



Endüstriyel Atık Suların Proseste Tekrar Kullanılabilirliğine Yönelik Metodolojik Değerlendirme

Methodological Evaluation For Reusing Industrial Wastewater In Process

Mehmet Akif Alkur ¹, Pınar Uyanık ¹, Serdar Göncü ^{1,2}, Zehra Yiğit Avdan ^{1,2}, Kadir Gedik ^{1,2*}

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 26555 Eskişehir, TÜRKİYE

²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi, 26555 Eskişehir, TÜRKİYE

Başvuru/Received:25/10/2023. **Kabul/Accepted:** 10/01/2024 **Çevrimiçi Basım/Published Online:** 31/01/2024
Son Versiyon/Final Version: 31/01/2024

Öz

Endüstriyel faaliyetlerdeki su tüketiminin azaltılması ve suyun verimli kullanımını sağlamak amacıyla proseste oluşan atık suların arıtıldıktan sonra tekrar kullanılabilirliğine yönelik gereklilikler, ulusal çevre mevzuatında belirtilen hükümler çerçevesinde ele alınmaktadır. Uygun teknolojilerle arıtılmış atık sular endüstriyel faaliyetlerde yeniden kullanılırken üretim ve proses tipine göre değişebilen su kalitesi için arıtılan atık suyun tesiste kullanılabilirliğine yönelik hazırlanacak teknik rapora ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu raporun hazırlık süreci ve içeriğini ele alan bu çalışmada, endüstriyel atık suların proseste tekrar kullanılabilirliğine dair metodolojik bir değerlendirme sunulması amaçlanmıştır. İlgili mevzuat kapsamında hazırlanan sektörel raporlar ve mesleki tecrübelerden hareketle oluşturulan çalışma sonucunda, idari değerlendirme süreçlerini kolaylaştıracak ve sürdürülebilir su kullanımı bağlamında farklı sektörler için kullanılacak öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler

“Sürdürülebilir üretim, Atık yönetimi, Endüstriyel atık su, Geri kazanım”

Abstract

In order to reduce water consumption in industrial activities and ensure efficient use of water, the requirements for the reusability of wastewater generated in the process after treatment are handled within the framework of the provisions specified in the national environmental legislation. While wastewater treated with appropriate technologies is reused in industrial activities, the usability of the treated wastewater in the facility for water quality, which may vary depending on the production and process type, requires a technical report. This study, which addresses the preparation steps and contents of the report in question, aims to present a methodological evaluation of the reusability of industrial wastewater in the process. As a result of the study, which is based on sectoral reports prepared within the framework of the relevant legislation and professional experience, recommendations are presented that will facilitate administrative evaluation processes and can be used for different sectors in the context of sustainable water use.

Key Words

“Sustainable production, Waste management, Industrial wastewater, Reuse”

1. Giriş

Endüstriyel devrimle birlikte daha da artan şehirleşme, nüfus ve teknolojik yenilikler, yaşam standartlarının ve tüketim alışkanlıklarının farklılaşmasına yol açarak doğal kaynakların daha hızlı tükenmesine neden olmaktadır. 21. yüzyılda pek çok ülkenin karşılaştığı sorunlardan biri olan su kıtlığının ilerleyen yıllar içerisinde en hassas çevre konularından biri haline gelmesi beklenmektedir. İnsani amaçlı temel tüketim dışında endüstriyel ve zirai faaliyetlerin temel girdilerinden olan su, üretim ve tüketim döngüsü içerisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Endüstriyel açıdan temiz ve kullanılabilir suya bağlı üretim prosesleri nedeniyle işletmelerdeki su ihtiyacının giderek artmasından dolayı kullanılan teknolojilerin iyileştirilmesi, atık su oluşumunun en aza indirilmesi, değerli maddelerin geri kazanılması ve atık suların geri kazanımı giderek önem kazanmaktadır (Demir, Yıldız, Sercan ve Arzum, 2017). Dünya Ekonomik Forumu raporuna göre en önemli küresel risklerin başında, sanayileşme nedeniyle gözle görülür ve hissedilir hale gelen çevresel sorunlar ve buna bağlı olarak ortaya çıkan iklim değişikliği gelmektedir (World Economic Forum, 2022). Ayrıca, dünya genelini etkileyen Covid-19 pandemisi sürecindeki en önemli risklerin de iklim ve çevre problemlerine dayalı olması, bu risklerin küresel boyutunu oldukça net bir biçimde ortaya koymaktadır (Balbay, Sarıhan ve Avşar, 2021). İklim değişikliğinin yansımaları bazı coğrafyalardaki su mevcudiyetinin öngörülememesi, su kaynaklarının kirlenmesi veya su kıtlığının şiddetlenmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Küresel ölçekte, mutlak veya mevsimsel olarak su kıtlığının etkilediği insan sayısının iklim değişikliğine bağlı talepler nedeniyle hızla artacağı bir süreç öngörülmektedir (Turan, 2017). Öte yandan, Avrupa Komisyonu tarafından 2019 yılında ortaya konan Yeşil Mutabakat ile Avrupa'nın 2050 yılına kadar karbondan arındırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, üretim ve tüketim sürecindeki suların sürdürülebilir yönetimi ile atık suların yeniden kullanımı ve geri kazanımının iyileştirilmesi hedeflenmektedir (Ecer, Güner ve Çetin, 2021). Söz konusu girişimle, ISO 14046 Su Ayak İzi standardı kapsamındaki gereklilikler için de ek adımlar atılarak artırılmış atık suların endüstriyel kullanımının yaygınlaşması beklenmektedir.

Su, insanın hayatta kalması ve refahı için gerekli olup sürdürülebilir kalkınma ve döngüsel ekonomide önemli bir rol oynamaktadır. Yenilenebilir niteliğinden dolayı son derece değerli bir kaynak olduğundan sürdürülebilir bir şekilde kullanılmalıdır. Ancak, antropojenik faaliyetler ve ekonomik gelişmenin bir sonucu olarak su kaynakları baskı altındadır. Bu nedenle, su kaynaklarının korunması birçok çevresel tartışmanın önemli bir konusu haline gelmiş ve yerel, bölgesel, ulusal ve küresel düzeydeki kalkınma için çok sayıda belge ve stratejide belirtilmiştir. Örneğin, 2015 yılında kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA)'na su başlığının birçok yönü (Şekil 1.) dahil edilmiştir ("Küresel Amaçlar", 2023; Smol, Adam ve Preisner, 2020). Su olgusunun SKA'lara dahil edilmesi, sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin uygulanmasında önemli rolü olan politika yapıcılar, sivil toplum kuruluşları, şirketler, üniversiteler ve araştırma merkezleri gibi çeşitli paydaşların uzun vadeli çalışmaları sayesinde mümkün olmuştur (Smol ve diğerleri, 2020).



Şekil 1. Su olgusuna yönelik Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları

Tatlı su kaynaklarına yönelik artan talebe karşılık söz konusu kaynakları yenilemek teknik ve ekonomik açıdan sınırlayıcı olduğundan sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilecek yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı, artırılmış atık suların geri kazanımı ve farklı amaçlar için tekrar kullanımına yönelik geliştirilen "temiz su kaynaklarını korumanın ilk yolu atık suları geri kazanma ile başlar" düşüncesine yönelik çalışmalar artırılmıştır. Böylelikle, tatlı su kaynaklarının tüketimi azaltılırken deşarj edilen artırılmış atık

suların çevresel etkileri en aza indirilebilmektedir (Demir ve diğerleri, 2017; Yiğit, 2007). Arıtılmış atık suyun kalitesi ile suyun geri kullanım amacına göre istenen özellikleri birbirleriyle uyumlu olmalıdır. Uygun koşulların sağlanması durumunda atık suyun yeniden kullanımı teorik olarak her zaman mümkündür. Dolayısıyla, arıtılmış atık suyun tekrar kullanımı için seçilecek teknoloji; arıtılmış atık suyun özellikleri, geri kullanım amaçları için belirlenen kalite kriterleri, güvenilirlik, işletme kolaylığı ve ekonomik imkân göz önüne alınarak belirlenmelidir (Demir ve diğerleri, 2017).

Ülkemizde, atık suyun geri kazanılıp kullanılması için gereken yasal düzenleme 20/3/2010 tarihli ve 27527 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği” ile hazırlanmış, 25/10/2022 tarih ve 31994 sayılı Resmî Gazete yayını ile revize edilmiştir. Bu tebliğde, “sulama suyu” ibaresi “arıtılmış atık suyun yeniden kullanım alanları” olarak değiştirilmiş ve atık suyun kullanımı konusunda ilgili kurum görüşünün alınması şartı konmuştur (ÇŞİDB, 2022). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB), “Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği” revizyonu ile arıtılmış atık suların kullanım alanlarını ve kriterlerini yeniden belirlemiş olup su kullanımının döngüsel ekonomi ilkeleri doğrultusunda azaltılması ve oluşan atık suların arıtılarak farklı alanlarda alternatif kaynak olarak yeniden kullanılması amaçlanmıştır. Atık suların endüstriyel tesislerde proses, kazan besleme ve soğutma suları ile çevresel alanlarda yangın söndürme ve genel temizlik suları olarak kullanımına yönelik kriterler belirlenerek atık su kullanım alanları arttırılmıştır (ÇŞİDB, 2022). Bakanlık tarafından yürütülen çalışmalarla, arıtılmış atık suların yeniden kullanım oranının 2023’te %5’e, 2030’da ise %15’e çıkarılması hedeflenmektedir (ÇŞİDB, 2022). Endüstriyel faaliyetler sonucu atık su oluşturan işletmeler, ilgili mevzuat çerçevesindeki çıkış suyu kalitesi ve diğer şartların sağlanması koşuluyla, alıcı ortama her türlü evsel ve/veya endüstriyel nitelikli atık suların doğrudan deşarjı için çevre izni almalıdır (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Madde 37). Birçok tesiste oluşan endüstriyel atık suların alıcı ortama deşarjı yerine, ön arıtım veya uygun arıtım süreçlerinden sonra tekrar üretimde kullanılması mümkün olabilmektedir.

Çevre izin sürecinde arıtılmış suyun endüstriyel proseste kullanılabilirliğine yönelik somut bir dayanak sektörel çeşitlilik açısından önem arz etmektedir (ÇŞİDB, 2022). Bu kapsamda, endüstriyel faaliyetlerdeki ham su tüketiminin azaltılması için ulusal çevre mevzuatında tanımlanan “teknik rapora” ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu raporun hazırlanmasına yardımcı niteliğindeki kılavuz (ÇŞİDB, 2018) dışında, raporun asli ve alt bileşenlerine yönelik sektörel farklılığı veya atık su çeşitliliğini yansıtacak rehber bulunmadığından bu çalışma kapsamında metodolojik bir öneri sunulması amaçlanmıştır. Asgari içerik standardı gözetilerek hazırlanan çalışma ile ilgili alandaki araştırmacılara, çevre danışmanlık firmalarına ve nihai karar vericilere yol gösterilmesi hedeflenmiştir.

2. Metodoloji

2.1. Çevre Mevzuatında Teknik Rapor

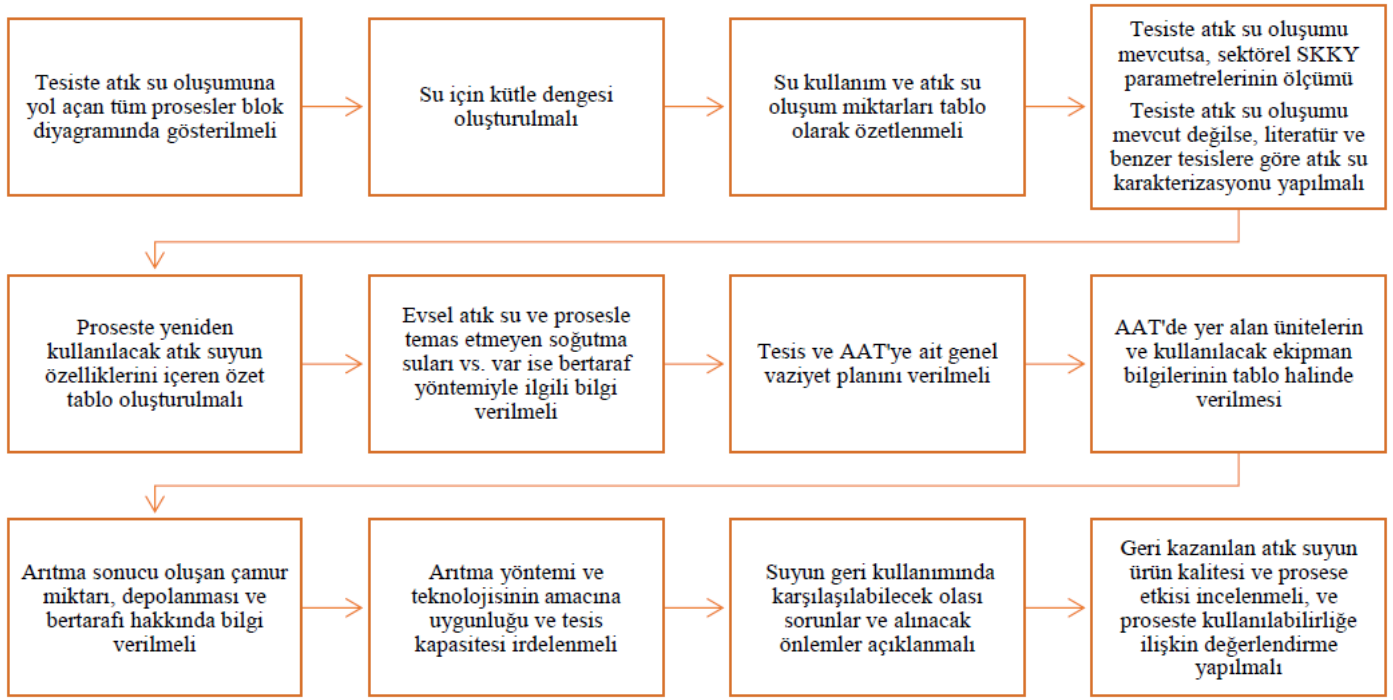
Endüstriyel faaliyetleri sonucu kirlilik oluşturacak veya çevreye zarar verecek kurum, kuruluş ve işletmeler çevre yönetimi kapsamında çevreye ilişkin kanun ve ikincil düzenlemelere uygun bir şekilde hareket etmekle yükümlüdür. Arıtılan proses suyunun endüstriyel faaliyetlerde yeniden kullanılabilirliğine yönelik olarak 2018/14 sayılı “Atıksu Arıtma / Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onayı” genelgesi çerçevesinde belirtilen esaslar doğrultusunda hazırlanan teknik rapor talep edilmektedir. Söz konusu genelge kapsamında ele alınması gereken hususlar ana başlıklar halinde Şekil 2.’de özetlenmiştir (ÇŞİDB, 2018).

2.2. Metodolojik Değerlendirme

2018/14 sayılı genelge kapsamında ülkemizdeki Çevre Mühendisliği Bölümlerine veya hazırlayanlar arasında söz konusu bölümde görev yapan öğretim üyesi yer alması koşuluyla Çevre Araştırma ve/veya Uygulama Merkezlerine veya Çevre Enstitülerine bahsi geçen teknik raporun hazırlanması için başvurulmaktadır. Hazırlanan teknik rapor, sunulan onay mercii (örn. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlükleri) tarafından yeniden kullanım amacına uygunluğu açısından incelenmektedir. Rapor kapsamı, hazırlayanların sektörel bilgi birikimi ve tecrübesiyle doğrudan alakalı olduğundan atık suların endüstriyel faaliyetlerde yeniden kullanılmasına yönelik metodolojik değerlendirme “Atık Su Arıtma / Derin Deniz Deşarjı Tesisi Proje Onayı Genelgesi” çerçevesinde belirtilen esaslar dikkate alınarak teorik ve pratik yaklaşımla irdelenmiştir. Teorik yaklaşım yönetmelik, genelge veya makale taraması yapılarak gerçekleştirilmiştir. Pratik değerlendirme sürecinde çeşitli sektörlerle yönelik hazırlanan teknik raporlar incelenmiş ve bu raporları hazırlayan akademisyenlerle görüşülerek tecrübelerinden yararlanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında sektör özelinde idari değerlendirme, iş akışları, atık yönetimi, tesis özelinde belgeler ve izinler değerlendirilmektedir. Yapılan değerlendirmenin tesisin su/atık su bütçesini, atık su arıtma tesisi (AAT) hakkında bilgiyi, su, atık su ve geri kazanılmış atık su karakterizasyonunu ve literatür bilgilerini içermesi beklenmektedir.



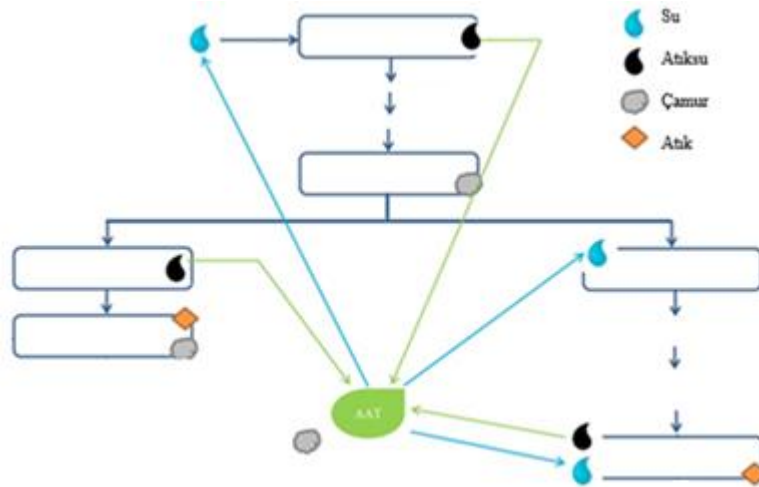
Şekil 2. 2018/14 sayılı Genelge kapsamında ele alınması beklenen hususlar

3.1. İdari ve Sektörel Değerlendirme

Teknik rapor hazırlık sürecindeki ilk adım konuya esas durumun mevzuat açısından değerlendirilmesidir. Mevzuat yönüyle somut belgelerle (örn. Tutanak) ve işletmeye dair temel dokümanlarla ortaya konan rapor ihtiyacı, ilgili Bölüm, Merkez veya Enstitüde görevli akademisyen tarafından ön incelemeden geçirilerek yazılı hale dönüştürülmelidir. İdareye sunulmak üzere hazırlanan değerlendirme raporunun devam eden kısmında, firmanın sektörel yapısından (gıda, enerji, tekstil, kimya vb.) hareketle güncel durumu irdelenerek endüstrideki önemi, ürün çeşidi, üretim kapasitesi ve pazar payı anlatılmalıdır. Kapasite raporundan faydalanılarak tesisin kuruluşundan bu yana yapmış olduğu veya yakın gelecekte olası kapasite artışlarını da içerecek şekilde bir değerlendirme yapılması faydalı olacaktır. Burada amaç, hazırlanan rapor ile işletmenin gelecek potansiyelini destekleyecek uygunluğu ortaya koymaktır. Bahsi geçen bilgilere, işletmenin çevre dosyasında yer alan bilgilerin (örn. adres, tesis tanıtımı, ürün bilgileri, iş-akış diyagramları, kimyasal madde kullanımı, ham madde kullanımı, su kullanımı, üretilen atık su miktarı, mevcut durumda atık su bertaraf/ arıtma/ geri kazanım yöntemi ve kullanılan ham maddenin ürün-atık su ile ilişkisi) güncellenerek eklendiği bölüm oluşturulmalıdır. Tesiste, verimli ve sağlıklı atık su geri kazanımının yapılabilmesi için üretim detaylarının (iş akış şeması) sunulması önemlidir. Bu sayede tesis hakkında yeterli bilgiye sahip olunarak atık su geri kazanım ihtiyacı tespit edilebilecektir. Geri kazanılan su miktarı ve yeri açıkça belirlenerek olası hatalar elimine edilecektir.

3.1.1. İş akış şeması

Rapor içine veya ekine konulacak tesis vaziyet planı ile tesisin genel yerleşim planı ve üretim faaliyeti adımları belirtilmeli, tesisteki proseslerin detaylı tanıtımı yapılarak girdi ve çıktılar açıkça görülebilmelidir. Rapor hazırlık sürecinde geri kazanılan suyun kullanılma amacı net olarak bilinmeli, proseslerde kullanılan su, açığa çıkan atık su ve atıklar (örn. çamur) her proses veya ihtiyaca konu proses için açıkça gösterilmelidir. Belirlenen su ve atık su kaynak ve miktarlarının; evsel, endüstriyel, yağmur ve geri kazanılan suyun tesiste kullanım aşamaları, ana ve ara ürünler için detaylıca irdelenmelidir. Bu şekilde tesiste kullanılan geri kazanılmış atık suyun, hangi su temin kaynakları yerine kullanıldığı bilinebilecektir. Ayrıca geri kazanılan atık suyun, su talebini ne oranda karşılayabildiği de görülebilecektir. Kullanım alanına göre atık su, gereken kaliteye ulaşıncaya kadar ek arıtma gerektirebilir. Geri kazanılan suyun tamamının proseste kullanması veya bir kısmının sulama amaçlı değerlendirilmesi geri kazanılan suyun karakteristiğine göre tercih edilebilir. Böyle bir durumda yüzde olarak veya m³/gün olarak kullanım amacı açıkça belirtilmelidir. Şekil 3.'te iş akım şeması örneği verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi proseste açığa çıkan ve ihtiyaç duyulan unsurlara (su, atık su, atık vb.) mümkünse sayısal verilerle yer verilmelidir.



Şekil 3. İş akım şeması örneği

3.1.2. Atık yönetimi

İşletmede çıkan atıklar bu başlık kapsamında detaylandırılmalıdır. Sıvı ve katı atıklar ayrı değerlendirilmeli, bertaraf için seçilen yöntem belirtilmelidir. Tesis prosesinden çıkan atıkların miktarları da verilmelidir. Atık çamur yönetiminin nasıl yapıldığı ve atıklardan kaynaklanabilecek sızıntı sularının atık su deşarjına neden olup olmayacağı vurgulanmalıdır.

Tesise ait izin ve belgeler

Tesisin rutin olarak çalışabilmesi için gerekli izin ve belgeler bu kısımda detaylandırılabilir. Yönetmeliklere göre gerekli belgeler ve izinler firma tarafından alınarak güncelliği sürekli takip edilmektedir. Gereken izin ve belgelerden bazıları, bunlarla sınırlı olmamakla beraber, aşağıda verilmiştir.

- Çevre İzin Belgesi
- Su Kullanım İzni
- Atık Su Deşarj İzni
- AAT (varsa) Onay Belgesi
- Çevre Etki Değerlendirmesi (ÇED)/ Proje Tanıtım Dosyası (PTD)

3.2. Teknik Değerlendirme

Teknik rapor hazırlık sürecindeki ikinci adımda idari, sektörel, teorik ve mevzuat açısından değerlendirilen tesise saha ziyareti yapılarak ölçüm verileriyle desteklenen sürecin işletilmesi gerekmektedir.

Tesisin su/atık su bütçesi

Tesiste evsel ve endüstriyel olarak kullanılan su kaynağının temin yeri (yeraltı suyu, şehir şebekesi, deniz, göl vb.), koordinatları ve bunlara yönelik alınan yasal izin veya raporların hazırlanan dokümanda belirtilmesi ve gerekli görülenlerin ekte verilmesi yerinde olacaktır. İşletmedeki evsel ve endüstriyel nitelikli su kullanım ve atık su oluşum noktaları (ve bunların iş akış şemasıyla uyumu) ve nihai uzaklaştırılma tercihi netleştirilmelidir. Bu kapsamda, tesisin geçmişe dönük su tüketimi incelenerek su depolanması veya su temini gibi konularda harcanılan miktar ($m^3/gün$ veya m^3/ay) belirtilmelidir. Tesisin üretim faaliyetleri aylık veya sezonluk değişen bir yapıda ise su tüketiminin aylık olarak değerlendirilmesi yerinde olacaktır. Ayrıca, tesiste vardiya uygulaması var ise kişi sayısına bağlı su kullanım miktarının hesaplanması aşamasında, vardiyadaki toplam kişi sayısının baz alınması hesaplamaların daha sağlıklı neticelenmesini sağlayacaktır. Tesiste kullanılan su ve oluşan atık su miktarını içeren bütçe (kütle dengesi) reel veya teorik hesaplamalar ile oluşturulmalıdır. Bu bütçeye göre kayıp – kaçak oranları da takip edilmelidir. Tesisin su bütçesi yapılırken, suyun depolandığı yer büyük önem taşımakla beraber eğer depolama alanı atmosfere açık şekildeyse buharlaşma ile oluşan kayıplar hesaplamalara eklenmelidir. Reel su tüketim miktarlarına ulaşamayan durumlarda literatürdeki tüketim oranlarından hareketle tesisin su/atık su bütçesi oluşturulabilir. Hesaplama sonucunda teorik ve reel su/atık su miktarlarında uyumsuzluk çıkması durumunda tesisin su tüketim verileri tekrar gözden geçirilmeli, sebebi irdelenmelidir. Örneğin, alt yapının (kanalizasyon) bulunmadığı sızdırmaz fosseptik kullanılan tesislerde, çalışan sayısından hareketle hesaplanan teorik atık su miktarı fosseptik kapasitesi ile karşılaştırılarak periyodik çekim (vidanjör) süreleri incelenebilir. Firmada tutulan (reel) vidanjör faturalarının periyodunun, fosseptik hacminden hareketle tahmini dolun süresi ile tutarlı olması beklenir. Tablo 1.'de örnek olarak sunulan veriler, rapor kapsamında eksiksiz bir şekilde hesaplanmalıdır.

Tablo 1. Atık su miktarlarının hesaplanması

Kullanım Amacı	Tüketim (Literatür Verisi)	Atık Su Miktarı (Teorik veya Reel)
Evsel	228 L/kişi.gün (TÜİK, 2021)	(Rapor kapsamında doldurulmalıdır)
Tuvalet	70 L/kişi.gün (TÜİK, 2021)	
Duş	80 L/kişi.gün (TÜİK, 2021)	
Endüstriyel	3-80 m ³ /ton.ürün (ÇŞİDB, 2017)	

Su kullanım, atık su oluşum ve geri kazanılmış atık su (% geri devir oranı) miktarını içeren yeni bir tablo hazırlanarak mümkünse saha verisiyle doğrulanmalıdır. Tablo verilerine göre eğer geri kazanılan atık su miktarı az ise artırılmasına yönelik alternatif veya eksik kısmın su kaynağından tamamlanması, miktarı fazla ise geri kazanılan suyun başka proseslerde veya alanlarda kullanılma olasılığı veya deşarj edilebilme riski irdelenmelidir. Tesiste evsel atık su ve prosesle temas etmeyen soğutma suları vs. var ise bertaraf yöntemi (örn. septik tank, kanalizasyon hattı, vidanjör) bu kısımda açıklanmalıdır. Bahsi geçen atık su geri kazanıma uygunsa yeniden kullanım yöntemleri belirtilerek bertaraf/deşarj minimuma indirilmelidir.

3.2.1. AAT hakkında bilgi

Geri kazanılan atık su, arıtma çıkış suyu olacağı için mevcut AAT hakkında bilgi verilmelidir. Tesisin, mevcutsa, genel vaziyet planı ve akım şeması sunulmalıdır. Arıtma tesisinde yer alan ünitelerin ve ekipmanların özellikleri, sayıları, montaj yılları gibi bilgilerin tablo halinde verilmesi arıtım süreci ve etkinliğinin irdelenmesi açısından yararlı olacaktır. Ancak, endüstriyel faaliyete göre değişmekle birlikte bazı endüstriyel atık suların arıtılmasında (örn. maden sektörü) klasik arıtma kademelerinin yer almadığı tesislerin varlığı unutulmamalıdır. Örneğin, ham cevherin yıkanması sonucu oluşan atık suların betonarme veya doğal zemin koşullarındaki havuzlarda bekletilmesi ile proseste tekrar kullanıma uygun geri kazanım için basit fiziki arıtımın yeterli olduğu tecrübe edilmiştir. Öte yandan raporda, atık su arıtımı sonucu oluşacak çamurun miktarı, karakterizasyonu, depolanması ve bertarafı hakkında bilgi verilmesi gerekmektedir.

İşletmede atık su oluşumu veya arıtma tesisi mevcut değilse literatürden hareketle sektörel inceleme yapılarak benzer tesislere ait verilerden yararlanılabilir. Bu şekilde, tesiste kullanılacak olan arıtma yönteminin/teknolojisinin amacına uygunluğu ve tesis kapasitesinin yeterliği raporda tartışılabilir. Birçok modern AAT, atık suyun taşınması ve arıtılması için yüksek düzeyde enerji ve kaynak tüketimi gerektirir. Amerika Birleşik Devletleri'nde bazı belediyeler enerji bütçelerinin yaklaşık %35'ini su ve atık su arıtma tesislerine harcarken, Avrupa Birliği ülkelerinde içme suyu ve atık su arıtma, toplam enerji tüketiminin %7,6'sını oluşturmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilirliği kolaylaştırmak için su kullanım modellerindeki değişikliklerle birlikte ekonomik olarak uygulanabilir bir su yönetimi yaklaşımının geliştirilmesi gerektiği yaygın bir görüştür (Sgroi, Vagliasindi ve Roccaro, 2018). Endüstriyel ve evsel atık suların yaklaşık %80'i arıtılmadan çevreye deşarj edilmekte, özellikle tesis olarak yetersiz sayı ve kapasiteye sahip ülkelerde insan sağlığı ve ekosistemler için tehdit oluşturmaktadır (UN World Water Development Report, 2019). Endüstriyel suyun yeniden kullanımı veya geri kazanımı, bir kaynaktan üretilen atık suyun aynı işlemde yeniden kullanılmak veya bir başka kullanım alanı için geri dönüştürülmek üzere arıtıldığı süreçtir. Su kalitesi gereksinimlerine, alan kısıtlamalarına ve bütçe hususlarına bağlı olarak endüstriyel kullanım suyu geri kazanılabilmekte (Visvanathan ve Asano, 2009), bu sayede, mevcut temiz su miktarındaki artış nedeniyle artan üretim kapasitesinin yanı sıra operasyonel verimlilik ve sürdürülebilirlik de artırılmış olmaktadır (Bergeron, 2021; Maquet, 2020). İşletmeler, yalnızca atık su deşarj standartlarına uymak için değil, aynı zamanda ham madde geri kazanımı ve ürün geri dönüşümü ile kurumsal imajına olduğu kadar kârlılığa da fayda sağladığı için atık su geri kazanımını benimsemeli ve yatırım yapmalıdır (WateReuse Association, 2019).

3.2.2. Endüstriyel atık su geri kazanımı için teknoloji seçimi

Endüstriyel nitelikli atık suyun proseste kullanılmak üzere geri kazanılması sürecinde sektörel üretim ve proses çeşitliliği belirleyici rol oynamaktadır. Üretim faaliyetlerinden oluşan atık sular arıtıldıktan sonra proses suyu, soğutma kulesi veya kazan tamamlama suyu, yangın suyu, bir başka tesisin su ihtiyacı vb. amaçlarla değerlendirilebilir. Tesiste kullanılan su miktarını ve üretim maliyetini düşürücü nitelikteki geri kazanım yaklaşımı için sanayi sektörünün kalite amaçlarını karşılayacak uygun arıtma sisteminin belirlenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, atık suyun tesiste yeniden kullanımı için fayda, maliyet ve risk değerlendirmesinin yapılması önerilmektedir. Söz konusu adımın atılabilmesi için de "Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği" dokümanından yararlanılması faydalı olacaktır. İlgili mevzuatta, sektörel alternatiflerin değerlendirilebilmesi için farklı kaynaklardan elde edilebilecek atık suların niceliği ve niteliğinin değerlendirildiği, yeniden kullanıma uygun özellikteki atık su kaynakları ve uygulama alanlarının belirleneceği matrisin oluşturulması gerektiği belirtilmektedir. Örneğin, prosesten kaynaklanan atık sular yeniden kullanılmak istendiğinde proses, genel/tesis temizlik, tamamlama suyu gibi çeşitli kullanım uygulamalarına göre tercih yapılabilir. Yeniden kullanım alanı belirlendikten sonra ilgili alan için gerekli asgari su kalitesi belirlenerek ilgili amacı karşılaması durumunda atık suyun doğrudan, aksi halde uygun sisteme karar verilerek arıtılması gerekmektedir. İşletmede oluşan atık suların yeniden kullanım amacına uygun kaliteye ulaştırılabilmesi için i) basit fiziksel arıtma (örn. maden endüstrisi), ii) fiziksel ve kimyasal arıtma, iii) fiziksel, kimyasal ve ileri arıtma seçeneklerine, endüstriyel üretimde insan teması olması veya biyolojik arıtma kademesinin tercih edilmesi durumunda dezenfeksiyon basamağı da eklenebilir. Atık su geri kazanım amacına bağlı olarak değişmekle birlikte "Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği" esas alınarak hazırlanan arıtma yaklaşımları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Atık suların proste yeniden kullanılabilceği arıtma alternatifleri

Kullanım türü	Arıtma	Avantaj/Dezavantaj
Doğrudan kullanım	Arıtma gerektirmez	Düşük maliyet, uygulama kolaylığı
Seyrelterek kullanım	Atık suyun şebeke suyuyla karıştırılması	Düşük maliyet, su kalitesinin sağlanması
Kısmi arıtarak kullanım	pH kontrolü, dezenfeksiyon, çöktürme, filtrasyon	Ek maliyet
Arıtarak kullanım	Biyolojik arıtım, kimyasal çöktürme, dezenfeksiyon, membran filtrasyon vb.	Yüksek maliyet

3.2.3. Su, atık su ve geri kazanılmış atık su karakterizasyonu

Su temininde kullanılan kaynağın, oluşan atık suyun ve mevcutsa geri kazanılmış atık suyun karakterizasyonu yapılmalıdır. Geri kazanılmak istenen atık suyun kalitesi kullanılacağı prosesi doğrudan etkileyeceğinden ek arıtmaya duyulan ihtiyacın belirlenebilmesi uygun sayı ve nitelikte alınacak numunenin (örn. anlık veya kompozit) karakterizasyonuna bağlıdır. Dolayısıyla, ölçüm veya analizler ÇŞİDB tarafından yetkilendirilmiş akredite bir laboratuvarında yaptırılmalı ve belgelerin orijinal nüshaları rapora eklenmelidir.

Geri kazanılmış atık suyun sulama suyu olarak veya proste kullanılması durumunda güncel mevzuat göz önünde bulundurulmalı, rapora konu tesisin tabi olduğu yönetmelik tablolarını (örn. SKKY sektör tabloları ve ilgili analiz parametreleri) içeren çizelge yardımıyla uygunluk değerlendirilmelidir. Ayrıca geri kazanılmış atık suyun proste hangi aşamada ve nerede kullanılacağına bağlı olarak üretim kalitesi ve tesis yönetimi açısından önem arz eden parametreler belirlenerek tesisin izlenmesi açısından gösterge olarak da kullanılmalıdır. Yeniden kullanım alanı belirlenirken gereken su kalitesi düzeyi ve buna yönelik analiz parametreleri sanayi tesisine göre değişmekle birlikte BOİ, KOİ, koliform, bulanıklık, alkalinite, sertlik, iletkenlik, klorür gibi analizleri içerebilir (Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği). Yeniden kullanım alanına bağlı olarak atık su kalitesinin değerlendirilmesinde ek veya yeni parametrelerin analizi tercih edilebilir. Örneğin, arıtılmış atık suların maden ve hazır beton sektöründe toz kontrolü amacıyla saha sulama suyu olarak kullanılması durumunda püskürtme ekipmanının tıkanmaması için askıda katı madde analizinin yapılması yararlı olacaktır. Öte yandan, geri kazanılmış atık suyun soğutma suyu olarak kullanılması durumunda, yukarıda sunulan parametrelere ek olarak soğutma suyu kalitesi açısından önem arz eden SiO₂, Al, Fe, Mn, Ca, HCO₃, SO₄, F parametrelerinin de analizi yerinde olacaktır (Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği). Geri kazanılmış atık suyun doğrudan üretimde kullanılması durumunda ise, üretilen ürün kalitesi üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmayacağına yönelik değerlendirmelerin yapılması gereklidir. Örneğin bir hazır beton santralinde geri döndürülerek beton karışım suyu olarak kullanılacak suyun içeriğinde yüksek oranda sülfat, klorür gibi bileşenlerin bulunması beton dayanımını olumsuz etkileyeceğinden buna yönelik ne gibi önlemler alınabileceğine dair bilgi verilmelidir. Özellikle evsel atık su ve endüstriyel atık suyun ayrı ayrı veya birlikte proste tekrar kullanılabilme durumundaki patojen varlığı, organik madde yükü gibi hususlar proste hijyen güvenliği açısından önemlidir. Aksi takdirde tesiste geri dönüşü olmayacak sorunlara sebebiyet verebileceği gibi, teknik rapor sonrası tesisin bu suyu soğutma suyu olarak kullanmayı tercih etmemesi ve dışarıya seçeneklerine yönelmesine neden olabilir.

3.2.4. Literatür Değerlendirmesi

Geri kazanılmış suyun, sektörel veya tesis özelindeki uygunluğunun incelenmesi önemlidir. İlgili literatür taranarak ülkemiz veya dünyadaki benzer işletmelerin geri kazanılan suyu proste kullanım alternatifleri incelenmeli ve varsa sektöre özel kalite kriterleri uygulanmalıdır. Bu kalite standartlarına göre tesisin yeni AAT veya mevcut AAT'ye yeni teknolojiler eklemesi gerekebilir (Bürger, 2019). Eğer tesis atık suyunu kendi içinde geri kazanım prosesinde tekrar kullanıyorsa, sanayi bölgesindeki başka tesislerin geri kazanılmış suyu kullanabilme imkânı da bulunmaktadır (Bauer ve Wagner, 2022; Sa'ad, Wan Alwi, Lim ve Abd Manan, 2022). Ayrıca, evsel atık suların arıtılıp endüstriyel tesislerde proses suyu olarak kullanılması da mümkündür. Örneğin, 44.000 ve 10.000 m³/gün kapasiteye sahip Kocaeli Körfez AAT ve Plajyolu AAT'de konvansiyonel arıtmadan çıkan evsel atık sular filtrelenerek endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır (Nas ve diğerleri, 2020). Öte yandan, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA), herhangi bir yeniden kullanım türünü dayatmamakta veya kısıtlamamaktadır. Genel olarak eyaletler, su kaynaklarının tahsisinde birincil düzenleyici rolü (yani önceliği) sürdürmektedir. Bazı eyaletlerde ise özellikle yeniden kullanımı ele alan programlar oluşturulmuş ve mevcut programlara suyun yeniden kullanımı dahil edilmiştir. EPA, eyaletler ve yerel yönetimler içme suyu kaynak suları, içme suyu ve nehirler ve göller gibi su kütlelerinin kalitesini korumak için Güvenli İçme Suyu Yasası ve Temiz Su Yasası kapsamında programlar uygulamaktadır. İlgili mevzuat, eyaletlerin uygun gördükleri şekilde suyun yeniden kullanımını etkinleştirebileceği, düzenleyebileceği ve denetleyebileceği bir temel sağlamaktadır. Geri kazanılmış atık suyun endüstriyel geri kazanım veya endüstriyel olmayan amaçlar için kullanılacağına karar verilip daha sonra her iki durum için de risk değerlendirmesi yapılması gereklidir. Sonrasında, uygunluk ve bildirim için onay makamı olan EPA'ya başvurulmalıdır (Environmental Protection Authority Victoria, 2017). Ülkemizde ise endüstriyel atık suyun proste yeniden kullanımı için esaslar (ÇŞİDB, 2018) belirlenmiş olup üniversitelerin ilgili bölümleri ve Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezleri gibi kurumlar tarafından hazırlanan raporu ilgili mercilerin (örn. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlükleri) değerlendirmesi ve onayıyla süreç tamamlanmaktadır. Öte yandan, ülkemizde atık suların geri kazanımı/yeniden kullanımı ile ilgili düzenlemelerin sınırlı olduğu, atık su arıtma ihtiyacı ve buna bağlı faydaların henüz tam olarak anlaşılmadığı ifade edilmektedir. Geri kazanılmış atık suyun pazarlanması, ekonomik açıdan alternatiflerin mühendislik yaklaşımıyla değerlendirilmesi ve maliyet analizlerinin planlanmasında izlenecek adımlar yönünden çalışmalara ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Maryam ve Büyükgüngör, 2019). Dolayısıyla, literatür değerlendirmesi ile firma güvenli tarafta kalacak, geri kazanılan suyun proste kullanımında herhangi bir sorunla karşılaşılması ihtimali daha önce yapılan çalışmalardan hareketle minimize edilebilecektir. Ayrıca,

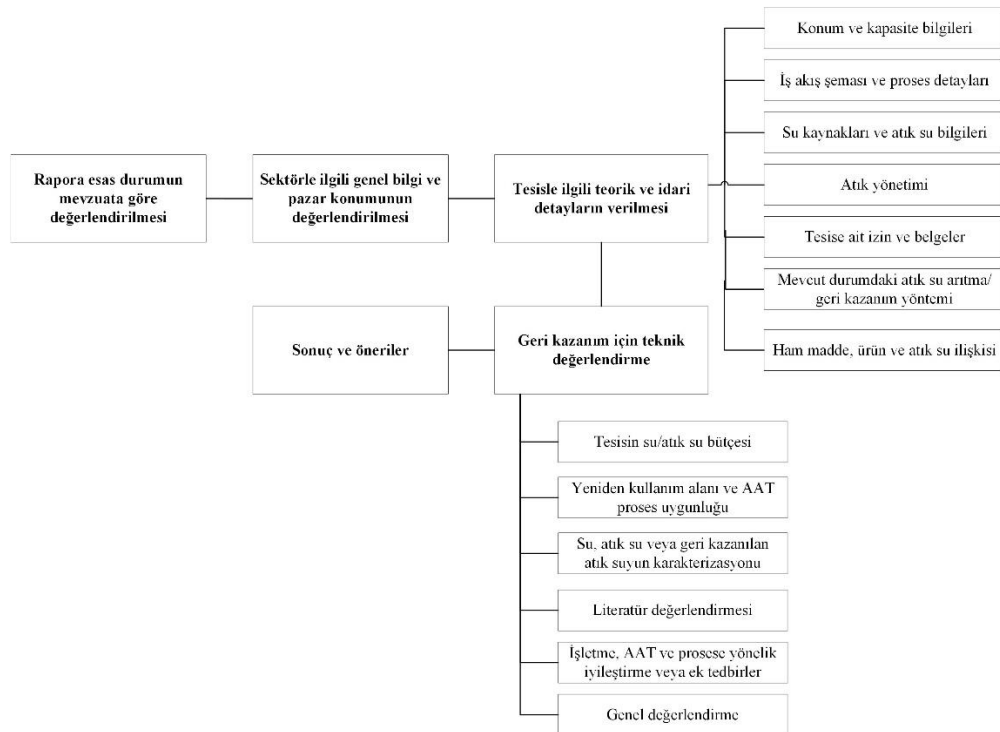
atık su analiz sonuçlarının eksik veya yetersiz olması durumunda da literatür verileri kullanılabilir. Sektör bazlı literatür incelemesi su, atık su veya atık kaynaklarının kontrolünü sağlayarak, tesis yetkilileri tarafından verilen bilgilerin doğrulanmasına da destek olacaktır.

3.3. Genel Değerlendirme

Teknik rapor kapsamında yapılan çalışmalar, saha ziyareti gözlemleri ve elde edilen sonuçlar genel değerlendirme başlığı altında özetlenmelidir. Geri kazanılmış atık suyun kullanım amacı ve miktarı açıkça tekrar vurgulanmalıdır. Eğer kullanımında olası bir risk mevcut ise bu bölümde mutlaka değinilmelidir. Geri kazanılmak istenen suyun artırılması gerekli ve bu teknoloji tesiste mevcut değilse, ihtiyaç duyulan teknolojinin tanıtımının yapılması ve yine olası işletme risklerine değinilmesi gereklidir. Son olarak, arıtılan atık suyun proseste tekrar kullanılabilirliğine yönelik değerlendirme saha gözlemi ve mümkünse fotoğraflarla desteklenmelidir.

Genel değerlendirme kısmında ayrıca geri kazanılan atık suyun kullanıldığı proses ve ürün kalitesine etkisine dair inceleme yapılması gerekmekte olup yapılan değerlendirmelerde muğlak ifadelerden kaçınılması gerekmektedir (2018/14 nolu Genelge). Bu kapsamda, geri kazanılan atık su kullanılarak yapılan bir üretim mevcut ise örneğin bir seramik üretim fabrikasında oluşan atık suda hem masse hem de sır hazırlama ünitelerinden ortaya çıkan atık suların toplanarak bir arada arıtılması ve/veya proseste tekrar kullanımı söz konusu olduğunda, sırlı atık suların masse üretiminde ürün hatalarına yol açabileceği veya yüzeysel kabarmalara sebep olabileceği bilinmelidir. Bu durumda, tesisin atık suyu doğrudan kullanmak yerine farklı proseslerden gelen atık suları ayrı şekilde toplayarak proseste geri döndürmesine yönelik iyileştirme çalışmalarının yapılması yararlı olacaktır.

Son yıllarda ivme kazanmış olan yağmur hasadı gibi uygulamalar, büyük kapalı alanlara sahip düz çatı sistemi olan ve yağmur suyu toplama sisteminin efektif şekilde gerçekleştirilebileceği tesislerde önemli bir su girdisi sağlayabilme potansiyeline sahiptir. Bölgedeki yağış miktarı, buharlaşma miktarı, yağmur hasadı yapılabilecek alanlar hesaplanarak tesisin aylık veya yıllık bazda gerçekleştirebileceği yağmur hasadı miktarının raporda belirtilmesi faydalı olacaktır. Yağmur hasadı çalışması tesisin bahçe sulaması gibi dolaylı tüketilen su miktarını azaltmasının yanı sıra, toplanan yağmur suyu yeterli miktarda ve ürün kalitesini etkilemeyecek su kalitesine sahipse proseste doğrudan kullanımı da irdelenmelidir. Tüm değerlendirmelerden hareketle teknik rapor hazırlanması sürecinde önerilen akım şeması Şekil 4.'te verilmiştir. Akım şemasındaki alt başlıkların, bunlarla sınırlı olmamakla beraber, rapora yansıtılarak doldurulması ve gerekli görülen yerlerde detaylı bilgi verilmesi gereklidir.



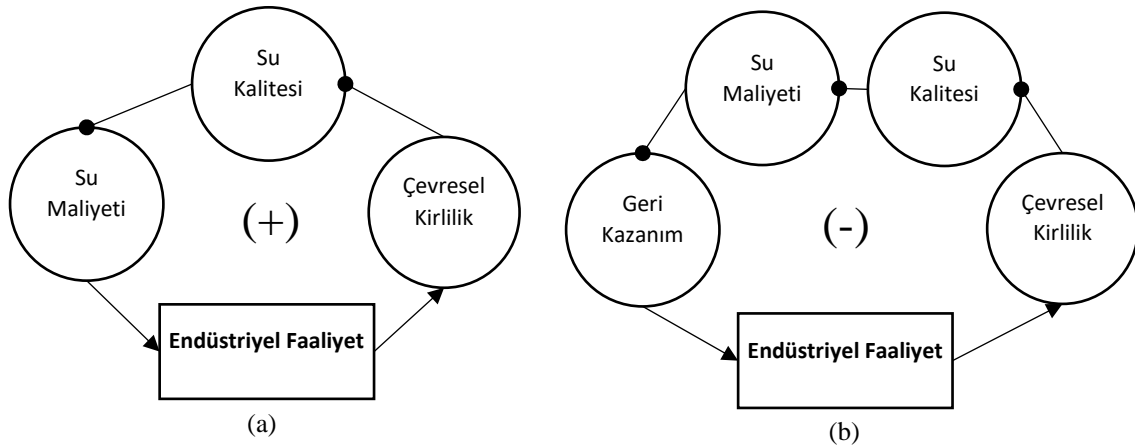
Şekil 4. Teknik rapor kapsamı için örnek akım şeması

3.4. Sürdürülebilir Su Kullanımı

Hazırlanan raporun temel odak noktası kullanılan su ve bunun (mümkünse) alıcı ortama deşarj edilmeden kullanımı olduğu için endüstriyel faaliyette tercih edilen su kaynaklarının, sürdürülebilir nitelikteki kaynaklardan temini araştırılmalıdır. Suyun sürdürülebilir

kullanımı mümkün olup sürdürülebilirlik ilkelerini uygulamaya yönelik kavramsal çerçeveyi içeren “su sisteminin” tanımlanması gerekmektedir. Sistem yaklaşımı, uzun soluklu su tasarrufu için nihai durumu (örn. su stresi) değiştirmeye çalışmak yerine sistemin bileşenlerini değiştirerek stratejik karar alma süreçlerini kolaylaştıracaktır. Su tüketiminin azaltılarak suyun verimli kullanılması amacı doğrultusunda organize edilen sistemdeki unsurlar (öğeler, bileşenler) ve bunlar arasındaki etkileşimi/ilişkiyi (bağlantı) tanımlamak önemlidir. Bu sayede, bileşenlerin kendi başlarına elde ettikleri sonuçlardan farklı bir sonuç gözlemleniyorsa, sistemi ve davranışını (tepkisini) anlamak kolaylaşacaktır.

Endüstriyel faaliyetleri de içeren pek çok mühendislik sistemi belirli bir amaç doğrultusunda tasarlandığından “su kullanımını” oluşturan öğeler ve bunlar arasındaki ilişki tanımlanabilir. Örneğin sürdürülebilir su kullanımı için endüstriyel faaliyet, çevre kirliliği, su kalitesi ve su maliyeti öğelerini içeren bir sistem oluşturulabilir (Şekil 5(a)). Bileşenlerin birbiriyle etkileşimi (bağlantısı) kadar bağlantının döngüsel (geri bildirim) niteliği ve bu niteliğin pozitif (eş zamanlı artış) veya negatif (biri artarken diğerinin azalması) olmasından söz etmek mümkündür. Bir diğer deyişle, bağlantı bir sistem ögesinin diğeri üzerindeki etkisini ifade ederken, geri bildirim diğer öğelerin asıl nedeni nasıl etkilediğini gösterir. Döngü şeklinde gerçekleşen geri bildirimler en az iki (genellikle daha fazla) bağlantı içeren ve birbirleriyle pozitif veya negatif ilişki içerisinde olan yapılardır (Fundamentals of Systems Analysis, 2023). Sürdürülebilir su sistemini oluşturan öğeler irdelendiğinde endüstriyel faaliyetlerin antroposen çağındaki kirlilik ayak izi, yayılımı ve etkisi açısından önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Endüstriyel faaliyetlerin artması sonucu çevresel kalitenin olumsuz etkilendiği yani kirliliğin arttığı ve bu artışın pozitif (+) bir döngü içerisinde gerçekleştiğinden söz edilebilir. Artan çevre kirliliğinden su kaynaklarının olumsuz etkilendiği, başta insani tüketim amaçlı sular olmak üzere endüstriyel/evsel nitelikli kullanıma yönelik su kalitesinin negatif (-) bir etkiyle düşeceği açıktır. Su kalitesindeki olumsuz düşüş ise su maliyetlerine artış olarak yansımacaktır (-). Su maliyeti, basit bir arz-talep ilişkisi içerisinde su temini ve sektörel amaca bağlı olarak atık su arıtımı ve uzaklaştırılmasını içermektedir. Su maliyetinin artması ile toplumsal veya endüstriyel bağlamda alternatif su kaynağı arayışının başlaması kaçınılmazdır.



Şekil 5. Sürdürülebilir su kullanımı için sistem diyagramı (a) mevcutta yürütülen endüstriyel faaliyet, (b) geri kazanım süreci eklenmiş endüstriyel faaliyet

Sistemin amacından hareketle davranışını anlamak nihai kararların oluşturulmasına yardımcı olacaktır. Şekil 5(a)'da görülebileceği gibi sistem öğeleri arasında pozitif veya negatif yönlü etkileşim bulunmaktadır. Sistem diyagramındaki öğeler arasındaki ilişki bütünsel olarak değerlendirildiğinde $[(+1) \times (-1) \times (-1) \times (+1) = (+1)]$ pozitif değerle neticelenen sonuca ulaşılmaktadır. Bu durum, antropojenik aktivitelerin etkin olduğu sistemlerde atık suyun geri kazanımı, yeniden kullanımı gibi adımlar atılmadığı takdirde mevcut su potansiyelinin zayıflayacağına işaret etmektedir. Bu kapsamda, sistem diyagramına (Şekil 5(b)) “geri kazanım veya proste kullanımı” ögesi eklenerek endüstriyel faaliyetlerde kullanılabilir su potansiyeli oluşacağından su maliyeti azaltılarak (-) kullanım amacı ve alanına göre atık su belirli kaliteye ulaşacak şekilde artırılarak değerlendirilecektir. Geri kazanılan atık suyun kullanılması alternatif kaynak potansiyelini artırarak endüstriyel faaliyetlere yönelik su kullanımı talebini olumlu yönde etkileyecektir (+). Su potansiyelinin artmasıyla çevresel akış suyunda da (dere, göl vb.) artış bekleneceğinden sürdürülebilir niteliğe sahip sonuç elde edilecektir. Sistem diyagramındaki öğeler arasındaki nihai ilişki bütünsel olarak tekrar değerlendirildiğinde $[(+1) \times (-1) \times (-1) \times (-1) \times (+1) = (-1)]$ negatif değerle neticelenen sonuca ulaşılmaktadır. Sistem davranışının negatif çıkması antropojenik etkinin minimize edilmesi şeklinde yorumlanabilir. Negatif sonuç, daha çok doğal ekosistemlere özgü bir durum olup sınırların veya taşıma kapasitesinin dışına çıkılmaya başlandığında optimum durumun (homeostaz) yeniden sağlanacağı tepkilerin gözlemlendiği, yani, sistem istikrarını belirli bir seviyede tutacak sonuçlarla karşılaşmaktadır (Types of Feedbacks and Their Effects, 2023). Dolayısıyla, antropojenik sistemlerdeki nedensel ilişkiler doğru tespit edilerek sistem tarafından değil de sistemi kontrol ederek karar alınması faydalı olacaktır.

Dünyada her yıl 165 milyon m³ atık su toplanarak arıtılmakta, sadece %2'si yeniden kullanılmaktadır (MNE PROJE, 2019). Kentsel, endüstriyel ve içme suyu olarak kullanım yanında zirai sulama açısından küresel ölçekte artış eğiliminde olan arıtılmış atık suyun

yeniden kullanımı hususunda yeni ulusal uygulamaların hayata geçirilmesi önemlidir. Bu bağlamda, endüstriyel sektörlerde atık su geri kazanımında izlenebilecek yol haritası üzerinden ürün/kullanma suyu ve geri kazanım maliyetlerinin belirlenmesi yararlı olacaktır (Keskinler ve diğerleri, 2018).

4. Sonuç

Bu çalışmada, artıran endüstriyel atık suların proseste tekrar kullanılabilirliğine yönelik ilgili mevzuat çerçevesinde hazırlanan teknik rapor için metodolojik değerlendirme yapılmıştır. Sürecin sağlıklı olarak yürütülebilmesi için gereken başlıca unsurlar, proses iş-akım sürecindeki su/atık su kaynaklarının, atık su artım metodolojilerinin ve kullanım alanlarının belirlenmesidir. Söz konusu unsurlar belirlendikten sonra literatür verilerinin de yardımı ile atık su geri kazanım ve kullanımının herhangi bir problem oluşturmadan yürütülmesi beklenmektedir. Teknik rapor, esas itibarıyla bir endüstriyel kuruluşun idari organlardan izin alabilmesine olanak sağlayan belge olmasının yanı sıra tesisin üretim sürecindeki su kullanımı hususunda yol gösterici bir nitelik taşıması gerekmektedir. Pek çok endüstriyel kuruluşun temel amacı uygun maliyetle yüksek üretim rakamlarına erişmektir. Çevresel sürdürülebilirlik esasları gözetilerek hazırlanan teknik rapor, endüstriyel faaliyetin çevresel etkilerini azaltacak öneri, uygulama ve düşük maliyetli süreç iyileştirmesi barındırmalıdır. Akademik uzmanlık ve mesleki tecrübe açısından bir ya da daha fazla akademisyen tarafından hazırlanabilecek rapora dair önerilerin idari mercilerin değerlendirme sürecini kolaylaştırması beklenmektedir.

Teknik rapor veya sektörel kullanımıyla teknik uygunluk raporlarının hazırlanması sürecinde yapılacak işin mali boyutu nedeniyle firma ve/veya raporu hazırlayan kişiler açısından olumsuz olarak değerlendirilebilecek durumlarla karşılaşabilmektedir. Hazırlanacak teknik rapor için asgari birim fiyat tarifesi bulunmadığından kurumlar arasında ciddi farklılıklar oluşabilmekte, bu durum da hazırlanacak rapora olumsuz yansıtılabilmektedir. Dolayısıyla, ilgili raporlar için işin kapsamına göre birim fiyat belirlenmesi ve raporun doğrudan ilgili kurum ve/veya taşra teşkilatına aktarılacağı bir sistemin kurulması yerinde olacaktır. Bu sayede firmaların, teknik raporu hazırlayacak olan kişi ve kurumlar üzerinde oluşturabileceği her türlü baskı veya etki minimize edilerek nesnellüğün mevcudiyeti sağlanabilecektir.

Referanslar

- Balbay, Ş., Sarıhan, A., & Avşar, E. (2021). Dünyada ve Türkiye’de “Döngüsel Ekonomi / Endüstriyel Sürdürülebilirlik” Yaklaşımı. *European Journal of Science and Technology*, (27), 557-569. doi:10.31590/ejosat.971172
- Bauer, S., & Wagner, M. (2022). Possibilities and Challenges of Wastewater Reuse-Planning Aspects and Realized Examples. *Water (Switzerland)*, 14(10), 1-12. doi:10.3390/w14101619
- Bergeron, S. (2021). The feasibility of industrial wastewater reuse onsite in the Tri-City area, Master’s Project and Capstones, The University of San Francisco, San Francisco, U.S.A.
- Bürger, G. (2019). Reuse of treated wastewater in industrial symbiosis, Master Thesis, Lund University, Lund, Sweden.
- ÇŞİDB. (2022). T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Arıtılmış Atıksuların Yeniden Kullanım Oranında Yüzde 4 Olan Yıl Sonu Hedefi Aşıldı. 16 Mart 2023 tarihinde <https://www.csb.gov.tr/aritilmis-atiksularin-yeniden-kullanim-oraninda-yuzde-4-olan-yil-sonu-hedefi-asildi-bakanlik-faaliyetleri-34168> adresinden erişildi.
- ÇŞİDB. (2018). T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Proje Onay ve Teknik Rapor Hazırlama Kılavuzu. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/proje-onay-ve-tekn-k-rapor-hazirlama-kilavuzu-20181123135748.pdf> adresinden erişildi.
- ÇŞİDB. (2017). T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında Yönetmelik. 29 Mart 2023 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170106-1.htm> adresinden erişildi.
- Demir, Ö., Yıldız, M., Sercan, Ü., & Arzum, C. Ş. (2017). Atıksuların geri kazanılması ve yeniden kullanılması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(2), 1-14.
- Ecer, K., Güner, O., & Çetin, M. (2021). Avrupa yeşil mutabakatı ve Türkiye ekonomisinin uyum politikaları. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 9(2), 125-144.
- Environmental Protection Authority Victoria. (2017). Industrial Water Reuse. *Industrial Waste Resource Guidelines*.
- Fundamentals of Systems Analysis. (2023). EME 807: Technologies for Sustainability Systems. 20 Nisan 2023 tarihinde <https://www.e-education.psu.edu/eme807/node/752> adresinden erişildi.

Keskinler, B., Kitiş, M., Karagündüz, A., Şahinkaya, E., Civelekoğlu, G., Yiğit, N. Ö., ... Balçık, Ç. (2018). Atıksu Geri Kazanımında Membran Uygulamaları İçin Konsantr Akım Yönetim Modeli Ve Mevzuat Uygulama Metodolojisi Geliştirilmesi (Memkon) Projesi El Kitabı. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara. https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/el-k-tabi_memkon-projes--20180921100140.pdf adresinden erişildi.

Küresel Amaçlar. (2023). 28 Temmuz 2023 tarihinde <https://www.kureselamaclar.org/> adresinden erişildi.

Maquet, C. (2020). Wastewater reuse: A solution with a future. *Field Actions Science Report*, 2020(SI), 64-69.

Maryam, B., & Büyükgüngör, H. (2019). Wastewater reclamation and reuse trends in Turkey: Opportunities and challenges. *Journal of Water Process Engineering*, 30, 100501. doi:10.1016/j.jwpe.2017.10.001

MNE PROJE. (2019). Kentsel arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımı. 18 Eylül 2023 tarihinde http://www.mneproje.com/public/website/news/kentsel-aritilmis-atiksuyun-yeniden-kullanimi_20190807013703.pdf adresinden erişildi.

Nas, B., Uyanık, S., Aygün, A., Dogan, S., Erul, G., Batuhan Nas, K., ... Dolu, T. (2020). Wastewater reuse in Turkey: From present status to future potential. *Water Science and Technology: Water Supply*, 20(1), 73-82. doi:10.2166/ws.2019.136

Sa'ad, S. F., Wan Alwi, S. R., Lim, J. S., & Abd Manan, Z. (2022). The economic study of centralised water reuse exchange system in the industrial park considering wastewater segregation. *Computers and Chemical Engineering*, 164, 107863. doi:10.1016/J.COMPCHEMENG.2022.107863

Sgroi, M., Vagliasindi, F. G. A., & Roccaro, P. (2018). Feasibility, sustainability and circular economy concepts in water reuse. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 2, 20-25. doi:10.1016/j.coesh.2018.01.004

Smol, M., Adam, C., & Preisner, M. (2020). Circular economy model framework in the European water and wastewater sector. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(3), 682-697. doi:10.1007/s10163-019-00960-z

Turan, E. S. (2017). Türkiye'nin su ayak izi değerlendirmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 74, 55-62. doi:10.5505/TurkHijyen.2017.29592

TÜİK. (2021). Türkiye İstatistik Kurumu, Su ve Atıksu İstatistikleri, 2020. 17 Mart 2023 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197> adresinden erişildi.

Types of Feedbacks and Their Effects. (2023). EME 807: Technologies for Sustainability Systems. 18 Eylül 2023 tarihinde <https://www.e-education.psu.edu/eme807/node/753> adresinden erişildi.

UN World Water Development Report 2019 - Leaving No One Behind | UNESCO. (2019). 16 Mart 2023 tarihinde <https://www.unesco.org/en/wwap/wwdr/2019> adresinden erişildi.

Visvanathan, C., & Asano, T. (2009). The Potential for Industrial Wastewater Reuse. *Wastewater Recycle, Reuse, and Reclamation*, 1, 299-313.

WaterReuse Association. (2019). Profiles in reuse: Industrial reuse. https://watereuse.org/wp-content/uploads/2019/08/WaterReuse_FS_PotableReuse_V7.pdf adresinden erişildi.

World Economic Forum. (2022). The Global Risks Report 2022. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2022> adresinden erişildi.

Yiğit, N. Ö. (2007). Membran Biyoreaktörü (MBR) ile Evsel Atıksu Arıtımı, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.