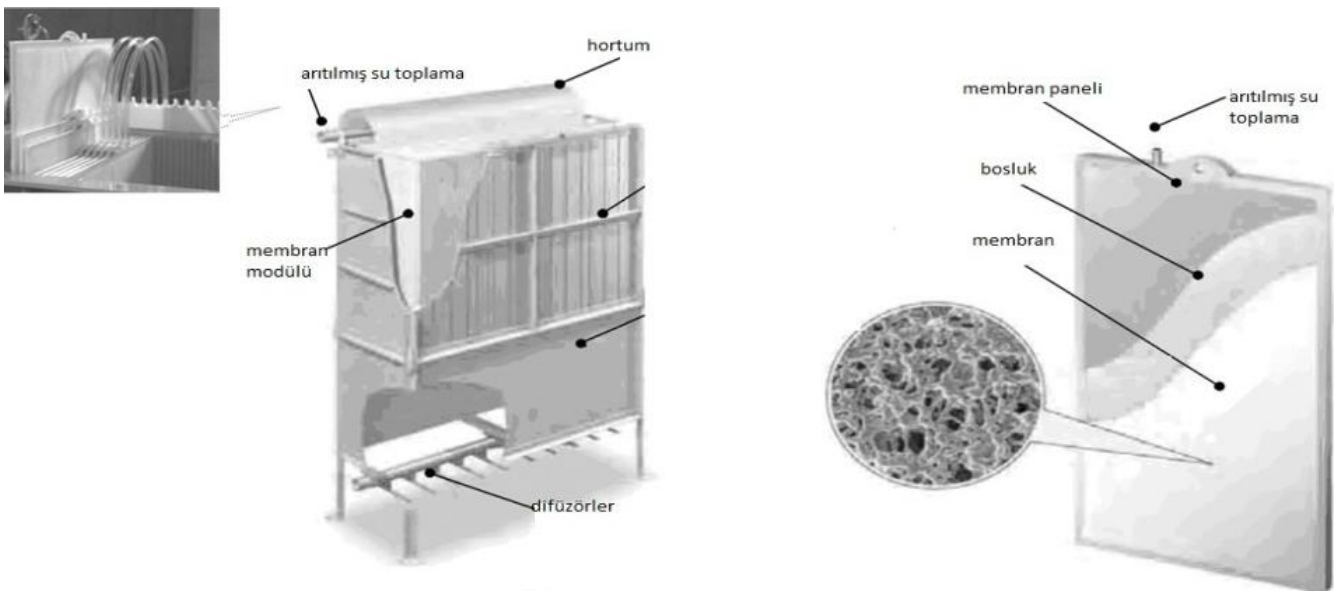
Nanofiltrasyon (NF); gözenek açıklığı 0,005-0,05 µm civarındadır ve uygulanan basınç ultrafiltrasyona göre daha yüksektir. Bu membranlarda tüm bakteri ve virüsler ayrılabilir. NF su yumuşatma amaçlı olarak da kullanılabilirdiğinden elde edilen su korozif olabilmektedir. NF membranları kolloid maddeden zarar görebilir ve öncesinde iyi bir ön arıtım gerekmektedir.

Ters osmoz (RO);membran gözenek açıklığı $< 0,002$ µm olan hemen hemen sadece suyun geçişine izin veren yarı geçirgen bir membran içerir ve sistem yüksek basınç altında çalışır. Ters osmoz membranı sudaki tüm inorganik kirleticileri etkin bir şekilde ayrılabilirken, aynı zamanda radyum, doğal organik maddeler, pestisitler, kistler, bakteri ve virüsleri de ayırmaktadır. Ters osmoz da nanofiltrasyon gibi bozulmalara hassastır ve öncesinde iyi bir ön arıtım gerekmektedir.



Şekil 5. Membran proseslerinin sınıflandırılması (Hocaoğlu 2010, Baker, Richard 2004, ve Kommedal 2003'ten uyarlanmıştır).

Biyolojik Arıtma Olarak Membran Biyoreaktör Uygulamaları : Batık MBR uygulamalarında temel olarak iki farklı membran modülü, düz tabaka tipi (flat sheet) ve içi boş fiber membranlardan oluşan membran modülü (hollow fibre) kullanılmaktadır. Düz tabaka tipi membran modülü şematik olarak aşağıda Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Batık düz tabaka tipi membran modülü şematik gösterimi(Judd 2006'dan uyarlanmıştır).

3.3 İleri Oksidasyon

İleri oksidasyon prosesleri, organiklerin oksidatif olarak parçalanması için hidroksil radikallerinin ($\cdot\text{OH}$) üretilmesi prensibine dayanan arıtma işlemleri olarak ifade edilmektedir. O_3 , $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$, VUV, $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, O_3/UV , $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, Fenton, foto-Fenton, kimyasal oksidasyon (Ultrasound/ H_2O_2 , Ultrasound/ O_3 vb), fotokataliz prosesi gibi kombine ileri oksidasyon proseslerinin yüksek oksidasyon kapasitesine sahip radikal üretimi yapan prosesler olduğu belirtilmektedir (Gogate ve Pandit, 2004a,b; Yonar, 2005). Biyolojik olarak ayrışamayan, çoğunlukla toksik ve/veya inert kirleticilerin oksidasyonu için gerekli hidroksil radikali, fotokimyasal ve fotokimyasal olmayan yollarla üretilir. Bu proseslerin en önemli özelliği, bazı düşük konsantrasyonlardaki kirleticilerin tam mineralizasyonunu kısa sürelerde sağlayabilmeleri, endüstriyel bir atıksuyun toksitesini azaltabilmeleri ve biyolojik ayrışabilirliklerini genel olarak arttırmalarıdır (Ledacowicz ve Gonera, 1998).

3.4 Dezenfeksiyon

Klor ve bileşikleri, brom, iyot, ozon, hidrojen peroksit gibi kimyasal ve ısı, ışık (UV) ve ses dalgaları gibi fiziksel yöntemler kullanılarak, suyun içinde bulunan insan sağlığını tehlikeye düşüren zararlı mikroorganizmaların (patojen) sudan uzaklaştırma işlemidir. Dezenfeksiyon işlemi; fiziksel, kimyasal ve mekanik olarak yapılabilmektedir. Fiziksel yöntemler; ısı, UV, güneş ışığı, elektromanyetik ve ses, kimyasal yöntemler; klor ve bileşikleri, halojenler, ozon, permanganat, fenolik bileşikler, hidrojen peroksit, alkali ve asitler vb., mekanik yöntemler ise membran filtrasyon vb. işlemlerdir.

Bu işlemlerden en yaygın olanı klorlamadır. Atıksularda kontaminasyon riski olduğundan suda bir miktar bakiye klor bulunması istenmekle birlikte suda bulunan organik maddeler yüzünden klorla dezenfeksiyon sonucu insan sağlığını tehlikeye düşürebilen yan ürünler (Trihalometan-THM ve Haloasetik Asit-HAA) oluşabilmektedir.

Fiziksel dezenfeksiyon yöntemlerinden UV ile dezenfeksiyonda, UV ışını, organizma tarafından adsorbe edilerek, herhangi bir kimyasal madde veya oksidan ilave etmeden, mikroorganizmaların DNA molekülüne zarar verip, hücreye kalıcı etki yapar. Bu kalıcı etki, UV ışınının dalga boyu ile ilgili olup en çok etki, 250-265 nm dalga boyu aralığında gerçekleşirken, en ideali 254 nm dalga boyudur. Ultraviyole Sistemleri, tekli ve çoklu lambalı üniteler olmak üzere iki çeşittir. Mono lambalı UV üniteleri 0,26 m³/h - 5 m³/h kapasiteleri arası, multi lambalı UV üniteleri ise 6 m³/h- 86 m³/h arası efektif olarak çalışırlar. UV ile dezenfeksiyonun en önemli avantajlarından birisi çevre ve insan sağlığına zarar verecek yan ürünlerin oluşmamasıdır. UV dezenfeksiyonuna etki eden en önemli husus, bilindiği üzere, atıksu içerisindeki bulanıklık ve askıda katı madde konsantrasyonudur. UV ile dezenfeksiyon verimi, bulanıklığın düşük olduğu örneğin membran biyoreaktör ve doğrudan membran filtrasyonu çıkış sularında özellikle tercih edilebilir. Ancak yine de yeniden kullanım öncesinde bakiye klorlama yapmak uygun olacaktır.

Diğer bir kimyasal dezenfeksiyon yöntemi de ozonlamadır. Ozon temas tanklarına beslenen gaz içerisindeki ozon konsantrasyonu oldukça düşük olduğu için gaz-sıvı transfer verimi sistemin ekonomisi açısından oldukça önemlidir ve bunun için derin ve kapalı temas tankları yapılır. Dezenfeksiyon teknolojilerin mikroorganizma üzerinde etkilerinin karşılaştırılması

Tablo 8’de, bu teknolojilerin üstün ve zayıf yönleri ise Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 8 Klorlama, ozonlama ve UV ile dezenfeksiyonun, bakteri, protozoa ve virüslere olan etkisi (Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek-4)

Mikroorganizma tipi	Klorlama	Ozonlama	UV
Bakteri	Çok etkili	Çok etkili	Etkili
Protozoa	Etkisiz-az etkili	Etkili	Çok etkili
Virüs	Çok etkili	Çok etkili	Etkili

Tablo 9 Klorlama, Ozonlama ve UV'nin atıksu dezenfeksiyonundaki üstün ve zayıf yönleri (Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek-4)

Üstünlükleri	Zayıf yönleri
Klorlama	
<ul style="list-style-type: none"> -Etkili bir dezenfektandır. -Çok iyi bilinen bir teknolojidir. -Bakiye klor kullanılabilir. -İlk yatırımı ucuzdur. -Klor gazından daha emniyetli olan kalsiyum ve sodyum hipoklorit kullanılabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> -Tehlikeli bir kimyasaldır. -Diğer dezenfektantlara göre daha uzun temas süresi gerekir. -Dezenfeksiyon yan ürünü oluşur. -Atıksuyun TDS seviyesini bir miktar artırır. -Cryprosporidium üzerinde etkili değildir. -Düşük dozajlarda, bazı virüs, spor ve kistler üzerinde etkili değildir.
Ozonlama	
<ul style="list-style-type: none"> -Etkili bir dezenfektandır. -Bazı virüs, spor, cysts ve oocysts türleri üzerinde klora göre daha etkilidir. -Klora göre daha kısa temas süresi gerekir. -Daha az alan kaplar. -Çözünmüş oksijeni artırır. -Eser organik maddelerinkonsantrasyonunun azaltılması için kullanılabilir 	<ul style="list-style-type: none"> -Bakiye ozonun uzaklaştırılması gerekmektedir. -Bakiye ozon etkisi yoktur. - Düşük dozajlarda, bazı virüs, spor ve kistler üzerinde etkili değildir. -Korozif ve toksiktir. -İlk yatırım ve işletme maliyetleri yüksektir.
UV	

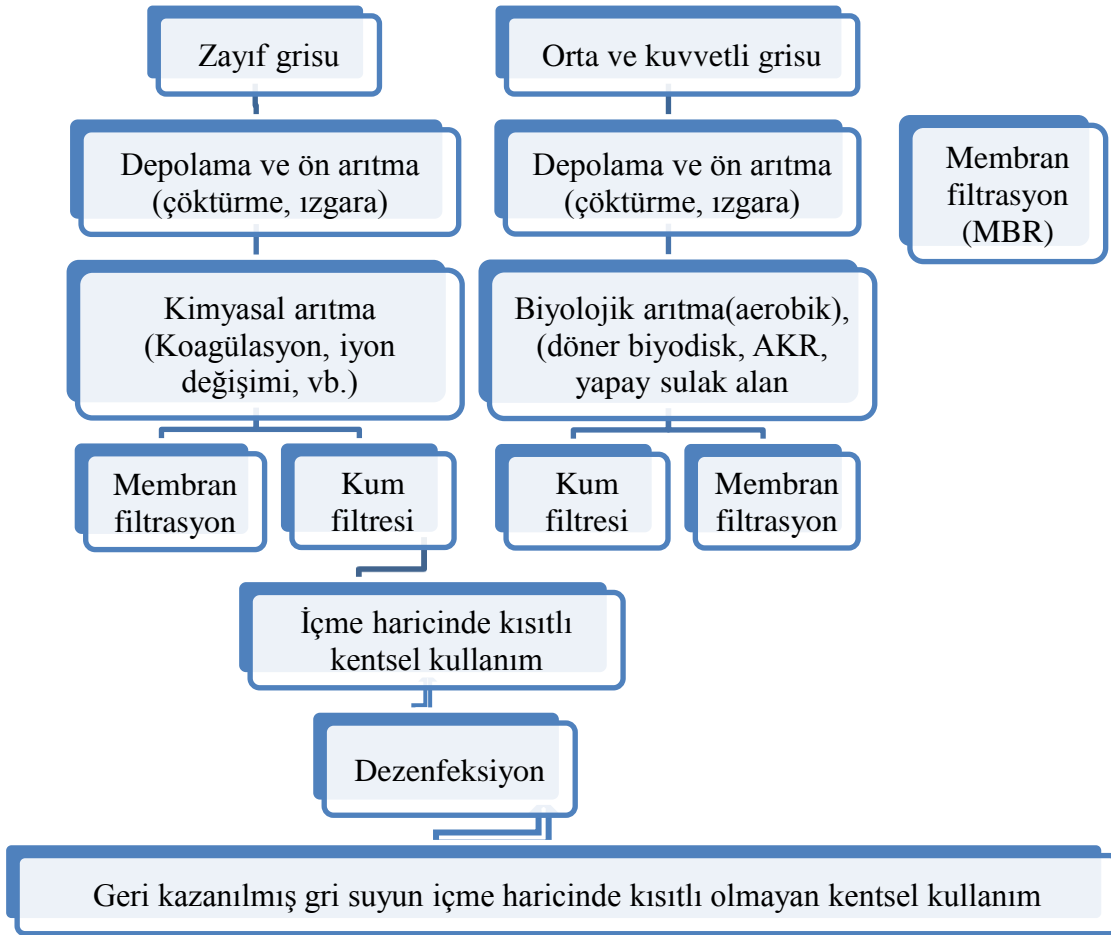
Üstünlükleri	Zayıf yönleri
<ul style="list-style-type: none">-Etkili bir dezenfektandır.-Kimyasal madde kullanılmamaktadır.-Bazı virüs, spor, cysts ve oocysts türleri üzerinde klora göre daha etkilidir.-Dezenfeksiyon yan ürün oluşumu yoktur.-TDS seviyesini artırmaz.-Güvenlidir.-Klorlamaya göre daha az alan kaplar.-Eser organik maddelerin konsantrasyonunun azaltılması için kullanılabilir.	<ul style="list-style-type: none">-Bakiye etkisi yoktur.-Düşük dozajlarda, bazı virüs, spor ve cysts türleri üzerinde etkili değildir.-Hidrolik tasarım önemlidir.-İlk yatırım maliyeti yüksektir.-UV lambalarının yüzeyi zamanla kapanabilir.

3.5 Gri Suların Arıtılması

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, gri suların arıtımı amacıyla çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik sistemlerin uygulanabilirliğinin araştırıldığı görülmektedir. Çalışma yapılan teknolojiler filtrasyon, ultrafiltrasyon gibi fiziksel arıtma seçeneklerinden yapay sulak alan, döner biyodisk, ardışık kesikli reaktör (AKR), membran biyoreaktör (MBR) gibi biyolojik arıtma seçeneklerine kadar çok çeşitlidir. Gri suların arıtımının değerlendirildiği bir çalışmada (Fangyue vd. 2009) önerilen gri su arıtma teknolojileri **Şekil 7**'de gösterilmiştir. Burada gri sular; zayıf su (sadece banyo suları) ve orta ve kuvvetli gri su (banyo suları, mutfak ve çamaşırhane suları) olarak ayrı gruplanmış ve buna göre ayrı teknolojiler önerilmiştir.

Gri suların karakterizasyonu, banyolarda kullanılan su miktarı ve bunu etkileyen oda özellikleri (örneğin tasarruflu başlıkların kullanıp kullanılmaması, odada jakuzi bulunup bulunmaması), kullanılan temizlik maddeleri ve miktarları gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir. Atıksu karakterizasyonundaki farklılık ise seçilecek arıtma sisteminin özelliklerini etkileyebilmektedir. Bu nedenle, eğer mümkünse atıksu karakterizasyonu incelenerek uygun arıtma sisteminin seçiminin yapılması önerilmektedir. Arıtılmış suda biyolojik olarak ayrışabilir organik maddelerin bulunması istenmez. Kolay ayrışabilen organik maddeler kontaminasyon durumunda ve depolama esnasında bakteriyolojik çoğalmaya sebep olabilir. Bu durumda, biyolojik arıtma (ikincil arıtma) önem kazanmaktadır. TÜBİTAK MAM (2014) tarafından turizm tesislerinde yapılan çalışmada, her ne kadar sadece odalarda oluşan

gri sular toplanmış olsa da, atıksuyun aslında çok da seyreltik olmadığı ve çoğu zaman biyolojik arıtma gerektirdiği görülmüştür. Çalışma yapılan turizm tesislerinden birinde, özellikle temizlik saatlerinde kirlilik artışı belirgin bulunmuştur. Odalarında küvet bulunan ve tasarruflu duş başlıklarının kullanıldığı söz konusu turizm tesisinde, gri sularının yeniden kullanım öncesinde bir biyolojik arıtma sistemi ile arıtılmasının gerekliliği nettir. (TÜBİTAK MAM, 2014.).



Şekil 7 Kaynağına göre gri suların arıtılması yöntemleri (Fangyue vd., 2009).

Turizm tesislerindeki mevcut uygulamalar incelendiğinde, gerek gri suyun, gerekse de karışık evsel atıksuyun geri kazanımı amacıyla genellikle gelişmiş teknolojilerin kullanıldığı ve MBR teknolojisinin yaygın olduğu görülmektedir.

4 ATIKSU GERİ KAZANIM YÖNTEMİ VE ARITMA TEKNOLOJİSİNİN SEÇİMİ

Uygun atıksu geri kazanım yönteminin seçimi su kullanım ihtiyacı, geri kazanılacak potansiyel atıksu miktarı, kullanım alanındaki ihtiyacın değişimi, tesisin açık olduğu süre gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Örneğin yaz ve kış aylarında su kullanım ihtiyaçları, kış aylarında sulama ihtiyacının olmaması sebebiyle farklıdır. Bu nedenle, öncelikle tüm su kullanım alanları dikkate alınarak su kütle dengesinin kurulması ve mevsimlere bağlı değişimin irdelenmesi önemlidir. Atıksu geri kazanım teknolojisinin seçimi aşamasında, ilgili yönetmeliklerin gerekliliklerini sağlayan herhangi bir arıtma teknolojisinin seçimi mümkündür. Ancak, turizm tesisleri faaliyet gösterdikleri hizmet sektörü itibari ile hassas bir sektördür. Sektörün bir çevre yatırımı yaparken dikkate aldığı kriterler arasında sadece finansal fizibilite sonucu değil, teknik, çevresel ve sosyal kriterler de (arıtma performansının salınım göstermemesi, değişken koşullara adapte olabilmesi, güvenilirliği, işletme-bakım kolaylığı, uygulamanın misafirlere rahatsızlık vermemesi vb.) yer almaktadır. Bu çerçevede, gerek atıksu geri kazanım yönteminin, gerekse de teknolojinin seçimi aşamasında aşağıda örneği verilen karar matrisi kullanılabilir. Buna göre, karar verme aşamaları aşağıdaki adımlardan oluşur;

1. Problemin tanımı,
2. Değerlendirme yönteminin seçilmesi,
3. Kriterin belirlenmesi,
4. Kriterlerin önceliklendirilmesi (önem derecesinin belirlenmesi),
5. Alternatiflerin belirlenmesi:
6. Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi,
7. Karar matrisinin oluşturulması ve öncelik sıralamasının yapılması.

Turizm tesisleri için uygun olabilecek kriterler listesi örnek olarak aşağıda verilmiştir (**Tablo 10**).

Tablo 10. Kriterler listesi örneği

Kriterler

Mali kriterler

Yatırım maliyeti

Geri ödeme süresi

İşletme maliyeti

Teknik kriterler

Arıtılmış su kalitesi

Değişken debi ve atıksu karakterizasyonuna adaptasyonu

İşletme ve bakım kolaylığı, kaynak gereksinimi

Arazi Gereksinimi

Kurulum Kolaylığı (Tadilat ve özel ürün gerektirmesi vb.)

Sosyal kriterler

Misafirlere rahatsızlık verme potansiyeli (koku, görüntü kirliliği, misafirler tarafından kabul edilebilirliği, sağlık riski)

Çevresel fayda (doğal kaynakların korunması/geri kazanımı)

Getireceği prestij (sertifikasyon avantajı vb.)

Bu çerçevede, örnek olması açısından, bu konuda yapılmış olan bir çalışmanın sonucunda oluşturulan teknolojilerin kriterler bazında kalitatif olarak karşılaştırılması tablosu aşağıda **Tablo 11**'de verilmiştir (TÜBİTAK MAM, 2014.).

Buna göre; arıtılmış su kalitesi açısından, alternatifler arasından en yüksek performansı MBR+dezenfeksiyon teknolojisi sağlamaktadır. Arıtılmış su kalitesi ve performansın salınım göstermemesi açısından MBR teknolojisi daha avantajlıdır. Bununla birlikte alanının kısıtlı olduğu yerlerde yine MBR teknolojisi ön plana çıkmaktadır. Göreceli olarak en düşük performansa sahip alternatif ise, doğrudan membran filtrasyonu+adsorpsiyon+dezenfeksiyon prosesi olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi, atıksuda biyolojik olarak ayrışabilir organik maddenin bulunması ve küçük molekül ağırlığına sahip bu organik maddelerin söz konusu teknolojiye tamamıyla giderilemeyecek olmasıdır. Bu durum, herhangi bir kontaminasyon olması

durumunda, mikrobiyolojik çoğalmanın gerçekleşebilecek olması sebebiyle riskli olarak değerlendirilmiştir. Ancak söz konusu alternatif biyolojik arıtmanın uygun olmadığı çok seyreltik gri sular için değerlendirilebilir. Konvansiyonel aktif çamur+filtrasyon+dezenfeksiyon teknolojisi ile RBC+ filtrasyon+dezenfeksiyon teknolojilerinin arıtılmış su kalitesi açısından benzerlik göstermesi beklenmektedir. Ancak, konvansiyonel aktif çamur+filtrasyon+dezenfeksiyon sistemi, işletme ve bakım kolaylığı açısından daha avantajlıdır.

Tablo 11 Alternatif arıtma teknolojilerinin teknik, çevresel, sosyal ve mali kriterler açısından karşılaştırılması

Alternatifler	Arıtılmış su kalitesi	İşletme kolaylığı *	Değişken koşullara adaptasyonu**	Toplam maliyet***	Alan ihtiyacı	Notlar
Konvansiyonel aktif çamur sistemi+ filtrasyon +dezenfeksiyon	++	+++	++	+++	++	Tıkanmaya bağlı olarak filtre malzemesinin temizleme ya da kirlendikçe değiştirme ihtiyacı vardır. Güvenli ve stabil çıkış suyu kalitesi, membranda tıkanmaya bağlı olarak, yılda 1-2 kez kimyasal olarak membran yıkama ihtiyacı bulunmaktadır (doğrudan basınçlı membran filtrasyonu sistemlerine göre daha az).
MBR+ dezenfeksiyon	+++	++	++	++	+++	UPS gerekli, kopan floklar sebebiyle filtrasyon gerekli. Filtre malzemesinde tıkanmaya bağlı olarak filtre malzemesinin temizleme ya da kirlendikçe değiştirme ihtiyacı vardır.
RBC+filtrasyon+ dezenfeksiyon	++	+++	+	+++	++	Membranda tıkanmaya bağlı olarak, belirli periyotlarla kimyasal olarak membran yıkama ihtiyacı bulunmaktadır. Filtre ve membranların geri yıkaması sırasında kayıplar olur, geri kazanım performansı daha düşüktür, bir miktar kayıp olur.
Doğrudan membran filtrasyonu+ adsorpsiyon+ dezenfeksiyon	+	+	+	+++	+++	Tıkanmaya bağlı olarak filtre malzemelerinin ve membranların zaman içinde yenileme ihtiyacı vardır. Arıtılmış suda biyolojik ayrışabilir organik madde bulunma ihtimali vardır ve kontaminasyon durumunda bakteriyolojik çoğalma görülebilir.

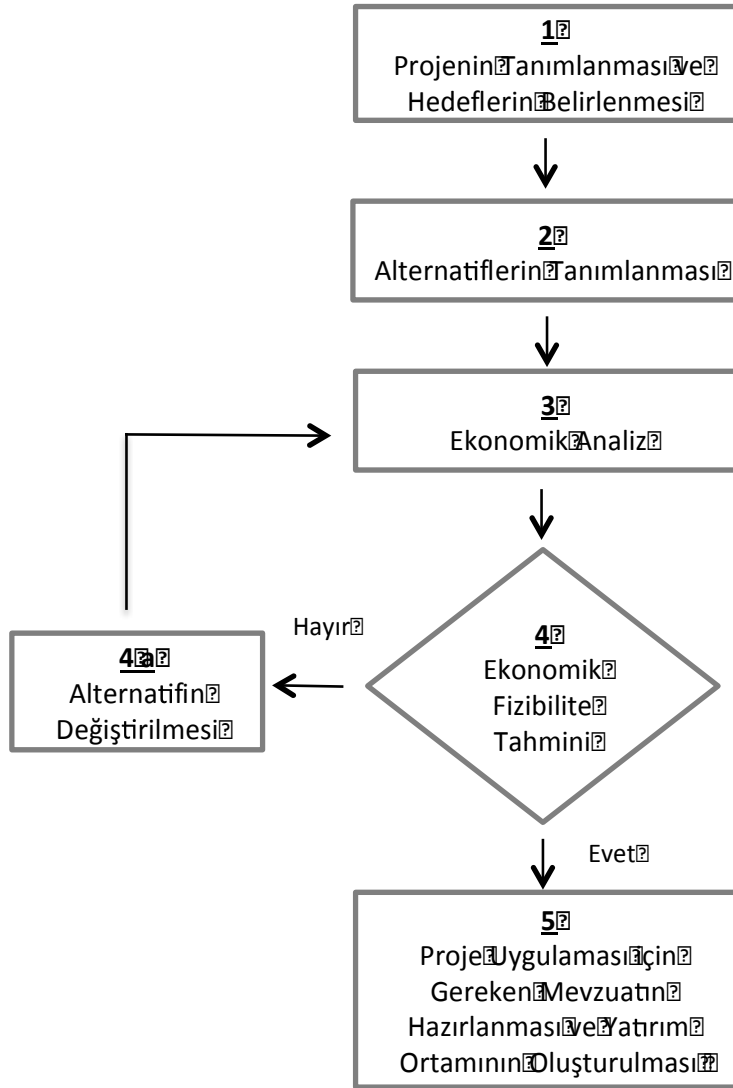
Açıklama: birbirine kıyasla karşılaştırılmasını göstermektedir, +: kötü, ++:iyi, +++: çok iyi *İşletme ve bakım kolaylığı, kaynak gereksinimi, vb.

** Değişken debi ve atıksu karakterizasyonunda performansın salınım göstermemesi , ***İlk yatırım maliyeti ve 5 yıllık işletme maliyeti toplamı olarak alınmıştır.

4.1 ATIKSU GERİ KAZANIMINDA MALİYET ANALİZİ

4.1.1 Kamusal Bakış Açısı ile Atıksu Geri Kazanımında Fizibilite Analizi

Kamusal bakış açısı ile atıksu geri kazanımı konusunda politikalar belirlenirken, merkezi otorite ve su idarelerinin izleyebileceği adımlar sırasıyla, Projenin Tanımlanması ve Hedeflerin Belirlenmesi, Alternatiflerin Tanımlanması, Ekonomik Analiz, Ekonomik Fizibilite Tahmini, Proje Uygulaması için Gerekli Mevzuatın Hazırlanması ve Yatırım Ortamının Oluşturulmasıdır. Buna göre süreç örneği aşağıda şematik olarak gösterilmiş ve her bir aşama aşağıda açıklanmıştır.



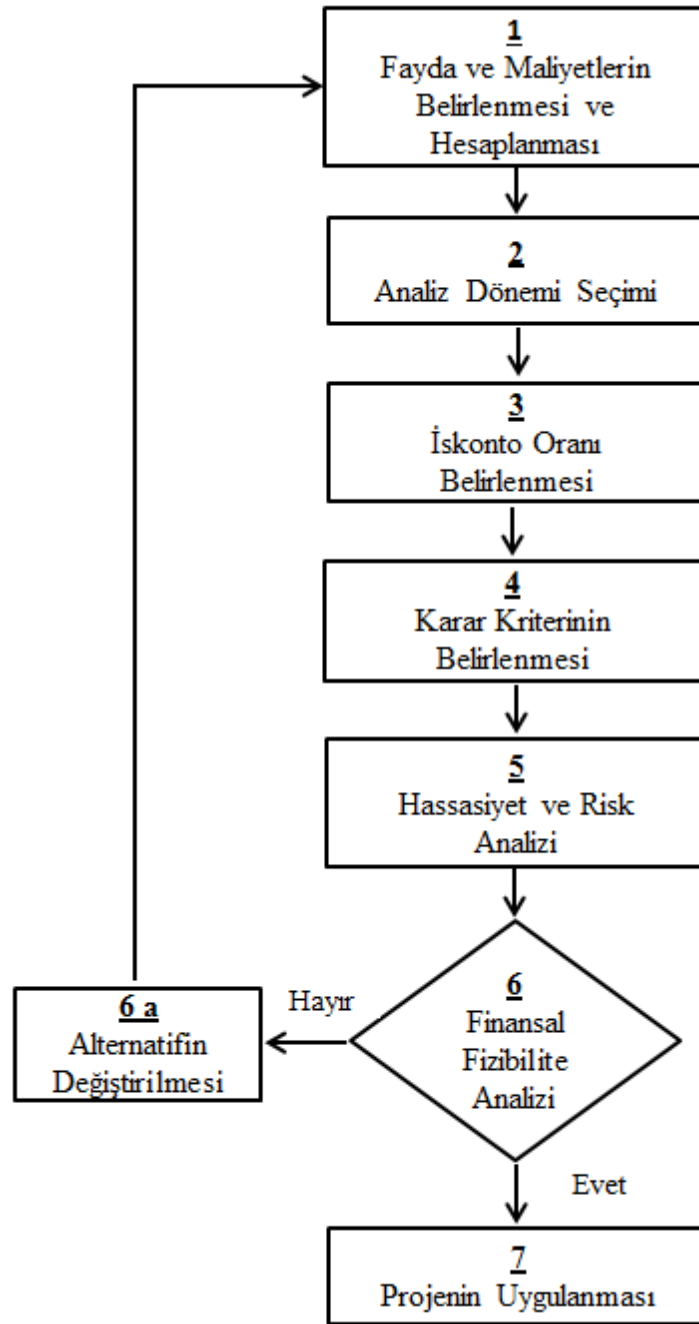
Şekil 8 Kamusal Bakış Açısı ile Atıksu Geri Kazanımında Fizibilite Analizi

- 1. Projenin Tanımlanması ve Hedeflerin Belirlenmesi:** İlk aşamada, projenin coğrafi sınırları çizilerek, bu sınırlar dahilinde ulaşılmak istenen hedef/hedefler belirlenir. Örneğin, bu projede, su kaynaklarının korunması bir hedef olarak seçilmiştir.
- 2. Alternatiflerin Tanımlanması:** Hedef ulaşmada uygulanabilecek alternatif yöntemler ve prosesler tanımlanmalıdır. Bu çalışmada, turistik tesislerin müstakil arıtma yapması ile merkezi bir arıtma kurulması seçeneği iki ayrı alternatif olarak incelenmiştir. Ayrıca, farklı arıtma prosesleri de, alternatifler dahilinde incelenebilir.
- 3. Ekonomik Analiz:** Seçilen alternatif için, fayda ve maliyetlerin ortaya konması ile bir ekonomik analiz gerçekleştirilir. Ekonomik analiz, finansal analizden farklı olarak, fayda ve maliyetleri sadece yatırımcının bakış açısından değil, toplumsal bakış açısı ile inceler. Çevresel maliyetler de mümkün olduğu ölçüde dikkate alınır.
- 4. Ekonomik Fizibilite Tahmini:** Bu aşamada, projenin ve seçilen alternatifin, ekonomik bakış açısıyla, yapılabilir olup olmadığı değerlendirilir. Proje yapılabilirse, bir sonraki aşamaya geçilir, değilse, belirlenen bir diğer alternatif için ekonomik analiz tekrar edilir.
- 5. Proje Uygulaması için Gerekli Mevzuatın Hazırlanması ve Yatırım Ortamının Oluşturulması:** Proje ekonomik bakış açısı ile karlı görünüyor ise, uygulanması konusunda adımlar atılır. Yasal mevzuatta eksiklikler varsa tamamlanır. Yatırımcılar açısından teşviklerin gerekli olduğu görülmüşse, bu konuda gereken çalışmalar yapılır. Proje uygulayıcısı yerel idareler ise, gerekli finansmanın sağlanması için bazı çalışmalar yapılabilir.

4.1.2 Yatırımcı Bakış Açısı ile Atıksu Geri Kazanımında Fizibilite Analizi

Projenin uygulanması aşamasında, uygulayıcılar münferit yatırımcılar da olsa, yerel idareler de olsa, atıksu geri kazanımı konusunda bir yatırıma girmeden önce, izlenen

ana adımlar Fayda ve Maliyetlerin Belirlenmesi, Karar Kriterinin Belirlenmesi, Hassasiyet ve Risk Analizi, Finansal Fizibilite Tahmini ve Projenin Uygulanmasıdır. Buna göre süreç örneği aşağıda şematik olarak gösterilmiş ve her bir aşama aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 9 Yatırımcı Bakış Açısı ile Atıksu Geri Kazanımında Fizibilite Analizi

1. Fayda ve Maliyetlerin Belirlenmesi: Genel olarak bir atıksu geri kazanım projesinin değerlendirilmesinde kullanılacak fayda-maliyet analizinde maliyet parametreleri şunlardır:

Giderler:

- arıtmanın ilk yatırım ve işletme maliyeti (personel, elektrik, kimyasal, bakım-onarım ve yenileme maliyeti ile sarı suyun ayrılması ve gübre olarak satışı durumunda nakliye gideri)
- akım ayrımı gerekli ise ilave borulama maliyeti,
- arıtılmış su bahçe sulamadan farklı amaçla kullanılacak ise, geri kazanılacak suyun dağıtılacağı hattın maliyeti,

Faydalar:

- şebekeden temin edilen su miktarının azalmasına bağlı olarak suya ödenen maliyetin azalması,
- deşarj edilen su miktarının azalmasına bağlı olarak atıksuya ödenen maliyetin azalması,
- gübre ihtiyacının azalmasının maliyeti (karışık su geri kazanımının tarımsal sulamada kullanımı ve buna bağlı gübre kullanımının azaltılması durumu için geçerli),

2. Analiz Dönemi Seçimi: Finansal Analizde dikkate alınacak süre belirlenmelidir (örnek olarak turizm sektöründe atıksu geri kazanımının analiz edildiği çalışmada analiz dönemi 15 yıl olarak belirlenmiştir).

3. İskonto Oranı Belirlenmesi: İskonto Oranı, projenin fırsat maliyetine bağlı olarak belirlenir. Yatırım projelerinde bu oran net %5 - %15 arasında değişebilir. (örneğin turizm sektöründe atıksu geri kazanımının analiz edildiği çalışmada, Kalkınma Bakanlığı'nın belirlemiş olduğu %10 oranı dikkate alınmıştır).

4. Karar Kriterinin Belirlenmesi: Projenin yapılabilir olup olmadığı, farklı kriterlere göre değerlendirilebilir. Aşağıda, yatırımcıların karar alırken göz önünde bulunduracakları bazı kriterler ve hesap yöntemleri anlatılmıştır.

Net bugünkü değer (NBD), yatırımın ekonomik ömrü boyunca sağladığı getirinin bugünkü değerinden yatırım giderlerinin bugünkü değerinin düşülmesi ile elde edilen farkı ifade eder. Bir diğer deyişle, net bugünkü değer; yatırımın nakit girişlerinin bugünkü değeri ile nakit çıkışlarının bugünkü değeri arasındaki farka eşittir. Bir yatırımın veya projenin karlılığını analiz etmeye yarayan bir ölçüttür. NBD pozitif ise yapılması düşünülen yatırım karlı demektir, yani yatırımın sağlayacağı getirinin yatırım için katlanılan sermaye maliyetinden yüksek olduğu anlaşılır. Bugünkü değer, sermaye maliyetini gösteren iskonto oranı ile hesaplanır.

İç getiri oranı veya iç karlılık oranı ise (İKO), yatırım projelerini karşılaştırmak için kullanılan bir orandır. İç karlılık oranı, bir yatırım projesinin net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen diğer bir deyişle nakit girişlerinin bugünkü değerini nakit çıkışlarının bugünkü değerine eşitleyen iskonto oranı olarak tanımlanır. İKO, sermaye maliyeti ile karşılaştırılır ve bunun sonucunda projenin kabulüne veya reddine karar verilir. Sermaye maliyeti (iskonto oranı) %10 olarak kabul edildiğinde, karlılığı %10'un üzerinde olan senaryoların yapılabilir olduğu söylenebilir.

Geri ödeme süresi, bir yatırım projesi için yatırılan paranın kaç yılda geri alınabildiğini gösteren süredir. Bir diğer ifade ile yatırımın sağlayacağı net para girişlerinin yatırım tutarını karşılayabilmesi için geçmesi gereken süredir.

Eğer yatırımdan beklenen yıllık net gelir, her yıl değişiklik gösteriyorsa her yılki net nakit girişi yatırımın tutarına eşit oluncaya kadar toplanır. Aynı miktarda getiri sağlayan projelerden, geri ödeme süresi daha kısa olan proje, yatırım açısından daha tercih edilen yatırımdır.

Atıksu geri kazanımı yatırımının net bugünkü değerinin (NBD) ve yaklaşık geri ödeme süresinin hesabı aşağıda gösterilmiştir.

Yatırımın karlılığını gösteren NBD hesabı şu şekilde ifade edilebilir:

$$NBD = -Y_0 + \sum_{n=1}^n \frac{NF_n}{(1+i)^n} \quad (1)$$

NBD = Net Bugünkü Değer

Y_0 = İlk yatırım maliyeti (arıtma ve gerekli tüm altyapı yatırımlarının toplamı)

NF = Net Fayda

i = iskonto oranı

n = yıl

Burada NF:

$$NF = \{((GK_s) * (F_s) + (GK_s * A_{UB}) + G_g + En)\} - İB \quad (2)$$

GK_s = Yıllık geri kazanılan su miktarı (m^3)

F_s = Birim su fiyatı (TL/ m^3)

A_{UB} = Birim atıksu uzaklaştırma bedeli (TL/ m^3) (şayet su fiyatından ayrı olarak, kullanılan su miktarına göre atıksu uzaklaştırma bedeli alınmıyor ise)

G_g = Gübre satışından elde edilen yıllık gelir, TL (varsa)

En = Yıllık enerji geri kazanımı geliri, TL (varsa)

$İB$ = Yıllık işletme ve bakım gideri, TL

NBD pozitif ise yapılması düşünülen yatırım karlı demektir, yani yatırımın sağlayacağı getirinin yatırım için katlanılan sermaye maliyetinden yüksek olduğu anlaşılır.

Geri ödeme süresi, bir yatırım projesi için yatırılan paranın kaç yılda geri alınabildiğini gösterir ve basit olarak aşağıdaki şekilde yatırımın yıllık net faydaya (tasarruf) bölünmesiyle hesaplanabilir:

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \frac{Y_0}{ONF} \quad (3)$$

ONF : Ortalama yıllık net fayda, TL

Bu durumda, atıksuyun sadece su olarak değerlendirildiği atıksu geri kazanım projelerinde geri ödeme süresi basit olarak aşağıdaki şekilde olabilir;

$$\text{Geri Ödeme Süresi} = \frac{Y_0}{((GK_s) * (F_s + A_{UB})) - İB} \quad (4)$$

Geri ödeme süresiyle ilgili olarak 3 zaman aralığı tanımlamak mümkündür

Geri ödeme süresi < 5 yıl ise kısa

5-15 yıl arasında ise orta

> 15 yıl ise uzun

Aynı miktarda getiri sağlayan projelerden, geri ödeme süresi daha kısa olan proje, yatırım açısından daha tercih edilen yatırımdır. Geri ödeme süresinin 5 yıldan küçük bulunduğu yatırımlar mali olarak ilgili çekici ve kısa sürede uygulanabilir olarak değerlendirilebilirler. Buna karşın, atıksu geri kazanımı açısından orta ve uzun vadeli yatırımlar mali olarak daha az ilgi çekicidir. Ancak, karlı olmasa da, çeşitli çevre ile ilgili sertifikasyon gerekliliklerini sağlamak için ya da bir sosyal sorumluluk projesi olarak, yıllık faydalanın işletme maliyetlerini karşılar düzeyde olduğu yatırımları yapmak da mümkündür. Bu durumda yapılan yatırım göz ardı edilerek yıllık faydanın işletme maliyetini karşılama yeterli kabul edilebilir.

5. Hassasiyet ve Risk Analizi: Projede karlılığın hangi değişkenlere hassas olduğuna bakılarak bir hassasiyet ve risk analizi uygulanır. Hassasiyet analizinde, yatırım bedeli ya da enerji fiyatı gibi kimi parametrelerdeki değişimin projenin karlılığı üzerindeki etkisi incelenir; bu parametrelerdeki %1'lik değişim, karlılığı %1 ve daha üzerinde etkiliyorsa bu parametreler risk faktörü olarak ele alınırlar. Risk analizinde ise, bu risklerin gerçekleşme olasılığı incelenir ve risklerin minimize edilmesi için tedbirler belirlenir.

6. Finansal Fizibilite Tahmini: Proje, belirlenen kriterlere uygunsa yapılabilir olduğuna karar verilir, değilse proje alternatiflerinden bir diğeri seçilerek aynı analiz bu alternatif için tekrar edilir.

6.a Alternatifin Değiştirilmesi: Atıksu arıtımı ve yeniden kullanımı söz konusu olduğunda, pek çok farklı arıtma teknolojisi, atıksu kaynağı (sarı, kahverengi, yağmur suyu vb.) ve atıksu kullanım alanı mevcuttur. Alternatif bir teknoloji ya da proses seçimi yapılarak analiz tekrarlanır.

7. Projenin Uygulanması: Projenin yapılabilir olduğu ispatlandığında detay proje ve uygulama safhasına geçilir.

4.2 KARAR AĞAÇLARI

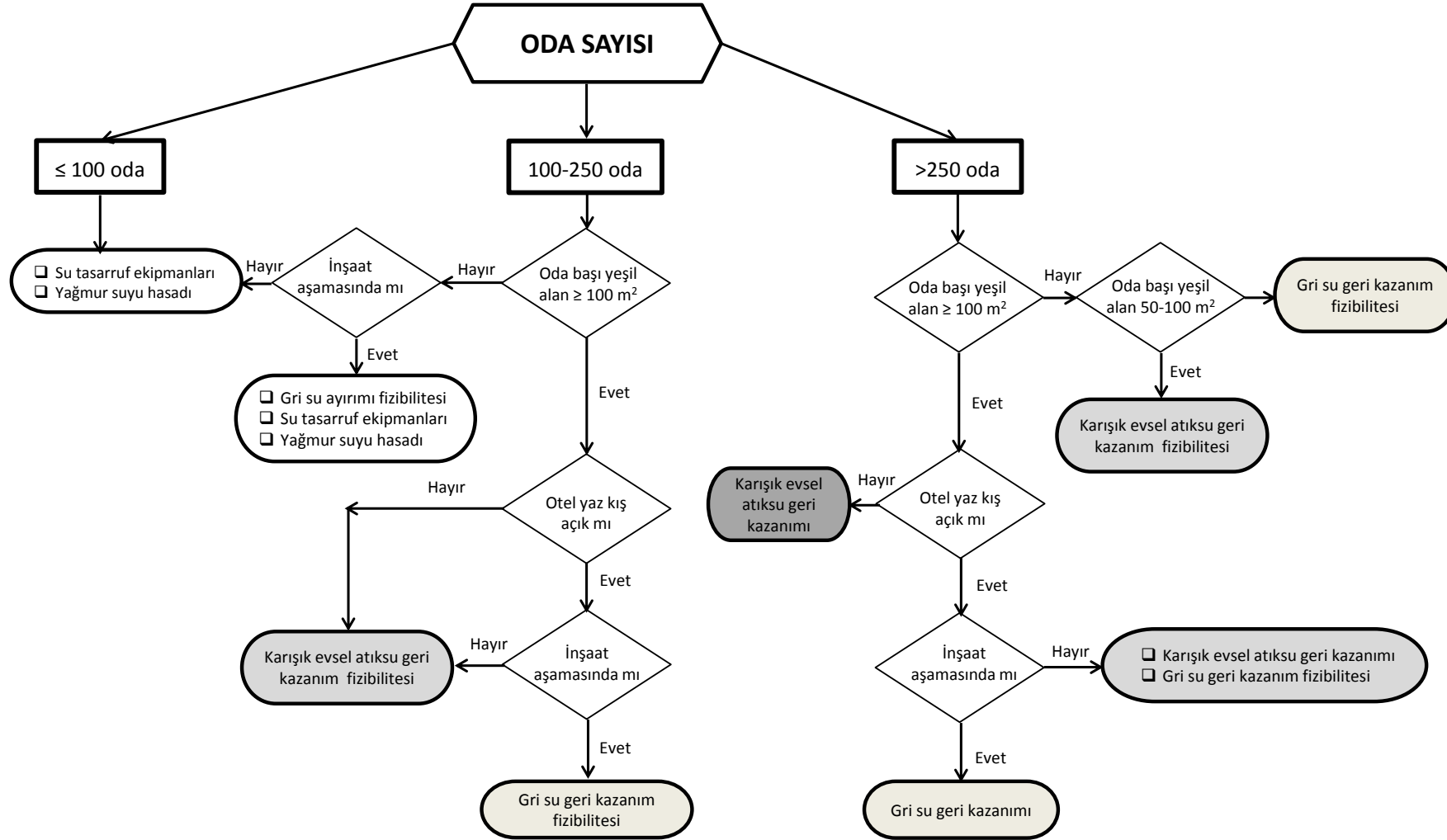
Turizm tesisi için yerinde atıksu geri kazanımı yapılmaları durumunda uygun atıksu geri kazanım yönteminin seçimini en çok etkileyen parametreler; tesisin büyüklüğü (oda sayısı), sulanan yeşil alan büyüklüğü, tesisin açık olduğu süredir. Bununla birlikte, temin edilen su bedeli ve temin edilen su miktarına bağlı olarak ödenen atıksu bedelidir. Aşağıda su ve atıksu bedelinden bağımsız olarak tesisin oda sayısı, yeşil alan büyüklüğü ve açık olduğu süreye bağlı olarak bir önceliklendirme yapılmıştır (Şekil 10). Karar ağacı su bedelinden bağımsız oluşturulmuş, maksimum su tasarrufu gözetilerek, alternatiflerin yaklaşık maliyetleri birbirine kıyasla değerlendirilerek öncelik sırası belirlenmiştir. Buna göre, oda sayısının 250'den fazla olduğu, odabaşına sulama yapılan yeşil alanın 100 m²'den büyük olduğu ve sadece yazın açık oteller için suyun en fazla tasarruf edileceği ve maliyetler açısından en ekonomik olacak yöntem karışık evsel atıksuyun geri kazanımıdır. Aynı özellikte ancak kışın açık ve inşaat aşamasında olan bir tesiste ise gri su geri kazanımı (yazın peyzaj sulama, kışın ise rezervuarda kullanım amaçlı) öncelikli olarak seçilebilir. Oda sayısının 100'den küçük olduğu tesislerde ise daha basit çözümler; örneğin su tasarruf ekipmanlarının kullanılması ve yağmur suyu hasadı yapılması önerilmektedir.

Birim su ve atıksu bedeli toplamının 3 Avro ve üstünde olduğu durumlarda hemen hemen tüm atıksu geri kazanım alternatifleri karlı olabilmektedir. Bu nedenle tesislerin kendileri için öncelikli çıkan alternatifler için detaylı bir fizibilite analizi yapılması önerilmektedir.

Merkezi kanalizasyona bağlı olmayan ve hâlihazırda arıtma yapmakta olan turizm tesislerinin arıtma tesislerini ileri arıtmaya dönüştürmeleri ve dezenfeksiyon yaptıktan sonra peyzaj sulama amacıyla kullanmaları önerilmektedir. Söz konusu uygulamalar için ilave olarak yapılacak yatırımın geri ödeme süresi, su ve atıksu

bedeline bağlı olarak değişmekle birlikte çoğu durumda 1 yıldan küçük olacağı tahmin edilmektedir.

Turizm tesisleri, kendi özelliklerine bağlı olarak yerinde atıksu geri kazanımı alternatiflerinin her birisinde tasarruf edebilecekleri su miktarlarını ve maliyetlerini yaklaşık olarak analiz edilebilmek için “oteller için atıksu geri kazanım hesaplama aracı”nı kullanabilirler. Programa ve programın kullanım kılavuzuna <http://www.csb.gov.tr/projeler/tay/> adresinden ulaşılabilir.



Şekil 10. Merkezi kanalizasyona bağlı turizm tesisleri için atıksu geri kazanım karar ağacı (burada gri su geri kazanımı, arıtılmış gri suyun yazın sulama, kışın ise rezervuarda kullanımını ifade etmektedir).

5 RİSKLER VE ÖNLEMLER

Su temininde karşılaşılan güçlükler, su ihtiyacı, suyun maliyeti, sosyo-kültürel yapı, alışkanlıklar ve çevre bilinci, halkın atıksu geri kazanımına yaklaşımını etkilemektedir. Çoğu zaman atıksu geri kazanımının güvensiz ve sağlıksız olduğu düşüncesi ağır basmakta ya da daha genel olarak atıksuyun yeniden kullanımı fikrine karşı isteksizlik duyulmaktadır. Ancak geri dönüştürülmüş suyun içme hariç, sifon suyu ve yeşil alan sulama gibi alanlarda kullanımına halkın yaklaşımının nispeten daha olumlu olduğunu belirleyen çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Lazarova vd. 2003).

Gri suyun geri kazanımı ile ilgili kaygılar genel olarak sağlık riski, atıksuyun arıtılma maliyetinin yüksek olacağı ve yaşam standartlarında düşüş olacağı şeklindedir

Farklı bölgelerde ve birbirinden çok farklı sosyo-ekonomik düzey ve kültürlerle sahip yerlerde yapılan çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, atıksu geri kazanımının halk tarafından kabul edilmesini etkileyecek temel faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Güvenli ve sağlık açısından risksiz arıtılmış su elde edilmesi,
- Yatırım maliyeti ve geri ödeme süresi,
- Kültürel ve dini değerlere uygunluk,
- Uygulama kolaylığı,
- Çevre bilinci ve konu hakkında bilgi.

Yöntem veya kapasiteden bağımsız olarak halk sağlığının korunması için öncelikli gereklilik risk yönetimidir. Politika perspektifinden bakılacak olursa su kalitesi için şeffaf kriterler oluşturmak risk yönetiminin ilk adımıdır.

5.1 Arıtılmış suların sulama amaçlı kullanımındaki riskler

Sulamada tekrar kullanılacak arıtılmış atıksulardaki en büyük risk, mikroorganizmalar tarafından bulaştırılabilecek hastalıklardır. Bu mikroorganizmalar, bakteriler, virüsler, helmintler ve protozoa olabilir. Helmintler

(otlak hayvanları için mera sulamada dikkat edilmelidir) ve protozoalar genellikle, bağırsak parazitleri olarak adlandırılır. Arıtılmış atıksuyun mikrobiyolojik kalitesi, suyun kullanılabilirliği hakkında bilgi verir. Bu riskler, arıtma tesisinin ve arıtılmış atıksuyun uygulandığı yerin birlikte kontrol edilmesi ile azaltılabilir. Arıtılmış atıksuların kullanım amaçlarına göre muhtemel riskleri Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12 Arıtılmış Karışık Atıksu, gri su ve Kahverengi Suyun Sulama Amaçlı Kullanımı veya Alıcı Ortama Deşarjında Muhtemel Risk ve Etkiler (kaynak: WHO,2006).

Risk	Maruziyet	Yorum
Bakteriler (<i>Escherichia coli</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp.)	Temas/ Tüketim	Bakteriler bitkiler üzerinde diğer patojenlere göre (helmitler vb.) daha kolay ölürler ancak yine de sağlık riski taşırlar. Kolera, dizanteri gibi hastalıklar atıksu, kahverengi su veya gri suyun sulama amaçlı kullanımında görülebilmektedir.
Helmintler (bağırsak solucanı) <i>Ascaris</i> spp <i>Ancylostoma</i> spp., <i>Necator</i> spp. (Nematoda), <i>Hymenolepis</i> (Platyhelminthes) <i>Strongyloides</i> spp. <i>Toxocara</i> spp. <i>Trichuris</i> spp. <i>Taenia</i> spp.	Temas/ Tüketim	Dezenfeksiyon verimi düşükse veya atıksular arıtılmadan kullanılırsa yüksek risk bulunmaktadır. Helmint yumurtaları dayanıklıdır, uzun süreli olarak ortamda kalabilir.
Trematodes (yassı solucanlar) (<i>Clonorchis</i> spp, <i>Opisthorchis</i> spp, <i>Fasciola</i> spp, <i>Schistosoma</i> spp.)	Temas/ Tüketim	Atıksuların tarımsal sulamada kullanılması durumunda yüksek miktarda risk bulunmaktadır. Besin zincirine geçebilirler, schistosomiasis deri teması ile geçiş yapabilir.
Protozoa (<i>Giardia</i> spp., <i>Cyclospora</i> spp, <i>Cryptosporidium</i> spp., <i>Entamoeba</i> spp)	Temas/ Tüketim	Atıksu ile sulanmış ortamda uzun süre yaşayabilmektedirler.
Virüsler (Hepatit A ve E virüsleri, Adenovirüs, Rotavirüs, Norovirüs)	Temas/ Tüketim	Karışık atıksu ve kahverengi suda bulunma ve hastalık yapma riskleri yüksektir. Ortamda uzun süre yaşayabilirler.
Taşıyıcı Patojenler (<i>Plasmodium</i> spp., <i>Dengue virus</i> , <i>Wuchereria bancrofti</i> , <i>Japanese encephalitis</i> virüs)	Taşıyıcı ile Temas	Organik olarak kirlenmiş sularda bulunabilen patojenlerin çeşitli böcek ve sineklerle taşınma ve hastalık yapma riski bulunmaktadır.
Deri Tahriş Ediciler	Temas	Mikrobiyal ve kimyasal etkiler sebebi ile deriyle temasta egzama benzeri hastalıklar oluşturma riski vardır.
Kimyasallar Antibiyotikler (chloramphenicol)	Tüketim	Atıksuların tarımsal sulamada kullanılmaları durumunda veya alıcı ortama karışmaları durumunda potansiyel riskler taşımaktadırlar.
Siyano bakteriyel toksinler (Cyanotoxin) (microcystin-LR)	Temas/ Tüketim	Atıksuların tarımsal sulamada kullanılmaları durumunda tarımsal ürünler için potansiyel riskler taşımaktadırlar.
Ağır metaller (arsenik, kadmiyum, kurşun, civa)	Tüketim	Bitkilerde, sucul ortamlarda ve canlı hücrelerinde birikim yapabilirler.
Fitalatlar ve fenoller	Temas/ Tüketim	Arıtılmış suların geri kazanımı sonrası sucul ortamlara ulaşması ve içme suları kaynaklarını kontamine etmesi ile besin zincirine geçiş yapabilir, bazıları endokrin bozucudur.

5.2 Dağıtım Sistemi Özellikleri ve Güvenlik Önlemleri

Arıtılmış atıksuyun yeniden kullanılabilmesi için halk sağlığı ve çevresel açılardan uygun kalitede olması gerekmektedir. Bunu sağlamanın en önemli adımlarından biri olan kalite kontrol ve izleme programları iyi tasarlanmalıdır. Etkin bir kalite kontrol sisteminin oluşturulmasında aşağıda verilen etkenlere dikkat edilmesi önerilir (EPA, 2012):

- Etkin izleme programı,
- Etkin bakım ve proses kontrol programı,
- Arıtma ve dağıtım sisteminin işletilmesinden sorumlu yetkin personel,
- Örnekleme ve laboratuvar analizi programlarının oluşturulması,
- Operatörler için detaylı olarak hazırlanmış işletme el kitapları.

Arıtılmış atıksuların insanı tüketim amaçlı veya tüketim dışı kullanımında halk sağlığını korumak için suyun kalitesi kadar çevresel güvenlik önlemleri de önemlidir. Bu nedenle bu sistemlerin tasarımından dağıtımına kadar olan süreçte güvenlik önlemleri titizlikle uygulanmalıdır. Dağıtım sisteminin aşağıda verilen bazı önlemler alınarak tasarlanması gerekir:

- Yanlış/ters bağlantıyı (cross-connection) engellemek için tasarım, yapım, kurulum ve operasyonla ilgili prosedür ve yasal düzenlemelerin oluşturulması,
- Tüm sistemin bileşenlerinin işaretlenmesi için bir yöntemin geliştirilmesi,
- Sistemin tüm bağlantılarının operasyonu, bakımı, kontrolü ve onaylanmasından sorumlu olacak personelin oluşturulması ve eğitimi,
- Rutin izleme ve denetim programının oluşturulması,
- Kullanıcıların bilgilendirilmesi ile arıtılmış suyun uygun olmayan kullanımının engellenmesi.

Bu çerçevede, sistemin tasarımı, kurulması ve işletilmesi aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar ve alınması gereken önlemler ve öneriler aşağıda detaylandırılmıştır:

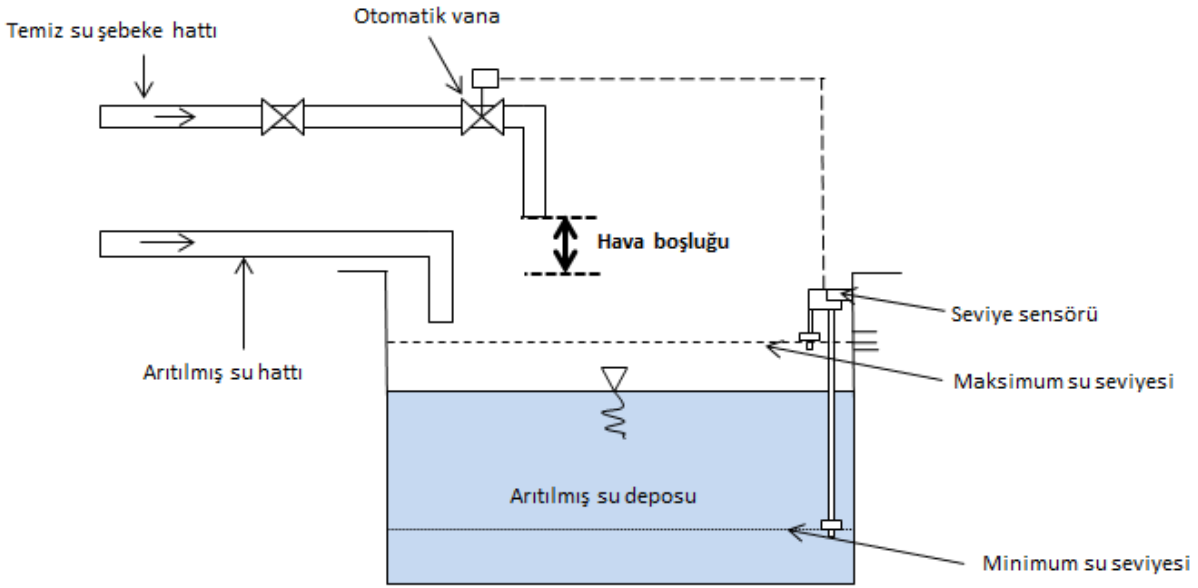
1) Arıtılmış suların sulama suyu olarak kullanılması durumunda önlemler ve sulama sistemi özellikleri: Geri kazanılmış su ile yapılan sulama ile ilgili uyulması gereken kriter ve önlemler Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY), Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (20.03.2010) ve “EK 7-Arıtılmış Atıksuların Sulama Suyu Olarak Geri Kullanım Kriterleri”nde yer almaktadır. Tebliğ ve Ekinde yer alan önlemlere ek olarak aşağıdaki hususlara da dikkat edilmesi tavsiye edilmektedir.

- Sulamanın, buharlaşmanın daha az olduğu sabah veya akşam geç saatlerde yapılması,
- Sulama kaynaklı yüzeysel akışın sulanan alan içinde tutulması,
- Su sebillerinin ve içme suyu sağlanan çeşmelerin hiçbir şekilde sulama suyu ile temas etmemesi,
- Yağmurlamanın ve yüzeysel akışların yaşama alanlarına, dışarıda yemek yenen alanlara ve gıda ile ilgili hiçbir tesise yakın olmaması,
- Halka açık alanlarda bilgilendirme ilanlarının ve uyarıların görülebilir şekilde yerleştirilmesi,
- Sulama için kullanılan boruların halkın temas edebileceği kısımlarında musluk bulunmaması,
- Rüzgârla taşınabilecek damlacıkları önleyebilmek için, mümkünse sulama alanları etrafına çit bitkileri gibi doğal/yapay bariyerlerin oluşturulması,

2) Arıtılmış su deposu özellikleri ve şebeke beslemesinin sağlanması: Arıtılmış atıksuların yeniden kullanımı için inşa edilen su depolarının güneş ışığı almayacak şekilde yapılması, deponun uzun süre yosunlaşması ve buna bağlı olarak karşılaşılabilecek basınçlı sulama sistemlerinin tıkanmasını önleme açısından önem arz etmektedir. Su depolama tankları açık renk veya şeffaf polietilen olması durumunda da mutlaka siyaha boyandıktan sonra üzerine istenilen renkte tekrar boyanması sağlanmalıdır. Bununla birlikte, arıtılmış su ihtiyacı ve arzın saatlerinin dengelenemediği, arıtılmış suyun kullanılmadığı, miktar olarak yetersiz olduğu ya

da arıza vb. durumlarda kullanılmak üzere arıtılmış su deposuna şebeke suyu besleme hattı yapılmalı ve ihtiyaç durumuna göre kullanılmalıdır.

3) Şebekeye geriye akışın önlenmesi: Arıtılmış suyun dağıtım sisteminin özellikle insani tüketim amaçlı şebeke suları hatlarını kontamine etmesini engellemek üzere güvenlik önlemleri ile ilgili gereklilikleri içermelidir. Geri kazanılmış suyun hiçbir zaman şebeke suyuna karışmamalı, şebekeye geriye akış ihtimaline karşı önlem alınmalıdır. Bunun için şebeke suyunun yedek olarak kullanıldığı durumlarda hava boşluğu bırakılması ve geri kazanılmış suyu sulama amaçlı kullanıldığı yerde ise geriye kaçıışı önlemek için çift çek valf kullanılması tavsiye edilebilir. Önlemler, mümkün olduğunda kullanıcı noktasına yakın yerde uygulanmalıdır. Hava boşluğu örneği şematik olarak Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 11 Şebekeye geriye akışın önlenmesi için hava boşluğu uygulamasının şematik gösterimi

4) Uygun borulama yapılması: Geri kazanılan su için kullanılan boruların su kalitesine uygun olması gerekmektedir. Özellikle yer altında kullanılan boruların kullanım amaçlarına göre farklı renklerde olması tavsiye edilir. Böylelikle geri kazanılmış atıksu borusunun tanınması kolay olabilecek ve yanlış bağlantıların önüne geçilmesi mümkün olabilecektir. Örneğin, birçok ülkede, arıtılmış sular mor renkli

borular ile iletilmekte ve bu hat mor şebeke olarak adlandırılmaktadır. Benzer şekilde, Konya’da bulunan merkezi atıksu geri kazanım uygulamasında da (arıtılmış sular yeşil alan sulamasında kullanılmaktadır), borulama mor renk yapılmıştır ve mor hat ifadesi kullanılmaktadır. Bu çerçevede, bir alışkanlık yaratması ve algı oluşturması açısından, arıtılmış su hattında mor boru kullanılması tavsiye edilmektedir.

5) Etiketleme ve İşaretleme yapılması: Kullanıcıların doğru bir şekilde bilinçlendirilmesi ve güvenliğini sağlamak açısından boruların etiketlenmesi ve işaretlenmesi gerekmektedir. Tüm arıtılmış atıksu boru hatları, vanalar ve çıkış hatları diğer su hatlarından ayrılabilmesi için renk kodları ile veya özel işaretleme yöntemleri ile işaretlenmeli ve etiket yerleştirilmelidir. Etiketleme ve işaretlemenin yeterince sık olması ve her bağlantı noktasında işaret bulunması gerekmektedir. Her musluk ve vananın yanında işaret bulunmalıdır. Sulama yapılan alanda ve bina içinde kullanılacak uyarı işareti örnekleri **Şekil 12**’de verilmiştir. İşaretleme ve renklendirmeye ilave olarak, şebeke suyu ve arıtılmış su hatlarının vana kapaklarının şekillerinin birbirinden farklı olarak tasarlanması sağlanabilir.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı’nın çıkarmış olduğu ‘Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği’ne göre yasak işaretler daire şeklinde ve beyaz zemin üzerine kırmızı renkte olması gerekmektedir. Bu nedenle, uyarı işareti kırmızı daire olarak seçilmiştir. Mor çerçeve ise geri kazanılmış su şebekesi için yaygın kullanılan mor renkten esinlenerek oluşturulmuştur.



a)



b)



c)

Şekil 12 Uyarı levhası ve etiketleme örnekleri a) Sulama alanında uyarı levhası, b) bina içinde geri dönüş hattı olması durumunda uyarı işaretleri c) uyarı işaretinin rezervuar üstünde gösterilmesi örneği

6) Bakım ve Onarımların yapılması: Her sistem gibi geri kazanım sistemlerinin de düzenli olarak bakım ve onarımlarının yapılması gerekmektedir. Bakım planlarının ekipman ve sistem özelliklerine ve ihtiyaca göre, günlük, haftalık, aylık ve yıllık olarak bir plan çerçevesinde yapılması tavsiye edilmektedir.

5.3 Kalite Güvencesi: İzleme Programları

İzleme, yönetim sistemi ve arıtımın tasarım ve işletme beklentilerine uygun şekilde çalıştığının gözlenmesi ve yasal düzenlemeler ile izin verilen limitlerin gerekliliklerine uygun bir şekilde çıkış suyu kalitesinin sağlanması amacıyla gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, izleme programlarının su kalitesi ve arıtma sistemi performansı hedefleri olmalı, bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için izlenme sağlanmalı, hedeflerin sağlanamadığı durumlar için uygun aksiyonları içermelidir.

İzleme programının oluşturulması için ilk adım, uygun ölçüm parametrelerinin seçilmesidir. Öncelikle sistemin bakteriyolojik su kalitesinin izlenmesi için pH organik kirlilik yükü açısından biyolojik oksijen ihtiyacı, dezenfeksiyon verimi açısından kritik olan bulanıklık, bakteriyolojik parametreler açısından koliform, dezenfeksiyon sonrasında kalan bakiye klor parametrelerinin takip edilmesi önerilir. Arıtılmış su kalitesinin izlenmesi için bazı parametreler yerinde ve sürekli olarak çevrimiçi ölçüm cihazları kullanılarak izlenebilir. Örnekleme sıklığı, suyun nihai kullanım amacına bağlı olarak belirlenebilir (EPA, 2012). Bakteriyolojik su kalitesinin detaylı izlenmesinin istendiği durumlarda, listeye bağırsak enterekoku, spesifik virüs, protozoa ve helmint yumurtası analizleri de eklenerek haftalık/2 haftada bir ya da aylık izlenmeleri sağlanabilir. Aşağıda Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY), Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliğinde yer alan “EK 7-Arıtılmış Atıksuların Sulama Suyu Olarak Geri Kullanım Kriterleri’ne göre A sınıfı kullanımlar için minimum izleme sıklığı şu şekilde olmalıdır;

Tablo 13 . SKKY (Teknik Usuller Tebliği EK 7) Kentsel Alanların Sulanması Kalite İzleme Periyodu

SINIF A - Kentsel Alanların Sulanması	İzleme Periyodu
Her türlü yeşil alan sulaması (Parklar, golf sahaları vb.)	-pH: haftalık -BOİ ₅ : haftalık -Bulanıklık: sürekli -Koliform: günlük -Bakiye klor: sürekli

5.4 Öneriler

Halkın konu hakkında bilgisinin artırılması ve konuya olan desteğinin sağlanması için eğitim ve kampanyaların rolü önemlidir. Bu nedenlerle, atıksu geri kazanım sistemlerinin yaygınlaşması ve kullanıcılar tarafından kabul edilmesi için kullanıcılar aktörler arasında yer almalı, sürece başından dahil olmalı ve böylece kullanıcı ihtiyaçları ve endişeleri de göz önünde bulundurularak uygulama aşamasına geçilmelidir. Arıtılmış suyun yararlı kullanımı için en çok “atıksuyun yeniden kullanımı/geri kazanımı” ifadeleri kullanılmaktadır. Arıtılmış atıksuya genellikle geri kazanılmış su ya da ıslah edilmiş su adı verilmektedir. Ancak halkın geri dönüştürülmüş kâğıt, cam, plastik ve diğer evsel atıklara aşına olması ve geri dönüşüm söz öbeğinin ne anlama geldiğini iyi bilmesinden ötürü, ‘geri dönüştürülmüş su’ ifadesi de kullanılabilir. Bazı ülkelerde, atıksuyun kirli olduğu algısını değiştirebilmek adına, geri dönüştürülmüş atıksu için başka ifadeler de kullanılabilir. Bunlara birkaç örnek olarak, Fransa’da “Endüstriyel Su”, Singapur’da “Ne Water”, Hollanda’da “Eko-Su” ifadesi verilebilir (Lazarova vd. 2010).

6 REFERANSLAR

Bahman, Sheikh. (2010). Whitepaper on Graywater, WateReuse Association, Virginia.

Baker, Richard W., 2004: Membrane technology and applications, 2nd ed., John Wiley and Sons, Ltd.

Çevre ve Orman Bakanlığı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, Mart 2010 , Sayı : 27527.

Çevre ve Orman Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” (SKKY), 2008.

EPA 2012, Guidelines for water reuse.

Gogate, P., R., Pandit, A., B., (2004a). A review of imperative technologies for wastewater treatment I:oxidation technologies at ambient conditions, Advances in Environmental Research 8, 501–551.

Gogate, P., R., Pandit, A., B., (2004b). A review of imperative technologies for wastewater treatment II: hybrid methods, Advances in Environmental Research 8, 553–597

Fangyue, Li., Wichmann, K., Otterpohl, R., 2009: Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses, Science of the Total Environment 407, 3439–3449.

Hocaoğlu Murat Selda, Mechanisms and Modelling of Segregated Household Wastewater Treatment by Membrane Bioreactor, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2010.

Kommedal, R., 2003: PhD thesis, Degradation of polymeric and particulate organic carbon in biofilms, NTNU Trondheim, Norwegian University of Science and Technology Telemark University College Faculty of technology.

Ledacowicz, S., Gonera, M. (1998). Optimization of oxidant dose for combined chemical and biological treatment of textile wastewater. *Wat. Res.*, 33, 2511-2516.

Lazarova, V., Hills, S.; Birks, R. (2003). Using recycled water for non potable urban uses: A review with particular reference to toilet flushing. *Water Supply* 2003, 3, 69–77.

Lazarova, V, Perez, A., Cortina, J., L., Palacios, A., Bouchy, L. (2010). Assesment of the odour footprint of an underground WWTP in Barcelona (Spain), *Chemical Engineering Transactions* Volume 23, 201-206.

Lazarova V. Asano T., Bahri, A and Anderson J., (2013), *Milestones on Water Reuse: The Best Success Stories*, IWA Publishing, London, UK.

NSF, 2011a ve 2011b, NSF/ANSI Standard 350 Onsite Residential and Commercial Water Reuse Treatment Systems, NSF/ANSI Standard 350-1 Onsite Residential and Commercial Graywater Treatment Systems for Subsurface Discharge.

Scheumann, R., 2010. Greywater Treatment with a Submerged Membrane Sequencing Batch Reactor.

Soyer, E., Akgiray, Ö., Eldem N. Ö., Saatç, A. M., (2011). Çift Tabakalı Filtreler: Türkiye Şartlarına Uygun Bir Tasarım Ve Değerlendirme, *Su Kirlenmesi Kontrolü, itüdergisi/e*, Cilt:21, Sayı:2, 13-22.

Soyer, E., Akgiray, Ö., Eldem, N.Ö., Saatç, A., (2010). Crushed recycled glass as a filter medium and comparison with silica sand, *Clean – Soil, Air, Water*, 38, 10, 927-935.

Tortella B., D., Tirado, D. (2011). Hotel water consumption at a seasonal mass tourist destination. The case of the island of Mallorca. *Journal of Environmental Management* 92, 2568-2579.

TÜBİTAK MAM Çevre Enstirüsü, Türkiye Kıyılarında Yüzme Suyu Profillerinin Belirlenmesi Projesi, Bileşen-2 Turizmde Çevre Dostu Atıksu Yönetim Modelinin Oluşturulması Fizibilite Raporu, 2014, Gebze/Kocaeli.

Urkiagaa A., L. de las Fuentes, Bis B., Chiruc E., Balasz B., F. Hernández, (2008). Development of analysis tools for social, economic and ecological effects of water reuse, Desalination 218, 81–91.

Word Health Organization, 2006.

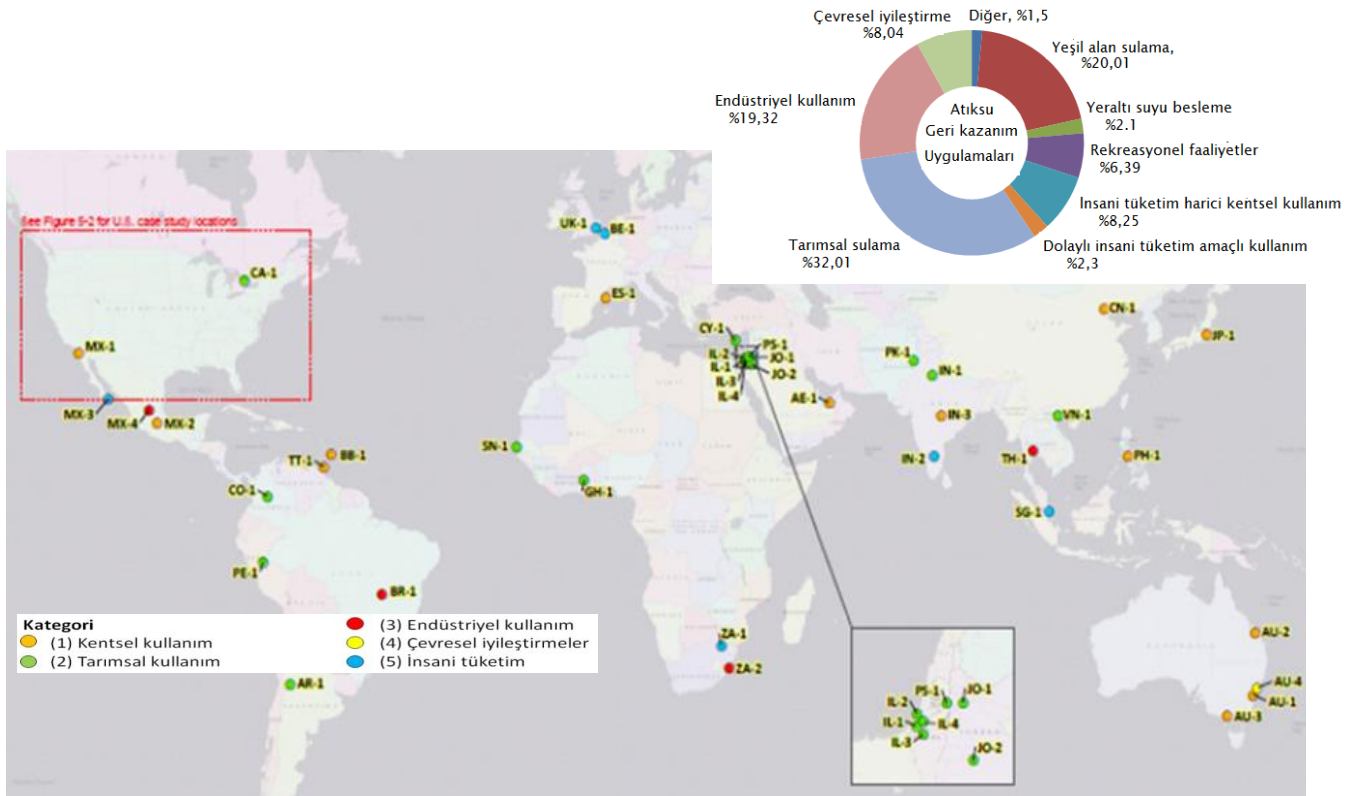
Yonara, T., Azbar, N., Kestioğlu, K., (2005). Feasibility of physico-chemical treatment and Advanced Oxidation Processes (AOPs) as a means of pretreatment of olive mill effluent (OME). Process Biochemistry 40, 2409–2416.

www.huber.de, Erişim, 15.09.2014.

<http://www.nachi.org/greywater-inspection.htm>, Erişim, 15.09.2014.

EK 1: ATIKSU GERİ KAZANIMI UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Arıtılmış atıksuların yeniden kullanım amaçları arasında, tarımsal sulama, peyzaj sulama, çevresel iyileştirme, endüstriyel kullanım, yeraltı suyunun beslenmesi ve insani tüketim yer almaktadır. Dünya genelinde, ileri arıtma sonrasında yeniden kullanılan kentsel atıksuların kullanım amacı ve dağılımı (Şekil E.1) verilmiştir.



Şekil E.1 Dünya’da atıksu geri kazanım uygulamaları ve ileri arıtma sonrasında kentsel atıksuların yeniden kullanım alanları (EPA, 2012)

Buna göre, ileri arıtma sonrasında kentsel atıksuların kullanım amacında, en büyük oranın tarımsal sulama, onu takiben peyzaj sulama ve endüstriyel kullanım olduğu görülmektedir. Çevresel iyileştirme amaçlı kullanımlar, insani tüketim harici kentsel kullanım ve rekreasyonel faaliyetler için yeniden kullanım da yine önemli sayılabilecek mertebelere sahiptir. Dolaylı olarak insani tüketim amacıyla kullanım ve yeraltı suyu beslemenin ise daha az yaygın olduğu görülmektedir. Arıtılmış suyun

doğrudan ya da dolaylı olarak insani tüketim amaçlı kullanıldığı uygulamalara ait örnekler Tablo E.1’de verilmiştir.

Tablo E.1 Dünyada arıtılmış atıksuyun doğrudan ya da dolaylı olarak insani tüketim amaçlı kullanıldığı uygulama örnekleri(EPA, 2012’den uyarlanmıştır).

Ülke	Şehir/Eyalet	Kapasite (~m ³ /gün)	Uygulama
ABD	OrangeCounty, Kaliforniya	150.000	Arıtılmış su akifere beslenmekte, sonra insani tüketim amaçlı kullanılmaktadır.
ABD	UpperOccoquan, Virginia	205.000	Arıtılmış su, insani tüketim amaçlı kullanılan baraj gölüne karıştırılmaktadır.
ABD	Big Spring, Texas	10.000	Arıtılmış su, insani tüketim amaçlı kullanılan yüzeysel suya karıştırılmaktadır.
Singapur	Singapore (NEWater)	460.000	Arıtılmış su, insani tüketim amaçlı kullanılan baraj gölüne karıştırılmaktadır
İngiltere	Langford	40.000	Arıtılmış su, insani tüketim amaçlı kullanılan bir nehrin kaynağına beslenmektedir
Namibya	Windhoek (NAS,2012)	20.000	Arıtılmış su, insani tüketim amaçlı kullanılan yüzeysel suya karıştırılmaktadır.
Güney Afrika	Malahleni	16.000	Maden işletmesi esnasında açığa çıkan kirli sular, arıtıldıktan sonra doğrudan insani tüketim amacıyla kullanılmaktadır.
Belçika	Wulpen	7.000	Arıtılmış su akifere beslenmekte, sonra insani tüketim amaçlı kullanılmaktadır.

Amerika Birleşik Devletlerinden Örnekler

Amerika’da yapılan bir çalışmaya göre, atıksu geri kazanım uygulamalarının yaklaşık %95’i, Florida, Kaliforniya, Arizona ve Teksas olmak üzere 4 eyalette gerçekleştiği tahmin edilmekte, ancak son yıllarda diğer eyaletlerde de başlayan geri kazanım nedeniyle bu oranın %90 seviyelerine gerilediği tahmin edilmektedir. Kentsel yeniden kullanım alanında dünyada ilk ve en büyüklerden biri olan St. Petersburg’ta (Florida, ABD) atıksuların yeniden kullanımı 1970’lerin sonunda başlamıştır. Geri dönüştürülmüş 136.000 m³ su, 470 km’lik ikili dağıtım sistemiyle her gün yaklaşık 10.400 kullanıcıya ulaştırılmaktadır. Geri kazanılan bu sular, sulama, tuvalet

rezervuar suyu, yangından korunma, yüzme havuzlarının doldurulması, dekorasyon amaçlı havuz ve göletler, yıkama ve benzeri birçok aktivitede kullanılmaktadır. Suyun yeniden kullanılması sayesinde St. Petersburg, ABD'nin sıfır deşarjı başarmış ilk büyük belediyesi unvanını kazanmıştır (Asano vd. 2007). Florida'da merkezi atıksu geri kazanımının uygulanması sebebiyle çoğu belediye tarafından müstakil gri su geri kazanımına izin verilmemektedir. Kaliforniya'da, birçok süs amaçlı havuz ve Mason Parkında bulunan gölet arıtılmış atıksu ile doldurulmuştur. Bunun yanında, hâlihazırda çok katlı ticari binaların su ihtiyacının yaklaşık dörtte üçlük kısmı da geri kazanılan suyla karşılanmaktadır (Asano vd. 2007). Yine Kaliforniya'da bulunan bir diğer önemli proje, Orange County Havzasında yer almaktadır. OCWD ile Orange County Sanitation District – Orange County Sanitasyon Bölgesi (OCSD) ortaklaşa bir çalışma ile Ground Water Replenishment System – Yeraltı Suyu Besleme Sistemi (GWRS) kurmuşlardır. Burada, gelen atıksu ilk olarak mikrofiltrasyondan geçmekte ve 0,2 µm'den büyük her şey filtre edilmektedir. Daha sonra ters osmoz, en son aşama ise ultraviyole ve hidrojen peroksit ile dezenfeksiyon yapılmaktadır. Arıtılan suyun bir kısmı göletler yardımıyla yeraltı suyuna sızdırılarak içme ve kullanma suyu olarak değerlendirilmekte, diğer kısım ise Pasifik Okyanusu'ndan gelecek deniz suyu girişimine bariyer oluşturmak üzere kuyular yardımıyla yer altı suyuna basılmaktadır (WEF, 2012). Kaliforniya ve Florida'da atıksu geri kazanımı uygulamalarının 2009 ve 2010 yılı dağılımı Tablo E.2'de gösterilmiştir.

Tablo E.2 Kaliforniya ve Florida'da atıksu geri kazanımı uygulamalarının dağılımı(EPA, 2012)

Atıksu Geri Kazanım Kategorisi	Kaliforniya 2009'da kullanım oranı (%)	Florida 2010'da kullanım oranı (%)
Sulama		
Tarımsal	29	11
Kentsel (Yeşil alanlar, golf sahaları)	19	55
Yeraltı suyu zenginleştirme	5	14
Deniz suyu girişimini bariyerleme	8	-
Endüstriyel kullanım	7	13
Doğal sistemler besleme ve diğer kullanımlar	23	9
Eğlence amaçlı gölet oluşturma	7	-
Jeotermal enerji üretme	2	-

Dünyadaki Yerde Atıksu Geri Kazanım Uygulama Örnekleri:

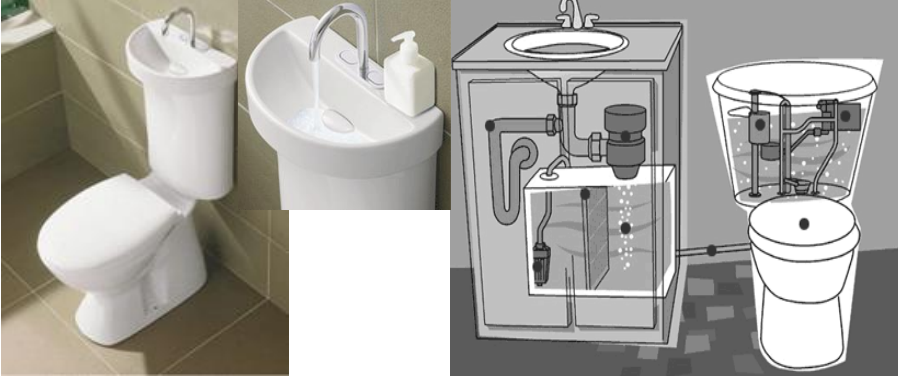
Ülkelerde gri su geri kazanım ile ilgili çalışma, ülkelerdeki mevzuat ve merkezi geri kazanım olup olmaması ile doğrudan ilişkisi söz konusudur. Uygulamalar daha çok küçük ölçeklidir (konut, ofis, otel vb.). Gri suyun ayrılarak yeniden kullanıldığı iki adet otel uygulaması örneği aşağıda verilmiştir.

Hotel Am Kurpark Späth, Bad Windsheim, Bavyera Almanya: Termal turizmin yapıldığı dört yıldızlı otelin seminer binasındaki 20 odanın lavabo ve duşlarından toplanan düşük yüklü gri sular arıtıldıktan sonra tuvaletlerde rezervuar suyu olarak kullanılmaktadır. Bu otelin arıtma sistemi; ızgara, dengeleme, MBR ve UV dezenfeksiyon ünitesinden oluşmaktadır (www.huber.de).

Wastewater Separation – Research Project SANIRESCH, Darmstadt, Almanya: GIZ merkez binasında gri, sarı ve kahverengi suyun akım ayırımları yapılarak sarı sudan azot ve fosfor, gri ve kahverengi sudan ise proses suyu geri kazanılmakta ve arıtılan su tuvalet rezervuarları ve sulamada kullanılmaktadır. Gri su ve kahverengi sudan proses suyu geri kazanımı için MBR sistemi, azot ve fosfor geri kazanımı için magnezyum amonyum fosfat (MAP) çöktürmesi yapılmaktadır. (www.huber.de).

Gri Suyun Doğrudan Yerde Kullanımı (Tezgah altı) Uygulama Örnekleri:

Yaygın olmamakla birlikte, Japonya, Kaliforniya, Avustralya gibi çeşitli ülkelerde gri suyun depolanmadan kullanılmasına yönelik küçük ölçekli çeşitli uygulamalar vardır. Bunlarda gri su doğrudan tuvalet rezervuarlarına aktarılmaktadır. Bu sistemler tipik olarak filtrasyon ve dezenfeksiyon (örn. klor tabletlerinin kullanılması) ünitelerini içermektedir (Şekil E.2).



Şekil E.2 Gri suyun doğrudan rezervuarda kullanıldığı uygulamalar
(http://homepages.lboro.ac.uk/~cddl/integrated_toilet_and_sink.htm;
<http://www.nachi.org/greywater-inspection.htm>)

Ülkemizde Gri Su Geri Kazanım Uygulamaları:

Ülkemizde, en eskisi 2010 yılında kurulmuş olan kapasiteleri 3 m³/gün ile 250 m³/gün arasında değişen irili ufaklı yaklaşık 20 civarında gri su geri kazanım tesisi bulunmaktadır. Bu uygulamaların 6 tanesi turizm tesislerindedir. Mevcut uygulamalar incelendiğinde en yaygın kullanılan teknolojinin MBR sistemi olduğu görülmektedir. Arıtılmış suyun, sadece peyzaj sulamada kullanıldığı örnekler olduğu gibi yaz aylarında peyzaj sulama, kış aylarında ise tuvalet rezervuarlarında kullanıldığı işletmeler de mevcuttur.