



ARITILMIş ATIKSULARIN YENİDEN KULLANIMI: BİLİMSEL GERÇEKLER, PSİKOLOJİK VE DİNİ TEREDDÜTLER

Malhun FAKIOĞLU* Hüseyin GÜVEN İzzet ÖZTÜRK

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Geliş tarihi: 1 Haziran 2020
Düzeltilme tarihi: 19 Kasım 2020
Kabul tarihi: 22 Kasım 2020

Anahtar Kelimeler:

Atıksular, geri kazanım, suda mahiyet değişimi, psikolojik ve dini tereddütler, su seyreltme oranı

Keywords:

Wastewater purification, reuse dilution ratio, psychological and religious hesitations, nature changes in water

ÖZET

Dünya'daki suların yaklaşık %97'si tuzlu olduğundan içme ve kullanma maksatları için doğrudan kullanılamaz durumdadır. Kalan %3'lük kısım ise Dünya genelinde eşit derecede ulaşılabilirliğe sahip olmayan tatlı sudur. Gelecekte, küresel iklim değişimi sebebiyle nehir akışlarının %20-30 oranında azalacağı tahmin edildiğinden, ileri derecede arıtılmış atıksuyun yeni bir su kaynağı olarak değerlendirilmesi çok daha fazla önem kazanacaktır. Ancak ileri düzeyde arıtma uygulanmış evsel atıksuların, musluk suyu kalitesine getirilseler bile, doğrudan içme ve kullanma suyu olarak kullanımı önünde hala çok ciddi psikolojik, sosyal ve dini (fikhi) tereddütler bulunmaktadır. Diğer taraftan kullanım amacına uygun bir arıtma uygulanarak kirletici unsurlarından arındırılmış evsel atıksuların, içme veya kullanma suyu kaynağı olarak kullanımını engelleyen sağlam, tutarlı ve ısrarcı herhangi bir fikhi görüş de bulunmamaktadır. Atıksu arıtma tesislerine (AAT) ulaşan atıksulardaki kirlilik unsurlarının oranı, yaklaşık %1 civarındadır ve günümüz arıtma teknolojileri ile bu kısımdaki kirletici unsurların (karbon, azot, fosfor) mahiyeti tamamen değiştirilebilmekte, diğer bir ifadeyle istihale yoluyla ortandan uzaklaştırılabilmektedir. Dolayısıyla, atıksularda gerekli modern arıtma işlemlerinin uygulanması ile suların asli özelliklerini bozan kirleticilerin giderimi sağlandığı takdirde bu suların tekrar kullanımında herhangi bir mahzur bulunmadığı düşünölmektedir. Bu çalışmada, son kullanım amacına uygun arıtma teknolojileri ile kentsel atıksulardaki kirlilik unsurlarının, alıcı ortamdaki doğal süreçlerin de katkısıyla yüksek oranda giderilebileceği ve arıtılmış atıksu deşarjının yapıldığı alıcı ortamdaki alınan suların, konvansiyonel (klasik) su arıtma tesislerinde arıtıldıktan sonra şehir şebekesine verilebileceği konusu değerlendirilmiştir. Çalışmanın diğer bir bölümünde ise, sıhhi ve fikhi anlamda arıtılmış atıksuların, temiz (mutlak) sularla uygun seyreltme oranları dahilinde karıştırılarak (asıl su/arıtılmış su > 2) kullanılmasında bilimsel kalite standartları uyarınca herhangi bir mahzur olmamasına rağmen, halkın hangi psikolojik ve dini saiklerle buna tereddüt gösterdiklerine de kısaca değinilmiştir.

*Sorumlu Yazar: Malhun FAKIOĞLU, E-mail: fakioglu@itu.edu.tr Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1475-2249>
Hüseyin GÜVEN Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6754-0106>
İzzet ÖZTÜRK Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8274-5326>

REUSE OF TREATED WASTEWATERS: SCIENTIFIC FACTS, PSYCHOLOGICAL AND RELIGIOUS HESITATIONS

ABSTRACT

Nearly 97% of water in the world is saline which cannot be used directly for potable and non-potable purposes. The remaining 3% is the only potable water source but it is distributed unevenly worldwide. Due to the climate change it is expected that river flows will decrease by 20-30% in the future and using advanced treated wastewater as a new water source will be much more important. However, there are some significant psychological, social and religious hesitations regarding the direct use of advanced treated wastewaters as drinking and utility water, even though they have the same water quality as tap water. There are not any solid, consistent and persistent religious aspects regarding the use of reclaimed municipal wastewater for drinking and utility water that is purified from pollutants with respect to reuse area. Feces and urine content of influent wastewater at wastewater treatment plants (WWTPs) is around 1% and pollutant parameters in this fraction (carbon, nitrogen, phosphorus) could be transformed into new products, therefore its nature changes completely. Accordingly, if pollutants, which harm the nature of water, are removed through applying appropriate treatment technologies, there might be no drawbacks in reuse. In this study, it was indicated that pollutants in municipal wastewater can be purified (treated) sufficiently by incorporation of appropriate treatment methods and natural processes in receiving water bodies. The purpose of this article was to discuss the problem when such water bodies are used for water supply, and propose an idea that the purified water can be distributed to a city network following the proper treatment at conventional water treatment plants. Additionally, it was mentioned that why the public has psychological and religious hesitations although there is no drawback to mix purified wastewater with fresh (absolute) water in appropriate dilution ratios (actual water/purified water > 2) according to the scientific quality standards.

1. Giriş

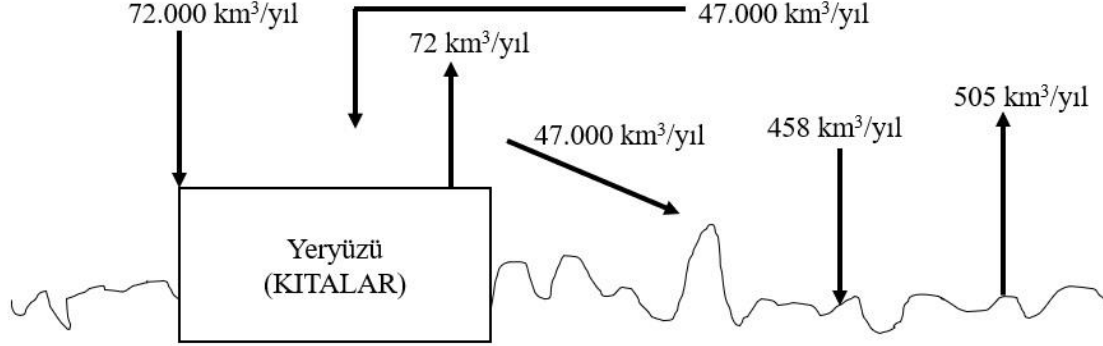
Evrenin oluşumu ile ilgili (uzay, zaman, madde ve her Şey) günümüzde benimsenen genel görüş, 15-20 milyar yıl önce gerçekleşen “Büyük Patlama”dır (Moore, 1993; Şen, 2006). En ilkel biçimiyle hayatın da dünya tarihinde çok erken sayılabilecek bir dönemde, büyük ihtimalle de denizlerde başladığı tahmin edilmektedir. Başlangıçta “yeni” atmosfer, karbondioksit açısından çok zengin, bitkilerin karalar üzerinde yaygın bir biçimde yayılmaya başlaması ile de bu durum değişti ve normale doğru seyir devam etti. Burada bitkiler, fotosentez olarak tanımlanan süreç ile atmosferdeki karbondioksiti kullanarak serbest oksijen rettiriler ve Dünya atmosferinin oksijen

bakımından zenginleşmesini sağladılar (Moore, 1993; Şen, 2006).

Yapılan son tahminlere göre her sene takriben yarım milyon kilometre kp su, okyanuslardan buharlaşarak dünya genelindeki su çevrimine katkıda bulunur. Bu miktarın yaklaşık olarak %90’ı yani 458.000 km³ kadar kısmı, doğrudan doğruya atmosferden yağış Őeklinde okyanuslara geri döner. Ancak 47.000 km³ kadarlık bir kısım karalar üzerine düşer (Şekil 1). Yıllık yerel atmosfer yağışları olarak 70.000 km³’lk yağışlar da buna ilave edilirse karalar üzerine düşen toplam su hacmi yıllık 119.000 km³ olmaktadır. Bu miktar karalar üzerinde eşit derinlikle yayılırsa, 1 metre kadar bir su derinliğine eşdeğer olur. Bunun takriben 47.000 km³’lk bir kısmı (%35) yüzeysel, yeraltı

ve buzul akışları halinde okyanuslara geri döner. Sonuçta yeryüzüne, 1,13 metrelik bir su derinliği meydana getirecek şekilde 577.000 km³'lük bir yağış düşer. Her sene

yaklaşık buna eşdeğer miktarda okyanus ve yer yüzeyinden gerçekteşen buharlaşma, yeryüzünde bir su dengesinin olduğunu ortaya koyar.



Şekil 1. Yeryüzündeki su çevrimi (Şen, 2006)

Dünyada bulunan suların ~%97'si tuzlu olduğundan içme ve kullanma amaçları için kullanılamaz durumdadır. Geriye kalan ~%3'lük su ise 35 milyon kilometreküplük tatlı sudur ve bu miktar, dünya yüzeyine eşit olarak dağılmamıştır. Eğer böyle olsa idi yeryüzünün her noktasında 70 cm derinlikte bir tatlı su kütlesi bulunacaktı.

Nuh tufanı sonrasında bugüne kadarki dönemde (~5000 yıl) dünyamızdan takriben 108-110 milyarlık bir insan nüfusunun gelip geçtiği tahmin edilmektedir (Kaneda, 2018). Bu nüfusun sıvı atıkları (idrar ve dışkı) ağırlıklı olarak yüzeysel akış ve nehirler vasıtası ile denizlere taşınmıştır. Akarsu akımları içindeki insan, yaban hayatı ve evcil hayvan atıkları ile çürümüş bitki atıkları vb. bileşenlerden oluşan noktasal ve yayılı kirleticiler, akarsu, sulak alanlar, haliç ve denizlerde doğal arıtma süreçleri ile (bakteri/arke ve alg işbirliği ile) mineralize edilerek (ayırılarak) CO₂, N₂, H₂S ve biyokütle gibi son ürünlere dönüştürölmektedir. Deniz ve göl yüzeylerinden buharlaşan su, zerrecikler

halinde, bulut ve yağmurları oluşturmak üzere atmosfere yükselen mikron boyutlu su molekülleri üzerindeki kirleticiler de güneşin fotokimyasal oksidasyonu (O₃+UV) ile arıtılmaktadır. Ancak yağmur damlacıklarında, çok düşük (eser) miktarda da olsa, insan kaynaklı evsel ve endüstriyel kirletici kalıntıları (izleri) bulunmaktadır.

Günümüzde yoğun yerleşim (nüfus) ve sanayi faaliyetleri bulunan bazı büyük nehir havzalarında, akarsulardan su temini için çekilen ve kullanıldıktan sonra arıtılarak geri deşarj (toprağa) edilen atıksu miktarı, nehir debisinin yüzlerce katına ulaşabilmektedir. Dolayısıyla bu tür havzaların yüzeysel akışlarını taşıyan akarsularda yüksek oranlarda, arıtma sonrası bakiye kirleticiler bulunmaktadır. Özellikle Avrupa, Çin, Kuzey Amerika ve Hindistan'daki nehirlerdeki bu duruma karşın Türkiye'de içme suyu kaynağı olarak kullanılan akarsuların çoğunda, deşarj edilen arıtılmış atıksuların toplam debisi nehir debisinin %10'unu geçmemektedir. Buna rağmen, içme suyu havzalarının korunması ile ilgili mevzuatta havzadaki yerleşimlerin evsel/kentsel

atıksularının arıtıldıktan sonra havza dışına aktarılmasını öngören hükümler bulunmaktadır (ÇOB, 2004).

Dünya genelindeki su kıtlığı sorununun çözümü için atılabilecek adımlardan biri arıtılmış atıksuların doğrudan ve/veya dolaylı olarak yeniden kullanımınıdır. Böylelikle hem mevcut tatlı su kaynakları israfa kaçılmadan ekonomik bir şekilde kullanılırken hem de döngüsel ekonomi anlayışına uyumlu bir yaklaşım takip edilmiş olur (Smith vd., 2018). Ancak arıtılmış atıksuların tekrar kullanımında, temin edilen suyun kalitesi, etik kaygılar ile sağlık ve dini açıdan tereddütler gibi birçok sosyoekonomik unsurlar sebebiyle halkın kabulü sınırlı kalmaktadır (Massoud vd., 2019). Dolayısıyla sadece teknolojik olarak atıksuların tekrar kullanılabilir hale getirilmesi ve bunun ekonomik yöntemlerle yapılması değil, halkın bu suyun kullanımı ile ilgili tereddütlerinin giderilmesi de oldukça önemlidir. Bu konuda halk nezdinde genel bir kabulün sağlanamaması durumunda teknolojik gelişmelerin tek başına yeterli olması beklenemez.

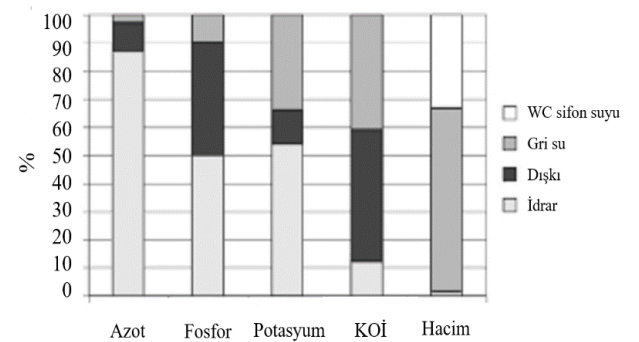
Bu çalışmada, nihai kullanım amacına uygun olarak arıtılarak, başlangıçtaki kirleticilerin giderildiği ve/veya mahiyetinin değiştirildiği (zararsız hale getirildiği) atıksuların, içme suyu kaynağı olarak kullanılan akarsulara verilmesi veya belli ilave işlemlerden sonra içme ve/veya kullanma suyu olarak kullanımı ile ilgili güncel bilimsel ve teknolojik imkânlarla yine bu duruma karşı oluşan psikolojik ve dini tereddütlerin giderilmesi hakkındaki görüş ve kanaatler ortaya konulmuştur.

2. İnsan Atıklarının Bazı Özellikleri ve Evsel Atıksuların Kirlilik Yükü

Yetişkin bir insandan açığa çıkan ortalama idrar ve dışkı miktarının 1,5-2,0 litre/gün

aralığında olduğu bilinmektedir (Hao vd., 2010; Metcalf ve Eddy, 2014; Polprasert, 2007). Bunun ~1,4 L'si idrar, 0,15-0,30 L'si ise dışkıdan oluşmaktadır. Kişi başına ortalama su kullanımının ~120 L/gün olduğu bir evden atıksu kanalizasyon sistemine verilen evsel atıksudaki tuvalet sifon suyu, gri su (mutfak ve banyo suları) ve idrar ile dışkının hacimsel oranları ile içerdii azot (N), fosfor (P), potasyum (K) ve KOİ (oksitlenebilir organik karbon, C) kirleticilerin tipik yüzde dağılımı Şekil 2'de verilmiştir (Hao vd., 2010).

Şekil 2'den görüldüğü üzere evsel atıksuyun hacimce ~%33'ü (1/3'ü) tuvalet sifon suyu, %1,5'u idrar ve dışkı, kalan %66'sı ise gri su olarak isimlendirilen banyo ve mutfak (bulaşık) sularından oluşmaktadır. Aynı şekilden, evsel atıksudaki azot yükünün >%85'inin fosfor yükünün ~%50'sinin ve potasyum yükünün ise %55'inin idrar kaynaklı olduğu görülmektedir. Fosfor yükünün kalan %50'si ise dışkı (~%40) ve gri su (~%10) kaynaklıdır. Evsel atıksudaki biyolojik ve kimyasal olarak oksitlenebilir (parçalanıp giderilebilir) karbonlu madde miktarına karşı gelen kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) parametresinin de ~%60'ı dışkı (%50) ve idrar (%10), kalan %40'ı ise gri su kaynaklıdır.

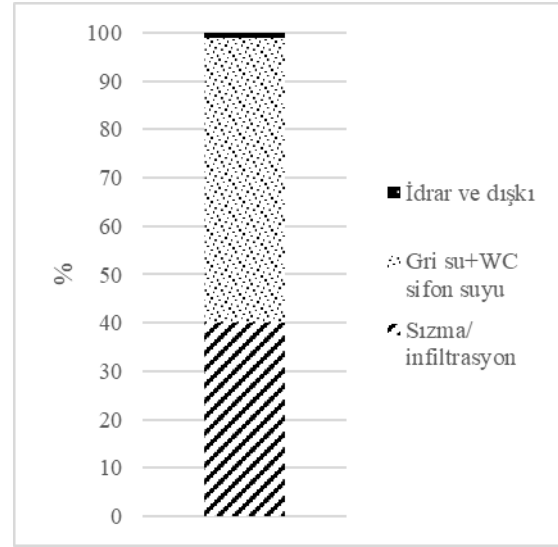


Şekil 2. Evsel atıksuyun toplam hacmine bağlı olarak WC sifon suyu, gri su, idrar ve dışkıdaki besi maddeleri ve kimyasal oksijen ihtiyacı oranları

Dünya genelinde atıksu kanal şebekesi son noktasından atıksu arıtma tesisine (AAT) verilen ortalama kişi başına atıksu debisi (q) ~200 L/gün civarındadır (Öztürk, 2017). Bunun anlamı, evlerden kanal şebekesine verilen ortalama 120 L/gün civarındaki atıksuya, şebekede ~80-100 L/kişi.gün miktarında zemin/yeraltı suyu katılımlının (sızma veya infiltrasyon) olduğudur. Dolayısıyla merkezi kentsel veya belediye atıksu arıtma tesislerine gelen her 200 L atıksuyun ~118 L'sinin (%59) gri su ve tuvalet sifon suyu, ~80 L'sinin (%40) zemin/sızma suyu, kalan ~%1'inin ise idrar ve dışkıdan oluştuğu genel sonucuna varılabilir (şekil 3).

şekil 3'te bileşenleri gösterilen tipik, orta kirlilikte ham (arıtılmamış) atıksuyun

kirletici konsantrasyonları izelge 1'deki gibidir (Metcalf ve Eddy, 2014).



şekil 3. Tipik evsel atıksudaki sızma, gri su ve sifon suyu ile idrar+dışkı oranları

Çizelge 1. Orta derecede kirli tipik evsel atıksu kirlilik değerleri*

Parametre	Ortalama Değer
KOİ	510 mg/L (~100 g/kişi.gün)
Toplam Azot (TN)*	35 mg/L (~7 g/kişi.gün)
Toplam Fosfor (TP)	5,6 mg/L (~1 g/kişi.gün)
Toplam Koliform	10 ⁷ -10 ⁹ adet/100 mL

* 200 L/kişi.gün atıksu oluşumu üzerinden hesaplanan değerler

Yukarıda belirtilen hususlar dikkate alındığında, AAT'lere gelen her 100 m³'lük atıksuyun ancak 1 m³'ünün (%1'i) gerçek anlamda insan atığı (idrar ve dışkı) içerdiği ve evdeki WC'ye bırakıldıktan sonra diğer sular (WC sifon suyu ve gri su ile sızıntı suları) ile ~100 misli seyrelmeye uğradığı gürölmektedir. Kentsel AAT'lerde gerçekleştirilen bütöun gayretler, söz konusu %1'lik insan atığı ile gri sudaki kirleticilerin giderimine yöneliktir.

3. Su Havzaları ve Kirletici Kaynaklar

Havza, üzerine düşen yağış sularını belirli bir akarsu kesitine gönderen ve komşu

havzalardan, sırtlardan geçen bir su ayırım çizgisiyle (topoğrafik sınır) ayrılan alan, hidrolojik ve topoğrafik bir ünite (birim) olarak tanımlanmaktadır (Hacısalihöğlu, 2016). Daha basit tanımıyla havza, bir akarsu tarafından bölünen, kendine has doğal kaynakları bünyesinde barındıran, etrafı dağ ve tepelerle çevrili, suları aynı denize, ırmağa veya göle akan, belirli büyüklükteki arazi parçasıdır. Havzalar insanoğlu ve toplumlar için; temiz sular ile su kaynaklarının düzenlenmesi, toprak erozyonunun önlenmesi, karbon depolama ve biyolojik kaynakların sağlanması gibi hayati öneme sahip unsurları sunan karmaşık sistemlerdir (şekil 4).

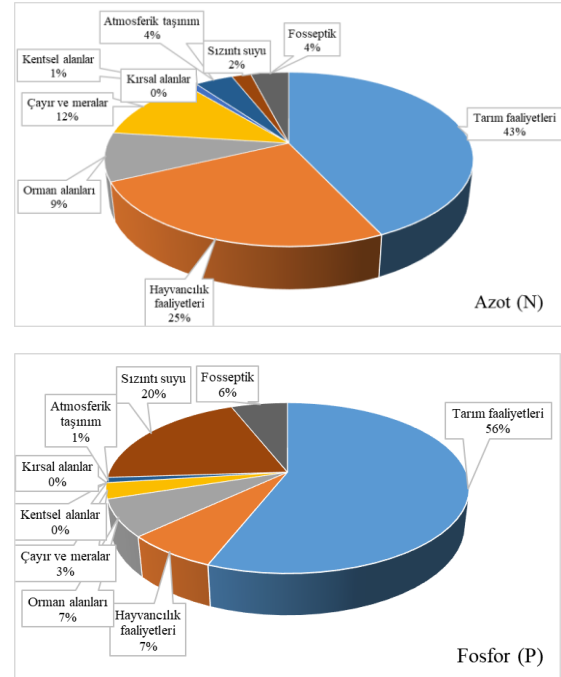


Şekil 4. Havza gösterimi
(Hacısalihoglu, 2016)

Su havzaları, noktasal ve yayılı kirlilik kaynakları sebebiyle kirliliğe maruz kalmaktadır. Toplam noktasal kirlilik yükü, kentsel AAT deşarjları ve dolu savaklardan gelen yük ile arazi arıtmalarından kaynaklanan yükün toplamını ifade etmektedir. Öte yandan başlıca yayılı kirlilik kaynakları; tarım ve hayvancılık dışı arazi kullanımı, tarımsal faaliyetler, hayvancılık faaliyetleri, atmosferik taşınım, fosseptikler ve düzensiz katı atık depolama alanları olarak sıralanabilir. Noktasal ve yayılı kirletici kaynaklardan oluşan en önemli kirlilik parametreleri makro besi maddeleri olan azot (N) ve fosfor (P)'dur. Su kaynaklarındaki kalitenin iyileştirilmesi ve korunması için noktasal kirleticilerin yanı sıra, su ve havza kirlenmesi üzerinde büyük etkisi olan yayılı kirleticilerin belirlenmesi ve kontrolü de son derece önemlidir (Fakıoğlu vd., 2018).

Bir havzadaki noktasal ve yayılı kirlilik yükünün kaynaklara göre dağılımı, bölgenin sosyoekonomik özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin Melen Havzası'nda toplam azot kirlilik yükünün %72'si yayılı, %28'i noktasal kaynaklıdır (Gürel vd., 2011). Bu havzada toplam fosfor yükünün %38,5'u yayılı, geriye kalan %61,5'u noktasal kirlilik kaynakları

ile havzaya ulaşmaktadır. Havzada azot kaynaklı yayılı kirliliğinin %43'ü tarım, %25'i hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanmakta; orman alanları, çayır ve meralardan gelen azot yükü toplam yükün %12'sine tekabül etmektedir (Şekil 5). Öte yandan, toplam azot yükünün yalnızca %2'si katı atık depolama sahalarında oluşan sızıntı suyundan kaynaklanırken, bu sahalardeki sızıntı sularının toplam fosfor yükündeki payı ise %20'dir. Fosseptik kaynaklı azot ve fosfor kirlilik yükleri ise sırasıyla %4 ve %6 olarak verilmiştir. Toplam fosfor yükünün büyük bir çoğunluğunu oluşturan tarım faaliyetleri (%56) dışında havzaya fosfor yükü getiren diğer kaynaklar orman alanları (%7), çayır ve meralar (%3) olarak belirlenmiştir (Tanık vd., 2009).



Şekil 5. Melen Havzası'ndaki yayılı azot ve fosfor kirlilik yükleri dağılımı

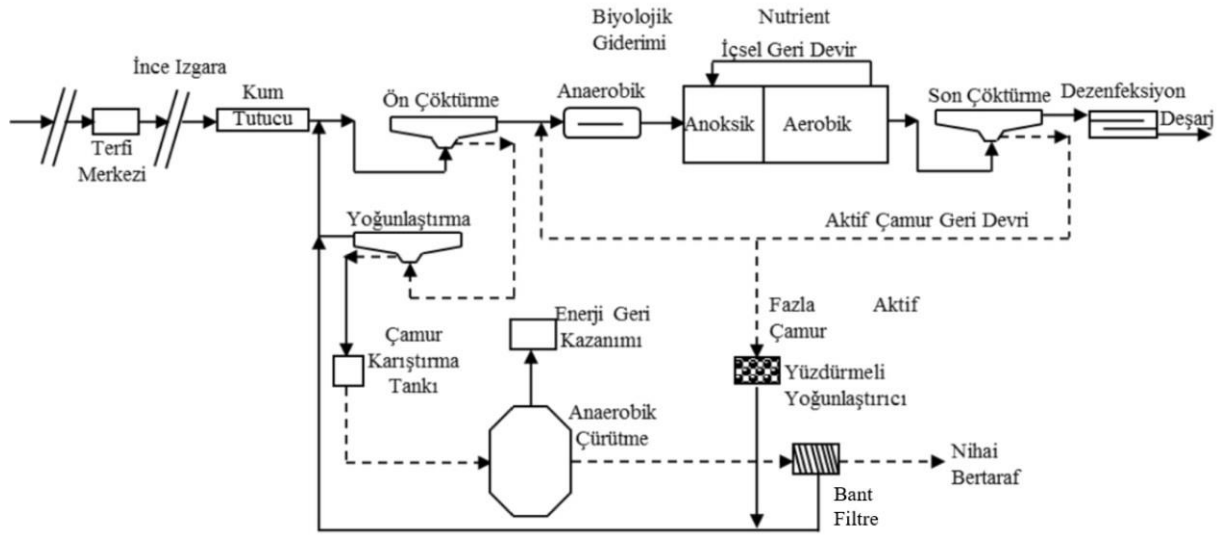
4. Evsel Atıksuların Arıtımı

Evsel atıksular, arıtılmış suyun ve alıcı ortamların kullanım maksatları gözetilerek belirlenen deşarj standartlarını sağlamak üzere, uygun biyolojik ve kimyasal

prosesler içeren AAT'lerde arıtılır. Biyolojik arıtmanın gayesi, evsel atıksuda bulunan biyobozunur organik maddeleri, genelde ardışık “anaerobik (havasız) + anoksik (ok dūřuk oksijen varlıęında) + aerobik (havalı)” sūreler içeren biyoreaktlerde biyolojik oksidasyon ve mikrobiyal biyokūtle sentezi (oluřum) reaksiyonları ile mineralize ederek CO₂, N₂, NO_x ve bakteri/arke biyokūtleleri son ūrūnlerine dnūřtūrmektedir. Gūnūmzde A²O (anaerobik, anoksik ve aerobik) prosesi olarak bilinen eř zamanlı C, N, P gideren ileri biyolojik atıksu arıtma

prosesleri ile evsel atıksular, çıkıştaki kirletici seviyeleri KOİ < 70-100 mg/L (>%85 giderim), Askıda katı madde (AKM) < 50 mg/L (>%75 giderim), TN < 10 mg/L (>%75 giderim) ve TP < 1 mg/L (>%90 giderim) olacak şekilde arıtılabilmektedir (şekil 6).

Patojen mikroorganizmaların (fekal koliform, streptokok, virūsler) giderimi için mekanik veya hızlı kum filtrasyonu sonrası UV veya ozon (O₃) ile dezenfeksiyon uygulanmaktadır.



şekil 6. Tipik A²O Prosesli AAT Akım şeması

İleri biyolojik arıtma ve dezenfeksiyon uygulanmış atıksularda gerçekleştirilen arıtma işlemleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Karbonlu organik maddeler heterotrofik bakterilerce ayrıtılarak mahiyeti tamamen deęiřtirilmiř biyolojik olarak inert veya çok zor parçalanabilir son ūrūnlere (inert KOİ ve SMP (özūnmūř inert mikrobiyal ūrūnler)) indirgenmektedir.
- Azotlu maddeler de başlangıçtaki organik ve amonyum azotu içeren yapıdan,

biyolojik nitrifikasyon ve denitrifikasyon sūreleriyle, oksitlenmiř azot bileřikleri olan NO₃+NO₂ ile azot gazına (N₂) dnūřtūrūlmektedir.

- Fosforlu maddeler ise ağırlıklı olarak mikrobiyal biyokūtlede (aktif çamurda) depolanma yoluyla sıvı fazdan çekilerek, fazla (atık) biyolojik çamurla birlikte sistemden atılmaktadır. Atıksudaki azot ve fosforun belli bir kısmı biyokūtle sentezinde makro besi elementi olarak kullanılmaktadır.
- Őncelikli kirleticilerin (ilaç kalıntıları, kiřisel bakım ūrūnleri, endūstriyel

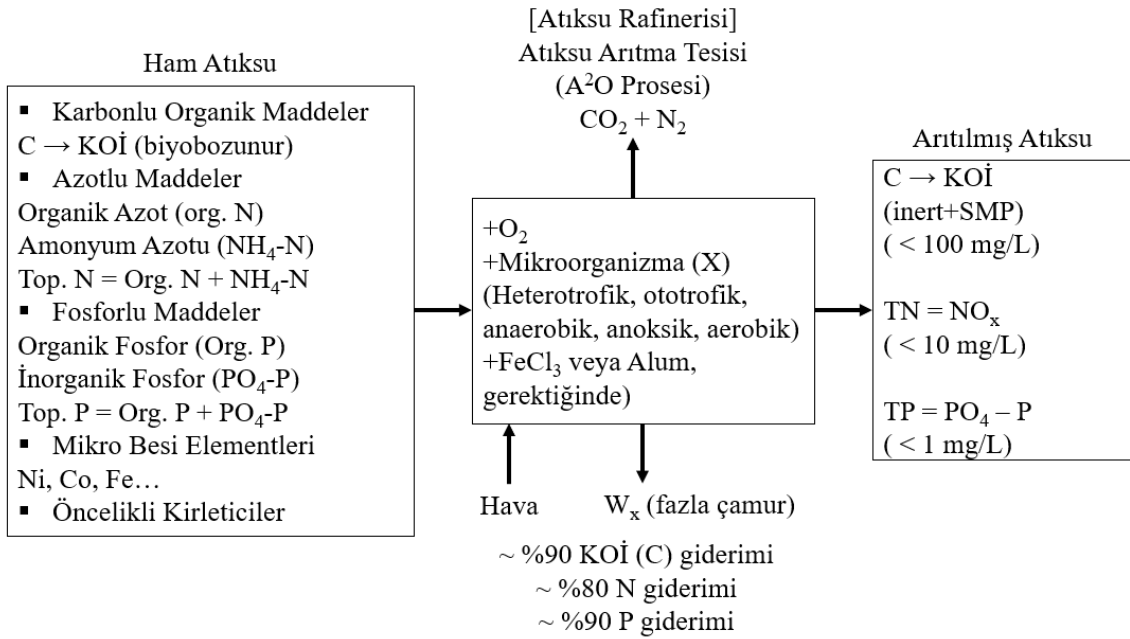
kimyasallar, endokrin bozucular vb.) büyük kısmı da oksidasyon ve biyokütlede adsorpsiyon yoluyla giderilmektedir. Ancak özel durumlarda (içme suyu havzalarına, yeraltı sularına deşarj vb.) A²O prosesi sonrası ilave ozon oksidasyonu + aktif karbon filtrasyonu ile bu kirleticilerin konsantrasyonları istenen sınır değerlerin oldukça altına çekilebilmektedir.

- Sistemden düzenli olarak atılan fazla biyokütleden de, anaerobik biyolojik arıt-

ma (çürütme) ile biyometan geri kazanılarak arıtma için gerekli dış enerji ihtiyacı asgariye indirilmektedir.

- Dezenfeksiyon sonrasında patojen mikroorganizma (bakteri, virüs) sayısı 0/100 mL seviyelerine indirilebilmektedir.

Yukarıda akım şeması verilen tipik A²O prosesi evsel atıksu arıtımında aynı maksatla kullanılan Membran Biyoreaktör sistemi dışında, AB (Adsorpsiyon ve Biyo-



Şekil 7. Evsel atıksuların ileri biyolojik arıtımı sonrası kirleticilerdeki mahiyet değişimi

oksidasyon) Prosesi ve Aerobik Granüler Aktif Çamur Sistemi gibi sistemler de mevcuttur (Öztürk, 2017).

Atıksu arıtma sektöründe mevcut ileri biyolojik ve gerektiğinde destekleyici kimyasal arıtma teknolojileri (kimyasal destekli P giderimi, son ozonlama vb.) uygulanarak, evsel atıksuyun içerdiği karbonlu, azotlu, fosforlu, patojen ve öncelikli kirleticilerin mahiyetlerinin değiştirilmesi ve/veya tamamen giderilmeleri sağlanmış olmaktadır. İleri biyolojik AAT çıkış suyu, ham evsel atıksudan tamamen farklı yapıda karbonlu

ve azotlu maddeler ile fosfor içeren, patojen ve öncelikli kirleticilerden çok büyük oranda arındırılmış bir su hüviyetindedir. Yukarıda açıklanan ileri biyolojik atıksu arıtma süreçleri, Şekil 7'deki gibi basitleştirilmiş bir formülasyonla daha anlaşılabilir bir şemayla verilmiştir.

Arıtılmış atıksuların sulama suyu olarak kullanılması halinde, N ve P giderimine gerek yoktur. Böyle durumlarda A²O prosesi yerine, sadece C giderimi ve sonrasında "Mekanik Filtre/Kum Filtrasyonu + UV ile dezenfeksiyon"

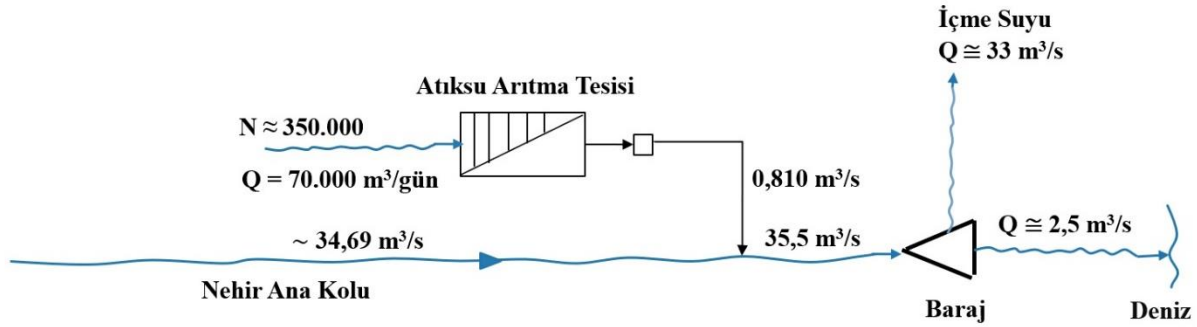
birimlerini ihtiva eden klasik Biyolojik Atıksu Arıtma Sistemleri yeterli olur.

Sahil yerleşimlerinin AAT ıkış suları, tercihen A²O prosesi sonrası, derin deniz deşarjı boru hattı ile sahilden >1300 m uzaktan ve asgari -20 m derinden denize verilerek uzaklaştırılabilir. Boye durumlarda dezenfeksiyon, güneş ışını ve

akıntılar ile taşınım/seyrelme yoluyla doğal olarak gerçekleşeceği için, genelde AAT çıkışında dezenfeksiyona ihtiyaç duyulmaz.

5. Atıksu Deşarjı Yapılan Yüzeysel Sulardan İçme Suyu Temini

Türkiye’de, dünya genelindeki çoğu ülkede olduğu gibi, içme suları ağırlıklı



Şekil 8. Hipotetik örneğe ait Őema

olarak yüzeysel sulardan (akarsu ve gller) temin edilmektedir. İçme suyu havzaları, özellikle havzada mevcut yerleşimler ve sanayi tesisleri, yürütülen tarım ve hayvancılık faaliyetleri, fosseptikler ve katı atık depolama alanı sızıntı suları ile özellikle yukarı havzadaki (ormanlık alanlar) yaban hayatı kaynaklı kirleticiler dolayısıyla önemli oranda kirlilik baskı ve etkilerine maruz bırakılmaktadır (Şekil 4). İçme suyu havzalarındaki Şehir ve kasabaların arıtılmış atıksularının deşarjı sonrasında, akarsuyun debisine bağlı olarak, belli oranda seyrelme gerçekleşmektedir. Bu durum aşağıdaki hipotetik örnek üzerinde açıklanacaktır (Şekil 8).

Yukarıdaki Şekilde verilen örnek uyarınca, bir Őehrin içme suyu, bu Şehre tahsis edilen bir havzadaki akarsu üzerinde yapılan bir barajdan temin edilecektir. Havzada mevcut ile ve il merkezinin evsel atıksuları kolektörlerde tek bir noktada toplanarak bir İleri Biyolojik AAT’de

arıtılacaktır. Gelecekteki nüfusu 350.000 kişi olarak tahmin edilen bu yerleşime ait 70.000 m³/gün debili AAT ıkış suyu yıllık ortalama debisi 34,7 m³/s olan akarsuya deşarj edilecektir. Akarsu zerindeki barajdan söz konusu yerleşime çekilecek debi ~1 x 10⁹ m³/yıl olup mansaba bırakılacak çevresel debi (ekolojik, ihtiyaç debisi) 2,5 m³/s’dir. Bu veriler esas alınarak, akarsudaki ortalama seyrelme sayısı,

$$S_{ort} = [34,7 + 0,810] = 44 \sim 40 \text{ olacaktır (Şekil 8).}$$

Dolayısıyla akarsuya deşarj edilen kirleticiler karışım sonrası;

$$KOİ = 70 \times (1/40) = 1,75 \text{ mg/L}$$

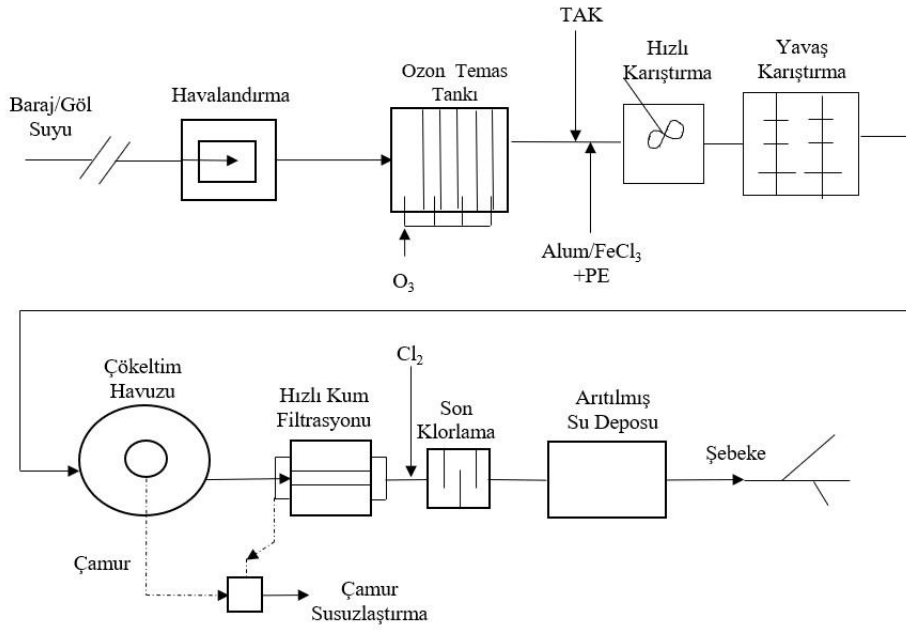
$$TN = 10 \times (1/40) = 0,25 \text{ mg/L}$$

$$TP = 1 \times (1/40) = 0,025 \text{ mg/L}$$

seviyelerine düşecektir. Deşarj sonrası akarsu ile baraj glne taşınacak bu kirleticilerin, sucul ortamdaki doğal arıtma

ve seyreltme süreçleri sonucu ~%50 düzeyinde ilave giderime maruz kalacakları kabul edilebilir. Bu durumda barajdan çekilecek içme suyunda, havzadaki yerleşimlerden gelen ve mahiyeti tamamen değiştirilmiş kirlenici seviyeleri, $KO_5 < 1$, $TN < 0,25$ ve $TP < 0,015$ mg/L gibi oldukça düşük değerlerde olacak ve Klasik Yüzeysel Su Arıtma Tesisleri'nde rahatça giderilebilecektir.

Dolayısıyla bu havza özelinde, evsel atıksu AAT deşarjları ile akarsuya verilen kirlilik, yerleşime alınacak hamsu kalitesi üzerinde belirleyici bir etkiye sahip değildir. Bu yüzden, havzadaki yerleşimlerin arıtılmış atıksularının havza dışına aktarılması gerekli değildir.



Şekil 9. Tipik yüzeysel su arıtma sistemi (tesisi) akım şeması

Yukarıdaki sonuç özelinde bu havza, genelde ise diğer havzalar için geçerli olmak üzere havzanın yüzeysel su kalitesini belirleyici kirlenicilerin, noktasal kaynaklardan ziyade yayılı (tarım, hayvancılık, fosseptik ve düzensiz katı atık depolama alanı sızıntı suları) kirlenici kaynaklar olduğu grlmektedir. Akarsudaki seyreltme kapasitesi ≥ 10 (1 birim arıtılmış atıksu + 9 birim şehir suyu) olduğu sürece ileri derecede arıtılmış atıksu deşarjı sonrası çekilecek içme/kullanma sularının, n ozonlama ve toz aktif karbon birimlerini de içeren klasik yüzeysel su arıtma tesislerinde (Şekil 9) arıtılarak su dağıtım şebekelerine servis

edilmesi dünya genelinde yaygın ve yerleşik bir uygulamadır.

Gelecekte küresel iklim değişimi (zellikle kuraklık) dolayısıyla nehir akışlarının %20-30 oranında azalması durumunda, ileri derecede arıtılmış atıksu deşarjlarının daha değerli ve kritik bir alternatif su kaynağı durumuna gelebileceği unutulmamalıdır. Bu durumda, akarsuların seyreltme kapasitesi azalacağı için İleri Biyolojik AAT ıkışında "Ozonla Oksidasyon + Granüler Aktif Karbon Filtrasyonu" uygulaması gerekebilir. Yukarıdaki kavramsal havza örneğinde, akarsu debisindeki %30'luk bir azalma,

ortalama seyrelme sayısını, $S_{ort} = [(1-0,30) \times 34,7 + 0,810]/0,810 = 3,1$ 'e düşürecektir.

İçme ve kullanma suyunun baraj yerine bir kabartma yapısı (regülatör) üzerinden alınması durumunda, nehir suyu kalitesi mevsimlik debi değişimlerinden büyük ölçüde olumsuz olarak etkilenmekte ve bilhassa yaz aylarında (Temmuz-Ekim dönemi) akarsudaki debinin, yıllık ortalama debinin %15-25'ine düşmesi sonucu, arıtılmış atıksu değarjının debi ve kalitesi belirleyici olabilmektedir. Bu gibi durumları önleyebilmek için, akarsulardan su temini olabildiğince bir baraj gölü üzerinden yapılmalıdır. Baraj depolama kapasitesinin olabildiğince büyük tutulması, iklim değişimi ve kuraklık etkilerinin azaltılması bakımından da önem taşımaktadır.

6. İleri Düzeyde Arıtılmış Eysel Atıksuların Temizlik ve İçme Suyu Olarak Dolaylı veya Doğrudan Kullanımı

Daha önceki bölümde açıklandığı üzere, günümüz ileri atıksu arıtma teknolojileri ile evsel atıksuda bulunan makro kirleticiler (C, N, P), mahiyetleri tamamen değiştirilerek, başlangıçtaki seviyeleri > %80-90 oranlarında düşürülebilir. Sonda ozon oksidasyonu ve granüler aktif karbon filtrasyonu ile desteklenen A^2O prosesi çıkış sularında, bakiye yeni nesil veya öncelikli kirleticiler de giderilerek, bir tür atıksu rafinerisi ilkesi ile çok yüksek çıkış suyu kalitesine ulaşılabilmektedir. Atıksu niteliğini hemen hemen tamamen kaybetmiş bu tür suların yüzeysel sulara değarj edilerek içme ve kullanma suyu olarak kullanımında (dolaylı kullanım) genel bir mutabakat bulunmaktadır. Mevcut fiili durumda, içme suyu kaynağı olarak kullanılan yüzeysel suların çok büyük kısmının önemli oranlarda arıtılmış

(hatta arıtılmamış) atıksu içerdiği de bilinmektedir.

İleri düzeyde arıtma uygulanmış evsel atıksuların, musluk suyu kalitesine getirilseler bile, doğrudan içme ve kullanma suyu olarak kullanımlarının önünde hala ciddi psikolojik, sosyal ve dini (fıkhi) tereddütler bulunmaktadır. Bu nitelikte suların akiferlere verilerek daha sonra kuyularla çekilip ayrı bir şebekeden (mor şebeke) şehirlere dağıtılıp, B kalite/sınıf su olarak ~%50 daha düşük maliyetle, sulama, WC sifon suyu veya endüstriyel proses suyu temininde kullanıldığı bilinmektedir. Bu nitelikte arıtılmış atıksuların yeni su (NEWater) adıyla pet şişelerde içme suyu olarak kullanıldığı en cesur uygulama Singapur'da yapılmıştır. Bir ada veya şehir devleti olan Singapur'un içme/kullanma sularının; 1/3'ü yağmur sularından, 1/3'ü deniz suyundan, 1/3'ü ise ileri derecede arıtılmış atıksulardan oluşan akımların karıştırılması suretiyle temin edilmektedir (PUB NEWater, 2020).

NEWater, konvansiyonel olarak arıtılmış atıksuya, çok aşamalı su geri kazanım proseslerinin uygulanmasıyla üretilmektedir. NEWater'ın ilk aşamasında askıda katı maddeler, koloidal maddeler, hastalık yapıcı bakteriler ile bazı virüs ve protozoa kistler mikrofiltrasyon/ultrafiltrasyon (MF/UF) sistemi ile giderilmektedir. MF/UF sisteminden çıkan su, yalnızca çözülmüş tuzları ve organik molekülleri içermektedir. İkinci aşamada ise ters osmoz (TO) prosesi kullanılmaktadır. Bu aşamada yarı geçirgen bir membran; bakteri, virüs, ağır metal, nitrat, klorür, sülfat, dezenfeksiyon yan ürünleri, aromatik hidrokarbonlar ve pestisitler gibi kirleticileri gidermektedir. Bu adım sayesinde NEWater, virüs ve bakterilerden arınmakta ve yalnızca düşük seviyede tuz

ve organik madde içeren, içilebilir su seviyesine ulaşmaktadır. Üçüncü ve son aşama ise emniyet amaçlı olup, tüm mikroorganizma faaliyetlerinin inhibe edildiğinden emin olunması adına UV dezenfeksiyonu uygulanmaktadır. pH ayarlamasının ardından NEWater kullanıma hazır hale gelmektedir (PUB NEWater, 2020).

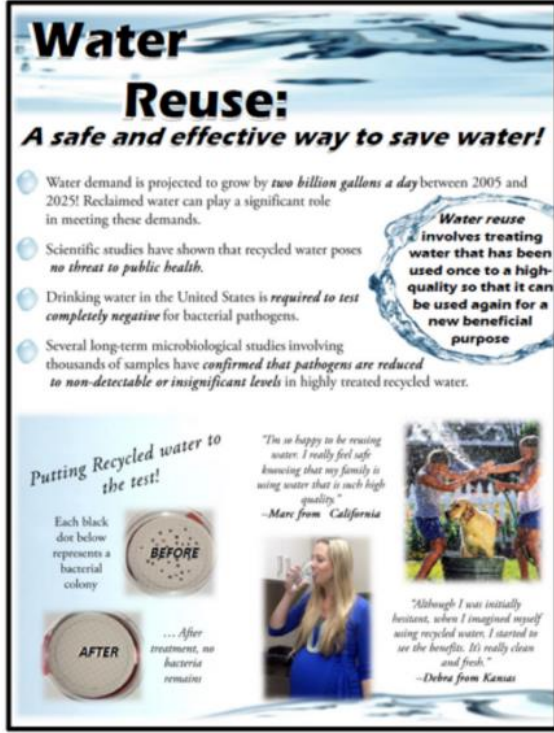
Elde edilen su, içme suyu kalitesinde olup, içme suyu elde edilen rezervuarlara ilave edilmekte, daha sonra rezervuardaki su, konvansiyonel su arıtma tesislerinde arıtılarak tüketicilere ulaştırılmaktadır. Mevcut NEWater tesislerinin kapasitesi yaklaşık 76.000 m³/gün olup, bunun %6'sı dolaylı içme suyu olarak kullanılmaktadır. Bu miktar, Singapur'un 1.400.000 m³/günlük toplam içme suyu ihtiyacının yaklaşık %1'ine tekabül etmektedir. Tesislerde üretilen suyun geri kalanı ise yüksek saflıkta suya ihtiyaç duyan, suyu içme suyu olarak kullanmayan endüstriler tarafından kullanılmaktadır. NEWater'ın ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA) ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından verilen içme suyu kalite standartlarını sağladığı ve Singapur'un diğer içme suyu kaynaklarından daha temiz olduğu belirtilmektedir (PUB NEWater, 2020).

6.1. Atıksuların Yeniden Kullanımı ile İlgili Sosyal ve Dini Tereddütler
Atıksuların tekrar kullanıma müsait hale getirildikten sonra istenilen veya planlanan seviyede kullanımlarının sağlanması için, halkın kabulü kritik bir önem arz etmektedir (Aprile ve Fiorillo, 2017). Halkın kabulünün nispeten daha kolay olabileceği öngörülen zirai sulamada dahi, atıksuların yeniden kullanımı hususunda bir direnç bulunmaktadır (Pollice vd., 2004). Bununla birlikte, artırılmış atıksuların tekrar kullanılabilereceği alanlar arasında en çok kabul görenler tarım ve

peyzaj amaçlı sulamadır. En düşük kabul gören kullanım alanları ise mutfak ve banyoda doğrudan kullanımdır (Massoud vd., 2018). Dolayısıyla uygun mühendislik teknikleri kullanılarak, atıksuların tekrar kullanılabilir hale getirilmelerine rağmen halkın bu suyu kullanmadaki düşük oranda kabulünün artırılması gereği büyük bir önem taşımaktadır.

Atıksuların yeniden kullanımını teşvik etme konusunda önemli araçlardan biri sağlıklı bir halkla ilişkiler politikası yürütülmesi ve kamuoyuna yeterli bilgilendirmenin yapılmasıdır (Verstraete ve Vlaeminck, 2011). Şekil 10'da ABD'de gerçekleştirilen örnek bir çalışmaya dair bilgilendirme ilanı görülmektedir (Wester vd., 2016). İlanın esas amacı atıksuların yeniden kullanımının sağlık açısından herhangi bir mahzuru bulunmadığını vurgulamak ve bu sayede halkın kullanımını teşvik etmektir. İlanda, hamile bir kadının atıksudan kazanılmış içme suyunu tüketmesi görseli kullanılarak atıksuların yeniden kullanımıyla ilgili tereddütler giderilmeye çalışılmıştır. Jorgensen vd. (2009) yaptığı çalışmada insanların, diğer tüketicilerin su tasarrufu yapmadığını düşünmesi halinde kendilerinin de su tasarrufunda bulunma eğiliminde olmadıklarını göstermiştir. Hem su tasarrufu hem de atıksuların yeniden kullanımındaki eğilimlerin benzer psikolojik unsurlara dayandığı kabul edilecek olursa, atıksuların yeniden kullanımı konusunda tüm toplumun bir bütün olarak ele alınmasının yerinde olacağı öngörülebilir. Dolayısıyla, atıksuların yeniden kullanımının istenilen seviyeye getirilmesi tüketicilerin münferit gayretlerinden ziyade, müşterek hareket etmesi ile mümkün olacaktır. Bunun yanı sıra, eğitim seviyesi yüksek olan grupların su tasarrufu ve atıksuların yeniden

kullanımında daha istekli olduğu belirtilmektedir (Jorgensen vd., 2009; Smith vd., 2018).



Şekil 10. Atıksuların yeniden kullanımıyla ilgili örnek bir bilinçlendirme ilanı (Wester vd., 2016)

Ayrıca, dini yaklaşım ve anlayışlar da, atıksuların yeniden kullanımı ile ilgili önemli sosyal olgular arasında bulunmaktadır (Garcia ve Pargament, 2015; Massoud vd., 2018). İslam Dünyası'nda atıksuların yeniden kullanımı ile ilgili farklı anlayışlar bulunduğu bildirilmektedir. Kullanımın en fazla oranla tercih ve kabul gördüğü alan tarımsal sulamadır. Örneğin, Katar ve Filistin'deki çiftçilerin önemli bir kısmı, arıtılmış atıksuların tarımsal amaçlı sulamada kullanılmasını desteklemiş ve ayrıca İslam'ın bunu teşvik ettiğini düşündüklerini belirtmişlerdir (Carr vd., 2011). Buna mukabil bazı Arap ülkelerinde çiftçilerin arıtılmış atıksuları kullanma konusunda yeteri kadar istekli olmadıkları görülmüş ve kullanımı teşvik için verilen sulama suyunun kalitesinin düzenli olarak

raporlanması tavsiye edilmiştir. Bu şekilde çiftçilerin algısının olumlu yönde değişebileceği öngörülmüştür (Massoud vd., 2019).

Genel olarak, atıksulardan kazanılmış kullanma suyunun toplum nezdindeki kabul edilebilirliğini artırmak için Suudi Arabistan (1978) ve Endonezya (2010) gibi ülkelerde, yeterli arıtma yapıldığı takdirde bu şekilde temin edilen suların kullanılmasının helal olduğu yönünde fetvalar yayımlanmıştır (Garcia ve Pargament, 2015; Handayani vd., 2017). Örneğin, Malezya merkezli Dünya Fetva Araştırma Enstitüsü'ne göre (INFAD), kullanılmış sudaki tat, renk ve koku giderilip temiz sudaki seviyeye getirilirse, geri kazanılmış suyun sulama ve diğer amaçlarla kullanılabilmesi belirtilmiştir (Kayhanian ve Tchobanoglous, 2016). Konu ile ilgili olarak Malezya'da yapılan deneysel bir çalışmada, şadırvanda insanlar abdest aldıktan sonra oluşan suların basit bir filtrasyon ve klorlama sonrası sifon suyu olarak veya bahçe sulamada kullanılabilir kaliteye getirilebileceği tespit edilmiştir (Suratkon vd., 2014). Yukarıda belirtildiği gibi atıksuların yeniden kullanımıyla ilgili Endonezya'da da benzer bir fetva yayımlanmış ancak ülke genelinde atıksuların yeniden kullanımı ile ilgili dini temelli tereddütler halen giderilememiştir (Handayani vd., 2017).

6.2. Sularla İlgili Fıkhi Görüşler

Su ve kullanılmış sularla ilgili, İslam ilmiyelerinde yer alan fıkhi (ağırlıklı olarak Hanefi fakihleri) görüşler aşağıda özetlenmiştir.

Mutlak su: Yaratıldıkları vasıf üzere duran yağmur ve kar suları ile deniz, göl, pınar ve kuyu suları bu sınıfa giren sulardır. Mutlak sular doğal halleriyle temiz ve temizleyici olup, abdest alınıp gusledilebilir, her çeşit

temizlik yapılabilir. Ancak bu sulara necaset karışıp, suyun üç vasfı olan renk, tat ile kokudan birini değiştirirse pis hükmünde olurlar ve temizleyicilik vasfını kaybederler (Bilmen, 2015; Yavuz, 1979).

Mutlak suya, amacına uygun şekilde arıtılmış su (gri su) karıştığında, asıl su karışan suyun 2 katından fazla (seyrelme sayısı (S) > (2+1)/1 = 3) ise onunla necaseti hükmiye giderilebilir (abdest alınıp gusledilebilir). Bu noktada, mutlak suyla karıştırılan suyun, içerisinde necis unsurlar bulunmayan ve arıtmaya tabi tutulmuş atıksu olduğu unutulmamalıdır. Karışan su, asıl suyun iki misli ise onunla necaseti hükmiye giderilemez. Birbirine eşit ise, ihtiyaten asıl su mağlup sayılır, bu sular abdest ve gusulde kullanılamaz (Bilmen, 2015).

İstihale: Mahiyet değişimi yolu ile temizleme. Temiz olmayan bir şey başka bir mahiyet alınca temiz olur. Mesela bir yığın gübre toprak kesilirse (biyolojik olarak ayırıtıp kompostlaştırılırsa), bir hayvan tezeği yanıp kül olursa, bir şarap (fermentasyonla) sirkeye veya misk ceylanının kanı miske dönerek mahiyet değiştirirse temiz addedilir. Keza pis bir yer pulluk ile sürülmekle, pis bir zeytinyağı (prina) sabun haline getirilmekle temizlenmiş olur (Bilmen, 2015).

İstihale, günümüz evre Mühendisliği disiplininde “kullanım amacına uygun arıtma”ya karşı gelmektedir. Örneğin, evre Mühendisliği’nde şarabın sirkeye dönüşmesi “biyokimyasal fermentasyon”, gübrenin toprak kesilmesi “kompostlaştırma”, kirli toprağın sürülmesi “toprağın biyoteknolojik ışlahı” ve tezeğin yanıp kül olması “termal arıtma (yakma)” teknolojileri olarak bilinen arıtma teknolojileridir. Keza evsel atıksuların biyolojik arıtma (veya

biyokimyasal oksidasyon) teknolojileri ile arıtılarak, içerdiği molekül veya iyon boyutundaki kirleticilerin dahi giderimi ve/veya farklı özellihte maddelere dönüştürülmesi de istihale yoluyla temizlemenin diğer bir hali olarak değerlendirilebilir (Candan, 2017).

Türkiye Diyanet Vakfı (TDV) İlmihali Suların Hükümü bölümünde, günümüzde “gri su” denen lavabo ve duş sularının, maddi bakımdan (görünürde) temiz olsalar bile (ilave bir işleme tabi tutulmaksızın) ikinci kez hükmi temizlikte (abdest ve gusul için) kullanılamayacağı, ancak asli özelliklerini kaybetmemesi ve maddi (görünür) kirlilik taşımaması kaydıyla maddi temizlikte (maddi pislik ve kirlerden temizlenmede) kullanılabileceği fıkhî görüşü ifade edilmektedir (TDV, 2014). Aynı kaynakta, suyun temel özelliklerinde bir bozulma olduğunda veya yapılan bilimsel incelemeler ve laboratuvar tahlilleri sonunda insan sağlığı ve evre için zararlı olduğu tespit edildiğinde bu suyun kullanımının dinen de caiz olmayacağının açık olduğu; çünkü insanın sağlık, güvenlik ve huzur içinde yaşamasının dinin genel hedeflerinden biri olduğu gibi bilimin de ana gayesini oluşturduğu ifade edilerek; fıkhî kitaplarında suyun maddi ve hükmi temizlikte kullanılabilmesi için aranan şartların, suyun kullanımının dini hükmiyle ilgili nihai bir ölçü ve çözüm olarak değil, fertlere günlük yaşayışlarında kolaylık sağlamayı ve ortalama bir ölçü getirmeyi amaçlayan öneri ve katkılar olarak anlaşılması gerektiği belirtilmektedir.

Suyun az veya çok olması, onun temiz ve temizleyici olma özelliğini korumasında önemli bir rol oynamakla birlikte fıkhî mezhepleri arasında bu ayırımın ölçüsü hakkında tam bir mutabakat bulunmamaktadır. Hanefi mezhebinde,

içine düşen (karışan) bir necaset (kirletici) dolayısıyla, üç temel vasfından biri bozulmadıkça, akarsular ile büyük su (kütlesi) olarak tarif edilen, yüzey alanı asgari 100 arşın² ($\approx 50 \text{ m}^2$) ve derinliği avuçla alındığında elin havuz dibine değmeyeceği yükseklikte ($\sim 15\text{-}20 \text{ cm}$) olan sular mutlak (temiz ve temizleyici) su olarak kabul edilmektedir (Bilmen, 2014). Şafii ve Hanbeliler ise, Kulleteyn Hadisi olarak bilinen “Su iki kulle (küp varil, $\sim 206 \text{ L}$) veya daha fazla miktarda ise büyük su (kütlesi) hükmünde olup pislik taşımaz yahut hiçbir şey onu pisletmez” görüşünü benimsemektedirler (İbni Mace, “Taharet”, 75; Ebu Davud, “Taharet”, 33). Ancak fakihlerin Kulleteyn rivayeti konusundaki yaklaşımları, Şafii mezhebi hariç, alimlerin çoğu tarafından kabul görmemiştir (Arslan, 2011). Mâlikîler’e göre, içine düşen pis madde sebebiyle özellikleri değışmeyen akarsu kirli sayılmadığı gibi onun maddî ve hükmî temizlikte kullanılması da mekruh değildir (TDV, 1988).

Nitekim İbni Mace’nin Sünen adlı eserini tercüme ve şerh eden Hatipoğlu (1982), mezheplerin Kulleteyn rivayeti ile ilgili fihhi görüşlerini özetledikten sonra; söz konusu hükümlerin dine dayalı olduğu gibi, sağlığa zararlı bir maddenin (temizlikte) kullanılamayacağı hükmünün de İslamiyet’te yer aldığını ve sağlık yönünden zararlı bir maddenin karıştığı bir su kütleinin, miktarı ne olursa olsun (iki kulle değil bin kulle de olsa), abdest, gusül ve içme maksadıyla kullanımının haram olduğunu ifade etmektedir. Ancak günümüzde mevcut arıtma teknolojileri ile insani tüketim amacıyla kullanılması planlanan sularda (deniz suyu da dahil) bulunan sağlığa zararlı maddelerin ulusal ve uluslararası norm ve standartlarda öngörülen sınırların altına indirildikten sonra içme, temizlik, yemek hazırlama ve

gıda üretimi gibi maksatlarla kullanımları mümkün olmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2005; WHO, 2017). Bu tür fihhi görüşleri dönemlerinin şart ve imkanları çerçevesinde değerdendirmenin daha uygun olacağı düşünölmektedir (Candan, 2017).

Yine Hanefilere göre, bir kuyu ile abdesthane (tuvalet) arası, necasetin eseri olan renk, tat ve kokudan biri kuyunun suyuna nüfuz etmeyecek derecede uzak olunca, o kuyunun suyu pis olmaz. Ancak bu üç unsurdan biri suya nüfuz ederse (aradaki mesafeye bakılmaksızın) kuyu suyu pis olmuş olur (Bilmen, 2014).

Yukarıda özetlenen suyla ilgili fihhi görüşlerden bugün için alınabilecek ilhamlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Az kirli (gri su eşdeğeri) suların, görünür maddi kirlerinden arındırılarak (özel arıtma uygulanarak) bazı alanlarda maddi temizlik (WC sifon suyu, araç yıkama vb.) amacıyla kullanımları düşünölmelidir.
- Gerekli arıtma işlemleri uygulanarak, asli özelliklerini bozan unsurlar giderildikten sonra, evsel ve endüstriyel atıksuların da yeniden kullanımı teşvik edilmelidir.
- Düşük kirlilikteki (gri su veya eşdeğeri seviyede kirletici içeren) kullanılmış veya arıtılmış atıksuların yüzeysel sulara (akarsu ve göllere) deşarjında en az seyrelme için, $S_{\min} > 3$ (1 birim atıksu + 2 birim nehir/göl suyu) kriteri bir ölçü olarak alınabilir.
- Uygun arıtma teknolojileri ile içindeki kirleticileri ayrılan ve/veya biyokimyasal/kimyasal oksidasyon prosesleri ile arıtılıp dezenfekte edilerek, istihale yoluyla kirlenmeden önceki haline getirilen atıksuların maddi ve hükmi temizlikte (hükmi temizliğe

uygunluk şartının sağlanması için yukarıda ifade edildiği üzere mutlak suyun, artırılmış atıksuyun 2 mislinden fazla olması gerekmektedir) kullanımları mümkün hale gelebilir.

- Kurak dönemdeki seyrelme sayısı 3'ten büyük olmak üzere, ileri biyolojik arıtma (A²O prosesi ile) ve dezenfeksiyon uygulanmış evsel atıksu deşarjı yapılan nehir suları hükmi temizlikte (abdest ve gusül için) kullanılabilir ve içme/kullanma suyu kaynağı olarak tahsis edilebilir.

Netice olarak, kullanım amacına uygun arıtma uygulanarak kirletici unsurlarından arındırılan evsel atıksuların, içme ve kullanma suyu kaynağı olarak kullanımını

engelleyen sağlam, tutarlı ve ısrarcı herhangi bir fıkhî görüşün bulunmadığı öngörülebilir.

6.3. Yüzeysel Sular ile İlgili Kalite ve Deşarj Standartları

Günümüzde yüzeysel suları kirlenmeye karşı korumak ve su kütleleri ile ilgili kalite hedeflerinin sürdürülebilirliğini sağlamak üzere çok kapsamlı yönetmelik ve standartlar geliştirilmiştir. En geniş haliyle AB Su Çerçeve Direktifi'nde (2000) belirtilen ve ulusal mevzuatımızla da uyumlaştırılan bazı yönetmelikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Yönetmelikler

Yönetmelik	Denetleyici Kurum
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (ÇŞB ^a)	
Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
Yüzme Suları Kalitesinin Yönetimine Dair Yönetmelik	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
Yüzeysel Su Kalitesi Yönetmeliği	Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik	Sağlık Bakanlığı
TS266 ^b	
DSÖ ^c İçme Suyu Yönetmeliği	
AB İçme Suyu Yönetmeliği	

^a ÇŞB: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ^b TS266: Türk Standardı 266, ^c WHO: Dünya Sağlık Örgütü

Çizelgeden de görüldüğü üzere, doğal sular yanında içme ve kullanma suları ile ilgili mevzuat son derece kapsamlı, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametrelerini içermektedir. Kullanım amacına göre (içme, sulama, endüstriyel kullanım, yüzme vb.) sulara aranan kalite kriterleri, geçmiş yüzyıllardaki, duyu organlarıyla algılanabilen en temel kalite unsurlarını (renk, tat, koku, incelik (sertlik) ve viskozite) esas alan sınıflama ile kıyaslanamayacak derecede fazla parametre için ölçülebilir sınırlar içermektedir. Ülke-mizde atıksuların yeniden kullanımı hakkındaki mer'i mevzuat 2010 senesinde

yayımlanan "Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği" 'dir (Resmi Gazete sayı no: 27527). Bu tebliğde, yerleşim yerlerinden kaynaklanan atıksuların arıtılması ile ilgili arıtma teknolojisinin seğimi, tasarım kriterleri ve yeniden kullanım ile ilgili teknik usuller verilmektedir. Tebliğe göre, artırılmış atıksuların başlıca kullanım alanları, tarım, sanayi, akifer beslenmesi, dolaylı olarak yangın suyu, tuvaletlerde kullanım ve doğrudan içme suyu şeklinde değerlendirme şeklinindedir.

Kat edilen bunca bilimsel ve teknolojik gelişmelere rağmen, özellikle artırılmış

atıksuların insani tüketim ağırlıklı kullanımındaki psikolojik ve etik/dini tereddütlerin giderilmesinde, geçmiş dönemlerdeki fıkhi görüş ve uygulamaların güncel bilimsel gelişmeler ve teknolojik imkânlar ışığında yeniden değerlendirilerek bazı çıkarımlar yapılabileceği düşünülmektedir. Atıksuların yeniden kullanımı ile ilgili yasal mevzuatın ortaya konarak kalite standartlarının somut bir şekilde belirlenmesinin ve bu çerçevede yapılan güncel değerlendirmelerin atıksuların yeniden kullanımındaki toplumsal kabulü artıracakı söylenebilir (Kretschmer vd., 2002).

6.4. Konuyla İlgili Değerlendirmeler

Atıksu arıtımı ile içinde %1 oranında idrar ve dışkı bulunan evsel atıksulardaki bu kirlilik (C, N, P) unsurları, biyokimyasal süreçlerle (tıpkı gübrenin kompostlaştırılması ve mineralize olması gibi) ayrıştırılıp oksidasyon/denitrifikasyon yan ürünleri (CO₂ ve N₂) ile mikroorganizma biyokütlesine dönüştürülerek (biyokütle sentezi) başka bir mahiyete dönüştürülmekte, diğer bir ifade ile istihale yoluyla temizlenmektedir. Genelde ileri biyolojik atıksu arıtma tesisi giriş debisinde %1 oranında bulunan gerçek necaset unsuru olan idrar ve dışkı, arıtma sürecinde ortalama %10 oranında biyokimyasal oksidasyon ve mineralizasyona uğratılarak arıtma çıkışında ilk konsantre haline göre (1/100 x 1/10=1/1000) oranında seyreltilmiş olmaktadır. İleri biyolojik arıtma (ve dezenfeksiyon) uygulanan evsel atıksu, mahiyetleri değişmiş bakiye bazı unsurları ile fıkhi literatürde kullanılmış su (gri su) özelliğindeki abdest veya gusül artığı mutlak sulara eşdeğer bir su olarak kabul edilebilir durumdadır. Bu haliyle yüzeysel sulara, kaynak veriminin (yıllık ortalama debi) %50'sini geçmemek üzere (S_{ort}= 3

misli seyreltme ile) deşarj edildiği takdirde mutlak su olarak tanımlanan bu suların dinen de temizleyici olma vasfını kaybetmeyeceği söylenebilir.

Özet olarak, içme suyu elde edilmek üzere ilave membran arıtma (UF±NF+TO) uygulanarak fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametreleri bakımından doğal sularla eşdeğer hale getirilmiş arıtılmış atıksuların, ihtiyaç duyulması halinde, dini gerekçelerle de bağlantılı psikolojik ve sosyal tereddütleri gidermek adına, %33 (1/3) oranına kadar şehir şebeke sularına ilave edilebileceği düşünülmektedir. Ayrıca söz konusu niteliğe getirilen arıtılmış evsel atıksuların, ikinci bir şebeke ile tekrar şehre dağıtılıp banyo, çamaşır ve WC sifon suyu olarak kullanımı da diğer bir seçenektir.

Sulama suyu olarak kullanılmak üzere, sadece karbonlu madde ve patojen mikroorganizma giderimine yönelik bir su arıtma (klasik aktif çamur sistemi) işlemi uygulanması durumunda, arıtılmış atıksuyun tam olarak mahiyet değiştirmiş sayılamayacağı hususu da ayrıca dikkate alınmalıdır.

7. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında ele alınan arıtılmış atıksuların yeniden kullanımındaki psikolojik ve dini tereddütlerle ilgili olarak bilimsel gerçekler ve ilgili fıkhi görüşlerden ilhamla ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Evsel atıksu arıtma tesislerinde arıtılan tipik atıksu bünyesinde hacimce sadece %1 oranında (100 L atıksuda 1 L) necaset (idrar ve dışkı) bulunmaktadır.
- İleri biyolojik arıtma (A²O prosesi ve emsali teknolojiler) ve dezenfeksiyon uygulanmış evsel atıksular (Şekil 6), arıtma sonrası istihale yoluyla başlan-

gıçtaki mahiyeti değiştirilerek temiz ve temizleyici özellik kazanmış sular olup teknik ve hükmi anlamda temizlik ile çamaşır ve bulaşık yıkamada kullanılabilir evsftadırlar.

- İleri biyolojik arıtma ve dezenfeksiyon uygulanmış evsel atıksular, kurak hava debisindeki seyrelme oranı 3'ü geçmemek üzere (1 birim arıtılmış atıksu + 2 birim nehir suyu), akarsulara deşarj edildiklerinde nehir suyunun temiz ve temizleyicilik vasfı devam eder. Bu suların içme ve kullanma suyu kaynağı olarak tahsis edilip, gerekli yüzeysel su arıtma işlemleri (Şekil 9) uygulandıktan sonra, içme suyu standartları sağlanarak, içme suyu şebekeleri vasıtası ile şehir ve kasabalarda servis edilmesinin önünde bilimsel, psikolojik ve dini hiçbir engel veya tereddüt bulunmamaktadır.
- İhtiyaç duyulması halinde, ileri biyolojik arıtma + ozonlama + granüler aktif karbon filtrasyonu veya MBR ± NF + TO teknolojisi uygulanarak içme suyu standartlarına getirilen evsel atıksuların, tedbiren asgari 2 birim arıtılmış doğal sularla karıştırılarak, Singapur'daki sistem benzeri, doğrudan şehir şebekesine verilmesi de mümkündür. Ancak bunun yerine, arıtılmış atıksuyun enjeksiyon kuyularıyla yeraltı suyu kaynağına (akifer) basılıp daha sonra çekilip turuncu şebeke üzerinden şehre servis edilmesi daha makuldür.
- İleri arıtılmış evsel atıksuların, belli oranda (tercihen 1 birim arıtılmış atıksu + 2 birim doğal içme suyu) doğal sular (tuzu alınmış deniz suyu ve/veya arıtılmış yüzeysel/kuyu suyu) ile karıştırılmadan ambalajlı su halinde kullanımına, bugün itibarı ile insanlar tarafından hala psikolojik saiklerle mesafeli ve tereddütlü yaklaşıldığı bilinmektedir.

8. Kaynaklar

Avrupa Birliği (AB) (2000/60/EC). Su Politikası Alanında Topluluk Faaliyeti için bir çalışma Çerçevesi Oluşturan 23 Ekim 2000 tarihli Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin 2000/60/EC Sayılı Direktifi.

Aprile, M.C., Fiorillo, D. (2017). Water conservation behavior and environmental concerns: Evidence from a representative sample of Italian individuals. *Journal of Cleaner Production* 159 (1): 119-129.

Arslan, R. (2011). Kulleteyn ile ilgili Rivayetin İsnad ve Metin Açısından Değerlendirilmesi. *Din Bilimleri Akademik Araştırma Dergisi*, Cilt 11, Sayı 1, 139-162.

Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 20 Mart 2010, Resmi Gazete No: 27527.

Bilmen, Ö. N. (2015). Büyük İslam İlmihali. Nün Yayınları.

Candan, A. (2017). "Doğrulanabilirlik" İlkesi Açısından Fıkıh Literatüründeki İstihâle Örnekleri ve Güncel Bazı Tespitler. *Diyanet İlmî Dergi* 53 (1): 103-130.

Carr, G., Potter, R.B., Nortcliff, S. (2011). Water reuse for irrigation in Jordan: Perceptions of water quality among farmers. *Agricultural Water Management* 98 (5): 847-854.

Çevre ve Orman Bakanlığı (ÇOB) (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarihi: 31.12.2004 Resmi Gazete Sayısı: 25687.

Fakioğlu, M., Karpuzcu, M. E., Öztürk, İ. (2018). İçme Sularında Alg Kaynaklı Tat ve Koku Sorunu: Sebepleri, Geri Havzada Kontrol Tedbirleri, İzleme ve Arıtma Yöntemlerinin Değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 24 (6): 1141-1156.

Garcia, X., Pargament, D. (2015). Reusing wastewater to cope with water scarcity: Economic, social and environmental considerations for decision-making.

Resources, Conservation and Recycling 101: 154-166.

Gurel, M., Erturk, A., Seker, D. Z., Tanik, A., Ekdal, A., Avsar, C. ve Ozturk, I. (2011). Estimation of monthly diffuse nutrient loads for a watershed in Turkey, *Water and Environment Journal* 25: 219-229.

Hacısalihoglu, S. (2016). Havza Amenjmanı. Havza Amenjmanı Ana Bilim Dalı Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi. [Erişim Tarihi: 23 Mayıs 2020]. Erişim bağlantısı: http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/havzaamenajmani_a4447.pdf

Handayani, R., Priadi, C.R., Suleeman, E., Darmajanti, L., Novriaty, S., Suwartha, N., Resnawati, R., Putri, G.L., Felaza, E., Tjahjono, T. (2017). Water Recycling Opportunity in the Business Sectors of Greater Jakarta, Indonesia. *International Journal of Technology* 8 (6): 1031-1039.

Hao, X., Novotny, V., Nelson, V. (2010). *Water Infrastructure for Sustainable Communities*, London: IWA Publishing.

Hatipoğlu, H. (1982). *Sünen-i İbn-i Mace Tercümesi ve şerhi*. İstanbul, Ravza Yayınları.

Jorgensen, B., Graymore, M., O'Toole, K. (2009). Household water use behavior: an integrated model. *Journal of Environmental Management* 91 (1): 227-236.

Kaneda, T. (2018). How Many People Have Ever Lived On Earth? [Erişim Tarihi: 17 Mayıs 2020]. Erişim bağlantısı: <https://www.prb.org/howmanypeoplehaveeverlivedonearth/>

Kayhanian, M., Tchobanoglous, G. (2016). Review Article: Water reuse in Iran with an emphasis on potable reuse. *Scientia Iranica A* 23 (4): 1594-1617.

Kretschmer, N., Ribbe, L., Gaese, H. (2002). Wastewater Reuse for Agriculture. *Technology Ressource Management & Development - Scientific Contributions for Sustainable Development* 2, 37-64.

Massoud, M.A., Kazarian, A., Alameddine, I., Al-Hindi, M. (2018). Factors influencing the reuse of reclaimed water as a management option to augment water supplies. *Environmental Monitoring Assessment* 190 (9): 531.

Massoud, M.A., Terkawi, M., Nakkash, R. (2019). Water reuse as an incentive to promote sustainable agriculture in Lebanon: Stakeholders' perspectives. *Integrated Environmental Monitoring Assessment* 15 (3): 412-421.

Mehmet Zihni Efendi (2011). *Nimet-i İslâm Büyük İslâm İlmihali*.

Metcalf ve Eddy, Inc. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. New York: McGraw-Hill.

Moore, J.F. (1993) *Predators and Prey: A New Ecology of Competition*. *Harvard Business Review*, 71, 75-86.

Öztürk İ. (2017). *Atıksu Mühendisliği, İSKİ Teknik Kitaplar Serisi Yayını*.

Pollice, A., Lopez, A., Laera, G., Rubino, P., Lonigro, A. (2004). Tertiary filtered municipal wastewater as alternative water source in agriculture: a field investigation in Southern Italy. *Science of the Total Environment* 324 (1): 201-210.

Polprasert (2007). *Organic Waste Recycling, Technology and Management*, Third Edition, London: IWA Publishing.

PUB NEWater (2020). Singapore Public Utilities Board. [Erişim Tarihi: 17 Mayıs 2020]. Erişim Bağlantısı: <https://www.pub.gov.sg/watersupply/four-nationaltaps/newater>

Smith, H.M., Brouwer, S., Jeffrey, P., Frijns, J., 2018. Public responses to water reuse - Understanding the evidence. *Journal of Environmental Management* 207 (1): 43-50.

Suratkon, A., Chan, C.M., Ab Rahman, T.S.T. (2014). SmartWUDHU': Recycling Ablution Water for Sustainable Living in Malaysia. *Journal of Sustainable Development* 7.

Şen, Z. (2006). Kuran-ı Kerim ve Su, Su Vakfı Yayınları.

Tanık, A., Őeker, D. Z., Öztürk, İ. (2009). Estimation and Distribution of Diffuse Nutrient Loads in Melen Watershed, Turkey. Third Ain Shams University International Conference of Environmental Engineering. April 14-16 2009.

T. C. Sağlık Bakanlığı (2005). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Resmî Gazete Tarihi: 17.02.2005 Resmî Gazete Sayısı: 25730.

Türkiye Diyanet Vakfı, TDV (2014). İlmihal. Diyanet İşleri Başkanlığı.

Türkiye Diyanet Vakfı, TDV (1988). İslam Ansiklopedisi. Diyanet İşleri Başkanlığı.

Verstraete, W., Vlaeminck, S.E. (2011). ZeroWasteWater: short-cycling of wastewater resources for sustainable cities of the future. International Journal of Sustainable Development & World Ecology 18 (3): 253-264.

Wester, J., Timpano, K.R., Çek, D., Broad, K. (2016). The psychology of recycled water: Factors predicting disgust and willingness to use. Water Resources Research 52 (4): 3212-3226.

World Health Organisation (WHO) (2017). Guidelines for Drinking-water Quality. 4th Edition. ISBN 978-92-4-154995-0

Yavuz, A. F. (1979). Açıklamalı Muamelatlı İslam İlmihali. Çile Yayınevi.